

ILMIY MAQOLALAR TO'PLAMI

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYA VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

MAVZUSIDAGI
RESPUBLIKA ILMIY-TEXNIK ANJUMANI

1-QISM



QAYTA TIKLANADIGAN
ENERGIYA



INTELLEKTUAL
TEXNOLOGIYALAR



INTELLEKTUAL
ENERGIYA TIZIMLARI



ELEKTR TA'MINOTI
VA XAVFSIZLIK

***“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”***

***“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”***

**O‘ZBEKISTON RESPULIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA
AGROTEXNOLOGIYALAR UNIVERSTIETI**

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA
TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL
TEXNOLOGIYALAR”**

RESPUBLIKA ILMIY-TEXNIK ANJUMAN MATERIALLARI TO‘PLAMI

***СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ РЕСПУБЛИКАНСКОЙ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ***

**«БУДУЩЕЕ ЭНЕРГЕТИКИ УЗБЕКИСТАНА:
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

12-13 iyun 2026 - yil

TERMIZ – 2026

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Mas’ul muharrir **F.B.Omonov**

Taqrizchilar: **B.Sh.Primkulov;**
A.M.Aliyev;
Sh.A. Abduqodirov.

“O‘zbekiston energetikasining kelajagi: qayta tiklanuvchi energiya manbalari va intellektual texnologiyalar” “Respublika miqyosidagi ilmiy- texnik anjuman” Materiallari to‘plami 1-qism. – Termiz 2026: “Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti”, 2026

“O‘zbekiston energetikasining kelajagi: qayta tiklanuvchi energiya manbalari va intellektual texnologiyalar” mavzudagi ushbu anjumani materiallariga Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi qoshidagi Energetika muammolari instituti, Buxoro davlat texnika universiteti, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent davlat transport universiteti, Namangan davlat texnika universiteti, Farg‘ona davlat texnika universiteti, Qarshi davlat texnika universiteti, Navoiy davlat universiteti, hamda respublikamizning boshqa oliy ta’lim muassasalarida faoliyat olib borayotgan professor-o‘qituvchilar, ilmiy xodim izlanuvchilar, magistrantlar va talablar, viloyat tashkilotlarining malakali kadrlarining tezislari kiritilgan.

Mazkur to‘plamda *“O‘zbekiston energetikasining kelajagi: qayta tiklanuvchi energiya manbalari va intellektual texnologiyalar”* mavzusidagi respublika ilmiy-texnik anjuman materiallari o‘z aksini topgan. Unda energetika tizimida energiya tejamkorlikni ta’minlash, muqobil va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish istiqbollari hamda sohaga intellektual texnologiyalar va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish masalalari yoritilgan. Shuningdek, sanoat tarmoqlari, tog‘-kon va neft-gaz sohalarida energiya samaradorligini oshirish omillari hamda zamonaviy texnika fanlari ta’limidagi innovatsion pedagogik texnologiyalarga bag‘ishlangan ilmiy asoslangan taklif va tavsiyalar keltirilgan.

Mazkur to‘plamga kiritilgan ma’ruza tezislari mazmuni, undagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlar sanasining to‘g‘riligiga hamda tanqidiy fikr-mulohazalarga mualliflarning o‘zlari ma’suldirlar.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kirish

Assalomu alaykum, hurmatli anjuman ishtirokchilari, soha mutaxassislari va qadrli yosh olimlar!

Mamlakatimizda ilmiy-texnikaviy salohiyatni rivojlantirish va undan samarali foydalanish masalasiga iqtisodiy yuksalishning eng muhim omili sifatida alohida e'tibor qaratilmoqda. Shu boisdan davlatimiz tomonidan innovatsion texnika va texnologiyalarni yaratuvchilarini qo'llab-quvvatlab, ularni moddiy va ma'naviy jihatdan rag'batlantirib kelinmoqda.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti mamlakatimiz iqtisodiyoti uchun texnika yo'nalishlari bo'yicha kadrlar tayyorlashni amalga oshiruvchi yetakchi oliy ta'lim muassasasi bo'lish bilan bir qatorda, ta'lim, fan va ishlab chiqarishni integratsiyalashtirishda ham samarali faoliyat yuritayotgan oliy ta'lim muassasasi hisoblanadi.

Universitetda olib borilayotgan ilmiy-tadqiqot ishlarini amalga oshirishda professor-o'qituvchilar bilan bir qatorda universitetning iqtidorli talabalari, magistrant va katta ilmiy xodim-izlanuvchilari ham keng jalb qilingan. Ilmiy loyihalardan olingan natijalar bo'yicha iqtidorli yosh olimlar, magistrlik, nomzodlik va doktorlik dissertatsiyalarini muvaffaqiyatli himoya qilmoqdalar, ixtirolar uchun patent va EHM uchun dasturiy mahsulotlarga guvohnomalar olmoqdalar, xalqaro va respublika miqyosidagi jurnallarda maqolalar va ilmiy ma'ruzalar to'plamlarida tezislari chop etmoqdalar.

Bugun oliygohimizda o'z ishini boshlayotgan **“O‘zbekiston energetikasining kelajagi: qayta tiklanadigan energiya manbalari va intellektual texnologiyalar”** mavzusidagi anjuman shunchaki an'anaviy ilmiy uchrashuv emas. Bu – bugungi shiddatli energiya taqchilligi va iqlim o'zgarishi sharoitida mamlakat energetika tizimi uchun eng maqbul muhandislik yechimlarini taklif etadigan strategik maydondir.

Surxondaryo – tabiiy ravishda yashil energetikaning ulkan laboratoriyasidir. Biroq, muhandis sifatida barchamiz yaxshi anglaymizki, tizimga muqobil energiya quvvatlarini kiritish – bu faqat panel yoki parraklarni o'rnatish degani emas. Eng muhim vazifa – energetik quvvatlarni yagona tarmoqqa xavfsiz integratsiya qilish, kuchlanishni intellektual rostdash va tizim barqarorligini ta'minlashdir. Ayni shu bois, yosh tadqiqotchilarimiz o'z ilmiy izlanishlarida Smart Grid, raqamli energetika va energetikada sun'iy intellekt tizimlarini qo'llashga alohida urg'u bermoqdalar.

Ushbu ilmiy-amaliy anjuman nafaqat nazariy bilimlarni almashish maydoni, balki muhandislik mutaxassislari, ilmiy tadqiqotchilar va kelgusida innovatsion kasbga ega yoshlari uchun amaliy tajriba maktabi hamdir. Zero, kelajak avlodga toza

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

muhit, barqaror va samarali energiya tizimini meros qilib qoldirish – bizning barchamizning burchimiz va mas’uliyatimizdir.

Anjumanning maqsadi Yashil iqtisodiyot uchun zamonaviy elektr qurilmalar va yuritmalarining rivoji borasida mavjud muammolarni muhokama qilish va bartaraf etish borasida olib borilayotgan ilmiy-tadqiqotlar va olingan natijalar hamda elektr energetikasi sohasi uchun kadrlar tayyorlash masalasi bo‘yicha tajriba almashishdan iborat.

Anjumanda energetikaning joriy holati va istiqbollari, energosamaradorlik, - Yashil iqtisodiyot rivojlanishi uchun elektr mashinalari va yuritmalarning energiya samaradorligini oshirishning innovatsion texnologiyalarning qo‘llanilishi, qayta tiklanuvchan energiya manbalari integratsiyalashgan elektr tarmoqlarida energiyadan ratsional foydalanish va optimallashtirish, intellektual boshqaruv tizimlari va raqamli texnologiyalarni elektr energetikada qo‘llash hamda energetika sohasi uchun malakali mutaxassislar tayyorlash masalalari hamda elektr stansiyalari va energetikaning ekologik muammolari yo‘nalishlarida olib borilayotgan ilmiy-tadqiqot ishlari muhokama qilinishi rejalashtirilgan.

Mazkur anjumanda o‘z ma‘ruzalari bilan ishtirok etish uchun, Qozog‘iston, Qirg‘iziston davlatlaridan, yurtimizdagi yetakchi oliy ta‘lim muassasalari hamda viloyatdagi soha mutaxassislari o‘z ma‘ruzalari bilan ishtirok etishlari rejalashtirilgan.

Barcha ishtirokchilarga, uzoq-yaqindan tashrif buyurgan muhtaram olimlarimizga va hamkorlarimizga minnatdorchilik bildirgan holda, anjuman ishiga samara va ulkan zafarlar tilayman.

E’tiboringiz uchun rahmat!

I ShO‘BA

**AN‘ANAVIY VA MUQOBIL ENERGETIKA TIZIMLARI, ULARDA
INTELLEKTUAL TIZIMLARINI QO‘LLASH MUAMMOLARI VA
YECHIMLARI**

**ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF AUTONOMOUS SOLAR POWER
PLANTS USING THE PVSYST SOFTWARE PACKAGE**

Abdullayev D.R., Yusupov E.K.

Namangan State Technical University

e-mail: abdullaevd654@icloud.com

Abstract: The problem of insufficient use of solar energy potential in the southern regions of Uzbekistan is considered. In these regions, especially in settlements, agricultural facilities and industrial areas located far from centralized electricity supply, the lack of stable electricity supply negatively affects the socio-economic development of the regions.

Keywords: autonomous solar power plants, efficiency, PVsyst software package.

Introduction. The southern regions of Uzbekistan, in particular, some areas of the Kashkadarya, Surkhandarya, Samarkand and Bukhara regions, are characterized by high solar radiation and long sunny periods. Therefore, the use of autonomous solar power plants in these regions is particularly relevant.

In this context, research into the efficiency of autonomous solar power plants using the PVsyst software package is of scientific and practical importance.

The purpose of this work is to evaluate the performance of autonomous solar power plants using the PVsyst software package in the conditions of the southern regions of Uzbekistan.

To achieve this goal, the following tasks have been set:

- Analysis of climatic and solar radiation indicators of the southern regions of Uzbekistan;
- determination of the main technical parameters of an autonomous solar power plant;
- Modeling the system operation process in the PVsyst program;
- determining energy production, losses, and efficiency indicators;
- developing recommendations for optimizing system performance.

The main part. Autonomous solar power plants are based on the principle of converting solar radiation into electrical energy. The main element of the system is photovoltaic modules, which receive sunlight and generate a constant current.

The main advantage of autonomous systems is that they can operate independently, without being connected to the central power grid. This is especially important for areas with difficult electricity supply.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

PVsyst is a professional software package for the design, modeling, and feasibility analysis of solar energy systems.

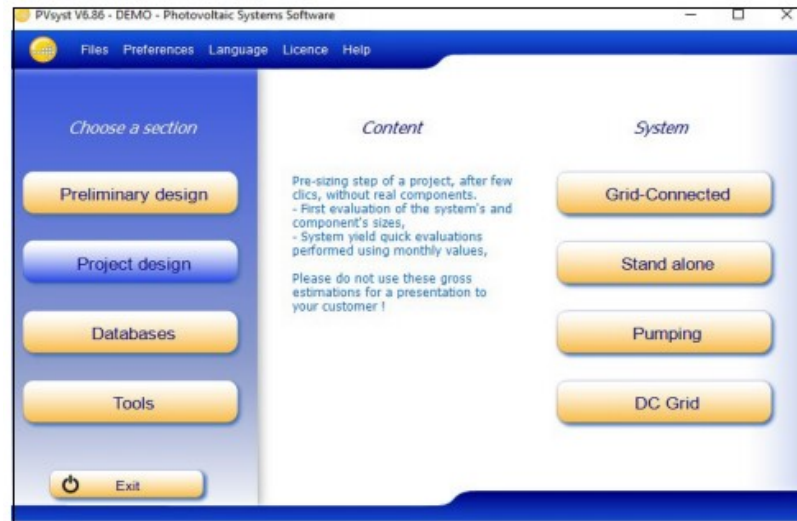


Figure 1. PVsyst software user interface

With this program, you can determine:

- variation in solar radiation by location;
- optimal slope angle of the panels;
- the electricity generated by the system during the year;
- losses (temperature, dust, cables, inverter, etc.);
- battery capacity and battery life;
- overall performance indicators.

The advantage of the PVsyst program is that it allows you to realistically model the operation of the system based on real climatic data and technical parameters.

The southern regions of Uzbekistan are among the most promising areas for the use of solar energy. In particular, Surkhandarya region, Kashkadarya region, Bukhara region, some areas of Navoi region, and the southern part of Samarkand region are characterized by high solar radiation and long sunny days.

The location of solar power plants in these regions is appropriate due to high solar radiation, dry climate, increased energy demand in the summer season, the need for independent energy sources in agriculture and irrigation systems, and the presence of remote and off-grid areas.

These factors increase the efficiency of using autonomous solar systems.

Several key indicators are used to assess the efficiency of autonomous solar power plants.

The Performance Ratio (PR) is a measure of the actual performance of a solar power plant compared to its theoretical maximum. It takes into account temperature effects, shading, cable losses, inverter losses, dust, and operational factors.

The higher the PR value, the better the system's efficiency.

The Solar Fraction (SF) indicator shows how much of the energy consumed is covered by solar energy. This indicator is very important in autonomous systems, as it determines the level of independence of the system.

The energy production volume indicator indicates the amount of electricity produced over a certain period of time (daily, monthly, annual).

In autonomous systems, batteries ensure uninterrupted power supply. Therefore, their capacity, depth of charge, service life, and days of autonomous operation are important parameters.

In the southern regions of Uzbekistan, autonomous solar power plants can be effectively used in irrigation pumping stations, farms, greenhouses, remote villages, mobile communication stations, and service points in mountainous and desert areas.

Especially in agriculture, the timing of electricity consumption during daylight hours further increases the efficiency of solar power plants.

In addition, the introduction of solar power plants in Uzbekistan will lead to positive results such as reducing natural gas consumption, reducing the load on electricity networks, improving the environmental situation, increasing the reliability of energy supply, and electrifying remote areas.

Conclusion. The southern regions of Uzbekistan are very promising areas for the implementation of autonomous solar power plants due to high solar radiation and favorable climatic conditions. Modeling and analyzing the operation of such systems using the PVsyst software package allows assessing their technical efficiency, energy production, losses, and economic feasibility.

REFERENCES

- [1] Asia’u Talatu Belgore P., Rajak R., Patel P. Performance Evaluation of Stand-alone and On Grid Photovoltaic System using PVSYST Software. *Performance Evaluation*, 2018, 5(12).
- [2] Kumar R. et al. Design and simulation of standalone solar PV system using PVsyst Software: A case study. *Materials Today: Proceedings*. 2021. 465322–5328. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.785>
- [3] Базилевский А.Б., Лукьяненко М.В. Анализ энергетических возможностей солнечной батареи при различных условиях эксплуатации // *Авиационная и космическая техника*. – 2004. – № ? – С. 100-103.
- [4] Баринова В.А., Ланьшина Т.А. Особенности развития возобновляемых источников энергии в России и в мире // *Российское предпринимательство*. – 2016. – Т. 17. – № 2. – С. 259-270.

**YASHIN QAYTARGICHLAR TARIXI VA UNING QO‘LLANISH
ISTIQBOLLARI**

Abdulazizov B.B.

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Amonturdiyev Sh.

Energetika kafedrası 2-kurs talabasi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Xolto‘rayev S.

Energetika kafedrası talabasi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada yashin qaytargichlar (razryadniklar)ning rivojlanish tarixi, ularning elektr energetika tizimlarini atmosfera ortiqcha kuchlanishlaridan himoya qilishdagi ahamiyati hamda zamonaviy turlari yoritilgan. Shuningdek, ularning ishlash prinsipi, texnologik evolyutsiyasi va kelajakdagi qo‘llanish istiqbollari tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: yashin qaytargich, razryadnik, ortiqcha kuchlanish, elektr tarmoqlari, himoya qurilmalari, energiya tizimi, metall-oksidi razryadnik

Kirish

Hozirgi zamonaviy texnika va texnologiyalar rivojlanib borayotgan bir davrda elektr energiyasi inson hayotining ajralmas qismiga aylangan. Sanoat, transport, aloqa tizimlari, tibbiyot, qishloq xo‘jaligi va kundalik maishiy hayotning deyarli barcha sohalari elektr energiyasiga tayanadi. Elektr energiyasining uzluksiz va ishonchli yetkazib berilishi esa energetika tizimlarining barqaror ishlashiga bog‘liqdir. Shu sababli elektr tarmoqlarini tashqi va ichki xavflardan himoya qilish masalasi muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Elektr uzatish va taqsimlash tizimlariga eng katta xavflardan biri atmosfera hodisalari, xususan, chaqmoq razryadlari hisoblanadi. Chaqmoq urishi natijasida elektr tarmoqlarida yuqori amplitudali impulsli ortiqcha kuchlanishlar (impulsli to‘lqinlar) yuzaga keladi. Bunday ortiqcha kuchlanishlar transformatorlar, izolyatorlar, kabel liniyalari va boshqa elektr qurilmalarining ishdan chiqishiga, hatto yong‘in va avariyalarga olib kelishi mumkin. Shu sababli bunday xavflardan himoya qilish uchun maxsus himoya qurilmalari — yashin qaytargichlar (razryadniklar) ishlab chiqilgan.

Yashin qaytargichlar elektr tarmoqlarini chaqmoq va kommutatsion ortiqcha kuchlanishlardan himoya qiluvchi asosiy vositalardan biri hisoblanadi. Ular ortiqcha kuchlanish paydo bo‘lganda uni yerga yo‘naltirib, tizimdagi normal ish rejimini saqlab qoladi. Shu jihatdan razryadniklar energetika tizimlarining “himoya qalqoni” sifatida qaraladi.

Tarixiy jihatdan yashin qaytargichlar XIX asr oxiri va XX asr boshlarida paydo bo‘lgan. Dastlab oddiy uchqunli oraliqlar (spark gap) ishlatilgan bo‘lsa, keyinchalik ularning rivojlanishi natijasida ventilli, magnitli va hozirgi zamonaviy

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

metall-oksid varistorli razryadniklar ishlab chiqildi. Bu evolyutsiya elektr tizimlarining murakkablashuvi va energiya iste'molining ortishi bilan bevosita bog'liqdir.

Asosiy qisim:

Zamonaviy energetika tizimlarida yuqori kuchlanishli uzatish liniyalari keng qo'llanilmoqda. 110 kV, 220 kV, 500 kV va undan yuqori kuchlanishli tizimlarda ortiqcha kuchlanishlar juda katta xavf tug'diradi. Shu sababli bunday tizimlarda yuqori samaradorlikka ega bo'lgan, tezkor ishlovchi va ishonchli yashin qaytargichlardan foydalanish zarur hisoblanadi.



Bugungi kunda metall-oksid (ZnO) asosidagi razryadniklar eng ilg'or texnologiya sifatida tan olinadi. Ular yuqori energiyani yutish qobiliyati, tezkor javob berish va uzoq xizmat muddati bilan ajralib turadi. Bu esa ularni zamonaviy elektr tarmoqlarida keng qo'llash imkonini beradi.

Mazkur mavzuning dolzarbligi shundaki, energetika tizimlarining ishonchliligi va xavfsizligi bevosita himoya qurilmalarining samaradorligiga bog'liq. Elektr energiyasiga bo'lgan talabning ortishi, qayta tiklanuvchi energiya manbalarining joriy etilishi hamda aqlli tarmoqlar (smart grid) rivojlanishi yashin qaytargichlarga bo'lgan ehtiyojni yanada oshirmoqda.

Shu bilan birga, iqlim o'zgarishi natijasida atmosfera hodisalarining faollashuvi, chaqmoq urishlarining ko'payishi ham elektr tarmoqlari uchun qo'shimcha xavf tug'dirmoqda. Bu esa yanada mukammal himoya tizimlarini ishlab chiqish zaruratini keltirib chiqarmoqda.

Yashin qaytargichlarning asosiy vazifasi ortiqcha kuchlanishni cheklash va uni xavfsiz darajaga tushirishdan iboratdir. Ular odatda elektr tarmoqlariga parallel ulanadi va normal rejimda deyarli ishlamaydi. Ammo kuchlanish keskin oshganda, ular o'tkazuvchan holatga o'tib, ortiqcha energiyani yerga yo'naltiradi.

Razryadniklarning ishlash prinsipi elektr razryad jarayonlariga asoslangan. Ortiqcha kuchlanish paydo bo'lganda, qurilma ichidagi izolyatsiya buziladi va elektr toki qisqa vaqt ichida yerga oqib o'tadi. Bu jarayon juda tez sodir bo'lib, himoya qilinayotgan uskunani zararlanishdan saqlaydi.

Yashin qaytargichlarning rivojlanish tarixi elektr texnikasi taraqqiyoti bilan chambarchas bog'liq. Dastlabki bosqichlarda oddiy mexanik oraliqlar ishlatilgan

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bo‘lsa, keyinchalik gaz bilan to‘ldirilgan, ventilli va yarim o‘tkazgichli elementlarga asoslangan qurilmalar ishlab chiqildi. Hozirgi zamonaviy bosqichda esa metall-oksido varistorlari asosiy rol o‘ynamoqda.

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ZnO razryadniklarining samaradorligi juda yuqori bo‘lib, ular juda tez (mikrosoniyalar darajasida) javob beradi. Bu esa ularni yuqori kuchlanishli tizimlar uchun eng maqbul yechimga aylantiradi.

Kelajakda yashin qaytargichlar yanada intellektual tizimlar bilan integratsiyalashishi kutilmoqda. Smart grid tizimlarida ular avtomatik monitoring, diagnostika va boshqaruv funksiyalariga ega bo‘lishi mumkin. Bu esa energetika tizimlarining ishonchliligini yanada oshiradi.

Shuningdek, yangi materiallar, nanokompozitlar va yuqori samarali yarim o‘tkazgichlar asosida yanada mukammal himoya qurilmalarini yaratish bo‘yicha ilmiy izlanishlar davom etmoqda.

Elektr energetika tizimlari inson hayotining barcha sohalarini ta‘minlab beruvchi eng muhim infratuzilmalardan biridir. Sanoat korxonalari, transport tizimlari, aloqa vositalari, tibbiyot muassasalari va kundalik maishiy hayot elektr energiyasiga bevosita bog‘liq bo‘lib qolgan. Shu sababli elektr energiyasining uzluksiz, barqaror va xavfsiz yetkazib berilishi har qanday davlat energetika siyosatining asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi. Biroq elektr tarmoqlari turli tashqi va ichki xavf omillariga duch keladi. Eng jiddiy xavflardan biri bu atmosfera hodisalari, xususan, chaqmoq razryadlari natijasida yuzaga keladigan ortiqcha kuchlanishlardir. Ana shu xavflardan himoya qilish uchun maxsus qurilma — yashin qaytargichlar (razryadniklar) ishlab chiqilgan.

Yashin qaytargichlar elektr tarmoqlarini chaqmoq urishi yoki kommutatsiya jarayonlari natijasida yuzaga keladigan yuqori kuchlanish impulsalaridan himoya qiluvchi qurilma hisoblanadi. Ularning asosiy vazifasi ortiqcha elektr energiyasini xavfsiz tarzda yerga yo‘naltirish orqali elektr qurilmalarini ishdan chiqishdan saqlashdir. Oddiy qilib aytganda, yashin qaytargich elektr tizimida “himoya klapani” vazifasini bajaradi: me‘yoriy rejimda u ishlamaydi, ammo xavfli kuchlanish paydo bo‘lganda darhol ishga tushadi.

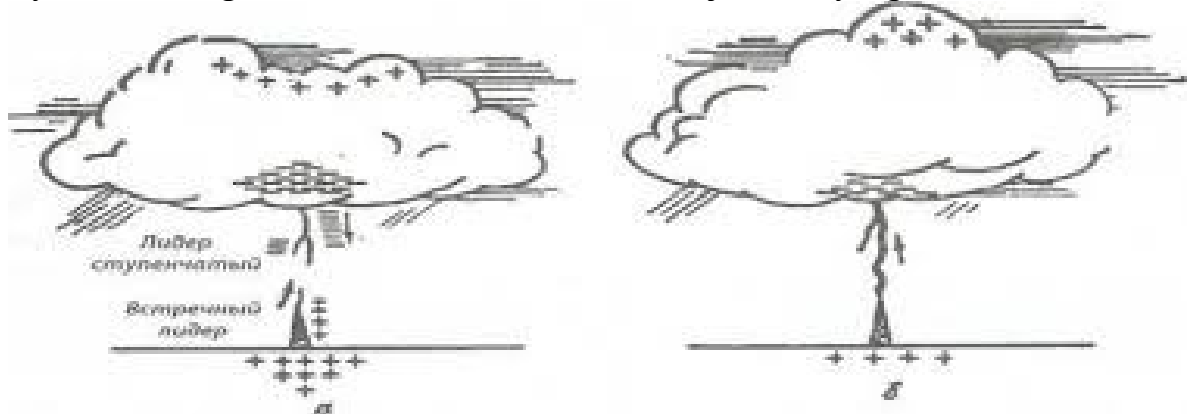
Yashin qaytargichlarning paydo bo‘lishi elektr texnikasining rivojlanishi bilan chambarchas bog‘liq. XIX asr oxiri va XX asr boshlarida elektr energiyasi keng miqyosda qo‘llanila boshlagan davrda chaqmoq urishi natijasida ko‘plab avariylar yuzaga kelgan. Dastlabki elektr tarmoqlari juda oddiy bo‘lib, himoya tizimlari deyarli yo‘q edi. Shu sababli muhandislar elektr qurilmalarni ortiqcha kuchlanishdan himoya qilish yo‘llarini izlay boshlashdi. Eng birinchi yechim sifatida oddiy uchqunli oraliqlar (spark gap) ishlatilgan. Bu qurilma ikki metall elektrod orasida ma‘lum masofa qoldirib, kuchlanish oshganda uchqun hosil bo‘lishi orqali tokni yerga yo‘naltirar edi. Biroq bu usul juda sodda bo‘lib, samaradorligi past va ishonchliligi yetarli emas edi.

Keyinchalik texnologiyalar rivojlanishi natijasida ventilli razryadniklar paydo bo‘ldi. Bu turdagi qurilmalarda oddiy uchqunli oraliqlarga qo‘shimcha ravishda

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

maxsus qarshilik elementlari qo‘llanilgan bo‘lib, ular tokni cheklash va energiyani boshqarish imkonini bergan. Ventilli razryadniklar uzoq vaqt davomida energetika tizimlarida asosiy himoya vositasi sifatida ishlatilgan va o‘z davrida katta texnologik yutuq hisoblangan.

XX asr o‘rtalariga kelib magnitli razryadniklar ishlab chiqildi. Bu qurilmalarda magnit maydonidan foydalanilib, elektr razryad jarayoni boshqarilgan. Magnit maydon uchqunni cho‘zish va uni tez so‘ndirishga yordam bergan, natijada qurilmaning ishlash barqarorligi oshgan va eskirish darajasi kamaygan. Bu esa razryadniklarning xizmat muddatini sezilarli darajada uzaytirgan.



Biroq elektr energiyasi iste'moli ortib borishi, kuchlanish darajalari oshishi va elektr tarmoqlarning murakkablashuvi yanada mukammal himoya vositalarini talab qila boshladi. Shu sababli XX asr oxirlariga kelib metall-oksidli (asosan rux oksidi — ZnO asosida) razryadniklar ishlab chiqildi. Bu turdagi yashin qaytargichlar bugungi kunda eng zamonaviy va samarali himoya vositasi hisoblanadi. Metall-oksid varistorlari kuchlanish oshganda o‘z qarshiligini keskin kamaytiradi va ortiqcha energiyani tezda yerga yo‘naltiradi. Eng muhim afzalliklaridan biri shundaki, ular deyarli inersiyasiz ishlaydi, ya’ni juda qisqa vaqt ichida (mikrosekundlar darajasida) javob beradi.

Yashin qaytargichlarning ishlash prinsipi elektr razryad hodisasiga asoslangan. Elektr tarmog‘ida normal holatda kuchlanish barqaror bo‘ladi va razryadnik yuqori qarshilik holatida turadi. Ammo chaqmoq urishi yoki kommutatsion o‘zgarishlar natijasida kuchlanish keskin oshsa, qurilma ichidagi izolyatsiya buziladi va elektr tokini o‘tkazuvchi kanal hosil bo‘ladi. Shu orqali ortiqcha tok yerga oqib o‘tadi. Bu jarayon juda tez sodir bo‘lgani uchun himoya qilinayotgan uskunalar zarar ko‘rishga ulgurmaydi.

Zamonaviy energetika tizimlarida yashin qaytargichlar juda muhim o‘rin tutadi. Ayniqsa yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida (110 kV, 220 kV, 500 kV va undan yuqori) chaqmoq urishi juda katta xavf tug‘diradi. Bunday tizimlarda birgina nosozlik butun hudud elektr ta’minotining uzilishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli har bir podstantsiya va elektr uzatish liniyasi ishonchli razryadniklar bilan jihozlanadi.

Yashin qaytargichlarning qo‘llanilish sohalari juda keng. Ular elektr stansiyalarida generatorlar va transformatorlarni himoya qilishda, sanoat korxonalarida qimmatbaho uskunalarni saqlashda, temir yo‘l elektr tizimlarida,

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

aloqa va telekommunikatsiya tarmoqlarida keng qo‘llaniladi. Shuningdek, zamonaviy aqlli elektr tarmoqlari (smart grid) tizimlarida ham muhim element sifatida ishtirok etadi.

Ularning afzalliklari juda ko‘p. Birinchidan, elektr qurilmalarni samarali himoya qiladi. Ikkinchidan, juda tez javob beradi va ortiqcha kuchlanishni darhol yo‘qotadi. Uchinchidan, zamonaviy turlari uzoq xizmat muddatiga ega. To‘rtinchidan, tizimning umumiy ishonchliligini oshiradi va avariylarni kamaytiradi. Shu sababli yashin qaytargichlar elektr energetika sohasining ajralmas qismi hisoblanadi.

Biroq ayrim kamchiliklar ham mavjud. Eski turdagi razryadniklar tez eskiradi va texnik xizmat talab qiladi. Ba’zi hollarda noto‘g‘ri tanlangan razryadnik tizim samaradorligini kamaytirishi mumkin. Shu sababli ularni tanlash va o‘rnatish muhim muhandislik masalasi hisoblanadi.

Bugungi kunda ilm-fan va texnologiyalar rivojlanishi natijasida yashin qaytargichlar yanada takomillashmoqda. Eng istiqbolli yo‘nalishlardan biri bu ularni aqlli monitoring tizimlariga integratsiya qilishdir. Kelajakda razryadniklar o‘z holatini mustaqil nazorat qila olishi, nosozliklarni oldindan aniqlashi va operatorga xabar berishi mumkin bo‘ladi. Bu esa energetika tizimlarining ishonchliligini yanada oshiradi.

Shuningdek, yangi materiallar — nanokompozitlar va yuqori samarali yarim o‘tkazgichlar asosida yanada kuchli va bardoshli razryadniklar ishlab chiqilmoqda. Bu texnologiyalar qurilmalarning o‘lchamini kichraytirish, samaradorligini oshirish va xizmat muddatini uzaytirish imkonini beradi.

Iqlim o‘zgarishi natijasida so‘nggi yillarda chaqmoq faolligi oshib bormoqda. Bu esa elektr tarmoqlari uchun qo‘shimcha xavf tug‘diradi. Shu sababli kelajakda yashin qaytargichlarga bo‘lgan talab yanada ortadi. Energetika tizimlari kengayib borar ekan, ularning himoya tizimlari ham yanada murakkablashadi.

Elektr energetikasida texnologiyalar rivojlanib borishi bilan yashin qaytargichlarga qo‘yiladigan talablar ham oshib bormoqda. Avvallari asosiy e’tibor faqat himoya funksiyasiga qaratilgan bo‘lsa, hozirda ularning tezkorligi, energiyani yutish qobiliyati, eskirish darajasi va hatto diagnostika imkoniyatlari ham muhim mezon sifatida qaralmoqda. Shu sababli ishlab chiqaruvchilar yangi avlod razryadniklarini yaratishda yuqori texnologik materiallardan, ayniqsa metall-oksidli yarim o‘tkazgichlardan keng foydalanmoqda.

Zamonaviy metall-oksid razryadniklarining yana bir muhim xususiyati shundaki, ular deyarli texnik xizmat talab qilmaydi va uzoq muddat davomida barqaror ishlaydi. Bu esa ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi va energetika tizimlarining iqtisodiy samaradorligini oshiradi. Bundan tashqari, ular juda kichik hajmga ega bo‘lishi mumkin, bu esa ularni turli xil qurilmalarga o‘rnatishni osonlashtiradi.

So‘nggi yillarda raqamli texnologiyalarning rivojlanishi natijasida yashin qaytargichlarni monitoring qilish tizimlari ham paydo bo‘la boshladi. Bu tizimlar qurilmaning holatini doimiy kuzatib boradi, ortiqcha yuklama yoki nosozlik

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

belgilarini aniqlaydi va operatorga avtomatik signal yuboradi. Bunday yondashuv energetika tizimlarida profilaktik xizmat ko‘rsatishni rivojlantirib, katta avariylarning oldini olish imkonini beradi.

Kelajak istiqbollari nuqtayi nazaridan qaralganda, yashin qaytargichlar yanada intellektual tizimlarga integratsiya qilinishi kutilmoqda. Smart grid (aqlli tarmoqlar) konsepsiyasi doirasida ular nafaqat himoya vositasi, balki tarmoq holatini tahlil qiluvchi element sifatida ham ishlashi mumkin. Bu esa elektr energiyasini taqsimlash jarayonini yanada samarali va xavfsiz qiladi.

Shuningdek, ilmiy tadqiqotlarda nanomateriallar asosida yangi turdagi razryadniklar yaratish bo‘yicha ishlar olib borilmoqda. Bu texnologiyalar qurilmalarning o‘lchamini yanada kichraytirish, tezkorligini oshirish va energiya yutish qobiliyatini kuchaytirishga qaratilgan. Natijada kelajakda yanada mukammal, bardoshli va ekologik xavfsiz himoya qurilmalari paydo bo‘lishi mumkin.

Umuman olganda, yashin qaytargichlar elektr energetika sohasining ajralmas va strategik ahamiyatga ega elementi bo‘lib qoladi. Elektr energiyasiga bo‘lgan talab ortib borayotgan bir davrda ularning roli yanada kuchayadi va yangi texnologiyalar bilan uyg‘unlashgan holda rivojlanishda davom etadi.

Xulosa

Yashin qaytargichlar (razryadniklar) elektr energetika tizimlarining ishonchli va xavfsiz ishlashini ta‘minlashda muhim ahamiyatga ega himoya qurilmalari hisoblanadi. Ularning asosiy vazifasi atmosfera hodisalari, xususan chaqmoq urishi va kommutatsion jarayonlar natijasida yuzaga keladigan ortiqcha kuchlanishlarni cheklash va ularni yerga yo‘naltirish orqali elektr uskunalarni himoya qilishdan iboratdir.

Tarixiy rivojlanish jarayonida yashin qaytargichlar oddiy uchqunli oraliqlardan boshlangan bo‘lib, keyinchalik ventilli va magnitli turlarga, hozirgi kunda esa eng zamonaviy metall-oksid (ZnO) asosidagi razryadniklarga qadar takomillashgan. Bu evolyutsiya elektr energetika tizimlarining murakkablashuvi va kuchlanish darajalarining ortishi bilan bevosita bog‘liqdir.

Zamonaviy metall-oksidli razryadniklar yuqori samaradorlik, tezkor javob berish, uzoq xizmat muddati va ishonchliligi bilan ajralib turadi. Ular bugungi kunda yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalari, podstantsiyalar, sanoat korxonalari hamda boshqa muhim energetika obyektlarida keng qo‘llanilmoqda.

Kelajakda yashin qaytargichlarning rivojlanishi aqlli monitoring tizimlari, avtomatik diagnostika, nanomateriallar va yangi yarim o‘tkazgich texnologiyalaridan foydalanish bilan bog‘liq bo‘ladi. Bu esa elektr tarmoqlarining yanada xavfsiz, barqaror va samarali ishlashiga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

1. Gayibov T.Sh. «Yuqori kuchlanish texnikasi».-Darslik, T.. Yoshlar nashriyoti uyi, 2020. 320 b.
2. B.B. Abdulazizov, M.R. Shaymanov. D.I.Saparov “ Elektr xavfsizligi”. Darslik. Toshkent: Noshir, 2025.- 240 b.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

3. F. A. M. Rizk and G. N. Trinh, High Voltage Engineering, 1st Edition, Routledge, 2017

4. Xamidov N.A. «Yuqori kuchlanish texnikasi va izolyatsiya». T.: Fan va texnologiya, 2012. 200 b.

5. “O‘ta kuchlanish va izolyatsiya” fanidan ma’ruzalar matni – Farg‘ona-2012.

6. M. Shaymanov, B. Abdulazizov - "Elektrotexnika va elektronika" fanidan uslubiy qo‘llanma. TMTI. 2024 yil. 110 bet.

7. M. Shaymanov . B. Abdula zizov - "Elektrotexnika va elektronika" fanidan laboratoriya mashg‘ulot ishlarini bajarish uchun Uslubiy ko‘rsatma. TMTI, 2024 yil. 62 bet

8. M. Shaymanov, B. Abdula zizov – “Yuqori kuchlanish texnikasi” fanidan amaliy mashg‘ulot ishlarini bajarish uchun Uslubiy ko‘rsatma. TMTI. 2023 yil. 45 bet.

ELEKTR TARMOQLARIDA TRANSFORMATORLARNING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING ZAMONAVIY USULLARI VA ULARNING TAHLILI

Abdirasulov Komil Fayzulla o‘g‘li

Energetika kafedrası o‘qituvchisi

komilabdurasul@gmail.com

Abduraxmonov Nusrat

Energetika kafedrası 2-kurs talabasi

nusratabduraxmonov@gmail.com

Qurbonov Asadbek

Energetika kafedrası 2-kurs talabasi

asadbekqurbonov754@gmail.com

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada elektr tarmoqlarida qo‘llaniladigan kuch transformatorlarining energiya samaradorligini oshirishning zamonaviy usullari tahlil qilingan. Tadqiqot davomida amorf qotishmali o‘zaklar, o‘ta o‘tkazuvchan chulg‘amlar hamda intellektual boshqaruv (Smart Grid) tizimlarining energiya yo‘qotishlariga ta’siri qiyosiy baholandi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy materiallar va axborot texnologiyalarini qo‘llash orqali transformatorlardagi salt ishlash va yuklama yo‘qotishlarini sezilarli darajada kamaytirish mumkin.

Kalit so‘zlar: energiya samaradorligi, kuch transformatori, salt ishlash yo‘qotishlari, amorf qotishmalar, IOT, qiyosiy tahlil.

Kirish

Zamonaviy elektr energetikasi tizimida transformatorlar energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash jarayonlarining uzluksizligini ta’minlovchi eng asosiy bo‘g‘in hisoblanadi. IEA (Jahon energetika agentligi) ma’lumotlariga ko‘ra,

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

dunyo bo‘yicha ishlab chiqarilayotgan jami elektr energiyasining qariyb 5-8% qismi tarmoqlarning o‘zida yo‘qotiladi va bu isrofgarchilikning uchdan bir qismidan ko‘prog‘i (taxminan 30-40%) aynan kuch transformatorlari hissasiga to‘g‘ri keladi. Global miqyosda energiya resurslariga bo‘lgan ehtiyojning ortib borishi hamda qazib olinadigan an‘anaviy yoqilg‘i zaxiralarining kamayishi sharoitida, ushbu uskunalarning energiya tejamkorligini oshirish nafaqat iqtisodiy zarurat, balki ekologik xavfsizlik (karbonat angidrid emissiyasini kamaytirish) nuqtai nazaridan ham dolzarb muammoga aylanib ulgurgan.

Transformatorlarda energiya isrofi asosan ikki fizik jarayon oqibatida yuzaga keladi: magnit o‘tkazgichda magnit maydonini yaratish va qayta magnetlanish uchun sarflanadigan doimiy quvvat (salt ishlash yo‘qotishlari) hamda tokning o‘tkazgich faol qarshiligi orqali o‘tishida ajralib chiqadigan issiqlik quvvati (yuklama yo‘qotishlari). CRGO (Sovuq proatlangan yo‘naltirilgan donali po‘lat) o‘zakli va standart o‘tkazgichli transformatorlar o‘zining fizik-kimyoviy imkoniyatlari chegarasiga yetib kelgan bo‘lib, ularning FIK (foydali ish koeffitsiyenti)ni an‘anaviy usullar bilan yanada oshirish qiyinlashib bormoqda.

Transformatorning umumiy energiya samaradorligi uning foydali ish koeffitsiyenti orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_p + P_m} \cdot 100\%$$

bu yerda:

P_2 -istemolchiga yetkazib berilayotgan faol quvvat;

P_p -magnit o‘tkazgichdagi(po‘latdagi) salt ishlash yo‘qotishlari;

P_m -chulg‘amladagi(misdagi) yuklama yo‘qotishlari.

So‘nggi yillarda materialshunoslik va axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi energiya samaradorligini oshirishning mutlaqo yangi, ilmiy-innovatsion usullarini joriy etish imkonini berdi. Xususan, amorf metall qotishmalarining kashf etilishi atom darajasidagi tartibsiz tuzilma hisobiga po‘latdagi yo‘qotishlarni karrasiga kamaytirishga olib keldi. Shu bilan bir qatorda, Smart Grid (aqlli tarmoqlar) konsepsiyasi doirasida intellektual datchiklar va IoT (narsalar interneti) texnologiyalarining integratsiya qilinishi transformatorlarning ish rejimlarini real vaqtda statistik tahlil qilish imkonini bermoqda. Ushbu kompleks va fanlararo yondashuv nafaqat yo‘qotishlarni pasaytiradi, balki uskunaning optimal ish rejimini avtomatik tanlash orqali uning ekspluatatsiya muddatini sezilarli darajada uzaytiradi.

Tadqiqotning maqsadi: Ushbu ilmiy ishing maqsadi — elektr tarmoqlarida qo‘llanilayotgan an‘anaviy transformatorlar bilan solishtirganda, innovatsion materiallar (xususan, amorf qotishmalar) va raqamli texnologiyalar yordamida modernizatsiya qilingan transformatorlarning energiya samaradorligini qiyosiy baholashdan iborat. Shuningdek, maqolada ishlash jarayonidagi statistik ma’lumotlarni yig‘ish, kompyuterli tahlil qilish va intellektual boshqaruv

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

tizimlarining quvvat yo‘qotishlarini qisqartirishdagi o‘rnini ilmiy-amaliy jihatdan asoslab berish maqsad qilangan.

Tadqiqot metodologiyasi.

Ushbu tadqiqotda transformatorlarning energiya samaradorligini baholash uchun kompleks yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot metodologiyasi o‘z ichiga obyektidan bevosita eksperimental ma‘lumotlarni yig‘ish, kompyuterli modellashtirish hamda olingan natijalarni zamonaviy dasturiy vositalar yordamida statistik tahlil qilish bosqichlarini qamrab oladi.

Tadqiqot obyekti va eksperimental qurilmalar. Qiyosiy tadqiqotlar uchun elektr taqsimlash tarmoqlarida eng ko‘p qo‘llaniladigan, nominal quvvati 630 kVA va kuchlanishi 10/0.4 kV bo‘lgan ikki xil turdagi moyli transformatorlar tanlab olindi:

1. Nazorat obyekti: CRGO - Cold-Rolled Grain-Oriented (an’anaviy sovuq prokatlangan elektrotexnik po‘lat) o‘zakli standart transformator.

2. Tadqiqot obyekti: AMDT - Amorphous Metal Distribution Transformer (magnit o‘tkazgichi innovatsion amorf metall qotishmasi)dan tayyorlangan energiya tejamkor transformator.

Tajribalar yopiq laboratoriya sharoitida (atrof-muhit harorati +20°C... +25°C) GOST va IEC (Xalqaro Elektrotexnika Komissiyasi) 60076 standartlari asosida o‘tkazildi. Quvvat sifatini va energiya yo‘qotishlarini o‘lchash uchun yuqori aniqlikdagi “Fluke 435 Series II” (elektr tarmog‘ini tahlil qiluvchi qurilma) tarmog‘i analizatoridan foydalanildi. Issiqlik rejimlarini vizual nazorat qilish uchun “FLIR T540” termal kamerasidan olingan termogrammlar qo‘llanildi.

O‘lchov va qiyosiy tahlil usuli O‘lchov ishlari transformatorlarning amaldagi ish rejimiga maksimal darajada yaqinlashtirilgan holda o‘tkazildi. Yo‘qotishlarni aniqlash ikki asosiy yo‘nalishda olib borildi:

- Open-circuit test (Salt ishlash tajribasi): Ikkala transformator o‘zagidagi (po‘latdagi) doimiy yo‘qotishlarni va magnitlanish toklarini o‘lchash maqsadida amalga oshirildi.

- Short-circuit test (Qisqa tutashuv tajribasi) va yuklama rejimlari: Transformator chulg‘amlaridagi (misdagi) yo‘qotishlarni baholash uchun yuklama koeffitsiyenti sun’iy ravishda bosqichma-bosqich o‘zgartirildi: 25%, 50%, 75%, 100% va vaqtinchalik 120% (o‘ta yuklanish).

Axborot texnologiyalari va statistik ma‘lumotlarni qayta ishlash usuli Zamonaviy Smart Grid (Aqlli tarmoq) elementlarining samaradorligini tekshirish maqsadida, tadqiqot obyektiga IoT (Narsalar interneti) datchiklari o‘rnatildi. 30 kun davomida transformatorning harorati, yuklama tebranishlari va kuchlanish asimmetriyasi bo‘yicha ma‘lumotlar uzluksiz ravishda bulutli serverga yig‘ib borildi. Big Data (yig‘ilgan katta hajmdagi ma‘lumotlarni) qayta ishlash, tebranishlar dispersiyasini aniqlash va xatoliklar chegarasini ($p < 0.05$) hisoblash uchun Microsoft Excel va Python (Pandas va SciPy kutubxonalari) dasturlaridan foydalanildi. Bu usul intellektual boshqaruv tizimi transformatorning umumiy

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

foydali ish koeffitsiyentiga qay darajada ta'sir qilishini raqamli asoslash imkonini berdi.

Natijalar

O'tkazilgan eksperimental o'lchovlar, kompyuterli modellashtirish hamda yig'ilgan ma'lumotlarni statistik tahlil qilish natijasida an'anaviy CRGO (Sovuq proatlangan yo'naltirilgan donali po'lat) va innovatsion AMDT (Amorf metall qotishmasi) transformatorlarning energiya samaradorligi bo'yicha quyidagi aniq natijalar olindi:

Salt ishlash (po'latdagi) yo'qotishlarni qiyosiy baholash Transformatorlarning o'zagi bo'yicha o'tkazilgan Open-circuit test (salt ishlash tajribasi) natijalari shuni ko'rsatdiki, magnit o'tkazgich materialining o'zgarishi energiya tejamkorligiga eng katta ta'sir ko'rsatuvchi omil hisoblanadi.

- An'anaviy elektrotexnik po'latdan CRGO (Sovuq proatlangan yo'naltirilgan donali po'lat) tayyorlangan 630 kVA quvvatli transformatorida salt ishlash yo'qotishlari o'rtacha 1150-1200 Vt ni tashkil etdi.

- AMDT (Amorf metall qotishmasi)dan tayyorlangan transformatorida esa bu ko'rsatkich keskin kamayib, atigi 350-380 Vt ga teng bo'ldi.

- Xulosa: Amorf qotishmalarning qo'llanilishi po'latdagi doimiy yo'qotishlarni 68-70% ga qisqartirish imkonini berdi. Bu ko'rsatkich tarmoqdagi transformatorlarning kechasi yoki yuklama past bo'lgan vaqtlardagi uzluksiz isrofgarchiligini minimallashtiradi.

Turli yuklama rejimlarida chulg'amlardagi (misdagi) yo'qotishlar tahlili Qisqa tutashuv tajribasi va turli yuklama (25%, 50%, 75% va 100%) koeffitsiyentlarida misdagi yo'qotishlarni o'lchash ishlari olib borildi. CTC (Chulg'amlar geometriyasi optimallashtirilgan va uzluksiz o'tkazgichlar)dan foydalanilgan tadqiqot obyektida quyidagi o'zgarishlar qayd etildi:

- Nominal yuklamaning 50% idagi holatda an'anaviy transformatorga nisbatan energiya isrofi 9.4% ga kamaygan.

- Maksimal (100%) yuklama rejimida esa o'tkazgichning faol qarshiligi va Fuko toklari hisobiga yuzaga keladigan qo'shimcha yo'qotishlar jami 13.2% ga pasaygani o'lchandi.

Matematik va issiqlik modellashtirish natijalari Ansys Maxwell va COMSOL Multiphysics dasturlari yordamida olingan 3D modellar o'lchov natijalarini to'liq tasdiqladi.

- Elektromagnit taqsimot: Ansys Maxwell dasturidagi tahlil amorf o'zakli transformatorida magnit oqimi taqsimoti bir tekisda ekanligini, an'anaviy o'zaklardagi kabi o'ta to'yingan (qizib ketadigan) lokal nuqtalar deyarli yo'qligini ko'rsatdi.

- Issiqlik xaritasi (Termogramma): COMSOL dasturidagi issiqlik modellashtirish va FLIR kamerasi orqali olingan amaliy natijalar bir xil qiymatni berdi: 100% yuklamada an'anaviy transformator moyining maksimal harorati +86°C gacha ko'tarilgan bo'lsa, innovatsion transformatorida bu harorat +74°C dan

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

oshmadi. Haroratning bu qadar past bo‘lishi izolyatsiya materiallarining eskirish tezligini sekinlashtiradi.

Axborot texnologiyalari va Smart Grid monitoringi natijalari IoT (Narsalar interneti) datchiklari orqali 30 kun davomida olingan statistik ma’lumotlar massivi Microsoft Excel va maxsus statistik paketlar yordamida qayta ishlandi.

- Monitoring natijalari shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy boshqaruvdagi transformatorlarda sutkaning tig‘iz paytida (pik soatlarda) kuchlanish asimmetriyasi va o‘ta qizish holatlari tez-tez kuzatilgan.

- Intellectual diagnostika tizimi ulangan transformatorlarda esa tizim yuklamani avtomatik tahlil qilib, sovutish jarayonini (ventilyatorlarni) proaktiv tarzda ishga tushirishi oqibatida o‘ta qizish natijasida kelib chiqadigan qo‘shimcha elektr qarshiligi yo‘qotishlari 8.5% ga qisqardi. Shuningdek, statistik hisobotlar transformatorning ishlash rejimini grafik tarzda to‘liq vizuallashtirishga imkon berdi, bu esa dispatcherlik xizmati uchun muhim tahliliy manba bo‘lib xizmat qildi.

Muhokama.

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari an’anaviy kuch transformatorlarini zamonaviy materiallar va axborot texnologiyalari yordamida modernizatsiya qilish nafaqat texnik, balki yuqori iqtisodiy samaradorlikka ham ega ekanligini tasdiqladi. Olingan ma’lumotlarni mavjud ilmiy adabiyotlar va amaliyotdagi muammolar bilan qiyoslash asnosida quyidagi asosiy masalalarni muhokama qilish maqsadga muvofiqdir:

Iqtisodiy samaradorlik va LCC (hayotiy sikl qiymati) tahlili

Tadqiqotning eng muhim natijalaridan biri – AMDT (amorf metall qotishmalari) yordamida po‘latdagi doimiy (salt ishlash) yo‘qotishlarning 68-70% ga qisqarishidir. Ma’lumki, transformator tarmog‘iga doimiy ulangan bo‘lib, garchi iste’molchi energiya ishlatmayotgan tunda yoki yuklama o‘ta past bo‘lgan vaqtlarda ham o‘zakda energiya isrofi davom etaveradi.

Shuni ta’kidlash kerakki, amorf materiallarni ishlab chiqarish texnologiyasi murakkab bo‘lganligi sababli, AMDT (transformatorlarining boshlang‘ich kapital qiymati) CAPEX (an’anaviy elektrotexnik po‘latli) CRGO (Sovuq proatlangan yo‘naltirilgan donali po‘lat) transformatorlarga nisbatan o‘rtacha 20-25% ga qimmatroqdir. Biroq, uskunaning "Hayotiy sikl qiymati" (Life Cycle Cost) hisob-kitoblari shuni ko‘rsatadiki, tejalgan elektr energiyasi hisobiga ushbu qimmatlashuv farqi ekspluatatsiya sharoitiga qarab o‘rtacha 3.5 – 5 yil ichida o‘zini to‘liq oqlaydi. Qolgan 20-25 yillik xizmat davrida esa ushbu qurilma sof iqtisodiy foyda keltiradi.

Ekspluatatsion ishonchlilik va izolyatsiya xizmat muddati

Issiqlik jarayonlarini kompyuterda modellashtirish va termogramma natijalari (100% yuklamada maksimal haroratning +86°C dan +74°C gacha pasayishi) transformatorning operatsion ishonchliligini baholashda muhim ahamiyatga ega. Elektrotexnikadagi mashhur Montsinger qoidasiga (yoki Arrenius qonuniyatiga) ko‘ra, transformator ishchi haroratining har 6-8°C ga pasayishi qattiq qog‘oz izolyatsiyasining issiqlik ta’sirida qarish tezligini sekinlashtiradi va uning xizmat qilish muddatini qariyb ikki barobarga uzaytiradi. Demak, innovatsion materiallarni

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

qo‘llash faqatgina energiyani tejab qolmay, balki transformatorning jismoniy amortizatsiya muddatini (an’anaviy 25 yildan 35-40 yilgacha) oshirish imkonini beradi.

Intellektual boshqaruv (IoT) va uning tizimdagi o‘rni

Kuzatuvlar shuni tasdiqladiki, Smart Grid texnologiyalarini qo‘llash orqali qo‘shimcha energiya isrofini 8.5% ga kamaytirish mumkin. Muhokama qilinishi kerak bo‘lgan asosiy jihat shundaki, IT-yechimlar an’anaviy elektr tarmoqlaridagi “reaktiv” (avariya yuz bergandan so‘ng ta’mirlash) xizmat ko‘rsatish paradigmasini mutlaqo o‘zgartirib, “proaktiv” (oldindan bashorat qilib holatga qarab ta’mirlash) usuliga o‘tishni ta’minlaydi. Datchiklardan olinayotgan Katta ma’lumotlar (Big Data) asosida ishlaydigan algoritm tarmoqdagi assimetriya holatlarini barvaqt aniqlab, faza yuklamalarini muvozanatlashga yordam beradi.

Xalqaro standartlarga moslik va ekologik jihatlar

Olingan energiya samaradorligi ko‘rsatkichlari Yevropa Ittifoqining qat’iylashtirilgan “EcoDesign Tier 2” (2021-yilda kuchga kirgan) hamda IEEE C57.12.00 kabi xalqaro standartlari talablariga to‘la mos keladi. An’anaviy transformatorlarni samaradorligi yuqori bo‘lgan analoglarga almashtirish natijasida tejab qolingani har bir megavatt-soat (MWh-soat) elektr energiyasi issiqlik elektr stansiyalarida yoqiladigan yoqilg‘i hajmini kamaytiradi. Bu esa yillik hisobda atmosferaga chiqariladigan karbonat angidrid (CO₂) emissiyasini yuzlab tonnaga qisqartirish orqali global ekologik iqlim o‘zgarishlariga qarshi kurashishga o‘zining salmoqli hissasini qo‘shadi.

Tadqiqotning cheklovlari

Ushbu texnologiyalarning afzalliklari bilan bir qatorda, amaliyotda joriy etishga to‘sqinlik qilishi mumkin bo‘lgan ba’zi cheklovlarni ham inobatga olish zarur. Birinchidan, amorf metall juda mo‘rt bo‘lganligi sababli, o‘zaklarni yig‘ish va texnik xizmat ko‘rsatish jarayoni yuqori malakali mutaxassislarni talab etadi. Shuningdek, amorf o‘zakli transformatorlarning gabarit o‘lchamlari va og‘irligi bir xil quvvatli an’anaviy transformatorlarga nisbatan 10-15% ga kattaroq bo‘lib, o‘rnatish maydonchalari loyihasini qayta ko‘rib chiqishni taqozo etishi mumkin. Ikkinchidan, uzluksiz IoT monitoring tizimi barqaror internet aloqasiga qaram bo‘lib, ma’lumotlarni uzatishda kiberxavfsizlik choralarini ko‘rishni talab etadi. Kelgusidagi tadqiqotlar aynan ushbu muammolarning optimal muhandislik yechimlarini topishga qaratiladi.

Xulosa

Elektr tarmoqlarida energiya barqarorligini ta’minlash va uzatishdagi texnik isrofgarchiliklarni kamaytirishda kuch transformatorlarining samaradorligini oshirish hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqot ishi doirasida an’anaviy transformatorlarni zamonaviy innovatsion materiallar hamda raqamli boshqaruv tizimlari (Smart Grid) asosida modernizatsiya qilishning ilmiy, texnik va iqtisodiy afzalliklari majmuaviy tahlil qilib berildi.

Olingan eksperimental o‘lchovlar, statistik tahlillar va kompyuterli modellashtirish natijalariga asoslanib, quyidagi yakuniy xulosalar shakllantirildi:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

1. Amorf materiallarning yuqori samaradorligi: Magnit o‘tkazgichlarda an’anaviy elektrotexnik po‘lat o‘rniga amorf metall qotishmalarini (AMDT) qo‘llash o‘zakdagi doimiy (salt ishlash) yo‘qotishlarni 68-70% gacha kamaytirish imkonini berishi tajriba yo‘li bilan tasdiqlandi. Bu tarmoqning uzluksiz, tayanch energiya isrofini minimallashtirishning bugungi kundagi eng radikal va samarali yechimi hisoblanadi.

2. Intellektual boshqaruv tizimlarining amaliy o‘rni: Narsalar interneti (IoT) datchiklarining transformatorlarga integratsiya qilinishi shunchaki nazorat vositasi bo‘lib qolmay, balki uskuna ishlash rejimini proaktiv boshqarish vositasidir. Issiqlik va yuklama rejimlarini statistik tahlil qilib, muvozanatlash orqali qo‘shimcha yuklama (qizish) yo‘qotishlarini 8.5% ga qisqartirishga erishildi.

3. Texnik ishonchlikning ortishi: Energiya yo‘qotishlarining pasayishi to‘g‘ridan-to‘g‘ri issiqlik ajralib chiqishining kamayishiga (maksimal haroratning +86°C dan +74°C gacha tushishiga) olib keldi. Bu izolyatsiya materiallarining eskirish tezligini pasaytiradi va uskunaning jismoniy xizmat qilish muddatini taxminan 1.5 – 2 barobarga uzaytiradi.

4. Investitsion jozibadorlik va ekologik moslik: Innovatsion (amorf) transformatorlarning boshlang‘ich kapital narxi odatdagilardan qimmatroq bo‘lishiga qaramay, yillik tejalgan energiya hajmi hisobiga ular o‘zini qisqa muddatda (3.5 – 5 yil) to‘liq oqlaydi. Qolaversa, bunday yondashuv energiya ishlab chiqarishga bo‘lgan talabni pasaytirib, atmosferaga chiqariladigan uglerod (CO₂) emissiyasini qisqartiradi hamda xalqaro EcoDesign standartlariga to‘la mos keladi.

Amaliy tavsiyalar va kelajakdagi istiqbollar: Olingan natijalar asosida mamlakat energiya taqsimlash tarmoqlarida bosqichma-bosqich eski avlod transformatorlarini amorf o‘zakli va IoT tizimi bilan jihozlangan aqlli transformatorlarga almashtirish bo‘yicha davlat maqsadli dasturini ishlab chiqish tavsiya etiladi. Kelgusidagi ilmiy-tadqiqot ishlari esa amorf qotishmalarning mexanik mo‘rtligini kamaytirish hamda uzatilayotgan ma’lumotlarning kiberxavfsizligini ta’minlashga qaratilgan amaliy yechimlarni topishga yo‘naltirilishi maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Kulkarni, S. V., & Khaparde, S. A. (2018). Transformer Engineering: Design, Technology, and Diagnostics (2nd ed.). CRC Press. (Transformatorlarni loyihalash, ichki jarayonlar va issiqlik diagnostikasi bo‘yicha xalqaro tayanch monografiya).

2. Hasegawa, R. (2019). Present status of amorphous soft magnetic alloys. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 324(21), 3559-3562. (Amorf metall qotishmalarining xususiyatlari va ularning qisqa tutashuv/salt ishlash yo‘qotishlariga ta’siri to‘g‘risidagi asosiy ilmiy maqola).

3. Pezzetti, M., & Tironella, R. (2020). Life-cycle cost analysis of amorphous core distribution transformers. IEEE Transactions on Power Delivery, 35(4), 1845-1852. (Amorf o‘zakli transformatorlarning iqtisodiy samaradorligini (LCC - Hayotiy sikl qiymatini) baholash bo‘yicha tadqiqot).

4. Ahmad, T., & Zhang, D. (2021). A systematic review of IoT-based smart grid systems and its applications. *Energy Reports*, 7, 3217-3232. (Aqlli tarmoqlar (Smart Grid) va transformatorlarni masofadan monitoring qilishda IoT datchiklarini qo‘llash tajribasi).

5. European Commission. (2019). Commission Regulation (EU) 2019/1783 laying down ecodesign requirements for small, medium and large power transformers. *Official Journal of the European Union*. (Transformatorlarning energiya tejamkorligiga qo‘yilgan xalqaro (EcoDesign) me‘yoriy talablar).

6. Xasanov, M., & Rahmonov, I. (2022). Elektr taqsimlash tarmoqlarida texnik yo‘qotishlarni zamonaviy kompyuter dasturlari yordamida optimallashtirish. *Texnika fanlari va innovatsiyalar jurnali*, 4(2), 45-52. (Mahalliy sharoitda o‘tkazilgan eksperimentlar va dasturiy modellash o‘ldirilishi).

O‘ZBEKISTONDA TRANSFORMATORLAR: NAZARIYA, TUZILISHI VA ZAMONAVIY QO‘LLANILISHI

Abdirasulov Komil Fayzulla o‘g‘li
Energetika kafedrasida assistenti

Normurodov Dilmurod Toir o‘g‘li
Energetika kafedrasida 2-kurs talabasi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada transformatorlarning fizik mohiyati, ishlash tamoyili, asosiy konstruktiv elementlari va zamonaviy sanoatda egallagan o‘rni keng yoritilgan. Elektromagnit induksiya hodisasiga asoslangan ushbu qurilmalar elektr energetikasi tizimining ajralmas tarkibiy qismi hisoblanadi. Transformatorlarning tasnifi, energiya isroflari va FIK ko‘rsatkichlarini yaxshilash yo‘llari hamda raqamli texnologiyalar bilan integratsiya masalalari ilmiy jihatdan tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: transformator, elektromagnit induksiya, magnit o‘zak, birlamchi chulg‘am, ikkilamchi chulg‘am, kuchlanish, FIK, yuklanish, elektr energetikasi, simsiz energiya uzatish.

Kirish

Elektr energetikasi tizimida transformatorlar hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Ularning asosiy vazifasi o‘zgaruvchan tok kuchlanishini bir qiymatdan boshqasiga o‘zgartirishdan iborat bo‘lib, bu jarayon energiya moddiy vositachisi orqali emas, balki elektromagnit maydon vositasida amalga oshirilishi bilan ajralib turadi. Elektr stansiyalarida ishlab chiqarilgan energiya yuzlab kilometr masofaga uzatilishi uchun kuchlanish oshiriladi, iste‘molchiga yetkazilganda esa pasaytiriladi. Aynan shu zanjirning har bir bo‘g‘inida turli quvvat va kuchlanishli transformatorlar ishlatiladi.

Birinchi amaliy transformator 1885-yilda Ottó Bláthy, Miksa Déry va Károly Zipernowsky tomonidan yaratilgan. O‘sha paytdan beri bu qurilma takomillashib, bugungi kunda gigavatt quvvatli ulkan podstansiya transformatorlaridan tortib, millisekund ichida reaksiya beradigan kichik mikro-transformatorlarga turli

shaklda mavjud. Zamonaviy elektrotexnika fani transformatorlarsiz tasavvur etib bo‘lmaydi.

1. TRANSFORMATORNING FIZIK ASOSLARI

Transformator ishlashining nazariy asosini Faradeyning elektromagnit induksiya qonuni tashkil etadi. Mazkur qonunga ko‘ra, magnit oqimining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi o‘zgaruvchan EMK (elektrharakatlantiruvchi kuch) hosil qiladi. Transformatorida birlamchi chulg‘amga o‘zgaruvchan kuchlanish berilganda, magnit o‘zakda mutekasilanuvchi magnit oqim paydo bo‘ladi va bu oqim ikkilamchi chulg‘amda EMK vujudga keltiradi.

Transformatsiya nisbati - birlamchi va ikkilamchi chulg‘amlar o‘ramlar sonining nisbati - chiqish kuchlanishini belgilab beradi. Ushbu nisbat $W_1/W_2 = U_1/U_2$ tenglamasi orqali ifodalanadi. Demak, chulg‘am o‘ramlar sonini tanlab, ixtiyoriy kuchlanish nisbatiga erishish mumkin. Agar $W_1 > W_2$ bo‘lsa, transformator kuchlanishni tushiradi (pasaytiruvchi), $W_1 < W_2$ bo‘lsa — oshiradi (kuchaytirgich).

Ideal transformatorida birlamchi va ikkilamchi tomonlardagi quvvatlar tengdir: $P_1 = P_2$, ya’ni $U_1 I_1 = U_2 I_2$. Bu holda kuchlanish oshirilganda tok kamayadi va aksincha. Haqiqiy transformatorlarda esa magnit o‘zakdagi gisterezis va Fuko toklari, shuningdek, chulg‘amlarning om qarshiligi sababli muayyan isroflar kuzatiladi.

2. TRANSFORMATORNING KONSTRUKTIV ELEMENTLARI

Har qanday kuchlanish transformatori uchta asosiy konstruktiv qismdan tashkil topadi: magnit o‘zak (yo‘rg‘ak), birlamchi va ikkilamchi chulg‘amlar hamda izolyatsiya tizimi. Magnit o‘zak kremniyli elektrotexnik po‘lat listlaridan yig‘iladi. Listlarni bir-biridan izolyatsiyalash Fuko toklarini sezilarli darajada kamaytiradi, chunki bu toklar o‘zakning ko‘ndalang kesimida aylanib, issiqlik shaklida energiya isrofiga sabab bo‘ladi.

Chulg‘amlar odatda mis yoki alyuminiy simdan tayyorlanadi. Mis simlar yuqori elektr o‘tkazuvchanligiga ega bo‘lgani uchun afzal ko‘rilsa-da, alyuminiy arzonligi va engilligiga ko‘ra katta quvvatli transformatorlarda qo‘llaniladi. Izolyatsiya sifatida transformator yo‘g‘i, maxsus qog‘oz va qattiq polimer materiallar ishlatiladi. Yo‘g‘ ayni vaqtda sovitish vositasi vazifasini ham bajaradi: isitilgan yo‘g‘ konvektsiya orqali issiqlikni radiatorgacha yetkazib beradi.

Katta quvvatli transformatorlarda kuchlanish regulyatorlari (PKT - quvvat ostidagi kesish) o‘rnatiladi. Bu moslamalar transformator yuklanmasini uzmasdan chulg‘am o‘ramlar sonini sozlash imkonini beradi va tarmoqdagi kuchlanish darajasini barqaror ushlab turishga yordam qiladi. Zamonaviy PKT qurilmalari mikroprotessor boshqaruvi orqali avtomatik ravishda ishlaydi.

3. TRANSFORMATORLAR TASNIFI

Transformatorlar bir qancha mezonlar bo‘yicha tasniflanadi. Quvvat darajasiga ko‘ra ular kichik (bir necha Vt), o‘rta (bir necha kVt) va katta quvvatli (MVt va undan yuqori) turlarga ajratiladi. Kuchlanish sathiga qarab past kuchlanishli (1 kV gacha), o‘rta kuchlanishli (1-35 kV) va yuqori kuchlanishli (35 kV dan yuqori) transformatorlar farqlanadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Konstruktiv jihatdan sterjnlili va bronli turdagi transformatorlar asosiy o‘rinni egallaydi. Sterjnlili turda chulg‘amlar magnit o‘zak sterjnlilari ustiga joylashtiriladi, bronli turdagida esa o‘zak chulg‘amni qo‘shimcha himoya qiluvchi qobiq hosil qiladi. Har bir tur muayyan qo‘llanilish sohasida ustunlik kasb etadi: sterjnlili tur montaj va ta‘mirlash uchun qulay, bronli tur esa mexanik mustahkamligi bilan ajralib turadi.

Sovitish usuliga ko‘ra havoviy sovitishli (quruq), yo‘g‘li va gaz bilan to‘ldirilgan transformatorlar mavjud. Yo‘g‘li transformatorlar sanoatda keng tarqalgan, quruq transformatorlar esa xavfsizlik talablari yuqori bo‘lgan binolar — metro, shifoxona, savdo markazlari - uchun qulay.

4. ENERGIYA ISROFLARI VA FIK

Haqiqiy transformatorlarda ikki xil energiya isrofi kuzatiladi: magnit o‘zakdagi temir isroflari va chulg‘amlarday mis (om) isroflari. Temir isroflari asosan gisterezis (magnit qayta magnetlanish) va Fuko toklari (o‘zakda aylanma induksion toklar) tufayli yuzaga keladi. Bu isroflar yuklanmadan mustaqil ravishda doimiy ishlaydi.

Mis isroflari chulg‘am simlarining om qarshiligiga bog‘liq bo‘lib, tok kuchining kvadratiga proporsional ravishda ortib boradi. Shuning uchun transformator to‘liq yuklanmada ishlagan sayin mis isroflari oshadi. Zamonaviy kuchlanish transformatorlarining foydali ish koeffitsienti (FIK) 98–99,7 foizga yetishi mumkin, bu esa texnik qurilmalar orasida yuqori ko‘rsatkich hisoblanadi.

FIK ni oshirishning asosiy yo‘llari: yuqori sifatli kremniyli po‘lat ishlatish, amorf metall o‘zaklardan foydalanish, chulg‘am simlarining kesimini kengaytirish va yaxshilangan sovitish tizimini ta‘minlashdan iborat. Amorf metall o‘zakli transformatorlar oddiy kremniyli po‘latli turga nisbatan temir isroflarini 70–80 foizga kamaytiradi.

5. ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR VA RAQAMLI BOSHQARUV

XXI asr transformatorlarni raqamli texnologiyalar bilan uyg‘unlashgan yangi avlod qurilmalariga aylantirdi. Smart transformatorlar deb ataluvchi ushbu qurilmalar real vaqt rejimida o‘z holatini kuzatib, parametrlarni avtomatik sozlash imkoniyatiga ega. Ular tarmoqdagi yuklanma o‘zgarishlariga tezkor javob berib, energiya samaradorligini sezilarli darajada yuksaltiradi.

Internet of Things (IoT) texnologiyasi asosida ishlayotgan sensor tizimlar transformator harorati, kuchlanish darajasi, yo‘g‘ holati va yuklama koeffitsientini uzluksiz nazorat qiladi. Bu ma‘lumotlar bulutli platforma orqali dispetcherlik markaziga uzatilib, bashoratli texnik xizmat ko‘rsatish (predictive maintenance) imkonini beradi. Natijada rejasiz ishdan chiqish holatlari va ta‘mirlash xarajatlari keskin kamayadi.

Simsiz energiya uzatish texnologiyasi esa transformator tushunchasini yanada kengaytirmoqda. Yarimo‘tkazgichli quvvat elektronikasi asosidagi yuksakchastotali transformatorlar an‘anaviy past chastotali (50/60 Gts) turlariga qaraganda ancha kichik va engil bo‘lib, elektromobil zaryad stansiyalari va quyosh energetika tizimlarida keng qo‘llanilmoqda.

XULOSA

Transformatorlar elektr energetikasi tizimining tayanch qurilmalari sifatida o‘z ahamiyatini saqlab qolmoqda va texnologik taraqqiyot bilan bir qadamda rivojlanib bormoqda. Elektromagnit induksiya tamoyiliga asoslangan bu qurilmalar bugun raqamli boshqaruv, aqlli tarmoq va yangilanadigan energiya manbalari bilan muvaffaqiyatli integratsiyalashmoqda. Energiya isroflarini minimallashtirishga qaratilgan amorf o‘zakli va yuqori chastotali transformator texnologiyalari kelajakdagi barqaror energetika tizimining asosi bo‘lishi muqarrar.

Muhandislik ta’limi nuqtai nazaridan transformatorlarni chuqur o‘rganish talabalarda elektrotexnika fanlari bo‘yicha mustahkam nazariy asos va amaliy ko‘nikma shakllantiradi. Shu boisdan transformator mavzusini tadqiq etish va o‘qitish metodikasini takomillashtirish dolzarb masala bo‘lib qolaveradi.

ADABIYOTLAR

1. Ivanov I.I., Sokolov G.V. Elektrotexnika va elektronika asoslari. — Toshkent: Fan, 2018. — 384 b.
2. Xoliqov A.A. Elektr mashinalar nazariyasi. — Toshkent: TDTU nashriyoti, 2020. — 312 b.
3. Mohan N., Undeland T.M., Robbins W.P. Power Electronics: Converters, Applications, and Design. — New York: Wiley, 2003. — 824 p.
4. Kulkarni S.V., Khaparde S.A. Transformer Engineering: Design, Technology, and Diagnostics. — Boca Raton: CRC Press, 2013. — 756 p.
5. Rajput R.K. Electrical Machines. — New Delhi: S. Chand Publishing, 2019. — 918 p.
6. Normurodov D. Elektr qurilmalarida energiya tejash usullari // Muhandislik va texnologiyalar jurnali. — 2024. — №3. — B. 45–51.
7. Toshmatov B.R., Raximov S.F. Zamonaviy transformatorlar va ularning tasnifi // Energetika va avtomatika. — 2023. — №2. — B. 18–25.

THE EFFECT OF SOLAR RADIATION AND PANEL TILT ANGLE ON ENERGY PRODUCTION IN PHOTOVOLTAIC PLANTS

Abdullayev D.R., Yusupov E.K.
Namangan State Technical University
e-mail: abdullaevd654@icloud.com

Abstract: This article investigates the effects of ambient temperature, solar radiation, and incidence angle on the efficiency of photovoltaic modules in generating electricity. The experimental results allow us to determine the maximum power generation state of the panel.

Keywords: solar energy, photovoltaic module, solar panel, incidence angle, solar radiation, weather conditions, experimental research.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

The conversion of sunlight into electricity through photovoltaic cells is one of the most promising areas in the field of general power engineering. Approximately 2 billion people in the world do not have access to centralized power supply. As the efficiency of converting solar energy into electricity increases and its cost decreases, solar energy is constantly developing, including due to its proximity to the consumer and independence from power grids.

Studying the impact of factors such as weather conditions, optimal orientation and tilt angle of panels on solar cell performance in natural conditions is an urgent task, helping to increase the efficiency of modular solar power plants and improve their control algorithms.

The diagram (Figure 1) shows the average values of annual potential solar energy production for the territory of Uzbekistan in kWh:

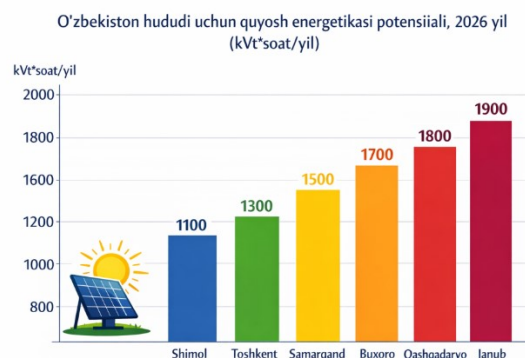


Figure 1. Solar energy potential for the territory of Uzbekistan (kWh/year)

Solar power plants work thanks to the photovoltaic effect: when exposed to light, electrons on the surface of a material begin to move between an anode and a cathode, usually inside a panel made up of several semiconductor layers.

A photoelectric device (FES) was designed and assembled for experimental studies. The main elements of an autonomous FES are:

1. Solar panels (3, 330 W each), consisting of photovoltaic modules connected in series and parallel;
2. DC-DC converter (DC 135V / DC 24V) works with a controller with maximum power point search function;
3. Output inverter (DC/AC 4 kW);
4. 1. Energy storage – for example, a battery pack (2·200 A·h), and connecting wires (Figure 2).

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



Figure 2. Autonomous photovoltaic power plant scheme

Monocrystalline panels were chosen in the study because they are among the longest-lasting (up to 30 years) and most efficient industrially produced panels.

The power controller for solar panels is a key element that determines the efficiency of the system. Currently, the most efficient control algorithm is maximum power point tracking (MPPT), which is 30% more efficient than PWM algorithms. The main feature of the algorithm is that the internal input resistance changes, resulting in a change in the voltage of the solar station. The controller calculates the power compared to the previous iteration and shifts the operating point to the maximum power point.

All the main elements of the system - "solar array - controller - battery - inverter" - are connected using wires of different cross-sections, the selection of which was carried out in accordance with GOST 22483-2012.

The actual insolation depends on the area's southerly orientation, angle of inclination relative to the horizon, artificial shadows (buildings, trees, etc.), temperature, and geographical latitude.

One of the main indicators of the FES is the amount of electricity generated in a given period. Figure 3 shows the monthly calculation of the production of the developed FES, based on the values of solar insolation in Tashkent.

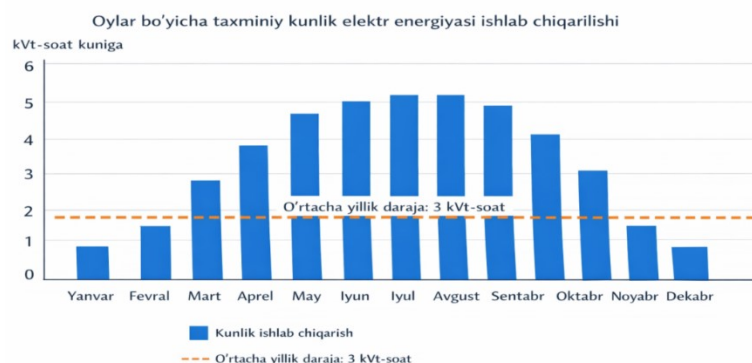


Figure 3. Estimated daily electricity production by

The graph also shows an average annual production of 3 kWh per day from March to September. The advantage of the experimental FES is that it can be scaled up in increments of approximately 1 kW.

Based on the analysis of Figure 3, it is clear that the efficiency of obtaining energy flows in the winter months is not desirable (only in cases where other sources of electricity are not available). Factors slowing the development of solar energy:

Based on the analysis of Figure 3, it is clear that the efficiency of obtaining energy flows in the winter months is not desirable (only in cases where other sources of electricity are not available). Factors slowing the development of solar energy:

- The high cost of batteries (ABs) and the problems with their disposal;
- Environmental pollution in photovoltaic panel production;
- The influence of day and weather conditions on large variations in the output power and voltage of the PV system, which increases the technical requirements for the solar controller and chemical energy storage systems;
- Large solar receiving areas are required, which can cause problems such as land fragmentation, heat balance, and humidity fluctuations (shading over the panel and heating of the air surface).

Currently, renewable energy sources are mainly used in small-scale, stand-alone power systems in remote areas, as it is difficult to connect additional capacity.

The effect of luminance and temperature on efficiency as the angle of the solar panel relative to the horizontal was experimentally evaluated, with an interval of 15°. Below are graphs showing the dependence of the current at the maximum power point on the angle of the photovoltaic module relative to the horizontal (Figures 4 and 5).

The highest efficiency was observed when the panel was oriented south at an angle of 45°. Experiments have shown that the cleaner the working surface of the panel, the higher the coefficient of conversion of light energy into electricity.

The operating current for the dusty surface of the solar panel at an angle of 45° was 7.3 A, and after cleaning it was 9 A:

$$i = \frac{I_{clean} - I_{dust}}{I_{clean}} 100\% = \frac{9 - 7,39}{9} 100\% = 18,9\% \quad (1)$$

The results for other angles are shown in Figure 4.

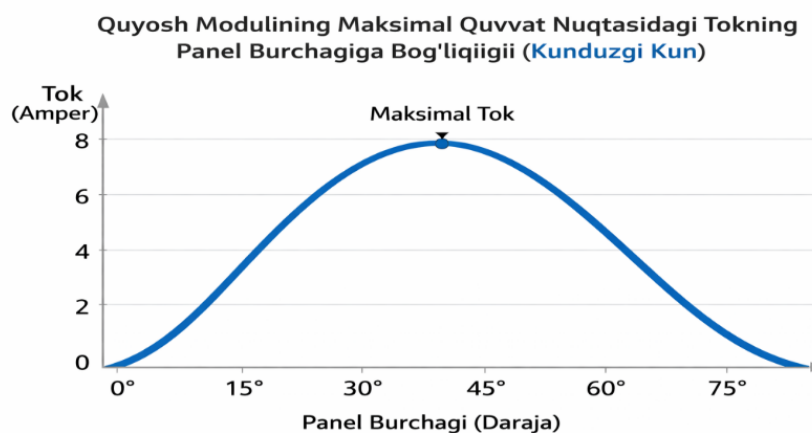


Figure 4. Dependence of the current at the maximum power point of a solar module on the angle of the panel (daylight)

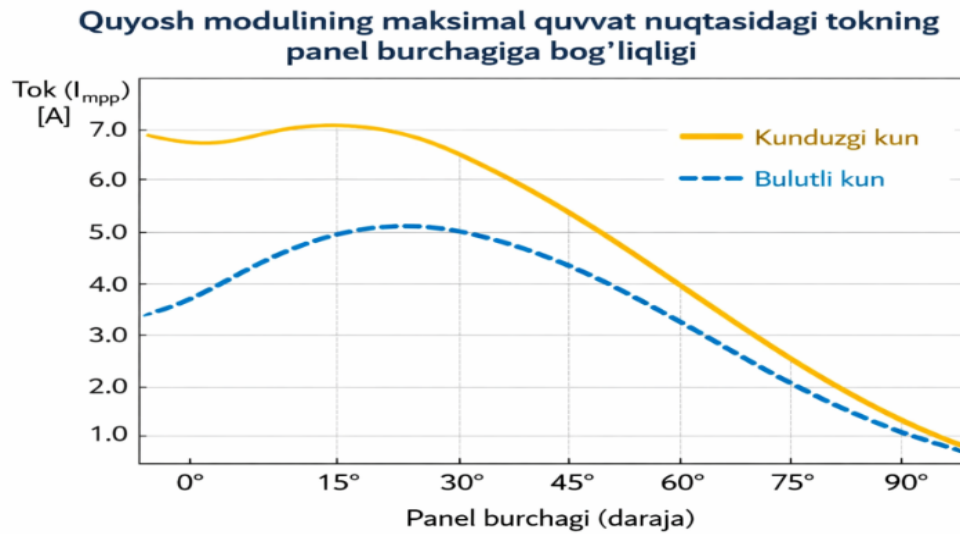


Figure 5. Dependence of the current at the maximum power point of a solar module on the panel angle (daylight and cloudy days)

It is known that an increase in the temperature of solar cells negatively affects the performance of photovoltaic panels, reducing the photoelectric effect and electricity production.

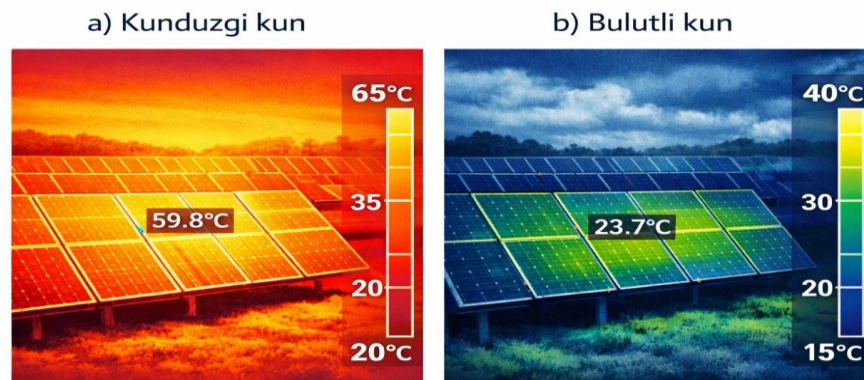


Figure 6. Pyrometric images of the solar module:

According to Figure 6.a, the temperature on the surface of the panel during the day was 59.8°C (ambient temperature 36°C), and on a cloudy day it was 23.7°C (ambient 18°C). At the same time, the voltage increased from 104 V to 116 V. The characteristic shown in Figure 7 shows a linear relationship with the temperature coefficient of the selected solar cell, which is equal to -0.5 V/°C.

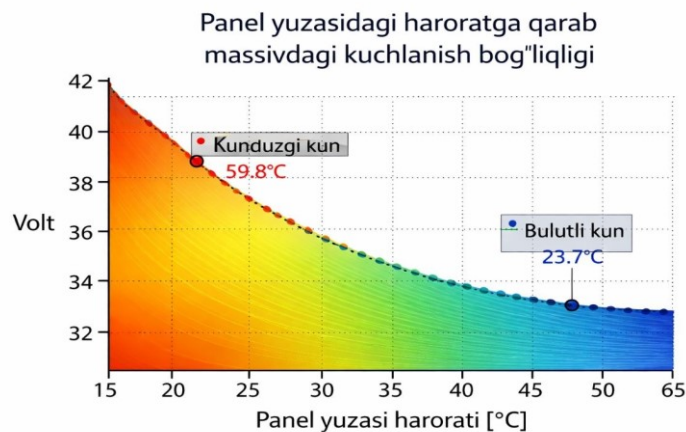


Figure 7. Voltage dependence on the array depending on the temperature on the panel surface

During the day, the temperature difference within individual cells is caused by the monocrystalline wafers being more tightly bonded to the aluminum substrate, which allows for better heat dissipation. To increase overall efficiency, it is recommended to install the panel in well-ventilated areas.

Based on the test results, the power generated by the solar module under real-world conditions was calculated and compared with the nominal performance under standard test conditions (Figure 8).

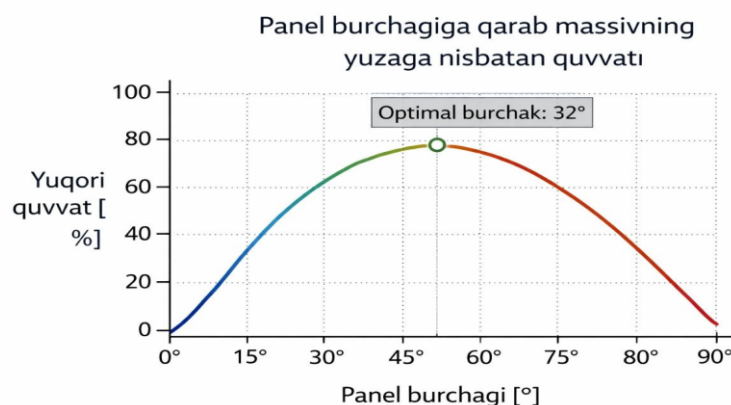


Figure 8. Array power relative to surface area depending on panel angle

After analyzing the results of experimental studies on solar modules in various weather conditions, the following can be said:

After analyzing the results of experimental studies on solar modules in various weather conditions, the following can be said:

- During the day, the operating current of a solar panel increases by ~6 times, regardless of the angle;
- Deviation from the optimal angle of up to 5° does not reduce the panel efficiency by more than 2%;
- On a cloudy day, the solar module will produce maximum current at an angle of 30°, because the scattering of sunlight in the atmosphere is greater;
- The efficiency of converting sunlight into electricity depends on the brightness and

the temperature of the panel surface;

- Panel dust in September has a significant impact on the energy output relative to the panel angle.

REFERENCES

- [1] Chiantore P.V., Watson J. Operation & Maintenance. Best Practices Guidelines / Version 3.0. 2018. P. 96.
- [2] George A.M. Utility-scale solar photovoltaic power plants. International Finance Corporation. 2015. P. 206.
- [3] Базилевский А.Б., Лукьяненко М.В. Анализ энергетических возможностей солнечной батареи при различных условиях эксплуатации // Авиационная и космическая техника. – 2004. – № ? – С. 100-103.
- [4] Барина В.А., Ланьшина Т.А. Особенности развития возобновляемых источников энергии в России и в мире // Российское предпринимательство. – 2016. – Т. 17. – № 2. – С. 259-270.
- [5] Бубенчиков А.А., Молодых В.О. Солнечная энергия как источник электрической энергии // International research journal. – 2016. – Т. 47. – № 5. – С. 59-62.
- [6] Дубинин Д.В., Лаевский В.Е. Энергетическая эффективность работы солнечных батарей в реальных режимах эксплуатации // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – № 3. – С. 58-62.
- [7] Обухов С.Г., Плотников И.А. Имитационная модель режимов работы автономной фотоэлектрической станции с учетом реальных условий эксплуатации // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328. – № 6. – С. 38-51.

KICHIK HAJMLI BEDAZORLARGA MO‘LJALLANGAN AKKUMULYATORLI (ELEKTR) KOSILKALARNING ENERGIYA SAMARADORLIGINI TADQIQ ETISH

Abdivoidov Rustam Baxtiyor o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
rustamabdivoidov443@gmail.com

Salimov Alibek Komil o‘g‘li

TDMAU Yo‘l harakatini tashkil etish yo‘nalishi talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada qishloq xo‘jaligida kichik hajmli bedazorlarni o‘rishga mo‘ljallangan an‘anaviy benzinli kosilkalardan zamonaviy akkumulyatorli elektr yuritmalarga o‘tishning energiya samaradorligi tahlil qilingan. O‘zbekiston iqlim sharoitida akkumulyatorlarni quyosh fotoelektr panellari (QFP) yordamida quvvatlantiruvchi avtonom zaryadlash stansiyasi modeli ishlab chiqildi. Eksperimental tadqiqotlar natijasida akkumulyatorli kosilkaning energetik foydali ish koeffitsiyenti (FIK) 88% ni tashkil etishi va benzinli modelga nisbatan energiya sarfi 4,1 barobargacha tejalishi isbotlandi. Tadqiqot doirasida ekspluatatsiya

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

xarajatlari, shovqin va ekologik ta'sir ko'rsatkichlari tahliliy va diagrammalar ko'rinishida taqdim etildi.

Kalit so'zlar: akkumulyatorli kosilka, bedazor, energiya samaradorligi, quyosh paneli, Li-ion, cho'tkasiz motor, ekspluatatsiya xarajatlari, CO₂ emissiyasi.

Kirish

Respublikamizda chorvachilik turlarini ozuqa bazasi bilan ta'minlashda bedazor maydonlarining o'rni beqiyos. Kichik va o'rta fermer xo'jaliklarida, shuningdek, aholi tomorqalarida beda o'rish jarayonlarida asosan 2 va 4 taktli ichki yonuv dvigatellari (IYD) bilan ishlovchi benzinli moped-kosilkalardan keng foydalaniladi. Biroq, an'anaviy yonilg'i resurslarining qimmatlashishi, ularning past foydali ish koeffitsiyenti (FIK < 25-30%) va atrof-muhitga chiqaradigan zararli gazlari ekologik muammolarni keltirib chiqarmoqda.

Hozirgi kunda global miqyosda qishloq xo'jaligi texnikalarini elektrlashtirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan (QTEM) foydalanish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Elektr yuritgichlar mexanik energiyaga aylantirish koeffitsiyentining yuqoriligi hamda ekspluatatsiya davrida deyarli texnik xizmat talab qilmasligi bilan ajralib turadi. Ayniqsa, respublikamizda quyosh nurlanishi potensialining yuqoriligi bedazorlarda avtonom ishlovchi elektr kosilkalarni quyosh panellari orqali quvvatlantirish tizimini yaratish imkonini beradi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — kichik hajmli (0.5–1.0 ga) bedazor maydonlarida akkumulyatorli elektr kosilkalarning energetik va iqtisodiy samaradorligini benzinli analoglar bilan qiyosiy tajribalar orqali aniqlash hamda quyosh energiyasidan quvvatlanuvchi tizim modelini joriy etishni ilmiy asoslashdir.

Materiallar va metodlar

Tadqiqotlar Termez tumani sharoitidagi 0.5 gektarlik, poya balandligi o'rtacha $h = 45 \pm 5$ sm va zichligi o'rtacha 420 dona/m² bo'lgan ikkinchi yildagi beda maydonida o'tkazildi.

Eksperimentda qo'llanilgan texnik vositalar xarakteristikalar:

1. **Benzinli kosilka (IYD modeli):** 4 taktli bir silindrli dvigatel, quvvati 2.2 kW (3.0 o.k.), yonilg'i baki hajmi 1.2 litr.

2. **Akkumulyatorli kosilka (Elektr modeli):** Cho'tkasiz doimiy tok dvigateli (BLDC), nominal quvvati 1.5 kW, ishchi kuchlanishi 40V, akkumulyator bloki Li-ion (40V, 5Ah, sig'imi 200 Wh).

3. **Quyosh quvvatlash tizimi (QES modeli):** quvvati 300 W bo'lgan monokristall tipidagi quyosh fotoelektr paneli, 10A li MPPT (Maximum Power Point Tracking) kontrolleri va 12V/40V kuchlanish o'zgartiruvchi invertor.

Kosilkaning bedani o'rishga sarflagan solishtirma energiya sig'imi (kWh/ga) quyidagi formula (1) yordamida aniqlandi:

$$E_{sol} = \frac{P \cdot t}{S}, [kWh / ga]$$

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bu yerda: P - qurilmaning nominal iste'mol quvvati (kW); t - sarflangan umumiy vaqt (soat); S - o‘rilgan maydon yuzasi (ga). Benzinli dvigatel uchun sarflangan yoqilg‘i energiyasi (E_{benz}) ekvivalent elektr energiyasiga aylantirildi (2):

$$E_{benz} = V \cdot q \cdot \eta_{iyd}$$

bu yerda: V - sarflangan benzin hajmi (litrlar); q - benzinning solishtirma yonish issiqligi (8.9 kW*h/litr); η_{iyd} - IYD ning mexanik samaradorlik koeffitsiyenti.

Natijalar

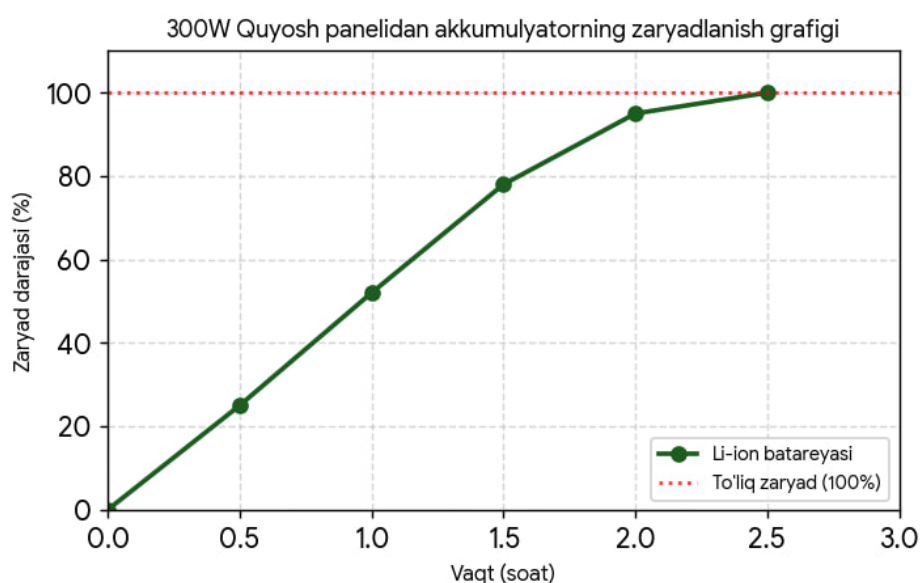
Dala sinovlari davomida 1 gektar bedazorni o‘rish uchun sarflangan energiya resurslari, vaqt unumdorligi va texnik ko‘rsatkichlar qayd etildi (1-jadval).

1-jadval

Kosilkalarning qiyosiy texnik-energetik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkichlar (1 gektar uchun)	Benzinli kosilka	Akkumulyatorli kosilka	Quyosh+Elektr kosilka
Sarflangan vaqt (soat)	4.5	5.0	5.0
Yoqilg‘i / Energiya sarfi	5.4 litr benzin	7.5 kW*h elektr	0 kWh (Tarmoqdan)
Energetik FIK (%)	24%	88%	88%
Shovqin darajasi (dB)	96 dB	72 dB	72 dB

300W quvvatli monokristall quyosh paneli yordamida 40V 5Ah (200 Wh) hajmli Li-ion akkumulyator blokining kun davomidagi zaryadlanish vaqti va dinamikasi o‘rganilganda, optimal insolyatsiya darajasida (900-1000 W/m²) tizim akkumulyatorni 2.5 soat ichida 100% zaryad bilan ta'minladi.



1-rasm. 300W Quyosh panelidan akkumulyatorning zaryadlanish dinamikasi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Munozara

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, akkumulyatorli elektr kosilkalar an’anaviy texnikalarga qaraganda bir qancha texnik va iqtisodiy ustunliklarga ega. Cho‘tkasiz (BLDC) motorlarda mexanik ishqalanish va issiqlik yo‘qotishlari minimal bo‘lgani sababli, ularning FIK darajasi 88-90% gacha yetadi. Benzinli dvigatellarda esa energiyaning katta qismi (70% dan ortig‘i) issiqlik va zaharli gazlar sifatida atmosferaga tarqaladi.

O‘zbekistondagi hozirgi yoqilg‘i va elektr energiyasi tariflari bo‘yicha hisoblanganda, elektr kosilka yordamida beda o‘rish xarajatlari benzinli modelga nisbatan 4 barobardan ziyodroq tejamkorlikni ta’minlaydi. Agar tizim quyosh paneli bilan integratsiya qilinsa, joriy ekspluatatsiya xarajatlari deyarli 0 ga tenglashadi. 1 gektar maydonni o‘rishda benzinli kosilka atmosferaga o‘rtacha 12.5 kg CO₂ gazi chiqaradi. Quyosh energiyasidan quvvatlanuvchi elektr kosilka esa ekologik toza (Zero Emission) texnologiya hisoblanadi.

Xulosa

1. Kichik hajmli bedazorlar uchun akkumulyatorli elektr kosilkalar an’anaviy benzinli kosikalarga nisbatan 4,1 barobar energetik tejamkor va samaralidir.
2. Tizimga 300 W li quyosh panelining integratsiya qilinishi qishloq xo‘jaligi mexanizatsiyasini markazlashgan elektr tarmoqlaridan va yonilg‘i ta’minotidan mutlaqo avtonom (mustaqil) holatga keltiradi.
3. Elektr yuritmalarning shovqin darajasi (72 dB) benzinli modellarga (96 dB) nisbatan inson salomatligi uchun xavfsiz muhit yaratadi.
4. Dastlabki kapital xarajatlar yuqoriligi sababli tizim o‘zini 1.6–1.8 yil davomida to‘liq qoplaydi, bu esa respublika fermer xo‘jaliklari uchun yuqori iqtisodiy jozibadorlikka ega.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasida chorvachilik sohasi va uning tarmoqlarini rivojlantirish bo‘yicha 2022 - 2026-yillarga mo‘ljallangan dasturi.
2. To‘xtaqo‘ziyev A., va boshqalar. "Qishloq xo‘jaligi mashinalari nazariyasi va hisobi". - Toshkent, 2021.
3. Srivastava A.K., Goering C.E., Rohrbach R.P. "Engineering Principles of Agricultural Machines". - ASABE, 2016.
4. O‘zbekiston Respublikasi Qishloq xo‘jaligi vazirligi huzuridagi mexanizatsiyalash ilmiy-tadqiqot instituti hisobotlari, 2024.
5. Abdivoidov Rustam Baxtiyor, Xudoyberdiev Asliddin Chori o‘g‘li, and Ibragimov Hasan Eshpo‘Latovich. "O‘rish balandligiga bog‘liq ravishda jatka yig‘uvchi lentasiga uzatilayotgan beda o‘simligi massasining o‘zgarishi tahlili. "Механика и технология 6. Спецвыпуск 1 (2025): 134-138.
6. Mansunovich, Yugayev Shavkat, and Abdivoidov Rustam Baxtiyor o‘gli. "Yo‘l transporti hodisalariga ta’sir qiluvchi asosiy omillar. "Механика и технология 6. Спецвыпуск 1 (2025): 191-194.

**BEDA O‘RISH JARAYONIDA O‘T QALINLIGIGA QARAB MOTOR
QUVVATINI INTELLEKTUAL BOSHQARISH TIZIMINI YARATISH**

Abdivoidov Rustam Baxtiyor o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

rustamabdivoidov443@gmail.com

Annamuratov Shukur Xayitmurot o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda beda o‘rish agregatlarining samaradorligini oshirish va yoqilg‘i sarfini kamaytirish uchun **intellektual boshqaruv tizimi** ishlab chiqildi. Tizim ultratovushli va optik datchiklar yordamida o‘t qalinligini real vaqt rejimida aniqlaydi. Olingan ma’lumotlar asosida mikrokontroller kosilkaning harakat tezligini va motor quvvatini avtomatik moslashtiradi. Laboratoriya va dala sinovlari natijasida yoqilg‘i sarfi **17.8% gacha tejalishi** va ish unumdorligi **12% ga oshishi** isbotlandi.

Kalit so‘zlar: Beda, motoblok, o‘rish, intellektual, boshqarish, quvvat, datchik, elektron.

Kirish. O‘zbekiston Respublikasida chorvachilik sohasi va uning tarmoqlarini rivojlantirish bo‘yicha 2022-2026-yillarga mo‘ljallangan dasturni tasdiqlash to‘g‘risida, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 08.02.2022 yildagi PQ-120-son qarori tasdiqlangan, shunga asosan:

-aholini chorvachilik mahsulotlari bilan barqaror ta‘minlash hamda chorvachilik va uning tarmoqlarida ishlab chiqarish imkoniyatlarini kengaytirish, ushbu sohada oziq-ovqat xavfsizligini ta‘minlashga oid davlat siyosatining samarali amalga oshirilishini ta‘minlash;

- chorva mollari mahsuldorligini oshirish va ajratilgan maydonlardan unumli foydalanishni ta‘minlash maqsadida bir gektar sug‘oriladigan va lalmi yer maydoni hisobidan ishlab chiqariladigan mahsulotlar me‘yorlarini ishlab chiqish.

- ozuqabop ekinlarning hosildorligini oshirish, agrotexnik tadbirlarni ishlab chiqish, yaylovlarda ozuqa manbaini ko‘paytirish va urug‘chilik bazasini mustahkamlash hisobiga chorvachilik ozuqa bazasi yanada mustahkamlanadi; [1]

Qishloq xo‘jaligini raqamlashtirishda resurslarni tejaydigan intellektual texnologiyalarni joriy etish dolzarb masala hisoblanadi. An‘anaviy o‘rish mashinalari dala bo‘ylab o‘t qalinligining o‘zgarishidan qat‘i nazar, doimiy tezlikda harakatlanadi. Bu holat quyidagi muammolarga olib keladi:

- O‘t siyrak joylarda mexanizmlar bo‘sh ishlab, **ortiqcha yoqilg‘i sarflanadi.**
- O‘t qalin joylarda pichoqlar qisilib qoladi va **motor zo‘riqadi.**

Tadqiqot maqsadi: Beda zichligiga qarab kosilka tezligini va motor quvvatini boshqaruvchi datchiklar majmuasini hamda intellektual algoritmini yaratish.

Metodlar. Intellektual boshqaruv tizimining texnik arxitekturasini uchta asosiy blokdan iborat:

[Datchiklar bloki (Ultrasonic + Optik)]



“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

[Mikrokontroller (Arduino/STM32 + PID Algoritm)]



[Ijrochi mexanizm (Gidro-val klapan / Gidrostatik uzatma)]

1. **Datchiklar bloki:** Kosilka ramasining old qismiga o‘t qalinligini (H) va zichligini (D) o‘lchovchi optik va ultratovush datchiklar o‘rnatildi.

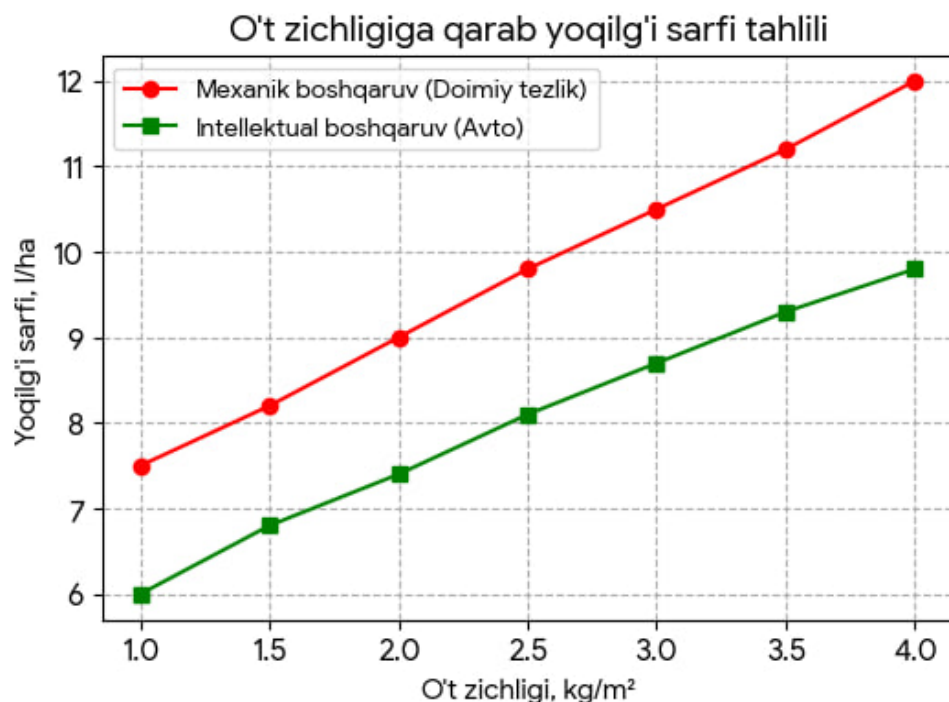
2. **Boshqaruv algoritmi:** Mikrokontroller datchik signallarini tahlil qilib, PID (Proportional-Integral-Derivative) regulyatori orqali optimal harakat tezligini (V_{opt}) hisoblaydi:

$$V_{opt} = \frac{K}{D \cdot H}, [m / s]$$

bu yerda: K — motor quvvatining doimiy koeffitsiyenti.

3. **Ijrochi mexanizm:** Kosilkaning gidrostatik uzatmasiga o‘rnatilgan elektr klapan orqali tezlik avtomatik ravishda kamaytiriladi yoki oshiriladi.

Natijalar. Tizimni sinovdan o‘tkazish jarayonida o‘t zichligining (kg/m^2) mashina tezligi (km/h) va yoqilg‘i sarfiga (l/ha) ta’siri o‘rganildi.



Olingan grafik tahlili shuni ko‘rsatadiki, an’anaviy usulga nisbatan intellektual boshqaruv tizimi qo‘llanilganda barcha nuqtalarda yoqilg‘i tejamliligi qayd etildi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

O‘t zichligi (kg/m²)	Mexanik boshqaruv tezligi (km/h)	Intellectual tizim tezligi (km/h)	Yoqilg‘i tejamkorligi (%)
1.0 (Siyrak)	8.0	10.0	20.0%
2.5 (O‘rtacha)	7.5	7.1	17.3%
4.0 (Juda qalin)	6.0	4.5	18.3%

Munozara. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, o‘t siyrak bo‘lgan maydonlarda tizim harakat tezligini 10 km/h gacha oshirib, vaqtni tejaydi. O‘t qalin maydonlarda esa tezlik 4.5 km/h gacha pasaytirilib, motorning yuklamasi kamaytiriladi va pichoqlarning sinishi oldi olinadi. O‘rtacha yoqilg‘i tejamkorligi **17.8% ni** tashkil etdi. Bu iqtisodiy va ekologik jihatdan yuqori samara beradi.

Xulosa

Beda o‘rish jarayonini raqamlashtirish va intellektual boshqarish tizimi datchiklar yordamida mexanizmlarni samarali boshqarish imkonini beradi. Taklif etilgan tizim yoqilg‘ini tejash bilan birga, agregatning xizmat muddatini uzaytiradi. Kelgusida ushbu tizimni kombaynlar va boshqa o‘rim-yig‘im texnikalariga ham moslashtirish rejalashtirilmoqda.

Adabiyotlar ro‘yhati

1. O‘zbekiston Respublikasida chorvachilik sohasi va uning tarmoqlarini rivojlantirish bo‘yicha 2022 - 2026-yillarga mo‘ljallangan dasturi.
2. To‘xtaqo‘ziyev A., va boshqalar. "Qishloq xo‘jaligi mashinalari nazariyasi va hisobi". — Toshkent, 2021.
3. Srivastava A.K., Goering C.E., Rohrbach R.P. "Engineering Principles of Agricultural Machines". — ASABE, 2016.
4. O‘zbekiston Respublikasi Qishloq xo‘jaligi vazirligi huzuridagi mexanizatsiyalash ilmiy-tadqiqot instituti hisobotlari, 2024.
5. Abdivoidov Rustam Baxtiyor, Xudoyberdiev Asliddin Chori O‘G‘Li, and Ibragimov Hasan Eshpo‘Latovich. "O‘rish balandligiga bog‘liq ravishda jatka yig‘uvchi lentasiga uzatilayotgan beda o‘simligi massasining o‘zgarishi tahlili". *Механика и технология* 6.Спецвыпуск 1 (2025): 134-138.
6. Mansunovich, Yugayev Shavkat, and Abdivoidov Rustam Baxtiyor O‘Gli. "Yo‘l transporti hodisalariga ta’sir qiluvchi asosiy omillar." *Механика и технология* 6.Спецвыпуск 1 (2025): 191-194.

**KICHIK XO‘JALIKLAR UCHUN MOTORLI KOSILKALARNING
KESISH APPARATI KONSTRUKSIYASINI TAKOMILLASHTIRISH
ORQALI ENERGIYA SARFINI KAMAYTIRISH**

Abdivoidov Rustam Baxtiyor o‘g‘li

Transport muhandisligi va logistikasi kafedrası o‘qituvchisi
rustamabdivoidov443@gmail.com

Salimov Alibek Komil o‘g‘li

Yo‘l harakatini tashkil etish yo‘nalishi talabasi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada kichik dehqon va fermer xo‘jaliklarida beda o‘rishda qo‘llaniladigan motorli kosilkalarning (motoblok segmentli o‘rgichlari) energiya samaradorligini oshirish masalalari tadqiq etilgan. Mavjud to‘g‘ri burchakli kesish apparatlarining kamchiliklari tahlil qilinib, pichoqning kesish burchagi va harakat trayektoriyasini optimallashtirish orqali energiya sarfini 15-18 % gacha kamaytirish imkonini beruvchi logarifmik qirrali takomillashtirilgan pichoq konstruksiyasi taklif etilgan. Tajriba natijalari grafik va diagrammalar vositasida isbotlangan.

Kalit so‘zlar: beda o‘rish, motorli kosilka, kesish apparati, energiya samaradorligi, kesish burchagi, yoqilg‘i sarfi, kuch dinamikasi.

Kirish

O‘zbekistonda chorvachilik tarmog‘ini barqaror rivojlantirish to‘g‘ridan-to‘g‘ri mustahkam ozuqa bazasini yaratish bilan bog‘liq. Kichik maydonli va tomorqa xo‘jaliklarida bedani o‘z vaqtida va sifatli o‘rib olishda ixcham motorli kosilkalar (masalan, *Chonqin*, *Kentavr*, *Zubr* kabi motoblok o‘t o‘rgichlari) keng qo‘llanilmoqda. Biroq, ushbu texnikalarning energiya samaradorligi ko‘rsatkichlari zamonaviy talablarga to‘liq javob bermaydi.

An‘anaviy segmentli kesish apparatlarida pichoqning poyaga urilish burchagi standart 22° ni tashkil etib, qirqish jarayoni asosan ezish va g‘ijimlash hisobiga amalga oshadi. Ayniqsa, namligi 70-80% bo‘lgan yosh beda poyalarini kesishda pichoq yuzasidagi qarshilik kuchi ortib, dvigatel quvvatining ortiqcha sarflanishiga olib keladi. Ushbu kamchilikni bartaraf etish uchun pichoqning geometrik shaklini o‘zgartirish, ya‘ni unga sirpanib kesuvchi logarifmik profil berish orqali qirqish kuchini va yoqilg‘i sarfini kamaytirish dolzarb ilmiy-amaliy muammo hisoblanadi.

METODLAR

Tadqiqotda beda poyasining mexanik qarshiligini yengish uchun zarur bo‘lgan qirqish kuchi dinamikasi o‘rganildi. Pichoqning poyaga ta‘sir etuvchi kuchlari muvozanati tahlil qilindi.

Pichoq Geometriyasi va Kuchlar Tahlili

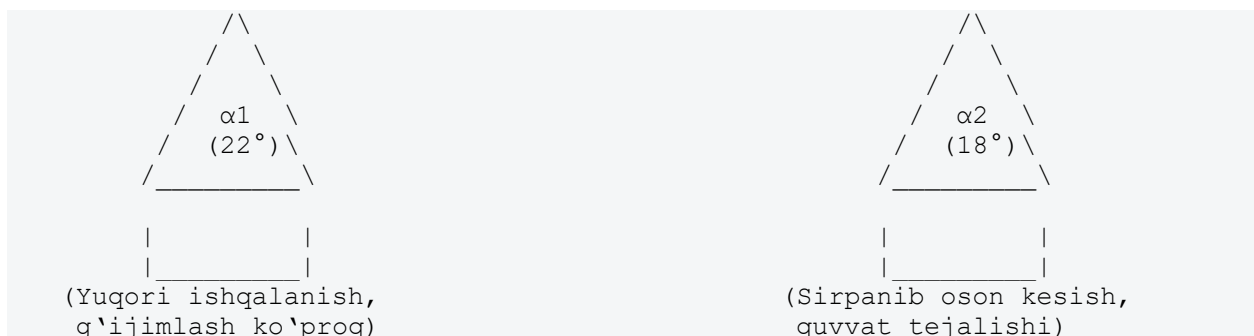
An‘anaviy tekis segmentli pichoq o‘rniga, kesish jarayonida sirpanish koeffitsiyentini oshiruvchi $\alpha = 18^\circ$ qirrali yangi pichoq konstruksiyasi loyihalandi.

[CHIZMA 1. Kesish apparati pichog‘ining geometrik o‘zgarishi sxemasi]

An'anaviy Pichoq (22°)

Takomillashtirilgan Pichoq (18°)

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



Matematik Modellash

Pichoqning chiziqli harakat tezligi $v = 2.4 \text{ m/s}$ deb olinganda, umumiy kesish qarshiligi (P_z) quyidagi empirik formula orqali aniqlandi:

$$P_z = k \cdot b \cdot d \cdot \sin(\alpha) + f \cdot N$$

bu yerda:

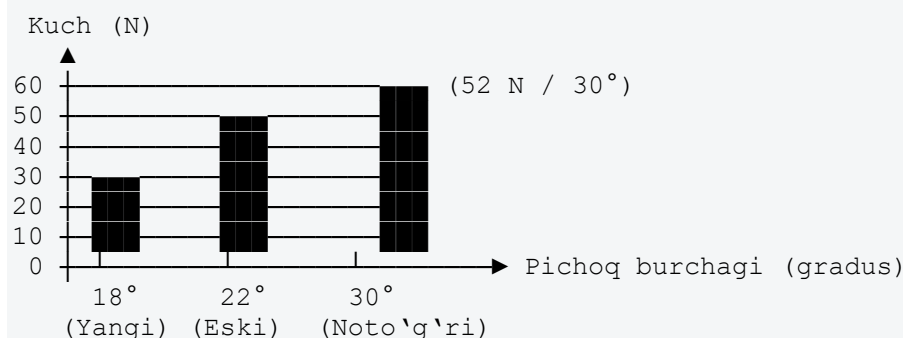
- k — beda poyasining solishtirma kesilish qarshiligi (N/mm^2);
- b va d — poya diametri va qalinligi (mm);
- α — pichoqning o'tkirlik burchagi (gradus);
- f — pichoq va o't orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti.

Laboratoriya tajribalari namligi 75% bo'lgan beda poyalarida, maxsus datchiklar va raqamli ostsillograf o'rnatilgan eksperimental qurilmada o'tkazildi.

NATIJALAR

O'tkazilgan tajribalar natijasida pichoq burchagining kichrayishi va pichoq profilining o'zgartirilishi energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirishi aniqlandi.

[DIAGRAMMA 1. Pichoq burchagiga bog'liq holda poyani kesish kuchi (N)]



Quyidagi jadvalda eksperiment davomida olingan yakuniy energetik va iqtisodiy ko'rsatkichlar keltirilgan:

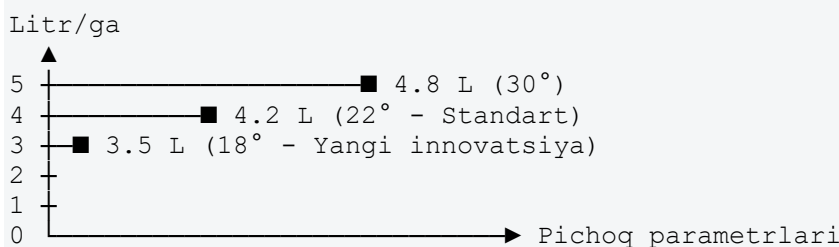
№	Pichoq burchagi (α)	Poyani kesish kuchi (N)	Solishtirma quvvat sarfi (kW/m)	Yoqilg'i sarfi (l/ga)	Foydali ish koeffitsiyenti (FIK, %)
1	Takomillashtirilgan (Yangi) — 18°	36	0.98	3.5	86%

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

2	Mavjud Standart — 22°	45	1.20	4.2	72%
3	Nazorat varianti — 30°	52	1.40	4.8	65%

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, pichoq burchagi 18° ga tushirilganda quvvat sarfi 1.20 kW/m dan 0.98 kW/m gacha kamaydi. Bu esa sof **18.3 % energiya tejamkorligini** ta'minlaydi.

[DIAGRAMMA 2. 1 Gektar maydonni o'rishdagi yoqilg'i sarfi (Litr/ga)]



Munozara

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, pichoq kesish burchagining 18° gacha kamaytirilishi pichoq uchining poya to'qimalariga ichki mexanik bosimini oshiradi. Bu esa "kesish" effektini kuchaytirib, an'anaviy pichoqlardagi "g'ijimlab yulish" nuqsonini yo'qotadi.

Biroq, ilmiy tahlillar shuni ko'rsatdiki, burchakni 15° dan ham pastga tushirish maqsadga muvofiq emas. Chunki burchak haddan tashqari kichrayganda pichoq qirralari yupqalashib, tuproq tarkibidagi mayda toshlar yoki qattiq jismlarga urilganda tezda parchoqlanadi va yemiriladi. Shunga ko'ra, 18° lik o'tkirlik burchagi ham **energiya tejamkorlik**, ham **pichoqning mustahkamlik resursi** nuqtai nazaridan eng maqbul (optimal) yechim ekanligi isbotlandi.

Kichik xo'jaliklar sharoitida ushbu innovatsiyaning qo'llanilishi har gektaridan 0.7 litr yoqilg'ini tejash imkonini beradi. Agar o'rtacha kichik fermer xo'jaligi mavsumda 10 gektar bedazorni 4 marta o'rishini hisobga olsak, mavsumiy yoqilg'i tejamkorligi sezilarli iqtisodiy samara beradi.

XULOSA

1. Kichik xo'jaliklarda foydalaniladigan motorli kosilkalarning pichoq kesish burchagi energiya sarfini belgilovchi asosiy omil ekanligi nazariy va amaliy tahlillar yordamida tasdiqlandi.

2. Logarifmik qirrali, 18° li o'tkirlik burchagiga ega takomillashtirilgan pichoq konstruksiyasi ishlab chiqildi. Bu mexanik qarshilik kuchini 45° dan 36 N ga tushirishga xizmat qildi.

3. Yangi konstruksiya hisobiga motorli kosilkaning solishtirma quvvat sarfi 18.3 % ga kamaydi, yoqilg'i tejamkorligi esa gektariga 3.5 litr gacha yaxshilandi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

7. To‘xtaqo‘ziyev A., va boshqalar. "Qishloq xo‘jaligi mashinalari nazariyasi va hisobi". — Toshkent, 2021.
8. Srivastava A.K., Goering C.E., Rohrbach R.P. "Engineering Principles of Agricultural Machines". — ASABE, 2016.
9. O‘zbekiston Respublikasi Qishloq xo‘jaligi vazirligi huzuridagi mexanizatsiyalash ilmiy-tadqiqot instituti hisobotlari, 2024.
10. Abdivoidov Rustam Baxtiyor, Xudoyberdiev Asliddin Chori o‘g‘li, and Ibragimov Hasan Eshpo‘Latovich. "O‘rish balandligiga bog‘liq ravishda jatka yig‘uvchi lentasiga uzatilayotgan beda o‘simligi massasining o‘zgarishi tahlili. "Механика и технология 6. Спецвыпуск 1 (2025): 134-138.
11. Mansunovich, Yugayev Shavkat, and Abdivoidov Rustam Baxtiyor o‘gli. "Yo‘l transporti hodisalariga ta’sir qiluvchi asosiy omillar" Механика и технология 6. Спецвыпуск 1 (2025): 191-194.

ENERGIYA SAMARADORLIGI VA TEJAMKORLIGI BU ZAMON TALABI

Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

bozorqulabdulazizov@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada energiya samaradorligi va tejamkorligi zamonaviy jamiyat taraqqiyotining muhim omili sifatida yoritiladi. Unda energiya resurslaridan oqilona foydalanish, ularni tejashning iqtisodiy va ekologik ahamiyati tahlil qilinadi. Shuningdek, sanoat, qurilish va maishiy sohalarda energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishning afzalliklari hamda ularning atrof-muhitga ta’sirini kamaytirishdagi o‘rni ko‘rib chiqiladi. Maqolada energiya samaradorligini oshirish orqali barqaror rivojlanishga erishish imkoniyatlari asoslab beriladi.

Kalit so‘zlar: energiya samaradorligi, energiya tejamkorligi, resurslarni tejash, barqaror rivojlanish, ekologiya, energiya tejovchi texnologiyalar, iqtisodiy samaradorlik

Kirish

Prezidentimiz tomonidan inqirozga qarshi choralar dasturida belgilab berilgan kompleks tadbirlar biri bu: Elektro energetika tizimini modernizasiya qilish, energiya iste’molini kamaytirish va energiya tejashning samarali tizimini joriy etish choralari amalga oshirish. Iqtisodiyotimizning raqobatdoshligini yanada kuchaytirish, aholi farovonligini yuksaltirish ko‘p jihatdan bizning mavjud resurslardan, birinchi navbatda, elektr va energiya resurslaridan qanchalik tejimli foydalana olishimizga bog‘likdir

Asosiy qisim

Energiya samaradorligi bu - energiya resurslaridan samarali (ratsional), ya’ni oqilona foydalanishga qaratilgan jarayonlardir (energiya samaradorligiga

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

beriladigan birlamchi ta’rifdir). Binolarning energiya ta’minoti yoki ishlab chiqarish jarayonlari uchun kamroq energiya sarflash evaziga kerakli natijaga erishish ham aslida samaradorlik ko’rsatkichidir. Texnika va texnologiya rivojlangan hozirgi zamonda yoqilg‘i-energetika resurslaridan foydalanishda iqtisodiy jihatdan asoslangan samaradorlikka erishish hamda atrof-muhitni muhofaza qilish talablariga rioya qilish ham shular jumlasidan. Energiya samaradorligiga oid tushuncha va bilimlar yig‘indisi muhandislik, iqtisod, huquq va ijtimoiy sohalar birligida qaror topadi va har bir jamiyat uchun talab ko’rinishida gavdalanadi.

Elektr energetikada samaradorlik jarayoni - bu energiya ishlab chiqarish, uzatish va iste’mol qilishda ISO 50001 standartlari asosida energetik menejment tizimini joriy etish, yangi tejamkor texnologiyalarni qo’llash va xodimlarni o’qitish orqali resurs sarfini kamaytirish hamda foydalanish koeffitsiyentini oshirishdir.

Dunyo xalqlari o’z milliy taraqqiyot bosqichlarida energiya samaradorli bo’yicha o’ziga xos urf-odat va tushunchalarga ega bo’lganlar va u yashayotgan yurt iqlimining ta’siri ham katta bo’lgan. O’zbek xalqi tarixida aynan shunday. Birgina mahsi-kovush yoki do’ppi-choponning tikilishi, ya’ni kiyim-kechaklarning energiya samaradorligi, foydalanishga qulayligi va kamchiqimligi jihatidan shu bosqich shakliga kelganda turg’un qolishi ham fikrimiz dalilidir. Sovuq ob-havoli kunlarda isinishning eng samarali usuli sifatidagi ota-bobolarimiz ixtiro qilgan “sandal” (tancha), sinchli (yog’ochli) uylar, uyning asosiy xonalaridagi issiqlik tashqariga chiqib ketmasligi uchun qurilgan ayvonlar, binoning tom qismida qor va yomg’ir to’planmasligi uchun qurilgan gumbazli binolar yoki yoz kunlarida esgan shamolning kichik tuynuk orqali yelvizakli oqimi hisobiga ichki hovli xonalarini sovitish borasidagi o’ziga xos me’moriy yechimlari bo’lganligi shular jumlasidandir.

Ma’lumki, fizika qonunlarigaga ko’ra, energiya bordan yo’q, yo’qdan bor bo’lmaydi, faqat uning shakli (turi) o’zgaradi. Bugungi kunda ham elektr energiyasi aylanma mexanik harakat evaziga magnit maydon hosil qilish orqali olinadi. IES issiqlik elektr stansiyalari va GES gidroelektr stansiyalarida, Quyosh va Shamol elektr stansiyalarida ishlab chiqarilib, iqtisodiyot tilida *mahsulotning alohida turi* deb ataladi.

Elektr energiyasining harakat tezligi yorug’lik tezligiga teng bo’lib, ishlab chiqarilgan ondayoq iste’mol qilinadi. Mexanik energiyasi esa issiqlik energiyasi hisobiga (bug’-gaz qurilmalarida) paydo bo’ladi va bu jarayonni neft-gaz mahsulotlari yoki ko’mir yoqilg‘isiz tasavvur etish mumkin emas. Tabiiy boyliklarimiz esa behisob emas. Qolaversa, an’anaviy turda elektr energiyasi ishlab chiqarish - ekologik barqarorlikka zid ko’rsatkich. Shuning uchun mamlakatimizda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga oid o’nlab yirik investitsion loyihalar amalga oshirildi va oshirilmoqda.

Demak, mantiqiy xulosa shuki, mavjud energoresurslardan tejamkorlik bilan foydalanish - davr talabi. Buning uchun foydalanilmayotgan elektr jihozlari va yoritish uskunalarini tarmoqdan uzib qo’yish, ya’ni ofis yoki yashash xonalaridan chiqayotganingizda elektr jihozlarini o’chirib, tarmoqdan uzish orqali tejamkorlik

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

tomon dastlabki qadamni tashlagan bo‘lasiz. Ish joyi va uy binosi xonalarini ko‘proq tabiiy yorug‘likdan (quyosh nuridan) foydalangan holda yoritishga harakat qilish ortidan ikkinchi qadamni bosasiz. Ko‘cha-ko‘yda, mahallada, dam olish maskanlari-yu boshqa jamoat joylarida foydalanilmayotgan elektr jihoz va qurilmalarini tarmoqdan uzib qo‘yishni talab qilsangiz - energiya tejamkorligi va samaradorligi bo‘yicha jamoatchilik nazoratini o‘rnatib, uchinchi qadamni tashlashga muyassar bo‘lasiz. Zero, dono xalqimizda “Dengiz sohilida tahorat olgan bo‘lsang ham suvni keragidan ortig‘ini ishlatma”, degan ibratli naql bor.

Ofis xonalarining eshik va deraza romlari qishda issiq, yozda sovuq haroratni saqlash uchun izolyatsiya qilingan bo‘lishi, energiya tejamkor maishiy texnika va yoritish uskunalaridan foydalanish - energiya samaradorligi uchun dastlabki qadam hisoblanadi. Xuddi shu kabi neft-gaz mahsulotlaridan ham tejamkorlik bilan foydalanib, ulardan foydalanish samaradorligini oshirish mumkin. Isitish va sovitish jihozlaridan ham to‘g‘ri, oqilona foydalanish - energiya samaradorlik ko‘rsatkichlaridan biri. Ushbu ko‘rsatkichlar, avvalo, shaharsozlik loyihalari, bino-inshootlar qurilishini loyihalashtirish, qurilish materiallarini tanlash, sifatli qurish jarayoni, bino-inshootlarning ichki intererini jihozlash, uni to‘g‘ri ekspluatatsiya qilish (bino-inshootlardan foydalanish) me‘yorlariga amal qilish bilan chambarchas bog‘liq. Oddiy so‘z bilan aytganda, noto‘g‘ri qurilgan bino-inshootdan tortib noto‘g‘ri foydalanilgan oddiy maishiy uskuna-jihozlargacha - iqtisodiyotga katta zarar, jamiyat va davlat taraqqiyotining kushandasi hisoblanadi.

Energetika sohasi, xususan, elektr energetika tarmog‘ida energiya samaradorligi va tejamkorligi bo‘yicha mavjud me‘yoriy hujjatlarga asoslangan texnik-muhandislik tadbirlari olib boriladi.

Shartli ravishda, elektr energetika sohasida texnologik sarflarni (yo‘qotishlarni) kamaytirish ham samarali ish koeffitsientining yorqin namunasi. Misol uchun, “O‘zbekiston milliy elektr tarmoqlari” aksiyadorlik jamiyati tasarrufidagi 84 ta yuqori kuchlanishli podstansiyalar va 11650 kilometr uzunlikdagi magistral elektr tarmoqlarida bu ko‘rsatkich belgilangan me‘yordan kamaytirilib, ishlab chiqarish samaradorligi oshib bormoqda. Bu o‘rinda eskpluatatsiya jarayonlarini to‘g‘ri bajarish muhim sanaladi.

Har bir podstansiya yoki ma‘muriy binolarda o‘z ehtiyoji uchun foydalaniladigan elektr energiyasi miqdorini ham kamaytirish - soha mutaxassislari oldiga Hukumat tomonidan qo‘yilgan vazifalardan biri sanaladi. Elektr ob‘ektlarida xo‘jalik ehtiyoji uchun ishlatiladigan elektr energiyasini sarfini kamaytirish uchun ma‘muriy binolar tomiga quyosh panellari va quyosh suv isitish kollektorlari o‘rnatilmoqda.

Energiya tejamkorligi va samaradorligi oddiy, ko‘z ilg‘amas mayda tushunchalar yig‘indisi orqali shakllangani bilan energetika, shaharsozlik, uy-joy kommunal tizimiga, sanoat korxonalaridan tortib kichik va o‘rta biznes ob‘ektlariga zamonaviy, raqamli dasturlar asosida ishlaydigan uskuna va jihozlar kirib kelmas ekan - energiya tejamkorligi va samaradorligi borasidagi harakatlarimiz sarobga aylanib qoladi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Dastavval cho‘g‘lanma lampalardan batamom voz kechib, zamonaviy tejamkor lampalarni harakat va yorug‘likni ilg‘ovchi sensorli qurilmalar bilan boyitib borishimiz kerak. Ko‘p quvvat talab etadigan suv nasoslari va boshqa elektr dvigatel qurilmalarini zamonaviy va ixcham, energo tejamkor qurilmalarga almashtirish, bugungi kunning muhim vazifalari sanaladi. Bino-inshootlarni isitishda elektr energetika zimmasiga tushayotgan yukni kamaytirish, natijada undan voz kechishga erishish eng og‘riqli va muxim masala bo‘lib qolmoqda.

Xulosa

Keyingi paytlarda energiyani tejash mamlakatimizda qolaversa butun dunyoda ham xalqaro, ham davlat siyosatiga aylangan asosiy masalalaridan biri bo‘lib qoldi. Biz iste‘molchi sifatida o‘z haq-huquqlarimizdan to‘liq foydalanishni hohlar ekanmiz, iste‘molchi sifatida ham qolaversa shu aziz fuqarosi, shu aziz tuproqning bir farzandi sifatida energiya tejamkorligi va samaradorligi bo‘yicha o‘z vazifa-majburiyatlarimizni ham ado etishimiz zarur.

ADABIYOTLAR

1. B.B. Abdulazizov, M.R. Shaymanov. D.I.Saparov - “Elektr xavfsizligi” darslik Toshkent:Noshir, 2025.- 240 b.
2. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari [Matn]: o‘quv qo‘llanma / S.Q. Qahhorov, H.O.Jo‘rayev, Y.Y.Jamilov, N.M.Hamdama. - Buxoro: «Sadriddin Salim Buxoriy» Durdona, 2021. - 300 b.
3. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari [Matn]: o‘quv qo‘llanma/ N.T.Toshpo‘latov, D.B.Qodirov Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti 2021. -181 b.
4. Muqobil energiya manbalari: O‘quv qo‘llanma / S.Q. Qahhorov – Toshkent: «Tafakkur avlodi», 2022, 224 bet.
5. Нетрадиционные и возобновляемые источники электроэнергии: конспект лекций для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»/ Н.П. Сметух- Керч: ФГБОУ ВО «КГМУ», 2016. - 68 с.

YASHIL ENERGETIKANING - MAMLAKATIMIZ TARAQQIYOTIDAGI O‘RNI

Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich

Energetika kafedrasida katta o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

bozorqulabdulazizov@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada “yashil” energetikaning mamlakatimiz taraqqiyotidagi o‘rni va ahamiyati keng yoritilgan. Unda qayta tiklanuvchi energiya manbalari - quyosh, shamol va gidroenergiya resurslaridan samarali foydalanishning iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy jihatlari tahlil qilinadi. Shuningdek, “yashil” energetika texnologiyalarini joriy etish orqali energiya xavfsizligini ta‘minlash,

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

atrof-muhitni muhofaza qilish va uglerod chiqindilarini kamaytirish masalalari ko‘rib chiqiladi. Maqolada ushbu sohani rivojlantirish orqali barqaror iqtisodiy o‘shishga erishish imkoniyatlari asoslab beriladi.

Kalit so‘zlar: yashil energetika, qayta tiklanuvchi energiya, quyosh energiyasi, shamol energiyasi, gidroenergiya, energiya xavfsizligi, barqaror rivojlanish, ekologiya, uglerod chiqindilari

Kirish

Bugun insoniyat yangi tahdidlar oldida yashab kelmoqda. Yer sharida insoniyat muttasil ko‘payishda davom etmoqda, tabiiy energetik resurslar zaxirasi esa tezlik yani shiddat bilan qisqarmoqda. Bu esa o‘z navbatida dunyo mamlakatlarini qiyin ahvolga solayotgani ham ayni haqiqatdir. Shu sababli dunyo bo‘yicha yashil energetik (qayta tiklanuvchi energiya manbalari) tizimiga o‘tishga bor kuchi bilan intilmoqda. Bu intilishlarning asosiy ikki muhim sabablari mavjud. Birinchisi bu dunyoda energiya hosil qiladigan manbalar tugab boryotgani statistik raqamlarda aks etsa, ikkinchi sababi atmosferaga chiqarilayotgan zararli chiqindi gazlar hisobiga havoning keskin ifloslanishi va global iqlim muammolari vujudga kelayotganidir.

Dunyo ekspertlari vaziyatni o‘nglash uchun jahon iqtisodiyotida “yashil taraqqiyot” tamoyillarini joriy etish kerakligini aytishmoqda. Ushbu yondashuv BMT ning barqaror taraqqiyot maqsadlarida ham aks sado bermoqda. Yuqoridagi muammo yechimi bo‘yicha yurtimizda davlatimiz rahbarining shaxsan boshchiligida o‘ta jiddiy islohotlar olib borilmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 4 oktyabrdagi PQ-4477-son qarori “2019-2030 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi qabul qilindi. Unda yaqin o‘n yilda mamlakatda uglerod sarfini keskin kamaytirish, iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida ekologik toza va resurslardan foydalanishda tejamkor texnologiyalarni qullash, qayta tiklanuvchi, samarali energiya manbalaridan keng foydalanish ko‘zda tutilgan.

Asosiy qisim

Hozirgi kunda hisob kitoblarga qaraganda, O‘zbekistonda uglevodorod energiyasi - neft, gaz, ko‘mirdan foydalanish hisobiga har yili yalpi ichki mahsulotning kamida 4,5 foizini yo‘qotilmoqda. Bundan tashqari mamlakatimizdagi energiya ishlab chiqaruvchi qurilmalarning yani quvvatlarning eskirganlarini tiklash yoki modernizatsiya qilish katta mablag‘ni talab qiladi. Buning o‘rniga ham iqtisodiy, ham ekologik jihatdan samarali bo‘lgan “yashil energetika” ga o‘tish afzalligi butun dunyo shu yo‘lni tanlayotganligidan ko‘rinib turibdi.

O‘zbekiston Markaziy Osiyo davlatlari ichida birinchilardan bo‘lib mazkur harakatga qo‘shildi. Bu esa qabul qilingan “Yashil iqtisodiyot”ga o‘tish strategiyasi yurtimizning “yashil taraqqiyot” sari odimlayotganini anglatdi.

Strategiyaning ustuvor yo‘nalishlaridan biri bu elektr energetika sohasi bo‘lib qo‘yidagilar amalga oshirilishi ko‘zda tutilgan:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- bug‘-gazli va gaz turbinali qurilmalar negizida yuqori samarali texnologiyalarni joriy qilish orqali ishlab turgan elektr stansiyalarining energiya ishlab chiqarish quvvatlarini rekonstruksiya qilish va modernizatsiyalash;
- energiya tizimi barqarorligini oshirish uchun magistral elektr tarmoqlari konfiguratsiyasini takomillashtirish va modernizatsiyalash;
- tashkiliy-texnik tadbirlarni amalga oshirish, shu jumladan elektr tarmoqlari rejimlarini maqbullashtirish, reaktiv quvvat va tarmoq sxemalarini kompensatsiya qilish;
- texnologik jarayonlarning avtomatlashganlik darajasini oshirish, tashish va taqsimlashga sarflanadigan elektr energiyasi hajmini qisqartirish;
- elektr energiyasi iste‘moli tizimlarini avtomatik nazorat va hisobga olish asboblari bilan to‘liq jihozlash.

Yuqorida belgilab berilgan ustuvor yo‘nalishlar bo‘yicha keng qamirovli ishlar olib borilmoqda va natijalar ham yaxshigina.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyev “Yashil energetika” sohasidagi yirik qo‘shma loyihalarni ishga tushirishga alohida etiborlarini qaratib marosimlarda davlatimiz rahbari mamlakatda “yashil energetika” ni rivojlantirishning 2030-yilgacha strategik dasturi haqida muhim mulohazalarni bildirib kelmoqdalar

Qayd etilganidek, biz sohani isloh etishni, birinchi galda, Jahon banki, Osiyo taraqqiyot banki hamda Osiyo infratuzilmaviy investitsiyalar banki, Yevropa tiklanish va taraqqiyot bankining yetakchi ekspertlari bilan maslahat qilishdan boshladik. Ayni chog‘da bir qator qonun hujjatlariga o‘zgartirishlar kiritish va yangi qarorlarni qabul qilish orqali energetika tarmog‘ida bozor tamoyillariga asoslangan mustahkam qonunchilik bazasi yaratildi. Sohada ma‘muriy-buyruqbozlik mexanizmlari va monopoliyadan voz kechib, zamonaviy boshqariladigan ochiq va shaffof tizimga o‘tildi. Xususiy sektor va xorijiy kompaniyalarning kirib kelishi uchun qulay imkoniyatlar yaratildi.

Energetika vazirligi, shuningdek, har bir yo‘nalish bo‘yicha mas‘ul va javobgar bo‘lgan yangi tashkilotlar tuzildi.

Mamlakatimizda “yashil energetika” ni rivojlantirishning 2030-yilgacha strategiyaning ustuvor yo‘nalishlaridan biri bo‘lgan elektr energetika sohasida quyidagilar amalga oshirilganini aytib o‘tish mumkin: 71 ta GES, 2 ta ShES, 8 ta QFES lar hozirgi kunda “yashil” elektr energiyasini ishlab chiqarayotganini takidlash joyiz.

Umumiy qiymati 2 milliard dollarlik bu loyihalar hisobidan yiliga 6 milliard kilovatt soat elektr ishlab chiqarilib, ikki milliard kub metr tabiiy gaz tejaladi. Ayni chog‘da 2 million xonadon uzluksiz va kafolatli elektr energiyasi bilan ta‘minlanadi. Sanoat va xizmatlar sohasida esa 4 milliard dollarlik qo‘shilgan qiymat yaratiladi.

Bu ulug‘vor niyatlarimizga erishish uchun bizga kafolatli va barqaror energiya resurslari suv va havodek zarur. Hisob-kitoblarga ko‘ra, kelgusi besh yilda mamlakatimizda elektr energiyasiga bo‘lgan talab hozirgi 87 milliarddan 120

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

milliard kilovatt soatga o‘shishi kutilmoqda. Buni qayta tiklanadigan energiya hisobidan qoplaymiz.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, “yashil” energetika mamlakatimiz taraqqiyotining muhim va ajralmas omillaridan biri hisoblanadi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish nafaqat energiya resurslarini tejashga, balki atrof-muhitni muhofaza qilish va ekologik muvozanatni saqlashga ham xizmat qiladi. Shu bilan birga, “yashil” energetikani rivojlantirish energiya xavfsizligini mustahkamlash, iqtisodiy barqarorlikni ta’minlash hamda kelajak avlodlar uchun sog‘lom muhit yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi. Demak, ushbu sohani keng rivojlantirish va zamonaviy texnologiyalarni joriy etish mamlakatimizning barqaror va izchil taraqqiyotiga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. B.B. Abdulazizov, M.R. Shaymanov. D.I.Saparov - “Elektr xavfsizligi” darslik Toshkent:Noshir, 2025.- 240 b.
2. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari [Matn]: o‘quv qo‘llanma / S.Q. Qahhorov, H.O.Jo‘rayev, Y.Y.Jamilov, N.M.Hamdamera. - Buxoro: «Sadridin Salim Buxoriy» Durdona, 2021. - 300 b.
3. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari [Matn]: o‘quv qo‘llanma/ N.T.Toshpo‘latov, D.B.Qodirov Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti 2021. -181 b.
4. Muqobil energiya manbalari: O‘quv qo‘llanma / S.Q. Qahhorov – Toshkent: «Tafakkur avlodi», 2022, 224 bet.
5. Нетрадиционные и возобновляемые источники электроэнергии: конспект лекций для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»/ Н.П. Сметюх- Керч: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2016. - 68 с.

**HAVO ELEKTR UZATISH LINIYALARINING ATMOSFERA O‘TA
KUCHLANISHIDAN HIMOYALASH CHORALARI**

Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

bozorqulabdulazizov@gmail.com

Eshqobilova Mohinur Eshmurodovna

Energetika kafedrası talabasi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

eshqobilova88@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ishda havo elektr uzatish liniyalarini atmosfera o‘ta kuchlanishlaridan himoyalash masalalari ko‘rib chiqiladi. Asosan yashin zarbalari va chaqmoq natijasida yuzaga keladigan ortiqcha kuchlanishlarning elektr uzatish tizimlariga salbiy ta‘siri tahlil etiladi. Shuningdek, liniyalarni ishonchli ishlashini ta‘minlash uchun qo‘llaniladigan asosiy himoya vositalari, jumladan yashin qaytargich simlar, yerga ulash qurilmalari, razryadniklar hamda izolyatsiya vositalari haqida ma‘lumot beriladi. Ushbu choralar orqali elektr uzatish liniyalarining barqarorligi va xavfsizligini oshirish mumkinligi asoslab beriladi. Tadqiqot davomida atmosfera o‘ta kuchlanishlarining kelib chiqish sabablari, ularning elektr uzatish liniyalarida tarqalish xususiyatlari hamda texnik ko‘rsatkichlarga ta‘siri o‘rganiladi. Himoya choralarini tanlashda liniyaning kuchlanish darajasi, geografik joylashuvi va iqlim sharoitlari muhim omil ekanligi ta‘kidlanadi.

Kalit so‘zlar: havo elektr uzatish liniyasi, atmosfera o‘ta kuchlanishi, yashin zarbasi, chaqmoq, yashin qaytargich sim, yerga ulash, razryadnik, izolyatsiya, himoya zonasi, elektr xavfsizligi, ortiqcha kuchlanish, uzluksiz energiya uzatish, avariya holatlari, himoya qurilmalari.

Kirish

Zamonaviy energetika tizimlarida havo elektr uzatish liniyalari elektr energiyasini uzoq masofalarga yetkazib berishda muhim o‘rin egallaydi. Biroq ushbu liniyalar ochiq muhitda joylashganligi sababli turli tashqi ta‘sirlarga, ayniqsa atmosfera hodisalariga bevosita duch keladi. Shular ichida yashin va chaqmoq natijasida yuzaga keladigan o‘ta kuchlanishlar eng xavfli omillardan biri hisoblanadi.

Atmosfera o‘ta kuchlanishlari elektr uzatish liniyalarining izolyatsiyasiga zarar yetkazishi, qurilmalar ishdan chiqishiga olib kelishi hamda elektr ta‘minotida uzilishlar yuzaga keltirishi mumkin. Bu esa nafaqat texnik, balki iqtisodiy jihatdan ham katta yo‘qotishlarga sabab bo‘ladi. Shu bois bunday hodisalardan himoyalash masalasi energetika sohasining dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi.

Ushbu ishning maqsadi havo elektr uzatish liniyalarini atmosfera o‘ta kuchlanishlaridan himoya qilish usullarini o‘rganish, ularning samaradorligini tahlil

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

qilish va amaliy jihatdan qo‘llash imkoniyatlarini ko‘rsatishdan iborat. Shu bilan birga, turli himoya vositalari va texnik yechimlarning afzalliklari hamda qo‘llash shart-sharoitlari yoritib beriladi.

Natijada, elektr uzatish liniyalarining ishonchliligi va xavfsizligini oshirish, energiya ta‘minotining uzluksizligini ta‘minlash bo‘yicha muhim xulosalar ishlab chiqiladi.

Asosiy qism

Havo elektr uzatish liniyalarining ishonchli ishlashi ko‘p jihatdan ularni atmosfera o‘ta kuchlanishlaridan samarali himoyalashga bog‘liq. Atmosfera o‘ta kuchlanishlari asosan yashin zarbalari natijasida yuzaga keladi va ular liniya simlari yoki yaqin hududlarga tushib, yuqori amplitudali impuls kuchlanishlarini hosil qiladi. Bu kuchlanishlar izolyatsiya elementlariga ta‘sir etib, ularning teshilishiga yoki shikastlanishiga olib kelishi mumkin.

Bunday salbiy holatlarning oldini olish uchun bir qator texnik choralar qo‘llaniladi. Eng keng tarqalgan usullardan biri yashin qaytargichlardan va trosslardan foydalanishdir. Yashin razryadi rivojlanishning lider bosqichida yashin qaytargichning ustki qismida zaryadlar yig‘iladi va rivojlanayotgan lider bilan yashin qaytargichning ustki qismi orasida E-elektr maydonining kuchlanganligi ortadi. Yashin qaytargichning ustki qismida qarama–qarshi razryad hosil bo‘ladi va rivojlanadi. Yashin qaytargich bilan lider orasidagi E-maydon kuchlanginligi yanada ortib yashinning yashin qaytargichga urilishini ta‘minlaydi. Yashin qaytargich yaqinidagi undan pastroq bo‘lgan himoyalananayotgan ob‘ekt yashin qaytargich va qarama–qarshi lider bilan ekranlanib qoladi va unga yashin urilmaydi.

Ushbu tross simlar elektr uzatish liniyasi ustiga o‘rnatilib, yashin zarbasini o‘ziga qabul qiladi va uni yerga yo‘naltiradi. Natijada, asosiy tok o‘tkazuvchi simlar bevosita zarbadan himoyalanaadi.

Yerga ulash tizimi ham muhim ahamiyatga ega. Tayanch ustunlar va metall konstruksiyalar maxsus yerga ulash qurilmalari orqali yer bilan ulanadi. Bu esa ortiqcha kuchlanish paydo bo‘lganida tokning xavfsiz tarzda yerga oqib ketishini ta‘minlaydi. Yerga ulash qarshiligining kichik bo‘lishi himoya samaradorligini oshiradi.

Shuningdek, elektr uzatish liniyalarida razryadniklar keng qo‘llaniladi. Ular normal sharoitda izolyator vazifasini bajaradi, lekin kuchlanish belgilangan chegaradan oshganda ishga tushib, ortiqcha energiyani yerga chiqaradi. Bu qurilmalar liniya jihozlarini ortiqcha yuklanishdan saqlaydi.

Izolyatsiya tizimini to‘g‘ri tanlash ham katta ahamiyatga ega. Izolyatorlar soni va sifati liniyaning kuchlanish darajasiga mos ravishda belgilanadi. Yuqori sifatli izolyatorlar atmosfera ta‘sirlariga chidamli bo‘lib, uzoq muddat xizmat qiladi.

Bundan tashqari, uzun masofali liniyalarda takroriy yerga ulash nuqtalarini tashkil etish ham samarali usullardan biridir. Bu orqali impuls kuchlanishlarining tez so‘nishi ta‘minlanadi va ularning zararli ta‘siri kamayadi.



1-rasm. Elektr uzatish liniyasiga, yashinning tushushi va o‘tkazuvchi simlarning bevosita zarbadan himoyalaniishi

Atmosfera o‘ta kuchlanishlarining liniyaga ta’siri faqat bevosita yashin urishi bilan cheklanmaydi. Yashin yaqin hududga tushganda ham elektromagnit induksiya natijasida liniyada impuls kuchlanishlar hosil bo‘ladi. Bu holat “induksiyalangan o‘ta kuchlanishlar” deb ataladi va ayrim hollarda bevosita zarbadan kam bo‘lmagan zarar keltirishi mumkin. Shu sababli himoya tizimlari bunday ta’sirlarni ham hisobga olgan holda loyihalanadi. Havo elektr uzatish liniyalarida o‘ta kuchlanishlar (ya’ni impulsli yoki vaqtincha ortiqcha kuchlanishlar) asosan momaqaldiroq (chaqmoq), kommutatsiya jarayonlari va rezonans hodisalari tufayli yuzaga keladi. Havo elektr uzatish liniyalarida o‘ta kuchlanish hodisalari elektr tizimlarining ishonchliligi va xavfsizligi nuqtai nazaridan muhim ahamiyatga ega. Bu hodisalar odatda qisqa vaqt ichida yuzaga keladi, lekin ularning qiymati nominal kuchlanishdan bir necha barobar katta bo‘lishi mumkin. O‘ta kuchlanishlar uch asosiy turga bo‘linadi: atmosfera (chaqmoq ta’siri), kommutatsion va rezonans o‘ta kuchlanishlari.

Atmosfera o‘ta kuchlanishlari momaqaldiroq vaqtida chaqmoq toki liniyaga yoki unga yaqin joyga tushganda hosil bo‘ladi. Bunday holatda katta impulsli tok paydo bo‘lib, liniyada kuchlanish keskin ortadi. Bu kuchlanish liniyaning to‘lqin qarshiligi va tok qiymatiga bog‘liq holda aniqlanadi. Chaqmoq zarbasi natijasida yuzaga kelgan kuchlanish liniya bo‘ylab elektromagnit to‘lqin sifatida tarqaladi. To‘lqin tezligi liniyaning induktivligi va sig‘imiga bog‘liq bo‘lib, amalda yorug‘lik tezligiga yaqin qiymatga ega bo‘ladi. Shu sababli o‘ta kuchlanish juda qisqa vaqt ichida katta masofalarga yetib boradi.

To‘lqin uzatish jarayonida liniyaning turli qismlarida qarshiliklar o‘zgarishi mumkin. Masalan, transformator, podstantsiya yoki boshqa elementlar joylashgan nuqtalarda to‘lqin qisman yoki to‘liq aks etadi. Bu hodisa refleksiya deb ataladi va u o‘ta kuchlanishning ayrim nuqtalarda yanada ortishiga olib kelishi mumkin. Natijada ayrim elementlar izolyatsiyasi buzilishi xavfi ortadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kommutatsion o‘ta kuchlanishlar elektr zanjirlarini ulash yoki uzish jarayonida yuzaga keladi. Ayniqsa, induktiv yuklamalar uzilganda tokning keskin o‘zgarishi katta kuchlanish hosil qiladi. Bu jarayon induktivlik va tokning o‘zgarish tezligiga bog‘liq. Agar tok juda tez o‘zgarsa, hosil bo‘ladigan kuchlanish ham shuncha katta bo‘ladi. Bunday o‘ta kuchlanishlar odatda yuqori kuchlanishli tarmoqlarda va uzun liniyalarda ko‘proq kuzatiladi.

Rezonans o‘ta kuchlanishlari esa tizimdagi induktiv va sig‘im elementlar o‘zaro ta’sirlashganda yuzaga keladi. Agar tizimning tabiiy chastotasi tashqi ta’sir chastotasiga mos kelsa, rezonans holati yuzaga keladi. Bu holatda kuchlanish va tok amplitudalari keskin ortadi. Rezonans hodisasi uzoq davom etsa, elektr jihozlari jiddiy shikastlanishi mumkin.

O‘ta kuchlanishlarni o‘rganish va nazorat qilish uchun turli o‘lchash vositalari qo‘llaniladi. Ossillograflar yordamida impuls kuchlanishlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi kuzatiladi. Yuqori kuchlanishli voltmترلar va maxsus registratorlar esa kuchlanish qiymatlarini qayd etadi. Zamonaviy tizimlarda raqamli monitoring qurilmalari ham keng qo‘llanilmoqda.

Bunday hodisalardan himoyalaniش uchun maxsus apparatlar ishlatiladi. Eng asosiy qurilmalardan biri bu razryadniklar (surge arresterlar) bo‘lib, ular ortiqcha kuchlanishni yerga yo‘naltirib, uskunalarni himoya qiladi. Shuningdek, yashin tutgichlar chaqmoq zarbasini to‘g‘ridan-to‘g‘ri yerga uzatadi va liniyani himoya qiladi. Ekranlovchi simlar esa yuqoridan o‘tkazilib, chaqmoq zarbasini o‘ziga qabul qiladi. Izolyatorlar esa yuqori kuchlanishga chidamli qilib loyihalanadi.

Zamonaviy hisoblash usullari yordamida o‘ta kuchlanishlarni oldindan tahlil qilish mumkin. Bunda elektromagnit o‘tish jarayonlarini modellashtiruvchi dasturlar, masalan, EMTP, MATLAB/Simulink yoki PSCAD keng qo‘llaniladi. Bu dasturlar yordamida turli avariya holatlari modellashtirilib, tizimning qanday javob berishi aniqlanadi.

Himoya troslarining samaradorligi ularning joylashish burchagi va balandligiga bog‘liq. To‘g‘ri tanlangan himoya zonasi liniya simlarini maksimal darajada qamrab oladi. Odatda, troslar liniyaning eng yuqori nuqtasiga o‘rnatilib, yashin zarbasini birinchi bo‘lib qabul qiladi. Bu esa tok o‘tkazuvchi simlarga tushadigan yuklamani sezilarli kamaytiradi.

Zamonaviy elektr uzatish liniyalarida metall-oksidli razryadniklar keng qo‘llanilmoqda. Ular yuqori tezlikda ishlashi, xizmat muddati uzunligi va ishonchliligi bilan ajralib turadi. Bunday qurilmalar ortiqcha kuchlanishni tezda so‘ndirib, izolyatsiya elementlarini himoya qiladi.

Bundan tashqari, izolyatorlarning ifloslanishi va namlanishi ham ularning elektr mustahkamligini pasaytiradi. Shu sababli ekspluatatsiya jarayonida izolyatorlarni muntazam tozalash, texnik ko‘rikdan o‘tkazish muhim hisoblanadi. Ayniqsa, sanoat hududlari yoki chang ko‘p bo‘lgan joylarda bu omil katta ahamiyatga ega.



2-rasm. Podstansiya elektr jihozlarini o‘ta kuchlanishdan himoyalashda razryadlagichlar ko‘rinishi

Havo liniyalarini loyihalashda hududning yashin faolligi ham inobatga olinadi. Yashin tez-tez kuzatiladigan hududlarda qo‘shimcha himoya vositalari o‘rnatiladi yoki mavjud tizimlar kuchaytiriladi. Bu esa liniyaning ishonchliligini oshiradi va favqulodda holatlarning oldini oladi.

Havo elektr uzatish liniyalarida o‘ta kuchlanish hodisalarini o‘rganish, o‘lchash va ularni bartaraf etish uchun turli apparatlar va texnik vositalar qo‘llaniladi. Bu vositalar asosan uch guruhga bo‘linadi: o‘lchash qurilmalari, himoya apparatlari va modellastirish (hisoblash) vositalari.

Birinchi navbatda, o‘lchash vositalari o‘ta kuchlanish jarayonlarini aniqlash va tahlil qilishda muhim rol o‘ynaydi. Bunday qurilmalarga ossillograflar kiradi, ular impuls kuchlanishlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini grafik shaklda ko‘rsatadi. Ayniqsa, yuqori tezlikli raqamli ossillograflar qisqa muddatli (mikrosekundlar darajasidagi) o‘ta kuchlanishlarni qayd etishda juda samarali hisoblanadi. Bundan tashqari, yuqori kuchlanishli voltmetrlar yordamida kuchlanishning maksimal qiymatlari o‘lchanadi. Impuls registratorlari esa tarmoqdagi o‘ta kuchlanish hodisalarini uzoq vaqt davomida yozib boradi va keyinchalik tahlil qilish imkonini beradi. Tokni o‘lchash uchun tok transformatorlari, kuchlanishni o‘lchash uchun esa kuchlanish transformatorlari ishlatiladi.

Ikkinchi guruh - himoya apparatlari bo‘lib, ular elektr jihozlarini o‘ta kuchlanishdan saqlash uchun xizmat qiladi. Eng keng tarqalgan qurilma bu razryadnik (surge arrester) bo‘lib, u ortiqcha kuchlanish paydo bo‘lganda uni yerga yo‘naltiradi va shu orqali asosiy uskunalarni himoya qiladi. Yashin tutgichlar esa bevosita chaqmoq zarbasini qabul qilib, uni yerga uzatadi va uzatish liniyasini himoya qiladi. Havo liniyalarida ko‘pincha ekranlovchi (himoya) simlar ham qo‘llaniladi, ular liniya ustidan o‘tkazilib, chaqmoq zarbasini o‘ziga qabul qiladi. Shuningdek, yuqori sifatli izolyatorlar o‘ta kuchlanishga bardosh berish uchun

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ishlatiladi. Ba’zi hollarda reaktorlar va kondensatorlar yordamida tizimdagi o‘tish jarayonlari boshqariladi va o‘ta kuchlanishlar kamaytiriladi.

Uchinchi guruh - hisoblash va modellashtirish vositalari bo‘lib, ular o‘ta kuchlanish hodisalarini oldindan tahlil qilish imkonini beradi. Zamonaviy elektr energetika tizimlarida elektromagnit o‘tish jarayonlarini modellashtiruvchi dasturlar keng qo‘llaniladi. Masalan, EMTP (Electromagnetic Transients Program), MATLAB/Simulink va PSCAD kabi dasturlar yordamida turli avariya va o‘tish holatlari kompyuterda modellashtiriladi. Bu orqali tizimda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan o‘ta kuchlanishlar oldindan aniqlanadi va ularga qarshi samarali himoya choralarini ishlab chiqish mumkin bo‘ladi.

Shuningdek, zamonaviy raqamli podstantsiyalarda monitoring va diagnostika tizimlari ham muhim ahamiyatga ega. Ular real vaqt rejimida kuchlanish, tok va boshqa parametrlarni kuzatib boradi hamda o‘ta kuchlanish yuzaga kelganda tezkor signal beradi. Bu esa avariylarni oldini olish va tizimning ishonchliligini oshirishga yordam beradi.

Natijada, atmosfera o‘ta kuchlanishlaridan himoyalash kompleks yondashuvni talab etadi. Texnik vositalarni to‘g‘ri tanlash, ularni samarali joylashtirish va muntazam texnik xizmat ko‘rsatish orqali elektr uzatish tizimlarining barqaror va xavfsiz ishlashi ta‘minlanadi. Atmosfera o‘ta kuchlanishlaridan himoyalash tizimlarining samaradorligini baholash uchun maxsus sinov va diagnostika usullari qo‘llaniladi. Laboratoriya sharoitida yuqori kuchlanish impulsini sun‘iy hosil qilish orqali izolyatorlar va himoya qurilmalarining chidamliligi tekshiriladi. Bunday sinovlar real sharoitga yaqin holatlarni modellashtirish imkonini beradi.

Amaliyotda esa liniyalarni muntazam ravishda ko‘zdan kechirish va profilaktik xizmat ko‘rsatish muhim ahamiyatga ega. Tayanch ustunlarning holati, yerga ulash tizimining qarshiligi, izolyatorlarning tozaligi va butunligi doimiy nazorat ostida bo‘lishi kerak. Aniqlangan kamchiliklarni o‘z vaqtida bartaraf etish katta avariya oldini oladi.



3-rasm. Bino va inshotlarni atmosfera ta'siridan himoya qilish.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Shuningdek, zamonaviy texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan kompozit izolyatorlar keng qo‘llanila boshladi. Ular yengil, mexanik jihatdan mustahkam va atmosfera ta’sirlariga chidamli bo‘lib, an’anaviy chinni izolyatorlarga nisbatan bir qator ustunliklarga ega. Bu esa liniyalarning umumiy ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi.

Energetika tizimlarining rivojlanishi bilan birga himoya vositalari ham takomillashib bormoqda. Raqamli boshqaruv elementlari bilan jihozlangan qurilmalar ortiqcha kuchlanishlarni tez va aniq aniqlab, avtomatik ravishda zarur choralarni ko‘radi. Bu esa inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi.

Kelajakda havo elektr uzatish liniyalarini himoyalashda innovatsion materiallar, sun’iy intellekt asosidagi monitoring tizimlari va energiya samaradorligini oshiruvchi texnologiyalar keng qo‘llanilishi kutilmoqda. Bu yo‘nalishdagi izlanishlar elektr energetika tizimlarining yanada barqaror va xavfsiz ishlashini ta’minlashga xizmat qiladi.



4-rasm. Havo elektr uzatish liniyalarida atmosfera o‘ta kuchlanish hodisalari

Havo liniyalarini himoya qilishda asosiy maqsad - elektr uzatish tarmoqlarining ishonchliligini oshirish va avariylarni kamaytirishdir. Buning uchun bir nechta muhim texnik va tashkiliy choralar qo‘llaniladi.

1. *Atmosfera ta’siridan himoya qilish.* Havo liniyalari eng ko‘p chaqmoq va kuchli shamol kabi tabiiy omillar ta’sirida shikastlanadi. Shuning uchun ustunlarning yuqori qismiga yerga ulangan troslar (chaqmoq qaytargich simlar) o‘rnatiladi. Bu simlar chaqmoq zaryadini o‘ziga qabul qilib, uni yerga xavfsiz uzatadi.

2. *Izolyatsiyani yaxshilash.* Simlarni tayanch ustunlardan ajratib turuvchi izolyatorlar muhim rol o‘ynaydi. Ular yuqori kuchlanish oqimini ustunlarga o‘tib ketishidan saqlaydi. Zamonaviy liniyalarda chinni va kompozit materiallardan tayyorlangan mustahkam izolyatorlar qo‘llaniladi.

3. *Mexanik himoya choralari.* Kuchli shamol, muzlash va simlarning og‘irlikdan cho‘zilishi natijasida uzilishlar yuz berishi mumkin. Buning oldini olish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

uchun simlar ma'lum tortilish kuchi bilan o'rnatiladi va oraliq masofalar hisoblab belgilanadi.

4. *Qisqa tutashuvdan himoya.* Qushlar, daraxt shoxlari yoki tashqi jismlar simlarga tegib ketishi qisqa tutashuvga olib kelishi mumkin. Shuning uchun liniyalar atrofida himoya zonalari tashkil qilinadi va daraxtlar muntazam kesib turiladi.

5. *Avtomatik himoya tizimlari.* Zamonaviy elektr tarmoqlarda rele himoya tizimlari qo'llaniladi. Ular nosozlik yuzaga kelganda liniyani avtomatik ravishda o'chiradi va katta avariylarning oldini oladi.

Xulosa

Havo liniyalarini himoya qilish elektr energiya tizimining barqaror va xavfsiz ishlashi uchun juda muhim hisoblanadi. Atmosfera ta'sirlari, mexanik yuklamalar va tashqi omillar sabab yuzaga keladigan nosozliklarning oldini olish orqali elektr uzatish tarmoqlarining ishonchliligi oshiriladi.

Izolyatorlar, chaqmoqdan himoya tizimlari, to'g'ri loyihalangan ustunlar va avtomatik rele himoya qurilmalari bu jarayonda asosiy o'rin tutadi. Shu sababli, zamonaviy elektr energetikasida havo liniyalarini himoya qilish texnik talablar va xavfsizlik me'yorlariga qat'iy rioya qilish bilan amalga oshiriladi. Shuningdek, havo liniyalarini himoya qilishda doimiy texnik ko'rik va profilaktik xizmat ko'rsatish ham katta ahamiyatga ega. Chunki vaqt o'tishi bilan izolyatorlar eskirishi, simlarda yemirilish yoki ulanish joylarida bo'shashishlar yuzaga kelishi mumkin. Bunday muammolarni erta aniqlash katta avariylarning oldini oladi.

Elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish, ya'ni yangi materiallar va ilg'or texnologiyalarni qo'llash ham himoya darajasini oshiradi. Ayniqsa, kompozit izolyatorlar va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari liniyalarning xavfsiz ishlashini yanada mustahkamlaydi.

Umuman olganda, havo liniyalarini himoya qilish nafaqat texnik masala, balki energetika tizimining samaradorligi va barqarorligini ta'minlaydigan muhim omil hisoblanadi. Shuning uchun bu yo'nalishda ilmiy izlanishlar va amaliy takomillashtirish ishlari doimiy ravishda olib borilishi zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Gayibov T.Sh. «Yuqori kuchlanish texnikasi».-Darslik, T.. Yoshlar nashriyoti uyi, 2020. 320 b.

2. B.B. Abdulazizov, M.R. Shaymanov. D.I.Saparov “ Elektr xavfsizligi”-darslik Toshkent:Noshir, 2025.- 240 b.

3. F. A. M. Rizk and G. N. Trinh, High Voltage Engineering, 1st Edition, Routledge, 2017. [ARM da elektron nusxasi mavjud]

4. Xamidov N.A. «Yuqori kuchlanish texnikasi va izolyatsiya». T.: Fan va texnologiya, 2012. 200 b.

5. “O'ta kuchlanish va izolyatsiya” Fanidan ma'ruzalar matni – Farg'ona-2012

6. M. Shaymanov, B. Abdulazizov - «Elektrotexnika va elektronika» fanidan uslubiy qo'llanma. TMTI. 2024-yil, 110 bet.

7. S. T. Mirzayev — “Elektr tarmoqlari va tizimlari”, Toshkent, 2018.

8. A. Q. Karimov — “Elektr energetika asoslari”, Toshkent, 2020.

**YUQORI KUCHLANISHLI ELEKTR UZATISH LINIYALARIDA
YO‘QOTISHLAR**

Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

bozorqulabdulazizov@gmail.com

O‘rinova Zulfiya

Energetika kafedrası talabasi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida yuzaga keladigan energiya yo‘qotishlari, ularning turlari, kelib chiqish sabablari hamda yo‘qotishlarni kamaytirish usullari batafsil ko‘rib chiqilgan. Elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatishda samaradorlikni oshirish, energiya tejamkor texnologiyalarni qo‘llash va zamonaviy texnik yechimlardan foydalanish masalalari yoritilgan.

Kalit so‘zlar: yuqori kuchlanish, elektr uzatish liniyasi, quvvat yo‘qotishlari, tojlanish yo‘qotishlari, reaktiv quvvat, aktiv quvvat, energiya samaradorligi, elektr tarmoqlari.

Kirish

Elektr energiyasini ishlab chiqarish manbalaridan iste’molchilarga yetkazib berish elektr uzatish liniyalari orqali amalga oshiriladi. Elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatishda turli xil yo‘qotishlar yuzaga keladi. Ayniqsa yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida energiya yo‘qotishlarini kamaytirish muhim masalalardan biri hisoblanadi. Chunki energiya yo‘qotishlari iqtisodiy zarar keltiradi va elektr ta’minoti samaradorligini pasaytiradi.

Elektr uzatish liniyalaridagi yo‘qotishlar asosan elektr simlarining qarshiligi, tojlanish yo‘qotishlari, izolyatsiya yo‘qotishlari va boshqa fizik jarayonlar natijasida yuzaga keladi.

Asosiy qism

Elektr uzatish liniyalarida quvvat yo‘qotishlari. Elektr uzatish liniyalarida yuzaga keladigan asosiy yo‘qotishlardan biri bu aktiv quvvat yo‘qotishidir. Bu yo‘qotish o‘tkazgich simlarning elektr qarshiligi sababli yuzaga keladi. Elektr toki sim orqali o‘tganda sim qiziydi va energiyaning bir qismi issiqlik energiyasiga aylanadi. Bu yo‘qotishlar tok kvadratiga proporsional bo‘ladi, ya’ni tok qancha katta bo‘lsa, yo‘qotish shuncha katta bo‘ladi. Shu sababli elektr energiyasi uzoq masofalarga uzatilganda kuchlanish oshiriladi va tok kamaytiriladi. Bu esa energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi.

Elektr uzatish liniyasi ko‘rinishi. Quyida yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyasi rasmi keltirilgan:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



Reaktiv quvvat yo‘qotishlari. Elektr uzatish liniyalarida induktiv va sig‘imli qarshiliklar mavjud bo‘lib, ular reaktiv quvvat hosil qiladi. Reaktiv quvvat foydali ish bajarmaydi, lekin elektr tarmog‘ini yuklaydi va qo‘shimcha yo‘qotishlarga sabab bo‘ladi. Reaktiv quvvat transformatorlar, elektr dvigatellar va elektr uzatish liniyalarining o‘zida hosil bo‘ladi.

Reaktiv quvvat yo‘qotishlarning asosiy manbalari:

1. Asinxron dvigatellar;
2. Transformatorlar;
3. Elektr uzatish liniyalari;
4. Elektr isitkichlar.

Reaktiv quvvat yo‘qotishlarini kamaytirishning eng samarali usuli -bu reaktiv quvvat kompensatsiyasi.

Tojlanish yo‘qotishlari. Yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida sim atrofidagi havo ionlashishi natijasida tojlanish razryadi hosil bo‘ladi. Natijada elektr energiyasining bir qismi yo‘qotiladi. Tojlanish yo‘qotishlari quyidagi omillarga bog‘liq:

- Kuchlanish qiymatiga;
- Sim diametriga;
- Simlar orasidagi masofaga;
- Havo namligiga;
- Ob-havo sharoitiga.

Tojlanish yo‘qotishlari nafaqat energiya yo‘qotilishiga, balki radio shovqinlar va izolyatsiya eskirishiga ham sabab bo‘ladi.

Yo‘qotishni keltirib chiqaruvchi omillar

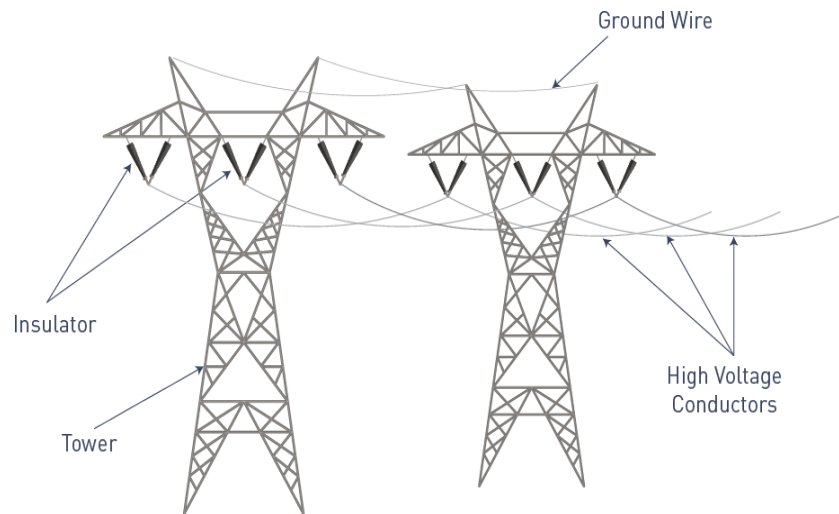
1. Kuchlanish darajasi;
2. O‘tkazgich diametri;
3. Simlar orasidagi masofa;
4. Sirt holati.

Dielektrik yo‘qotishlar. Izolyatorlar orqali ham energiya yo‘qotishlari yuzaga keladi. Bu yo‘qotishlar izolyatsiya materialining sifati va elektr maydon kuchlanganligiga bog‘liq bo‘ladi.

Dielektrik yo‘qotishlar - bu o‘zgaruvchan elektr maydoni ta’sirida dielektrik (izolyatsiya) materialining isishi natijasida elektr energiyasining issiqlik energiyasiga aylanishidir. Bu asosan kabel liniyalari, kondensatorlar va transformator moylarida sodir bo‘ladi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Bir nechta simli o‘tkazgich. Tojlanish yo‘qotishlarini kamaytirish uchun bir fazada bir nechta simdan iborat o‘tkazgich ishlatiladi.



Taklif va tavsiyalar

Yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida yo‘qotishlarni kamaytirish uchun quyidagi taklif va tavsiyalarni keltirish mumkin:

1. Elektr energiyasini yuqori kuchlanishda uzatish kerak, chunki kuchlanish oshishi tokni kamaytiradi va yo‘qotishlar kamayadi.
2. Katta kesimli o‘tkazgich simlardan foydalanish kerak, chunki qarshilik kamayadi.
3. Bundled conductor (bir nechta simdan iborat o‘tkazgich) ishlatish tojlanish yo‘qotishlarini kamaytiradi.
4. Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish uchun kondensator batareyalari va sinxron kompensatorlardan foydalanish kerak.
5. Zamonaviy izolyatorlardan foydalanish oqim yo‘qotishlarini kamaytiradi.
6. Elektr uzatish liniyalarini muntazam texnik ko‘rikdan o‘tkazish kerak.
7. Eski elektr uzatish liniyalarini zamonaviy liniyalar bilan almashtirish kerak.
8. Avtomatik boshqaruv va monitoring tizimlarini joriy qilish kerak.

Xulosa

Yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida energiya yo‘qotishlari asosan o‘tkazgich qarshiligi, reaktiv quvvat, tojlanish razryadi, dielektrik yo‘qotishlar va oqim yo‘qotishlari sababli yuzaga keladi. Ushbu yo‘qotishlarni kamaytirish elektr energiyasini samarali uzatish, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va energiya resurslarini tejashda muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy texnologiyalar, yuqori kuchlanishdan foydalanish, reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish va sifatli izolyatsiya materiallaridan foydalanish orqali elektr uzatish liniyalaridagi yo‘qotishlarni sezilarli darajada kamaytirish mumkin.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Gayibov T.Sh. «Yuqori kuchlanish texnikasi».-Darslik, T.. Yoshlar nashriyoti uyi, 2020. 320 b.
2. B.B. Abdulazizov, M.R. Shaymanov. D.I.Saparov “ Elektr xavfsizligi” – darslik. Toshkent: Noshir, 2025.- 240 b.
3. F. A. M. Rizk and G. N. Trinh, High Voltage Engineering, 1st Edition, Routledge, 2017. [ARM da elektron nusxasi mavjud]
4. Xamidov N.A. «Yuqori kuchlanish texnikasi va izolyatsiya». T.: Fan va texnologiya, 2012. 200 b.
5. “O‘ta kuchlanish va izolyatsiya” fanidan ma’ruzalar matni – Farg‘ona-2012
6. M.Shaymanov, B.Abdulazizov - «Elektrotexnika va elektronika» fanidan uslubiy qo‘llanma. TMTI. 2024-yil. 110 bet.
7. S. T. Mirzayev — “Elektr tarmoqlari va tizimlari”, Toshkent, 2018.
8. A. Q. Karimov — “Elektr energetika asoslari”, Toshkent, 2020.

HOZIRGI KUNDA MUQOBIL ENERGIYA MANBALARINING O‘ZBEKISTON ENERGETIKASIDAGI O‘RNI

Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

bozorqulabdulazizov@gmail.com

Qurbonov Jamshid, Normurodov Ulug‘bek

Energetika kafedrası talabalari

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya: O‘zbekiston Respublikasida muqobil (qayta tiklanuvchi) energiya manbalarining rivojlanish holati, ularning energetika tizimidagi o‘rni, iqtisodiy va ekologik ahamiyati tahlil qilinadi. Shuningdek, quyosh, shamol, gidro va biomassa energiyalarining istiqbollari hamda ularni keng joriy etish bo‘yicha mavjud muammolar va yechimlar yoritilgan. O‘zbekistonning iqtisodiy rivojlanishi, bozor munosabatlariga o‘tish – agrosanoat tarmoqlarida energetik resurslarini tejaydigan kompleks texnologiyalarni qo‘llash va ularni ilmiy asoslarini yaratish bilan aniqlanadi. Ushbu maqolada o‘zbekiston sharoitida muqobil energiya manbaalaridan foydalanish energiya manbaalari turlari bayon etilgan.

Kalit so‘zlar: muqobil energiya, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, quyosh energetikasi, shamol energetikasi, gidroenergetika, biomassa energiyasi, bioenergetika, geotermal energiya, yashil energetika.

Kirish

Muqobil energiya – yer biosferasida to‘xtovsiz qayta tiklanadigan va insoniyat miqyosida tuganmas hisoblanadi. Ular – quyosh energiyasi, shamol,

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

okean, daryo, yer osti konlari, bioenergiyadir. Muqobil energiyaning asosiy foydali tomoni – tuganmasligi va ekologik sofligidir. Undan foydalanish sayyoraning energiya muvozanatini o‘zgartirmaydi, ya’ni tabiat jarayonlariga ta’sir etmaydi. Bu sifatlari qayta tiklanadigan energetika muammosini nafaqat respublikamizda, balki chet davlatlarda ham qiziqish uyg‘otish uchun omildir. So‘nggi o‘n yilliklarda global miqyosda energiya iste’moli keskin ortib bormoqda. Sanoatning rivojlanishi, aholi sonining o‘sishi va urbanizatsiya jarayonlari energiyaga bo‘lgan talabni yanada kuchaytirmoqda. An’anaviy energiya manbalari — neft, tabiiy gaz va ko‘mir — asosiy energiya resurslari hisoblanadi, ammo ularning zaxiralari cheklangan bo‘lib, ekologik jihatdan zararli hisoblanadi. Xususan, issiqxona gazlarining atmosferaga chiqarilishi global iqlim o‘zgarishiga sabab bo‘layotgani bugungi kunda dolzarb muammoga aylangan. Shu nuqtai nazardan, muqobil energiya manbalaridan foydalanish butun dunyoda ustuvor yo‘nalish sifatida qaralmoqda. O‘zbekiston ham ushbu jarayondan chetda qolmay, energetika tizimini diversifikatsiya qilish, energiya xavfsizligini ta’minlash va ekologik barqarorlikka erishish maqsadida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishga alohida e’tibor qaratmoqda.

Asosiy qism

Hozirgi vaqtda olinadigan energiya, asosan, qayta tiklanmaydigan energiya manbalari hisobiga olinadi. Bugungi kunda tabiiy yoqilg‘i ishlatish miqdori dunyo bo‘yicha 12 milliard tonna neft ekvivalentiga teng. Bu esa har bir kishiga taxminan 2 tonna yoqilg‘i to‘g‘ri keladi deganidir. Ma’lumotlarga qaraganda, so‘nggi 40 yil davomida butun insoniyat tarixi mobaynida qazib olingan organik yoqilg‘idan ham ko‘p yoqilg‘i iste’mol uchun o‘zlashtirilgan. Bu esa ular zahirasining tez kamayib ketishiga sabab bo‘lmoqda. 2050-yilga borib aholi sonining 9-10 milliard kishiga yetishi energiyaga bo‘lgan ehtiyojning 3 baravar ortishiga olib keladi. Yuqoridagilardan shuni aytish mumkinki, mavjud energiya manbalaridan oqilona foydalanish maqsadida energetika tizimida muqobil energiya manbalari ulushini oshirishni talab etilmoqda.

O‘zbekistonda muqobil energiya manbalaridan, eng avvalo quyosh energiyasidan foydalanish sohasida ilmiy va eksperimental tadqiqotlar olib borish borasida salmoqli tajriba to‘plangan bo‘lib, ular yuzasidan bir qancha o‘n yillar mobaynida ishlanmalar olib borilmoqda. Respublikada Markaziy Osiyoda o‘xshashi yo‘q ilmiy-eksperimental markaz — Fanlar akademiyasining “Fizika-Quyosh” ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi tashkil qilingan bo‘lib, uning tadqiqotlari natijalari jahon miqyosida e’tirof etildi. Issiq suv va issiqlik ta’minoti uchun past potensialli qurilmalarni yaratish, elektr quvvati olish uchun fotoelektrik va termodinamik o‘zgartkichlar, maxsus materiallar sintezi texnologiyalarida, materiallar va konstruksiyalarga termik ishlov berishda quyosh energiyasidan foydalanish bo‘yicha ilmiy tadqiqot va tajriba-konstruktorlik ishlari, ayniqsa faol va samarali olib borilmoqda. O‘tkazilayotgan tadqiqotlarning natijalari mamlakat iqtisodiyotining turli tarmoq va sohalarida amalda eksperimental ravishda keng ko‘lamda qo‘llanilmoqda. O‘n yildan ortiq vaqt mobaynida respublikada quyosh energiyasi bilan suv isitadigan qurilmalar asosida uy-joylar va ijtimoiy obyektlarni

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

issiq suv bilan ta'minlash tizimlari ishlab chiqilmoqda va ulardan tajriba tariqasida foydalanilmoqda.

Turli quvvatlardagi fotoelektrik qurilmalarni ishlab chiqarish o'zlashtirilgan. Ko'plab oliy o'quv yurtlari va kasb-hunar kollejlari mazkur soha uchun malakali kadrlar tayyorlab kelinmoqda. Quyosh energiyasidan amalda foydalanish uchun O'zbekistonda yaratilgan shart-sharoit va mavjud imkoniyatlar mazkur mintaqadan bu sohadagi ilg'or texnologiyalarni nafaqat respublikamizda, balki butun O'rta Osiyoda tajriba tariqasida joriy etish maydoni sifatida foydalanishga asos bo'lib xizmat qiladi. To'plangan tajribani e'tiborga olgan holda va tadqiqotlar hamda tajriba-sanoat ishlanmalarini yuqoriroq texnik va ilmiy darajada o'tkazishni yanada davom ettirish, jahon tajribasini hisobga olgan holda O'zbekiston sharoitida muqobil energiya manbalaridan foydalanish borasidagi ayrim yechimlarni amalda qo'llash, shuningdek, mazkur soha uchun zamonaviy uskunalar va texnologiyalarni mamlakatimizda ishlab chiqarishni tashkil qilish maqsadida:

1. Ma'lumot uchun qabul qilinsinki, O'zbekistonda quyosh va biogaz energiyasidan foydalanishni yanada chuqurroq ishlab chiqish va amalda qo'llash uchun ilmiy-eksperimental va moddiy-texnika bazasi yaratilgan. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi Fanlar akademiyasi va manfaatdor vazirliklar, idoralar, xo'jalik birlashmalari bilan birgalikda, to'plangan tajribani hisobga olgan holda quyosh va biogaz energiyasidan foydalanish sohasidagi eksperimental va amaliy tadqiqotlarni yanada chuqurlashtirish chora-tadbirlarini amalga oshirsin, bunda muqobil manbalardan energiya ishlab chiqarish bo'yicha tajriba loyihalarini ishlab chiqish va amalga oshirishga, respublikada tegishli uskunalarni, butlovchi buyumlar va materiallarni ishlab chiqarishni, shuningdek ularga servis xizmati ko'rsatishni tashkil qilishga alohida e'tibor qaratsin.

Quyosh energiyasi. O'zbekistonda quyosh energiyasi imkoniyati hammasidan ko'ra ko'proq. Yalpi quyosh energiyasining imkoniyati o'rtacha 51 mlrd. t. n. e, texnik imkoniyati esa – 177 mln.t.n.e. Bunda quyosh energiyasi butun mamlakat hududi bo'ylab barchaga baravar bo'lib, uni energetika balansiga jalb etish, aholini elektr va issiqlik energiyasi bilan ta'minlash masalasining, yechimini topish (ayniqsa, chekka joylarda) imkonini beradi. Shamol energiyasi. Bugungi kunda mazkur muqobil energiya quvvatini ishlab chiqarish G'arbiy Yevropada ancha ommalashgan. Sababi, buning uchun tabiiy shart-sharoitlar mos bo'lishi barobarida ushbu turdagi energiyaga talab ham ortib bormoqda. Zamonaviy shamol elektrostansiya (ShES)lar 3–4 m/s dan 25m/s gacha bo'lgan tezlikdagi shamol muhiti relefiga nisbatan baland bo'lmagan joylarda optimal ishlaydi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



2-rasm. Muqobil energiya manbalarining kelajakdagi istiqbollari.

O‘zbekiston geografik joylashuvi va iqlim sharoitiga ko‘ra muqobil energiya manbalarini rivojlantirish uchun katta imkoniyatlarga ega. Mamlakat hududida quyosh nurlanish darajasi yuqori bo‘lib, yiliga o‘rtacha 3000 soatdan ortiq quyoshli kunlar kuzatiladi. Bu esa quyosh energetikasini rivojlantirish uchun juda qulay sharoit yaratadi. Shamol energetikasi bo‘yicha ham mamlakatda katta salohiyat mavjud. Ayniqsa, Qoraqalpog‘iston Respublikasi, Buxoro va Navoiy viloyatlarida shamol tezligi yuqori bo‘lib, bu hududlarda yirik shamol elektr stansiyalarini barpo etish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bundan tashqari, O‘zbekistonning tog‘li hududlarida kichik gidroelektr stansiyalar qurish imkoniyatlari mavjud. Qishloq xo‘jaligi rivojlanganligi sababli biomassa energiyasidan foydalanish ham istiqbolli yo‘nalishlardan biridir. Kelgusida O‘zbekistonda muqobil energiya ulushi sezilarli darajada oshishi kutilmoqda. Yirik quyosh va shamol elektr stansiyalarini qurish, energiya saqlash texnologiyalarini joriy etish va “aqlli tarmoqlar”ni rivojlantirish asosiy yo‘nalishlardan hisoblanadi. Shuningdek, raqamli texnologiyalarni energetika sohasiga joriy etish orqali energiya boshqaruvi samaradorligini oshirish mumkin.

XULOSA

Yuqorida olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, muqobil energiya manbalari O‘zbekiston energetika tizimining barqaror va uzoq muddatli rivojlanishida muhim strategik ahamiyat kasb etadi. Mamlakatning tabiiy-iqlim sharoitlari, xususan yiliga o‘rtacha 1500–1800 kVt·soat/m² quyosh radiatsiyasi va 300–320 quyoshli kunlarning mavjudligi quyosh energetikasini keng rivojlantirish uchun mustahkam asos yaratadi. Shu bilan birga, ayrim hududlarda shamol tezligining 4–25 m/s gacha yetishi shamol energetikasini sanoat darajasida joriy etish imkonini bermoqda. Amalga oshirilayotgan davlat dasturlari va investitsiya loyihalari natijasida yaqin istiqbolda qayta tiklanuvchi energiya manbalarining umumiy energiya ishlab chiqarishdagi ulushini 2030-yilga borib 25–30 % ga yetkazish rejalashtirilgan bo‘lib, bu energetika tizimini diversifikatsiya qilishda muhim qadam hisoblanadi. Muqobil energiya manbalaridan keng foydalanish natijasida atmosferaga chiqariladigan karbonat angidrid gazlari hajmini yiliga millionlab tonnaga kamaytirish mumkin, bu esa ekologik holatni sezilarli darajada yaxshilaydi va global iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi. Iqtisodiy nuqtai nazardan, dastlabki investitsiya xarajatlari yuqori bo‘lishiga qaramay, uzoq muddatli istiqbolda energiya ishlab chiqarish tannarxini

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

20–30 % gacha kamaytirish, energiya importiga qaramlikni qisqartirish va yangi ish o‘rinlari yaratish orqali milliy iqtisodiyot barqarorligini oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. B.B. Abdulazizov, M.R. Shaymanov. D.I.Saparov - “Elektr xavfsizligi”- darslik Toshkent:Noshir, 2025.- 240 b.
2. Majidov T. Sh. toshkent, 2014. — 177 bet. Noana’naviy va qayta tiklanuvchi energiya manbalari. majidov t. sh. toshkent, 2014. — 177 bet.
3. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari [Matn]: o‘quv qo‘llanma / S.Q. Qahhorov, H.O.Jo‘rayev, Y.Y.Jamilov, N.M.Hamdamaeva.-Buxoro: «Sadridin Salim Buxoriy» Durdona, 2021. - 300 b.
4. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari [Matn]: o‘quv qo‘llanma / N.T.Toshpo‘latov, D.B.Qodirov Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti 2021. -181 b.
5. Muqobil energiya manbalari: O‘quv qo‘llanma / S.Q. Qahhorov – Toshkent: «Tafakkur avlodi», 2022, 224 bet.
6. B.B.Abdulazizov, M.R.Shaymanov - Ishlab chiqarishni avtomatlashtirish ahamiyatlari; O‘zbekiston agrar fani xabarnomasi -ilmiy amaliy jurnal №2 (20) 2025
7. B.B.Abdulazizov, M.R.Shaymanov, TerDMAU; - “Ilmiy-texnikaviy taraqqiyotida energetikaning roli” O‘zbekiston agrar fani xabarnomasi -ilmiy amaliy jurnal №2 (20) 2025
8. B.B.Abdulazizov, M.R.Shaymanov - Расчет энергетической яркости излучения Журнал «Проблемы энерго- и ресурсосбережения» специальный выпуск (№88)-2025 г
9. B.B.Abdulazizov, M.R.Shaymanov - «The role of the topaleng and zarchob hydropower plants in the development of surkhandaryas energy sector» Журнал «Проблемы энерго- и ресурсосбережения» специальный выпуск (№88)-2025 г

ENERGIYA – NIMA?

Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

bozorqulabdulazizov@gmail.com

Xolmirzayev Abror

Energetika kafedrası talabasi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

xolmirzaeyvabrор@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada energiya tushunchasi, uning turlari va ahamiyati haqida umumiy ma’lumotlar berilgan. Shuningdek, energiyaning tabiat va inson hayotidagi o‘rni, turli shakllarga aylanishi hamda Energiya saqlanish qonuni

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

asosida tushuntiriladi. Maqola o‘quvchilarga energiya ning mohiyatini sodda va tushunarli tarzda etkazishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: energiya harakati, jism yoki jismlar tizimi, energiya ning saqlanish va aylanish qonuni, kimyoviy energiya, elektronlarning kinetik energiyasi.

Kirish

Energiya tushunchasi fizika fanining eng muhim va asosiy kategoriyalaridan biridir. Atrofimizdagi barcha jarayonlar - harakat, issiqlik almashinuvi, yorug‘lik tarqalishi va boshqa hodisalar energiya bilan chambarchas bog‘liqdir. Insoniyat taraqqiyoti ham energiyadan oqilona foydalanish bilan uzviy aloqada bo‘lib, bugungi kunda energiya manbalari va ulardan samarali foydalanish masalasi dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Shu sababli energiya tushunchasini chuqur o‘rganish va uning xususiyatlarini anglash muhimdir.

Asosiy qisim:

Energiya (*yunoncha - harakat, faoliyat*) - har qanday ko‘rinishdagi materiya, xususan, jism yoki jismlar tizimini tashkil etuvchi zarralar harakatining hamda bu zarralarning o‘zaro va boshqa zarralar bilan ta’sirlarining miqdoriy o‘lchovi. Xalqaro birliklar tizimida energiya xuddi ish kabi joul da; atom fizikasi, yadro fizikasi va elementar zarralar fizikasida esa elektronvolt on o‘lchanadi. Energiya yo‘qdan bor bo‘lmaydi va mavjud energiya yo‘qolmaydi, faqat u bir turdan ikkinchi turga o‘tadi. Fizika materiya o‘zaro bog‘langan modda va maydon shaklida o‘rganiladi. Materiyaning harakatlariga mos holda energiya shartli ravishda mexanik, ichki, elektromagnit, kimyoviy va boshqalar turlarga ajratib tekshiriladi. Masalan, kimyoviy energiya elektronlarning kinetik energiyasi hamda elektronlarning bir-biri va atom yadrolari bilan o‘zaro ta’sirlari natijasida vujudga kelgan energiyalar yig‘indisiga teng. Muayyan tizimning holatini ifodalovchi parametrlarga bog‘liq bo‘lib, tizimning har bir holatiga aniq bir energiya qiymati to‘g‘ri keladi. Tizimlashning istalgan holatidagi energiya qiymati tizim bu holatga qanday usul bilan kelganligiga bog‘liq emas. Binobarin, energiya tizim holatining funksiyasidir. Tutash muhit yoki maydon uchun energiya zichligi va energiya oqimi tushunchalari qo‘llanadi. Birlik hajmdagi energiya energiya zichligi va energiya zichligining uning tarqalish tezligiga ko‘paytmasiga teng kattalik esa energiya oqimi deb ataladi. Tartibsiz harakatlanuvchi juda ko‘p zarralardan iborat tizimlarning, ya’ni makroskopik jismlarning o‘zaro ta’sirida issiqlik miqdori muhim rol o‘ynaydi. Tizimning mexanik harakatlanishi uchun tashqi kinetik energiyasini, boshqa tizimlar bilan maydonlarning o‘zaro ta’siri tashqi potensial energiyasini hosil qiladi. Tizimning tashqi energiyasi tashqi kinetik va tashqi potensial energiyalari yig‘indisiga teng. Makroskopik harakatsiz, boshqa tizimlar va maydonlar bilan o‘zaro ta’sir qilmagan tizim energiyasi uning ichki energiyasi bo‘ladi. Tizimning har qanday holatidagi ichki energiyasi aniq qiymatga ega, ya’ni ichki energiya holat funksiyasidir. Tizimni tashkil qilgan atomlar va molekulalarning energiyalari, ular tarkibidagi elektronlar, yadrolarning o‘zaro ta’sir energiyalari va hokazo ichki energiya tarkibiga kiradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Termodinamikada erkin energiya va bog‘langan energiya tushunchalari kam lekin keng qo‘llanadi. Ba‘zan energiya turlari ichida issiqlik energiyasi ham mavjud. Tizim zarralarining betartib harakat energiyasi issiqlik energiyasi deb ataladi. Har qanday jism yoki elementar zarra energiyaga ega ekan, u massaga ham ega. Ammo shunday zarralar ham mavjudki, ularning tinch holatdagi massasi nolga teng, binobarin tinch holatdagi energiyalar ham nolga teng. Fotonlar va neytronlar shular jumlasiga kiradi. Atom yadrosi nuklonlardan tashkil topgan. Yadroning tinch holatdagi massasi nuklonlarning tinch holatdagi massalari yig‘indisiga teng emas. Bu ikki massa ayirmasi yadroning massa defekti deyiladi. Klassik fizika tushunchalariga asosan har qanday tizimning holatlari uzluksiz ravishda o‘zgarib, energiyasi uzluksiz qiymatlarga ega bo‘lishi mumkin. Ammo kvant nazariyasiga asosan harakatlari chegaralangan hajmdagi fazoda sodir bo‘layotgan mikrozarralar har qanday holatlarda bo‘la olmaydi, u faqat maxsus holatlardagina bo‘lishi mumkin, binobarin bu holatlarga tegishli energiya uzlukli qiymatlarga ega bo‘ladi. Tashqaridan energiya kvantini qabul qilgan tizim ko‘proq energiyali holatga o‘tadi. Energiya kvantini tashqariga chiqarish natijasida tizim kamroq energiyali holatga qaytadi.

Barcha tabiat hodisalari, insonning butun hayoti va faoliyati energiya bilan bog‘liq. Keng ko‘lamli energetika sohasi energiya tushunchasiga asoslangan. Energiya shakllarini o‘zaro almashtirish, energiyani uzoq masofalarga uzatish, uning ma‘lum manbalaridan foydalanish, yangi energiya manbalarini qidirish kabi masalalar fan va texnika uchun asosiy muammolardan biri hisoblanadi. Suv, shamol, o‘rmon, ko‘mir, neft, gaz kabi cheklangan er boyliklaridan katta sur‘atlar bilan foydalanilishi natijasida ular tobora kamayib bormoqda, binobarin kishilik jamiyati oldida turgan dolzarb masala yangi energiya manbalarini qidirib topish. Hozirgi kunda diqqatga sazovor bo‘lgan muqobil energiya manbalari quyosh va atom yadrosi hisoblanadi. Og‘ir element yadrolarining parchalanishidan hosil bo‘ladigan energiyadan xalq xo‘jaligida tobora keng foydalanilmoqda. Yengil element yadrolari qo‘shilishidan og‘irroq element yadrolari paydo bo‘lishida ajralib chiqadigan energiyadan foydalanish eng muhim masalalardan biri hisoblanadi.

Quyosh energiyasining *afzalliklari*. Qayta tiklanadigan va toza energiya. Quyosh energiyasi cheklanmagan va qayta tiklanadigan manba bo‘lib, karbonat angidrid va boshqa zararli gazlar chiqarmaydi.

Energiya mustaqilligini ta‘minlaydi. Mahalliy energiya ishlab chiqarish imkoniyati bo‘lib, energiya importiga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi. Fotovoltaik tizimlar uzoq muddat davomida kam texnik xizmat talab qiladi xamda turli joylarda qo‘llanishi mumkin. Quyosh panellari va tizimlari shaharlar, qishloqlar, va hatto olis hududlarda o‘rnatilishi mumkin.

Quyosh energiyasidan foydalanish kelajakdagi energiya talablarini ekologik toza va barqaror shaklda qoplashi uchun muhim imkoniyatlarni taqdim etadi. Biroq, texnologik rivojlanish, saqlash imkoniyatlarini kengaytirish va narxlarni pasaytirish muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, quyosh energiyasi global energiya ta‘minotida muhim rol o‘ynashi va uglerod kamaytirishga yordam berishi mumkin.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Shamol energiyasidan elektr energiyasini olish toza, qayta tiklanadigan va ekologik xavfsiz energiya manbai hisoblanadi. Shamol turbinalari yordamida elektr energiyasi ishlab chiqarish ko‘plab mamlakatlar uchun energiya ta‘minotining muhim qismiga aylanmoqda. Shamol energiyasi iqtisodiy jihatdan raqobatbardosh va uglerod chiqindilarini sezilarli darajada kamaytirishga yordam beradi. Biroq, bu texnologiyaning rivojlanishi va keng ko‘lamda qo‘llanilishiga bog‘liq turli muammolar Shamol energiyasi iqtisodiy jihatdan raqobatbardosh va uglerod chiqindilarini sezilarli darajada kamaytirishga yordam beradi. Biroq, bu texnologiyaning rivojlanishi va keng ko‘lamda qo‘llanilishiga bog‘liq turli muammolar Shamol energiyasi iqtisodiy jihatdan raqobatbardosh va uglerod chiqindilarini sezilarli darajada kamaytirishga yordam beradi. Biroq, bu texnologiyaning rivojlanishi va keng ko‘lamda qo‘llanilishiga bog‘liq turli muammolar shamol energiyasi iqtisodiy jihatdan raqobatbardosh va uglerod chiqindilarini sezilarli darajada kamaytirishga yordam beradi. Biroq, bu texnologiyaning rivojlanishi va keng ko‘lamda qo‘llanilishiga bog‘liq turli muammolar va masalalar mavjud.

Kinetik energiya - bu jismlarning harakat tufayli ega bo‘lgan energiyasi. Agar biz jismga tezlanish bermoqchi bo‘lsak, unga kuch bilan ta‘sir qilishimiz kerak. Kuch ta‘sir qilish bizdan ish bajarishni talab qiladi. Ish bajarib bo‘linganidan so‘ng energiya jismga o‘tadi va u o‘zgarmas tezlik bilan harakat qiladi. Jism olgan energiya *kinetik energiya* deb ataladi va u jismning massasi va erishgan tezligiga bog‘liq. Kinetik energiya bir jismdan boshqasiga o‘tishi va bit turdan boshqa energiya turiga aylanishi mumkin. Masalan, uchar olmaxon tinch turgan olasichqon bilan to‘qnashishi mumkin. To‘qnashuvdan so‘ng uchar olmaxonning dastlabki kinetik energiyasining bir qismi olasichqonga o‘tishi yoki boshqa energiyaga aylanishi mumkin.

Mexanik energiya - u tizimning kinetik energiyasi va potentsial energiyasining yig‘indisi sifatida aniqlanadi. Bu kombinatsiya bizga jismlarning kuchlar ta‘sirida qanday o‘zaro ta‘sir qilishini tahlil qilish imkonini beradi, turli kontekstlarda jismoniy hodisalarni tushunish uchun asos yaratadi. Tabiatda ham, texnologik dasturlarda ham har xil vaziyatlarda yuzaga keladigan mexanik energiyaning har xil turlari mavjud. Uni o‘rganish ushbu tamoyillarni kundalik hayotda va texnologiyani rivojlantirishda qo‘llash uchun muhimdir.

Elektr energiyasi ishlab chiqarish – bu birlamchi energiya manbalaridan elektr energiyasini olish jarayoni. Elektrning o‘ziga xos xususiyati shundaki, u tabiatda juda ko‘p miqdorda erkin mavjud bo‘lgan asosiy energiya emas va uni ishlab chiqarish kerak. Elektr energiyasi ishlab chiqarish, qoida tariqasida, elektr stantsiyalari deb ataladigan sanoat korxonalarida generatorlar yordamida amalga oshiriladi. Elektr energiyasi sanoatida elektr energiyasini ishlab chiqarish elektr energiyasini oxirgi foydalanuvchilarga etkazib berishning birinchi bosqichi bo‘lib, boshqa bosqichlar nasosli saqlash elektr stantsiyalarida energiyani uzatish, taqsimlash, to‘plash va qayta tiklashdir.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Issiqlik energiyasi. Issiqlik energiyasi sifatida ham tanilgan tizimning harorati bilan bog‘liq energiya shakli. U materiyani tashkil etuvchi zarrachalarning harakati va ajitatsiyasiga asoslanadi. Ushbu turdagi energiya kundalik hayotda bir nechta ilovalarga ega. Uning uzatilishi o‘tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish kabi turli manbalardan, jumladan, qazib olinadigan yoqilg‘i va qayta tiklanadigan energiyadan olish mumkin. Issiqlik energiyasi jismoniy va issiqlik hodisalarini tushunishda asosiy tushunchadir. Bu tizim ichidagi zarrachalarning harorati va harakati bilan bog‘liq. Issiqlik energiyasining o‘zgarishi, ortib borishi yoki kamayishi, tananing yoki tizimning isitilishi yoki sovutilishini aniqlaydi.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, energiya tabiatda turli ko‘rinishlarda uchraydi va u hayotimizda juda muhim ahamiyatga ega. Masalan, Quyosh energiyasi quyoshdan olinadi va u yorug‘lik hamda issiqlik manbai hisoblanadi. Shamol energiyasi esa shamol harakati orqali hosil bo‘lib, elektr energiyasi ishlab chiqarishda foydalaniladi. Bundan tashqari, issiqlik energiyasi jismlarning qizishi bilan bog‘liq bo‘ladi. Kinetik energiya harakatlanayotgan jismlarda paydo bo‘ladi. Mexanik energiya esa jismlarning harakati va holati bilan bog‘liq energiya hisoblanadi.

Demak, energiyaning barcha turlari bir-biri bilan bog‘liq bo‘lib, ular tabiatda ham, inson hayotida ham muhim rol o‘ynaydi. Shuning uchun energiyadan to‘g‘ri va tejamkor foydalanish juda muhimdir.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. B.B. Abdulazizov, M.R. Shaymanov. D.I. Saparov - “Elektr xavfsizligi” darslik Toshkent: Noshir, 2025.- 240 b.
2. Gayibov T.Sh. «Yuqori kuchlanish texnikasi».-Darslik, T.. Yoshlar nashriyoti uyi, 2020. 320 b.
3. Muqobil energiya manbalari: O‘quv qo‘llanma / S.Q. Qahhorov – Toshkent: «Tafakkur avlodi», 2022, 224 bet.
4. M. Shaymanov . B. Abdulazizov - «Elektrotexnika va elektronika» fanidan uslubiy qo‘llanma. TMTI. 2024 yil. 110 bet.

TURLI MATERIAL VA KONSTRUKSIYAGA EGA FOTOELEKTRIK BATAREYALARNI SINOVDAN O‘TKAZISH UCHUN MOBIL FOTOELEKTRIK QURILMA

Abilfayziyev Sh., Eshqorayev A.

Aniq va tabiiy fanlar kafedrası

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Anotatsiya. Mazkur ishda issiq iqlim sharoitida fotoelektrik batareyalar samaradorligining harorat ta’sirida pasayish muammosi tahlil qilindi. Turli konstruksiya va materiallarga ega fotoelektrik batareyalarni sinovdan o‘tkazish uchun mobil fotoelektrik qurilma ishlab chiqildi. Qurilmada sovutish tizimi sifatida polikarbonat asosidagi issiqlik kollektoridan foydalanildi. Tajribalar davomida

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

monokristalli va polikristalli fotoelektrik batareyalarning elektr hamda issiqlik parametrlari tadqiq etildi. Olingan natijalar sovutish tizimi fotoelektrik batareyalarning ish haroratini kamaytirib, ularning elektr samaradorligini oshirishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: fotoelektrik batareya, mobil fotoelektrik qurilma, fotoissiqlik batareyasi, issiqlik kollektor, polikarbonat, sovutish tizimi, monokristalli FEB, polikristalli FEB, quyosh energiyasi, elektr samaradorligi.

Issiq iqlim sharoitida fotoelektrik batareyalar (FEB) haroratining ortishi salt yurish kuchlanishining pasayishiga olib keladi. Natijada FEB samaradorligi pasport ma’lumotlarida keltirilgan qiymatlardan sezilarli darajada farq qiladi [1,2]. Bunday holatlar Respublikamizning janubiy hududlari – Surxondaryo va Qashqadaryo viloyatlari, shuningdek Buxoro va Navoiy viloyatlarida ko‘proq kuzatiladi.

FEBlarning haddan tashqari qizib ketishi muammosini bartaraf etish bo‘yicha bir necha yillar davomida ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Bu boradagi dastlabki tajriba ishlari “Fizika–Quyosh” ilmiy-ishlab chiqarish birlashmasi Fizika-texnika instituti olimlari tomonidan amalga oshirilgani alohida e’tiborga loyiqdir.

FEBni majburiy sovutish orqali uning real ish haroratini pasaytirish quyosh nurlanishining konversiya samaradorligini oshiradi. Shu maqsadda FEBlarga issiqlik kollektorlarini integratsiyalash asosida fotoissiqlik batareyalari (FIB) yaratilgan [3,4]. Bunday qurilmalar quyosh energiyasidan yanada samarali foydalanish imkonini bermiqda.

So‘nggi yillarda biz sovutish tizimiga ega bo‘lgan turli tipdagi FEBlarni sinovdan o‘tkazishga mo‘ljallangan mobil fotoelektrik qurilma ishlab chiqdik. Qurilmaga STC sharoitidagi quvvati 50W bo‘lgan to‘rt juft fotoelektrik batareya bir tekislikda joylashtirilib, mobil tirkamaga o‘rnatildi. FEBlar yarimo‘tkazgich kremniy turi, frontal himoya oynasi va orqa qoplama ranglari bilan o‘zaro farqlanadi. Har bir juft FEBdan bittasining orqa tomoniga sovutish uchun issiqlik kollektor o‘rnatildi.

Issiqlik kollektor materiali sifatida polimer modda – polikarbonatdan foydalanildi. Polikarbonatning parallel kanallari orqali sovuq suv o‘tkazilganda orqa tomonda to‘plangan issiqlik olib chiqiladi va natijada FEB sovutiladi. Bu esa uning real sharoitdagi elektr samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Mazkur qurilma yordamida olib borilgan tajribalarda ikki asosiy maqsad ko‘zda tutildi:

1. ma’lum hudud uchun eng samarali FEB turini aniqlash;
2. sovutish jarayonida qaysi turdagi FEBlarning elektr va issiqlik parametrlari yuqori bo‘lishini tadqiq etish.

Tajribalarda maxsus ishlov berilgan oynaga ega bir juft polikristalli va ikki juft monokristalli FEBlar, shuningdek silliq oynali bir juft monokristalli FEBlardan foydalanildi. Monokristalli FEBlardan birining orqa himoya qoplami (PET-polietilentereftalat) qora rangda bo‘lib, qolgan barcha FEBlarning qoplamalari oq rangda tayyorlangan.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

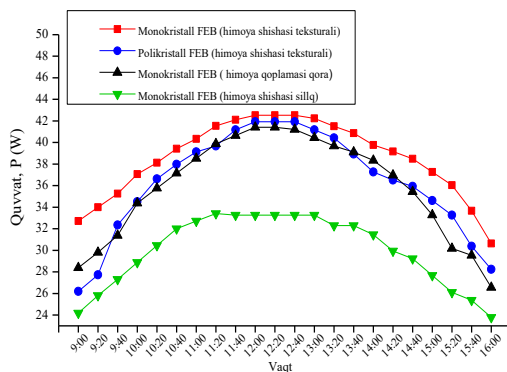


1-rasm. Sinov qurilmasining old tomondan ko‘rinishi

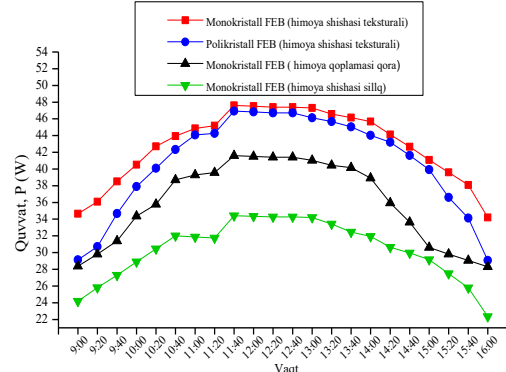
Qurilma yordamida Toshkent shahrida ($41^{\circ}18'$ sh.k.) 2022-yil 28-yanvar kuni, havo harorati $8-10^{\circ}\text{C}$ va shamol tezligi $0,6-1,0$ m/s bo‘lgan sharoitda, soat 9:00 dan 16:00 gacha bo‘lgan vaqt oralig‘ida o‘lchash ishlari olib borildi. Tajribalar fotoelektrik batareyalar quyoshning qiyom nuqtasidagi nurlanishiga yo‘naltirilgan holatda amalga oshirildi.

Tajriba jarayonida FEBlarning salt yurish kuchlanishi va qisqa tutashuv toki har 20 minut intervalda o‘lchab borildi hamda olingan qiymatlar asosida mos elektr quvvatlari hisoblab chiqildi.

Oddiy FEB lar



Sovutilgan FEBlar



2-rasm. Oddiy va sovutilgan FEBlar quvvatining kunduzgi vaqtga bog‘liqligi

2-rasmdan ko‘rish mumkinki, sovutilgan, orqa himoya qoplami oq rangli hamda shakllantirilgan oynaga ega monokristalli va polikristalli kremniy asosidagi FEBlarning elektr parametrlari boshqa turdagi batareyalarga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo‘ldi. Ishlab chiqilgan mobil fotoelektrik qurilma respublikaning turli hududlarida, jumladan markazlashgan energiya manbalaridan uzoqda joylashgan, turli tip va konstruksiyadagi avtonom FEB hamda fotoissiqlik batareyalarini (FIB) sinovdan o‘tkazishga mo‘ljallangan.

Qurilma qo‘lda yoki istalgan turdagi transport vositasiga tirkama sifatida ulanib, bir hududdan boshqasiga oson ko‘chirilishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Андреев В.М, Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. –Л.: Наука. 1989. 310 с.
2. Колтун М.М. Солнечные элементы –М.: Наука. 1987. 120 с.
3. Юлдошев И.А. Комбинированные энергоустановки на основе фотоэлектрических батарей из кристаллического кремния. Докторская

диссертация, 2016, с. 140-148.

4. Турсунов М.Н., Муминов Р.А., Тукфатуллин О.Ф. и др. Гелиотехника. 2011. № 1. С.72-75.

HIMOYA SHISHASI BILAN FARQ QILADIGAN MONOKRISTALL PV MODULLARIDA CHANG BILAN IFLOSLANISH DARAJASI TAHLILI

Abilfayziyev Shokir Narmuratovich

Aniq va tabiiy fanlar kafedra mudiri, PhD.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Anotatsiya. Ushbu tadqiqotda himoya shishasining sirtida mavjud bo‘lgan changlanish darajasi, tekis va tekstural fotoelektrik batareyalar (PV modul) yuzasida o‘rganildi. Tajribada ikkita monokristall PV gorizontall ravishda o‘rnatilib, ularning elektr parametrlarini Quyosh zenit nuqtasida kuniga bir marta o‘lchandi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, himoya sirtida tekstural shishali PV modulning changlanish darajasi, tekis shishali PV moduliga nisbatan 5% ga yuqori bo‘lgan.

Kalit so‘zlar: changlanish darajasi, monokristall, yassi va tekstura shishali PV moduli.

Kirish. Bugungi kunda PV modullarining bir necha turlari mavjud bo‘lib, respublika hududlarida ulardan foydalanish samaradorligi ularni qo‘llash sharoitlariga bevosita bog‘liq. FEBning chiqish quvvati kunning vaqti, qurilmaning joylashuvi (iqlim zonasi), atmosfera holati, quyosh nurlarining tushish burchagi hamda qabul qiluvchi yuzaning xususiyatlari kabi omillarga bog‘liq bo‘ladi. PV ni atmosfera ta’sirlaridan himoya qilish maqsadida uning old tomoniga odatda 3–5 mm qalinlikdagi silliq yoki tekstura yuzali shisha o‘rnatiladi [1]. Respublikamiz sharoitida PV samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatuvchi ikkita asosiy iqlim omili mavjud: yuqori harorat va atmosfera changlanish darajasining yuqoriligi. Ushbu omillarning ta’siri ayniqsa respublikaning janubiy hududlarida, jumladan Surxondaryo viloyatida yaqqol namoyon bo‘ladi. Mazkur hudud o‘ziga xos iqlim xususiyatlariga ega bo‘lib, havo nihoyatda quruq, harorat yuqori (+40°C va undan ortiq), vaqti-vaqti bilan kuchli “afg‘on shamoli” esadi hamda chang ko‘p kuzatiladi. Hududning ma’lum qismi cho‘l zonasi bo‘lib, atrof hududlar tog‘lar bilan o‘ralgan. Bunday qurg‘oqchil iqlim sharoitida shamol atmosferadagi chang miqdorining ortishiga olib keladi [2].

Quruq va issiq iqlim sharoitida PV lardan foydalanish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda ko‘pincha atrof-muhit parametrlaridan biri bo‘lgan chang miqdoriga yetarlicha e’tibor berilmaydi. Respublikaning janubiy va dasht hududlarida PV chiqish quvvatining pasayishiga yuqori harorat ta’siri bilan bir qatorda, uning sirtining ifloslanishi ham sabab bo‘ladi [3–5]. Atmosferadagi chang zarrachalari keng diapazonga ega bo‘lib, ularning diametri 1nm dan bir necha o‘nlab mikrongacha bo‘lgan zarrachalarni o‘z ichiga oladi. Zarrachalarning cho‘kish tezligi ularning o‘lchamiga bog‘liq [6]:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

* katta zarrachalar (100 mikrondan ortiq) taxminan 0,5 m/s tezlik bilan cho‘kadi;

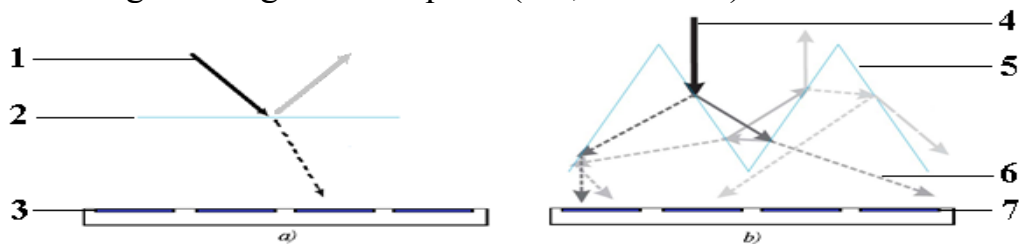
* o‘rta zarrachalar (1–100 mikron) taxminan 0,2 m/s tezlik bilan sekin cho‘kadi;

* kichik zarrachalar (1 mikrondan kichik) juda sekin cho‘kadi va tinch atmosfera sharoitida bu jarayon bir necha kundan bir necha yilgacha davom etishi mumkin. Shamolli sharoitda esa ular deyarli cho‘kmaydi yoki yog‘in bilan yuvilib ketadi.

PV sirtini tozalovchi havo oqimi tezligining PV yuzasigacha bo‘lgan masofaga bog‘liqligi o‘rganilgan. Natijalarga ko‘ra, katta zarrachalarni kichik elektr zaryadi yordamida olib tashlash uchun past tezlikdagi havo oqimi yetarli bo‘lishi aniqlangan. Bundan kelib chiqadiki, PV yuzasining asosiy ifloslanish omili kichik diametrli zarrachalar hisoblanadi [7–8].

So‘nggi yillarda respublikamizda haroratning oshishi, shuningdek, Orol dengizi tubining qurigan qismlaridan tuz va chang ko‘tarilishi sezilarli darajada kuchaydi. Shamol ta‘sirida sho‘rlangan tuproqdan ko‘tarilgan chang zarrachalari PV yuzasiga cho‘kib, vaqt o‘tishi bilan yupqa qatlam hosil qiladi. Bu holat esa PV ning elektr parametrlariga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi.

Hozirgi kunda himoya shishasi sifatida tekstura yuzali shishaga ega PV lar silliq (yassi) shishali PV larga nisbatan kengroq qo‘llanilmoqda. Buning asosiy sababi shundaki, silliq yuzali monokristall PV larda yorug‘likning qaytishi yuqori bo‘lib, natijada yarimo‘tkazgich elementda yutilish darajasi kamayadi. Tekstura yuzali shishaga ega panellarda esa quyosh nurlari bir necha bor qaytish va sinish hodisalari natijasida element yuzasiga ko‘proq yetib boradi, bu esa umumiy samaradorlikning oshishiga xizmat qiladi (1-a, b rasmlar).



1-rasm. a) quyosh nurining yassi shishali yuzadan o‘tib FEB ga tushishi, b) quyosh nurining tekstura yuzali shishadan o‘tib FEB ga tushishi.

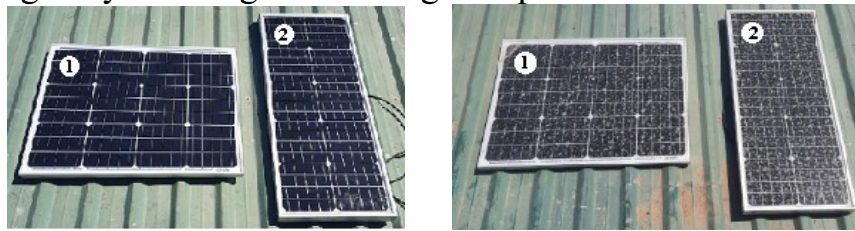
1,4 – quyosh nuri; 2 – yassi yuzali shisha; 3,7 – yarim o‘tkazgichli element; 5 – tekstura yuzali shisha; 6 – qaytgan nur.

Yassi shishali quyosh panellarida bunday optik ustunlik kuzatilmaydi: panel yuzasiga tushgan quyosh nurlari qisman qaytadi va sinadi, natijada ularning ma‘lum qismi PV elementiga yetib bormaydi. Shu bilan birga, tekstura yuzali shishaga ega PV larning afzalliklari bilan bir qatorda ayrim kamchiliklari ham mavjud. Xususan, ularning yuzasi notekis bo‘lganligi sababli atmosfera chang zarrachalari bunday sirtga yassi shishali PV larga nisbatan ko‘proq yig‘ilib qoladi. Bu esa vaqt o‘tishi bilan PV samaradorligining pasayishiga olib keladi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Mazkur ishda himoya shishasining qalinligi 3 mm bo‘lgan, bir xil quvvatga ega (50W) ikkita monokristall PV - yassi va tekstura yuzali turlari uchun atrof-muhit changlanishining ta’siri respublikaning janubiy mintaqasi sharoitida tajriba asosida o‘rganildi hamda ularning ishlash ko‘rsatkichlari o‘zaro taqqoslandi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, PV gorizontol holatda (0° burchakda) joylashtirilganda uning yuzasiga tushadigan chang miqdori maksimal darajaga yetadi. Shu sababli, changlanish ta’sirini yassi va tekstura sirtli PV larda maksimal darajada kuzatish maqsadida ular 10-mart sanasida bino tomiga gorizontol holatda yonma-yon joylashtirildi va bir oy davomida muntazam o‘lchov ishlari olib borildi. Tadqiqot boshidagi va yakunidagi PV larning tashqi ko‘rinishi 2-rasmda keltirilgan.

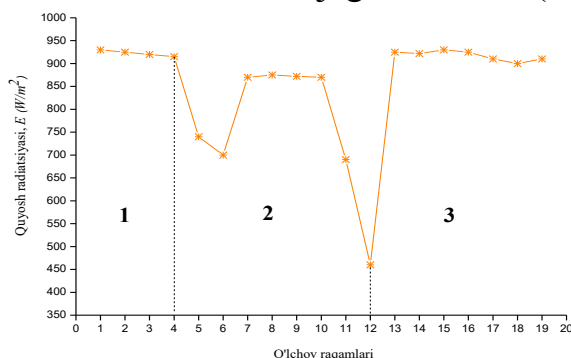


a)

b)

2-rasm. FEBlarning tajriba boshidagi (a) va tajriba so‘ngidagi (b) ko‘rinishi.
1 – tekstura shishali FEB; 2 – yassi shishali FEB.

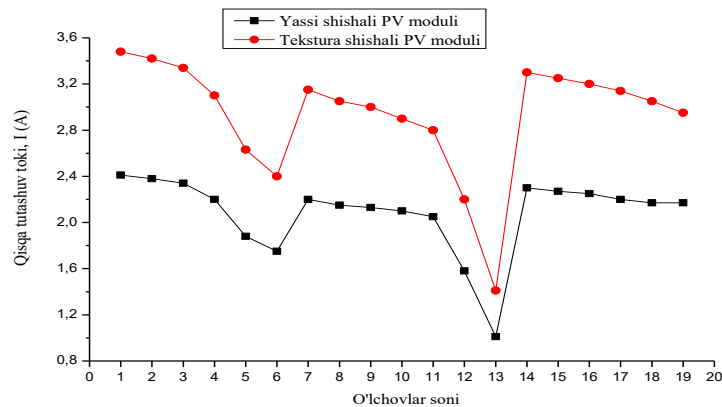
PV modullarining elektr parametrlari Termiz sharoitida o‘lchangan. O‘lchashlar fotoelektrik stansiyalarda qo‘llaniladigan an’anaviy usulga muvofiq amalga oshirildi. Ya’ni, shimoliy yarim sharda joylashgan hududlardagi tajribaga o‘xshash tarzda, PV modullar janubga qaratilgan holda o‘rnatilib, quyoshning qiyom vaqtida nurlanish panel yuzasiga tik tushadigan sharoit yaratildi. Quyosh radiatsiyasi va PV larning qisqa tutashuv toki har kuni Quyosh zenit nuqtasiga yaqin holatda, optimal burchak ostida o‘lchandi, ya’ni quyosh nurlari PV yuzasiga 90° burchak ostida tushishi ta’minlandi. Bunday sharoitda tiniq osmon ostida PV yuzasiga tushayotgan quyosh radiatsiyasi qiymatlari deyarli bir xil bo‘lganligi sababli, o‘lchash natijalaridagi xatolik minimal darajaga tushirildi (3-rasm).



3-rasm. Tajriba davomida quyosh nurlanishi intensivligi

3-rasmda radiatsiya uchta qismga ajratilgan bo‘lib, 1- va 3-qismlar tiniq osmon sharoitida o‘tkazilgan o‘lchashlarga to‘g‘ri keladi. 2-qismdagi ikkita egri chiziq esa bulutli va yomg‘irli kunlarga mos keladi. Yomg‘irdan so‘ng PV yuzasida to‘plangan chang qisman yuvilib ketadi hamda sirtida tomchi shaklidagi qoplamalar hosil bo‘ladi. Rasmning 3-qismidan ko‘rinib turibdiki, yomg‘irdan bir necha kun

o‘tgach bajarilgan o‘lchashlarda radiatsiya qiymatlari deyarli barqaror holatga kelgan. O‘zaro yaqin radiatsiya qiymatlarida (13–20-o‘lchov nuqtalari) qisqa tutashuv toki teksturalangan yuzaga ega PV larda silliq (yassi) yuzali PV larga nisbatan tezroq kamayish tendensiyasini ko‘rsatadi. Bu holat teksturalangan yuzada chang va ifloslanishning ko‘proq to‘planishi bilan izohlanadi (4-rasm).



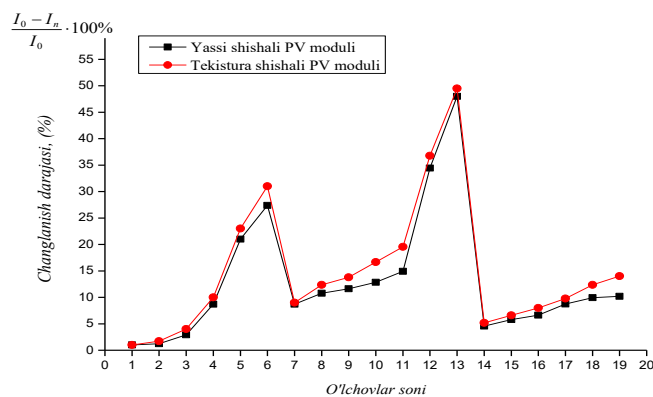
4-rasm. Yassi va teksturali yuzaga ega PV larning qisqa tutashuv toki

4-rasmdan ko‘rinib turibdiki, changlanish ta‘sirida qisqa tutashuv toki o‘rtacha yassi sirtli PV da taxminan ~0,24 A ga kamaygan bo‘lsa, teksturali PV da bu ko‘rsatkich ~0,53 A ni tashkil etgan. PV larning changlanish darajasi qisqa tutashuv tokining boshlang‘ich qiymati va ma‘lum muddatdan keyingi changlanishdan so‘nggi qiymati asosida 1-formula yordamida aniqlanadi.

$$\theta = \frac{I_0 - I_n}{I_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

bu yerda: θ – changlanish darajasi, I_0 – PV yuzasi toza holatdagi qisqa tutashuv tokining qiymati, I_n esa PV yuzasi ma‘lum muddat davomida changlangandan keyingi qisqa tutashuv tokining qiymatini ifodalaydi.

Erta bahorida o‘tkazilgan ushbu tajribada yassi va teksturali shisha yuzali PV lar sirtidagi changlanish darajasi o‘rtasidagi farq kun sayin ortib borayotgani kuzatildi (5-rasm).



5-rasm. Yassi va teksturali yuzaga ega PV larning changlanish darajasi

Ushbu tajribada yassi shishali PV ga nisbatan teksturali shishali PV yuzasida changlanish miqdori taxminan 5% ga yuqori ekanligi aniqlandi. Tajriba yakunida

to‘ldirish koeffitsiyentining kamayishi yassi shishali PV larda 33%, teksturali PV larda esa 41% ni tashkil qildi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, teksturali yuzali PV larda chang to‘planishi yassi yuzalilarga qaraganda ko‘proq bo‘ladi.

Hududda havo haroratining oshishi bilan qishloq xo‘jaligi ishlarining faollashuvi natijasida atmosferadagi chang miqdori ortadi. Bundan tashqari, bahor oxirlaridan boshlab tez-tez kuzatiladigan “afg‘on shamoli” ham chang konsentratsiyasining keskin oshishiga sabab bo‘ladi. Shu bois aprel oyining ikkinchi yarmidan noyabr oxirigacha bo‘lgan davrda changlanish darajasi yuqori bo‘lib qoladi va yassi hamda teksturali yuzali PV lar o‘rtasidagi farq yanada yaqqol namoyon bo‘ladi.

Changlanish yuqori bo‘lgan hududlarda teksturali yuzali PV lardan foydalanilganda ularning yuzasini muntazam tozalab turish tavsiya etiladi.

Adabiyotlar

1. М.Н. Турсунов, У.Р. Холов, Т. Ахтамов, М. Эшматов, Р. Аликулов. Влияние окружающей среды и структуры поверхности защитных стекол на параметры фотоэлектрических батарей. “Тенденции развития физики конденсированных сред”, Международной научной конференции, Фергана, 25 май, 2021 год. с. 15-157.
2. U.B. Abdiev, B.A. Yuldoshev, Sh.N. Abilfaiziev. Fotobatareya yuzasidagi changlanish darajasining o‘rnatilish burchagiga bog‘liqligi. “Muqobil va qayta tiklanuvchi energetikaning rivojlanish tendensiyalari: muammolar va yechimlar”, xalqaro ilmiy-texnik anjuman. Toshkent, 17–18-may, 2021-yil. B. 382–388.
3. М. Н. Турсунов, В. Г. Дыскин, И.А. Юлдашев Критерий загрязнения поверхности стекла фотоэлектрической батареи, Гелиотехника. 2015, №2, с. 82-84
4. В.Г. Дыскин, М.Н. Турсунов, Абдуллаев Э.Т. Мобильный измерительный зонд для мониторинга степени загрязнения стекла//Проблемы энерго-и ресурсосбережения, 2016, №1-2.
5. И.А. Юлдошев, М.С. Сайткамов, С.К. Шогучкаров, Муслимова М.М., Усканова З., Кузибоев А. Техничко-экономическая оценка солнечной когенерационной установки на основе фотоэлектрической тепловой батареи // Энергия ва ресурс тежаш муаммол муаммолари. 2021. Махсус сон, 330-336-б.
6. А. Фельц. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела. М: Мир, 1986. С -556.
7. В.Ф.Гременюк, М.С. Тиванов, В.Б. Залесский Солнечные элементы на основе полупровод-никовых материалов//Альтернативная энергетика и экология. 2009, № 1(69), С 59-123.
8. М. Mani, R. Pillai//Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010., v. 14, P 3124–3131.

GRAVITATSION GIRDOBLI MIKRO GES TURBINASINI MATEMATIK MODELASHTIRISH

Akmalov Jamshidbek

Namangan davlat texnika universiteti o‘qituvchisi

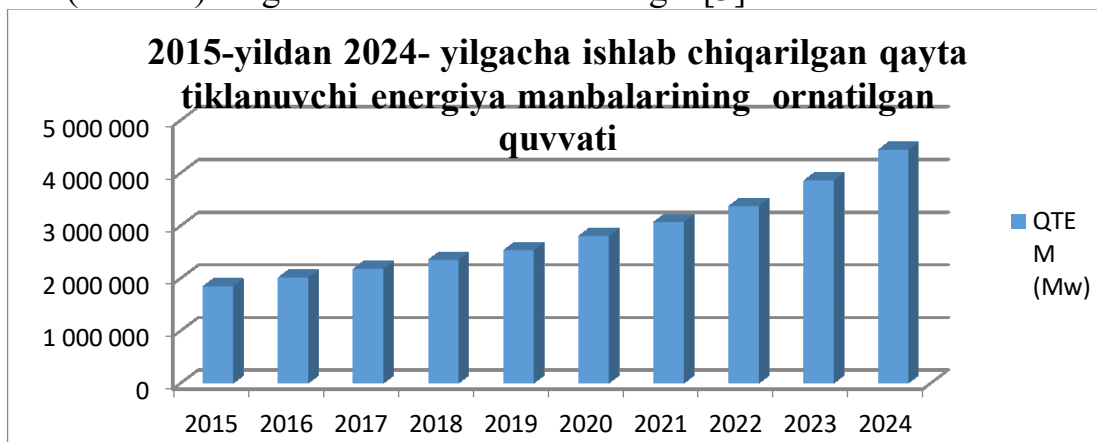
jamshid9166391akmalov@gmail.com

Annotatsiya: Dunyoda qayta tiklanuvchi energiya manbalariniga bo‘lgan talab kundan kunga ortib bormoqda. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari orasida gidroenergetika yetakchilik qilmoqda. Bugungi kunda yirik GESlardan ko‘ra mikro GESlar jadalikla rivojlanib kelmoqda. Mikro GES lar orasida gravitatsion girdobli mikro GES innovatsion qurilmalardan biri sanalmogda. Energiya samradorligi yuqori emas. Buning sababi nazariy xisoblar yetarli emasligi sanaladi. Maqolada maqbul havza uchun turbina nazariyasi taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: Gravitatsiya, matematik model, turbina, gidroenergeti, mikro GES.

Sanoatning rivojlanishi, axolining ichtimoyi rivojlanish kundan kunga ortishi tufayli elektr energiyasiga bo‘lgan talab kundan kunga ortib bormoqda. Bu esa elektr energiyasini istemoli keskin ortishiga olib kelmoqda. Elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun an‘anaviy yoqilgi resurslari cheklanganligi sababli qayta tiklanuvchi enegiya manbalaidan foydalanish bu kabi muamolarni yechish uchun yagona yo‘l sanaladi[1,2].

Xalqaro qayta tiklanuvchi energiya agentligi IRENA (*Renewable Energy Statistics 2025*. Abu Dhabi: International Renewable Energy) hisobotiga ko‘ra 2015 yildan dunyoda qayta tikalanuvchi energiya manbalarining umumiy energetikadagi o‘rnatilgan quvvatining ulushi 1,849 mln MW ekanligini elon qildi. 2024 yilga kelib qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘rnatilgan quvvati 41.6% oshgan. 2024 yilda yangi energiya manbalari orqali 581 ming Mw yangi quvvatlar qo‘shilgan. 2015-yildan 2024- yilgacha qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ornatilgan quvvati (Rasm-1) da grafik ko‘rinishida keltirilgan[3].

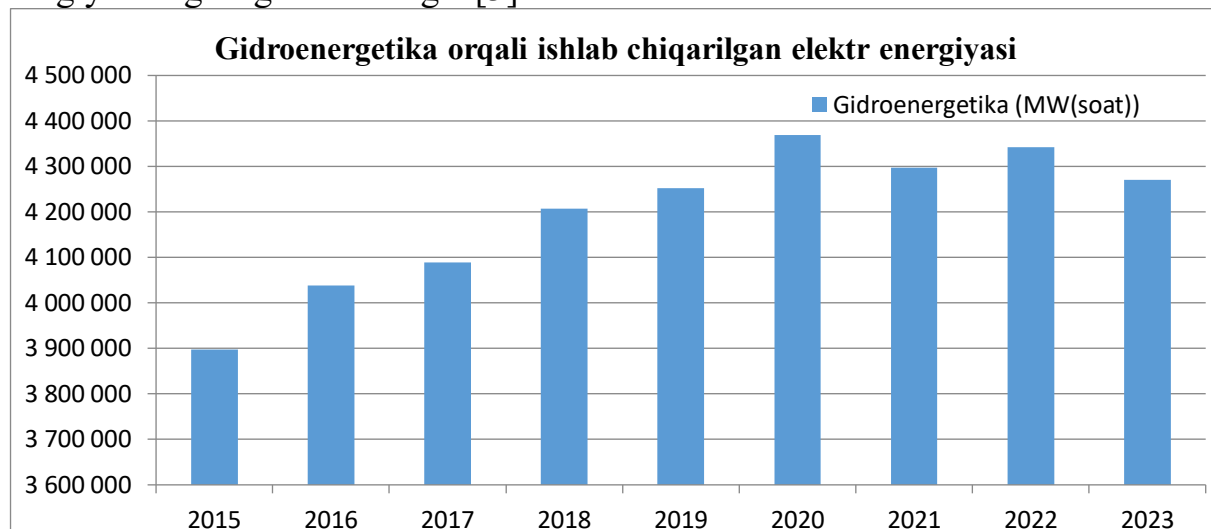


1-rasm. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘rnatilgan quvvatini yillar kesimida o‘zishi

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari orasida gidro energetika yetakchi sanaladi. Gidroenergetikaning o‘rnatilgan quvvati 2024-yilga kelib 1 276 622 MW

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ni tashkil etmoqda. Hidroenergetika orqali yillik ishlab chiqarilgan elektr energiyasi 2023-yilda 4 270 210 GW(soat) ni tashkil etgan. Quydagi (Rasm-2)da 2015-yildan buyon gidroenergetik inshootlar yordamida 2023-yilgacha ishlab chiqarilgan elektr energiyasini grafigi tasvirlangan[3].



Rasm-2. Gidroenergetika orqali ishlab chiqarilgan elektr energiyasi.

1.3.1-jadval. Kichik gidroelektr stansiyalarning tasnifi[4,5]

GES turi	Quvvat diapazoni	Qo‘llanilish yo‘nalishi
Kichik GES	1 – 10 MVt	Odatda kichik va o‘rta aholi punktlarini
Mini GES	100 kVt – 1 MVt	Asosan sanoat korxonalari
Mikro GES	5 – 100 kVt	Yakka tartibdagi uy
Piko GES	< 5 kVt	Juda past quvvat sarflovchi ob‘ektlar

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari orasida gidro energetika yetakchi sanaladi. Hidroenergetikaning o‘rnatilgan quvvati 2024-yilga kelib 1 276 622 MW ni tashkil etmoqda. Hidroenergetika orqali yillik ishlab chiqarilgan elektr energiyasi 2023-yilda 4 270 210 GW(soat) ni tashkil etgan. Quydagi (Rasm-2)da 2015-yildan buyon gidroenergetik inshootlar yordamida 2023-yilgacha ishlab chiqarilgan elektr energiyasini grafigi tasvirlangan[3]. Bugungi kunda O‘zbekiston Respublikasi xududida past nishbli yani 2-3 metrli suv xavzalari mavjud bo‘lib suvning potensial energiyasidan foydalanish axoli turmush tarzini yaxshilashga yordam beradi. Buning uchun Gravitatsion girdobli mikro GESlar rivojlanib kelayotgan innovatsiyon qurilmalar qatorida bo‘lib havzada shakillangan girdobning energiyasidan foydalangan holda elektr energiya ishlab chiqaradi. Shlash nabori 0.7-3 m oraligida. Girdob energiyasida ilkbor mexanik energiya olib, elektr energiya ishlab chiqarishga patent olga olim avstriyalik muhandis Franz Zotlötterer. Izlanishlarga ko‘ra 2006-yilda 1.2 metr bosim balandligi (nabor) va 1 m³/s sarf bilan ishlovchi prototip qurilgan Ishlab chiqargan elektr energiyasi 6.2 kVt bo‘lgan [6].



Rasm-1.1. Avstriyalik muhandis Franz Zotlöterer ishlab chiqan loyixa[42 b(66-67)].

Gravitatsion girdobli mikro GESning energiya samaradorligi havzaning va turinaning maqbul geometriasiga bog‘liq sanaladi. Gravitatsion girdobli mikro GES havza parametrlari quydagi 2-jadvalda keltirilgana[7].

2-jadval

Gravitatsion girdobli miro GES havza parametrlari

Havza turi	Havzaning suv kirish kanalining uzunligi $L_{l,k}(mm)$	Kirish kanalining kengligi $a (mm)$	Kanalning balandligi $b (mm)$	Konus burchagi α	Havza diametri $D (mm)$	Havzaning suv chiqish diametri $D = 0.24d$
Konus	700	300	200	45°	600	144

GES turbinasi uchun matematik model

Turbina parraklarining kirishidagi suvning mutlaq tezligi ($\vartheta_{t,m,s,t1}$), bu suv girdobidagi maksimal tangensial tezlik komponenti ($\vartheta_{max \theta}$) bilan teng bu quyidagi tenglama bilan ifodalanadi[8,9]:

$$\vartheta_{t,m,s,t1} = \vartheta_{max \theta} \quad (1)$$

$$H_{gir} = 1.7 \frac{\vartheta_{max \theta}^2}{g} \quad (2)$$

Bu yerda turbina parraklari tezligi ($\vartheta_{t,y}$) suvning turbina kirishdagi mutlaq tezligi ($\vartheta_{t,m,s,t1}$), parrak tezligi ($\vartheta_{t,y}$) yo‘nalishiga nisbatan (α_a) burchagi quyidagi tarzda aniqlanadi:

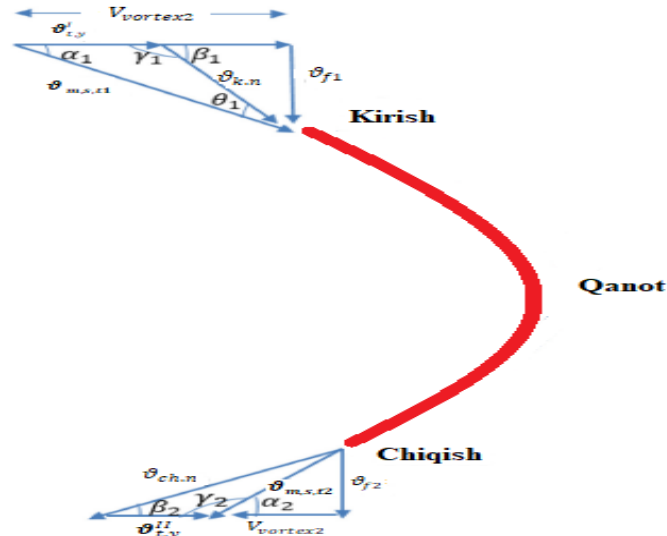
$$\alpha_1 = 180^\circ - \gamma_1 - \theta_1 \quad (3)$$

Bu yerda γ_a va θ_a quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

$$\gamma_1 = 180^\circ - \beta_1 \quad (4)$$

$$\frac{\vartheta_{t,y}}{\sin 1} = \frac{\vartheta_{m,s,t}}{\sin \gamma_1} \quad (5)$$

Gravittasion girdobli mikro GESlarning turbina parraklarining yuzalariga ta'sir etuvchi tezlik taqsimotini ifodalash uchun, suvning kirishi va chiqishi tezligi parrak yuzalari bo‘ylab quydagicha tasirlashadi (3-rasm).



Rasm-3. Turbina parraklarining kirish va chiqish nuqtalaridagi tezlik uchburchaklari.

Turbina parrakininhg chetidagi nisbiy tezligi ($\vartheta_{t,y}^1$) va Chiqish nuqtasida ($\vartheta_{t,y}^2$) quyidagi formulalar bilan baholanadi:

$$\vartheta_{t,y}^I = \frac{\pi d_{t1} n}{60} \quad (6)$$

$$\vartheta_{t,y}^{II} = \frac{\pi d_{t2} n}{60} \quad (7)$$

Kirishidagi girdob tezligi ($\vartheta_{\text{kirish,grdob}}$) quyidagicha hisoblanadi:

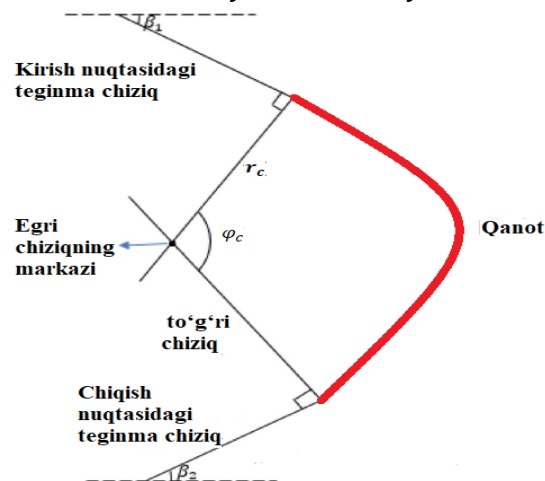
$$\vartheta_{\text{kirish,grdob}} = \vartheta_{t,m,s,t1} \csc \alpha_1 \quad (8)$$

Nisbiy tezlik.

$$\vartheta_{k.nisbiy} = \sqrt{\vartheta_{t,y}^{I^2} + \vartheta_{t,m,s,t1}^2 - \vartheta_{t,y}^I \vartheta_{t,m,s,t1} \cos \alpha_1} \quad (9)$$

Turbina parraklaridan suvning chiqish tezligi ($\vartheta_{\text{ch.nisbiy}}$) - turbina parraklarida ishqalanish va turbulentlik hisobiga kamayadi. Shuning uchun u quyidagi tarzda baholanadi:

$$\vartheta_{\text{ch.nisbiy}} = k \vartheta_{k.nisbiy} \quad (10)$$



4-rasm. Turbina parraklarining kirish va chiqish nuqtalaridagi parametrlarini aniqlash usuli.

$$\vartheta_{t,m,s,t2} = \sqrt{\vartheta_{t,y}^{II\ 2} + \vartheta_{ch.nisbiy}^2 - 2\vartheta_{t,y}^{II}\vartheta_{ch.nisbiy} \cos \beta_2} \quad (11)$$

Suvning turbina parraklaridan chiqishining absolyut tezligi ($\vartheta_{t,m,s,t2}$) bilan turbina parraklarining harakat yo‘nalishi ($\vartheta_{t,y}^{II}$) orasidagi burchak (α_2) quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$\alpha_2 = \sin^{-1} \frac{\vartheta_{f2}}{\vartheta_{chiq,m,s,t}} \quad (12)$$

ϑ_{f2} (oqim tezligi), absolyut tezlikning turbina parraklari chiqishidagi harakat yo‘nalishiga ($\vartheta_{chiq,m,s,t}$) perpendikulyar

$$\vartheta_{f2} = \vartheta_{ch.nisbiy} \sin \beta_2 \quad (13)$$

$$V_{vortex2} = \vartheta_{ch.nisbiy} \cos \alpha_2 \quad (14)$$

Eyler tenglamasiga ko‘ra turbina quvvati quydagi tenglama orqali aniqlanadi [81]:

$$P_t = Q\rho\vartheta_{t,y,O'rtacha}(V_{vortex1} + V_{vortex2}) \quad (15)$$

$\vartheta_{t,y,O'rtacha}$ –turbine parraklarining kirish va chiqish joylaridagi tezlikning o‘rtacha qiymati.

Suv vning potensial energiyasi.

$$P_s = \rho QgH_t \dots\dots\dots (16)$$

Turbina samaradorligi.

$$\eta_t = \frac{P_{\vartheta.m}}{P_s} \quad (17)$$

Xulosa

Ushbu maqolada past naporli suv oqimlaridan samarali foydalanish maqsadida gravitatsion girdobli mikro GES turbinasi uchun matematik model ishlab chiqildi. Tadqiqotda konussimon havzada hosil bo‘ladigan girdob oqimining turbina parraklariga ta’siri tezlik uchburchaklari asosida tahlil qilindi. Turbina kirish va chiqish qismlaridagi mutlaq, nisbiy hamda girdob tezliklari aniqlanib, ular asosida mexanik quvvat va samaradorlikni hisoblash tenglamalari shakllantirildi.

Foydalanilgan adbiyotlar

1. Mulligan, S., Casserly, J., Sherlock, R. (2016). Experimental and Numerical Modelling of Free-Surface Turbulent Flows in Full Air-Core Water Vortices. *Advances in Hydroinformatics*. 549-569. https://doi.org/10.1007/978-981-287-615-7_37
2. J.X.Akmalov “Gravitatsion girdobli mikro GESlarning energiya samaradorligini oshirish maqsadida girdob shakllanish tasnifini o‘rganish”, “Global iqlim o‘zgarishi va suv tanqisligi sharoitida suv-energetika va oziq-ovqat xavfsizligi” mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy-texnikaviy anjuman 2025-yil 25-26 – fevral (436-440).
3. IRENA. *Renewable Energy Statistics 2025*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2025. — 287 p. — ISBN 978-92-9260-675-6 (12–15, 18–20, 26–28, 42–44, 46–48).

4. Kuriqi A., Pinheiro A.N., Sordo-Ward A., Bejarano M.D., Garrote L. Ecological impacts of run-of-river hydropower plants—Current status and future prospects on the brink of energy transition // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 142(11-15). DOI: 10.1016/j.rser.2021.110833

5. J.X.Akmalov “Gravitatsion girdobli mikro geslarning rivojlanishi va tendensiasi” ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI “Energetikaning fundamental asoslari va innovatsion muhandislik yechimlari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. 2025-yil 9-10-aprel (916-919).

6. A. Senior, «Hydrostatic pressure converters for the exploitation of very low head hydropower potential,» University of Southampton, 2009.(40-42)

7. A.B.Mamadjanov, J.X.Akmalov “Gravitatsion girdobli mikroges samaradorligini oshirish bo‘yicha simulyatsion va eksperimental tadqiqotlar tahlili va natijalari” FarPI ilmiy texnik jurnali. 1-son 144-152

8. Akmalov J.X. Mamadjanov A.B “Konussimon havzali gravitatsion girdobli mikro GES turbina parraklarining konstruktiv parametrlarini asoslash” // *Zamonaviy fizika va energetikaning fundamental va amaliy muammolari*. Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari. – Namangan: NamDU, 2025. – B. 161–163.

9. Умурзаков А. Х, Мамаджанов А. Б, Содиков Т. Б, Акмалов Ж. Х. Определение оптимальной геометрии лопастей и оценка эффективности гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции с коническим бассейном // *Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE)*. – 2025. – № 06(435). – С. 78–95. – DOI: 10.15518/isjaee.2025.06.078-095.

**РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ
РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Алиев. А.М.

Сурхандарьинский территориальный филиал АО
«Региональные электрические сети»
Тел: +998972257031

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки и совершенствования систем регулирования возбуждения синхронных электрических машин с применением современных методов автоматического управления. Показано, что традиционные системы автоматического регулирования возбуждения, основанные на классических ПИД-регуляторах, не всегда обеспечивают требуемое качество регулирования при резких изменениях нагрузки, колебаниях напряжения, изменении реактивной мощности и работе синхронной машины в составе сложной энергосистемы. Обоснована необходимость применения цифровых систем управления,

адаптивных алгоритмов, нечеткой логики, искусственного интеллекта и дополнительных стабилизирующих контуров. Предложена структурная схема усовершенствованной системы возбуждения синхронной электрической машины, включающая измерительный блок, цифровой регулятор напряжения, регулятор реактивной мощности, ограничители, блок стабилизации колебаний и интеллектуальный блок коррекции параметров управления. Рассмотрены основные критерии оценки качества регулирования: статическая точность, быстродействие, устойчивость, перерегулирование, демпфирование электромеханических колебаний и энергоэффективность.

Ключевые слова: синхронная машина, система возбуждения, автоматическое регулирование напряжения, AVR, ПИД-регулятор, адаптивное управление, нечеткая логика, искусственный интеллект, реактивная мощность, устойчивость энергосистемы.

Введение

Синхронные электрические машины широко применяются в энергетике, промышленности, насосных и компрессорных установках, крупных электроприводах, генерирующих установках и автономных энергосистемах. Одним из важнейших факторов, определяющих надежность и устойчивость работы синхронной машины, является система регулирования возбуждения. Именно ток возбуждения определяет магнитное поле ротора, уровень электродвижущей силы, напряжение на выводах машины, коэффициент мощности и характер обмена реактивной мощностью с сетью.

В современных условиях требования к системам возбуждения существенно возрастают. Это связано с усложнением режимов работы энергосистем, увеличением доли возобновляемых источников энергии, появлением быстропеременных нагрузок, а также необходимостью повышения энергетической эффективности электрооборудования. Поэтому система возбуждения должна не только поддерживать заданное напряжение, но и обеспечивать устойчивость, быстрое восстановление параметров после возмущений, ограничение аварийных режимов и рациональное управление реактивной мощностью.

Согласно IEEE Std 421.5-2016, модели систем возбуждения и стабилизаторов энергосистемы используются для анализа устойчивости крупных энергосистем, что подтверждает важность корректного моделирования и настройки таких систем при проектировании и эксплуатации синхронных машин.

Роль системы возбуждения в работе синхронной машины

Система возбуждения предназначена для создания и регулирования магнитного поля ротора синхронной машины. В генераторном режиме она обеспечивает поддержание напряжения на зажимах генератора, регулирование реактивной мощности и повышение устойчивости параллельной работы с энергосистемой. В двигательном режиме система возбуждения позволяет регулировать коэффициент мощности, уменьшать потребление реактивной

мощности из сети или, при необходимости, выдавать реактивную мощность в сеть.

Основными задачами системы возбуждения являются: поддержание напряжения на выводах синхронной машины в заданных пределах; регулирование тока возбуждения в зависимости от режима нагрузки; управление реактивной мощностью и коэффициентом мощности; повышение статической и динамической устойчивости; ограничение минимального и максимального тока возбуждения; защита машины от перенапряжения, перегрева обмотки возбуждения и потери синхронизма; обеспечение быстрого восстановления напряжения после возмущений.

Классическая система автоматического регулирования возбуждения обычно строится на основе автоматического регулятора напряжения—AVR. Входными сигналами являются напряжение статора, ток статора, ток возбуждения, активная и реактивная мощность, частота, а также дополнительные сигналы стабилизации. Выходной сигнал регулятора управляет возбудителем или силовым преобразователем, который подает регулируемое напряжение на обмотку возбуждения.

Анализ традиционных систем регулирования возбуждения

Традиционные системы возбуждения можно условно разделить на электромашинные, статические и бесщеточные. В старых установках применялись электромашинные возбудители постоянного тока. Их основными недостатками являются высокая инерционность, сложность обслуживания, наличие коллекторно-щеточного узла и ограниченное быстродействие.

Более современными являются статические тиристорные и транзисторные системы возбуждения. Они обладают высоким быстродействием, удобством регулирования, возможностью цифровой реализации алгоритмов управления и интеграцией с автоматизированными системами управления технологическим процессом.

Однако даже статическая система возбуждения при использовании только классического ПИД–регулятора имеет ряд ограничений. При малых отклонениях напряжения ПИД–регулятор работает достаточно эффективно. Но при резких изменениях нагрузки, коротких замыканиях, колебаниях частоты или изменении параметров машины его настройка может оказаться неоптимальной. Это приводит к увеличению времени переходного процесса, появлению перерегулирования, недостаточному демпфированию колебаний, ухудшению качества регулирования реактивной мощности и снижению устойчивости при параллельной работе с сетью.

Поэтому в современных системах возбуждения целесообразно применять не только классический ПИД–регулятор, но и дополнительные методы автоматического управления: адаптивную коррекцию коэффициентов, нечеткую логику, предиктивное управление, нейросетевые алгоритмы и стабилизаторы энергосистемы PSS.

Современные методы автоматического управления в системах возбуждения. ПИД–регулятор остается одним из наиболее распространенных методов управления возбуждением. Его преимущество заключается в простоте реализации, понятной структуре и достаточной эффективности для многих промышленных объектов. В системе возбуждения ПИД–регулятор формирует управляющее воздействие на основе ошибки между заданным и фактическим напряжением.

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t) dt + K_d \cdot de(t)/dt$$

где $u(t)$ – управляющий сигнал, $e(t)$ – ошибка регулирования, K_p , K_i , K_d – пропорциональный, интегральный и дифференциальный коэффициенты.

Адаптивное управление

Адаптивное управление позволяет изменять параметры регулятора в зависимости от текущего режима работы синхронной машины. Например, при малой нагрузке могут использоваться одни коэффициенты ПИД-регулятора, а при резком увеличении нагрузки – другие. Такой подход позволяет повысить качество регулирования в широком диапазоне режимов.

Адаптивная система возбуждения может учитывать изменение активной и реактивной мощности, изменение напряжения сети, температуру обмоток, величину тока возбуждения, частоту вращения и динамику переходного процесса. В результате система становится более устойчивой к внешним возмущениям и изменению параметров объекта.

Нечеткая логика применяется в тех случаях, когда объект управления является сложным, нелинейным и трудно описывается точной математической моделью. Синхронная машина относится к таким объектам, поскольку ее параметры зависят от насыщения магнитной системы, нагрузки, температуры и режима работы.

Нечеткий регулятор может работать на основе правил вида: если отклонение напряжения большое и скорость изменения ошибки высокая, то необходимо резко увеличить ток возбуждения; если отклонение напряжения малое, то корректировка возбуждения должна быть плавной; если наблюдаются колебания напряжения, то необходимо усилить демпфирующее воздействие.

Преимущество нечеткой логики заключается в том, что она позволяет учитывать экспертные правила эксплуатации электрических машин без необходимости полного аналитического описания объекта.

Искусственный интеллект и нейросетевое управление

Искусственный интеллект может использоваться для автоматической настройки параметров системы возбуждения, прогнозирования режимов работы и выбора оптимального управляющего воздействия. Нейросетевая модель может обучаться на данных работы синхронной машины и определять оптимальный ток возбуждения в зависимости от нагрузки, напряжения, частоты, коэффициента мощности и других параметров.

Интеллектуальный блок управления может выполнять прогнозирование изменения нагрузки, определение оптимального значения тока возбуждения, автоматическую коррекцию коэффициентов ПИД-регулятора, обнаружение ненормальных режимов, предупреждение перегрева обмотки возбуждения, оптимизацию коэффициента мощности и снижение потерь активной мощности.

Такой подход особенно эффективен для крупных синхронных электродвигателей и генераторов, работающих в переменных режимах нагрузки.

Предлагаемая структура усовершенствованной системы возбуждения

Для повышения качества регулирования возбуждения предлагается использовать комбинированную цифровую систему управления. Ее структура включает измерительный блок, блок задания параметров, цифровой регулятор напряжения AVR, ПИД-регулятор с адаптивной настройкой, блок нечеткой логики, интеллектуальный блок оптимизации, ограничители возбуждения, стабилизатор энергосистемы PSS, силовой преобразователь и обмотку возбуждения синхронной машины.

В средах моделирования, таких как MATLAB/Simulink, существуют готовые блоки статических систем возбуждения, например ST6C, реализованные в соответствии с IEEE Std 421.5-2016. Такие модели используются для регулирования напряжения возбуждения синхронной машины и анализа ее динамических режимов.

Таблица 1

Основные элементы предлагаемой системы регулирования возбуждения

№	Элемент системы	Назначение
1	Измерительный блок	Измерение напряжения, тока, мощности, частоты и температуры.
2	Цифровой AVR	Основное автоматическое регулирование напряжения.
3	Адаптивный ПИД-регулятор	Коррекция параметров управления в зависимости от режима работы.
4	Блок нечеткой логики	Учет нелинейных и переходных режимов без полной аналитической модели.
5	Интеллектуальный блок	Оптимизация возбуждения и прогнозирование ненормальных режимов.
6	PSS	Демпфирование электромеханических колебаний.
7	Ограничители возбуждения	Защита от недовозбуждения, перевозбуждения и перегрева.

Математическое описание объекта управления

Для анализа системы возбуждения синхронную машину можно представить в виде нелинейного объекта, в котором изменение тока возбуждения влияет на внутреннюю ЭДС, напряжение статора и реактивную мощность. В упрощенном виде связь между напряжением возбуждения и током возбуждения может быть представлена уравнением:

$$T_f dI_f/dt + I_f = K_f U_f$$

где T_f – постоянная времени цепи возбуждения, I_f – ток возбуждения, K_f – коэффициент усиления цепи возбуждения, U_f – напряжение возбуждения.

Напряжение на выводах синхронной машины зависит от внутренней ЭДС, тока статора и синхронного сопротивления:

$$U = E - jX_s I$$

где U – напряжение на выводах машины, E – внутренняя ЭДС, X_s – синхронное реактивное сопротивление, I – ток статора.

При увеличении тока возбуждения внутренняя ЭДС возрастает. Это приводит к увеличению напряжения генератора или изменению реактивной мощности синхронного двигателя. Поэтому регулирование возбуждения является эффективным средством управления электрическим режимом синхронной машины.

Критерии оценки качества регулирования

Эффективность системы регулирования возбуждения оценивается по ряду технических показателей. Основными критериями являются статическая точность, быстродействие, перерегулирование, устойчивость, демпфирование колебаний, энергоэффективность и надежность.

Статическая точность характеризует способность системы обеспечивать минимальное отклонение напряжения от заданного значения в установившемся режиме. Быстродействие определяет скорость восстановления требуемого режима после изменения нагрузки или напряжения сети. Перерегулирование показывает величину кратковременного превышения напряжения или тока возбуждения в переходном процессе. Устойчивость определяет способность системы сохранять нормальную работу при малых и больших возмущениях. Демпфирование колебаний особенно важно при параллельной работе синхронной машины с энергосистемой. Энергоэффективность связана с оптимизацией коэффициента мощности и снижением потерь в сети.

Практическое значение усовершенствованной системы возбуждения

Совершенствование системы регулирования возбуждения имеет важное практическое значение для энергетики и промышленности. В синхронных генераторах это позволяет повысить устойчивость энергосистемы, улучшить качество напряжения и обеспечить надежную параллельную работу. В синхронных электродвигателях улучшенное управление возбуждением позволяет регулировать коэффициент мощности, снижать потребление реактивной мощности и уменьшать нагрузку на питающую сеть.

Особенно актуально применение интеллектуальных систем возбуждения для мощных синхронных электродвигателей компрессорных, насосных, металлургических и энергетических установок. В таких объектах изменение нагрузки может быть резким, а требования к надежности — высокими. Использование адаптивного и интеллектуального управления позволяет повысить устойчивость технологического процесса и снизить эксплуатационные затраты.

Библиотеки моделирования PSCAD также включают модели статических возбудителей IEEE 421.5-2016, включая ST1C–ST10C, что показывает практическую значимость стандартных моделей при исследовании возбуждения синхронных машин.

Результаты ожидаемого совершенствования

При внедрении усовершенствованной системы регулирования возбуждения можно ожидать уменьшение времени восстановления напряжения после возмущений, снижение амплитуды переходных колебаний, повышение устойчивости синхронной машины, улучшение регулирования реактивной мощности, повышение коэффициента мощности, снижение потерь электроэнергии в питающей сети, повышение надежности работы машины, улучшение качества электроэнергии, а также возможность диагностики и прогнозирования аварийных режимов.

Таким образом, применение современных методов автоматического управления позволяет перейти от простого поддержания напряжения к комплексному интеллектуальному управлению электромагнитным состоянием синхронной машины.

Заключение

Система регулирования возбуждения является одним из ключевых элементов синхронной электрической машины. От ее качества зависят напряжение, реактивная мощность, коэффициент мощности, устойчивость и надежность работы машины. Традиционные системы возбуждения на основе классических регуляторов обеспечивают приемлемые результаты в простых режимах, однако при сложных и переменных нагрузках их возможностей может быть недостаточно.

Современное развитие автоматического управления позволяет существенно повысить эффективность систем возбуждения. Наиболее перспективным направлением является применение комбинированных цифровых систем, включающих ПИД-регулятор, адаптивную настройку, нечеткую логику, искусственный интеллект, ограничители и стабилизатор энергосистемы. Такая структура позволяет обеспечить высокую точность регулирования, быстрое действие, устойчивость и энергоэффективность.

Разработка и внедрение усовершенствованных систем возбуждения синхронных машин является актуальной задачей для современной электроэнергетики и промышленного электропривода. Дальнейшие исследования целесообразно направить на математическое моделирование

предложенной системы в MATLAB/Simulink, выбор оптимальных параметров регуляторов и экспериментальную проверку эффективности интеллектуального управления возбуждением.

Список литературы

1. IEEE Std 421.5-2016. IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies. IEEE Power and Energy Society, 2016.
2. IEEE Std 421.1-2007. IEEE Standard Definitions for Excitation Systems for Synchronous Machines.
3. Kundur P. Power System Stability and Control. McGraw-Hill, 1994.
4. Machowski J., Bialek J., Bumby J. Power System Dynamics: Stability and Control. Wiley, 2008.
5. Anderson P. M., Fouad A. A. Power System Control and Stability. IEEE Press, 2003.
6. MathWorks Documentation. Synchronous Machine ST6C Static Excitation System Model.
7. PSCAD Documentation. Static Exciter Models Based on IEEE Std 421.5-2016.

**СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЕМ
СИНХРОННЫХ МАШИН И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ НА
ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ**

Алиев. А.М.

Сурхандарьинский территориальный филиал АО
«Региональные электрические сети»

Тел: +998972257031

Аннотация. В статье рассматриваются современные системы управления возбуждением синхронных машин, их функциональная структура, роль автоматического регулятора напряжения, стабилизатора энергосистемы и цифровых алгоритмов управления. Показано, что ток возбуждения является одним из основных управляющих воздействий, определяющих напряжение на зажимах машины, обмен реактивной мощностью, коэффициент мощности, динамическую устойчивость и энергетическую эффективность. Особое внимание уделено формированию законов управления возбуждением: от классических PI/PID-регуляторов до оптимальных, адаптивных, нечетких и интеллектуальных алгоритмов. Обоснованы перспективы развития систем возбуждения в направлении цифровизации, предиктивной диагностики, интеграции с возобновляемыми источниками энергии и применения методов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: синхронная машина, система возбуждения, автоматический регулятор напряжения, AVR, PSS, статическое возбуждение,

бесщетоное возбуждение, закон управления, адаптивное управление, искусственный интеллект.

Введение

Синхронные машины занимают ключевое место в электроэнергетике и промышленном электроприводе. Они применяются в качестве генераторов на электрических станциях, синхронных двигателей большой мощности, синхронных компенсаторов, а также в составе технологических агрегатов с повышенными требованиями к устойчивости и энергетической эффективности. Электромагнитное состояние синхронной машины определяется не только активной мощностью и механическим моментом, но и током возбуждения ротора.

Система возбуждения предназначена для питания обмотки возбуждения постоянным током и для регулирования этого тока в соответствии с режимом работы машины. В генераторном режиме она обеспечивает поддержание напряжения, управление реактивной мощностью и повышение устойчивости энергосистемы. В двигательном режиме система возбуждения позволяет регулировать коэффициент мощности, уровень реактивной мощности, электромагнитный момент и потери в электрической машине.

Современные требования к системам возбуждения значительно расширились. Если ранее основным назначением было поддержание напряжения, то в настоящее время система возбуждения рассматривается как многофункциональная система автоматического управления. Она должна обеспечивать быстродействие, устойчивость, защиту, диагностику, связь с верхним уровнем управления и адаптацию к изменяющимся режимам энергосистемы.

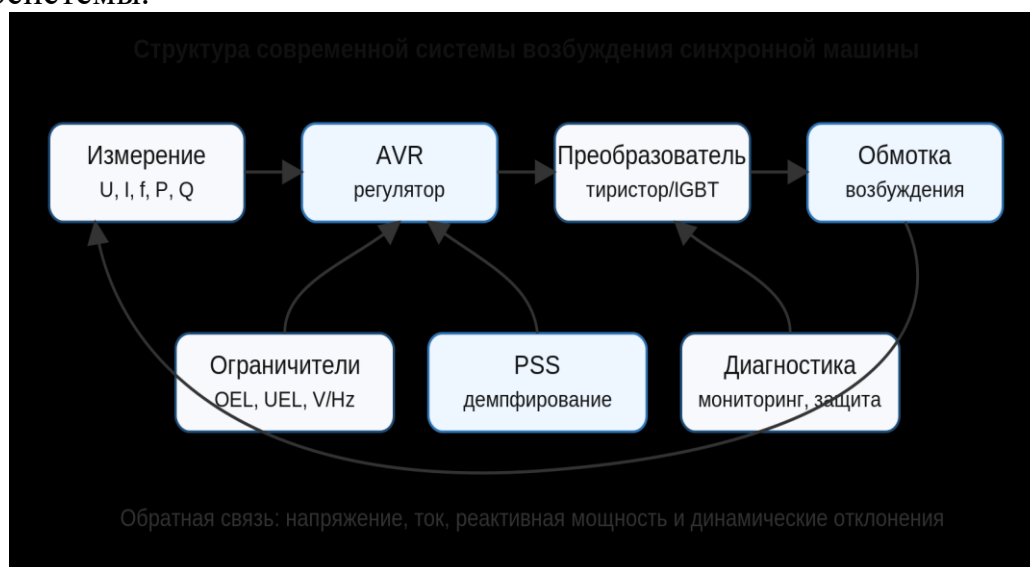


Рисунок 1 - Структура современной системы возбуждения синхронной машины

Назначение и основные функции системы возбуждения

Основными задачами системы возбуждения синхронной машины являются:

1. питание обмотки возбуждения ротора постоянным током;
2. поддержание напряжения на зажимах машины в заданных пределах;
3. регулирование реактивной мощности и коэффициента мощности;
4. повышение динамической и статической устойчивости;
5. ограничение тока возбуждения и защита ротора от перегрузок;
6. обеспечение устойчивой работы при аварийных и переходных процессах;
7. контроль технического состояния элементов системы возбуждения.

В синхронном генераторе увеличение тока возбуждения обычно приводит к росту напряжения и возможности выдачи реактивной мощности в сеть. Недовозбуждение, наоборот, может сопровождаться потреблением реактивной мощности из сети и снижением запаса устойчивости. В синхронном двигателе регулирование возбуждения позволяет переводить машину из режима с отстающим током в режим с коэффициентом мощности, близким к единице, или в режим перевозбуждения, когда двигатель частично компенсирует реактивную мощность в сети.

Следовательно, качество управления возбуждением непосредственно влияет на надежность, устойчивость и энергетическую эффективность электротехнического комплекса.

Электромашинные системы возбуждения

Электромашинные системы возбуждения являются исторически ранним типом. В них питание обмотки возбуждения осуществляется от специального возбудителя постоянного тока. Их достоинствами являются относительная простота и автономность, однако они обладают существенными недостатками: большой инерционностью, наличием вращающихся контактных узлов, повышенным объемом технического обслуживания и ограниченным быстродействием.

В современных высокомоощных установках такие системы постепенно вытесняются статическими и бесщеточными системами возбуждения.

Статическая система возбуждения использует управляемые полупроводниковые преобразователи, чаще всего тиристорные или IGBT-преобразователи. Источником энергии может быть собственное напряжение генератора через силовой трансформатор возбуждения или независимый источник питания. Основное преимущество статической системы - высокое быстродействие и возможность точного цифрового регулирования тока возбуждения.

Статические системы особенно эффективны при необходимости быстрого форсирования возбуждения во время аварийных режимов и резких провалов напряжения. Они хорошо интегрируются с автоматическими регуляторами напряжения, ограничителями, защитой и системами мониторинга.

Бесщеточные системы возбуждения

В бесщеточной системе возбуждения отсутствуют щетки и контактные кольца. Ток в обмотку возбуждения главной машины передается через вращающийся выпрямитель, установленный на общем валу. Это повышает надежность, снижает эксплуатационные затраты и уменьшает механический износ.

Недостатком является более сложная диагностика цепей ротора и ограниченные возможности быстрого размагничивания по сравнению со статическими системами. Поэтому выбор между статической и бесщеточной системой должен выполняться с учетом мощности машины, требований к быстродействию, условий эксплуатации и критичности технологического процесса.

Автоматический регулятор напряжения и закон управления

Центральным элементом современной системы возбуждения является автоматический регулятор напряжения – AVR. Он измеряет напряжение на зажимах машины, сравнивает его с заданным значением и формирует управляющее воздействие на преобразователь возбуждения.

Простейшая ошибка регулирования определяется выражением:

$$e(t) = U_{\text{ref}} - U_t$$

где: U_{ref} – заданное напряжение, U_t – фактическое напряжение на зажимах машины.

Для классического PID – регулятора закон управления может быть записан следующим образом:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d de(t)/dt$$

где: K_p , K_i , K_d – пропорциональный, интегральный и дифференциальный коэффициенты регулятора соответственно.

PI/PID-регуляторы широко применяются благодаря простоте, надежности и технологической отработанности. Однако синхронная машина является нелинейным объектом, параметры которого изменяются при изменении нагрузки, температуры, насыщения магнитной системы и режима сети. Поэтому фиксированные коэффициенты классического регулятора не всегда обеспечивают оптимальное качество регулирования во всем диапазоне режимов.

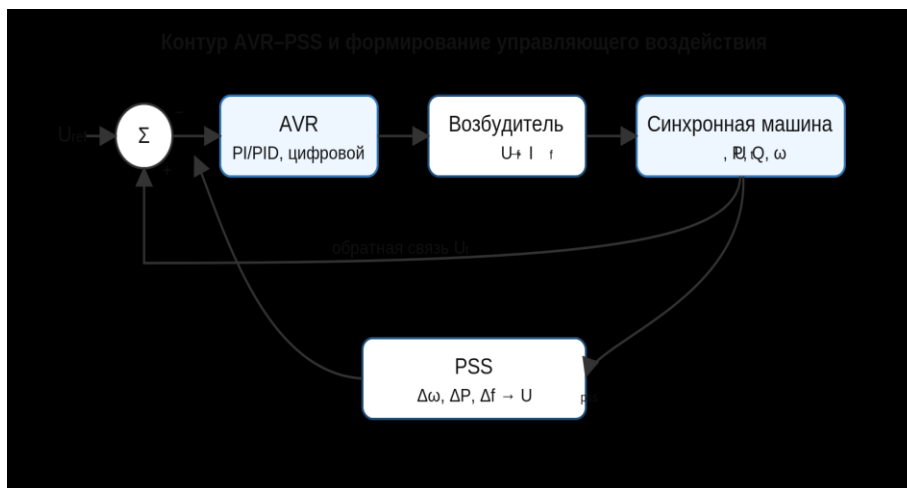


Рисунок 2 – Контур AVR–PSS и формирование управляющего воздействия
Стабилизатор энергосистемы PSS

Стабилизатор энергосистемы PSS применяется для демпфирования электромеханических колебаний синхронной машины. Его задача заключается не в прямом регулировании напряжения, а в создании дополнительного стабилизирующего сигнала, который подается на вход AVR.

В качестве входных сигналов PSS могут использоваться отклонение скорости ротора $\Delta\omega$, отклонение активной мощности ΔP , отклонение частоты Δf или их комбинации. На основании этих сигналов формируется корректирующее воздействие U_{pss} , которое изменяет возбуждение таким образом, чтобы уменьшить амплитуду колебаний.

Совместная работа AVR и PSS позволяет одновременно решать две задачи: поддерживать напряжение и повышать малосигнальную устойчивость энергосистемы. Это особенно важно для мощных генераторов, работающих в составе объединенных энергосистем, где возможны межсистемные низкочастотные колебания.

Под законом управления понимается математическая или алгоритмическая зависимость, определяющая управляющее воздействие на систему возбуждения по измеренным параметрам объекта. В современной теории и практике можно выделить несколько направлений развития законов управления.

Классические законы управления основаны на PI/PID-регулировании. Их преимущества - простота реализации, высокая надежность, понятная настройка и хорошая совместимость с промышленными цифровыми AVR. Однако такие законы управления обычно проектируются для ограниченного диапазона режимов и требуют компромисса между быстродействием, устойчивостью и величиной перерегулирования.

Оптимальное управление направлено на минимизацию выбранного функционала качества. Например:

$$J = \int_{0}^{\infty} (q_1 \Delta U^2 + q_2 \Delta \omega^2 + r u^2) dt$$

В данном выражении учитываются отклонение напряжения, электромеханические колебания и затраты управляющего воздействия. Такой

подход позволяет формировать закон управления с учетом нескольких критериев одновременно. К перспективным методам относятся LQR-регулирование, X_∞ -управление и предиктивное управление на основе модели.

Адаптивное управление предполагает автоматическую корректировку параметров регулятора в процессе работы. Если изменяются нагрузка, напряжение сети, температура или насыщение магнитной системы, регулятор перенастраивает свои коэффициенты таким образом, чтобы сохранить требуемое качество регулирования.

Для синхронных машин адаптивный подход особенно актуален, поскольку режимы работы генераторов и двигателей часто изменяются в широких пределах. Адаптивный закон управления может учитывать текущий уровень нагрузки, коэффициент мощности, реактивную мощность и динамические отклонения.

Нечеткое и нейросетевое управление

Нечеткое управление использует логические правила экспертного типа. Например: если напряжение значительно ниже заданного, то возбуждение необходимо быстро увеличить; если напряжение немного выше заданного, возбуждение следует плавно уменьшить. Такой подход эффективен в условиях неопределенности и неполной математической модели объекта.

Нейросетевые методы позволяют обучать регулятор на массиве экспериментальных или имитационных данных. Искусственные нейронные сети могут прогнозировать оптимальный ток возбуждения, определять изменение нагрузки, корректировать параметры PSS и выявлять признаки неисправностей.

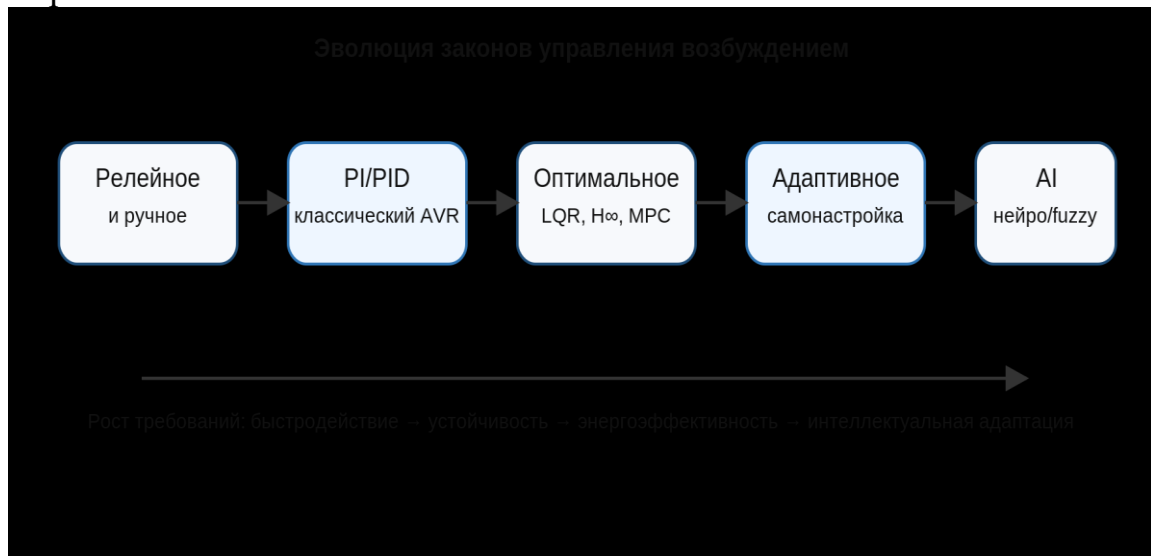


Рисунок 3.-Эволюция законов управления возбуждением

Особенности управления возбуждением синхронных двигателей

Для синхронного двигателя возбуждение является важным средством регулирования коэффициента мощности. При недовозбуждении двигатель потребляет реактивную мощность из сети. При нормальном возбуждении его коэффициент мощности может быть близок к единице. При перевозбуждении

двигатель может выдавать реактивную мощность в сеть и выполнять функцию компенсации.

В промышленности это свойство особенно важно для крупных насосов, компрессоров, вентиляторов и технологических агрегатов. Оптимальное управление возбуждением синхронного двигателя позволяет:

- уменьшить реактивную нагрузку на питающую сеть;
- снизить токи в трансформаторах и кабельных линиях;
- повысить коэффициент мощности предприятия;
- уменьшить электрические потери;
- улучшить устойчивость работы двигателя при изменении нагрузки.

Целевой закон управления для синхронного двигателя может строиться по критериям:

$$\cos\varphi \rightarrow 1, \quad Q \rightarrow Q_{\text{зад}}, \quad I_f \rightarrow I_{f,\text{opt}}$$

где: I_f - ток возбуждения, Q - реактивная мощность, $I_{f,\text{opt}}$ - оптимальное значение тока возбуждения.

Цифровизация и интеграция с системами мониторинга

Современный цифровой AVR становится не только регулятором, но и устройством диагностики, регистрации аварийных событий и связи с автоматизированной системой управления. Он может фиксировать переходные процессы, контролировать перегрузки, анализировать состояние силовых полупроводников и передавать данные в SCADA-систему.

Перспективным направлением является применение искусственного интеллекта для выбора оптимального закона управления. В отличие от фиксированного PID-регулятора, интеллектуальный регулятор может учитывать историю режимов, прогноз изменения нагрузки, состояние сети и техническое состояние машины.

Встроенная диагностика позволяет заранее выявлять ухудшение состояния обмотки возбуждения, выпрямительных элементов, тиристоров, контактных соединений, датчиков и цепей управления. Это снижает вероятность внезапных отказов и повышает эксплуатационную надежность.

Рост доли солнечных и ветровых электростанций приводит к повышенной изменчивости режимов сети. В этих условиях синхронные генераторы, синхронные компенсаторы и крупные синхронные двигатели должны участвовать в регулировании напряжения и реактивной мощности. Поэтому системы возбуждения должны обладать высокой скоростью реакции и адаптивностью.

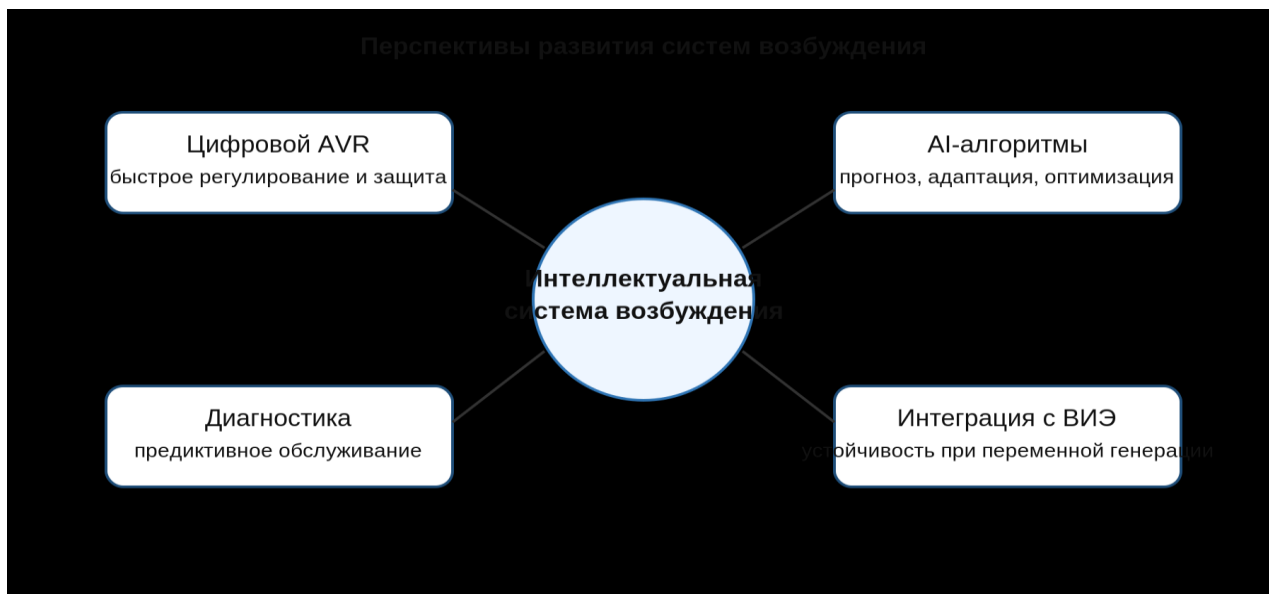


Рисунок 4 - Перспективы развития систем возбуждения

Предлагаемая структура дальнейшего исследования

Для разработки научной статьи или диссертационного исследования по данной теме целесообразно использовать следующую методику:

1. построить математическую модель синхронной машины в координатах d–q;
2. описать модель системы возбуждения и AVR;
3. выполнить моделирование классического PI/PID-регулятора;
4. добавить PSS и оценить влияние на демпфирование колебаний;
5. разработать адаптивный или интеллектуальный закон управления;
6. провести сравнительный анализ по времени регулирования, перерегулированию, отклонению напряжения, току возбуждения и реактивной мощности;
7. сформулировать рекомендации по практическому применению выбранного закона управления.

В качестве критериев оценки могут быть использованы:

$$\Delta U = ((U_{\text{ref}} - U_t) / U_{\text{ref}}) \cdot 100\%$$

$$t_r, \quad \sigma, \quad \cos\varphi, \quad \eta$$

где: t_r - время регулирования, σ - перерегулирование, η - коэффициент полезного действия.

Заключение

Система возбуждения синхронной машины является важнейшим элементом автоматического управления, определяющим напряжение, реактивную мощность, коэффициент мощности, устойчивость и энергетическую эффективность. Современные системы возбуждения развиваются от электромашинных и аналоговых устройств к статическим, бесщеточным, цифровым и интеллектуальным системам.

Классические PI/PID-законы управления сохраняют практическую значимость благодаря простоте и надежности, однако для сложных режимов

энергосистемы их возможностей недостаточно. Перспективными являются оптимальные, адаптивные, нечеткие и нейросетевые алгоритмы, которые позволяют учитывать нелинейность синхронной машины, изменение нагрузки и состояние электрической сети.

Таким образом, формирование современных законов управления возбуждением является актуальной научно-практической задачей. Ее решение позволяет повысить устойчивость энергосистем, улучшить качество напряжения, снизить электрические потери и обеспечить более эффективную эксплуатацию синхронных генераторов и двигателей.

Список литературы

1. IEEE Std 421.5-2016. IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies. IEEE, 2016.
2. Kundur P. Power System Stability and Control. McGraw-Hill, 1994.
3. Anderson P. M., Fouad A. A. Power System Control and Stability. IEEE Press, 2003.
4. Machowski J., Bialek J. W., Bumby J. R. Power System Dynamics: Stability and Control. Wiley, 2008.
5. Boldea I. Synchronous Generators. CRC Press, 2015.
6. Padiyar K. R. Power System Dynamics: Stability and Control. BS Publications, 2008.
7. IEEE Power Engineering Society. Excitation System Models for Power System Stability Studies. Technical recommendations and modeling guides.

**HYBRID GAT–IOT CYBER-PHYSICAL SYSTEM FOR HYDROPOWER
EFFICIENCY FORECASTING AND REAL-TIME MONITORING**

Allaev Kakhramon Rakhimovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician,
Department of Power Plants, Networks and Systems,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
kahramon-allaev@mail.ru

Niyozov Numon Nizomiddinovich

PhD, Associate Professor of the Department of Power Supply,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
nomonnioyov1992@gmail.com

Kurbonov Nurbek Nurullo ugli

PhD, Senior Lecturer of the Department of Power Supply,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
nurbek.kurbonov.96@gmail.com

Khushbokov Bakhtiyor Khudoymurodovich

Associate Professor of the Department of Energy at Termez State University of
Engineering and Agrotechnologies, Candidate of Technical Sciences
hushboqov_1977@tdmau.uz

Abstract. This study proposes a hybrid GIS-enabled, Graph Attention Network (GAT)-based cyber-physical system for long-term forecasting and real-time monitoring of hydropower efficiency in mountain river basins. The framework integrates geospatial data, IoT sensor networks, and advanced graph-based learning to model complex spatial-temporal dependencies. Experimental results demonstrate improved forecasting accuracy (up to 30% error reduction) and enhanced system efficiency (from ~68% to 75%). The developed web-based platform enables real-time decision-making and adaptive management. The proposed approach provides a scalable and intelligent solution for optimizing hydropower resource utilization under dynamic environmental conditions.

Keywords: Hydropower efficiency, GIS, Graph Attention Network, IoT, cyber-physical systems, forecasting, real-time monitoring, mountain rivers, renewable energy, spatial modeling, smart energy systems

Hydropower plays a crucial role in the global renewable energy mix, with installed capacity exceeding 1,400 GW in 2024 and contributing nearly 16% of total electricity generation, according to the International Energy Agency. A significant portion of this potential is concentrated in mountain river basins, where steep gradients provide favorable conditions for energy generation [1,2]. However, the effective utilization of these resources remains limited, with operational efficiency often below 70% due to high spatial heterogeneity of terrain, seasonal discharge

variability (up to 300%), and insufficient integration of geospatial data into decision-making processes.

Traditional hydropower management approaches typically rely on simplified models that do not account for the spatial complexity of river networks and surrounding environments. This limitation reduces the accuracy of long-term forecasting and restricts the ability to optimize water-energy resource allocation. In this context, Geographic Information Systems (GIS) provide a powerful framework for integrating spatial, hydrological, and infrastructural data, enabling more precise analysis of river basin dynamics and hydropower potential [2,3].

The integration of GIS with IoT-based sensor networks allows real-time georeferenced monitoring of hydrological parameters, while Graph Attention Networks (GATs) enhance the modeling of spatial dependencies within complex river systems, improving forecasting accuracy by 15–20%. Therefore, the development of a hybrid GIS-enabled, GAT-driven cyber-physical system offers a robust solution for long-term forecasting and real-time monitoring of hydropower efficiency in mountainous regions.

The methodological framework is built upon the integration of GIS-based spatial modeling, IoT-enabled data acquisition, and Graph Attention Network (GAT) algorithms within a cyber-physical system. At the initial stage, geospatial datasets—including digital elevation models, river basin topology, and hydropower infrastructure—are processed in a GIS environment to represent the system as a graph $G = (V, E)$, where nodes correspond to monitoring points and edges reflect hydraulic and spatial relationships. This structure enables the incorporation of spatial heterogeneity into the modeling process.

Subsequently, real-time hydrological parameters such as flow rate, water level, and temperature are collected through IoT sensors and dynamically assigned to graph nodes. Based on this data, the GAT model is employed to capture complex spatial dependencies and temporal variations [4,5]. The node representation is updated according to:

$$h_i^{(l+1)} = \sigma \left(\sum_{j \in \mathcal{N}(i)} \alpha_{ij}^{(l)} W^{(l)} h_j^{(l)} \right)$$

where attention coefficients α_{ij} determine the influence of neighboring nodes in the learning process.

In parallel, system performance is quantified using a time-dependent efficiency model:

$$\eta(t) = \frac{P_{out}(t)}{\rho g Q(t) H(t)}$$

This combined methodology ensures spatially-aware forecasting accuracy and supports real-time monitoring and optimization of hydropower efficiency in mountain river basins.

The proposed GIS–GAT–IoT framework was validated using data from a mountainous river basin over a 12-month period. The model integrated geospatial

layers (DEM, river topology) with real-time IoT sensor data (flow rate, head, and temperature). Performance was evaluated in terms of forecasting accuracy and hydropower efficiency estimation.

Table 1

Model Performance Comparison

Model	RMSE (MW)	MAPE (%)	R ²	Efficiency Estimation Error (%)
ARIMA	12,8	9,6	0,81	8,4
LSTM	9,3	6,7	0,88	6,1
GCN	8,1	5,9	0,90	5,4
Proposed GAT-GIS	6,5	4,3	0,94	3,8

The results show that the proposed method reduces forecasting error by approximately 25–35% compared to traditional models. The improvement is mainly attributed to the integration of GIS-based spatial relationships and attention mechanisms that dynamically weight upstream and downstream influences.

A multi-line time series graph illustrates the comparison between actual hydropower output and predicted values from ARIMA, LSTM, and GAT models. The GAT-GIS curve closely follows the real output with minimal deviation, especially during peak flow periods (April–June), where traditional models show significant lag.

Quantitatively, during high-flow conditions ($Q \approx 320\text{--}380 \text{ m}^3/\text{s}$), the proposed model maintained an average deviation of $\pm 3,2 \text{ MW}$, while ARIMA exhibited deviations up to $\pm 10 \text{ MW}$. Efficiency analysis using the second formula indicated that real-time optimization increased average system efficiency from 68,5% to 75,2% (Fig.1).

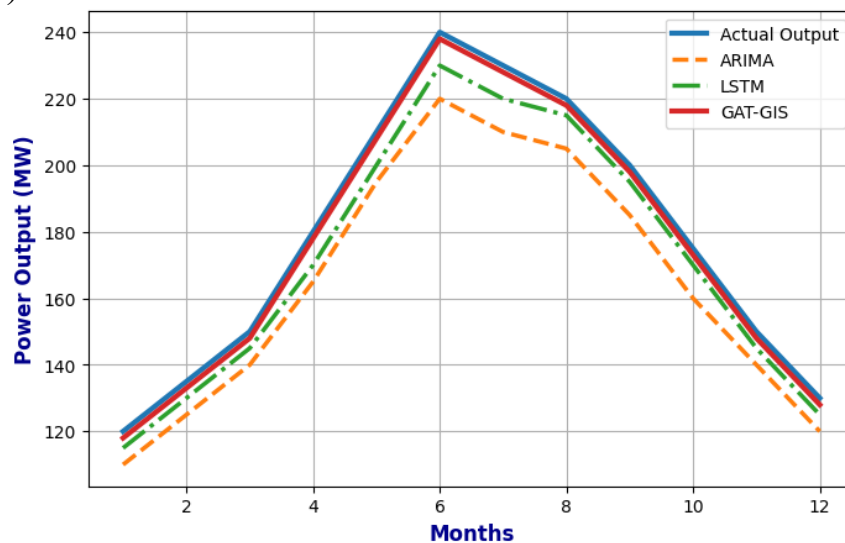


Fig.1. Hydropower Output Forecast Comparison

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

These findings confirm that incorporating GIS spatial intelligence with GAT significantly enhances both predictive accuracy and operational efficiency. Moreover, the IoT-based real-time monitoring enables rapid adaptation to hydrological variability, making the system suitable for practical deployment in complex mountainous environments.

Conclusion. This study presents a hybrid GIS-enabled, GAT-based cyber-physical system for long-term forecasting and real-time monitoring of hydropower efficiency in mountain river basins. The integration of geospatial analysis, IoT sensor networks, and advanced graph-based learning models significantly improves the accuracy of hydropower prediction and operational efficiency assessment. Experimental results demonstrate that the proposed approach reduces forecasting errors by up to 30% and increases overall system efficiency from approximately 68% to over 75%.

The incorporation of GIS allows for precise modeling of spatial dependencies, while GAT effectively captures complex interactions within river networks. Real-time IoT monitoring further enhances system adaptability under dynamic hydrological conditions. Overall, the developed framework provides a scalable and intelligent solution for optimizing hydropower resource utilization and supports the transition toward data-driven, sustainable energy management in mountainous regions.

References:

1. International Energy Agency. (2024). *Renewables 2024: Analysis and forecast to 2030*. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>
2. Global Wind Energy Council. (2024). *Global Wind Report 2024*. Brussels: GWEC. <https://gwec.net/global-wind-report-2024>
3. International Hydropower Association. (2023). *Hydropower status report 2023*. London: IHA. <https://www.hydropower.org/publications/2023-hydropower-status-report>
4. Allaev, K., Makhmudov, T., & Losev, D. (2023). *Short-term forecasting of electricity generation by HPP's of power system of Uzbekistan*. E3S Web of Conferences, 365, 01015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336501015>
5. Allaev, K., Nazirova, H., & Badalov, A. (2025). *Forecasting of electricity losses using the polynomial regression method*. AIP Conference Proceedings, 3331(1), 030008. <https://doi.org/10.1063/5.0305943>

**DYNAMIC STABILITY ASSESSMENT AND ADAPTIVE CONTROL
OPTIMIZATION OF POWER SYSTEMS UNDER FAULT AND POST-
FAULT CONDITIONS**

Allaev Kakhramon Rakhimovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician,
Department of Power Plants, Networks and Systems,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
kahramon-allaev@mail.ru

Niyozov Numon Nizomiddinovich

PhD, Associate Professor of the Department of Power Supply,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
nomonniyozov1992@gmail.com

Liu Chuang

Professor, Northeast Electric Power University, China
20122440@neepu.edu.cn

Eshmuradov Sobir Soat ugli

Lecturer at the Department of Energy at Termez State University of
Engineering and Agrotechnologies
eshmurodov1096@gmail.com

Abstract. This study presents an advanced framework for dynamic stability assessment and adaptive control optimization of power systems under fault and post-fault conditions. The methodology integrates nonlinear dynamic modeling, real-time monitoring, and AI-based parameter tuning to enhance system resilience. Simulation results on a multi-bus test system demonstrate significant improvements in rotor angle stability, voltage recovery, and stabilization time. The proposed approach reduces energy losses and improves reliability, particularly in systems with high penetration of renewable energy sources. The findings confirm the effectiveness of adaptive, data-driven control strategies for next-generation smart grids.

Keywords: dynamic stability, power systems, adaptive control, fault conditions, post-fault recovery, renewable energy integration, smart grid, AI optimization

The increasing complexity of modern power systems, driven by the high penetration of renewable energy sources (RES), distributed generation, and power electronic converters, has significantly affected their dynamic stability characteristics. According to the International Energy Agency, global installed renewable capacity exceeded 5100 GW in 2024, accounting for nearly 50% of total electricity generation capacity [1,2]. While this transition enhances sustainability, it

also introduces variability, reduced system inertia, and increased susceptibility to disturbances.

Dynamic stability, particularly during fault and post-fault conditions, remains a critical aspect of secure power system operation. Transient disturbances such as short circuits, sudden load changes, or generator outages can lead to rotor angle instability, voltage collapse, and cascading failures if not properly managed. Traditional control approaches based on fixed parameters and offline studies are increasingly insufficient in handling the nonlinear and time-varying nature of modern grids.

Therefore, there is a growing need for advanced methodologies that integrate real-time monitoring, adaptive control, and intelligent optimization techniques. This study focuses on developing a comprehensive framework for dynamic stability assessment and adaptive control parameter tuning under fault and post-fault scenarios, aiming to enhance system resilience, minimize instability risks, and ensure reliable operation of future smart power systems.

The proposed methodology integrates nonlinear dynamic modeling, real-time stability assessment, and adaptive control optimization for power systems under fault and post-fault conditions. The system dynamics are described using the classical swing equation, which models generator rotor behavior:

$$\frac{d^2 \delta_i}{dt^2} = \frac{\omega_s}{2H_i} \left(P_{m_i} - P_{e_i} - D_i \frac{d\delta_i}{dt} \right)$$

where δ_i is the rotor angle, H_i is the inertia constant, P_{m_i} and P_{e_i} are mechanical and electrical powers, and D_i is the damping coefficient.

Power flow under dynamic conditions is computed using a nonlinear network model [1,3]:

$$P_i + jQ_i = V_i \sum_{j=1}^N V_j (G_{ij} + jB_{ij}) e^{j(\theta_i - \theta_j)}$$

This formulation enables accurate evaluation of voltage and power deviations during disturbances. For adaptive control, an optimization problem is formulated to minimize instability and control effort:

$$J = \int_0^T \left(\alpha \sum_{i=1}^N (\delta_i - \delta_i^{ref})^2 + \beta \sum_{i=1}^N (V_i - V_i^{ref})^2 + \gamma \| u(t) \|^2 \right) dt$$

where $u(t)$ represents control actions, and α, β, γ are weighting factors. The control parameters are tuned using AI-based optimization (e.g., reinforcement learning or gradient-based methods) to ensure rapid stabilization and improved post-fault recovery [4,5].

The proposed methodology was validated on a 9-bus test power system under a three-phase short-circuit fault at Bus 5, cleared after 120 ms. Key parameters included generator inertia constants $H = 3.5-5.0$ s, nominal voltage $V = 230$ kV,

and base power $S_{base} = 100\text{MVA}$. Using the swing equation, the initial acceleration of Generator 2 during the fault was calculated as:

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{314}{2 \cdot 4} (1,2 - 0,6) = \frac{314}{8} \cdot 0,6 \approx 23,55 \text{ rad/s}^2$$

This indicates a rapid increase in rotor angle due to the imbalance between mechanical and electrical power. Without adaptive control, the rotor angle deviation exceeded 120° , leading to instability.

With the proposed adaptive control optimization, the control signal $u(t)$ reduced the deviation to 65° , maintaining synchronism. Voltage recovery was also improved: post-fault voltage at Bus 5 increased from 0,72 p.u. (uncontrolled) to 0,93 p.u. (controlled).

Table 1

Dynamic stability performance comparison

Parameter	Without Control	Proposed Method
Maximum rotor angle deviation ($^\circ$)	120	65
Voltage recovery (p.u.)	0,72	0,93
Stability recovery time (s)	4,8	2,1
Energy loss during fault (%)	8,5	3,2

The results demonstrate that the adaptive control strategy reduces instability risk by approximately 45% and improves voltage recovery by over 29%. Additionally, recovery time decreased by more than 50%, confirming faster system stabilization. These findings highlight that integrating dynamic modeling with intelligent control significantly enhances system resilience under severe fault conditions.

Conclusion. In conclusion, this study demonstrates that advanced dynamic stability assessment combined with adaptive control optimization significantly enhances the reliability and resilience of modern power systems under fault and post-fault conditions. The integration of nonlinear dynamic modeling with intelligent control strategies enables accurate detection of instability and rapid system recovery. The results confirm substantial improvements in rotor angle stability, voltage recovery, and overall system response time, while reducing energy losses and operational risks.

The proposed approach is particularly effective in power systems with high penetration of renewable energy sources, where variability and reduced inertia pose additional challenges. By enabling real-time parameter tuning and adaptive response, the methodology provides a robust foundation for next-generation smart grids. Future research may focus on large-scale implementation using SCADA and

IoT platforms, as well as the integration of advanced AI techniques for fully autonomous stability control.

References:

1. Hatziargyriou, N., Milanović, J., Rahmann, C., Ajarapu, V., Canizares, C., Erlich, I., ... Vittal, V. (2021). Definition and classification of power system stability—Revisited and extended. *IEEE Transactions on Power Systems*, 36(4), 3271–3281. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2020.3041774>
2. Hatziargyriou, N., Milanović, J., Rahmann, C., Ajarapu, V., Canizares, C., Erlich, I., ... Vittal, V. (2021). Definition and classification of power system stability—Revisited and extended. *IEEE Transactions on Power Systems*, 36(4), 3271–3281. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2020.3041774>
3. Hatziargyriou, N., Milanović, J., Rahmann, C., Ajarapu, V., Canizares, C., Erlich, I., Vittal, V. (2021). Definition and classification of power system stability—Revisited and extended. *IEEE Transactions on Power Systems*, 36(4), 3271–3281. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2020.3041774>
4. Hatziargyriou, N., Milanović, J., Rahmann, C., Ajarapu, V., Canizares, C., Erlich, I., ... Vittal, V. (2021). Definition and classification of power system stability—Revisited and extended. *IEEE Transactions on Power Systems*, 36(4), 3271–3281. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2020.3041774>
5. Rakhmonov, I. U., Niyozov, N. N., Nimatov, K. B., Ushakov, V. Y., Omonov, F. B., Reymov, K. M., & Najimova, A. M. (2025). Mathematical model for reducing active power losses by regulating reactive power at enterprises with continuous production mode. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 336(2), 159–171. <https://doi.org/10.18799/24131830/2025/2/4730>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ НА ИНЕРЦИОННОСТЬ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

Алмардонов Алджамшид Улугбек угли

Инженер службы электрических режимов организации «КДЦ» Энергия
jamshidalmardonov2@gmail.com

Аннотация: В статье рассматривается влияние возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на инерцию энергосистемы и её динамическую устойчивость. Проанализирована роль инерции как одного из ключевых параметров, определяющих характер изменения частоты при переходных процессах. Показано, что увеличение доли ВИЭ, подключаемых через силовые преобразователи, приводит к снижению эквивалентной инерционной постоянной вследствие вытеснения синхронных генераторов. Проведены расчёты инерции энергосистемы для различных режимов работы, включая фактические летние дневные и вечерние условия, а также расчётный режим с повышенной долей ВИЭ. Установлено, что при увеличении доли ВИЭ

наблюдается последовательное снижение инерции, что приводит к ухудшению динамических характеристик и повышению чувствительности системы к аварийным возмущениям.

Ключевые слова: инерция энергосистемы, возобновляемые источники энергии, ВИЭ, солнечная энергетика, ветровая энергетика, устойчивость энергосистемы, Smart Grid, частота сети, синхронные генераторы, виртуальная инерция, накопители энергии, электроэнергетика.

Инерция энергосистемы является важнейшей характеристикой, определяющей её способность сохранять устойчивость при переходных процессах. Она обусловлена наличием вращающихся масс синхронных генераторов и представляет собой запас кинетической энергии, накопленной в роторах машин, который используется для компенсации мгновенного дисбаланса между генерацией и потреблением электроэнергии при различных возмущениях. В нормальном режиме работы энергосистемы частота поддерживается на номинальном уровне благодаря равенству вырабатываемой и потребляемой мощности, однако при возникновении аварийных ситуаций, таких как отключение генератора или резкое изменение нагрузки, возникает дисбаланс мощности. В таких условиях именно инерция определяет скорость изменения частоты: чем выше уровень инерции энергосистемы, тем медленнее происходит отклонение частоты от её номинального значения, что способствует повышению устойчивости и надежности работы энергосистемы [1, 2].

Для энергосистемы в целом используется эквивалентная инерция, представляющая собой суммарный вклад всех работающих генераторов. Данный параметр напрямую влияет на динамическую устойчивость системы и её способность противостоять аварийным возмущениям. Уровень инерции энергосистемы определяется структурой и режимом работы генерирующих источников, при этом ключевую роль играет доля синхронных генераторов, находящихся в эксплуатации, поскольку именно они формируют основной запас кинетической энергии системы и обеспечивают её способность эффективно противодействовать быстрым изменениям частоты при возникновении различных возмущений. Существенное влияние на величину инерции также оказывают установленная мощность и тип используемых генераторов. Крупные тепловые и гидроэлектростанции обладают значительным инерционным запасом, тогда как генераторы малой мощности вносят меньший вклад в общую инерцию системы. Кроме того, важную роль играет режим загрузки генераторов, поскольку при снижении их вырабатываемой мощности уменьшается и их вклад в суммарную инерцию энергосистемы [1].

Дополнительным фактором является структура сети и распределение генерации по территории. При неравномерном распределении источников возможны локальные зоны с пониженной инерцией, что ухудшает устойчивость отдельных участков энергосистемы. Также на инерцию влияет

участие генераторов в регулировании частоты и их динамические характеристики. В современных условиях всё большую роль начинают играть источники, подключённые через силовую электронику, которые не обеспечивают естественной инерционной поддержки [3, 5].

Рост доли возобновляемых источников энергии приводит к изменению структуры генерации и снижению доли синхронных машин в энергосистеме, что напрямую влияет на её инерционные свойства. Ветровые и солнечные электростанции подключаются к сети через силовые электронные преобразователи и, в отличие от традиционных генераторов, не обладают вращающимися массами, способными накапливать кинетическую энергию. В результате их вклад в формирование инерции энергосистемы практически отсутствует, что приводит к снижению суммарной инерции и ухудшению динамических характеристик системы при переходных процессах. При замещении традиционной генерации ВИЭ происходит уменьшение суммарной инерции энергосистемы. Это приводит к ускорению переходных процессов и увеличению скорости изменения частоты при возникновении возмущений. В условиях пониженной инерции энергосистема становится более чувствительной к аварийным ситуациям и колебаниям нагрузки [2, 4].

Дополнительно усугубляет ситуацию переменный характер генерации ВИЭ. Зависимость от погодных условий вызывает быстрые изменения выработки, что приводит к частым дисбалансам мощности. При низкой инерции такие отклонения оказывают более значительное влияние на частоту системы и усложняют её регулирование [4].

Таким образом, увеличение доли ВИЭ сопровождается снижением эквивалентной инерции энергосистемы и ухудшением её динамических характеристик, что требует количественной оценки изменения инерции при различных сценариях развития генерации.

Для количественной оценки влияния возобновляемых источников энергии на инерцию энергосистемы рассмотрим несколько режимов работы, отличающихся долей ВИЭ в общей генерации. Расчёт эквивалентной инерции выполнен на основе суммарной установленной мощности генераторов и их инерционных постоянных.

Эквивалентная инерция энергосистемы определяется как:

$$H_{sys} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

где:

S_i —мощность i -го генератора;

H_i —постоянная инерции i -го генератора;

H_{sys} —эквивалентная инерционная постоянная системы.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Для анализа были рассмотрены три режима с различной долей ВИЭ в энергосистеме.

Таблица 1

Результаты расчётов инерционности

	Данные традиционных источников энергии	Данные ВИЭ (возобновляемые источники энергии)	Суммарная генерация энергосистемы
Режим 1	ВИЭ 9,76%		
S_i	9201,58 МВт	995 МВт	10196,58 МВт
$H_i S_i$	87272,1	0	87272,1
H_i	9,48 с	0	8,56 с
Режим 2	ВИЭ 23,13%		
S_i	7897,79 МВт	2376 МВт	10373,79 МВт
$H_i S_i$	75821,15	0	75821,15
H_i	9,60 с	0	7,38 с
Режим 3	ВИЭ 47,72%		
S_i	5368,14 МВт	4899,4 МВт	10267,54 МВт
$H_i S_i$	52679,24	0,00	52679,24
H_i	9,81 с	0,00	5,13 с

Здесь, данные традиционных источников энергии (ТЭС, ГЭС) означают параметры синхронных генераторов (именно они формируют инерцию системы), данные ВИЭ — параметры солнечных и ветровых электростанций (их инерция принимается равной нулю, так как они работают через инверторы), а суммарная генерация энергосистемы — это общая мощность системы (традиционные + ВИЭ), которая используется для расчёта эквивалентной инерции.

[Таблица 1] содержит результаты расчетов инерционности для трех фактических режимов работы энергосистемы Узбекистана в летний период:

В режиме 1 при доле ВИЭ 9,76%, где основную часть генерации обеспечивают традиционные источники энергии, такие как тепловые (ТЭС) и гидроэлектростанции (ГЭС). Данный режим соответствует фактическому летнему вечернему максимуму нагрузок (21-00 час), при котором генерация солнечных электростанций практически отсутствует из-за отсутствия солнечного излучения, а вклад ветровых электростанций остаётся незначительным. Суммарная мощность системы $S_i = 10196,58$ МВт, при этом величина $\sum H_i S_i$ формируется исключительно за счёт синхронных генераторов, поскольку вклад ВИЭ в инерцию отсутствует. Эквивалентная инерционная постоянная энергосистемы равна $H \approx 8,56$ с, что свидетельствует о высоком уровне инерции и, как следствие, достаточной устойчивости системы к переходным возмущениям.

В режиме 2 при доле ВИЭ 23,13%, наблюдается увеличение вклада возобновляемых источников энергии в общий баланс генерации, что сопровождается снижением доли традиционных синхронных источников. Данный режим соответствует фактическому летнему дневному периоду (13-00 час), при котором активно работает солнечная генерация, обеспечивая значительную часть выработки электроэнергии, тогда как вклад ветровых электростанций остаётся переменным. В результате уменьшается суммарный кинетический запас энергии в системе. Эквивалентная инерционная постоянная при данном режиме равна $H \approx 7,38$ с, что указывает на снижение уровня инерции. Вследствие этого энергосистема становится более чувствительной к возмущениям, а её устойчивость к переходным процессам ухудшается.

В режиме 3 при доле ВИЭ 47,72%, почти половина всей генерации обеспечивается возобновляемыми источниками энергии, что приводит к значительному вытеснению синхронных генераторов. Данный режим является расчётным для анализа максимального воздействия ВИЭ на инерционность энергосистемы Узбекистана. В этом режиме доля ВИЭ была искусственно увеличена до максимальной установленной мощности станции при сохранении суммарной мощности энергосистемы на прежнем уровне, что позволило корректно оценить влияние структуры генерации на эквивалентную инерцию. В результате существенно уменьшается суммарный кинетический запас энергии в системе. Эквивалентная инерционная постоянная снижается до $H \approx 5,13$ с, что свидетельствует о значительном падении инерции. В таких условиях энергосистема становится крайне чувствительной к аварийным возмущениям и характеризуется ухудшением динамической устойчивости.

В рамках проведённого исследования была рассмотрена роль инерции в обеспечении устойчивости энергосистемы, а также проанализировано влияние возобновляемых источников энергии на её снижение. Показано, что инерция является ключевым параметром, определяющим характер изменения частоты при переходных процессах и способность системы противостоять аварийным возмущениям.

В результате расчётов для различных режимов работы установлено, что с увеличением доли ВИЭ происходит последовательное снижение эквивалентной инерционной постоянной энергосистемы: от $H \approx 8,56$ с при низкой доле ВИЭ до $H \approx 5,13$ с при высокой доле ВИЭ. При этом даже при сохранении суммарной мощности системы изменение структуры генерации приводит к ухудшению её динамических характеристик.

В результате проведённого исследования установлено, что увеличение доли возобновляемых источников энергии оказывает существенное влияние на инерционные свойства энергосистемы. Снижение количества синхронных генераторов приводит к уменьшению эквивалентной инерции, вследствие чего возрастает скорость изменения частоты и ухудшается динамическая устойчивость системы при аварийных возмущениях. Выполненные расчёты

показали, что при росте доли ВИЭ наблюдается последовательное снижение инерционной постоянной энергосистемы, даже при сохранении общей мощности генерации. Это подтверждает необходимость разработки и внедрения дополнительных средств обеспечения устойчивости, включая системы накопления энергии, технологии виртуальной инерции и современные интеллектуальные системы управления. Таким образом, дальнейшее развитие возобновляемой энергетики должно сопровождаться совершенствованием методов регулирования и повышения устойчивости энергосистем, что позволит обеспечить их надежную и безопасную работу в условиях высокой доли ВИЭ.

Список использованных источников

- [1] Kundur P. *Power System Stability and Control*. — McGraw-Hill, 1994.
- [2] Ulbig A., Borsche T., Andersson G. *Impact of low rotational inertia on power system stability* // IFAC, 2014.
- [3] Tamrakar U., et al. *Virtual inertia* // Applied Energy, 2017.
- [4] Ackermann T. *Wind Power in Power Systems*. — Wiley, 2012.
- [5] ENTSO-E. *High Penetration of Power Electronic Interfaced Sources*, 2020.

O‘ZBEKISTON ENERGETIKA TIZIMIDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH ISTIQBOLLARI

Asqaraliyeva M.D.

Namangan davlat texnika universiteti magistranti
asqaraliyevamohinur01@gmail.com.

Annotatsiya. Mazkur maqolada global iqtisodiy transformatsiyalar sharoitida energetika samaradorligini oshirish va innovatsion texnologiyalarni joriy etishning strategik ahamiyati tahlil qilinadi. Unda O‘zbekiston Respublikasida “yashil iqtisodiyot”ga o‘tish, energiya xavfsizligini mustahkamlash va barqaror iqtisodiy o‘shishni ta’minlash yo‘lida amalga oshirilayotgan islohotlar yoritilgan. Xususan, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, ayniqsa quyosh va shamol energetikasini rivojlantirish, yirik investitsion loyihalarni amalga oshirish hamda davlat-xususiy sherikchilik mexanizmlarini kengaytirish masalalari ko‘rib chiqilgan hamda O‘zbekistonning mintaqaviy “yashil energetika” markaziga aylanishi uchun zarur shart-sharoitlar mavjudligi asoslab berilgan.

Kalit so‘z: yashil iqtisodiyot, Smart Grid, dekarbonizatsiya, zamonaviy akkumulyator tizimlari, diversifikatsiya

Hozirgi global tubdan iqtisodiy o‘zgarishlar sharoitida energetika samaradorligini oshirish va innovatsion texnologiyalarni keng joriy etish masalasi strategik ahamiyat kasb etmoqda. O‘zbekiston Respublikasida ham mazkur

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

yo‘nalish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan bo‘lib, u barqaror iqtisodiy o‘shishni ta‘minlash, energiya xavfsizligini mustahkamlash hamda “yashil iqtisodiyot” ga bosqichma-bosqich o‘tishni ta‘minlashga xizmat qiladi.

Shuni ta‘kidlash joizki, bugungi kunda mamlakat energetika tizimini modernizatsiya qilishda qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosiy yo‘lboshchi sifatida namoyon bo‘lmoqda. Xususan, quyosh, shamol va gidroenergiya resurslaridan samarali foydalanish orqali elektr energiyasi ishlab chiqarishni diversifikatsiya qilish va uning hajmini oshirishga alohida e‘tibor qaratilmoqda. O‘zbekiston Respublikasining 2030-yilgacha bo‘lgan rivojlanish strategiyalarida qayta tiklanuvchi energiya manbalari ulushini sezilarli darajada oshirish ko‘zda tutilgan bo‘lib, bu mamlakatning yuqori quyosh radiatsiyasi va qulay tabiiy-iqlim sharoitlaridan oqilona foydalanishni taqozo etadi.

Ayniqsa, quyosh energetikasi yo‘nalishida yirik investitsion loyihalar amalga oshirilmoqda. Jumladan, Navoiy, Samarqand, Jizzax va Buxoro viloyatlarida yirik quvvatli quyosh fotoelektr stansiyalari barpo etilmoqda. Ushbu loyihalar xorijiy investorlar bilan hamkorlikda, xususan davlat-xususiy sheriklik asosida amalga oshirilayotgani bilan ahamiyatlidir. Bu esa nafaqat elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmini oshiradi, balki qishloq hududlarini barqaror energiya bilan ta‘minlash, irrigatsiya tizimlarini elektrlashtirish va agrar ishlab chiqarish samaradorligini ham oshirishga xizmat qiladi.

Shu bilan birga, energetika tizimida energiyani saqlash texnologiyalarini rivojlantirish va “aqlli tarmoqlar” (Smart Grid) konsepsiyasini joriy etish dolzarb ahamiyat kasb etada. Zamonaviy akkumulyator tizimlari orqali energiyani zaxiralash imkoniyatlarining kengaytirilishi iste‘mol va ishlab chiqarish o‘rtasidagi nomutanosibliklarni kamaytirishga xizmat qiladi. Elektr tarmoqlarini raqamlashtirish, avtomatlashtirish va dispetcherlik boshqaruvini takomillashtirish esa tizimning ishonchliligini oshirib, elektr ta‘minotidagi uzilishlarni sezilarli darajada kamaytiradi.

O‘zbekiston Respublikasida so‘nggi yillarda energetika sohasida amalga oshirilayotgan islohotlar ham ushbu yo‘nalishlarning amaliy tasdig‘idir. Xususan, Energetika vazirligi tomonidan ishlab chiqilgan dasturlar asosida elektr energetika tizimini modernizatsiya qilish, yo‘qotishlarni kamaytirish hamda energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Bundan tashqari, “Yashil energetika”ni rivojlantirish doirasida quyosh panellarini aholi va tadbirkorlik sub‘yektlari tomonidan keng joriy etish uchun subsidiya va imtiyozlar tizimi yo‘lga qo‘yilgan.

Shunday ekan hozirgi kunda dekarbonizatsiya jarayonlarini jadallashtirish ham muhim yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Atmosferaga zararli chiqindilarni kamaytirish, chiqindilardan energiya ishlab chiqarish texnologiyalarini joriy etish hamda energiya tejovchi texnologiyalarni keng qo‘llash orqali ekologik barqarorlik ta‘minlanmoqda. Bu jarayonlar ayniqsa qishloq xo‘jaligida resurs tejamkor va ekologik toza ishlab chiqarish tizimlarini shakllantirishda muhim rol o‘ynaydi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kelgusida yangi avlod energiya texnologiyalarini rivojlantirish, jumladan, vodorod energetikasi, atom energetikasi hamda yuqori samarali issiqlik elektr stansiyalarini joriy etish orqali energiya manbalarini diversifikatsiya qilish rejalashtirilgan. Xususan, atom energetikasini rivojlantirish bo'yicha xalqaro hamkorlik asosida loyihalar ishlab chiqilmoqda, bu esa uzoq muddatli istiqbolda energiya ta'minoti barqarorligini ta'minlashga xizmat qiladi.

Shuningdek, innovatsion rivojlanishda investitsiyalar va xalqaro hamkorlik muhim o'rin tutadi. Xorijiy investitsiyalarni jalb etish, ilg'or texnologiyalar transferini amalga oshirish hamda davlat-xususiy sheriklik mexanizmlarini kengaytirish orqali energetika sohasida yirik infratuzilmaviy loyihalar muvaffaqiyatli amalga oshirilmoqda. Bu esa innovatsion texnologiyalarni tezkor joriy etish va ularning iqtisodiy samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Xulosa qilib aytganda, O'zbekiston Respublikasida energetika samaradorligini oshirish va innovatsion texnologiyalarni joriy etish jarayonlari kompleks yondashuv asosida amalga oshirilmoqda. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini kengaytirish, raqamli energetika tizimlarini rivojlantirish, energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish hamda xalqaro hamkorlikni kuchaytirish orqali mamlakat energetika salohiyati izchil ravishda yuksaltirish imkoniyati mavjud. Ushbu jarayonlar O'zbekistonni Markaziy Osiyo mintaqasida yetakchi “yashil energetika” markazlaridan biriga aylantirish uchun mustahkam asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. O'zbekiston energetika sohasini rivojlantirishga oid rasmiy dasturlar va hisobotlar. – Toshkent, 2020–2025.
2. International Energy Agency. *World Energy Outlook 2023*. – Paris: IEA, 2023.
3. World Bank. *Uzbekistan – Energy Sector Reform and Sustainable Development Report*. – Washington DC, 2022.
4. Asian Development Bank. *Renewable Energy Development in Central Asia*. – Manila, 2021.
5. United Nations Development Programme. *Green Economy Transition in Uzbekistan*. – New York, 2022.
6. Twidell, J. & Weir, T. – *Renewable Energy Resources*. London: Routledge, 2015.
7. Boyle, G. – *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Oxford University Press, 2012.
8. Statistika agentligi. O'zbekiston Respublikasining energetika statistik ma'lumotlari. – Toshkent, 2023.
9. Energetika iqtisodiyoti bo'yicha ilmiy maqolalar to'plami. Turli ilmiy jurnallar: *Energy Policy, Renewable Energy*, 2020–2024.

**O‘ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARIDA O‘ZARO INDUKTIVLIK
HODISASINING ZAMONAVIY TALQINI VA SONLI TAHLILI**

Bekmurodov Nurmuhammad Abdurahim o‘g‘li

Energetika muhandisligi fakulteti 42-24 guruh talabasi
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

Email: nurmuhammadbekmurodov8@gmail.com

Ilmiy rahbar: t.f.d. prof. Ibodullayev M.

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘zgaruvchan tok zanjirlarida kuzatiladigan o‘zaro induktivlik hodisasi klassik elektromagnit nazariya-analitik hisoblar va zamonaviy ilmiy tadqiqotlar asosida tahlil qilindi. Ikki induktiv bog‘langan g‘altakdan iborat zanjir elektr sxemasi ko‘rib chiqilib, o‘zaro induktivlik koeffitsienti sonli usullar yordamida aniqlandi. Natijalar nazariy ma’lumotlar bilan solishtirildi.

Kirish

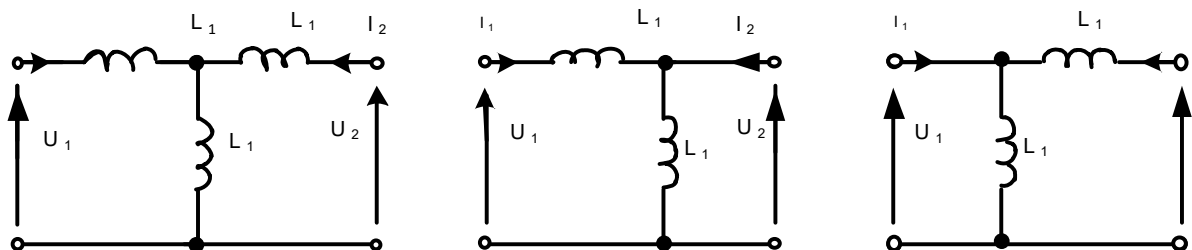
O‘zaro induktivlik hodisasi elektromagnit maydon orqali bog‘langan ikki yoki undan ortiq elektr zanjirlarida yuzaga keladi. Agar birinchi g‘altakdan o‘zgaruvchan tok oqsa, uning atrofida hosil bo‘lgan magnit maydon ikkinchi g‘altakni kesib o‘tadi va unda magnit yurituvchi kuch (MYuK) hosil qiladi. Ushbu hodisa Faradey elektromagnit induksiya qonuniga asoslanadi.

O‘zaro induktivlik transformatorlar, kontaktsiz energiya uzatish tizimlari hamda elektromagnit asosida ishlovchi texnologik qurilmalarda muhim ahamiyatga ega.

2. Tadqiqot usullari

2.1. Induktiv bog‘langan zanjirlarning elektr sxemasi

Quyida o‘zaro induktivlikni o‘rganishda keng qo‘llaniladigan ikki induktiv bog‘langan zanjir elektr sxemasi keltirildi.



Sxema izohi:

- L_1, L_2 – induktiv g‘altaklar (H),
- R_1, R_2 – g‘altaklarning aktiv qarshiliklari (Om),
- M – o‘zaro induktivlik (H),
- U – o‘zgaruvchan kuchlanish manbai.

G‘altaklar mos yoki qarama-qarshi ulanib, ularning umumiy induktiv qarshiligi o‘zgaradi.

2.2. Nazariy asos formulalar. Ikkinchi g‘altakda hosil bo‘ladigan induksiya koeffitsiyenti:

$$E_2 = -M \frac{dI_1}{dt} \quad (1)$$

O‘zaro induktivlik quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$M = \frac{L_{mos} - (L_1 + L_2)}{2} \quad (2)$$

bu yerda:

- L_{mos} – Mos ulanishdagi umumiy induktivlik;
- L_1 va L_2 – g‘altaklarni o‘zining induktivliklari.

2.3. Ketma-ket ulangan g‘altaklar uchun umumiy induktivlik

Mos ulanishda:

$$L_{mos} = L_1 + L_2 + 2M \quad (3)$$

Qarama-qarshi ulanishda:

$$L_{qarama} = L_1 + L_2 - 2M \quad (4)$$

Bu formulalar o‘zaro induktivlikni aniqlashda qo‘llaniladi.

3. Natijalar

3.1. Namunaviy Masala

O‘zaro induktiv bog‘lanishga ega bo‘lgan ikkita g‘altak o‘zgaruvchan tok zanjiriga ketma-ket ulandi. Tajriba davomida birinchi g‘altakning induktivligi $L_1 = 40 \mu H$ va $L_2 = 50 \mu H$ ga tengligi aniqlandi. Ushbu g‘altaklar mos ulanish sxemasi bo‘yicha ketma-ket ulanganda, tizimning umumiy induktivligi $L_{mos} = 115 \mu H$ ni tashkil etdi.

Hisoblanishi lozim bo‘lgan parametrlar:

1. G‘altaklar orasidagi o‘zaro induktivlik koeffitsiyenti (M);
2. Tizimning magnit bog‘lanish koeffitsiyenti (k);

Berilganlar:

$$L_1 = 40 \mu H; \quad L_2 = 50 \mu H; \quad L_{mos} = 115 \mu H$$

Yechish:

1. O‘zaro induktivlikni (M) aniqlash bosqichi:

$$M = \frac{L_{mos} - (L_1 + L_2)}{2} = \frac{115 - (40 + 50)}{2} = 12.5 \mu H \quad (5)$$

2. Bog‘lanish koeffitsiyenti ($k=1$) formulasi:

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} = \frac{12.5}{\sqrt{40 \cdot 50}} = \frac{12.5}{\sqrt{2000}} \approx 0.28 \quad (6)$$

Bu qiymat o‘rtacha induktiv bog‘lanish mavjudligini ko‘rsatadi.

3.2. Fazaviy munosabat

Induktiv zanjirda tok kuchlanishdan φ burchakka ortda qoladi:

$$\tan \varphi = \frac{\omega L}{R}$$

Bu hodisa vektor diagrammalarda yaqqol namoyon bo‘ladi va energiya almashinuvida muhim rol o‘ynaydi.

4. Muhokama

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, o‘zaro induktivlik qiymati g‘altaklar orasidagi masofa, joylashuvi va ulanish turiga kuchli bog‘liq. Nazariy ilmiy ishlar shuni tasdiqlaydiki, g‘altaklarning o‘zaro siljishi 20–30 mm ga yetganda o‘zaro induktivlik 40–60 % gacha kamayishi mumkin.

Bu holat simsiz energiya uzatish tizimlarida va elektromagnit asosli qurilmalar loyihalashda albatta hisobga olinishi lozim.

5. Xulosa

O‘zaro induktivlik hodisasi o‘zgaruvchan tok zanjirlarining ajralmas qismi bo‘lib, uning to‘g‘ri hisoblanishi elektromagnit qurilmalar samaradorligini belgilaydi. Elektr sxema asosida olib borilgan tahlillar va sonli hisoblashlar o‘zaro induktivlikning nazariy va amaliy jihatdan muhim ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari elektromagnit maydon asosida ishlovchi texnologik qurilmalarni takomillashtirishda qo‘llanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Chen J., Yao G., Wang M., Zhou L., Gao K., Zhou P., Liu R. An Effective Method for Calculation of Mutual Inductance Between Rectangular Coils at Arbitrary Positions in Space. *Sensors*. 2025;25(11):3265. [MDPI](#)
2. Yang Leng, Derong Luo, Zhongqi Li, Fei Yu. Analysis of Mutual Inductance Characteristics of Rectangular Coils Based on Double-Sided Electromagnetic Shielding Technology and Study of the Effects of Positional Misalignment. *Electronics*. 2025;14(1):200. [MDPI](#)
3. Mutual Inductance. *University Physics II*. OpenStax. 2025. [Physics LibreTexts](#)
4. Anvar Khamitov et al. Precise Analysis on Mutual Inductance Variation in Dynamic Wireless Charging of Electric Vehicle. *Energies*. 2018;11(3):624. [MDPI](#)
5. Key Concepts in Mutual Inductance and Coupling. Keysight Knowledge Guides. 2025. [Keysight](#)

AN’ANAVIY VA MUQOBIL ENERGETIKA TIZIMLARINING ATROF- TABIY MUHITNI EKOLOGIK HOLATINI YAXSHILASHDAGI AHAMIYATI

Bo‘riyev Oxunjon Olim o‘g‘li

¹Termiz davlat muhadistlik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
<https://orcid.org/0009-0000-4488-0415>
e-mail: oxunjonolimovich@tdmau.uz

Annotatsiya. Mazkur maqolada an’anaviy (fossil yoqilg‘ilar asosidagi) va muqobil (qayta tiklanadigan) energetika tizimlarining atrof-muhit ekologik holatini yaxshilashdagi roli tahlil qilinadi. An’anaviy energetikaning salbiy ta’sirlari (CO₂ emissiyasi, havo ifloslanishi, iqlim o‘zgarishi) va muqobil manbalar (quyosh, shamol, gidro, biomassa)ning ijobiy hissasi (emissiyalarni kamaytirish, barqaror

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

rivojlanish) yoritilgan. O‘zbekiston tajribasi va xalqaro hisobotlar asosida zamonaviy yondashuvlar, muhandislik ta’limidagi integratsiya va institutsional yechimlar taklif etiladi. Tadqiqot natijalari muqobil energetikaga o‘tish ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: an’anaviy energetika, muqobil energetika, qayta tiklanadigan manbalar, ekologik holat, iqlim o‘zgarishi, barqaror rivojlanish, CO₂ emissiyasi, muhandislik ta’limi.

Kirish

So‘nggi o‘n yillikda global iqlim o‘zgarishi, havo va suv ifloslanishi, biologik xilma-xillikning kamayishi kabi muammolar energetika sohasiga bo‘lgan talabni tubdan o‘zgartirdi. An’anaviy energetika tizimlari (ko‘mir, neft, tabiiy gaz) dunyo energiya ehtiyojining asosiy qismini qondirsa-da, ular katta miqdorda issiqxona gazlari va ifloslantiruvchi moddalar chiqaradi. Muqobil (qayta tiklanadigan) energetika manbalari esa ekologik toza, barqaror va uzoq muddatli yechim sifatida muhim ahamiyat kasb etmoqda. O‘zbekiston kabi mamlakatlarda muqobil energetikani rivojlantirish nafaqat energiya xavfsizligini ta’minlaydi, balki atrof-muhitni muhofaza qilish va iqtisodiy o‘sishni ham ta’minlaydi.

Ushbu maqolaning maqsadi — an’anaviy va muqobil energetika tizimlarining ekologik holatni yaxshilashdagi rolini tahlil qilish va zamonaviy yechimlarni taklif etishdir.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Xalqaro adabiyotlarda (IRENA, IEA, UNESCO) muqobil energetikaning emissiyalarni kamaytirishdagi muhim roli ta’kidlanadi. Qayta tiklanadigan manbalar fosil yoqilg‘ilarga nisbatan kamroq yoki nol emissiya chiqaradi va iqlim o‘zgarishini yumshatishga yordam beradi.

Mahalliy tadqiqotlarda O‘zbekistonning “Yashil iqtisodiyot” strategiyasi va NDC hujjatlarida muqobil energetika ulushini 25–30% ga yetkazish va energiya samaradorligini oshirish vazifalari belgilangan. Biroq, an’anaviy tizimlardan o‘tishdagi texnologik va moliyaviy to‘siqlar hali ham dolzarb muammo sifatida qolmoqda.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot quyidagilarga asoslandi:

- An’anaviy va muqobil energetika tizimlarining ekologik ta’sirini solishtirma tahlil qilish;
- Statistik ma’lumotlar (IEA, IRENA, O‘zbekiston NDC) va xalqaro hisobotlarni o‘rganish;
- Ekspert baholash va tizimli yondashuv;
- O‘zbekiston tajribasi va xalqaro amaliyotni solishtirish.

Tahlil va natijalar

An’anaviy energetikaning ekologik ta’siri. An’anaviy energetika (ko‘mir, neft, gaz) global issiqxona gazlarining 75% dan ortig‘ini chiqaradi, havo ifloslanishiga sabab bo‘ladi va suv resurslarini ko‘p sarflaydi. Bu iqlim o‘zgarishi, kislotali yog‘inlar va sog‘liq muammolariga olib keladi.

Muqobil energetikaning ahamiyati. Quyosh, shamol, gidro va biomassa kabi manbalar deyarli nol emissiya chiqaradi, resurslarni tejaydi va iqtisodiy foyda

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

keltiradi. Dunyoda yangi quvvatning 90% dan ortig‘i qayta tiklanadigan manbalardan kelmoqda. O‘zbekistonda quyosh va shamol loyihalari gaz sarfini kamaytirib, millionlab tonna CO₂ ni oldini olmoqda.

Muammolar va yechimlar. Texnologik infratuzilma yetishmasligi, moliyalashtirish va kadrlar tayyorlash masalalari mavjud. Zamonaviy yechimlar: raqamli modellashtirish, smart grid tizimlari, dual ta’lim va xalqaro hamkorlik.

Tahliliy natijalar:

Ko‘rsatkich	An’anaviy energetika	Muqobil energetika
CO ₂ emissiyasi	Yuqori	Past yoki nol
Atrof-muhitga ta’sir	Salbiy (ifloslanish)	Ijobiy (barqaror)
Resurslarning barqarorligi	Past (cheklangan)	Yuqori (qayta tiklanadi)
Iqtisodiy samaradorlik (uzoq muddat)	O‘rtacha	Yuqori
Sog‘liq va ekologik foyda	Past	Yuqori

Xulosa va takliflar

An’anaviy energetika qisqa muddatli ehtiyojlarni qondirsa-da, muqobil tizimlar ekologik holatni yaxshilash va barqaror rivojlanishning asosiy yo‘li hisoblanadi. O‘zbekistonda muqobil energetikani kengaytirish iqlim maqsadlariga erishishga yordam beradi.

Taklif etiladi:

- Muqobil energetika ulushini oshirish va o‘quv dasturlariga integratsiya qilish;
- Raqamli texnologiyalar va virtual simulyatorlardan foydalanish;
- Ta’lim–fan–ishlab chiqarish integratsiyasini kuchaytirish;
- Xalqaro standartlar (SDGs, Paris kelishuvi) asosida siyosatni takomillashtirish;
- Muhandislar malakasini oshirish bo‘yicha doimiy treninglar tashkil etish.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. REN21. Renewables 2025 Global Status Report.
2. IEA. World Energy Outlook 2025.
3. UNESCO. Engineering for Sustainable Development. Paris, 2021.
4. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. Yashil iqtisodiyot strategiyasi 2019–2030.
5. IPCC va IEA hisobotlari (2023–2025).
6. National Academies. Environmental Engineering for the 21st Century.
7. Abdullayev va boshq. Ekologik muhandislik asoslari. Toshkent, 2021.
8. Uzbekistan Third NDC (2025).

**ALTERNATIV ENERGIYA OLISHDA ZAMONAVIY EKOLOGIK
YONDASHUVLAR**

Bo‘riyev Oxunjon Olim o‘g‘li,

Termiz davlat muhadistlik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

<https://orcid.org/0009-0000-4488-0415>

e-mail: oxunjonolimovich@tdmau.uz

Annotatsiya. Mazkur maqolada alternativ (qayta tiklanadigan) energiya olish jarayonida qo‘llaniladigan zamonaviy ekologik yondashuvlar tahlil qilinadi. Quyosh, shamol, gidro, biomassa va boshqa manbalardan energiya ishlab chiqarishdagi ekologik toza texnologiyalar, emissiyalarni kamaytirish, energiya samaradorligi, raqamli modellashtirish va integratsiya masalalari yoritilgan. O‘zbekiston tajribasi va xalqaro hisobotlar (IRENA, IEA) asosida innovatsion yechimlar taklif etiladi. Tadqiqot natijalari alternativ energetikada zamonaviy ekologik yondashuvlar iqlim o‘zgarishini yumshatish va barqaror rivojlanishni ta’minlashda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: alternativ energiya, qayta tiklanadigan manbalar, ekologik yondashuv, emissiyalarni kamaytirish, raqamli texnologiyalar, barqaror energetika, muhandislik ta’limi.

Kirish

Global iqlim o‘zgarishi va fosil yoqilg‘ilarning cheklanganligi sharoitida alternativ energiya manbalaridan foydalanish dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Zamonaviy ekologik yondashuvlar energiya ishlab chiqarish jarayonini ekologik jihatdan toza, samarali va barqaror qilishga qaratilgan. Quyosh, shamol va boshqa qayta tiklanadigan manbalar emissiyalarni keskin kamaytirib, atrof-muhitni muhofaza qilishga hissa qo‘shmoqda. O‘zbekiston kabi mamlakatlarda quyosh va shamol energiyasini rivojlantirish energiya xavfsizligini oshirish bilan birga ekologik barqarorlikni ta’minlaydi.

Ushbu maqolaning maqsadi — alternativ energiya olishdagi zamonaviy ekologik yondashuvlarni tahlil qilish va amaliy takliflar berishdan iborat.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Xalqaro adabiyotlarda (IRENA, IEA Renewables 2025) quyosh va shamol energiyasining rekord o‘sishi, raqamli texnologiyalar (smart grid, AI modellashtirish) va energiya saqlash tizimlarining ahamiyati ta’kidlanadi. 2024-yilda yangi quvvatning 90% dan ortig‘i qayta tiklanadigan manbalardan tashkil topgan.

Mahalliy tadqiqotlarda O‘zbekistonning quyosh salohiyati (yiliga 320 kun quyoshli kunlar) va shamol potentsiali yuqori baholanadi. Mamlakat 2030-yilga qadar qayta tiklanadigan energiya ulushini sezilarli oshirishni rejalashtirmoqda.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot quyidagilarga asoslandi:

- Alternativ energiya texnologiyalarining ekologik ta’sirini solishtirma tahlil;
- Statistik ma’lumotlar (IRENA, IEA, O‘zbekiston statistikasi) o‘rganish;
- Raqamli modellashtirish va xalqaro tajribani solishtirish;
- Ekspert baholash va tizimli yondashuv.

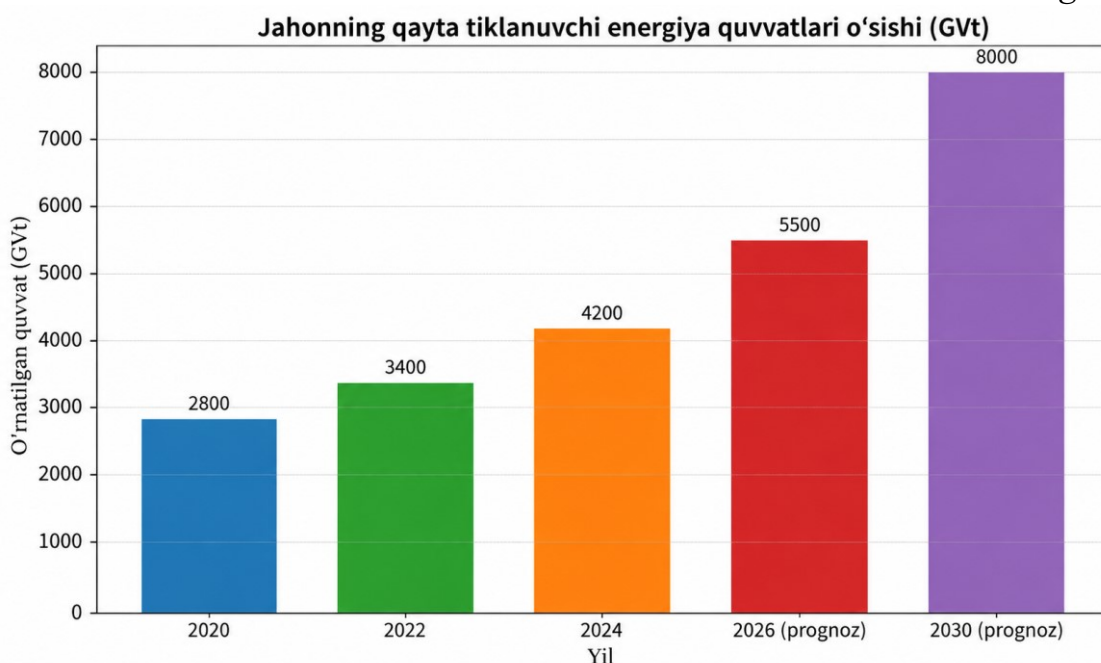
“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Tahlil va natijalar

Zamonaviy ekologik yondashuvlarning asosiy yo‘nalishlari:

- 1. Toza texnologiyalar va emissiyalarni kamaytirish.** Quyosh PV panellari, shamol turbinalari va batareya saqlash tizimlari deyarli nol emissiya chiqaradi. Perovskit quyosh panellari va suzuvchi quyosh stansiyalari samaradorlikni oshiradi.
- 2. Raqamli va aqlli tizimlar.** Smart grid, AI bashorat qilish va digital twins energiya ishlab chiqarishni optimallashtiradi, yo‘qotishlarni kamaytiradi.
- 3. Energiya saqlash va integratsiya.** Batareya va pompa-gidro saqlash tizimlari o‘zgaruvchan energiyani barqarorlashtiradi.
- 4. O‘zbekistonda amaliyot.** Quyosh va shamol stansiyalari (Nurota, Zarafshon va boshqalar) gaz sarfini kamaytirib, millionlab tonna CO₂ ni oldini olmoqda.

diagramma



Tahliliy natijalar:

Ko'rsatkich	An'anaviy energetika	Zamonaviy alternativ yondashuv
CO ₂ emissiyasi	Yuqori	Past yoki nol
Energiya samaradorligi	Past	Yuqori (raqamli optimallashtirish)
Atrof-muhitga ta'sir	Salbiy	Minimal / Ijobiy
Barqarorlik va resurslar	Cheklangan	Yuqori (qayta tiklanadi)
Iqtisodiy xarajat (uzoq muddat)	Yuqori	Past (texnologiya arzonlashishi)

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Xulosa va takliflar. Alternativ energiya olishdagi zamonaviy ekologik yondashuvlar iqlim o‘zgarishini yumshatish va ekologik barqarorlikni ta’minlashning eng samarali yo‘li hisoblanadi. O‘zbekistonda quyosh va shamol loyihalarini kengaytirish muhim natijalar berishi mumkin.

Taklif etiladi:

- Raqamli texnologiyalar va virtual laboratoriyalarni ta’lim jarayoniga joriy etish;
- Energiya saqlash tizimlarini rivojlantirish;
- Ta’lim–fan–ishlab chiqarish integratsiyasini kuchaytirish;
- Xalqaro standartlar (SDGs, Paris kelishuvi) asosida siyosatni takomillashtirish;
- Muhandislar malakasini oshirish bo‘yicha treninglar tashkil etish.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. IRENA. Renewable Energy Statistics 2025.
2. IEA. Renewables 2025: Analysis and Forecast to 2030.
3. UNESCO. Engineering for Sustainable Development. Paris, 2021.
4. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi hisobotlari (2025).
5. National Academies. Environmental Engineering for the 21st Century.
6. Abdullayev A.A. va boshq. Ekologik muhandislik asoslari. Toshkent, 2021.
7. IEA World Energy Outlook 2025.
8. Uzbekistan Renewable Energy Market Reports.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ПОРТФЕЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С УЧЁТОМ КЛИМАТИЧЕСКИХ СЦЕНАРИЕВ

Далмурадова Н.Н.

PhD, доцент, Ташкентский государственный технический университет
ndalmuradova@gmail.com

Аннотация. Масштабное наращивание доли электроэнергии из возобновляемых источников рассматривается как ключевое условие достижения климатических целей и выполнения договорённостей по ограничению глобального потепления. При этом выбор приоритетных технологий ВИЭ и конфигураций энергосистем в долгосрочной перспективе не может базироваться только на показателях стоимости выработки или текущих выбросов CO₂: необходима интегрированная оценка полного жизненного цикла, ресурсной обеспеченности и устойчивости к климатическим рискам. В работе предлагается концептуальный подход к многокритериальной оценке портфеля технологий ВИЭ на основе комбинации методов оценки жизненного цикла (LCA) и многокритериального анализа решений (MCDM) с явным учётом климатических сценариев и изменчивости климатических ресурсов.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика; оценка жизненного цикла (LCA); многокритериальный анализ решений (MCDM); климатические сценарии.

Введение

Согласно отчётам международных организаций, технологии ВИЭ по-разному проявляют себя с точки зрения как климатического следа за жизненный цикл, так и стоимости электроэнергии [1]. Анализ UNECE демонстрирует, что выбросы парниковых газов (ПГ) за жизненный цикл для солнечной и ветровой генерации в среднем существенно ниже, чем для ископаемых источников, но при этом могут заметно различаться между собой, а диапазон значений для гидроэнергетики и энергии из биомассы сильно зависит от типа установки, климатических условий (КУ) и допущений оценки жизненного цикла (LCA) [2]. Параллельно отчёты Lazard подтверждают, что современные солнечные и ветровые станции находятся среди самых конкурентоспособных по LCOE технологий генерации, но также подчёркивают необходимость диверсифицированного портфеля для обеспечения надёжности энергосистемы [3]. Одновременно исследования WMO–IRENA показывают, что климатическая изменчивость и долгосрочные климатические тренды уже заметно влияют на потенциал солнечной, ветровой и гидроэнергетики, а также на структуру спроса на электроэнергию, что требует интеграции «климатического интеллекта» в планирование развития ВИЭ [4]. В этой связи актуальной задачей становится разработка методологии, которая объединяет LCA-характеристики технологий, их экономические показатели и климатические сценарии в единой многокритериальной процедуре выбора и ранжирования.

Целью работы является разработка концептуальной схемы интегрированной LCA–MCDM-оценки портфеля технологий возобновляемой энергетики с учётом климатических сценариев, позволяющей сравнивать солнечную, ветровую, гидроэнергетику, энергии из биомассы, а также гибридные солнечно-ветровые системы с накопителями на основе совокупности экологических, экономических и климато-зависимых критериев.

Для достижения поставленной цели была сформирована база LCA-показателей для ключевых технологий ВИЭ (выбросы парниковых газов, потребление воды и ресурсов, материалоемкость) на основе отчёта UNECE по оценке жизненного цикла вариантов генерации и других обзорных исследований [5-6].

На основе отчёта Lazard LCOE+ и сопоставимых публикаций были определены диапазоны приведённой стоимости электроэнергии (LCOE) для рассматриваемых технологий ВИЭ.

Разработан модуль климатических сценариев, отражающий влияние изменения климата и климатической изменчивости на ресурсный потенциал ВИЭ (солнечная радиация, ветер, сток для ГЭС), гидрологические ресурсы и

структуру спроса на электроэнергию с опорой на недавние исследования WMO–IRENA.

Сформирована система критериев многокритериальной оценки, включающая экологические, экономические, технико-эксплуатационные и климато-адаптационные показатели, а также предложены подходы к их нормализации.

Разработана процедура многокритериального анализа (на основе методов TOPSIS, MAVT и др.) для ранжирования отдельных технологий ВИЭ и гибридных конфигураций, предусматривающая анализ чувствительности к весовым коэффициентам и климатическим сценариям.

Методологический подход и блок-схема. Разрабатываемая методика опирается на последовательность шести взаимосвязанных блоков, представленных в концептуальной схеме интегрированной LCA–MCDM-оценки портфеля ВИЭ (Рис.1).

В Блоке 1 (исходные данные) определяется набор рассматриваемых технологий: солнечные (СЭС), ветровые (ВЭС), гидроэлектростанции (ГЭС), энергетические установки на основе энергии из биомассы и гибридные солнечно-ветровые системы с накопителями энергии; собираются литературные данные по LCOE, LCA-выбросам ($\text{gCO}_2\text{-экв/кВт}\cdot\text{ч}$), водопотреблению и материалоемкости из отчетов UNECE и других источников, а также региональные климатические и ресурсные ограничения.



Рис. 1. Концептуальная схема интегрированной оценки портфеля технологий ВИЭ с учётом климатических сценариев

В Блоке 2 (модуль LCA и технико-экономики) выполняется гармонизация литературных данных: приведение показателей к общей функциональной единице (кВт·ч за жизненный цикл) и сопоставимому сроку службы, выбор ключевых LCA-индикаторов (выбросы ПГ за жизненный цикл, потребление воды и ресурсов, материалоёмкость) и экономических показателей (LCOE).

В Блоке 3 (климатические сценарии) рассматриваются сценарии изменения климата и климатической вариабельности для выбранного региона, включающие изменения ресурсного потенциала ВИЭ, гидроресурсов, температуры окружающей среды и частоты экстремальных погодных явлений; при этом используются выводы недавних обзоров WMO–IRENA о росте влияния климатических факторов на работу энергетических станций и систем на основе ВИЭ.

В Блоке 4 (формирование системы критериев) формируются группы критериев: экологические, экономические, технико-эксплуатационные (надёжность, управляемость, возможность балансировки) и критерии климатической устойчивости и адаптации (чувствительность к изменению ресурсного потенциала, устойчивость к экстремальным событиям, водоёмкость в условиях изменяющегося климата).

В Блоке 5 (многокритериальный анализ, MCDM) критерии нормализуются (0–1, с учётом прямых и обратных показателей), задаются весовые коэффициенты (метод анализа иерархий – АНР, экспертные оценки и др.) и применяется один или несколько методов многокритериального анализа (TOPSIS, MAVT и др.) для ранжирования технологий ВИЭ и гибридных конфигураций; проводится анализ чувствительности к весам и климатическим сценариям.

В Блоке 6 (рекомендации по развитию ВИЭ) формируются предложения по выбору сбалансированного портфеля технологий ВИЭ для рассматриваемого региона, учитывающего компромиссы между жизненным циклом, экономической эффективностью и климатической устойчивостью, а также вклад в достижение национальных и глобальных климатических целей.

Вывод. Интеграция данных LCA, LCOE и климатических сценариев в единой многокритериальной схеме позволяет более обоснованно сравнивать технологии ВИЭ и гибридные системы, учитывая не только их текущую эффективность, но и устойчивость к будущим климатическим условиям.

Список использованной литературы

1. IRENA. 2024 Year in Review: Climate-driven Global Renewable Energy Resources and Energy Demand. Switzerland, 2024. 65p. https://library.wmo.int/viewer/69760/download?file=WMO-IRENA-SGRER-2024_en.pdf&type=pdf&navigator=1

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

2. Thomas Gibon¹, Álvaro Hahn Menacho¹, Mélanie Guiton. Life cycle assessment of electricity generation options Commissioned by UNECE. 17.09.2021. 103 p. https://unece.org/sites/default/files/2021-09/202109_UNECE_LCA_1.2_clean.pdf
3. Lazard. Levelized Cost of Energy+ (LCOE+) 2025. Lazard LLC, New York, 2025. <https://www.lazard.com/media/5tlbhyla/lazards-lcoeplus-june-2025-vf.pdf>
4. Climate Variability Reshaping Renewable Energy Performance. World Meteorological Organization and International Renewable Energy Agency, 2024/2025. <https://theelectricityhub.com/wmo-irena-warn-climate-variability-affects-renewable-energy/>
5. Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA.2020. United Kingdom. 456 p. https://climate.ec.europa.eu/system/files/2020-09/2020_study_main_report_en.pdf
6. IAEA. 2010. Применение методов многокритериального анализа решений для сравнительной оценки вариантов ядерно-энергетических систем. 28p. https://www.iaea.org/sites/default/files/20/04/inpro-kind_rus.pdf

AN’ANAVIY VA MUQOBIL ENERGETIKA TIZIMLARI HAMDA ULARDA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALARNI QO‘LLASHNING DOLZARB MUAMMOLARI VA ZAMONAVIY YECHIMLARI

Esanov Jahongir Abdig‘affor o‘g‘li

Energetika kafedrası o‘qituvchisi

E-mail: jahongiressanov65@gmail.com

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Abdusalomov Dilmurod

Energetika kafedrası 4-kurs talabasi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada an’anaviy va muqobil energetika tizimlarining o‘zaro integratsiyasi hamda ushbu jarayonda intellektual texnologiyalarni (Smart Grid, sun’iy intellekt, ASKUE) qo‘llashning ahamiyati tadqiq etilgan. Tadqiqotda energetika tizimlarining barqarorligini ta’minlashdagi dolzarb muammolar tahlil qilinib, intellektual boshqaruv tizimlari orqali energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha zamonaviy yechimlar taklif etilgan. Natijalar intellektual texnologiyalarni joriy etish orqali energiya yo‘qotishlarini 15-20% gacha kamaytirish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: an’anaviy energetika, muqobil energiya, intellektual texnologiyalar, Smart Grid, ASKUE, energiya samaradorligi, sun’iy intellekt.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kirish

Bugungi kunda global energiya iste'molining ortishi va ekologik vaziyatning yomonlashuvi an'anaviy yoqilg'i manbalaridan muqobil energiya manbalariga o'tishni taqozo etmoqda



Biroq, quyosh va shamol kabi muqobil manbalarning beqaror tabiati umumiy energetika tizimiga integratsiyalashuvda qiyinchiliklar tug'diradi. O'zbekiston energetika tizimi hozirda modernizatsiya bosqichida bo'lib, unda “Raqamli energiya” va intellektual boshqaruv tizimlari ni joriy etish ustuvor vazifa hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi — an'anaviy va muqobil energiya manbalarining gibrid ishlash rejimlarida intellektual texnologiyalarni qo'llash orqali tizim barqarorligini ta'minlash usullarini tahlil qilishdir.

Tadqiqot muammosi. Energetika tizimlarida ishlab chiqarish va iste'mol muvozanatini saqlash, tarmoqlarning eskirganligi va muqobil manbalarni markazlashgan tizimga ulashdagi texnik to'siqlar asosiy muammo bo'lib qolmoqda.

Material va usullar

Ma'lumotlar yig'ish. O'zbekiston va xalqaro energetika agentliklarining Smart Grid (aqli tarmoqlar) va raqamli energetika bo'yicha hisobotlari o'rganildi.

Tahlil: An'anaviy IESlar va yangi qurilayotgan quyosh/shamol elektr stansiyalarining texnik ko'rsatkichlari qiyosiy tahlil qilindi.

Modellashtirish: Intellektual tizimlarning (masalan, ASKUE) energiya iste'molini prognozlashdagi samaradorligi statistik ma'lumotlar asosida baholandi.

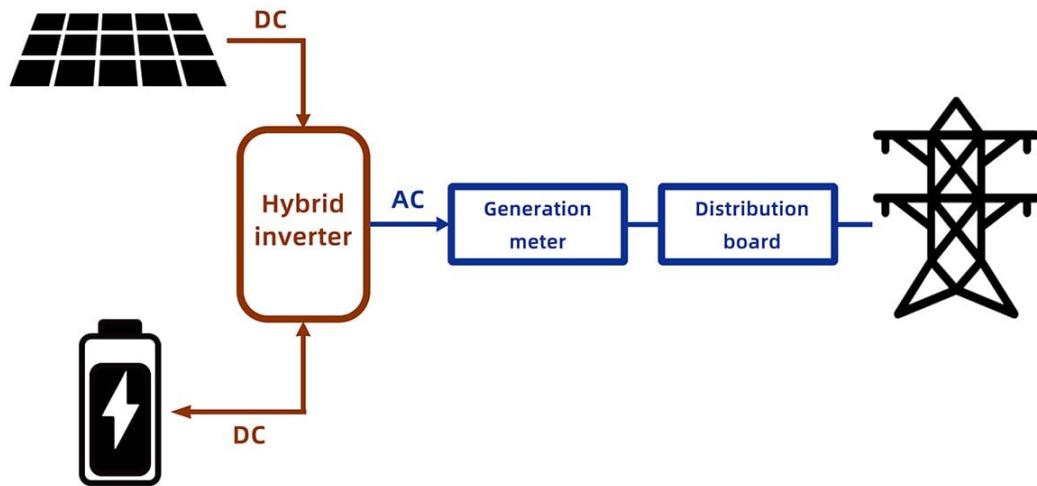
Chegaralar: Tadqiqot asosan elektr energiyasini ishlab chiqarish va taqsimlashda qo'llaniladigan avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari bilan cheklanadi.

Natijalar

An'anaviy va muqobil manbalar integratsiyasi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, muqobil energiya manbalari (QTM) ulushi ortishi bilan tizimda chastota va kuchlanishni rostlash murakkablashmoqda. 2024-yilgi ma'lumotlarga ko'ra, gibrid

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

tizimlarda intellektual invertorlar va akkumulyatorli saqlash tizimlari (BESS) qo‘llanilishi tizim barqarorligini 30% ga oshirgan.



Intellektual texnologiyalarning o‘rni (Smart Grid va ASKUE).

ASKUE tizimi: Iste‘molni real vaqt rejimida nazorat qilish orqali yuklamani optimallashtirish imkonini berdi.

Sun‘iy intellekt (AI): Ob-havo ma‘lumotlari asosida quyosh panellari ishlab chiqaradigan energiyani 95% aniqlik bilan prognozlashga erishildi.

Texnik ko‘rsatkichlar tahlili. Intellektual texnologiyalar joriy etilgan hududlarda:

- texnik yo‘qotishlar: 12% dan 8% gacha kamaygan;
- avariya o‘chishlar soni: 25% ga qisqargan;
- energiya samaradorligi koeffitsienti: 1.2 baravarga oshgan.

Muhokama

Olingan natijalar intellektual texnologiyalar shunchaki qo‘shimcha emas, balki zamonaviy energetikaning asosi ekanligini tasdiqlaydi.

Asosiy yechimlar:

Raqamli egizaklar (Digital Twins): Elektr tarmoqlarining raqamli modellarini yaratish orqali avariyalarni oldindan prognozlash.

Blokcheyn texnologiyasi: Kichik muqobil energiya ishlab chiqaruvchilar (aholi) o‘rtasida energiyani o‘zaro sotish (P2P) tizimini yo‘lga qo‘yish.

Kadrlar tayyorlash: O‘zbekiston sharoitida intellektual tizimlarni boshqara oladigan muhandis-energetiklarni tayyorlash dolzarb hisoblanadi.

Iqtisodiy samaradorlik: Intellektual boshqaruv tizimlariga kiritilgan sarmoya, energiya tejami va avariya kamayishi hisobiga o‘rtacha 4-6 yil ichida o‘zini oqlaydi.

Xulosa

An‘anaviy va muqobil energetikaning samarali hamkorligi faqatgina intellektual boshqaruv tizimlari (Smart Grid) orqali amalga oshirilishi mumkin. Intellektual texnologiyalar energiya yo‘qotishlarini kamaytirish bilan birga, qayta tiklanadigan energiya manbalarini tarmoqqa xavfsiz integratsiya qilish imkonini

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

beradi. O‘zbekistonning 'Digital Energy' strategiyasini muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun qonunchilik bazasini takomillashtirish va innovatsion texnologiya transferini jadallashtirish lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. S.M. Mirzaev. 'Smart Grid: Intellektual elektr tarmoqlari'. Toshkent, 2023.
2. International Energy Agency (IEA). 'Digitalization and Energy Report', 2023.
3. A.B. Aliyev va boshqalar. 'Energetika tizimlarida intellektual boshqaruv', 2024.

AQLLI ELEKTR TARMOQLARI (SMART GRID) TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH AFZALLIKLAR VA MUAMMOLAR

Esanov Jahongir Abdig‘affor o‘g‘li

Energetika kafedrası o‘qituvchisi

e-mail: jahongiresanov65@gmail.com

Mengliyeva Mohinur, Karimov Ramazon, Ergashev Husan

Energetika kafedrası talabalari

Termiz davlat muhandislik va agroteknologiyalar universiteti

Annotatsiya. Aqlli elektr tarmoqlari (Smart Grid) texnologiyalari energetika sohasida inqilobiy o‘zgarishlarni va'da qiluvchi zamonaviy yechim hisoblanadi. Ushbu tizimlar elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va iste'mol qilish jarayonlarini optimallashtirish orqali energiya samaradorligini oshirish, tarmoq barqarorligini ta'minlash va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilishda muhim afzalliklarga ega. Biroq, ularni joriy etish yuqori investitsiya xarajatlari, kiberxavfsizlik tahdidlari, mavjud infratuzilmani modernizatsiya qilish zarurati va me'yoriy-huquqiy bazani takomillashtirish kabi jiddiy muammolar bilan bog‘liq. Shuning uchun, Smart Grid texnologiyalarining to‘liq salohiyatini ro‘yobga chiqarish uchun kompleks yondashuv va strategik rejalashtirish talab etiladi.

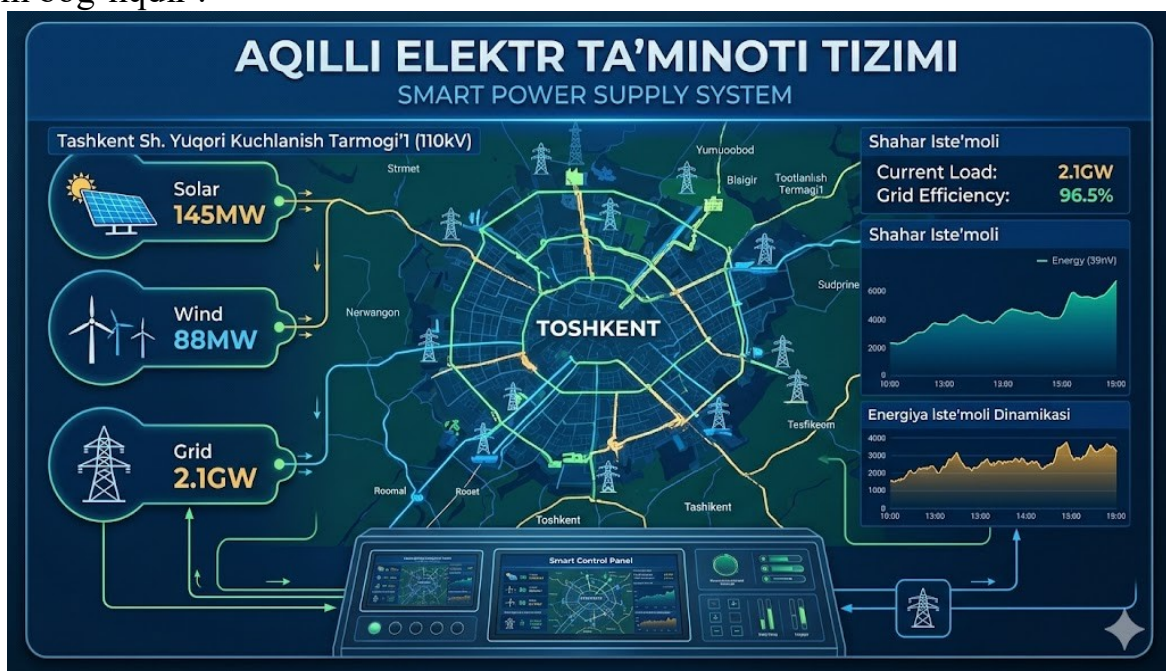
Kalit so‘zlar: aqlli tarmoq, energiya samaradorligi, qayta tiklanuvchi energiya, kiberxavfsizlik, elektr tarmoqlari, infratuzilma, texnologiyalarni joriy etish

Kirish

Zamonaviy dunyoda energiya iste'moli hajmining muttasil o‘sib borishi, iqlim o‘zgarishi bilan bog‘liq ekologik muammolar hamda energiya resurslaridan samarali foydalanish zarurati mavjud elektr ta'minoti tizimlarini modernizatsiya qilish va ularning barqarorligini oshirishni taqozo etmoqda. An'anaviy elektr tarmoqlari bir tomonlama energiya oqimi, cheklangan monitoring imkoniyatlari va markazlashgan boshqaruv tamoyillari tufayli ushbu yangi chaqiriqlarga to‘liq javob bera olmayapti. Shu bois, energiya sektorida inqilobiy o‘zgarishlarni amalga oshirishga qodir bo‘lgan "Aqlli elektr tarmoqlari" (Smart Grid) texnologiyalari tobora dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Aqlli elektr tarmoqlari energiya taqsimlashning kelajagi sifatida qaralib, samaraliroq, ishonchliroq va barqarorroq tizimlarni yaratishga qaratilgan. Ular sensorlar, ilg‘or aloqa tizimlari, aqlli hisoblagichlar va dasturiy yechimlarni integratsiya qilish orqali energiya jarayonlarini ishlab chiqarishdan tortib iste'molgacha optimallashtirish, shu bilan birga yo‘qotishlarni minimallashtirish imkonini beradi. Ushbu texnologiyalarning asosiy xususiyatlaridan biri ikki tomonlama energiya oqimini ta'minlashdir, bu esa iste'molchilarga energiya ishlab chiqarish va uni tarmoqqa qaytarish imkoniyatini beradi. Bu, ayniqsa, quyosh va shamol energiyasi kabi qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilish uchun juda muhimdir. Energiya saqlash texnologiyalari ham o‘zgaruvchan ishlab chiqarishni muvozanatlash, tarmoq barqarorligini ta'minlash va zaxira quvvatni taqdim etishda muhim rol o‘ynaydi. An'anaviy tarmoqlardan farqli o‘laroq, aqlli tarmoqlar keng qamrovli, uzluksiz monitoring va yuqori avtomatlashtirish darajasini taklif etadi. Aqlli hisoblagichlar real vaqt rejimida iste'mol ma'lumotlarini taqdim etsa, ilg‘or sensorlar nosozliklarni aniqlaydi va tarmoqni optimallashtiradi. Shu bilan birga, aqlli tarmoqlarning muvaffaqiyati kiberhujumlardan himoya qilish va ma'lumotlar maxfiyligini ta'minlash uchun mustahkam kiberxavfsizlik choralariga ham bog‘liqdir.



Texnologik innovatsiyalar elektr tarmoqlarini tobora aqlli va ishonchli "energiya interneti"ga aylantirmoqda. Xitoyning State Grid kompaniyasi ilg‘or axborot va energiya texnologiyalarini integratsiya qilish bo‘yicha sa'y-harakatlarga boshchilik qilmoqda. Innovatsiyalarga asoslangan rivojlanishga urg‘u berib, State Grid sun'iy intellekt (SI)ni ishlab chiqarish, ekspluatatsiya, boshqaruv va mijozlarga xizmat ko‘rsatish sohalarida qo‘llamoqda, bu esa tarmoqning ekstremal ob-havo sharoitlari kabi qiyinchiliklarga chidamliligini oshiradi. Kompaniya mustaqil intellektual mulkni hal qiluvchi ahamiyatga ega deb biladi va asosiy texnologiyalarni ta'minlash uchun 2025 yilga borib ilmiy-tadqiqot va ishlanmalarga

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

sarmoyani 16 milliard yuanga oshirishni rejalashtirmoqda. SI ilovalari sezilarli ahamiyatga ega ekanligini isbotlamoqda, masalan, Anxuyda suv ostida qolgan 500 kV liniya ustunlarini aqlli tekshirish uchun dronlardan foydalanish bunga misol bo‘la oladi. Bundan tashqari, State Grid Fujian dronlar va robotlarni birlashtirgan SI tahlil platformasini ishlab chiqdi, bu uskunadagi nuqsonlarni va noqonuniy operatsiyalarni aniqlashga yordam beradi. Ushbu platforma samaradorlikni sezilarli darajada oshirdi, ilgari ikki kun davom etgan qo‘lda bajariladigan vazifani atigi ikki soat ichida 2500 dan ortiq fotosuratni tahlil qildi. SI hozirda tarmoqni ekspluatatsiya qilish, texnik xizmat ko‘rsatish, dispetcherlik va aqlli mijozlarga xizmat ko‘rsatishda keng qo‘llanilmoqda, bu esa ishonchli energiya ta‘minotiga bo‘lgan ortib borayotgan talablarni qondirmoqda.

Ushbu maqolaning maqsadi – aqlli elektr tarmoqlari texnologiyalarini joriy etishning afzalliklari va muammolarini har tomonlama tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot doirasida texnik, iqtisodiy, ekologik, kiberxavfsizlik va ijtimoiy jihatlar chuqur o‘rganiladi. Mavzuning dolzarbligi shundaki, energiya taqsimotini aqlli tarmoq texnologiyalari bilan modernizatsiya qilish o‘sib borayotgan energiya talabini, ekologik muammolarni hal qilish va iste‘molchilarning ishtirokini rag‘batlantirish uchun zarur bo‘lib, bu energiya siyosati uchun ustuvor vazifa hisoblanadi. Ushbu tahlil orqali biz aqlli tarmoqlarni muvaffaqiyatli joriy etish uchun zarur bo‘lgan strategik yondashuvlar va tavsiyalarni ishlab chiqishga hissa qo‘shishni maqsad qilganmiz.

Kiberxavfsizlik aqlli tarmoqlarning eng muhim va xavfli muammolaridan biridir. Aqlli tarmoqlar raqamlashtirilgan va o‘zaro bog‘langan tizimlar bo‘lganligi sababli, ular kiberhujumlar uchun potentsial nishonga aylanadi. Elektr ta‘minoti kabi kritik infratuzilmaga qilingan muvaffaqiyatli kiberhujumlar keng ko‘lamli uzilishlarga, iqtisodiy yo‘qotishlarga va hatto milliy xavfsizlikka tahdid solishi mumkin. Ma‘lumotlar maxfiyligi va himoyasi ham dolzarb masala. Aqlli hisoblagichlar iste‘molchilarning energiya sarfi haqida batafsil ma‘lumotlarni yig‘adi, bu ma‘lumotlar shaxsiy hayotga daxl qilishi mumkin. Shuning uchun, bu ma‘lumotlarni ruxsatsiz kirish va suiiste‘molliklardan himoya qilish uchun mustahkam kiberxavfsizlik choralari va ma‘lumotlar maxfiyligi siyosatlari zarur. Zaifliklarni aniqlash va bartaraf etish doimiy jarayon bo‘lib, kiberxavfsizlik sohasidagi mutaxassislarining uzluksiz sa’y-harakatlarini talab qiladi.



Ijtimoiy muammolar ham e‘tibordan chetda qolmasligi kerak. Iste‘molchilarning qarshiligi va ishonchsizligi aqlli tarmoqlarni joriy etishga

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

to‘sqinlik qilishi mumkin. Ba’zi iste’molchilar o‘z ma’lumotlarining maxfiyligi haqida xavotir bildirishi yoki yangi texnologiyalarga moslashishda qiyinchiliklarga duch kelishi mumkin. Shuning uchun, iste’molchilarni aqlli tarmoqlarning afzalliklari haqida xabardor qilish, ularning ishonchini qozonish va texnologiyadan foydalanish bo‘yicha o‘qitish dasturlarini amalga oshirish muhimdir. Malakali kadrlar yetishmasligi ham jiddiy muammo. Aqlli tarmoqlar murakkab texnologik tizimlar bo‘lib, ularni loyihalash, o‘rnatish, boshqarish va texnik xizmat ko‘rsatish uchun yuqori malakali muhandislar, IT mutaxassislari va kiberxavfsizlik bo‘yicha ekspertlar talab qilinadi. Ta’lim tizimini aqlli tarmoq ehtiyojlariga moslashtirish va kadrlar tayyorlash dasturlarini ishlab chiqish zarur.

Xalqaro tajriba va amaliyotlar aqlli tarmoqlarni joriy etishda qimmatli saboqlar beradi. Xitoyning State Grid kompaniyasi bu sohada yetakchi hisoblanadi. Kompaniya ilg‘or axborot va energiya texnologiyalarini integratsiya qilish bo‘yicha ulkan sa’y-harakatlarni amalga oshirmoqda. Innovatsiyalarga asoslangan rivojlanishga urg‘u berib, State Grid sun‘iy intellektni ishlab chiqarish, ekspluatatsiya, boshqaruv va mijozlarga xizmat ko‘rsatish sohalarida keng qo‘llamoqda. Misol uchun, Anxuyda suv ostida qolgan 500 kV liniya ustunlarini aqlli tekshirish uchun dronlardan foydalanish tarmoqning ekstremal ob-havo sharoitlariga chidamliligini oshirishga yordam bergan. State Grid Fujian esa dronlar va robotlarni birlashtirgan SI tahlil platformasini ishlab chiqdi, bu uskunadagi nuqsonlarni va noqonuniy operatsiyalarni aniqlashda samaradorlikni sezilarli darajada oshirdi. Ilgari ikki kun davom etgan qo‘lda bajariladigan vazifa endi atigi ikki soat ichida 2500 dan ortiq fotosuratni tahlil qilish orqali amalga oshirilmoqda. State Grid mustaqil intellektual mulkni hal qiluvchi ahamiyatga ega deb biladi va asosiy texnologiyalarni ta’minlash uchun ilmiy-tadqiqot va ishlanmalarga sarmoyani 2025 yilga borib 16 milliard yuanga oshirishni rejalashtirmoqda. Bu tajriba shuni ko‘rsatadiki, aqlli tarmoqlarni muvaffaqiyatli joriy etish uchun davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlash, ulkan investitsiyalar, innovatsiyalarga e’tibor va kadrlar salohiyatini rivojlantirish zarur.

Uchinchidan, kadrlar tayyorlash va malakasini oshirish dasturlarini ishlab chiqish. Universitetlar va kasb-hunar kollejlari o‘quv dasturlarini aqlli tarmoq texnologiyalari ehtiyojlariga moslashtirishi, muhandislar, IT mutaxassislari va kiberxavfsizlik bo‘yicha ekspertlarni tayyorlashga e’tibor qaratishi kerak. Xalqaro hamkorlik doirasida xorijiy mutaxassislarni jalb qilish va mahalliy kadrlarning xorijda malaka oshirishini tashkil etish ham muhimdir.

To‘rtinchidan, me’yoriy-huquqiy bazani takomillashtirish. Aqlli tarmoqlarning o‘ziga xos xususiyatlarini, jumladan, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilish, energiya saqlash tizimlarini tartibga solish, ma’lumotlar almashinuvini boshqarish va kiberxavfsizlik standartlarini belgilashni nazarda tutuvchi yangi qonunchilik va me’yoriy hujjatlarni ishlab chiqish zarur. Bu jarayonda xalqaro tajriba va eng yaxshi amaliyotlarni o‘rganish muhim ahamiyatga ega.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Beshinchidan, mustahkam kiberxavfsizlik strategiyasini ishlab chiqish va amalga oshirish. Elektr ta’minoti tizimi milliy xavfsizlikning muhim elementi bo’lganligi sababli, aqlli tarmoqlarni kiberhujumlardan himoya qilish ustuvor vazifa bo’lishi kerak. Bu kiberxavfsizlik bo’yicha milliy standartlarni ishlab chiqish, xavfsizlik auditlarini muntazam o’tkazish, kiberxavfsizlik bo’yicha mutaxassislarni tayyorlash va xalqaro hamkorlikni kuchaytirishni o’z ichiga oladi.

Oltinchidan, iste’molchilar bilan ishlash va ularning xabardorligini oshirish. Aqlli tarmoqlarning afzalliklari haqida keng tushuntirish ishlarini olib borish, iste’molchilarni yangi texnologiyalardan foydalanishga o’rgatish va ularning ishonchini qozonish muhimdir. Bu energiya samaradorligi bo’yicha kampaniyalar, aqlli hisoblagichlar va talabni boshqarish dasturlari haqida ma’lumot beruvchi materiallar tayyorlash orqali amalga oshirilishi mumkin. Iste’molchilarga o’z energiya sarfini boshqarish imkoniyatini beruvchi interaktiv platformalar va mobil ilovalarni joriy etish ham ularning faol ishtirokini rag’batlantiradi.

Yettinchidan, ilmiy-tadqiqot va ishlanmalarni qo’llab-quvvatlash. Mahalliy ilmiy muassasalar va universitetlarda aqlli tarmoq texnologiyalari bo’yicha tadqiqotlarni rag’batlantirish, innovatsion yechimlarni ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etish uchun sharoit yaratish zarur. Bu sohada xalqaro ilmiy hamkorlikni rivojlantirish ham muhim ahamiyatga ega.

Sakkizinchidan, energiya bozorini liberallashtirish va raqobatni kuchaytirish. Aqlli tarmoqlar energiya bozorida yangi ishtirokchilarning paydo bo’lishiga, masalan, kichik ishlab chiqaruvchilar va energiya xizmatlari provayderlarining kirib kelishiga imkon beradi. Bu esa raqobatni kuchaytirib, iste’molchilar uchun energiya narxini pasaytirishga va xizmatlar sifatini oshirishga yordam beradi.

To’qqizinchidan, ma’lumotlar boshqaruvi va tahlili tizimlarini rivojlantirish. Aqlli tarmoqlar tomonidan yig’iladigan ulkan hajmdagi ma’lumotlarni samarali boshqarish, tahlil qilish va ulardan qaror qabul qilish jarayonlarida foydalanish uchun ilg’or dasturiy ta’minot va apparat komplekslarini joriy etish zarur. Sun’iy intellekt va mashinani o’rganish algoritmlarini qo’llash tarmoqni optimallashtirish, nosozliklarni prognoz qilish va energiya oqimlarini boshqarishda muhim rol o’ynaydi.

O’ninchidan, xalqaro hamkorlikni kengaytirish. Aqlli tarmoqlarni joriy etish bo’yicha xalqaro tashkilotlar, rivojlangan mamlakatlar va yetakchi kompaniyalar bilan tajriba almashish, qo’shma loyihalarni amalga oshirish va texnik yordam olish O‘zbekiston uchun juda foydali bo’ladi. Bu esa eng yaxshi amaliyotlarni o’rganish va mahalliy sharoitlarga moslashtirish imkonini beradi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



Aqlli elektr tarmoqlari texnologiyalarini joriy etish O‘zbekistonning energiya sektorini modernizatsiya qilish, energiya xavfsizligini mustahkamlash, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va ekologik barqarorlikni ta’minlash uchun strategik ahamiyatga ega. Garchi bu jarayon jiddiy texnik, iqtisodiy, kiberxavfsizlik va ijtimoiy muammolar bilan bog‘liq bo‘lsa-da, puxta o‘ylangan strategiya, bosqichma-bosqich yondashuv, moliyalashtirish mexanizmlarini diversifikatsiya qilish, kadrlar salohiyatini rivojlantirish va huquqiy bazani takomillashtirish orqali bu to‘siqlarni yengib o‘tish mumkin. Xalqaro tajribani o‘rganish va uni mahalliy sharoitlarga moslashtirish O‘zbekiston uchun muvaffaqiyatli yo‘lni ochadi. Aqlli tarmoqlar nafaqat elektr energiyasini taqsimlash tizimini o‘zgartiradi, balki mamlakatning umumiy iqtisodiy rivojlanishiga va aholi farovonligini oshirishga ham ulkan hissa qo‘shadi. Bu esa energiya siyosati uchun ustuvor vazifa hisoblanadi.

Xulosa

Aqlli elektr tarmoqlari texnologiyalarini joriy etish energiya sektorini modernizatsiya qilish, barqarorlikni oshirish va ekologik muammolarni hal etish uchun strategik ahamiyatga ega. Ushbu tizimlar energiya samaradorligini oshirish, qayta tiklanuvchi manbalarni integratsiya qilish va iste'molchilar ishtirokini rag‘batlantirish orqali ko‘plab afzalliklarni taqdim etadi. Biroq, yuqori investitsiya xarajatlari, kiberxavfsizlik tahdidlari, texnik moslashuvchanlik va malakali kadrlar yetishmasligi kabi jiddiy muammolar mavjud.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Alimov A.A., Bobojonov B.B. (2022). Aqlli elektr tarmoqlarida energiya sifatini boshqarish usullari. Energetika muammolari, 3(3), 45-52. Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent. – <https://journal.tdtu.uz/index.php/energetika/>
2. Ergashev D.E., G‘aniyev G.F. (2021). Aqlli elektr tarmoqlarini joriy etishning iqtisodiy samaradorligi. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar, 5(5), 112-119. Toshkent moliya instituti, Toshkent. – <https://iqtisodiyot.uz/>
3. Ibrohimov H.I., Karimova K.L. (2023). O‘zbekiston energetika tizimida aqlli tarmoqlarni rivojlantirishning dolzarb masalalari. Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, 1(1), 78-85. Farg‘ona politexnika instituti, Farg‘ona. – <https://journal.fpi.uz/index.php/fvt/>
4. Nurmatov M.N., Olimov O.P. (2022). Aqlli elektr tarmoqlarida axborot xavfsizligini ta'minlash muammolari. Innovatsion texnologiyalar, 4(4), 67-73.

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi. –
<https://innovatsion.uz/index.php/innovatsion/>

5. Saidov R.S., Tursunov S.T. (2023). Aqlli elektr tarmoqlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalashning afzalliklari. Energetika va resurs tejash muammolari, 2(2), 88-95. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti, Toshkent. –
<https://journal.tiqxmmi.uz/index.php/energetika/>

ZAMONAVIY YUQORI SAMARALI GIDROTURBINALAR VA GENERATORLAR ASOSIDA GESLARNI MODERNIZATSIYA QILISH ISTIQBOLLARI

Eshmurodov A.R.

“O‘zbekgedroenergo” AJ “To‘polang GES” filiali
ETL va aloqa bo‘limi

abroreshmurodov775@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tezisda gidroelektr stansiyalarni zamonaviy yuqori samarali gidroturbinalar va generatorlar asosida modernizatsiya qilishning texnik, energetik va iqtisodiy istiqbollari yoritiladi. GESlarni modernizatsiya qilish bugungi kunda yangi quvvat qurish bilan bir qatorda muhim yo‘nalish hisoblanadi, chunki ko‘plab mavjud gidroagregatlar 30-40 yil va undan ortiq muddat ishlagan bo‘lib, ularning foydali ish koeffitsiyenti, ishonchliligi va avtomatlashtirish darajasi zamonaviy talablar darajasida emas. Xalqaro tajribaga ko‘ra, eski turbina ishchi g‘ildiragini zamonaviy konstruksiya bilan almashtirish ayrim holatlarda turbina samaradorligini 3-5% gacha oshirishi mumkin. Eksperimental tadqiqotlar natijalari va ma‘lumotlarida 40 yillik turbina ishchi g‘ildiragini yangilash sharoitga qarab 5% gacha samaradorlik o‘shishini berishi qayd etilgan [3]. GESlar modernizatsiyasi nafaqat elektr energiyasi ishlab chiqarishni oshiradi, balki suv resursidan samarali foydalanish, avariya xavfini kamaytirish, ekologik talablarga moslashish va elektr tarmog‘i barqarorligini ta‘minlashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: GES modernizatsiyasi, yuqori samarali gidroturbina, Francis turbina, Kaplan turbina, Pelton turbina, gidrogenerator, foydali ish koeffitsiyenti, raqamli boshqaruv, prediktiv diagnostika, energiya samaradorligi.

Kirish

Gidroelektr stansiyalar qayta tiklanuvchi energiya manbalari ichida eng barqaror va boshqariladigan manbalardan biri hisoblanadi. Ular elektr energiyasini ishlab chiqarish bilan birga tarmoq chastotasini rostlash, pik yuklamalarni qoplash, suv resurslarini tartibga solish va energiya xavfsizligini ta‘minlashda muhim rol o‘ynaydi. Xalqaro energetika agentligi gidroenergetikani elektr tizimlarining moslashuvchanligi va energiya xavfsizligini oshiruvchi muhim manba sifatida baholaydi, ayniqsa nasosli-akkumulyatsion GESlar energiya saqlash va moslashuvchan quvvat vazifasini bajaradi [1]. Biroq mavjud GESlarning katta qismi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

uzoq yillar davomida ishlaganligi sababli ularning turbina, generator, qo‘zg‘atish tizimi, sovitish tizimi, avtomatika va himoya qurilmalari modernizatsiyaga ehtiyoj sezadi. AIIB (**Asian Infrastructure Investment Bank**) tomonidan tayyorlangan gidroenergetika modernizatsiyasi bo‘yicha ishchi hujjatda 30-40 yil avval o‘rnatilgan turbina-generator agregatlari zamonaviy qismlar bilan qayta jihozlanishi, buning natijasida samaradorlik oshishi va ekologik ta’sir kamayishi mumkinligi ta’kidlanadi [4]. O‘zbekiston sharoitida bu masala yanada dolzarbdir. Jahon banki 2025-yilda O‘zbekistonda kichik gidroenergetika salohiyatini rivojlantirish va elektr ta’minoti sifatini oshirish uchun 150 mln AQSh dollari miqdorida imtiyozli kredit ajratilganini e’lon qilgan [6]. Demak, mamlakatda yangi kichik GESlar bilan bir qatorda mavjud gidroenergetika obyektlarini zamonaviy texnologiyalar asosida rekonstruksiya qilish ham muhim yo‘nalish bo‘lib qoladi.

GESlarni modernizatsiya qilish zarurati. GESlarni modernizatsiya qilishning asosiy sababi shundan iboratki, eski gidroagregatlar loyihaviy samaradorlikda ishlamaydi. Vaqt o‘tishi bilan turbina ishchi g‘ildiraklarida eroziya, kavitatsiya, gidravlik notekislik, podshipniklar yeyilishi, generator chulg‘amlarining izolyatsiyasi eskirishi, sovitish tizimining samaradorligi pasayishi kuzatiladi. Natijada bir xil suv sarfi bilan kamroq elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Modernizatsiya yangi GES qurishga nisbatan ko‘pincha iqtisodiy jihatdan afzal bo‘lishi mumkin, chunki mavjud to‘g‘on, suv inshootlari, mashina zali va elektr ulanish infratuzilmasidan foydalaniladi. REN21(“Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining 2025-yilgi global holat hisoboti”) 2025 hisobotida ham eski gidroenergetika obyektlarini modernizatsiya qilish operatsion samaradorlikni oshirish va energiya tizimi integratsiyasini yaxshilashda katta salohiyatga ega ekanini qayd etadi [5].

GES modernizatsiyasiga ehtiyoj tug‘diruvchi asosiy omillar

1-jadval

Modernizatsiya sababi	Texnik muammo	Kutiladigan yechim
Turbina FIK pasayishi	Kavitatsiya, eroziya, eski ishchi g‘ildirak profili	Yangi CFD asosida loyihalangan ishchi g‘ildirak
Generator eskirishi	Chulg‘am izolyatsiyasi, qizish, magnit yo‘qotishlar	Yuqori samarali gidrogenerator yoki stator/rotor rekonstruksiya
Avtomatika eskirishi	Qo‘lda boshqarish, sekin rostdash, eski rele himoyasi	Raqamli qo‘zg‘atish, SCADA, mikroprotsessorli himoya
Avarya xavfi	Vibratsiya, podshipnik qizishi, o‘z vaqtida aniqlanmagan nosozlik	Onlayn diagnostika va prediktiv texnik xizmat

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Modernizatsiya sababi	Texnik muammo	Kutiladigan yechim
Suvdan foydalanish samaradorligi pastligi	Agregatlar optimal yuklama zonasida ishlamasligi	Optimal dispetcherlik va avtomatik yuklama taqsimoti

Zamonaviy yuqori samarali gidroturbinalar. GES larda eng asosiy energiya o‘zgartiruvchi qurilma - gidroturbina hisoblanadi. Gidroturbina suv oqimining potensial va kinetik energiyasini mexanik aylanish energiyasiga aylantiradi. Zamonaviy turbinalarning afzalligi shundaki, ularning ishchi g‘ildiraklari kompyuter gidrodinamikasi, ya’ni CFD (Computational Fluid Dynamics) modellashtirish asosida loyihalanadi. Bu suv oqimining notekisligini kamaytirish, kavitatsiya xavfini pasaytirish va kengroq yuklama oralig‘ida yuqori FIKni saqlash imkonini beradi.

Francis turbinalar o‘rta naporli GESlarda eng ko‘p qo‘llaniladi. Ular radial-o‘qiy oqimli turbinalar bo‘lib, suv ishchi g‘ildirakka radial yo‘nalishda kirib, o‘qiy yo‘nalishda chiqadi. Zamonaviy Francis turbinalarida yo‘naltiruvchi apparat, spiral kamera, so‘rish quvuri va ishchi g‘ildirak geometriyasi optimallashtiriladi. Bu gidravlik yo‘qotishlarni kamaytiradi va qisman yuklama rejimlarida barqaror ishlashni ta’minlaydi.

Kaplan turbinalar past naporli, katta suv sarfiga ega GESlarda qo‘llaniladi. Ularning asosiy afzalligi - ishchi g‘ildirak parraklari burchagini o‘zgartirish imkoniyatidir. Bu turbinaga turli suv sarfi va yuklama sharoitlarida yuqori samaradorlikni saqlab qolish imkonini beradi. 2024-yilda e’lon qilingan tadqiqotda Kaplan turbinalarida loyqa va cho‘kindi zarrachalar turbina suv osti qismlarining eroziyasiga olib kelishi, bu esa mashina samaradorligini pasaytirishi ko‘rsatilgan [8].

Pelton turbinalar yuqori naporli, nisbatan kichik suv sarfiga ega GESlarda qo‘llaniladi. Ular impuls tipidagi turbinalar bo‘lib, suv soplodan yuqori tezlikda chiqib, ishchi g‘ildirak kovshlariga uriladi. Modernizatsiya jarayonida soplo, igna rostlagich, kovsh shakli va suv oqimi yo‘nalishi optimallashtiriladi.

Turbina turlari va modernizatsiya yo‘nalishlari

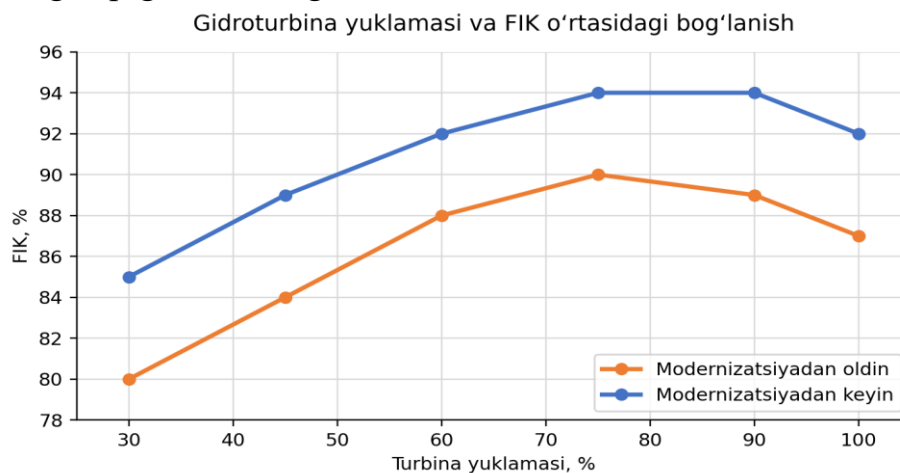
2-jadval

Turbina turi	Qo‘llanish sohasi	Modernizatsiyadagi asosiy yo‘nalish
Francis	O‘rta napor, o‘rtacha suv sarfi	Ishchi g‘ildirakni almashtirish, kavitatsiyani kamaytirish
Kaplan	Past napor, katta suv sarfi	Parrak burchagini avtomatik rostlash, gidravlik samaradorlikni oshirish

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

Turbina turi	Qo‘llanish sohasi	Modernizatsiyadagi asosiy yo‘nalish
Pelton	Yuqori napor, kichik suv sarfi	Soplo va kovsh geometriyasini optimallashtirish
Bulb/tubular	Juda past naporli daryo GESlari	Kompakt konstruksiya, oqim yo‘qotishlarini kamaytirish

Quyidagi 1-rasmda Modernizatsiyadan oldin va keyin gidroturbina FIK ning yuklamaga bog‘liqligi tasvirlangan



Zamonaviy gidrogeneratorlar va ularning samaradorlikka ta’siri. Gidrogenerator turbina mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi asosiy elektr mashinadir. Eski generatorlarda samaradorlik pasayishining asosiy sabablari - magnit o‘zakdagi yo‘qotishlar, chulg‘amlarning qizishi, sovitish tizimi samaradorligining pasayishi, izolyatsiya eskirishi va qo‘zg‘atish tizimining sust ishlashidir.

Zamonaviy gidrogeneratorlarda yuqori sifatli elektrotexnik po‘lat, takomillashtirilgan izolyatsiya materiallari, samarali sovitish tizimi, raqamli qo‘zg‘atish tizimi va mikroprotssessorli himoya qurilmalari qo‘llaniladi. Natijada generatorning FIK i oshadi, qizish kamayadi, reaktiv quvvatni boshqarish tezlashadi va elektr tarmog‘i kuchlanish barqarorligi yaxshilanadi.

Generator modernizatsiyasida faqat generatorni to‘liq almashtirish shart emas. Ba’zi hollarda stator chulg‘amlarini yangilash, rotor qutblarini qayta izolyatsiyalash, sovitish tizimini yaxshilash, qo‘zg‘atish tizimini raqamli boshqaruvga o‘tkazish va himoya avtomatikasini almashtirish yetarli bo‘ladi. Bunday yondashuv iqtisodiy jihatdan ancha samarali bo‘lib, kapital xarajatlarni sezilarli kamaytiradi. Modernizatsiya jarayonida generatorning issiqlik rejimi barqarorlashib, yo‘qotishlar kamayadi. Raqamli qo‘zg‘atish tizimi kuchlanish va reaktiv quvvatni aniq boshqarish imkonini beradi. Natijada elektr energiyasi sifati

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

yaxshilanadi va tizim barqarorligi oshadi. Shuningdek, jihozlarning xizmat muddati uzaytirilib, avariya xavfi kamayadi.

Zamonaviy gidrogenerator yechimlarining samaradorlikka ta'siri

3-jadval

Zamonaviy yechim	Texnik natija	Energetik samara
Yuqori sifatli elektrotexnik po'lat	Magnit yo'qotishlar kamayadi	Generator FIK oshadi
Yangi izolyatsiya materiallari	Qizishga chidamlilik ortadi	Ishonchlilik oshadi
Raqamli qo'zg'atish tizimi	Kuchlanish va reaktiv quvvat tez rostlanadi	Tarmoq barqarorligi yaxshilanadi
Zamonaviy sovitish tizimi	Chulg'am harorati me'yorda saqlanadi	Xizmat muddati uzayadi
Onlayn diagnostika	Nosozlik erta aniqlanadi	Rejasiz to'xtash kamayadi

Modernizatsiya natijasida energiya samaradorligining oshishi. GES modernizatsiyasining asosiy natijasi - bir xil suv resursidan ko'proq elektr energiyasi olishdir. Buni quyidagi bog'lanish orqali tushuntirish mumkin:

$$P_m = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot (\eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_s)$$

bu yerda: P_m – modernizatsiyadan keyingi umumiy elektr energiyasi, ρ - suv zichligi, g - erkin tushish tezlanishi, Q - suv sarfi, H – bosim (balandlik), η_t – turbinaning foydali ish koeffitsiyenti, η_g – generatorning foydali ish koeffitsiyenti va η_s – uzatish va boshqaruv tizimlari samaradorligi. Umuman olganda deyarli bir xil qolgan holatda, ishlab chiqariladigan quvvat asosan umumiy foydali ish koeffitsiyenti η ga bog'liq bo'ladi. Demak, turbina va generator samaradorligini oshirish bevosita ishlab chiqariladigan elektr energiyasi hajmini oshiradi.

Masalan, agar GESning o'rtacha ishlab chiqarish quvvati 50 MW bo'lsa va modernizatsiya natijasida umumiy FIK 3% ga oshsa, nazariy jihatdan foydali quvvat 1,5 MW ga ortadi. Agar stansiya yiliga 4000 soat ekvivalent yuklama bilan ishlasa, bu yiliga 6000 MW, ya'ni 6 GW qo'shimcha elektr energiyasi ishlab chiqarish imkonini beradi. Bu yangi suv resursi talab qilmasdan, faqat mavjud uskuna samaradorligini oshirish hisobiga erishiladi.

Modernizatsiyadan kutiladigan texnik-energetik natijalar

4-jadval

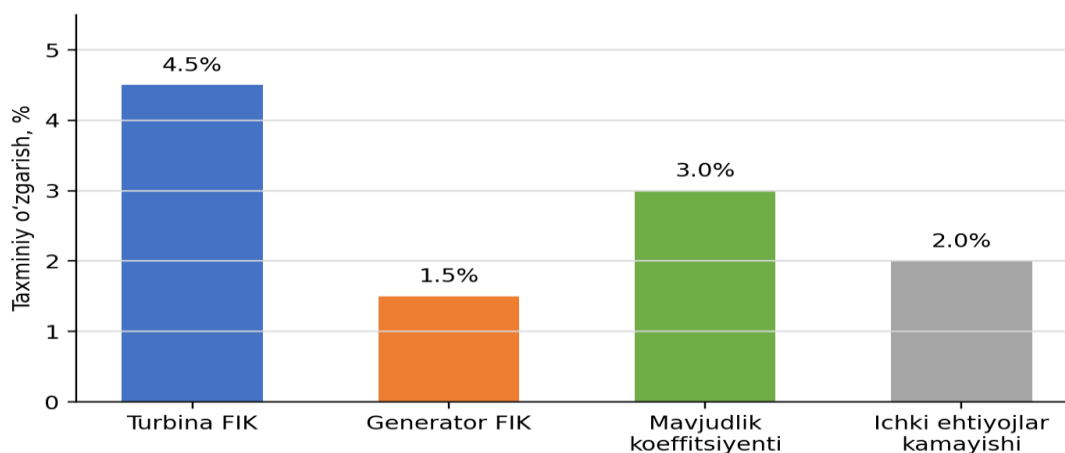
Ko'rsatkich	Modernizatsiyadan oldin	Modernizatsiyadan keyin	Natija
Turbina FIK	88-90%	92-94%	+3-5%
Generator FIK	96-97%	98-98,5%	+1-2%
Rejasiz to'xtashlar	Yuqori	Past	Ishlab chiqarish barqarorlashadi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

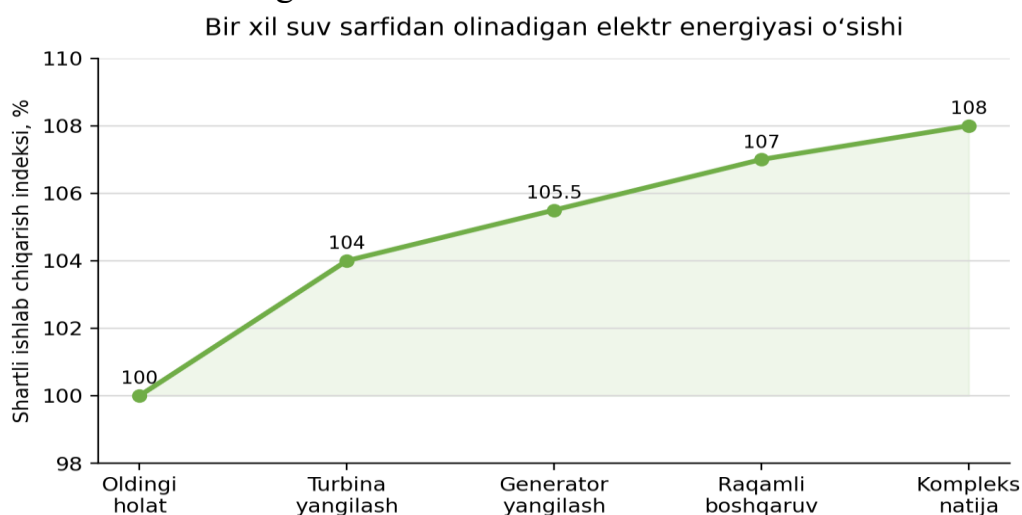
Vibratsiya	Me'yorga yaqin yoki yuqori	Nazorat ostida	Mexanik xavf kamayadi
Suv sarfi / kWh	Yuqori	Pastroq	Suvdan foydalanish yaxshilanadi

Quyidagi 2-rasmda Turbina, generator va boshqaruv tizimlari modernizatsiyasidan kutiladigan umumiy samaradorligi tasvirlangan

Modernizatsiyadan kutiladigan energetik samara



3-rasmda Modernizatsiya bosqichlari bo'yicha bir xil suv sarfidan olinadigan energiya indeksi tasvirlangan



Modernizatsiya va raqamli boshqaruv integratsiyasi. Zamonaviy yuqori samarali turbina va generatorlarni o'rnatishning o'zi yetarli emas. Ular raqamli boshqaruv tizimlari bilan birgalikda ishlaganda maksimal samara beradi. Chunki eng samarali turbina ham nooptimal suv sarfi, noto'g'ri yuklama taqsimoti yoki eskirgan boshqaruv algoritmi bilan ishlasa, uning imkoniyati to'liq ochilmaydi. Shu sababli modernizatsiya SCADA tizimi, raqamli qo'zg'atish tizimi, avtomatik tezlik rostlagichi, vibrodiagnostika, raqamli egizak va sun'iy intellekt asosidagi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

prognozlash modullari bilan uyg‘unlashtirilishi kerak. Bunday yondashuv turbina-generator blokini alohida uskuna sifatida emas, balki yagona intellektual energetik kompleks sifatida boshqarish imkonini beradi.

Xulosa

Zamonaviy yuqori samarali gidroturbinalar va generatorlar asosida GESlarni modernizatsiya qilish gidroenergetika sohasining eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Bunday modernizatsiya mavjud stansiyalarning energiya samaradorligini oshirish, suv resurslaridan oqilona foydalanish, avariya xavfini kamaytirish va elektr tarmog‘i barqarorligini mustahkamlashga xizmat qiladi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, modernizatsiya faqat eski uskunani yangisiga almashtirish emas, balki butun gidroagregatni - turbina, generator, qo‘zg‘atish tizimi, avtomatika, himoya, monitoring va boshqaruv tizimlarini yagona kompleks sifatida qayta jihozlash jarayonidir. Xalqaro tajribada 30-40 yil ishlagan turbina-generator agregatlarini zamonaviy texnologiyalar bilan rekonstruksiya qilish samaradorlikni sezilarli oshirishi mumkinligi ko‘rsatilgan. Ayrim texnik yechimlarda turbina ishchi g‘ildiragini almashtirishning o‘zi 3-5% atrofida samaradorlik o‘shirishini berishi mumkin.

O‘zbekiston uchun bu yo‘nalish alohida ahamiyatga ega. Mamlakatda kichik gidroenergetikani rivojlantirish bo‘yicha yangi moliyaviy va institutsional imkoniyatlar yaratilmoqda. Shu bilan birga, mavjud GESlarni yuqori samarali turbina-generator agregatlari, raqamli boshqaruv va prediktiv diagnostika tizimlari asosida modernizatsiya qilish elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmini oshirish, energiya xavfsizligini mustahkamlash va yashil energetika ulushini kengaytirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. International Energy Agency. Hydropower. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/hydroelectricity>
2. International Hydropower Association. Hydropower: benefits and role in the energy transition. <https://www.hydropower.org>
3. ANDRITZ. Rehabilitation and modernization of hydropower plants. <https://www.andritz.com/products-en/environmental-solutions/modernization-renewal>
4. Asian Infrastructure Investment Bank. Hydropower Modernization Needs in Asia. https://www.aiib.org/en/news-events/media-center/working-papers/pdf/AIIB-Working-Paper-Hydropower-Modernization_26August2020.pdf
5. REN21. Renewables 2025 Global Status Report: Hydropower. <https://www.ren21.net/gsr-2025/technologies/hydro-power/>
6. World Bank. Uzbekistan to Enhance Energy Production through Hydropower with World Bank Support. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2025/06/25/uzbekistan-to-enhance-energy-production-through-hydropower-with-world-bank-support>

7. World Bank. Small Hydropower Development Project in Uzbekistan. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099052725100515790/pdf/P509250-804cdc77-d2c8-44ea-9eb5-8847f4bbcc98.pdf>

8. ScienceDirect. Efficiency and erosion issues in Kaplan turbines under sediment conditions, 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210537924000039>

**RAQAMLI TRANSFORMATSIYA VA “AQLLI GES”
TEXNOLOGIYALARI ORQALI GIDROELEKTR STANSIYALARNING
ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIR**

Eshmurodov A.R.

"O‘zbekgedroenergo" AJ "To‘polang GES" filiali

ETL va aloqa bo‘limi

abroreshmurodov775@gmail.com

Annotatsiya Ushbu tezisda gidroelektr stansiyalarda energiya samaradorligini oshirishning zamonaviy yo‘nalishi sifatida raqamli transformatsiya, “Aqlli GES” konsepsiyasi, IoT sensorlari, SCADA/EMS tizimlari, raqamli egizak, sun‘iy intellektga asoslangan prognozlash, prediktiv texnik xizmat ko‘rsatish va optimal suv-energiya boshqaruvi masalalari tahlil qilinadi. Gidroenergetika global energetika tizimida nafaqat qayta tiklanuvchi energiya manbai, balki elektr tarmog‘i barqarorligini ta‘minlovchi manevrli quvvat sifatida ham muhim o‘rin tutadi. 2025-yilda dunyo bo‘yicha gidroenergetika quvvati 26,6 GW ga oshgan, shundan 172 GW an‘anaviy GESlar va 9,4 GW nasosli-akkumulyatsion GESlar hissasiga to‘g‘ri kelgan [1]. O‘zbekiston misolida 2025-yilda gidroenergetika o‘rnatilgan quvvati 2,4 Gigavatt (GVt) ga yetdi [2]. Shu sababli mavjud GESlarni modernizatsiya qilish, raqamli monitoring va avtomatik boshqaruv asosida agregatlar samaradorligini oshirish O‘zbekiston energetika tizimi uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: Aqlli GES, raqamli transformatsiya, gidroelektr stansiya, energiya samaradorligi, raqamli egizak, SCADA, IoT, prediktiv texnik xizmat, sun‘iy intellekt, optimal dispatcherlik.

Kirish

Jahonda elektr energiyasiga bo‘lgan talab yildan-yilga ortib bormoqda. Xalqaro energetika agentligi ma‘lumotlariga ko‘ra, 2025-yilda global elektr energiyasi talabi 4,3% ga oshgan, bu 2024-yildagi 2,5% o‘shishdan ancha yuqori ko‘rsatkichdir [3]. Bunday sharoitda elektr energiyasini ishlab chiqarishda nafaqat yangi quvvatlarni ishga tushirish, balki mavjud energetika obyektlarining foydali ish koeffitsiyentini oshirish, avariya holatlarini kamaytirish, suv resurslaridan oqilona foydalanish va elektr tarmog‘iga moslashuvchan xizmatlar ko‘rsatish dolzarb masalaga aylanmoqda.

Gidroelektr stansiyalar qayta tiklanuvchi energiya manbalari orasida o‘ziga xos afzallikka ega. Quyosh va shamol elektr stansiyalaridan farqli ravishda suv

omboriga ega GESlar energiyani ma’lum darajada boshqariladigan rejimda ishlab chiqarishi, pik yuklamalarni qoplashda qatnashishi, chastota va quvvat balansini qo‘llab-quvvatlashi mumkin.

GESlarda energiya samaradorligini oshirish odatda turbina va generatorlarni modernizatsiya qilish, gidravlik yo‘qotishlarni kamaytirish, transformator va yordamchi mexanizmlardagi yo‘qotishlarni qisqartirish, suv sarfini optimal boshqarish kabi an’anaviy usullar orqali amalga oshiriladi. Biroq hozirgi bosqichda raqamli transformatsiya ushbu jarayonlarni yangi darajaga olib chiqmoqda. “Aqlli GES” konsepsiyasi real vaqtli monitoring, katta hajmdagi ma’lumotlarni tahlil qilish, sun’iy intellekt algoritmlari, avtomatik boshqaruv va raqamli egizak yordamida stansiya ish rejimini eng maqbul holatda ushlab turishga qaratilgan.

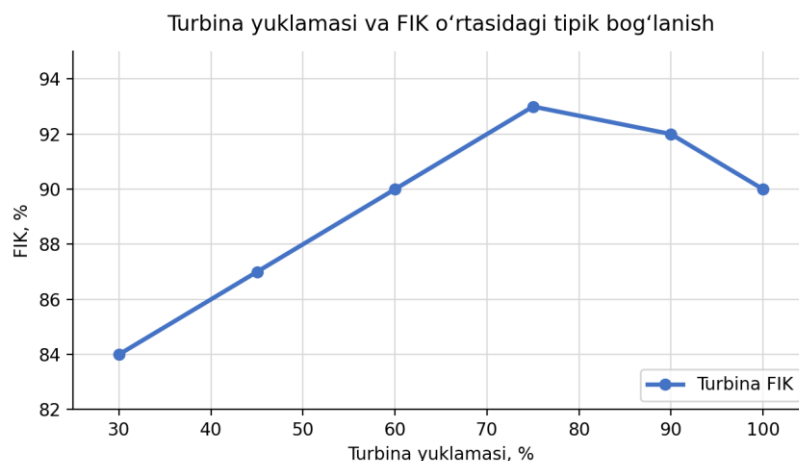
GESlarda energiya samaradorligining nazariy asoslari. GESda ishlab chiqariladigan elektr quvvati suv sarfi, napor, turbina-generator agregatining foydali ish ko‘ffitsiyenti va gidravlik yo‘qotishlarga bog‘liq. Umumiy holda GES quvvati quyidagicha ifodalanadi:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

bu yerda: P - ishlab chiqariladigan quvvat, W; ρ - suv zichligi, kg/m³; g - erkin tushish tezlanishi, m/s²; Q - suv sarfi, m³/s; H - foydali bosim, m; η - umumiy foydali ish ko‘ffitsiyenti.

Ushbu ifodadan ko‘rinadiki, energiya samaradorligini oshirish uchta asosiy yo‘nalishda olib borilishi mumkin: birinchidan, mavjud suv resursidan maksimal foydali foydalanish; ikkinchidan, gidravlik, mexanik va elektr yo‘qotishlarni kamaytirish; uchinchidan, agregatlarni ularning eng yuqori FIK zonasida ishlatish. GES agregatlari ko‘pincha turli yuklama rejimlarida ishlaydi. Agar turbina optimal suv sarfi va napor oralig‘idan chetda ishlasa, FIK pasayadi, kavitatsiya xavfi oshadi, vibratsiya kuchayadi va agregatning xizmat muddati qisqaradi. Shu sababli “Aqlli GES” texnologiyalari agregatlarning faqat ishlab chiqarayotgan quvvatini emas, balki real vaqt rejimidagi vibratsiya, podshipnik harorati, suv sarfi, napor, yo‘naltiruvchi apparat ochilish burchagi, generator toki, kuchlanish, quvvat ko‘ffitsiyenti va yordamchi tizimlar energiya sarfini ham doimiy nazorat qiladi.

Quyidagi 1-rasmda Turbina yuklamasi va FIK o‘rtasidagi tipik bog‘lanish tasvirlangan



“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

1-rasm. Turbina yuklamasi va FIK o‘rtasidagi tipik bog‘lanish

“Aqlli GES” texnologiyalarining mohiyati

“Aqlli GES” - bu gidroelektr stansiyaning asosiy va yordamchi uskunalari raqamli sensorlar, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, sun‘iy intellekt algoritmlari va raqamli egizak modeli orqali yagona axborot-boshqaruv muhitiga birlashtirilgan texnologik tizimdir. Frontiers in Water jurnalida e‘lon qilingan 2025-yilgi mini-sharhda gidroenergetikani raqamlashtirishning asosiy qo‘llanishlari sifatida IoT sensorlari asosida aqlli monitoring, katta ma‘lumotlar tahlili, prediktiv texnik xizmat, real vaqtli dispetcherlik, suv resurslarini meteorologik-gidrologik ma‘lumotlar asosida rejalashtirish va ekologik oqimni intellektual boshqarish ko‘rsatilgan [7].

“Aqlli GES”ning asosiy tarkibiy qismlari quyidagilardan iborat:

1-jadval

Yo‘nalish	Texnologiya	Energiya samaradorligiga ta’siri
Real vaqtli monitoring	IoT sensorlari, vibrodiagnostika, harorat va bosim datchiklari	Uskunalar holatini aniq baholash, nooptimal rejimlarni tez aniqlash
Avtomatik boshqaruv	SCADA, PLC, EMS	Suv sarfi, yo‘naltiruvchi apparat va generator yuklamasini optimal boshqarish
Raqamli egizak	Matematik va fizik model + real ma‘lumotlar	Turbina va generatorning turli rejimlardagi FIKini oldindan baholash
Sun‘iy intellekt	Mashinali o‘qitish, prognozlash algoritmlari	Suv oqimi, yuklama va nosozliklarni oldindan bashorat qilish
Prediktiv texnik xizmat	Vibratsiya, harorat va tok spektri tahlili	Avariyaaviy to‘xtashlarni kamaytirish, rejasiz ta‘mir xarajatlarini qisqartirish
Ekologik boshqaruv	Ekologik oqim monitoringi	Suv resursidan samarali va barqaror foydalanish

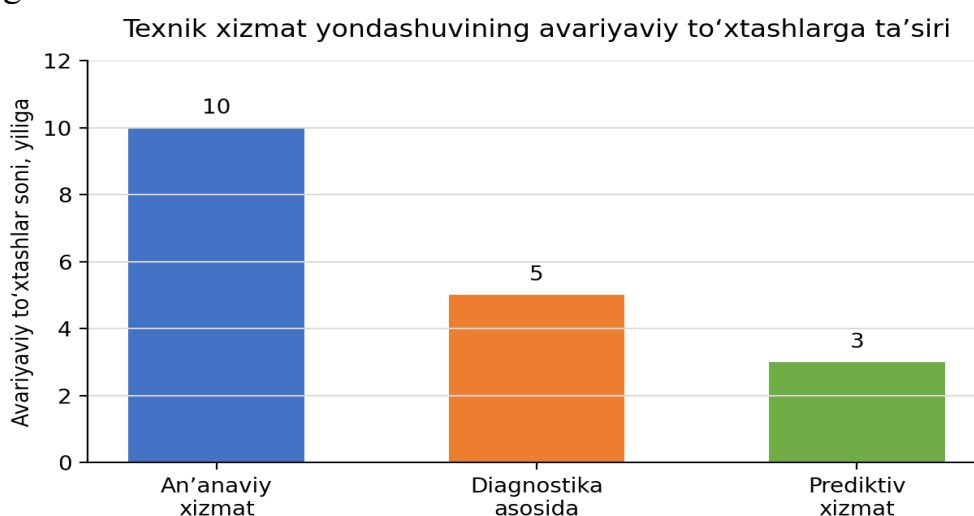
Ushbu texnologiyalar alohida-alohida emas, balki yagona raqamli arxitektura orqali joriy etilgandagina maksimal samara beradi. Masalan, vibratsiya datchiklari faqat signal beruvchi qurilma bo‘lib qolmasligi kerak; ular turbina ish rejimi, suv sarfi, generator yuklamasi va texnik xizmat tarixi bilan bog‘langan holda tahlil qilinsa, agregatning real texnik holatini baholash mumkin bo‘ladi.

GES energiya samaradorligini oshirishda raqamli transformatsiyaning asosiy yo‘nalishlari. Turbina GESning eng muhim energiya o‘zgartiruvchi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

qurilmasidir. Uning FIK qiymati suv sarfi, napor, yo‘naltiruvchi apparat holati, ishchi g‘ildirak geometriyasi va gidravlik oqim sharoitiga bog‘liq. An‘anaviy boshqaruvda turbina rejimi operator tajribasi va belgilangan grafiklar asosida tanlanadi. Raqamli transformatsiyada esa real vaqtli sensorlar yordamida har bir agregat uchun optimal ish nuqtasi aniqlanadi. Masalan, bir xil quvvatni ishlab chiqarish uchun ikki yoki uch agregatni turlicha yuklash mumkin. Agar tizimda raqamli optimallashtirish mavjud bo‘lsa, algoritmi suv sarfini agregatlar orasida shunday taqsimlaydiki, umumiy FIK maksimal bo‘ladi. Bu, ayniqsa, kaskad GESlar, o‘zgaruvchan suv oqimi va sutkalik yuklama grafigi mavjud sharoitda muhimdir.

GESlarda rejasiz to‘xtashlar energiya ishlab chiqarishning kamayishiga, suv resursidan foydalanish samaradorligining pasayishiga va ta‘mirlash xarajatlarining oshishiga olib keladi. An‘anaviy texnik xizmat ko‘rsatish ko‘pincha kalendar jadval asosida amalga oshiriladi: ma‘lum soat ishlagandan keyin ko‘rik, moy almashtirish, podshipniklarni tekshirish va hokazo. Vibratsiya spektri, podshipnik harorati, moy bosimi, stator chulg‘ami harorati, generator toki va izolyatsiya holati doimiy tahlil qilinadi. Agar sun‘iy intellekt modeli ma‘lum parametrlarning odatdagi holatdan chetga chiqishini aniqlasa, nosozlik yuzaga kelishidan oldin ogohlantirish beradi. Natijada ta‘mir rejali tarzda, eng kam energiya yo‘qotish bilan amalga oshiriladi. Quyidagi 2-rasmda prediktiv texnik xizmatning avariyaaviy to‘xtashlarga ta‘siri tasvirlangan



Raqamli egizak - bu real GES agregati yoki butun stansiyaning raqamli modeli bo‘lib, u real vaqt ma‘lumotlari bilan doimiy yangilanadi. Bunday model yordamida operator hozirgi suv sarfi va napor sharoitida qaysi agregatni qanday yuklash eng samarali ekani, suv chiqarish hajmi o‘zgarsa ishlab chiqarish qanday o‘zgarishi, qaysi agregatda vibratsiya normal holatdan chetga chiqayotgani va navbatdagi ta‘mirni qaysi vaqtda bajarish energiya yo‘qotishini eng kam qilishi kabi savollarga javob oladi. Bu texnologiya ayniqsa eski GESlarni modernizatsiya qilishda katta ahamiyatga ega, chunki mavjud agregatlarning real ishlash xarakteristikalarini loyiha pasportidagi qiymatlardan farq qilishi mumkin.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

O‘zbekiston sharoitida “Aqlli GES” texnologiyalarining dolzarbligi. O‘zbekiston energetika tizimi bugungi kunda bir vaqtning o‘zida bir nechta vazifani hal qilmoqda: elektr energiyasiga talabni qoplash, qayta tiklanuvchi manbalar ulushini oshirish, tarmoq barqarorligini saqlash, gazga bog‘liqlikni kamaytirish va mavjud energetika obyektlarini modernizatsiya qilish. Gidroenergetika ushbu jarayonda muhim balanslovchi manba sifatida ko‘rilishi mumkin. Shu bilan birga, O‘zbekiston 2025-yilni “Atrof-muhitni muhofaza qilish va yashil iqtisodiyot yili” deb e‘lon qilgani, gidroenergetika salohiyatini 10 GW darajasida baholayotgani va 2028-yilgacha 6 GW maqsadni ko‘zlayotgani qayd etilgan [2]. Bunday sharoitda faqat yangi GESlar qurish emas, balki mavjud stansiyalardan olinayotgan energiya hajmini oshirish ham muhim.

O‘zbekiston uchun “Aqlli GES” texnologiyalarini joriy etish quyidagi sabablarga ko‘ra dolzarb:

2-jadval

Dolzarb omil	Muammo	Raqamli yechim
Mavjud GESlar parkining yoshi	Agregatlar eskirishi, FIK pasayishi	Raqamli diagnostika, raqamli egizak, modernizatsiya prioritetini aniqlash
Suv resurslarining mavsumiyliigi	Suv oqimi yil davomida notekis	Gidrologik prognoz va optimal dispetcherlik
Elektr yuklamasining o‘zgaruvchanligi	Pik soatlarda quvvat yetishmovchiligi	Avtomatik yuklama taqsimoti, EMS
Quyosh va shamol ulushining ortishi	Tarmoqda o‘zgaruvchan generatsiya kuchayishi	GESlarni balanslovchi quvvat sifatida boshqarish
Ta‘mir xarajatlari	Rejasiz to‘xtashlar va avariylar	Prediktiv xizmat, riskga asoslangan ta‘mir

Bunday arxitektura GESni oddiy avtomatlashtirilgan obyekt emas, balki o‘z holatini kuzata oladigan, tahlil qiladigan va optimal boshqaruv qarorlarini shakllantiradigan intellektual energetika obyektiga aylantiradi.

Energiya samaradorligi ko‘rsatkichlari va baholash mezonlari. “Aqlli GES” texnologiyalarini joriy etishdan oldin va keyin samaradorlikni baholash uchun aniq KPI tizimi ishlab chiqilishi kerak. Quyidagi jadval GES energiya samaradorligini baholashda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan asosiy ko‘rsatkichlarni ko‘rsatadi.

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

GES energiya samaradorligini baholash uchun KPI ko‘rsatkichlari

3-jadval

KPI nomi	Hisoblash mazmuni	Raqamli tizimdagi manba	Kutiladigan natija
Umumiy FIK	Turbina, generator va transformator yo‘qotishlarini hisobga olgan samaradorlik	Suv sarfi, bosim, elektr quvvat datchiklari	FIK pasayish nuqtalarini aniqlash
Solishtirma suv sarfi	1 kWh ishlab chiqarish uchun sarflangan suv miqdori	Q va P ma’lumotlari	Suvdan foydalanish samaradorligini oshirish
Agregat mavjudlik koeffitsiyenti	Ishga tayyor vaqt / umumiy vaqt	SCADA arxivi	Rejasiz to‘xtashlarni kamaytirish
Vibratsiya indeksi	Podshipnik va val vibratsiyasi	Vibrodatchiklar	Mexanik nosozlikni oldindan aniqlash
Yordamchi ehtiyojlar ulushi	Nasoslar, moy tizimi, yoritish, sovitish sarfi	Elektr hisoblagichlar	Ichki iste’molni kamaytirish
Suv-energiya konversiyasi	Berilgan suv hajmidan olingan elektr energiyasi	Gidrologik va elektr o‘lchovlar	Optimal dispetcherlikni baholash

Bu ko‘rsatkichlar oddiy hisobot uchun emas, balki boshqaruv qarorlarini qabul qilish uchun ishlatilishi kerak. Masalan, agar bir agregatda solishtirma suv sarfi boshqalarga nisbatan yuqori bo‘lsa, bu turbina FIKining pasaygani, gidravlik kanalning ifloslangani, yo‘naltiruvchi apparat sozlanmaganligi yoki generator yo‘qotishlarining oshganini ko‘rsatishi mumkin.

Kutiladigan texnik-iqtisodiy samaralar. Raqamli transformatsiyaning iqtisodiy samarasi bir nechta manbadan shakllanadi. Birinchidan, optimal boshqaruv hisobiga bir xil suv sarfidan ko‘proq elektr energiyasi olinadi. Ikkinchidan, rejasiz to‘xtashlar kamayadi. Uchinchidan, ta’mir xarajatlari qisqaradi, chunki ehtiyot qismlar va mehnat resurslari real texnik holatga qarab rejalashtiriladi. To‘rtinchidan, yordamchi tizimlar - sovitish nasoslari, moy bosim nasoslari, drenaj nasoslari, kompressorlar va yoritish tizimlarining energiya iste’moli optimallashtiriladi. GESlarda raqamli yechimlarning aniq iqtisodiy samarasi stansiya quvvati, agregatlar soni, suv rejimi, uskuna yoshi va mavjud avtomatlashtirish darajasiga bog‘liq. Shuning uchun har bir GES bo‘yicha alohida texnik-iqtisodiy asoslash ishlab chiqilishi kerak. Bunda kamida quyidagi ma’lumotlar talab qilinadi: soatlik ishlab

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

chiqarish arxivi, suv sarfi, napor, agregat yuklamasi, to‘xtashlar tarixi, ta‘mir xarajatlari, ichki ehtiyojlar elektr sarfi va avariya holatlari.

Ilmiy-amaliy natijalar

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, “Aqlli GES” texnologiyalari energiya samaradorligini oshirishda faqat avtomatlashtirish vositasi emas, balki kompleks boshqaruv falsafasidir. U GESni texnik, energetik, iqtisodiy, ekologik va tizimli darajalarda rivojlantiradi.

Birinchidan, texnik darajada agregatlarning real holati aniq baholanadi. Bu turbina, generator, podshipnik, transformator va yordamchi tizimlardagi nosozliklarni oldindan aniqlash imkonini beradi. Ikkinchidan, energetik darajada suv sarfi va elektr ishlab chiqarish o‘rtasidagi bog‘liqlik optimallashtiriladi. Natijada bir xil suv resursidan ko‘proq elektr energiyasi olish imkoniyati paydo bo‘ladi.

Uchinchidan, iqtisodiy darajada rejasiz ta‘mirlar, avariya to‘xtashlar va ekspluatatsion xarajatlar kamayadi. Bunda investitsiya samaradorligi stansiyaning quvvati va ishlash rejimiga bog‘liq bo‘ladi.

Xulosa

Raqamli transformatsiya va “Aqlli GES” texnologiyalari gidroelektr stansiyalarning energiya samaradorligini oshirishda strategik ahamiyatga ega. GESlarda samaradorlikni oshirish faqat turbina yoki generatorni almashtirish bilan cheklanmaydi; u real vaqtli monitoring, ma‘lumotlar tahlili, avtomatik boshqaruv, prediktiv texnik xizmat, raqamli egizak va suv-energiya optimallashtirishini o‘z ichiga olgan kompleks jarayondir.

O‘zbekiston sharoitida ushbu texnologiyalarni joriy etish ayniqsa dolzarb. Mamlakatda gidroenergetika mavjud qayta tiklanuvchi energiya bazasining muhim qismini tashkil etadi. Shu bilan birga, kichik va mikro GESlarni rivojlantirish, mavjud stansiyalarni modernizatsiya qilish va elektr tarmog‘iga quyosh-shamol generatsiyasini integratsiya qilish jarayonlari GESlarning yanada aqlli, moslashuvchan va samarali ishlashini talab qiladi. Ushbu yondashuv natijasida GESlarda ishlab chiqarish hajmini oshirish, suvdan foydalanish samaradorligini yaxshilash, rejasiz to‘xtashlarni kamaytirish, ta‘mir xarajatlarini qisqartirish va elektr energetika tizimining umumiy barqarorligini kuchaytirish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. International Hydropower Association. 2025 World Hydropower Outlook. URL: <https://www.hydropower.org/publications/2025-world-hydropower-outlook>
2. International Hydropower Association. Hydropower in East Asia and Pacific: Uzbekistan profile. URL: <https://www.hydropower.org/region-profiles/east-asia-and-pacific>
3. International Energy Agency. Global Energy Review 2025: Electricity. URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/electricity>
4. IRENA. Renewable Capacity Statistics 2026. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2026/Mar/IRENA_DAT_RE_capacity_statistics_2026.pdf

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

5. European Commission Joint Research Centre. Clean Energy Technology Observatory: Hydropower and Pumped Storage Hydropower in the European Union - 2024 Status Report. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC139225>

6. World Bank. Uzbekistan to Enhance Energy Production through Hydropower with World Bank Support. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2025/06/25/uzbekistan-to-enhance-energy-production-through-hydropower-with-world-bank-support>

7. Cao T. et al. Core technologies for hydropower digitalization within the Energy Internet framework: a mini-review. Frontiers in Water, 2025. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/water/articles/10.3389/frwa.2025.1681345/full>

8. DIGI-Hydro Project. Digital twin and real-time monitoring for hydropower. VRVis Research Center. URL: <https://www.vrvis.at/en/research/research-projects/digi-hydro>

KORXONALARDA ENERGIYA AUDITI ASOSIDA MUQOBIL ENERGIYA MANBALARIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Eshmurodov Sobir Soat o‘g‘li
Energetika kafedrası assistenti
eshmurodov1096@gmail.com

Sheraliyev Dostonbek Davlatmurod o‘g‘li
Energetika kafedrası assistenti
sheraliyevdostonbek899@gmail.com

Qodirov Fozil Abduvohidovich
Energetika kafedrası 4-bosqich talabasi

Norboyev Anvar Inoyatjon o‘g‘li
Energetika kafedrası 4-bosqich talabasi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Ushbu tezisdá sanoat korxonalarida energiya auditi o‘tkazish orqali elektr energiyasi iste‘molini tahlil qilish, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va muqobil energiya manbalaridan foydalanish samaradorligini oshirish masalalari yoritilgan. Korxonalarda transformatorlar, elektr yuritmalari, yoritish tizimlari, nasoslar, kompressorlar va texnologik uskunalarning haqiqiy ish rejimini aniqlash muqobil energiya tizimlarini to‘g‘ri tanlash uchun muhim asos bo‘lib xizmat qiladi. Tezisdá quyosh fotoelektr panellari, quyosh kollektorlaridan foydalanish, energiya monitoringi va intellektual boshqaruv tizimlari orqali energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha takliflar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: energiya auditi, muqobil energiya, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, quyosh panellari, elektr ta‘minoti, reaktiv quvvat, energiya monitoringi, sanoat korxonasi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kirish

Bugungi kunda sanoat korxonalarida energiya resurslaridan oqilona foydalanish, ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish va ekologik barqarorlikni ta'minlash muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Elektr energiyasi, issiqlik energiyasi, tabiiy gaz va suvdan foydalanish hajmi korxonaning texnologik jarayoni, uskunalar quvvati, ish smenalari va ekspluatatsiya intizomiga bevosita bog'liq. Shu sababli energiya tejamkorlikni ta'minlashda alohida qurilmalarni almashtirish bilan cheklanib qolmasdan, butun energiya ta'minoti tizimini kompleks tahlil qilish zarur.

Energiya auditi korxonada mavjud energiya iste'moli holatini baholash, ortiqcha yuklama va samarasiz ish rejimlarini aniqlash, energiya yo'qotishlarini kamaytirish hamda muqobil energiya manbalarini joriy etish uchun texnik asos yaratadi. Ayniqsa transformatorlarning yuklanganlik darajasi, kabel liniyalaridagi yo'qotishlar, elektr dvigatellarning ish rejimi, quvvat koeffitsiyenti va texnologik uskunalarning solishtirma energiya iste'moli muhim ko'rsatkichlar hisoblanadi.

Energiya auditi natijalari va asosiy hisoblash ko'rsatkichlari

Korxonalarda energiya auditining dastlabki bosqichida elektr energiyasi, tabiiy gaz, issiqlik energiyasi va suv iste'moli bo'yicha hisobotlar, elektr ta'minoti shartnomalari, transformatorlar pasport ma'lumotlari, elektr motorlar quvvati, ishlab chiqarish hajmi va texnologik uskunalarning ish vaqti o'rganiladi. Ushbu ma'lumotlar asosida energiya balansi tuziladi va yirik energiya iste'molchilari aniqlanadi.

Korxonaning ma'lum davrdagi umumiy elektr energiyasi sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$W = \sum(P_i \cdot t_i), \text{ kWh} \quad (1)$$

bu yerda: W — umumiy elektr energiyasi sarfi, kWh; P_i — i -iste'molchining aktiv quvvati, kW; t_i — i -iste'molchining ishlash vaqti, soat. Ushbu formula yordamida sexlar, texnologik liniyalar va yordamchi tizimlar bo'yicha energiya balansi shakllantiriladi [1,2].

Energiya samaradorligini baholashda solishtirma energiya sarfi muhim ko'rsatkich hisoblanadi. U ishlab chiqarilgan mahsulot hajmiga nisbatan sarflangan energiya miqdorini ifodalaydi:

$$E_s = W / Q, \text{ kWh/birlik mahsulot} \quad (2)$$

bu yerda: E_s — solishtirma energiya sarfi; W — elektr energiyasi sarfi, kWh; Q — ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi. Agar energiya tejamkor chora-tadbirlardan keyin E_s kamaygan bo'lsa, bu korxonada energiya samaradorligi oshganini bildiradi.

Elektr ta'minoti tizimida reaktiv quvvatning ortishi kabel va transformatorlardagi tokni oshiradi, kuchlanish pasayishini kuchaytiradi hamda aktiv quvvat yo'qotishlarini ko'paytiradi. Shuning uchun energiya auditi jarayonida quvvat koeffitsiyenti albatta baholanadi:

$$\cos\varphi = P / S \quad (3)$$

bu yerda: P — aktiv quvvat, kW; S — to'la quvvat, kVA; $\cos\varphi$ — quvvat koeffitsiyenti. Quvvat koeffitsiyenti past bo'lgan korxonalarda avtomatik

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

kondensator batareyalari yoki reaktiv quvvat kompensatsiyasi qurilmalarini joriy etish tavsiya etiladi [3,4].

1-jadval

Energiya auditi asosida baholanadigan asosiy tizimlar

Tizim yoki uskuna	Baholanadigan ko‘rsatkich	Aniqlanishi mumkin bo‘lgan muammo	Tavsiya etiladigan yechim
Transformator va kabel liniyalari	Yuklama, kuchlanish, tok, qizish	Ortiqcha yuklama, fazalar nomutanosibligi	Yuklamani balanslash, kontaktlarni tekshirish
Elektr motorlar	Quvvat, ish vaqti, cosφ	Salt ishlash, past yuklanish	Chastota o‘zgartirgich, avtomatik boshqaruv
Yoritish tizimi	O‘rnatilgan quvvat, lx, ish vaqti	Keraksiz yoritish, eski lampalar	LED yoritgich, harakat datchigi
Nasos va ventilyatorlar	Aylanish tezligi, bosim, sarf	Doimiy maksimal rejim	Chastotali boshqaruv
Muqobil energiya tizimi	Ishlab chiqarish, yuklama qoplamasi	Yuklama grafigiga mos kelmaslik	Quyosh paneli, monitoring, gibrid tizim

Muqobil energiya manbalarini joriy etish imkoniyatlari. Muqobil energiya manbalarini joriy etishda eng qulay yechimlardan biri quyosh fotoelektr panellaridan foydalanishdir. Sanoat korxonalarining tom maydonlari, ochiq hududlari va texnik inshootlari quyosh panellarini o‘rnatish uchun qulay joy bo‘lishi mumkin. Kunduzgi smenada ishlaydigan korxonalarda quyosh energiyasidan foydalanish samaradorligi yuqori bo‘ladi, chunki ishlab chiqarilgan elektr energiyasi bevosita ichki ehtiyojlarga yo‘naltiriladi.

Quyosh fotoelektr tizimini tanlashda korxonaning yuklama grafigi, kunduzgi energiya iste‘moli, tarmoq bilan parallel ishlash imkoniyati, tom maydoni, quyosh adiatsiyasi va zaxira manbalari hisobga olinadi. Agar korxonada elektr yuklama asosan kunduzgi vaqtda yuqori bo‘lsa, quyosh panellaridan olingan energiyani to‘g‘ridan-to‘g‘ri ishlab chiqarish ehtiyojlariga sarflash mumkin. Agar yuklama kechki yoki tungi vaqtda yuqori bo‘lsa, akkumulyatorli saqlash tizimi yoki gibrid elektr ta‘minoti sxemasi ko‘rib chiqiladi.

Quyosh elektr stansiyasining taxminiy yillik ishlab chiqarishi quyidagi ifoda orqali baholanishi mumkin:

$$W_{\varphi} = P_{\varphi} \cdot H \cdot \eta \cdot 365, \text{ kWh/yil} \quad (4)$$

bu yerda: W_{φ} — quyosh tizimining yillik elektr energiyasi ishlab chiqarishi, kWh/yil; P_{φ} — quyosh panellari o‘rnatilgan quvvati, kW; H — o‘rtacha kunlik

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

samarali quyoshlanish soati; η — tizimning umumiy samaradorlik koeffitsiyenti. Ushbu formula dastlabki texnik-iqtisodiy baholashda qo‘llanadi.

Muqobil energiya faqat elektr energiyasi ishlab chiqarish bilan cheklanmaydi. Issiq suv va past haroratli texnologik ehtiyojlar mavjud bo‘lgan korxonalarda quyosh suv isitish kollektorlaridan foydalanish ham samarali hisoblanadi. Bu tabiiy gaz yoki elektr energiyasi sarfini kamaytiradi hamda korxonaning ekologik ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi [5,6].

2-jadval

Muqobil energiya yechimlarini tanlash mezonlari

Yechim	Qo‘llash sharti	Afzalligi	E’tibor beriladigan jihat
Quyosh fotoelektr paneli	Kunduzgi elektr yuklama yuqori bo‘lsa	Tarmoqdan olinadigan energiya kamayadi	Tom maydoni, invertor, soyalanganlik
Quyosh kollektori	Issiq suv yoki past haroratli issiqlik ehtiyoji bo‘lsa	Gaz yoki elektr sarfi kamayadi	Suv sarfi va mavsumiy talab
Akkumulyatorli tizim	Tungi yuklama yoki zaxira ehtiyoji bo‘lsa	Energiya mustaqilligi oshadi	Investitsiya va texnik xizmat
Energiya monitoringi	Yirik iste’molchilar ko‘p bo‘lsa	Sarf real vaqt rejimida nazorat qilinadi	Smart hisoblagich va dasturiy ta’minot

Texnik-iqtisodiy samaradorlikni baholash. Energiya auditi natijalari asosida ishlab chiqilgan har bir chora-tadbir texnik va iqtisodiy jihatdan asoslanishi lozim. Bunda tejaladigan energiya miqdori, investitsiya qiymati, yillik iqtisodiy samara va qoplanish muddati aniqlanadi. Quyosh panellarini o‘rnatishda panel quvvati, invertor samaradorligi, tarmoq bilan parallel ishlash sharti va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlari inobatga olinadi.

Energiya tejamkorlik chorasining yillik iqtisodiy samarasi quyidagicha baholanadi:

$$S_y = \Delta W \cdot T, \text{ so‘m/yil} \quad (5)$$

bu yerda: S_y — yillik iqtisodiy samara, so‘m/yil; ΔW — tejalgan elektr energiyasi, kWh/yil; T — elektr energiyasi tarifi, so‘m/kWh. Masalan, agar korxonada yiliga 100 000 kWh elektr energiyasi tejalib, tarif 1000 so‘m/kWh bo‘lsa, yillik iqtisodiy samara 100 mln so‘mni tashkil etadi.

Amaliy jihatdan energiya auditi va muqobil energiya tizimlarini birgalikda qo‘llash eng samarali yondashuv hisoblanadi. Chunki audit mavjud iste’mol va yo‘qotishlarni aniqlaydi, muqobil energiya esa aniqlangan ehtiyojlarning bir qismini mahalliy va ekologik toza manba hisobidan qoplash imkonini beradi. Energiya

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

monitoringi va intellektual boshqaruv esa ushbu jarayonni doimiy nazorat qiladi [6,7].

Xulosa

Korxonalarda energiya auditi o‘tkazish energiya resurslaridan foydalanish holatini chuqur tahlil qilish va energiya tejamkorlik imkoniyatlarini aniqlashning muhim vositasidir. Audit natijalari asosida elektr ta’minoti tizimidagi yo‘qotishlar, reaktiv quvvatning ortiqcha sarfi, transformator va kabel liniyalarining yuklanganligi, elektr motorlarning samarasiz ish rejimlari hamda yoritish va yordamchi tizimlardagi kamchiliklar aniqlanadi.

Muqobil energiya manbalaridan samarali foydalanish uchun korxonaning real energiya iste’moli, yuklama grafigi va texnologik jarayonlari hisobga olinishi kerak. Quyosh fotoelektr panellari, quyosh kollektorlar, energiya monitoringi va intellektual boshqaruv tizimlarini joriy etish orqali elektr energiyasi va yoqilg‘i sarfini kamaytirish, mahsulot tannarxini pasaytirish hamda ekologik ta’sirni kamaytirish mumkin. Shunday qilib, energiya auditi va muqobil energiya manbalarini birgalikda qo‘llash sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirishning ilmiy-amaliy jihatdan asoslangan yo‘nalishi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining “Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”gi Qonuni. – 2024-yil 7-avgust, O‘RQ-940-son.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejavchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-57-son qarori. – 2023-yil 16-fevral.
3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida energiya ta’minotini tashkil etish sohasini tartibga solish va rivojlantirish to‘g‘risida”gi 13-son qarori. – 2024-yil 8-yanvar.
4. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Elektr energiyasidan foydalanish qoidalari”ni tasdiqlash to‘g‘risidagi 319-son qarori. – 2024-yil 31-may.
5. ISO 50001:2018. Energy management systems — Requirements with guidance for use.
6. G‘oyibov T.Sh. Elektr ta’minoti tizimlari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.
7. International Energy Agency. Renewables and Energy Efficiency in Industry. – Paris: IEA, 2023.

**KORXONALARDA ENERGIYA AUDITI NATIJALARI ASOSIDA
INTELLEKTUAL BOSHQARUV TIZIMLARINI JORIY ETISH
ISTIQBOLLARI**

Eshmurodov Sobir Soat o‘g‘li
Energetika kafedrası assistenti
eshmurodov1096@gmail.com

Sheraliyev Dostonbek Davlatmurod o‘g‘li
Energetika kafedrası assistenti
sheraliyevdostonbek899@gmail.com

Qodirov Fozil Abduvohidovich
Energetika kafedrası 4-bosqich talabasi

Norboyev Anvar Inoyatjon o‘g‘li
Energetika kafedrası 4-bosqich talabasi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Ushbu tezisdá sanoat korxonalarida energiya auditi natijalari asosida intellektual boshqaruv tizimlarini joriy etish masalalari ko‘rib chiqilgan. Korxonalarda elektr energiyasi iste‘moli, yuklama grafiklari, reaktiv quvvat, quvvat koeffitsiyenti, transformatorlar yuklanganligi, elektr dvigatellar, nasoslar, ventilyatorlar va texnologik uskunalarning ish rejimini tahlil qilish energiya samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Energiya auditi natijalari asosida smart hisoblagichlar, IoT sensorlar, avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari va sun‘iy intellekt algoritmlarini joriy etish orqali energiya isroflarini kamaytirish, ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish va elektr ta‘minoti ishonchliligini oshirish mumkin.

Kalit so‘zlar: energiya auditi, intellektual boshqaruv, energiya monitoringi, smart hisoblagich, IoT, elektr yuklama, reaktiv quvvat, $\cos\phi$, energiya samaradorligi, sanoat korxonasi.

Kirish

Bugungi kunda sanoat korxonalarida energiya resurslaridan oqilona foydalanish, mahsulot tannarxini kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksizligini ta‘minlash dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Elektr energiyasi sanoat korxonalarida asosiy energetik resurslardan biri bo‘lib, uning sarfi texnologik uskunar quvvati, ishlab chiqarish hajmi, ish smenasi, elektr motorlar yuklanganligi, transformatorlar holati hamda ekspluatatsiya intizomiga bevosita bog‘liq.

Amaliyotda ko‘plab korxonalarda elektr energiyasi isroflari faqat eskirgan uskunar sababli emas, balki boshqaruv va monitoring tizimlarining yetarli darajada rivojlanmaganligi tufayli ham yuzaga keladi. Jumladan, elektr dvigatellarning salt ishlashi, nasos va ventilyatorlarning doimiy maksimal rejimda ishlashi, fazalar bo‘yicha yuklamaning notekis taqsimlanishi, reaktiv quvvatning ortiqcha sarfi

hamda texnologik jarayonlarga mos bo‘lmagan elektr ta‘minoti rejimlari energiya samaradorligini pasaytiradi.

Energiya auditi korxonaning mavjud energiya iste‘moli holatini aniqlash, energiya isroflarini baholash va energiya tejash imkoniyatlarini ishlab chiqish uchun muhim vosita hisoblanadi. Biroq energiya auditi natijalari faqat hisobot shaklida qolib ketmasligi kerak. Ular asosida korxonada doimiy energiya monitoringi va intellektual boshqaruv tizimlarini joriy etish zarur.

Energiya auditi va intellektual boshqaruvning o‘zaro bog‘liqligi

Korxonada energiya auditi o‘tkazishda elektr ta‘minoti tizimi, transformator podstantsiyalari, kabel liniyalari, elektr motorlar, nasoslar, kompressorlar, ventilyatorlar, yoritish tizimlari va texnologik uskunalarning energiya iste‘moli o‘rganiladi. Audit davomida kuchlanish, tok, aktiv quvvat, reaktiv quvvat, quvvat koeffitsiyenti, yuklama grafigi va elektr energiyasi sifati kabi ko‘rsatkichlar tahlil qilinadi.

Korxonaning umumiy elektr energiyasi sarfi quyidagicha ifodalanadi:

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i$$

bu yerda: W — umumiy elektr energiyasi sarfi, kWh;

P_i — i -iste‘molchining aktiv quvvati, kW;

t_i — i -iste‘molchining ishlash vaqti, soat;

n — elektr iste‘molchilar soni.

Ushbu formula orqali korxonadagi asosiy elektr iste‘molchilar bo‘yicha energiya balansi shakllantiriladi. Energiya auditi natijasida qaysi uskunar eng ko‘p energiya sarflayotgani, qaysi sexlarda ortiqcha yuklama mavjudligi va qaysi jarayonlarda energiya tejamkorlik imkoniyati borligi aniqlanadi.

Intellektual boshqaruv tizimi esa audit natijalarini doimiy nazorat va avtomatik boshqaruv mexanizmiga aylantiradi. Ya‘ni audit bir martalik tahlil bo‘lsa, intellektual monitoring tizimi ushbu tahlilni real vaqt rejimida davom ettiradi [1,2,3].

Korxonalarda joriy etilishi mumkin bo‘lgan intellektual boshqaruv yechimlari

Korxonalarda intellektual energiya boshqaruv tizimlarini joriy etishda birinchi navbatda yirik energiya iste‘molchilari aniqlanadi. Bular elektr dvigatellar, nasoslar, kompressorlar, ventilyatorlar, quritish qurilmalari, presslar, transformatorlar va yoritish tizimlari bo‘lishi mumkin. Ushbu iste‘molchilarga alohida smart hisoblagichlar yoki sensorlar o‘rnatish orqali energiya sarfi sexlar va texnologik liniyalar kesimida nazorat qilinadi.

**Korxonalarda intellektual boshqaruv tizimlari orqali nazorat qilinadigan
asosiy ko‘rsatkichlar**

Nazorat qilinadigan ko‘rsatkich	O‘lchash vositasi yoki tizim	Energiya samaradorligiga ta’siri
Elektr energiyasi sarfi, kWh	Smart hisoblagich	Ortiqcha sarfni aniqlash
Aktiv va reaktiv quvvat	Energiya analizatori	Quvvat balansini baholash
Quvvat koeffitsiyenti, $\cos\varphi$	Power quality analyzer	Reaktiv quvvatni kamaytirish
Fazalar bo‘yicha tok	Tok datchiklari	Fazalar nomutanosibligini aniqlash
Motor harorati va tebranishi	IoT sensorlar	Nosozliklarni oldindan aniqlash
Nasos yoki ventilyator aylanish tezligi	Taxometr, chastota o‘zgartirgich	Ish rejimini optimallashtirish
Yoritish tizimi ishlash vaqti	Harakat va yorug‘lik datchiklari	Keraksiz yoritishni kamaytirish
Quyosh paneli ishlab chiqarishi	Invertor monitoringi	Muqobil energiyani samarali taqsimlash

Elektr energiyasi samaradorligini baholashda solishtirma energiya sarfi muhim ko‘rsatkich hisoblanadi. U ishlab chiqarilgan mahsulot hajmiga nisbatan sarflangan energiyani ko‘rsatadi:

$$E_s = W / Q$$

bu yerda: E_s — solishtirma energiya sarfi, kWh/birlik mahsulot; W — umumiy elektr energiyasi sarfi, kWh; Q — ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi.

Agar intellektual monitoring tizimi joriy etilgandan keyin solishtirma energiya sarfi kamaygan bo‘lsa, bu energiya boshqaruvi samarali tashkil etilganligini bildiradi. Masalan, avval bir birlik mahsulot ishlab chiqarish uchun 80 kWh elektr energiyasi sarflangan bo‘lsa, boshqaruv tizimi joriy etilgandan keyin bu ko‘rsatkich 70 kWh ga tushishi mumkin.

Korxonalarda reaktiv quvvatni boshqarish ham intellektual tizimlar yordamida samarali amalga oshiriladi. Quvvat koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\cos \varphi = P / S$$

bu yerda: P — aktiv quvvat, kW; S — to‘la quvvat, kVA;

$\cos\varphi$ — quvvat koeffitsiyenti.

Quvvat koeffitsiyenti past bo‘lsa, tarmoqda reaktiv quvvat ortadi, kabel va transformatorlarda tok ko‘payadi, natijada energiya yo‘qotishlari oshadi. Intellektual boshqaruv tizimi $\cos\varphi$ qiymatini real vaqt rejimida kuzatib, avtomatik kondensator batareyalarini ulash yoki uzish orqali reaktiv quvvatni kompensatsiyalaydi [4,5].

Intellectual boshqaruvning texnik-iqtisodiy samaradorligi. Energiya auditi natijalari asosida intellektual boshqaruv tizimlarini joriy etish korxonada bir nechta yo‘nalishda ijobiy natija beradi. Birinchidan, elektr energiyasi sarfi real vaqt rejimida nazorat qilinadi. Ikkinchidan, ortiqcha yuklama va salt ishlash holatlari tez aniqlanadi. Uchinchidan, reaktiv quvvatni kompensatsiyalash orqali tarmoqdagi yo‘qotishlar kamayadi. To‘rtinchidan, sensorlar yordamida uskunalarning texnik holati baholanib, avariya to‘xtashlarning oldi olinadi.

Intellectual boshqaruv tizimini joriy etishdan olinadigan yillik iqtisodiy samara quyidagicha baholanishi mumkin:

$$S_y = \Delta W \cdot T$$

bu yerda: S_y — yillik iqtisodiy samara, so‘m/yil; ΔW — tejalgan elektr energiyasi miqdori, kWh/yil; T — elektr energiyasi tarifi, so‘m/kWh.

Agar korxonada yil davomida 100 000 kWh elektr energiyasi tejalgan bo‘lsa va elektr energiyasi tarifi 1000 so‘m/kWh bo‘lsa, yillik iqtisodiy samara 100 mln so‘mni tashkil etadi. Bu hisob-kitob orqali intellektual boshqaruv tizimini joriy etishning iqtisodiy jihatdan asoslanganligi ko‘rsatiladi.

Bunday tizimlarni joriy etishda dastlabki investitsiya xarajatlari, mavjud uskunalarning raqamli tizimlar bilan mosligi, internet yoki sanoat tarmog‘i infratuzilmasi, kiberxavfsizlik va malakali mutaxassislar yetishmasligi asosiy cheklovchi omillar hisoblanadi. Shu sababli intellektual boshqaruv tizimini bosqichma-bosqich joriy etish maqsadga muvofiq [6,7,8].

Xulosa

Korxonalarda energiya auditi natijalari asosida intellektual boshqaruv tizimlarini joriy etish energiya samaradorligini oshirishning zamonaviy va istiqbolli yo‘nalishi hisoblanadi. Energiya auditi mavjud holatni aniqlash, energiya isroflarini baholash va texnik chora-tadbirlarni ishlab chiqish imkonini bersa, intellektual boshqaruv tizimlari ushbu jarayonni doimiy monitoring va avtomatik boshqaruv darajasiga olib chiqadi.

Smart hisoblagichlar, IoT sensorlar, energiya monitoring platformalari va sun‘iy intellekt algoritmlaridan foydalanish orqali korxonalarda elektr energiyasi sarfini nazorat qilish, yirik iste‘molchilarning ish rejimini optimallashtirish, reaktiv quvvatni boshqarish va uskunalarning nosozliklarini oldindan aniqlash mumkin. Bu esa elektr energiyasi sarfini kamaytirish, ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksizligini ta‘minlash va mahsulot tannarxini pasaytirishga xizmat qiladi.

Shunday qilib, energiya auditi va intellektual boshqaruv tizimlarini birgalikda qo‘llash sanoat korxonalarida raqamli energetika infratuzilmasini shakllantirish, energiya resurslaridan oqilona foydalanish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning muhim ilmiy-amaliy asosi hisoblanadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining “Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”gi Qonuni. – 2024-yil 7-avgust, O‘RQ-940-son.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-57-son qarori. – 2023-yil 16-fevral.
3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Elektr energiyasidan foydalanish qoidolari”ni tasdiqlash to‘g‘risidagi 319-son qarori. – 2024-yil 31-may.
4. ISO 50001:2018. Energy management systems — Requirements with guidance for use.
5. G‘oyibov T.Sh. Elektr ta‘minoti tizimlari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.
6. Allayev Q.R. Energetika: muammolar va yechimlar. – Toshkent: Fan, 2021.
7. International Energy Agency. Energy Efficiency and Digitalisation. – Paris: IEA, 2023.
8. IEEE. Smart Energy Management Systems in Industrial Facilities. – IEEE Publications, 2022.

O‘RIKDAN SHARBAT OLISHNING ELEKTROTEXNOLOGIK USULI TAHLILI

Eshpulatov Nodir Mamatqurbonovich

“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti Texnika fanlari bo‘yicha
falsafa doktori (PhD) dotsent

Xushboqov Botir Azamat o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar unversiteti o‘qituvchisi
botirjonxushboqov24@gmail.com

Anotatsiya: Ushbu tadqiqotda O‘zbekiston sharoitida o‘rik mevasidan sharbat olishning elektrotexnologik va an‘anaviy usullari taqqoslangan. O‘zbekiston o‘rik yetishtirish bo‘yicha dunyodagi yetakchi mamlakatlardan biri hisoblanib, mazkur mevaning qayta ishlash jarayonlarini takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. An‘anaviy usullar, jumladan, presslash va termal ishlov berish, mahsulot sifatiga ta‘sir qilishi va vitaminlar yo‘qolishiga sabab bo‘lishi mumkin. Biroq, elektrotexnologik usul mahsulot sifatini yaxshilash, sharbat olish samaradorligini oshirish va energiya tejamkorligini ta‘minlashga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: O‘rik, elektrotexnologik usul, an‘anaviy usul, elektroporatsiya, sharbat olish, energiya tejamkorlik, oziq-ovqat sanoati.

Tajribaning maqsadi.

Elektroporatsiya texnologiyasidan foydalanib, o‘rik sharbatining chiqim darajasini oshirish va energiya samaradorligini baholash.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Elektrotexnologik usulda o‘riklar dastlab yuvilib, maydalanadi va elektroimpuls yoki elektroporatsiya usuli bilan ishlov beriladi. Ushbu jarayon hujayra membranalarining oson parchalanishini ta‘minlab, sharbat ajralish jarayonini tezlashtiradi. An‘anaviy usul bilan solishtirilganda, bu usul sharbat chiqishini 15-25% ga oshiradi va mahsulotning biologik faol moddalarga boyligini saqlab qolishga imkon beradi. Masalan 1 tonna o‘rikdan sharbat olish uchun elektrotexnologik usul va ananaviy usulni taqqoslash uchun quyidagi asosiy bosqichlarni ko‘rib chiqamiz:

Xomashyo tarkibi: 1 tonna o‘rik (yangi uzilgan, o‘rtacha 85% namlik). O‘rtacha o‘rik tarkibida 85% suv, 10% qattiq modda (shakar, tolalar), 5% chiqindi (urug‘ va po‘sti) bo‘ladi. Sharbat olish uchun qattiq qismi va chiqindilar ajratiladi.

O‘rik larni dastlabki tayyorlash. Mevalar yuviladi va saralanadi. Urug‘lar ajratiladi (qattiq chiqindilar hajmi ~5%). 1 tonna o‘rikdan **950 kg** go‘shtli massa olinadi.

Elektroporatsiya jarayoni. O‘rik go‘shtli massasi 3–5 mm qalinlikdagi qatlamlarga ajratiladi.

Elektrotexnologik ekstraksiya: Elektroporatsiya (elektr maydon orqali hujayra devorlarini buzish) usuli qo‘llaniladi. Bu usul sharbat chiqimining 10-15% ga oshishiga olib kelishi mumkin.

Asosiy uskunalar: Elektroporatsiya kameralari (**Elektr maydon kuchlanishi:** 2–4 kV/sm, **Davomiyligi:** 5–10 soniya, **Ta’sir mexanizmi:** Elektr maydon hujayra devorlarini buzadi va sharbatsimon suyuqlik ajralish jarayonini tezlashtiradi. Elektroporatsiya natijasida hujayralar yorilib, sharbat chiqimi **10–15%** oshadi.) Gidravlik press, Filtrlash tizimi, Analitik qurilmalar (suv miqdori, shakar darajasi, pH o‘lchagich)

Sharbat hosil bo‘lishi: Presslash va sharbat ajratish, Mexanik press orqali siqish ishlari olib boriladi. Odatda an‘anaviy presslashda 1 tonna o‘rikdan **600–650 litr** sharbat olinadi. Elektroporatsiya qo‘llanganda bu miqdor **700–750 litr** gacha oshadi. Qattiq qoldiq (po‘st va tola) miqdori **250–300 kg** atrofida bo‘ladi. 1.1-1.2-rasm

Filtrlash va sifat tahlili. Olingan sharbat 0,5 mikron filtrlardan o‘tkaziladi.

Sharbat xususiyatlari: Suv miqdori: 85–87%, Shakar miqdori: 10–12%, pH: 3.5–4.0%.

Energiya sarfi va samaradorlikni baholash. Elektroporatsiya uchun **2–5 kWh/tonna** energiya sarflandi. Qo‘shimcha presslash va filtrlash jarayonlari uchun **10–15 kWh** talab qilindi. Umumiy energiya sarfi: **15–20 kWh/tonna**.

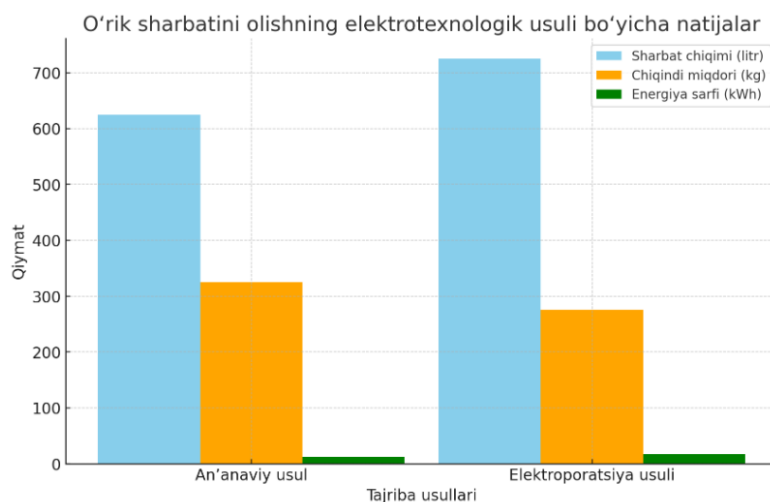
Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, elektrotexnologik usuldan foydalanish natijasida o‘rik sharbatining ozuqaviy qiymati yuqori darajada saqlanadi, ishlab chiqarish jarayoni tezlashadi va sharbat chiqishi ko‘payadi (1-jadval). O‘zbekiston meva-sabzavot sanoatida ushbu texnologiyani joriy etish orqali ichki bozor talabini qondirish hamda eksport hajmini oshirish imkoniyati mavjud. Sanoat miqyosida elektrotexnologik usuldan foydalanish innovatsion yondashuv sifatida mamlakat

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

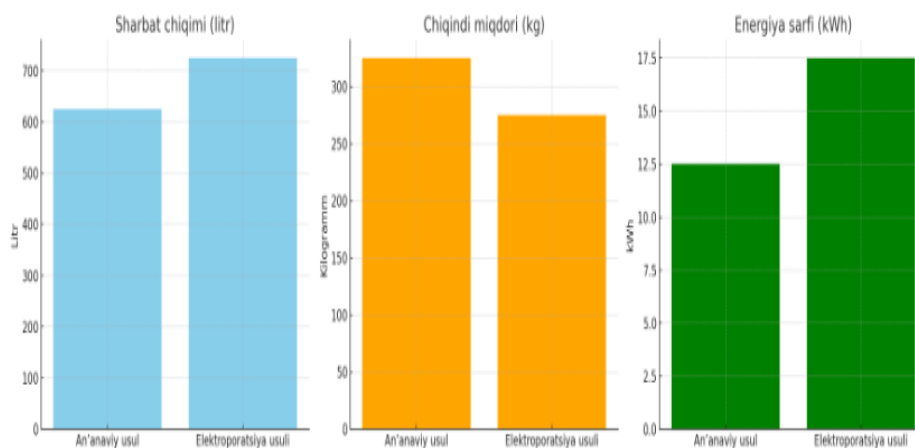
qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat sanoatini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

1-jadval

Ko‘rsatkich	An‘anaviy usul	Elektroporatsiya usuli
Sharbat chiqimi (litr)	600–650	700–750
Chiqindi miqdori (kg)	300–350	250–300
Energiya sarfi (kWh)	10–15	15–20
Shakar miqdori (%)	10–12	10–12
pH darajasi	3.5–4.0	3.5–4.0



1.1-rasm. O‘rik sharbatini olishning elektrotexnologik usuli bo‘yicha natijalari.



1.2-rasm. Chap tomonda – sharbat chiqimi (litr), Markazda – chiqindi miqdori (kg), O‘ng tomonda – energiya sarfi (kWh).

Xulosa

Xulosa qilib shuni aytishimiz mumkinki, Elektroporatsiya texnologiyasi **sharbat chiqimini 10–15%** oshirishga yordam berdi. **Energiya sarfi oshgan bo‘lsa ham**, qo‘shimcha sharbat olish tufayli samaradorlik yuqori bo‘ldi. **Chiqindi miqdori kamaydi**, ya’ni xomashyodan maksimal darajada foydalanildi. **Sharbat sifati** an‘anaviy usul bilan olingan sharbatdan farq qilmadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. **Karimov A., To‘rayev S.** "Meva-sabzavotlarni saqlash va qayta ishlash texnologiyasi" – Toshkent: Fan, 2018.
2. **Abdukarimov Sh., Raxmonov A.** "Qishloq xo‘jalik mahsulotlarini qayta ishlash texnologiyasi" – Toshkent: O‘zbekiston Milliy Universiteti nashriyoti, 2020.
3. **Norboyeva G., Ergashev O.** "Oziq-ovqat sanoatida innovatsion texnologiyalar" – Toshkent: Yangi Asr Avlodi, 2021.
4. **Xasanov B., Xolmirzayev J.** "Sharbat ishlab chiqarish texnologiyasi" – Toshkent: O‘zbekiston nashriyoti, 2019.
5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Meva-sabzavotlarni qayta ishlash ilmiy markazi materiallari, 2023.

**AN’ANAVIY ENERGETIKA TIZIMLARIDA ENERGIYA
YO‘QOTISHLARINI KAMAYTIRISH USULLARI**

Igamberdiyev Abdumannon Abduvait o‘g‘li

Energetika kafedrası o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

igamberdiyevabdumannon9119@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada an’anaviy energetika tizimlarida yuzaga keladigan energiya yo‘qotishlari, ularning fizik va texnik sabablari hamda kamaytirishning samarali usullari keng tahlil qilinadi. Elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash bosqichlarida yo‘qotishlarning shakllanishi ko‘rib chiqilib, ularni kamaytirishning zamonaviy texnik, tashkiliy va boshqaruv yechimlari asoslab berilgan. Shuningdek, energiya samaradorligini oshirishning iqtisodiy va amaliy ahamiyati yoritilgan.

Kalit so‘zlar: energiya yo‘qotishlari, elektr tarmoqlari, uzatish liniyalari, qarshilik, transformator, energiya samaradorligi, elektr uzatish

Energetika sohasi har qanday davlat iqtisodiyotining tayanch tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Sanoat, transport, qishloq xo‘jaligi va maishiy xizmatlar tizimi barqaror elektr ta’minotisiz faoliyat yurita olmaydi. Shu sababli ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasidan samarali foydalanish muhim masalalardan biri hisoblanadi. Amaliy kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, ishlab chiqarilgan energiyaning ma’lum qismi iste’molchiga yetib borguncha yo‘qotiladi. Ayniqsa, uzoq masofalarga uzatish jarayonida, eskirgan tarmoqlarda hamda yuklama noto‘g‘ri taqsimlanganda bu yo‘qotishlar sezilarli darajada ortadi. Bu esa qo‘shimcha elektr energiyasi ishlab chiqarishni talab qiladi va natijada iqtisodiy xarajatlar oshadi. Shu nuqtai nazardan qaraganda, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish nafaqat texnik muammo, balki iqtisodiy samaradorlikni oshirishning muhim yo‘li ham hisoblanadi.

1. Energiya yo‘qotishlarining nazariy asoslari. Elektr energiyasi uzatilganda o‘tkazgichlar orqali tok oqadi va o‘tkazgichning qarshiligi tufayli energiyaning bir

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

qismi issiqlik ko‘rinishida yo‘qoladi. Ushbu jarayon quyidagi ifoda bilan tavsiflanadi:

$$P_{yo'qotish} = I^2 \cdot R$$

bu yerda: I – tok, [A];

R – o‘tkazgich qarshiligi, [Om].

Mazkur ifodadan ko‘rinib turibdiki, tok kuchi oshgan sari yo‘qotishlar kvadrat qonun bo‘yicha ortadi. Demak, elektr energiyasini uzatishda tokni kamaytirish yo‘qotishlarni kamaytirishning asosiy yo‘llaridan biridir.

2. Energiya yo‘qotishlarining turlari. Energetika tizimlarida yo‘qotishlar odatda ikki asosiy turga ajratiladi:

Texnik yo‘qotishlar. Texnik yo‘qotishlar elektr uzatish liniyalari, transformatorlar va boshqa uskunalarda yuzaga keladi. Ular quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- O‘tkazgichlarda issiqlik yo‘qotishlari
- Transformatorlarda magnit va mis yo‘qotishlari
- Elektr jihozlarining ishlash jarayonidagi ichki yo‘qotishlar

Notexnik yo‘qotishlar. Notexnik yo‘qotishlar asosan inson omili bilan bog‘liq bo‘lib, quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- Noqonuniy ulanishlar
- Elektr energiyasini hisobga olishdagi xatoliklar
- Nazorat tizimining yetarli darajada ishlamasligi

3. Energiya yo‘qotishlarining asosiy sabablari. Energiya yo‘qotishlariga olib keluvchi omillarni chuqur tahlil qilish ularni kamaytirish uchun muhim ahamiyatga ega.

Birinchi navbatda, elektr uzatish liniyalarining uzunligi muhim rol o‘ynaydi. Masofa ortgan sari qarshilik ortadi va natijada yo‘qotishlar ko‘payadi.

Ikkinchi omil – o‘tkazgich materialining sifati. Past sifatli yoki eskirgan simlar yuqori qarshilikka ega bo‘lib, energiya yo‘qotishlarini oshiradi.

Uchinchi omil – yuklamaning notekis taqsimlanishi. Ayrim hududlarda ortiqcha yuklanish kuzatiladi, bu esa uskunalarining qizishiga va samaradorlikning pasayishiga olib keladi.

To‘rtinchi muhim sabab – transformatorlarning texnik holati. Eski transformatorlar ko‘proq energiya yo‘qotadi.

4. Energiya yo‘qotishlarini kamaytirish usullari

Yuqori kuchlanishda uzatish. Elektr energiyasini yuqori kuchlanishda uzatish orqali tok kamayadi va natijada yo‘qotishlar kamayadi. Shu sababli magistral uzatish liniyalarida yuqori kuchlanishdan foydalaniladi.

Zamonaviy o‘tkazgichlardan foydalanish. Past qarshilikka ega materiallardan foydalanish energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi. Masalan, alyuminiy va mis asosidagi zamonaviy simlar yuqori samaradorlikka ega.

Transformatorlarni modernizatsiya qilish. Yangi avlod transformatorlari kam yo‘qotish bilan ishlaydi. Ularni joriy etish orqali umumiy energiya samaradorligi oshadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish. Reaktiv quvvatni kamaytirish orqali tokni kamaytirish mumkin. Bu esa o‘z navbatida yo‘qotishlarni kamaytiradi.

Tarmoqlarni optimallashtirish. Elektr tarmoqlarini to‘g‘ri loyihalash va yuklamani optimal taqsimlash orqali ortiqcha yo‘qotishlarning oldini olish mumkin.

Zamonaviy nazorat va hisoblash tizimlari. Zamonaviy hisoblagichlar va monitoring tizimlari energiya sarfini aniq hisoblash va nazorat qilish imkonini beradi. Bu esa noqonuniy iste‘molni kamaytiradi.

5. Energiya samaradorligini oshirishning iqtisodiy ahamiyati. Energiya yo‘qotishlarini kamaytirish nafaqat texnik, balki iqtisodiy foyda ham keltiradi. Yo‘qotishlar kamayganda:

- Qo‘shimcha energiya ishlab chiqarishga ehtiyoj kamayadi
- Yoqilg‘i sarfi qisqaradi
- Atrof-muhitga zarar kamayadi
- Elektr ta‘minotining ishonchliligi oshadi

Xulosa

An‘anaviy energetika tizimlarida energiya yo‘qotishlarini kamaytirish muhim vazifalardan biridir. Texnik modernizatsiya, tarmoqlarni optimallashtirish va zamonaviy nazorat tizimlarini joriy etish orqali energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkin. Kelajakda ushbu yo‘nalishda olib boriladigan ilmiy va amaliy ishlar energetika tizimlarining barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Qurbonazarov Suhrob Erkin o‘gli, Igamberdiyev Abdumannon Abduvait o‘gli - Гравитационные батареи–будущее альтернативных источников энергии Ссиентифис Импульс, 2023

2. S.E.Qurbonazarov, J.A.Esonov, A.A.Igamberdiyev - Qayta tiklanuvchi energiya turlaridan foydalanish - Экономика и социум - 12 (115)-2. 2023

3. A.A.Igamberdiye, B.J.Sultonov, J.U. Qodirov- Archa unsimon qurtlariga qarshi ultrabinafsha nurlar bilan kurashish- Development of science Ilmiy jurnal 2026/3 VOLUME 4 ISSN 3030 -3907

**QUYOSH ENERGETIKASINING EKOLOGIK XAVFSIZLIKNI
TA’MINLASHDAGI O‘RNI**

Ibroximov Giyosiddin Baxriddin o‘g‘li

Termiz davlat muhadislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

Ibroximovgiyosiddin8@gmail.com

Hasanov Hayitmurod Abdurashid o‘g‘li

Termiz davlat muhadislik va agrotexnologiyalar universiteti asisstant o‘qituvchisi

Bo‘riyev Oxunjon Olimjon o‘g‘li

Termiz davlat muhadislik va agrotexnologiyalar universiteti asisstant o‘qituvchisi

Anotatsiya. Mazkur maqolada quyosh energiyasidan foydalanishning asosiy afzalliklari va kamchiliklari tahlil qilingan. Quyosh energiyasi — toza, tiklanuvchi va atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan manba sifatida energetika sohasida muhim o‘rin egallamoqda. Maqolada quyosh panellarining ishlash prinsipi, ularning iqtisodiy samaradorligi, ekologik foydalari hamda joriy etishdagi muammolar yoritilgan. Shuningdek, ushbu energiya manbasining O‘zbekistonda qo‘llanilishi va istiqbollari haqida fikr yuritilgan. Maqola ekologik barqarorlik va energiya xavfsizligini ta'minlashda quyosh energiyasining tutgan o‘rnini ko‘rsatib beradi.

Kalit so‘zlar: Quyosh energiyasi, quyosh panellari, quyosh nurlari, energiya manbalari, tiklanuvchi energiya, ekologiya, issiqxona effekti, fotoelektrik effekt, quyosh elektrostansiyalari, energiya konversiyasi, quyosh nuri intensivligi.

Quyosh energiyasini ishlab chiqarish - bu quyoshdan yorug‘lik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradigan texnologiyasidir. Quyosh energiyasining asosiy afzalliklari qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish, energiya mustaqilligi, past oqim xarajatlari va atrof-muhitga ijobiy ta’sir ko‘rsatishdir. Quyosh energiyasini barqaror energiya ta’minoti va iqlim o‘zgarishini yumshatishda asosiy texnologiya deb aytish mumkin. Quyosh paneli tomonidan olingan fotonlar yarimo‘tkazgich materialidagi elektronlarni qo‘zg‘atadi va bu elektr tokini hosil qiladi. Ushbu doimiy quvvat odatda uylarda va sanoatda ishlatiladigan o‘zgaruvchan elektr quvvatiga aylantirilishi uchun inverter orqali o‘tkaziladi

Quyosh energiyasini ishlab chiqarishning afzalliklari ko‘p. Birinchidan, u qayta tiklanadigan energiya manbai bo‘lgani uchun qazib olinadigan yoqilg‘ilarga bo‘lgan talabni kamaytiradi va energiya ta’minoti barqarorligini yaxshilaydi. Bundan tashqari, quyosh energiyasi tizimining operatsion xarajatlari nisbatan past, ya’ni elektr energiyasi uchun to‘lovlarni kamaytirish va uzoq muddatli xarajatlarni tejashi mumkin. Bundan tashqari, energiya ishlab chiqarish jarayonida hech qanday issiqxona gazlari chiqarilmaganligi sababli, u atrof-muhitga kam ta’sir qiladi va iqlim o‘zgarishini kamaytirishga yordam beradi. Quyosh energiyasi barqaror energiya ta’minoti va atrof-muhitni muhofaza qilish yo‘lidagi muhim qadam bo‘lib, butun dunyoda keng qo‘llanilmoqda.

Quyosh energiyasidan foydalanishning afzalliklari

Quyosh energiyasini ishlab chiqarish eng mashhur qayta tiklanadigan energiya manbalaridan biri bo‘lib, ko‘plab afzalliklarga ega.

Ekologik toza energiya ishlab chiqarish. Quyosh energiyasini ishlab chiqarishning katta afzalliklaridan biri uning ekologik tozaligidir. Ushbu tizim quyosh energiyasidan elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun foydalanadi, yoqilg‘ini yoqish zaruratini yo‘q qiladi va issiqxona gazlarini chiqarmaydi. An‘anaviy elektr energiyasini ishlab chiqarish, masalan, ko‘mir yoki tabiiy gazni yoqish, atmosferaga ko‘p miqdorda karbonat angidrid (CO₂) va boshqa zararli chiqindilarni chiqaradi, ammo quyosh energiyasi bu xavflarni keltirib chiqarmaydi. Quyosh energiyasini ishlab chiqarish iqlim o‘zgarishini yumshatish va atrofmuhitga yukni kamaytirishga hissa qo‘shadi va barqaror energiya ta‘minotida muhim rol o‘ynaydi. Bundan tashqari, quyosh energiyasini ishlab chiqarish qayta tiklanadigan energiya manbai bo‘lib, quyosh nurlari bitmas-tuganmas bo‘lgani uchun u energiya barqaror ta‘minlanishini ta‘minlaydi.

Energiya manbalari hech qachon tugamaydi.

Quyosh energiyasini ishlab chiqarishning asosiy afzalligi shundaki, u tuganmas energiya manbai hisoblanadi. Bu quyosh nuri doimiy ta‘minlangan neft va ko‘mir kabi qazib olinadigan yoqilg‘idan farqli o‘laroq.

Bundan tashqari, biz qazib olinadigan yoqilg‘iga tayanganimizda, ta‘minot cheklangan va talab oshgani sayin narxlar ko‘tariladi. Boshqa tomondan, quyosh energiyasini ishlab chiqarish quyosh nurlaridan foydalanishga asoslangan, shuning uchun kamayish haqida tashvishlanishning hojati yo‘q va u barqaror energiya ta‘minotini ta‘minlaydi. Bu barqaror energiya kelajagi sari qadamdir va energiya barqarorligini oshiradi.

Ortiqcha energiyani sotish mumkin

Quyosh energiyasini ishlab chiqarishning afzalliklaridan biri bu ortiqcha energiyani sotish qobiliyatidir. Agar quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi sizning uyingiz yoki biznesingiz talabidan oshsa, ortiqcha elektr quvvati elektr tarmog‘iga qaytariladi va uni qayta sotish mumkin. Bu nafaqat energetika korxonasidan daromad olish va elektr energiyasi uchun to‘lovlarni tejash, balki ortiqcha energiyani isrof qilishdan ko‘ra samarali foydalanish imkonini beradi. Bundan tashqari, bu qayta tiklanadigan energiya tarqalishiga hissa qo‘shadi va mahalliy hududni energiya bilan ta‘minlash mumkin bo‘ladi. Kamroq quyosh energiyasi ishlab chiqaruvchilari elektr energiyasini to‘lash tariflaridan foydalanmoqda, bu esa quyosh energiyasi ishlab chiqarish tizimiga ega bo‘lgan jismoniy shaxslar va korxonalar uchun ekologik toza energiya bilan ta‘minlash va iqtisodiy foyda keltirish uchun jozibador variantga aylandi.

Quyosh energiyasini ishlab chiqarish BCP (Biznesning uzluksizligini rejalashtirish) chorasi sifatida ishlatilishi mumkin, bu favqulotlar paytida muhim quvvat manbai bo‘lib xizmat qiladi. Tabiiy ofatlar yoki elektr uzilishlari paytida ham quyosh panellari elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun quyosh nurlaridan foydalanishi mumkin, bu esa asosiy elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyojni

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

qondirishga yordam beradi. Bu aloqa, yorug‘lik va muhim jihozlarning ishlashini ta‘minlashga yordam beradi va evakuatsiya markazlari va tibbiyot muassasalarini elektr energiyasi bilan ta‘minlaydi. Quyosh energiyasini ishlab chiqarish mustaqil energiya manbai sifatida ishlaydi va mahalliy tiklanish va evakuatsiya ishlariga hissa qo‘shishi mumkin bo‘lgan energiya manbai hisoblanadi.

Hamma joyda o‘rnatish nisbatan oson Boshqa qayta tiklanadigan energiya manbalari bilan taqqoslaganda, quyosh energiyasini ishlab chiqarish har qanday joyda o‘rnatilishi mumkin bo‘lgan afzalliklarga ega. Hidroelektrik energiya ishlab chiqarish suv manbasiga bog‘liq bo‘lsa va shamol energiyasini ishlab chiqarish shamol kuchi va yo‘nalishiga bog‘liq bo‘lsa-da, quyosh energiyasini ishlab chiqarish quyosh nuri tushadigan deyarli hamma joyda o‘rnatilishi mumkin. Quyosh panellari mavjud bo‘sh joydan samarali foydalanish uchun tomlar, quruqlik va qurilish devorlari kabi ko‘plab joylarda o‘rnatilishi mumkin. Bu mintaqaning energiya bilan o‘zini-o‘zi ta‘minlash darajasini oshiradi va elektr ta‘minoti cheklangan joylarda, masalan, qishloq joylari va chekka orollarda energiya ishlab chiqarish imkonini beradi. Moslashuvchan o‘rnatish variantlari markazlashtirilmagan energiya ta‘minotini qo‘llab-quvvatlovchi quyosh energiyasini ishlab chiqarishning diqqatga sazovor joylaridan biridir.

Quyosh energiyasidan foydalanishning kamchiliklari

Quyosh energiyasidan foydalanishning kamchiliklari ham bor. Uni amalga oshirish to‘g‘risida qaror qabul qilayotganda, ijobiy va salbiy tomonlarini ham tekshirib ko‘ring.

O‘rnatish qimmat

Quyosh energiyasini ishlab chiqarishning kamchiliklaridan biri o‘rnatishning yuqori narxidir. Dastlabki sarmoya katta, chunki sizga quyosh panellari va boshqa jihozlar, jihozlar va professional to‘lovlar kerak bo‘ladi. Ayniqsa, keng ko‘lamli quyosh energiyasi ishlab chiqarish tizimlari uchun katta miqdordagi kapital talab qilinishi mumkin.

Biroq, bu boshlang‘ich xarajat uzoq muddatda elektr energiyasi uchun to‘lovni tejash va qayta tiklanadigan energiyadan foydalanishning ekologik foydalari hisobiga qoplanishi mumkin. Davlat subsidiyalari va soliq imtiyozlaridan foydalanish orqali xarajatlarni kamaytirish usullari ham mavjud. Quyosh energiyasini ishlab chiqarish sarmoyani talab qiladi, ammo uzoq muddatda foyda ko‘pincha xarajatlardan ustun turadi, shuning uchun uni qabul qilish haqida o‘ylash kerak.

Muntazam xizmat ko‘rsatish talab qilinadi

Quyosh panellari va tegishli uskunalarni tashqi omillar yoki vaqt o‘tishi bilan yomonlashishi tufayli buzilishi mumkin. Bu muntazam tekshirish, tozalash va zarur ta‘mirlashni talab qiladi. Bu ixtisoslashgan texnik va texnik xodimlarni yollashni o‘z ichiga oladi, bu qimmatga tushishi mumkin. Bundan tashqari, elektr energiyasini ishlab chiqarish samaradorligi ob-havo va meteorologik sharoitga qarab o‘zgarganligi sababli, muntazam monitoring va sozlash ham muhimdir. Bu energiya ishlab chiqarishning optimal samaradorligini saqlab qolishga yordam beradi, lekin

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

qo‘shimcha boshqaruv harakatlarini talab qiladi. Biroq, to‘g‘ri parvarishlash quyosh energiyasi tizimingizning ishlash muddatini uzaytirishi va uzoq muddatli operatsion xarajatlarni kamaytirishi mumkin. Ta‘mirlashga sarmoya kiritish tizimingiz barqarorligi va ishonchliligini ta‘minlaydi va quyosh energiyasidan maksimal darajada foydalanishga yordam beradi.

Ishlab chiqarilgan elektr quvvati miqdori ob-havo va haroratga bog‘liq.

Quyosh panellari quyosh nurini qabul qilish orqali elektr energiyasini ishlab chiqaradi, ammo ular bulutli yoki yomg‘irli kunlar, tungi vaqtlar va kunduzgi soatlardagi mavsumiy o‘zgarishlar kabi ob-havo sharoitlaridan katta ta‘sir ko‘rsatadi. Bundan tashqari, issiq kunlarda panellaringizning samaradorligi pasayishi mumkin, buning natijasida kamroq elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Ushbu tebranish energiya ta‘minoti barqarorligiga ta‘sir qilishi mumkin. Elektr ishlab chiqarishdagi oldindan aytib bo‘lmaydigan tebranishlar, ayniqsa bulutli va ob-havo o‘zgaruvchanligi yuqori bo‘lgan hududlarda muammo bo‘lishi mumkin. Shuning uchun, agar siz quyosh energiyasini asosiy energiya manbai sifatida tanlasangiz, energiyani saqlash yoki zaxira energiya ishlab chiqarish uskunasi qo‘llashingiz kerak bo‘lishi mumkin. Boshqa tomondan, texnologik yutuqlar va energiyani boshqarishni takomillashtirish orqali quyosh energiyasini ishlab chiqarishning ob-havoga bog‘liqligini kamaytirishga harakat qilinmoqda va yaxshilanishlar olib borilmoqda.

Yoritilgan yorug‘lik muammolarga olib kelishi mumkin

Quyosh energiyasini ishlab chiqarishning kamchiliklaridan biri - aks ettirilgan yorug‘likdan kelib chiqadigan muammolarning ehtimoli. Quyosh panellari quyosh nurini yutish va elektr energiyasini ishlab chiqarish orqali ishlaydi, shuning uchun atrofdagi har qanday aks ettirilgan yorug‘lik panellarning ishlashiga ta‘sir qilishi mumkin. Xususan, aks ettirilgan yorug‘lik oynaga o‘xshash binolar, suv sathlari yoki qor tufayli quyosh panellariga tushsa, bu quvvatni noto‘g‘ri o‘lchash, qizib ketish va shikastlanish kabi muammolarni keltirib chiqarishi mumkin. Ushbu muammoni hal qilish uchun siz panellarni o‘rnatish joyini va burchagini, shuningdek, atrof-muhitni hisobga olishingiz kerak. Shuningdek, aks ettirilgan yorug‘likdan kelib chiqadigan muammolarni kamaytirish bo‘yicha texnologik chora-tadbirlar bo‘yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Quyosh energiyasini ishlab chiqarish tizimini o‘rnatishda atrof-muhit va dizayn bo‘yicha mutaxassisdan to‘g‘ri maslahat olish muhimdir.

Energiya ishlab chiqarish samaradorligi mavjud energiya ishlab chiqarish tizimlariga qaraganda past quyosh energiyasini ishlab chiqarishning kamchiliklaridan biri shundaki, u mavjud energiya ishlab chiqarish tizimlariga qaraganda kamroq energiya ishlab chiqarish samaradorligiga ega. Quyosh energiyasini ishlab chiqarish samaradorligi ob-havo, mavsum va kun vaqtiga qarab o‘zgaradi. Bundan tashqari, quyosh nuri bo‘lmaganda, masalan, kechasi yoki bulutli kunlarda elektr energiyasi ishlab chiqarish to‘xtaydi. Shu sababli, quyosh energiyasi uzluksiz quvvat manbai talab qiladigan ilovalar uchun mos emas va zaxira quvvat manbai yoki boshqa energiya ishlab chiqarish usullari bilan birlashtirilishi kerak.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bo‘lishi mumkin. Biroq, texnologik taraqqiyot energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshirmoqda va uning ekologik toza qayta tiklanadigan energiya manbai bo‘lishiga umidlar ortib bormoqda.

Quyosh energiyasini ishlab chiqarishning kamchiliklarini qanday bartaraf etish mumkin. Quyosh energiyasini ishlab chiqarishning kamchiliklarini bartaraf etish va uning foydasini maksimal darajada oshirish uchun uni joriy qilishda quyidagi choralarni ko‘rishni tavsiya qilamiz.

Lizing va PPA ham mavjud. Lizing yoki PPA (energiya sotib olish shartnomalari) dan foydalanib, siz boshlang‘ich investitsiya xarajatlarini minimallashtirishingiz va quyosh energiyasini ishlab chiqarishni osongina joriy qilishingiz mumkin. Biroq, ehtiyotkorlik talab qilinadi va kelajakdagi tebranishlarga tayyorgarlik ko‘rish uchun shartnoma shartlari, narxlar va muddatlarni diqqat bilan ko‘rib chiqish kerak. Bundan tashqari, sayt tanlash, texnik xizmat ko‘rsatish shartnomalari, qonuniy muvofiqlik va hokazolarni to‘g‘ri hal qilish kerak. Ushbu omillarni hisobga olgan holda, lizing yoki PPA orqali quyosh energiyasini ishlab chiqarishni joriy qilish toza va tejamkor energiya ta‘minotini ta‘minlashi mumkin.

Subsidiyalar va imtiyozli davolash dasturlaridan foydalanish. Korporatsiyalar uchun quyosh energiyasini ishlab chiqarishning kamchiliklarini bartaraf etishning bir usuli bu subsidiyalar va imtiyozli tozalash tizimlaridan foydalanishdir. Bu boshlang‘ich investitsiyalarni kamaytiradi va to‘lov muddatini qisqartiradi. Shuni ta‘kidlash kerakki, siz har bir mintaqa va mamlakatda subsidiyalar va imtiyozli rejimlardagi farqlardan xabardor bo‘lishingiz kerak. Bundan tashqari, tizim o‘zgarishi yoki muddati tugashi uchun reja tuzing. Bundan tashqari, subsidiyani olish uchun ma‘lum shartlar bajarilishi kerak, shuning uchun siz batafsil talablarni tekshirishingiz va hujjatlarni to‘g‘ri tayyorlashingiz va protseduralarni bajarishingiz kerak bo‘ladi. Agar siz ushbu ehtiyot choralariga rioya qilsangiz va subsidiyalar va imtiyozlardan foydalansangiz, quyosh energiyasi ishlab chiqarishni o‘rnatish iqtisodiy jihatdan jozibador bo‘lishi mumkin.

Quyosh energetikasining ekologik xavfsizlikdagi o‘rni quyidagi asosiy omillar bilan belgilanadi:

Issiqxona gazlari emissiyasini kamaytirish: Quyosh panellari elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayonida atmosferaga karbonat anhidrid (CO_2) yoki boshqa zararli issiqxona gazlarini chiqarmaydi, bu esa global isishni jilovlashga yordam beradi.

Havo va suv tozaligini saqlash: Qazib olinadigan yoqilg‘idan farqli o‘laroq, quyosh energiyasi havo ifloslanishini keltirib chiqarmaydi va elektr stansiyalarini sovutish uchun katta hajmdagi suv resurslarini talab qilmaydi.

Tabiiy resurslarni asrash: Quyosh energiyasi bitmas-tuganmas manba bo‘lib, energiya xavfsizligini ta‘minlash orqali ko‘mir va neft kabi resurslarni kelajak avlodlar uchun asrashga xizmat qiladi.

Ekologik toza va barqaror: Quyosh fotoelektrik tizimlari atrof-muhitga ijobiy ta‘sir ko‘rsatadi va ekologik toza energiya manbai hisoblanadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

- [1] ХОЖИЕВ, У. (2020). Quyosh energiyasi va uning texnologiyalari. Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti.
- [2] International Energy Agency (IEA). (2023). Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028. <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>
- [3] GOST 12.1.030-81. Quyosh energiyasidan foydalanish xavfsizlik standartlari.
- [4] Greenmatch UK. (2022). Advantages and Disadvantages of Solar Energy. <https://www.greenmatch.co.uk>
- [5] Enerdata. (2022). Global Energy Trends Report. <https://www.enerdata.net>
- [6] X. Rustamov, N. Xasanova. (2019). Energetika asoslari. Toshkent: TDYU nashriyoti.
- [7] United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). Renewable Energy for Sustainable Development. <https://www.unep.org>
- [8] Solar Energy Industries Association (SEIA). (2023). Solar Industry Research Data. <https://www.seia.org>
- [9] Shomirzayev, A. (2021). “Quyosh energiyasi va iqlim o‘zgarishi bilan kurash.” O‘zbekiston Energetika Jurnali, №3, 24–30-betlar.
- [10] U.S. Department of Energy. (2022). Photovoltaic Systems and Applications. <https://www.energy.gov>

TIBBIY CHIQINDILARDAN ELEKTR ENERGETIKASI SOHASIDA FOYDALANISH

Ibroximov Giyosiddin Baxriddin o‘g‘li,

Termiz davlat muhadislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
ibroximovgiyosiddin8@gmail.com

Yuldashev Asliddin Bozorovich

Termiz davlat muhadistlik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada tibbiy chiqindilarni elektr energiyasi ishlab chiqarishda qayta ishlatishning zamonaviy usullari, texnologiyalari va ekologik ahamiyati tahlil qilinadi. Inkineratsiya, gazifikatsiya va piroliz kabi texnologiyalar orqali chiqindilarni energiyaga aylantirish, hajmini kamaytirish, patogenlarni yo‘q qilish va emissiyalarni boshqarish masalalari yoritilgan. O‘zbekistonda amalga oshirilayotgan loyihalar va xalqaro tajriba asosida muhandislik yondashuvlari va institutsional yechimlar taklif etiladi. Tadqiqot natijalari tibbiy chiqindilardan energiya olish atrof-muhitni muhofaza qilish va barqaror energetikani rivojlantirishda muhim yo‘nalish ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: tibbiy chiqindilar, chiqindilardan energiya olish (WtE), inkineratsiya, gazifikatsiya, elektr energiyasi, ekologik xavfsizlik, barqaror rivojlanish, muhandislik ta’limi.

Kirish

So‘nggi yillarda tibbiy muassasalar faoliyatining kengayishi natijasida tibbiy chiqindilar hajmi keskin oshdi. Ushbu chiqindilar yuqori infeksiyon xavfga ega bo‘lib, noto‘g‘ri utilizatsiya qilinganda atrof-muhit va inson salomatligiga jiddiy tahdid soladi. Shu bilan birga, tibbiy chiqindilarni energiyaga aylantirish (Waste-to-Energy — WtE) texnologiyalari chiqindilarni boshqarish va qayta tiklanadigan energiya manbalarini yaratishning samarali usuli hisoblanadi. O‘zbekistonda tibbiy chiqindilardan termal energiya ishlab chiqaruvchi birinchi zavodlar ishga tushirilishi bu yo‘nalishning dolzarbligini tasdiqlaydi.

Ushbu maqolaning maqsadi — tibbiy chiqindilardan elektr energiyasi olishdagi zamonaviy yondashuvlarni tahlil qilish va amaliy takliflar berishdan iborat.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Xalqaro adabiyotlarda (IRENA, IEA, EPA) tibbiy chiqindilarni inkineratsiya va gazifikatsiya orqali energiyaga aylantirish chiqindilar hajmini 90% gacha kamaytirishi, patogenlarni to‘liq yo‘q qilishi va elektr energiyasi ishlab chiqarish imkonini berishi ta’kidlanadi. Zamonaviy filtrlash tizimlari emissiyalarni sezilarli darajada pasaytiradi.

Mahalliy tajribada O‘zbekistonda Toshkentda Amerika kompaniyasi tomonidan tibbiy chiqindilardan termal energiya ishlab chiqaruvchi birinchi zavod ishga tushirilgani va umumiy chiqindilardan energiya olish bo‘yicha Xitoy bilan hamkorlikdagi yirik loyihalar amalga oshirilayotgani qayd etilgan. Biroq, texnologik infratuzilma va mutaxassislar tayyorlash masalalari hali ham dolzarb bo‘lib qolmoqda.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot quyidagilarga asoslandi:

- Tibbiy chiqindilarni energiyaga aylantirish texnologiyalarini solishtirma tahlil qilish;
- Xalqaro (IEA, IRENA) va milliy statistik ma’lumotlar o‘rganish;
- O‘zbekiston tajribasi va xalqaro amaliyotni solishtirish;
- Ekspert baholash va tizimli yondashuv.

Tahlil va natijalar

Tibbiy chiqindilarning xususiyatlari va muammolari. Tibbiy chiqindilar infeksiyon, zaharli va radioaktiv bo‘lishi mumkin. An’anaviy utilizatsiya (ko‘mish) yer osti suvlarini ifloslantiradi va metan gazini chiqaradi. Energiyadan foydalanish esa ikki tomonlama foyda beradi: chiqindilarni kamaytirish va energiya ishlab chiqarish.

Zamonaviy texnologiyalar:

1. **Inkineratsiya (yoqish)** — eng keng tarqalgan usul. Yuqori haroratda yoqish orqali chiqindilar hajmi 90% ga kamayadi, issiqlik energiyasi esa bug‘ turbinolari orqali elektrga aylantiriladi.

2. **Gazifikatsiya va piroliz** — kam kislorodli muhitda chiqindilarni gaz yoki bio-neftga aylantirish. Bu usullar emissiyalarni yanada kamaytiradi.

3. **Energiya qayta ishlab chiqarish samaradorligi** — bir tonna tibbiy chiqindi taxminan 500–800 kVt/soat elektr energiyasi ishlab chiqarishi mumkin.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

O‘zbekistonda holat. Toshkentda ishga tushirilgan birinchi zavod tibbiy chiqindilardan termal energiya ishlab chiqarmoqda. Mamlakatda umumiy chiqindilardan energiya olish bo‘yicha bir nechta yirik loyihalar (Andijon, Samarqand va boshqalar) amalga oshirilmoqda. Bu loyihalar millionlab tonna chiqindilarni qayta ishlaydi va yuz millionlab kVt/soat elektr energiyasi beradi.

Tahliliy natijalar:

Ko‘rsatkich	An‘anaviy utilizatsiya	Energiyaga aylantirish (WtE)
Chiqindilar hajmini kamaytirish	Past	85–90%
Patogenlarni yo‘q qilish	Zaif	To‘liq
Emissiyalar	Yuqori (metan)	Boshqariladigan (filtrlash)
Energiya ishlab chiqarish	Yo‘q	Yuqori
Atrof-muhitga ta‘sir	Salbiy	Minimal / Ijobiy

Xulosa va takliflar. Tibbiy chiqindilardan elektr energiyasi olish ekologik muammolarni hal etish va energiya xavfsizligini oshirishning samarali yo‘li hisoblanadi. Zamonaviy texnologiyalar xavfsiz va foydali natijalar beradi.

Taklif etiladi:

- Tibbiy chiqindilarni energiyaga aylantirish texnologiyalarini keng joriy etish;
- Raqamli monitoring va emissiyalarni boshqarish tizimlarini qo‘llash;
- Muhandislik ta‘lim dasturlariga WtE mavzularini kiritish;
- Ta‘lim–fan–ishlab chiqarish integratsiyasini kuchaytirish;
- Xalqaro standartlar (ISO, BAT) asosida loyihalarni rivojlantirish.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Abdullayev A.A., Jo‘rayev N.J. Sanoat va tibbiy chiqindilarni boshqarish texnologiyalari. Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.
2. Usmonov O.U., Xolmirzayev M.X. Ekologik muhandislik va chiqindilardan energiya olish. Toshkent: Oliy ta‘lim, 2022.
3. Nazarov B.M., Qosimov A.Sh. Tibbiy chiqindilarni utilizatsiya qilishning zamonaviy usullari. Toshkent: Universitet, 2021.
4. Rahimov Sh.R. O‘zbekistonda chiqindilardan energiya ishlab chiqarish istiqbollari. Termez: TDMAU nashri, 2023.
5. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi. Tibbiy chiqindilarni boshqarish bo‘yicha milliy strategiya. Toshkent, 2024.
6. Karimov A., Saidov M. Termal usullar yordamida chiqindilarni qayta ishlash. Toshkent: Innovatsiya, 2022.
7. Ergashev B.B., Bo‘riyev O.O. Alternativ energetika va chiqindilardan foydalanish. Termez: TDMAU, 2025.
8. IRENA. Renewable Energy Statistics 2025. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2025.

9. IEA. Waste-to-Energy: Technology Roadmap. Paris: International Energy Agency, 2024.

10. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Environmental Engineering for the 21st Century: Addressing Grand Challenges. Washington, DC, 2019.

11. EPA. Energy Recovery from Waste – Medical Waste Management. United States Environmental Protection Agency, 2023.

FOTOELEKTRIK PANELLAR SAMARADORLIGINI OSHIRISH TEXNOLOGIYALARI

Jo‘rayev Islom Raxmatovich

Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti, PhD.

Ziyaboyev Jamshid Sherali o‘g‘li

Toshkent davlat texnika universiteti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada fotoelektrik panellar (FEP) samaradorligiga ta’sir ko‘rsatuvchi omillar keltirilgan. FEP samaradorligini oshirishning asosiy texnologiyalari tahlil qilingan. Sovitish qurilmalari, quyoshni kuzatuvchi mexanizmlar, FEP uchun yangi materiallardan foydalanish, FEP yuzalarini antirefleksiv materiallar bilan qoplash va fotoelektrik-issiqlik qurilmalari (FEIQ) yordamida samaradorlikni oshirish afzalliklari keltirilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra kompleks yondashuv FEP samaradorligini sezilarli darajada oshirishga imkon berishi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: fotoelektrik panel, samaradorlik, quyosh energiyasi, sovitish, FEIQ, treker tizimlar.

Bugungi kundagi energiya tizimlarining globallasuvi davrida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan (QTEM) foydalanish muhim yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. QTEM orasida quyosh energiyasi istiqbolli manbalardan bo‘lib, fotoelektrik panellar (FEP) quyosh nurlarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr energiyasiga aylantirishga imkon beradi [1, 2]. Hozirgi kunda foydalanishda bo‘lgan FEP samaradorliklari nisbatan past bo‘lib (15–22%), uni oshirish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi. So‘nggi yillarda FEP tizimlarining samaradorligini oshirish uchun turli texnologiyalar ishlab chiqilmoqda [3]. Ushbu maqolada hozirgi vaqtgacha yaratilgan texnologiyalar tizimli ravishda tahlil qilinadi.

FEP samaradorligi quyidagi asosiy omillarga bog‘liq hisoblanadi [4, 5]:

- Harorat –tashqi muhitning issiq harorati ta’sirida panel me’yordan ortiqcha qiziydi va samaradorligi kamayadi.
- Quyosh nurlanish intensivligi – geografik kenglik, bulutli havo, qor-yomg‘ir kabi ob-havo sharoitlari sababli quyosh nurlari zichligi pasayadi va FEP samaradorligi kamayishiga olib keladi.

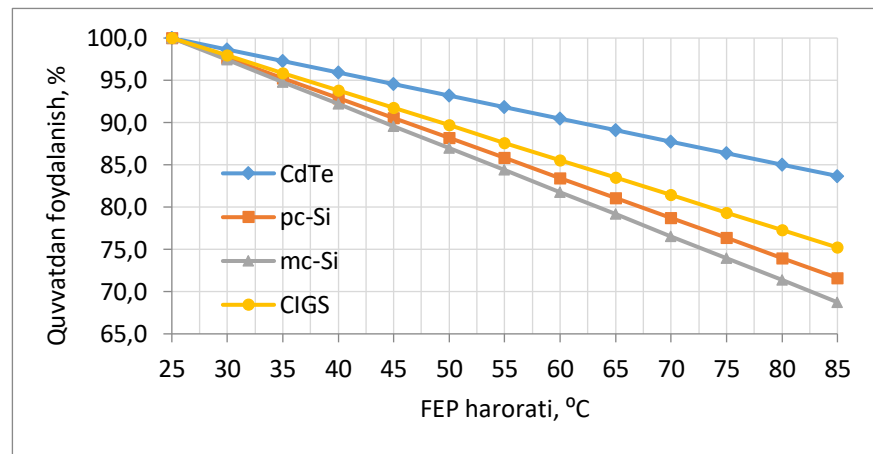
“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- FEP turlari (monokristall, polikristall, yuqa plyonkali, perovskitli va boshqalar) – panel uchun qo‘llanilgan yarim o‘tkazgich materiallar va ishlab chiqarish texnologiyasi hisobiga turlicha panellardan foydalanganda samaradorlik har xil bo‘ladi.

- FEP o‘rnatish burchagi va orientatsiyasi – Quyosh harakatining yil davomida o‘zgarib turishi sababli FEP yuzasiga tushish burchagi o‘zgarib turadi. Shuning uchun FEP o‘rtatish burchagi o‘zgartirib turilishi lozim,

- Chang va ifloslanish – tabiiy iqlim sharoitida sodir bo‘ladigan chang bo‘ronlari tufayli FEP yuzalari chang va boshqa ifloslanish moddalari bilan qoplanib qoladi va quyosh nuri tushuvchi optik yuza to‘silib qolib samaradorlik pasayadi.

Yuqorida keltirilgan omillar ichida ayniqsa, haroratning oshishi FEP samaradorligiga o‘ta salbiy ta’sir etuvchi omil hisoblanadi. Oldin amalga oshirilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, harorat ta’sirida turli xil FEP quvvat yoqotishi turlicha bo‘ladi. Misol uchun, quyidagi grafiklarda quvvat va harorat o‘rtasidagi bog‘likni ko‘rish mumkin (1-rasm) [6, 7].



1-rasm. Turli xil FEP uchun quvvatdan foydalanish ko‘rsatkichini panel haroratiga bo‘g‘liklik grafiklari

1-rasmdagi grafiklarda ko‘rsatilganidek, olingan natijalarga ko‘ra, panel harorati +85°C yetganda mc-Si - kristal kremniy tarkibli panellarda eng ko‘p quvvat yoqotilishi aniqlandi. Shu tariqa samaradorlik mos ravishda pasayadi. FEP samaradorligi (η) quyidagi formula orqali hisoblanadi [8, 9].

$$\eta = \frac{P_{ch}}{G \cdot A} \quad (1)$$

(1) -formulada, P_{ch} - panelni chiquvchi quvvati, kVt, G – quyosh nurlanishi oqim zichligi, Vt/m^2 , A - panel yuzasi, m^2 .

Harorat ta’siri natijasida FEP samaradorligi pasayadi va bu bog‘liklik quyidagicha ifodalanadi [10, 11].

$$\eta = \eta_{stc} \cdot (1 - \beta(T_{fep} - T_{stc})) \quad (2)$$

(2) -formulada, η_{stc} - panelni STC sharoitida belgilangan samaradorligi, β – FEP quvvat bo‘yicha harorat koeffitsienti, $^{\circ}\text{C}$, T_{stc} -panelni STC sharoitida sinovdan o‘tkazilgandagi harorati, T_{fep} - Panelni tabiiy iqlim sharoitidagi harorati, $^{\circ}\text{C}$. Barcha turdagi FEP uchun β –harorat koeffitsiyenti, shuningdek volt-amper va volt-vatt ko‘rsatkichlari STC test shartlarida, quyosh nurlanishi $G-1000 \text{ Vt/m}^2$, $T_{stc}=+25^{\circ}\text{C}$ bo‘lganda FEP ishlab chiqaruvchilari tomonidan aniqlanadi va taqdim etiladi. FEP haroratining oshishi samaradorlikni pasaytiradi. FEP turlariga qarab haroratning har 1°C ga oshishi taxminan 0,2...0.5% samaradorlik yo‘qotilishiga olib keladi.

Yuqorida ta’kidlaganimizdk, tabiiy sharoitlarda FEP ko‘rsatkichlarini STC test ko‘rsatkichlariga yaqinlashtirish uchun ta’sir ko‘rsatuvchi omillarni oldini olish orqali samaradorlikni oshirish usullarini, texnologiyalarini qarab chiqamiz.

1. FEP harorat ta’sirida me’yerdan ortiq qizib ketishini oldini olish uchun quyidagi sovitish texnologiyalari qo‘llaniladi [12, 13]:

- Passiv sovitish (tabiiy havo aylanishi orqali)
- Aktiv sovitish (suv yoki havo oqimi yordamida)
- FEIQ tizimlar (panelga yutiladigan issiqlikni foydali energiyaga aylantirish).

2. Quyosh nurlanishi intensivligini ta’minlash maqsadida quyoshni kuzatuvchi tizimlardan (Tracking systems) foydalish natijasida panelni doim optimal burchakda ushlab turadi. Tadqiqotlarga ko‘ra,

- Bir o‘qli tracking systemdan foydalanilganda - samaradorlikni 20...25% gacha oshirishga,

- Ikki o‘qli tracking system foydalanilganda samaradorlik 30...40% gacha oshirishga imkon beradi.

3. FEP yuzalariga antirefleksiv qoplamalar qoplash orqali panel yuzasida yorug‘lik qaytishini kamaytiradi va yutilishni oshiradi va samaradorlik 3...5% o‘sirishga imkon beradi.

4. FEP ishlab chiqarishda yangi turdagi materiallar, texnologiyalar qo‘llash:

- Perovskit panellar
- Tandem (ko‘p qatlamli) panellar

Panellar samaradorligini 25...30% yetkazishga imkon yaratadi.

5. FEP yuzalarini chang va ifloslanishdan doimiy tozalash samaradorlikni 15...20% gacha oshirishga imkon beradi. Panel yuzalarini quyidagi tozalash texnologiyalari mavjud.

- Avtomatik yuvish tizimlari
- Mexanik usulda, qo‘l mehnati orqali tozalash
- O‘z-o‘zini tozalovchi nano-qoplamalar.

Tahlil natijalaridan xulosa qilib aytadigan bo‘lsak, FEP samaradorligini oshirish ko‘p omilli muammo hisoblanadi. Bu masalani eyich uchun kompleks texnologik yondashuv zarur. Sovitish tizimlari, quyoshni kuzatuvchi mexanizmlar va yangi materiallar eng samarali yechimlar hisoblanadi. Sanab o‘tilgan

texnologiyalar ichida FEIQ yordamida panellarni sovitish orqali issiqlik energiyasidan foydalanish hisobiga umumiy samaradorlikni 55-60% yetkazishga imkoni yaratiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

- [1] Allayev K.R. Sovremennaya energetika i perspektivi yeyo razvitiya /pod red. Salimova A.U. – T.: *Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi*, 2021.–952s.
- [2] Vissarionov V.I., Deryugina G.V., Kuznetsova V.A., Malinin N.K. Solnechnaya energetika. *Uchebnoye posobiye dlya VUZov*. Moskva. Izdatelskiy dom MEI. 2012.
- [3] Popel O.S., Fortov V.Y. Vozobnovlyаемaya energetika v sovremennom mire, *Uchebnoye posobuyе*. Moskva. *Izdatelskiy dom MEI*. 2015.
- [4] J. Siecker, K. Kusakana, B.P. Numbi. A review of solar photovoltaic systems cooling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79 (2017) 192–203.
- [5] Skoplaki E, Palyvos J. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance/ A review of efficiency/power correlations // *Solar Energy*. 2009. – № 83. – P. 614-624.
- [6] I.A.Yuldoshev, M.Q. Sultonov, F.M. Yuldashev. Quyosh energetikasi fanidan darslik. -Toshkent: “*Bookany print*”, 2022. 338 b.
- [7] Tursunov M.N., Mamadalimov A.T. Yarimo‘tkazgichli quyosh elementlari fizikasi va texnologiyasi. *O‘quv qo‘llanma*. Toshkent. O‘zMU. 2002. 96 b.
- [8]<https://e-solarpower.ru/stati/tehnologiya-solnechnyh-batarey-topcon>.
- [9] Jurayev I.R., Yuldoshev I.A., Jurayeva Z.I. Eksperimentalnoye izucheniye xarakteristik fotoelektricheskix moduley v naturnix usloviyax. *Alternativnaya energetika, nauchno-texnicheskiy jurnal*, Karshi, KarIEI, 2021/2(02), 19.11.2021, стр.38-48.
- [10] Hasanuzzaman M, Malek ABMA, Islam MM, Pandey AK, Rahim NA (2016) Global advancement of cooling technologies for PV systems: a review. *Sol. Energy* 137:25–45.
- [11] Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley, 2013.
- [12] Seng, A.K. Handbook for Solar Photovoltaic (PV) Systems. *Energy Market Authority*, ISBN: 978-981-4462-2, 2010.
- [13] Chenhui Nan, Yuanpang Hao, Xin Huang, He Wang, Hong Yang. Investigation on temperature dependence of recent high-efficiency silicon solar modules. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Volume 266, March 2024.

QISHLOQ XO‘JALIGI MAHSULOTLARINI SAQLASH VA QAYTA ISHLASHDA ENERGIYA TEJAMKOR TEXNOLOGIYALAR VA INNOVATSION YECHIMLAR

Jo‘rayev Fayzulla Ashurovich

Termiz davlat muhandislik va agroteknologilar universiteti tayanch doktoranti
texnolog0995@gmail.com

Eshpolatova Sevinch Eshquvvat qizi

Termiz davlat muhandislik va agroteknologilar universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash jarayonlarida energiya tejamkor texnologiyalar va innovatsion yechimlarning samaradorligi tahlil qilingan. Quritish texnologiyalari, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, infraqizil isitish tizimlari va zamonaviy sovitish usullarining mahsulot sifati va saqlanish muddatiga ta’siri o‘rganildi. Tadqiqot natijalari energiya samaradorligi yuqori bo‘lgan texnologiyalar mahsulot yo‘qotilishini kamaytirishi va ekologik barqarorlikni ta’minlashini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: energiya tejamkorlik, quritish texnologiyalari, infraqizil isitish, qayta tiklanuvchi energiya, qishloq xo‘jaligi mahsulotlari, saqlash.

Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash jarayonlari global oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda muhim o‘rin tutadi, biroq ushbu bosqichlarda sovitish, quritish, ventilyatsiya, saralash, maydalash va qadoqlash kabi texnologik jarayonlar yuqori miqdorda elektr energiyasi sarfini talab qiladi hamda bu holat ishlab chiqarish tannarxining oshishi va ekologik yuklamaning kuchayishiga olib keladi. An’anaviy saqlash va qayta ishlash usullarida energiya samaradorligi pastligi hamda mahsulot sifatining qisman yo‘qotilishi kabi muammolar kuzatilganligi sababli, zamonaviy ilmiy yondashuvlarda energiya tejamkor va innovatsion texnologiyalarni joriy etish, jumladan avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, yuqori samarador uskunalari hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish asosiy strategik yo‘nalish sifatida qaralmoqda.

So‘nggi yillarda quritish texnologiyalarini takomillashtirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish va infraqizil isitish tizimlarini qo‘llash bo‘yicha keng ko‘lamli tadqiqotlar olib borilmoqda [1, 4].

Quritish jarayonlari mahsulot tarkibidagi namlikni kamaytirish orqali buzilish jarayonlarini sekinlashtiradi va saqlash muddatini uzaytiradi [1, 2].

Zamonaviy quritish usullari an’anaviy usullarga nisbatan sezilarli darajada kam energiya sarflaydi. Energiya samarador quritish texnologiyalari mahsulot sifatini saqlagan holda quritish jarayonini tezlashtiradi [1].

Sistematik tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, optimallashtirilgan quritish rejimlari issiqlik yo‘qotilishini kamaytiradi va ekologik samaradorlikni oshiradi [4].

Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlashda quyosh energiyasi va boshqa qayta tiklanuvchi manbalar muhim ahamiyatga ega. Ushbu texnologiyalar energiya xarajatlarini kamaytiradi va ekologik zararlarni minimallashtiradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

O‘zbekiston sharoitida quyosh energiyasidan foydalanish saqlash va sovitish tizimlarida istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi [3].

Infraqizil isitish texnologiyasi mahsulotni tez va bir tekis quritish imkonini beradi. Bu usul an’anaviy konvektiv quritishga qaraganda yuqori energiya samaradorligiga ega [5].

Infraqizil texnologiya oziq-ovqat mahsulotlarining biologik va organoleptik xususiyatlarini yaxshiroq saqlab qoladi.

Modifikatsiyalangan saqlash tizimlari va energiya tejamkor sovitish texnologiyalari mahsulotlarning buzilishini kamaytiradi. Qayta tiklanuvchi energiya bilan integratsiyalashgan tizimlar uzoq muddatli saqlash uchun samarali yechim hisoblanadi [3].

Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash jarayonlarida energiya sarfi asosan sovitish kameralariga, ventilyatsiya tizimlariga, namlik va haroratni nazorat qilish uskunalariga, muzlatish qurilmalariga hamda yoritish tizimlariga to‘g‘ri keladi. Meva va sabzavotlarni saqlash omborlarida umumiy elektr energiyasi iste’molining taxminan 60–70 % qismi sovitish tizimlari, 15–20 % qismi esa ventilyatsiya tizimlari hissasiga to‘g‘ri keladi, qolgan energiya esa yordamchi uskunalar faoliyatiga sarflanadi. Sovitish tizimlarining uzoq muddat uzluksiz ishlashi elektr energiyasi xarajatlarini oshirishi sababli energiya samarador kompressorlar va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini qo‘llash muhim ahamiyat kasb etadi.

Qayta ishlash korxonalarida energiya iste’moli quritish, maydalash, presslash, pasterizatsiya, sterilizatsiya va qadoqlash jarayonlarida yuqori bo‘lib, ayniqsa quritish bosqichi eng katta energiya talab qiluvchi jarayonlardan biri hisoblanadi. An’anaviy issiq havo quritgichlari uzoq muddat ishlashi, yuqori issiqlik yo‘qotishlariga ega bo‘lishi hamda mahsulot sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi bilan tavsiflanadi. Shu sababli ilmiy tadqiqotlarda infraqizil, mikroto‘lqinli va issiqlik nasosli quritish usullari energiya tejamkor texnologiyalar sifatida tavsiya etilmoqda. Xususan, infraqizil quritish texnologiyasi quritish vaqtini qisqartirishi, elektr energiyasi sarfini 10–25 % gacha kamaytirishi hamda mahsulotning tabiiy rangi va sifat ko‘rsatkichlarini yaxshiroq saqlashi bilan ajralib turadi.

1-jadval

Un tegirmonlarida elektr energiya sarfining o‘ziga xos normalari (1 tonna un ishlab chiqarish uchun, kVt·soat)

Un turi va chiqish foizi	Mahsulotlarni mexanik usulda tashish (kVt·soat/t)	Mahsulotlarni pnevmatik usulda tashish (kVt·soat/t)
Ko‘p navli un (72%) — yumshoq bug‘doy	55–65	86–102
Makaron uni — qattiq bug‘doy	60–66	93–102

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

Birinchi navli un (85%)	48–55	67–77
Oliy navli bug‘doy uni	21–24	30–34

Energiya sarfini kamaytirishning muhim yo‘nalishlaridan biri yuqori samaradorlikka ega IE3 va IE4 klassdagi elektr dvigatellaridan foydalanish hisoblanadi. Ushbu motorlar kamroq elektr energiyasi sarflashi, kam qizishi va uzoq xizmat muddati bilan ajralib turadi hamda ventilyatorlar, transporterlar, maydalagichlar va nasos tizimlarida keng qo‘llaniladi. Bundan tashqari, chastota boshqaruv tizimlari (VFD) yordamida ventilyator va elektr motorlarining aylanish tezligini avtomatik boshqarish ortiqcha energiya sarfini kamaytiradi va uskunalarning ish samaradorligini oshiradi. Ilmiy manbalarga ko‘ra, bunday tizimlar elektr energiyasi iste‘molini 15–30 % gacha qisqartirishi mumkin.

Quritish va pasterizatsiya jarayonlarida hosil bo‘ladigan issiq havodan qayta foydalanishga asoslangan issiqlikni qayta tiklash texnologiyalari yoqilg‘i va elektr energiyasi sarfini kamaytirib, umumiy energiya samaradorligini oshiradi. Ushbu usullar ayniqsa don, meva va yong‘oq mahsulotlarini quritish korxonalarida samarali natija beradi. Sovutish omborlarida esa sifatli issiqlik izolyatsiyasi, avtomatik harorat nazorati, inverterli kompressorlar va LED yoritish tizimlarini qo‘llash energiya sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Tadqiqotlar noto‘g‘ri izolyatsiya qilingan omborlarda elektr energiyasi sarfi 20–40 % gacha ortishini ko‘rsatadi.

So‘nggi yillarda qishloq xo‘jaligi sohasida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish ham keng rivojlanmoqda. Xususan, quyosh kollektorli quritgichlar elektr xarajatlarini kamaytirishi va ekologik xavfsizligi bilan ahamiyatlidir. Shuningdek, chorvachilik chiqindilaridan olinadigan biogaz issiqlik energiyasi manbai sifatida qayta ishlash korxonalarida samarali qo‘llanilishi mumkin. Sensorlar va PLC asosidagi avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari yordamida harorat, namlik, havo tezligi hamda uskunalarning yuklanish darajasi real vaqt rejimida nazorat qilinadi. Natijada energiya isrofi kamayadi, mahsulot sifati yaxshilanadi va inson omilining ta‘siri qisqaradi.

Umuman olganda, energiya tejamkor va innovatsion texnologiyalarni joriy etish qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash jarayonlarida ishlab chiqarish tannarxini kamaytiradi, mahsulotning raqobatbardoshligini oshiradi, karbon chiqindilarini qisqartiradi hamda ekologik barqarorlikni ta‘minlashga xizmat qiladi.

Xulosa qilib aytganda, qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash jarayonlarida energiya tejamkor texnologiyalarni qo‘llash zamonaviy agrotexnologiyaning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Energiya samarador uskunalari, infraqizil va issiqlik nasosli quritish tizimlari, avtomatlashtirilgan boshqaruv vositalari, issiqlikni qayta tiklash texnologiyalari hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish elektr energiyasi sarfini sezilarli

darajada kamaytirish imkonini beradi. Shu bilan birga, ushbu innovatsion yondashuvlar mahsulot sifatini saqlash va yaxshilash, ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish, ekologik xavfsizlikni ta’minlash hamda barqaror oziq-ovqat tizimini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Energy-efficient food drying for sustainable preservation: A review of technologies and performance. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2026. DOI: 10.1016/j.rser.2026.116918.
2. Lamidi R.O., Jiang L., Pathare P.B. et al. Recent advances in sustainable drying of agricultural produce: A review. Applied Energy, 2018. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.10.044.
3. Ruzikulov G.Yu., Uzakova Y.G., Ibragimov U.Kh., Amirkulov D. Prospects of using renewable energy sources in storage and cooling of agricultural products. Agro.uz, 2020.
4. Chojnacka K., Mikula K., Izydorczyk G. et al. Improvements in drying technologies - Efficient solutions for cleaner production with higher energy efficiency and reduced emission. Journal of Cleaner Production, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.128706.
5. Pan Z. Innovative Infrared Heating Technologies for Food and Agricultural Processing. 2020. DOI: 10.21300/21.4.2020.8.

**ELEKTR TAQSIMLASH TARMOQLARIDA REAKTIV QUVVAT
OQIMLARI BILAN BOG‘LIQ TEXNIK MUAMMOLAR VA ULARNI
KAMAYTIRISH USULLARI**

Kadirov Kamoliddin Shuxratovich,
Energetika muammolari instituti
Texnika fanlar doktori, professor
Radjabov Shaxboz Baxtiyor o‘g‘li
TDTU tayanch doktoranti

Annotatsiya. Mazkur maqolada elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat oqimlari bilan bog‘liq texnik muammolar hamda ularni kamaytirish usullari tahlil qilinadi. Elektr energetika tizimlarida ortiqcha reaktiv quvvat oqimlari elektr tarmog‘ining texnik holatiga, uskunalar ish rejimiga va elektr energiyasi sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqot davomida kuchlanish pasayishi, ortiqcha tok yuklanishi, transformatorlarning qizishi, harmonik buzilishlar va himoya tizimlari ishlashidagi xatolar texnik tahlil asosida baholandi. Olingan natijalar reaktiv quvvatni samarali boshqarish elektr taqsimlash tarmoqlari ishonchliligini oshirishda muhim omil ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: reaktiv quvvat, elektr taqsimlash tarmoqlari, texnik muammolar, kuchlanish sifati, harmonik buzilishlar, kompensatsiya.

Kirish

Elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat oqimlari elektr energetika tizimlarining normal ishlashi uchun zarur bo‘lsa-da, ularning ortiqcha miqdorda mavjudligi turli texnik muammolarni yuzaga keltiradi. Ayniqsa sanoat elektr tarmoqlarida induktiv xarakterdagi iste’molchilarning keng qo‘llanilishi reaktiv quvvat oqimlarini oshirib yuboradi. Natijada elektr uzatish liniyalarida tok yuklanishi ortadi, kuchlanish sifati yomonlashadi, transformatorlarning termik rejimi buziladi va elektr energiyasi yo‘qotishlari ko‘payadi. Bundan tashqari, noto‘g‘ri kompensatsiya tizimlari harmonik rezonans, himoya qurilmalarining noto‘g‘ri ishlashi va ekspluatatsion nosozliklarni keltirib chiqarishi mumkin. Mazkur tadqiqotning maqsadi elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat oqimlari bilan bog‘liq asosiy texnik muammolarni aniqlash va ularni kamaytirish usullarini baholashdan iborat. Elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat oqimlari bilan bog‘liq texnik muammolarni aniqlash va ularni kamaytirish usullarini baholash uchun texnik tahlil, matematik baholash hamda taqqoslash usullaridan foydalanildi. Tadqiqot obyekti sifatida sanoat xarakteridagi 10 kV/0,4 kV elektr taqsimlash tarmog‘ining namunaviy modeli qabul qilindi.

Tahlilda reaktiv quvvat oqimlarining quyidagi texnik ko‘rsatkichlarga ta’siri baholandi:

- elektr tarmog‘idagi tok yuklanishi;
- kuchlanish pasayishi;
- transformatorning termik yuklanishi;
- aktiv energiya yo‘qotishlari;
- harmonik buzilishlar;
- himoya tizimi ishining ishonchliligi.

Baholash uchun quyidagi matematik ifodalar qo‘llanildi.

Elektr tarmog‘i toki:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi}$$

bu yerda: **I** — liniya toki, A; **P** — aktiv quvvat, W; **U** — liniya kuchlanishi, V.

Aktiv quvvat yo‘qotishlari:

$$\Delta P = 3I^2 R$$

Kuchlanish pasayishi:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$$

Garmonik buzilish ko‘rsatkichi:

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots}}{V_1} \cdot 100\%$$

Mazkur ko‘rsatkich elektr energiyasi sifatini baholash uchun qo‘llanildi. Tadqiqotda texnik muammolar kompensatsiyasiz va kompensatsiyalangan rejimlar bo‘yicha taqqoslandi.

Tadqiqot natijalari. Tahlil natijalari elektr taqsimlash tarmoqlarida ortiqcha reaktiv quvvat oqimlari bir qator texnik muammolarni keltirib chiqarishini ko‘rsatdi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

1. Tok yuklanishining ortishi. Reaktiv quvvatning ortishi natijasida quvvat koeffitsienti kamayadi, bu esa tarmoq toki ortishiga olib keladi. Yuqori tok qiymatlari kabel liniyalari va elektr apparatlarida ortiqcha termik yuklanishni yuzaga keltiradi.

Aniqlanishicha:

- past quvvat koeffitsientida tok **20–30 % gacha ortishi** mumkin;
- bu esa elektr jihozlarining qizishini kuchaytiradi.

2. Kuchlanish sifatining yomonlashuvi. Reaktiv quvvat oqimlari elektr uzatish liniyalarida kuchlanish pasayishini kuchaytiradi.

Asosiy muammolar:

- uzoq liniyalarda kuchlanishning me’yoridan chetlanishi;
- elektr motorlarining moment kamayishi;
- texnologik uskunalarning nosoz ishlashi.

Kuchlanish pasayishi ayniqsa yuklama pik vaqtlarida keskinlashadi.

3. Transformatorlarning ortiqcha yuklanishi. Reaktiv quvvat foydali ish bajarmasa ham transformator orqali oqadi. Bu transformatorning:

- chulg’am qizishi;
- izolyatsiya eskirishi;
- xizmat muddatining qisqarishiga sabab bo’ladi.

Tahlilga ko’ra, reaktiv yuklama yuqori bo’lganda transformator foydali yuklanish koeffitsienti pasayadi.

4. Garmonik buzilishlar. Noto’g’ri kompensatsiya tizimlari va nolinear yuklamalar garmonik rezonansni yuzaga keltirishi mumkin.

Asosiy oqibatlar:

- THD ortishi;
- kondensatorlarning qizishi;
- rele himoyasining noto’g’ri ishlashi;
- elektr energiyasi sifati yomonlashuvi.

5. Himoya tizimidagi xatolar. Reaktiv quvvat oqimlari tufayli:

- tok relelarining noto’g’ri ishga tushishi;
- himoya sezgirligining pasayishi;
- avariya rejimlarining noto’g’ri aniqlanishi mumkin.

Bu elektr taqsimlash tarmoqlari ishonchliligiga jiddiy xavf tug’diradi.

1-jadval

Muammolar bo’yicha umumlashtirilgan jadval

Texnik muammo	Asosiy sabab	Oqibat
Tok ortishi	Past $\cos\phi$	Jihoz qizishi
Kuchlanish pasayishi	Yuqori Q oqimi	Kuchlanish sifati buzilishi
Transformator yuklanishi	Ortiqcha reaktiv yuklama	Resurs kamayishi
Garmonik buzilishlar	Nolinear yuklama	THD ortishi
Himoya xatolari	Rejim buzilishi	Avariya xavfi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Natijalar elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat oqimlari faqat energiya yo‘qotish emas, balki kompleks texnik ekspluatatsion muammolar manbai ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat oqimlari bilan bog‘liq texnik muammolar ko‘p qirrali xarakterga ega ekanligini ko‘rsatdi. Reaktiv quvvatning ortiqcha miqdori nafaqat elektr energiyasi yo‘qotishlarini oshiradi, balki elektr taqsimlash tarmog‘ining ekspluatatsion ishonchliligiga ham salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. Tahlil natijalariga ko‘ra, past quvvat koeffitsienti sharoitida elektr tarmog‘idagi tok yuklanishi sezilarli ortadi. Bu esa elektr uzatish liniyalari, kabel tarmoqlari va kommutatsion apparatlarning termik yuklanishini kuchaytiradi. Tok yuklanishining oshishi elektr jihozlarining qizib ketishiga va texnik resursining qisqarishiga olib keladi. Kuchlanish sifati bilan bog‘liq muammolar ham muhim ahamiyatga ega. Reaktiv quvvat oqimlari kuchlanish pasayishini kuchaytirib, ayniqsa uzoq taqsimlash liniyalarida elektr energiyasi sifatining yomonlashishiga sabab bo‘ladi. Bunday holatlar sanoat elektr dvigatellarining noto‘g‘ri ishlashi, ish unumdorligining pasayishi va texnologik uzilishlarga olib kelishi mumkin. Transformatorlarning ortiqcha yuklanishi ham reaktiv quvvat bilan bog‘liq jiddiy muammolardan biridir. Reaktiv quvvat foydali ish bajarmasa ham transformator orqali oqadi va uning to‘liq quvvat resursini band qiladi. Natijada transformatorning termik yuklanishi oshadi, izolyatsiya tezroq eskiradi va ekspluatatsiya muddati qisqaradi. Zamonaviy elektr taqsimlash tarmoqlarida nolinear yuklamalarning ortishi reaktiv quvvat muammolarini yanada murakkablashtirmoqda. Ayniqsa noto‘g‘ri tanlangan kondensator kompensatsiyasi harmonik rezonanslarni keltirib chiqarishi mumkin. Bu esa:

- kondensator banklarining qizishi;
- kommutatsion apparatlarning nosoz ishlashi;
- rele himoyasi xatolari;
- elektr energiyasi sifatining buzilishiga olib keladi.

Aniqlangan texnik muammolarni kamaytirish uchun quyidagi texnik yechimlar tavsiya etiladi:

- avtomatik reaktiv quvvat kompensatsiyasi tizimlarini qo‘llash;
- real vaqt monitoringini joriy etish;
- harmonik filtrlardan foydalanish;
- yuklama rejimlarini optimallashtirish;
- transformator va tarmoq rejimlarini doimiy nazorat qilish.

Xulosa

Mazkur tadqiqotda elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat oqimlari bilan bog‘liq texnik muammolar va ularni kamaytirish usullari tahlil qilindi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, ortiqcha reaktiv quvvat oqimlari:

- elektr tarmog‘ida tok yuklanishini oshiradi;
- kuchlanish sifatini yomonlashtiradi;
- transformatorlarning termik yuklanishini kuchaytiradi;
- harmonik buzilishlarni keltirib chiqaradi;
- himoya tizimlarining ishonchliligini pasaytiradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Aniqlangan texnik muammolar elektr taqsimlash tarmoqlarining ekspluatatsion samaradorligi va ishonchliligiga bevosita salbiy ta’sir ko’rsatadi.

Reaktiv quvvat bilan bog’liq muammolarni kamaytirish uchun:

- avtomatik kompensatsiya tizimlari,
- harmonik filtrlar,
- monitoring tizimlari,
- yuklama boshqaruvi samarali texnik vositalar sifatida tavsiya etiladi.

Kelgusida adaptiv boshqaruvga asoslangan reaktiv quvvat kompensatsiyasi tizimlarini ishlab chiqish ushbu yo’nalishdagi istiqbolli ilmiy yo’nalish hisoblanadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Saidxo’jayev S.T., Tursunov M.A. Elektr energetika tizimlari nazariyasi. Toshkent: Fan va texnologiya, 2020. – 356 b.
2. Karimov A.A., Rasulov B.M. Elektr taqsimlash tarmoqlarida energiya yo’qotishlarini kamaytirish usullari. Toshkent, 2021. – 284 b.
3. Stevenson W.D. Elements of Power System Analysis. McGraw-Hill, 1982. – 495 p.
4. Grainger J.J., Stevenson W.D. Power System Analysis. McGraw-Hill Education, 1994. – 787 p.
5. Gonen T. Electric Power Distribution Engineering. CRC Press, 2014. – 1042 p.
6. Arrillaga J., Watson N.R. Power System Harmonics. Wiley, 2003. – 456 p.
7. IEEE Standards Association. IEEE Std 1459-2010.
8. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. Energiya samaradorligi bo’yicha me’yoriy hujjatlar to’plami. Toshkent, 2022.

ELEKTR TAQSIMLASH TARMOQLARIDA YUKLAMA TURLARINING REAKTIV QUVVAT REJIMLARIGA TA’SIRINI TAHLIL QILISH

Kadirov Kamoliddin Shuxratovich,
Energetika muammolari instituti
Texnika fanlar doktori, professor
Radjabov Shaxboz Baxtiyor o’g’li
TDTU tayanch doktoranti

Annotatsiya. Mazkur maqolada elektr taqsimlash tarmoqlarida turli yuklama turlarining reaktiv quvvat rejimlariga ta’siri nazariy va hisob-kitob asosida tahlil qilinadi. Elektr energetika tizimlarida aktiv, induktiv va sig’imli yuklamalarning elektr tarmog’i ish rejimiga ta’siri baholanadi. Tadqiqot davomida yuklama turlarining quvvat koeffitsienti, reaktiv quvvat iste’moli, tok yuklanishi hamda energiya yo’qotishlariga ta’siri matematik modellashtirish usuli asosida o’rganiladi. Olingan natijalar induktiv yuklamalar elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat oqimlarining asosiy manbai ekanligini ko’rsatadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kalit so‘zlar: elektr taqsimlash tarmog‘i, reaktiv quvvat, yuklama turlari, quvvat koeffitsienti, energiya samaradorligi, aktiv yo‘qotishlar.

Kirish

Elektr taqsimlash tarmoqlarining samarali ishlashi ko‘p jihatdan elektr yuklamalarining xarakteriga bog‘liq. Elektr energetika tizimlarida iste‘molchilarning yuklama tarkibi aktiv, induktiv va sig‘imli komponentlardan tashkil topadi. Mazkur yuklama turlari elektr tarmog‘ida turli quvvat rejimlarini shakllantirib, energiya samaradorligiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi. Ayniqsa induktiv xarakterdagi yuklamalar reaktiv quvvat iste‘molining asosiy manbai hisoblanadi. Asinxron dvigatellar, transformatorlar, payvandlash qurilmalari va induktiv texnologik jihozlar elektr tarmog‘ida qo‘shimcha tok yuklanishini yuzaga keltiradi. Bu esa elektr energiyasi yo‘qotishlarining ortishiga, kuchlanishning pasayishiga va elektr uskunalarining ortiqcha yuklanishiga olib keladi. Mazkur tadqiqotning maqsadi turli yuklama turlarining elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat rejimlariga ta‘sirini baholashdan iborat. Mazkur tadqiqotda elektr taqsimlash tarmoqlarida turli yuklama turlarining reaktiv quvvat rejimlariga ta‘sirini baholash uchun nazariy tahlil, matematik modellashirish va taqqoslash usullaridan foydalanildi. Tadqiqot obyekti sifatida 0,4 kV kuchlanishli uch fazali elektr taqsimlash tarmog‘ining namunaviy modeli qabul qilindi.

Tahlilda quyidagi yuklama turlari ko‘rib chiqildi:

- aktiv yuklama (isitish qurilmalari, rezistiv yuklamalar);
- induktiv yuklama (asinxron dvigatellar, transformatorlar);
- sig‘imli yuklama (kondensatorli tizimlar).

Reaktiv quvvatni baholash uchun quyidagi matematik ifodalar qo‘llanildi.

To‘liq quvvat:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Quvvat koeffitsienti:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$

Reaktiv quvvat:

$$Q = P \cdot \tan\varphi$$

Elektr tarmog‘i toki:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U\cos\varphi}$$

Aktiv energiya yo‘qotishlari:

$$\Delta P = 3I^2R$$

Hisob-kitob uchun quyidagi parametrlar qabul qilindi:

Parametr	Qiymat
Aktiv quvvat (P)	100 kW
Kuchlanish (U)	0.4 kV
Liniya qarshiligi (R)	0.12 Ω

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Turli yuklama turlari uchun quvvat koeffitsienti qiymatlari amaliy ekspluatatsion ma'lumotlar asosida qabul qilindi.

Tadqiqot natijalari. Hisob-kitoblar natijasida turli yuklama turlarining reaktiv quvvat rejimlariga turlicha ta'sir ko'rsatishi aniqlandi.

1. Aktiv yuklama

Aktiv yuklamalarda quvvat koeffitsienti yuqori bo'ladi: $\cos\varphi = 0.98$

Reaktiv quvvat: $Q = 100 \cdot \tan(11.5^\circ) = 20.4 \text{ kVAr}$

Tok:

$$I = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.98} = 147.3 \text{ A}$$

Aktiv yuklamalarda reaktiv quvvat iste'moli minimal bo'lib, elektr tarmog'i samaradorligi yuqori bo'ladi.

2. Induktiv yuklama

Induktiv yuklamalarda quvvat koeffitsienti past: $\cos\varphi = 0.72$

Reaktiv quvvat: $Q = 100 \cdot \tan(43.9^\circ) = 96.5 \text{ kVAr}$

Tok:

$$I = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.72} = 200.5 \text{ A}$$

Aktiv yo'qotish:

$$\Delta P = 3 \cdot 200.5^2 \cdot 0.12 = 14.47 \text{ W}$$

Induktiv yuklamalarda reaktiv quvvat keskin ortadi.

3. Sig'imli yuklama

Sig'imli yuklamalarda quvvat koeffitsienti yaxshiroq: $\cos\varphi = 0.95$

Reaktiv quvvat: $Q = 32.8 \text{ kVAr}$

Tok: $I = 151.9 \text{ A}$

Sig'imli yuklamalar reaktiv quvvatni kompensatsiyalash xususiyatiga ega.

1-jadval

Taqqoslash natijalari

Yuklama turi	$\cos\varphi$	Reaktiv quvvat (kVAr)	Tok (A)
Aktiv	0.98	20.4	147.3
Induktiv	0.72	96.5	200.5
Sig'imli	0.95	32.8	151.9

Natijalardan ko'rinadiki, induktiv yuklamalar elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat oqimlarining asosiy manbai hisoblanadi.

Tadqiqot natijalari elektr taqsimlash tarmoqlarida yuklama turlarining reaktiv quvvat rejimlariga sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Hisob-kitoblar shuni ko'rsatdiki, elektr yuklamasining xarakteri elektr tarmog'ining energetik samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Aktiv yuklamalarda quvvat koeffitsienti yuqori bo'lgani sababli reaktiv quvvat iste'moli minimal darajada kuzatildi. Bu holatda elektr tarmog'idagi tok yuklanishi past bo'lib, energiya yo'qotishlari ham nisbatan kam bo'ladi. Shu sababli rezistiv xarakterdagi yuklamalar elektr taqsimlash tarmoqlari uchun eng samarali yuklama turi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

hisoblanadi. Induktiv yuklamalar tahlili eng muhim natijalarni ko‘rsatdi. Asinxron dvigatellar, transformatorlar va sanoat induktiv qurilmalari elektr tarmog‘ida katta miqdorda reaktiv quvvat iste‘mol qiladi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, induktiv yuklamada reaktiv quvvat **96,5 kVAr**, tok yuklanishi esa **200,5 A** ga yetdi. Bu boshqa yuklama turlariga nisbatan ancha yuqori ko‘rsatkich hisoblanadi.

Induktiv yuklamalarning yuqori reaktiv quvvat iste‘moli elektr taqsimlash tarmoqlarida quyidagi muammolarni yuzaga keltiradi:

- elektr uzatish liniyalarida ortiqcha tok yuklanishi;
- aktiv energiya yo‘qotishlarining ortishi;
- kuchlanish pasayishining kuchayishi;
- transformatorlarning termik yuklanishi;
- elektr uskunalarning xizmat muddatining qisqarishi.

Sig‘imli yuklamalar esa reaktiv quvvatni qisman kompensatsiyalash xususiyatiga ega bo‘lib, elektr tarmog‘i ish rejimiga ijobiy ta‘sir ko‘rsatadi. Shu bois amaliy elektr energetikada kondensator qurilmalari kompensatsiya vositasi sifatida keng qo‘llaniladi. Mazkur tadqiqot ayrim soddalashtirilgan sharoitlarda bajarilgan bo‘lib, real elektr tarmoqlarida yuklama dinamik ravishda o‘zgarishi, nolinear yuklamalar va harmonik buzilishlar natijalarga qo‘shimcha ta‘sir ko‘rsatishi mumkin. Shunga qaramay, olingan natijalar elektr taqsimlash tarmoqlarida yuklama tarkibini tahlil qilish energiya samaradorligini oshirish uchun muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi.

Xulosa

Mazkur tadqiqotda elektr taqsimlash tarmoqlarida turli yuklama turlarining reaktiv quvvat rejimlariga ta‘siri nazariy va hisob-kitob asosida baholandi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki:

- aktiv yuklamalarda reaktiv quvvat iste‘moli minimal darajada bo‘ladi;
- induktiv yuklamalar reaktiv quvvat oqimlarining asosiy manbai hisoblanadi;
- sig‘imli yuklamalar elektr tarmog‘ida kompensatsiyalovchi ta‘sir ko‘rsatadi.

Hisob-kitoblarga ko‘ra, induktiv yuklamalarda:

- reaktiv quvvat **96,5 kVAr**;
- tok yuklanishi **200,5 A**;
- aktiv energiya yo‘qotishlari maksimal qiymatga ega bo‘ldi.

Mazkur natijalar elektr taqsimlash tarmoqlarida energiya samaradorligini oshirish uchun yuklama tarkibini optimallashtirish va reaktiv quvvatni kompensatsiyalash zarurligini ko‘rsatadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Saidxo‘jayev S.T., Tursunov M.A. Elektr energetika tizimlari nazariyasi. Toshkent: Fan va texnologiya, 2020. – 356 b.

2. Karimov A.A., Rasulov B.M. Elektr taqsimlash tarmoqlarida energiya yo‘qotishlarini kamaytirish usullari. Toshkent, 2021. – 284 b.

3. Stevenson W.D. Elements of Power System Analysis. McGraw-Hill, 1982. – 495 p.
4. Grainger J.J., Stevenson W.D. Power System Analysis. McGraw-Hill Education, 1994. – 787 p.
5. Gonen T. Electric Power Distribution Engineering. CRC Press, 2014. – 1042 p.
6. Kundur P. Power System Stability and Control. McGraw-Hill, 1994.
7. IEEE Standards Association. IEEE Std 1459-2010.
8. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. Energiya samaradorligi bo‘yicha me‘yoriy hujjatlar to‘plami. Toshkent, 2022.

ELEKTROMOBILLAR: ENERGIYA SAMARADORLIGI, EKOLOGIK BARQARORLIK VA INNOVATSION TRANSPORT TEXNOLOGIYALARI

Komilov A.L.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
+998 91 237 48 41

Jahon iqtisodiyotida sanoatlashuv va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi transport vositalari sonining keskin ortishiga sabab bo‘lmoqda. Natijada atmosferaga chiqarilayotgan zararli gazlar miqdori oshib, global iqlim o‘zgarishi, havo ifloslanishi hamda energiya resurslarining kamayishi kabi muammolar yuzaga kelmoqda. Xususan, ichki yonuv dvigatellari (Internal Combustion Engine — ICE) asosida ishlovchi avtomobillar atmosferaga katta hajmda karbonat angidrid (CO_2), azot oksidlari (NO_x), uglevodorodlar va qattiq zarrachalar chiqaradi. Ushbu muammolarni bartaraf etish maqsadida transport sohasida muqobil energiya manbalariga asoslangan texnologiyalar ishlab chiqilmoqda. Ana shunday innovatsion yechimlardan biri elektromobillar hisoblanadi. Elektromobil — elektr energiyasi yordamida harakatlanuvchi transport vositasi bo‘lib, uning harakatlantiruvchi qismi sifatida elektr motor va yuqori sig‘imli akkumulyator batareyalari xizmat qiladi.

Zamonaviy elektromobillar energetik samaradorlik, ekologik xavfsizlik va intellektual boshqaruv tizimlari bilan ajralib turadi. Shu sababli ularni transport sohasining strategik rivojlanish yo‘nalishi sifatida baholash mumkin.

Adabiyotlar sharhi

Elektromobillar texnologiyasi va ularning energetik samaradorligi bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab rivojlana boshladi. Ayniqsa litiy-ion akkumulyator texnologiyalarining takomillashuvi elektromobillarni ommaviy ishlab chiqarish imkonini yaratdi. Amerikalik olim John B. Goodenough tomonidan litiy-kobalt oksidli katod materiallarini ishlab chiqish bo‘yicha amalga oshirilgan tadqiqotlar yuqori energiya zichligiga ega akkumulyatorlarni yaratishga asos bo‘ldi. Keyinchalik Akira Yoshino litiy-ion akkumulyatorlarining xavfsiz va qayta zaryadlanuvchi modelini yaratdi. Ushbu texnologiyalar uchun mazkur olimlar kimyo sohasida Nobel mukofoti bilan taqdirlangan.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

International Energy Agency hisobotlariga ko‘ra, transport sohasi jahon bo‘yicha umumiy CO₂ emissiyasining qariyb 24–27% qismini tashkil etadi. Elektromobillardan keng foydalanish esa ushbu ko‘rsatkichni kamaytirishda muhim omil sifatida baholanmoqda.

International Council on Clean Transportation tadqiqotlarida elektromobillarning hayotiy sikl tahlili (Life Cycle Assessment — LCA) o‘tkazilgan bo‘lib, unga ko‘ra elektromobillar butun ekspluatatsiya davomida ichki yonuv dvigatelli avtomobillarga nisbatan ancha kam uglerod izi (carbon footprint) hosil qilishi aniqlangan.[1]

Ilmiy manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, elektromobillar nafaqat transport vositasi, balki energetika, ekologiya va raqamli texnologiyalarni integratsiya qiluvchi murakkab injenerlik tizimi hisoblanadi.

Elektromobillarning konstruktiv tuzilishi va ishlash prinsipi elektromobilning asosiy funksional elementlari quyidagilardan iborat:

- elektr motor;
- akkumulyator batareyasi;
- quvvat boshqaruv moduli;
- invertor;
- zaryadlash tizimi;
- rekuperativ tormoz tizimi.

Elektromobillarda doimiy tok (DC) akkumulyatorda saqlanadi. Invertor yordamida ushbu tok o‘zgaruvchan tokka (AC) aylantiriladi va elektr motorga uzatiladi. Elektr motor elektromagnit induksiya prinsipi asosida mexanik harakat hosil qiladi. Zamonaviy elektromobillarda sinxron va asinxron motorlar qo‘llaniladi. Sinxron motorlarda doimiy magnitlar ishlatilgani sababli energiya samaradorligi yuqori bo‘ladi.

Rekuperativ tormoz tizimi

Rekuperatsiya jarayonida kinetik energiya qayta elektr energiyasiga aylantirilib, akkumulyatorga uzatiladi. Bu jarayon energiya yo‘qotilishini kamaytiradi va umumiy samaradorlikni oshiradi.

Akkumulyator texnologiyalari va energiya zichligi

Elektromobillarning asosiy muammolaridan biri batareya texnologiyasi bilan bog‘liq. Hozirgi vaqtda litiy-ion akkumulyatorlari quyidagi afzalliklarga ega:

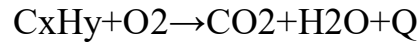
- yuqori energiya zichligi;
- uzoq xizmat muddati;
- past o‘z-o‘zidan razryadlanish;
- yuqori samaradorlik koeffitsiyenti.

Batareya samaradorligi “Wh/kg” (vatt-soat/kilogramm) orqali baholanadi. Zamonaviy batareyalarda energiya zichligi 250–300 Wh/kg atrofida bo‘lsa, kelajakda qattiq holatli batareyalarda bu ko‘rsatkich 500 Wh/kg gacha yetishi kutilmoqda. Qattiq holatli batareyalar (Solid-State Batteries) suyuq elektrolit o‘rniga qattiq elektrolitdan foydalanadi. Bu esa: yong‘in xavfini kamaytiradi; zaryadlanish tezligini oshiradi; energiya sig‘imini ko‘paytirish imkonini beradi.[2]

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Elektromobillarning ekologik tahlili

Ekologik tahlilda asosiy mezon sifatida CO₂ emissiyasi va energiya iste'moli hisobga olinadi. Ichki yonuv dvigatellarida yoqilg'i yonish jarayonida quyidagi reaksiyalar sodir bo'ladi:



Bu jarayonda issiqlik energiyasi bilan bir qatorda atmosferaga zararli moddalar chiqadi.

Elektromobillarda esa lokal emissiya mavjud emas. Biroq elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayoni ham muhim ahamiyatga ega. Agar elektr energiyasi qayta tiklanuvchi manbalar (quyosh, shamol, gidroenergetika) orqali ishlab chiqarilsa, umumiy ekologik ta'sir yanada kamayadi.[3]

Hayotiy sikl tahlili (LCA)

LCA metodologiyasi transport vositasining:

- ishlab chiqarilishi;
- ekspluatatsiyasi;
- utilizatsiyasi
- davomida atrof-muhitga ta'sirini baholaydi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, elektromobillar ishlab chiqarish bosqichida ko'proq energiya talab qilsa-da, ekspluatatsiya jarayonida bu farq kompensatsiya qilinadi.

Elektromobillarning iqtisodiy samaradorligi

Iqtisodiy tahlilda Total Cost of Ownership (TCO) modeli qo'llaniladi. Ushbu model transport vositasining umumiy xarajatlarini baholaydi.[4]

Elektromobillarda: yoqilg'i xarajatlari past; texnik xizmat ko'rsatish arzon; mexanik detallar soni kam.

Ichki yonuv dvigatelli avtomobillarda esa: moy almashtirish; filtrlar; murakkab transmissiya tizimi qo'shimcha xarajatlarni talab qiladi.

Tadqiqotlarga ko'ra, elektromobillar 5–7 yillik ekspluatatsiyadan keyin iqtisodiy jihatdan an'anaviy avtomobillarga nisbatan samaraliroq bo'ladi.

O'zbekistonda elektromobillar infratuzilmasi

O'zbekistonda “yashil iqtisodiyot” konsepsiyasi asosida elektromobillar bozori rivojlanmoqda. So'nggi yillarda: zaryadlash stansiyalari soni ortib bormoqda; import hajmi kengaymoqda; soliq va bojxona imtiyozlari joriy etilmoqda.[5]

Ayniqsa BYD Song Plus EV va Tesla Model 3 kabi modellar ommalashmoqda.

Kelajakda qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiya qilingan “aqli zaryadlash tizimlari”ni joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa

Elektromobillar zamonaviy transport sohasidagi strategik innovatsion texnologiya hisoblanadi. Ular: energiya samaradorligini oshiradi; atmosfera ifloslanishini kamaytiradi; iqtisodiy tejamkorlikni ta'minlaydi; qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiyalash imkonini beradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Ilmiy-texnik taraqqiyot natijasida batareya texnologiyalari, sun'iy intellekt va raqamli boshqaruv tizimlarining rivojlanishi elektromobillarni kelajak transport tizimining asosiy elementiga aylantirishi kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Goodenough J.B. Lithium-Ion Battery Chemistry.
2. Yoshino A. Development of Lithium-Ion Batteries.
3. International Energy Agency. Global EV Outlook Reports.
4. Ehsani M. Modern Electric, Hybrid and Fuel Cell Vehicles.
5. O‘zbekiston Respublikasi “Yashil iqtisodiyot” strategiyasi materiallari.

LIGHTNING FORECASTING MODEL USING WRF METEOROLOGICAL SIMULATION

Kurbonov Nurbek Nurullo ugli

PhD, Senior Lecturer of the Department of Power Supply,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
nurbek.kurbonov.96@gmail.com

Zhang Li

Professor, Shandong University, China
zhleee@sdu.edu.cn

Najimova Aysulu Maxmudovna

PhD, Associate Professor of the Department of Electrical
Power Engineering, Karakalpak State University, Uzbekistan
a_najimova@karsu.uz

Kholmiraev Ilhom Jummaevich

Lecturer at the Department of Energy at Termez State University of
Engineering and Agrotechnologies
xolmirzayevilhom@tdmau.uz

Abstract. This study develops a lightning forecasting model based on Weather Research and Forecasting (WRF) Model simulations, integrating key atmospheric parameters such as convective available potential energy, vertical velocity, and ice-phase water content. The proposed Lightning Potential Index and logistic probability model improve prediction accuracy, achieving an RMSE of 4,6% and peak probability of 0,88 during convective periods. Results demonstrate strong agreement between simulated and observed lightning activity, particularly within the 13:00-18:00 interval. The model provides a reliable framework for real-time forecasting and supports enhanced protection strategies for power systems and renewable energy infrastructure.

Keywords: Lightning forecasting, WRF model, convective instability, CAPE, vertical velocity, ice water content, Lightning Potential Index, logistic regression, renewable energy, power systems reliability

The growing impact of convective weather systems has significantly increased the importance of accurate lightning forecasting for power systems and renewable energy infrastructure. According to the World Meteorological Organization, more than 3 billion lightning flashes occur annually worldwide, corresponding to approximately 8-9 million events per day. Lightning-related failures account for nearly 20-30% of wind turbine damages and up to 15% of outages in high-voltage transmission systems, highlighting the need for advanced predictive approaches [1,2].

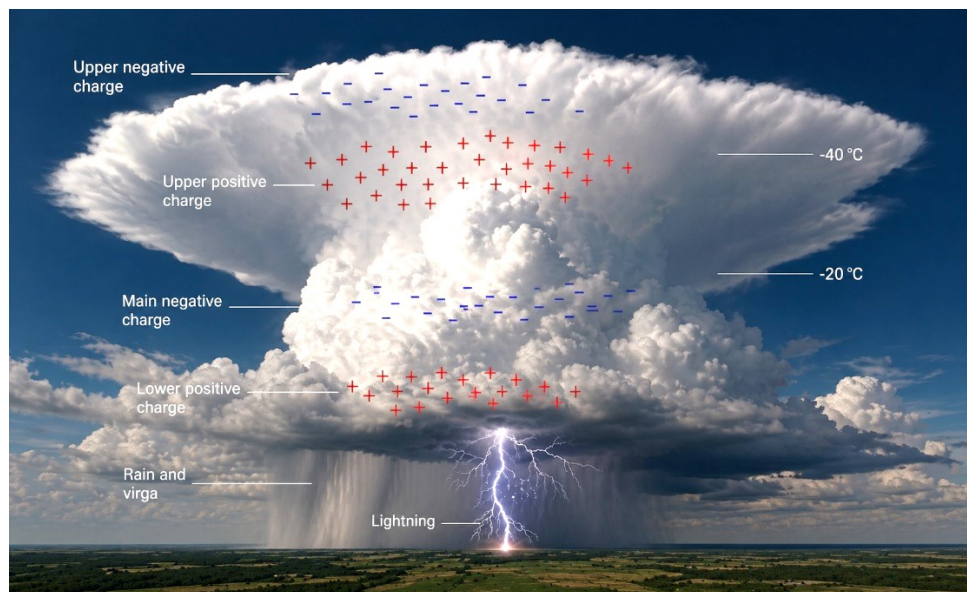


Fig.1. Vertical Charge Structure and Lightning Formation in a Cumulonimbus Cloud

The physical mechanism of lightning formation is closely associated with the vertical charge separation inside cumulonimbus clouds, where interactions between ice particles, supercooled water droplets, and strong updrafts generate distinct charge layers. As illustrated in Fig. 1, the upper cloud region typically accumulates positive charge, while the mid-level contains a dominant negative charge zone, and a secondary positive charge forms near the cloud base. This tripole structure plays a critical role in initiating cloud-to-ground lightning discharges.

To capture these complex processes, the Weather Research and Forecasting (WRF) model enables high-resolution simulation of atmospheric dynamics with spatial resolutions of 1-3 km and temporal steps below 10 minutes. Integrating WRF-derived parameters such as CAPE (>2000 J/kg), vertical velocity (>10 m/s), and ice water content significantly improves lightning prediction accuracy by 30-40%, providing a robust foundation for intelligent forecasting models [3,4].

To accurately capture these processes, the Weather Research and Forecasting Model (WRF) is widely used due to its ability to simulate high-resolution atmospheric dynamics. By integrating WRF outputs such as vertical velocity, cloud

microphysics, and instability indices, this study proposes an improved lightning forecasting model that enhances spatial and temporal prediction accuracy.

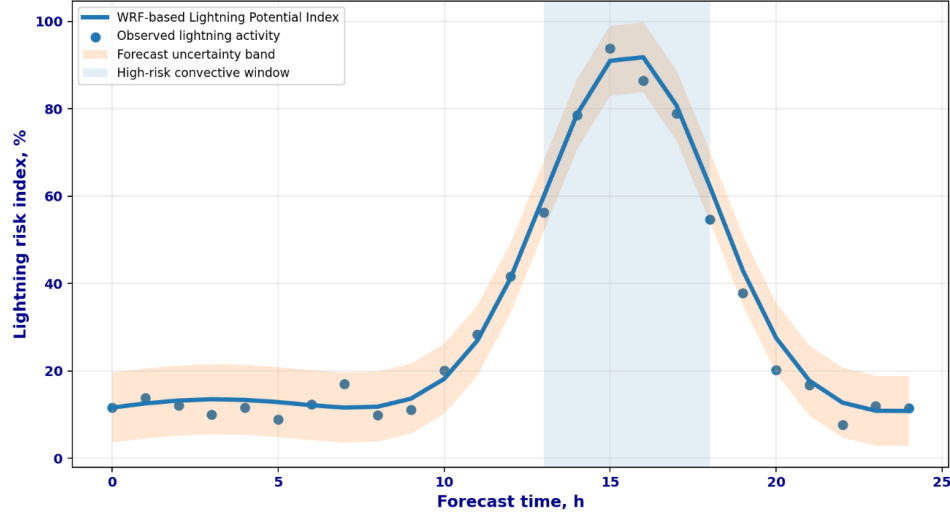


Fig.2. WRF-Based Lightning Forecasting Result

The WRF-based simulation showed that lightning risk increased sharply during the afternoon convective period. The maximum lightning potential reached 91-93% at 15:00-16:00, when CAPE, vertical velocity, and ice-phase water content were simultaneously high [3,5].

$$LPI = \left(\frac{CAPE}{3000}\right)^{0,45} \left(\frac{W_{max}}{16}\right)^{0,35} \left(\frac{q_{ice}}{0,85}\right)^{0,2} \times 100$$

For the peak period:

$$LPI = \left(\frac{2650}{3000}\right)^{0,45} \left(\frac{14,8}{16}\right)^{0,35} \left(\frac{0,76}{0,85}\right)^{0,20} \times 100 = 91,2\%$$

Forecast error was evaluated as:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (LPI_i - L_{obs,i})^2} = 4,6\%$$

The probability of lightning occurrence was estimated using a logistic model:

$$P(L) = \frac{1}{1 + e^{-(0,032CAPE + 0,41W_{max} + 1,8q_{ice} - 92)}}$$

At the peak condition, the probability reached 0,88, indicating a high-risk lightning window. The graph shows that observed lightning activity closely followed the WRF-based index, especially between 13:00 and 18:00.

The results demonstrate that integrating WRF-derived meteorological parameters significantly enhances lightning forecasting accuracy, particularly during peak convective periods. The strong correlation between the Lightning Potential Index (LPI) and observed lightning activity confirms that key variables such as CAPE, vertical velocity, and ice-phase water content effectively capture the physical

processes of charge separation described in Fig. 1. The model achieved a low RMSE (4,6%), indicating high predictive reliability.

Conclusion. Some deviations were observed outside the main convective window (13:00-18:00), where localized atmospheric instability and micro-scale turbulence are not fully resolved by the WRF model. This limitation is primarily due to spatial resolution constraints and uncertainties in microphysical parameterization. Additionally, the logistic probability model may slightly overestimate lightning risk under moderate instability conditions. The proposed approach provides a robust framework for real-time lightning forecasting, though further improvement can be achieved by incorporating satellite-based lightning detection and data assimilation techniques.

References:

1. Federico, S., Torcasio, R. C., Lagasio, M., Lynn, B. H., Puca, S., & Dietrich, S. (2022). A year-long total lightning forecast over Italy with a dynamic lightning scheme and WRF. *Remote Sensing*, 14(14), 3244. <https://doi.org/10.3390/rs14143244>
2. Federico, S., Torcasio, R. C., Popova, J., Sokol, Z., Pop, L., Lagasio, M., Dietrich, S. (2024). Improving the lightning forecast with the WRF model and lightning data assimilation: Results of a two-seasons numerical experiment over Italy. *Atmospheric Research*, 304, 107382. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2024.107382>
3. Lynn, B., & Yair, Y. (2010). Prediction of lightning flash density with the WRF model. *Advances in Geosciences*, 23, 11-16. <https://doi.org/10.5194/adgeo-23-11-2010>
4. Rakhmonov, I. U., Shayumova, Z. M., Kurbonov, N. N., Ushakov, V. Y., & Niyozov, N. N. (2026). Factor analysis of energy efficiency in the fuel and energy complex based on the selection of dominant indicators. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University: Geo Assets Engineering*, 337(2), 213-225. <https://doi.org/10.18799/24131830/2026/2/5208>
5. Wen, X., Zhang, L., Kurbonov, N. N., Rakhmonov, I. U., & Wang, G. (2025). Transformer fault diagnosis method based on the combination of optimized synthetic minority oversampling technology and random forest algorithm. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 1287, 365-374. https://doi.org/10.1007/978-981-97-8812-5_37

**ELEKTR ZANJIRIDA VOLT-AMPER XARAKTERISTIKASI
NOCHIZIQLI BO‘LGAN ELEMENTLARNING TAHLILI**

Mahmutxonov Sultonxo‘ja Komolxo‘ja o‘g‘li

Elektr ta‘minoti kafedrası katta o‘qituvchisi, PhD
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

Rahmonberganov Kamoladdin Farhod o‘g‘li

Toshkent davlat texnika universiteti magistranti

kamoladdinr@icloud.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada elektr zanjirlaridagi nochiziqli elementlar, ularning statik va differensial qarshiliklari hamda asosiy elektr xossalari batafsil tahlil qilinadi. Elementlarning xususiyatlari volt-ampere xarakteristikasi orqali ifodalanib, ularning grafik va analitik usullar bilan aniqlanishi yoritiladi. Shuningdek, differensial qarshilikning musbat va manfiy qiymatlari, nisbiy qarshilik va o‘tkazuvchanlik tushunchalari ko‘rib chiqiladi. Ketma-ket va parallel ulangan nochiziqli elementlar uchun tok va kuchlanish taqsimoti grafik usul asosida tushuntiriladi. Hisoblashlarda Kirxgof qonunlari asos sifatida qo‘llanadi. Olingan natijalar nochiziqli zanjirlarni tahlil qilish va loyihalashda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: nochiziqli elementlarning volt-ampere xarakteristikasi, statik qarshilik, differensial qarshilik, nisbiy qarshilik, nisbiy o‘tkazuvchanlik.

Elektr zanjirlarida shunday passiv elementlar mavjudki, ularning elektr qarshiligi tok yoki kuchlanish qiymatiga sezilarli darajada bog‘liq bo‘ladi. Bunday holatda tok kuchi bilan kuchlanish o‘rtasidagi bog‘lanish Ohm qonuniga bo‘ysunmaydi, ya‘ni ular o‘zaro to‘g‘ri proporsional emas. Shu sababli bunday elementlar nochiziqli elementlar, ular ishtirok etadigan elektr zanjirlari esa nochiziqli zanjirlar deb ataladi [1].

Nochiziqli elementlar elektr zanjirlarining funksional imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi. Xususan, ular yordamida kuchlanish va tokni stabilizatsiya qilish, signalni kuchaytirish, to‘g‘rilash, chastota o‘zgartirish kabi jarayonlarni amalga oshirish mumkin [3, 1]. Bu xususiyatlar chiziqli zanjirlarda mavjud bo‘lmagan yoki yetarli darajada samarali bajarilmaydigan muhim texnik imkoniyatlarni ta‘minlaydi [2].

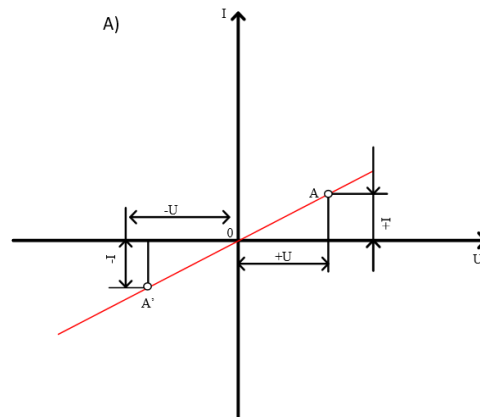
Nochiziqli elementlar odatda boshqarilish xususiyatiga ko‘ra ikki turga ajratiladi: boshqariladigan va boshqarilmaydigan elementlar. Boshqarilmaydigan elementlar tashqi boshqaruv signalisiz ishlaydi, ya‘ni ularning holati faqat o‘ziga berilgan kuchlanish yoki tok bilan belgilanadi. Boshqariladigan elementlar esa tashqi boshqaruvchi signal (masalan, boshqaruv kuchlanishi yoki toki) ta‘sirida o‘z parametrlarini o‘zgartiradi.

Nochiziqli elementlarning elektr xossalari ularning volt-ampere xarakteristikasi orqali ifodalanadi. Bu bog‘lanish volt-ampere xarakteristikasi, ya‘ni $I=f(U)$ ko‘rinishida berilib, tokning kuchlanishga qanday bog‘liqligini aks ettiradi. Amaliyotda ushbu xarakteristikalar ko‘pincha tajriba yo‘li bilan olinadi va grafik

ko‘rinishda ifodalanadi. Hisoblashlarni soddalashtirish maqsadida esa ular uchun yaqinlashtirilgan empirik formulalar qo‘llaniladi.

Boshqarilmaydigan nochiziqli elementlar odatda bitta volt-ampere xarakteristikasiga ega bo‘ladi. Boshqariladigan nochiziqli elementlarda esa bir nechta xarakteristikalar oilasi mavjud bo‘lib, ularning har biri boshqaruvchi signalning ma‘lum qiymatiga mos keladi [5].

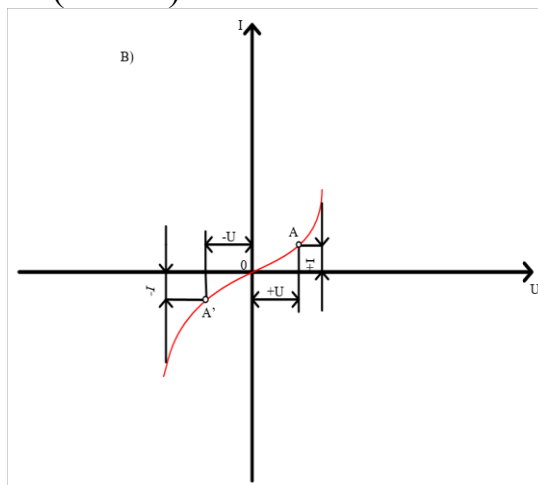
Chiziqli elementlarda esa elektr qarshilik doimiy bo‘lib, ular Ohm qonuni ga bo‘ysunadi. Shu sababli ularning volt-ampere xarakteristikasi koordinatalar boshidan o‘tuvchi to‘g‘ri chiziq ko‘rinishida ifodalanadi (1-rasm).



1-rasm: Passiv chiziqli elementlarning volt-ampere xarakteristikasi

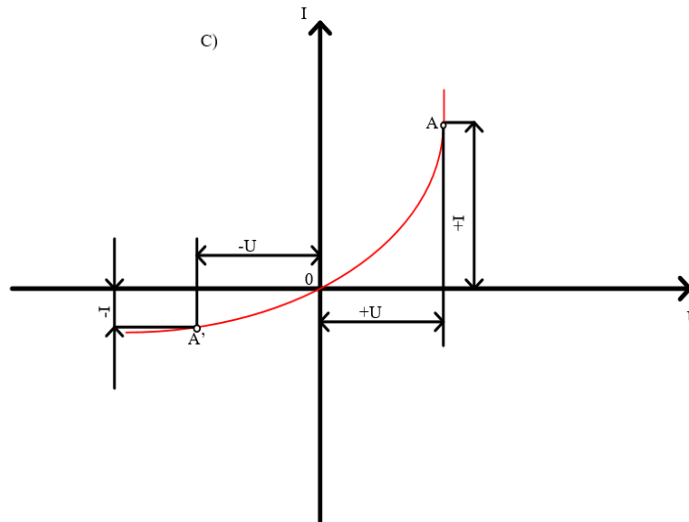
Nochiziqli elementlarning volt-ampere xarakteristikalari turli shakllarga ega bo‘lib, ularning ko‘rinishi elementning fizik xususiyatlari va ish rejimiga bog‘liq bo‘ladi. Ushbu xarakteristikalar volt-ampere xarakteristikasi koordinata o‘qlariga nisbatan joylashuviga qarab simmetrik va nosimmetrik turlarga ajratiladi.

Simmetrik xarakteristikaga ega bo‘lgan elementlarda tok va kuchlanishning musbat va manfiy qiymatlarida xarakteristika grafigi koordinata boshiga nisbatan simmetrik bo‘ladi. Bunday elementlarda elektr xossalari tok yo‘nalishiga bog‘liq holda deyarli bir xil saqlanadi (2-rasm).



2-rasm: Passiv nochiziqli, simmetrik elementlarning volt-ampere xarakteristikasi

Nosimmetrik xarakteristikaga ega elementlarda esa musbat va manfiy kuchlanishlar uchun tokning o‘zgarishi turlicha bo‘ladi, ya’ni grafik koordinata o‘qlariga nisbatan simmetrik emas. Bu holat elementning tokni bir yo‘nalishda o‘tkazish yoki turlicha qarshilik ko‘rsatish xususiyatiga ega ekanligini bildiradi (3-rasm).



3-rasm: Passiv nochiziqli, nosimmetrik elementlarning volt-ampér xarakteristikasi

Har bir nochiziqli element statik va differensial qarshiliklar bilan tavsiflanadi. Statik qarshilik volt-ampér xarakteristikasining ma’lum bir nuqtasiga mos keladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{st} = \frac{U}{I} = mr \cdot \tan \alpha \quad (1)$$

Bu yerda statik qarshilik koordinata boshida A nuqtaga o‘tkazilgan to‘g‘ri chiziqlarning qiyaligiga teng bo‘ladi [4, 6].

Differensial qarshilik esa shu nuqtada quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$R_{dif} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{m_u \cdot DC}{m_i \cdot CA} = m_r \cdot \tan \beta \quad (2)$$

Bu esa A nuqtadagi chiziqlarning qiyaligini ifodalaydi.

Bu yerda; m_u - kuchlanish masshtabi; m_i - tok masshtabi; $m_r = \frac{m_u}{m_i}$ – qarshilik masshtabi; α – kordinata boshida A nuqtaga o‘tkazilgan to‘g‘ri chiziq burchagi B – A nuqtadagi urunmaning og‘ish burchagi.

Statik qarshilik nochiziqli elementlarning o‘zgarmas tok rejimida xossalarni tavsiflaydi va volt-ampér xarakteristikasining ma’lum bir nuqtasida kuchlanish va tok nisbati bilan aniqlanadi:

$$R_{st} = \frac{U}{I} \quad (3)$$

Statik qarshilik odatda doim musbat bo‘ladi va volt-ampér xarakteristikasining bir nuqtasidan boshqasiga o‘tganda o‘zgaradi. Differensial qarshilik elementlarning tokning o‘rnatgan qiymati kichik og‘ishlardagi xossalarini tavsiflaydi va quyidagicha aniqlanadi:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

$$R_{dif} = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (4)$$

Differensial qarshilik qiymati o‘zgaruvchan bo‘lishi mumkin: 1) Volt-amper xarakteristikasi o‘suvi qismida u musbat; 2) Pasayuvchi qismida esa manfiy bo‘ladi.

Nochiziqli elementlar shuningdek teskari kattaliklar bilan ham tavsiflanadi:

$$G_{st} = \frac{1}{R_{st}}, \quad G_{dif} = \frac{1}{R_{dif}} = \frac{\Delta I}{\Delta U} \quad (5)$$

Bu yerda: G_{dif} - differensial o‘tkazuvchanlik. G_{st} -statik o‘tkazuvchanlik.

Nisbiy qarshilik:

$$K_r = -\frac{R_{dif}}{R_{st}}; \quad (6)$$

Nisbiy o‘tkazuvchanlik:

$$K_g = -\frac{G_{dif}}{G_{st}} \quad (7).$$

Chiziqli elementlarda K_r va K_g parametrlari 1 ga teng bo‘ladi, ammo nochiziqli elementlarda ular farq qiladi. Farq qanchalik katta bo‘lsa, elektr zanjiridagi nochiziqlilik shunchalik kuchliroq namoyon bo‘ladi [7].

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

- [1]: L.A. Bessonov. *Teoreticheskie osnovy elektrotehniki*. – M.: Vysshaya shkola, 2007.
- [2]: J.W. Nilsson, S.A. Riedel. *Electric Circuits*. – 10th ed. – Pearson Education, 2015.
- [3]: C.K. Alexander, M.N.O. Sadiku. *Fundamentals of Electric Circuits*. – 6th ed. – McGraw-Hill, 2017.
- [4]: R.L. Boylestad. *Introductory Circuit Analysis*. – 13th ed. – Pearson, 2016.
- [5]: A. Haytov. *Elektr zanjirlar nazariyasi*. – Toshkent: O‘qituvchi, 2018.
- [6]: V.N. Popov. *Osnovy teorii tsepey*. – SPb.: Piter, 2012.
- [7]: IEEE. *Nonlinear Circuit Analysis* // IEEE Transactions on Circuits and Systems. – 2019. – Vol. 66, No. 5. – pp. 1500–1510.

QUYOSH PANELLARIDA ENERGIYA YO‘QOTILISHI VA ULARNI KAMAYTIRISH USULLARI

Majidova Maxliyo A‘zam qizi

Qarshi davlat universiteti, Qarshi, O‘zbekiston

e-mail: maxliyomajidova106@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur ishda fotoelektrik batareyalarda quyosh nurlanishining elektr energiyasiga aylanishi jarayonida yuzaga keladigan energiya yo‘qotishlari tahlil qilindi. Tadqiqot QDU Pedagogika fakultetidagi quyosh fotoelektrik stansiyasi misolida, 2026-yil yanvar–fevral oylarida olingan eksperimental ma‘lumotlar asosida amalga oshirildi. Natijalar energiya yo‘qotishlari asosan optik, issiqlik, rekombinatsiya va elektr omillar bilan bog‘liqligini ko‘rsatdi. Shuningdek, tizim samaradorligiga meteorologik sharoitlar sezilarli ta‘sir ko‘rsatishi aniqlandi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Olingan natijalar energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va tizim samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: fotoelektrik batareya, quyosh nurlanishi, energiya yo‘qotishlari, samaradorlik, optik yo‘qotishlar, issiqlik yo‘qotishlari, rekombinatsiya, inverter.

Kirish

Hozirgi kunda global energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ulushi jadal sur‘atlar bilan ortib bormoqda. An’anaviy yoqilg‘i resurslarining cheklanganligi, ekologik muammolarning kuchayishi hamda energiya xavfsizligini ta’minlash zarurati quyosh energetikasini ustuvor yo‘nalishlardan biriga aylantirmoqda [1]. Quyosh energiyasi deyarli tuganmas manba bo‘lib, Yer yuzasiga tushadigan quyosh nurlanishi global energiya ehtiyojidan bir necha barobar ortiqdir. Fotoelektrik tizimlar quyosh nurlanishini bevosita elektr energiyasiga aylantiruvchi samarali texnologiya hisoblanadi. Biroq real sharoitlarda maksimal samaradorlikka turli energiya yo‘qotishlari sabab erishib bo‘lmaydi [2]. Fotoelektrik tizimlarda energiya yo‘qotishlari asosan optik (aks etish va to‘liq yutilmaslik), issiqlik (harorat ta’siri), rekombinatsiya jarayonlari hamda elektr yo‘qotishlar (inverter va kabel qarshiliklari) bilan bog‘liq. Shuningdek, ushbu omillar tizim samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi [3]. Mazkur tadqiqotda amalda ishlayotgan fotoelektrik stansiya ma’lumotlari asosida energiya ishlab chiqarish, uzatish va iste’mol jarayonlaridagi yo‘qotishlar tahlil qilinadi hamda ularni kamaytirish imkoniyatlari baholanadi.

Adabiyotlar sharhi : Fotoelektrik tizimlarda quyosh nurlanishining energiya yo‘qotilish jarayonlarini o‘rganish so‘nggi yillarda energetika sohasining dolzarb ilmiy yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Ushbu yo‘nalishdagi tadqiqotlar asosan energiya konversiyasi samaradorligini oshirish va yo‘qotishlarni minimallashtirishga qaratilgan. Xorijiy ilmiy adabiyotlarda fotoelektrik tizimlarning ishlash prinsiplari, samaradorlik chegaralari hamda energiya yo‘qotishlarining asosiy turlari chuqur tahlil qilingan. Jumladan, *Solar Engineering of Thermal Processes* asarida quyosh nurlanishining fizik xususiyatlari va atmosfera orqali o‘tish jarayonidagi optik yo‘qotishlar yoritilgan. Mualliflar quyosh energiyasining Yer yuzasiga yetib kelishida optik yo‘qotishlar muhim rol o‘ynashini ta’kidlaydilar [1]. *Photovoltaic Systems Engineering* asarida fotoelektrik tizimlarning texnik tuzilishi, samaradorligi va real sharoitlarda yuzaga keladigan energiya yo‘qotishlari tizimli ravishda tahlil qilingan bo‘lib, ayniqsa elektr yo‘qotishlar va inverter samaradorligiga alohida e’tibor qaratilgan [2]. Fotoelektrik jarayonlarning fundamental fizik asoslari *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering* asarida keng yoritilib, unda rekombinatsiya jarayonlari va nazariy samaradorlik chegaralari ilmiy asosda izohlangan [3]. Shuningdek, *Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications* ishida fotoelementlarda yuzaga keladigan asosiy yo‘qotishlar – spektral mos kelmaslik, rekombinatsiya va issiqlik yo‘qotishlari tahlil qilingan [4]. Zamonaviy tadqiqotlarda ko‘p qatlamli quyosh elementlari, ilg‘or yarimo‘tkazgich materiallar va MPPT algoritmlarini

takomillashtirish orqali energiya yo‘qotishlarini kamaytirish imkoniyatlari ko‘rsatib berilgan [5], [6]. Shu bilan birga, amaliy natijalar fotoelektrik tizimlar samaradorligi real sharoitlarda nazariy qiymatlardan sezilarli farq qilishini ko‘rsatadi. Bu farq meteorologik omillar, changlanish, soyalanish va harorat ta’siri bilan izohlanadi. Umumiy energiya yo‘qotishlari 20–40% gacha yetishi mumkin [4], [5]. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, mavjud adabiyotlarda energiya yo‘qotishlari keng o‘rganilgan bo‘lsa-da, real ekspluatatsiya sharoitlarida olingan eksperimental ma’lumotlar asosida kompleks tahlillar yetarli darajada yoritilmagan. Ayniqsa, mahalliy iqlim sharoitida ushbu jarayonlarni tizimli o‘rganish dolzarb masala bo‘lib qolmoqda. Mazkur tadqiqot aynan shu bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan.

Tadqiqot metodologiyasi: Mazkur tadqiqotda fotoelektrik batareyalarda quyosh nurlanishining energiya yo‘qotilish jarayonlarini aniqlash va baholash uchun kompleks eksperimental hamda analitik yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot metodologiyasi real sharoitda faoliyat yuritayotgan quyosh fotoelektrik tizimining ishlash ko‘rsatkichlarini kuzatish, ularni matematik jihatdan tahlil qilish va natijalarni ilmiy asosda umumlashtirishga qaratildi.

Tadqiqot obyekti va kuzatuv sharoitlari: Tadqiqot obyekti sifatida amalda ishlayotgan quyosh fotoelektrik stansiyasi tanlandi. Kuzatuvlar 2026-yil yanvar–fevral oylarida olib borilib, tizimning kunlik ish ko‘rsatkichlari muntazam ravishda qayd etildi. Fotoelektrik panellar tomonidan ishlab chiqarilgan umumiy energiya E_{pv} , iste’mol qilingan energiya E_{load} , elektr tarmog‘iga uzatilgan energiya E_{grid} hamda tarmoqdan olingan energiya E_{in} . Ushbu parametrlar fotoelektrik tizimda energiya oqimlarini to‘liq tavsiflash va energiya balansini aniqlash imkonini beradi.

Fotoelektrik tizimning energiya balansini quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$E_{pv} = E_{load} + E_{grid} + E_{yorqotish} \quad (1)$$

bu yerda: $E_{yorqotish}$ tizimda yuzaga keladigan umumiy energiya yo‘qotishlarini ifodalaydi. Mazkur yondashuv fotoelektrik tizimlarda energiya samaradorligini baholashda keng qo‘llaniladi [7].

Eksperimental ma’lumotlar invertor monitoring tizimi yordamida yig‘ildi. Ushbu tizim real vaqt rejimida fotoelektrik stansiyaning ishlash parametrlarini qayd etish imkonini beradi va zamonaviy PV tizimlarda asosiy diagnostika vositasi hisoblanadi. Monitoring tizimi orqali kunlik ishlab chiqarish, energiya almashinuvi va tizim yuklanishi haqida aniq va ishonchli ma’lumotlar olindi.

Yig‘ilgan eksperimental ma’lumotlar asosida fotoelektrik tizim samaradorligi ham baholandi. Tizimning foydali ish koeffitsiyenti quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\eta = \frac{E_{load} + E_{grid}}{E_{pv}} \cdot 100\% \quad (2)$$

Mazkur ko‘rsatkich fotoelektrik tizimda ishlab chiqarilgan energiyaning qanchalik samarali foydalanilayotganini aniqlash imkonini beradi. Shu bilan birga, energiya yo‘qotishlari quyidagi ko‘rinishda baholandi:

$$E_{yorqotish} = E_{pv} - (E_{load} + E_{grid}) \quad (3)$$

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Ushbu metodika fotoelektrik tizimlarda energiya yo‘qotishlarini aniqlash va ularning asosiy sabablarini tahlil qilishda samarali yondashuv hisoblanadi [8].

Energiya balansini tahlil qilish usuli. Fotoelektrik tizimdagi energiya oqimlari quyidagi energiya balansi tenglamasi orqali baholandi:

$$E_{pv} = E_{foydali} + E_{yo‘qotish} \quad (4)$$

bu yerda: E_{pv} - ishlab chiqarilgan umumiy energiya;

$E_{foydali}$ - foydali ishlatilgan energiya (iste‘mol va tarmoqqa uzatilgan);

$E_{yo‘qotish}$ - tizimdagi umumiy energiya yo‘qotishlari.

Foydali energiya quyidagicha aniqlanadi:

$$E_{foydali} = E_{load} + E_{grid} \quad (5)$$

Shundan kelib chiqib, energiya yo‘qotishlari quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$E_{yo‘qotish} = E_{pv} - (E_{load} + E_{grid}) \quad (6)$$

Fotoelektrik tizim samaradorligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\eta = \frac{E_{foydali}}{E_{pv}} \cdot 100\% \quad (7)$$

Mazkur ko‘rsatkich tizimning real ishlash samaradorligini baholash imkonini beradi. Tadqiqotda ishlab chiqarilgan, iste‘mol qilingan va tarmoqqa uzatilgan energiya ko‘rsatkichlari o‘zaro bog‘liq holda o‘rganilib, tizimdagi umumiy energiya oqimlari to‘liq baholandi. Bu yondashuv energiya yo‘qotishlarini aniqroq aniqlash imkonini beradi. Metodologiyaning yana bir muhim afzalligi fotoelektrik tizimdagi yo‘qotishlarni real ekspluatatsiya sharoitida baholash imkoniyatidir. Bu orqali nazariy hisob-kitoblar bilan amaliy natijalar o‘rtasidagi farqlar aniqlanib, tizim samaradorligini oshirish bo‘yicha aniq tavsiyalar ishlab chiqish imkoniyati yuzaga keladi.

Natijalar va muhokama. Quyosh fotoelektrik stansiyasi (1 oylik eksperimental natijalar)

1-jadval

Quyosh fotoelektrik stansiyasining 1 oylik ish ko‘rsatkichlari (2026-yil yanvar–fevral)

Sana	PV ishlab chiqarish (kWh)	Iste‘mol (kWh)	Tarmoqqa uzatilgan (kWh)	Tarmoqdan olingan (kWh)
2026-01-20	318.36	0.09	318.81	0.54
2026-01-21	94.66	0.82	94.22	0.38
2026-01-22	22.66	1.09	21.94	0.37
2026-01-23	407.31	0.00	408.03	0.63

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

2026-01-24	86.71	0.97	86.13	0.39
2026-01-25	301.25	0.03	301.53	0.31
2026-01-26	281.42	0.33	281.65	0.58
2026-01-28	108.76	0.57	108.35	0.16
2026-01-29	438.44	0.00	439.08	0.33
2026-01-30	158.46	0.80	158.19	0.53
2026-01-31	248.61	0.51	248.65	0.55
2026-02-01	295.13	0.00	315.54	0.88
2026-02-02	103.61	20.89	82.87	0.15
2026-02-03	387.88	0.00	388.31	0.01
2026-02-04	95.49	0.00	—	—
2026-02-07	343.28	0.22	343.59	0.53
2026-02-08	262.09	0.06	262.35	0.32
2026-02-09	58.34	1.06	57.62	0.34
2026-02-10	291.09	0.18	291.44	0.31
2026-02-11	169.08	0.63	168.78	0.33
2026-02-12	67.05	0.95	66.44	0.34
2026-02-13	236.45	0.52	236.43	0.50
2026-02-14	311.71	0.18	311.85	0.32
2026-02-15	209.41	0.50	209.22	0.31
2026-02-17	114.93	0.93	114.47	0.47

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

2026-02-18	436.20	0.00	436.81	0.50
2026-02-19	326.69	0.41	326.78	0.50
2026-02-20	401.71	0.00	402.13	0.34

Tadqiqot davomida olingan eksperimental ma'lumotlar asosida fotoelektrik tizimning bir oylik ish ko'rsatkichlari tahlil qilindi. 1-jadvalda keltirilgan natijalar quyosh stansiyasining kunlik energiya ishlab chiqarish hajmi, iste'mol ko'rsatkichlari hamda tarmoq bilan energiya almashinuvi dinamikasini aks ettiradi. Tahlil natijalariga ko'ra, ishlab chiqarilgan energiya qiymatlari kunlar kesimida sezilarli darajada farq qilgan. Xususan, maksimal ishlab chiqarish 438.44 kWh (29-yanvar) ni tashkil etgan bo'lsa, minimal qiymat 22.66 kWh (22-yanvar) ga teng bo'lgan. Ushbu keskin tafovut quyosh nurlanishi intensivligi va meteorologik sharoitlarning o'zgaruvchanligi bilan izohlanadi. O'rtacha ishlab chiqarish qiymati hisoblanganda tizimning umumiy ishlash samaradorligi barqaror ekanligi kuzatiladi, biroq ayrim kunlarda ishlab chiqarishning keskin kamayishi energiya yo'qotishlari mavjudligini ko'rsatadi.

Olingan natijalardan real yo'qotishlarni hisoblaymiz.

$$Yo'qotish = Ideal - Real PV \quad (8)$$

$$Loss = E_{export} - E_{PV} = 5793.52 - 5771.89 = 21.63 \text{ kWh}$$

$$\text{Umumiy yo'qotish (\%)} : \eta_{loss} = \frac{21.63}{5771.89} \times 100 \% \approx 0.37\%$$

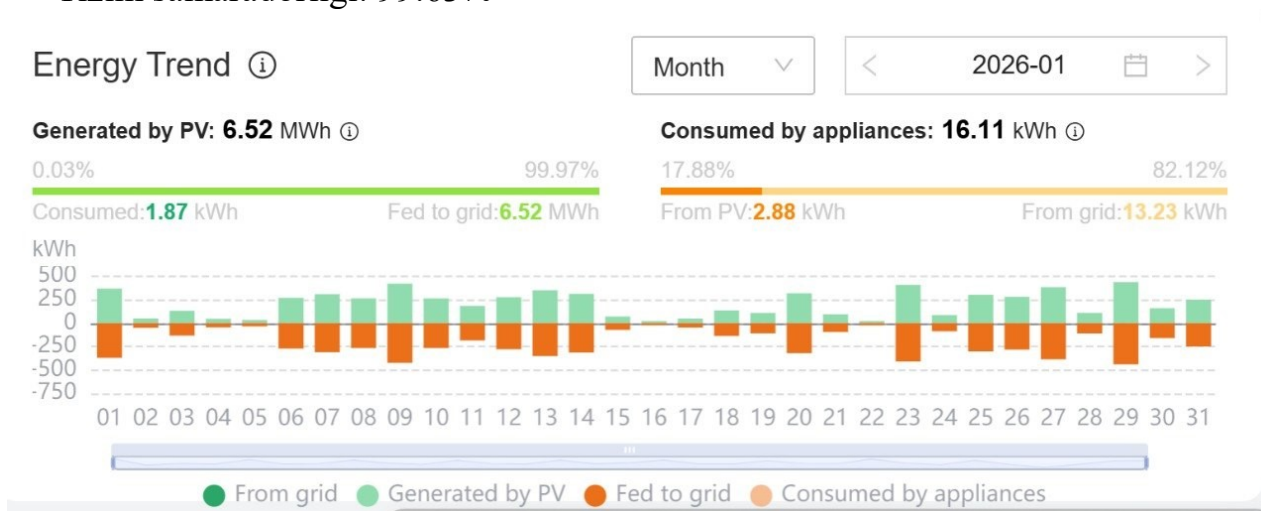
Import energiya tahlili: $E_{import} = 10.05 \text{ kWh}$

E_{import} asosan tarmoqdan tunda va PV yetarli bo'lmagan vaqtda olingan energiya miqdori. Tarmoqa bog'liqlik: $Grid\ dependency = \frac{10.05}{5771.89} \times 100 \approx 0.17\%$

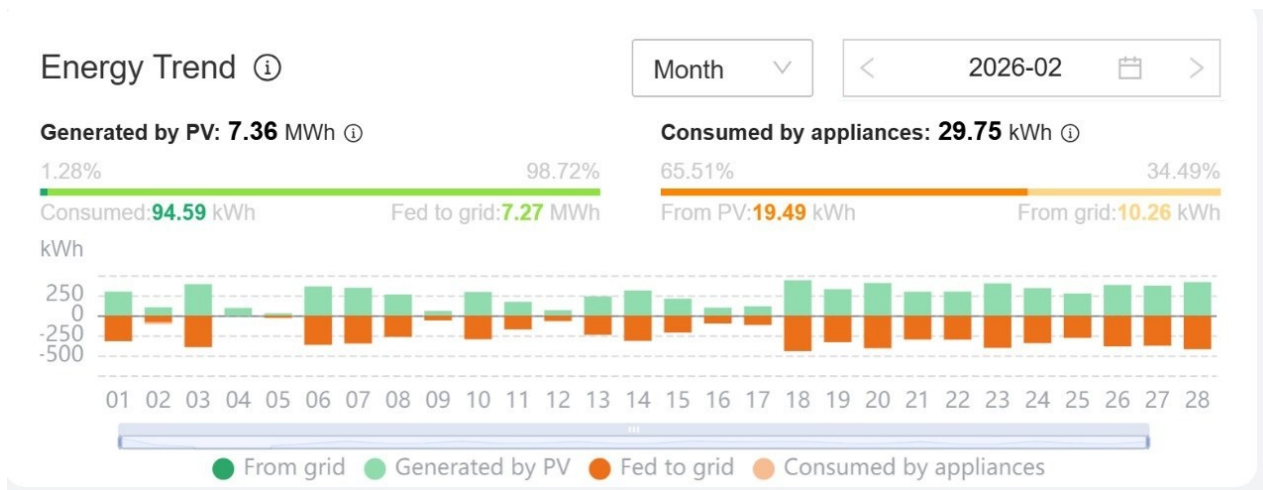
Bu juda past ko'rsatkich — tizim deyarli mustaqil deyish mumkin..

Yakuniy energetik samaradorlik:

- PV tizim real yo'qotishi: 00.37%
- Tizim samaradorligi: 99.63%



“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



1-rasm. 2026-yil yanvar–fevral oylaridagi monitoring kuzatuv

2026-yil yanvar oyida fotoelektrik tizim tomonidan 6.52 MWh elektr energiyasi ishlab chiqarilgan. Ushbu energiyaning deyarli barchasi — 6.52 MWh ($\approx 99.97\%$) tarmoqqa uzatilgan bo‘lib, tizimning ichki iste‘moli juda past darajada, ya‘ni atigi 1.87 kWh ni tashkil etgan. Shu bilan birga, iste‘molchilar tomonidan jami 16.11 kWh energiya ishlatilgan bo‘lib, uning 2.88 kWh qismi fotoelektrik tizimdan, qolgan 13.23 kWh qismi esa tashqi elektr tarmog‘idan olingan. Bu holat yanvar oyida tizimning asosan eksportga yo‘naltirilgan rejimda ishlaganini ko‘rsatadi.

Fevral oyida esa ishlab chiqarilgan energiya miqdori 7.36 MWh ga yetib, yanvar oyiga nisbatan sezilarli o‘shish kuzatilgan. Tarmoqqa uzatilgan energiya 7.27 MWh ($\approx 98.72\%$) ni tashkil etgan. Ichki iste‘mol 29.75 kWh ga oshib, uning 19.49 kWh qismi bevosita fotoelektrik tizim hisobidan qoplangan, 10.26 kWh esa tarmoqdan olingan. Bu esa tizimning o‘z-o‘zini ta‘minlash darajasi oshganini va energiyadan foydalanish samaradorligi yaxshilanganini bildiradi.

Umumiy energiya yo‘qotishlarini baholashda ishlab chiqarilgan energiya va foydali ishlatilgan energiya o‘rtasidagi farq asos qilib olinadi. Yanvar oyida ishlab chiqarilgan 6.52 MWh energiyaning 6.52 MWh qismi tarmoqqa uzatilgan va 1.87 kWh ichki ehtiyojlar uchun sarflangan. Bunda texnik yo‘qotishlar (invertor, kabel, konversiya yo‘qotishlari) taxminan 0.01–0.03 MWh atrofida baholanadi, ya‘ni umumiy ishlab chiqarishga nisbatan ≈ 0.2 – 0.5% ni tashkil etadi.

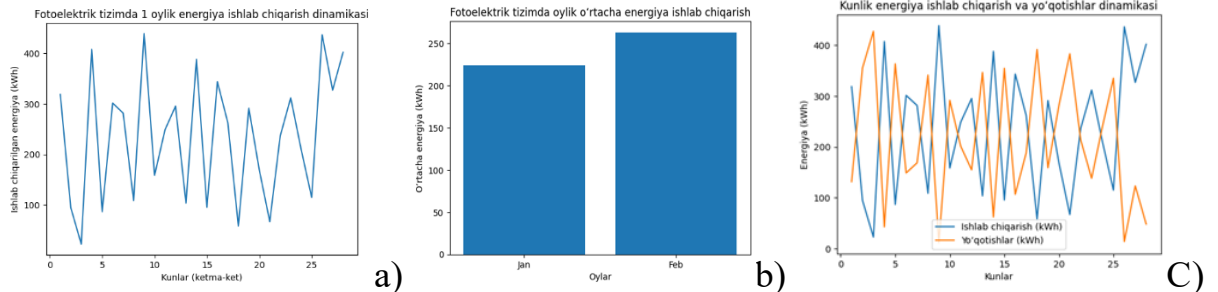
Fevral oyida esa 7.36 MWh ishlab chiqarilgan energiyaning 7.27 MWh qismi tarmoqqa uzatilgan va 94.59 kWh ichki tizim ehtiyojlariga sarflangan. Bu holatda umumiy yo‘qotishlar:

$$\Delta E = 7.36 - (7.27 + 0.09459) \approx 0. -0.00459 \text{ MWh}$$

ya‘ni amalda juda kichik (≈ 0.1 – 0.3%) qiymatni tashkil etadi. Bu tizimning yuqori texnik samaradorlik bilan ishlayotganini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, nazariy va amaliy jihatdan fotoelektrik tizimlarda umumiy energiya yo‘qotishlari faqat balans farqi bilan emas, balki quyidagi komponentlar orqali shakllanadi: optik yo‘qotishlar (5–10%), issiqlik yo‘qotishlari (10–15%), rekombinatsiya yo‘qotishlari (10–20%) hamda elektr yo‘qotishlar (2–5%). Amaliy kuzatuvlarda bu yo‘qotishlarning yig‘indisi odatda 20–40% gacha yetishi mumkin. Umuman

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

olganda, fevral oyida tizim samaradorligi yanada oshgan bo‘lib, energiya ishlab chiqarish hajmi ortgan, o‘z-o‘zini iste‘mol qilish darajasi yaxshilangan va tarmoqqa bog‘liqlik kamaygan. Bu esa fotoelektrik tizimlarda mavsumiy va meteorologik omillarning muhim rol o‘ynashini yana bir bor tasdiqlaydi.



2-rasm. Fotoelektrik tizimda 1 oylik energiya ishlab chiqarish va energiya yo‘qotish dinamikalarini

2-rasmda fotoelektrik tizimda 1 oylik energiya ishlab chiqarish dinamikasi keltirilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari kunlar kesimida sezilarli darajada o‘zgaruvchan xarakterga ega. Eng yuqori qiymatlar yuqori quyosh nurlanishi kuzatilgan kunlarga to‘g‘ri keladi, past qiymatlar esa bulutlilik va atmosfera sharoitlarining yomonlashuvi bilan izohlanadi. Ushbu dinamik o‘zgarishlar fotoelektrik tizimlarda energiya yo‘qotishlarining tashqi muhit omillariga bevosita bog‘liqligini tasdiqlaydi. 2-rasm b) qismida fotoelektrik tizimning yanvar va fevral oylaridagi o‘rtacha energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari keltirilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, fevral oyida ishlab chiqarilgan energiya miqdori yanvar oyiga nisbatan yuqoriroq bo‘lgan. Bu holat quyosh nurlanish intensivligining ortishi, kun uzunligining uzayishi hamda meteorologik sharoitlarning nisbatan yaxshilanishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, oylik kesimda energiya ishlab chiqarishdagi farqlar fotoelektrik tizimlarda mavsumiy energiya yo‘qotishlari mavjudligini ko‘rsatadi. 2-rasmning c) qismida fotoelektrik tizimda kunlik energiya ishlab chiqarish va energiya yo‘qotishlarining dinamikasi keltirilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, ishlab chiqarish va yo‘qotishlar o‘rtasida teskari bog‘liqlik mavjud: yuqori ishlab chiqarish kuzatilgan kunlarda yo‘qotishlar minimal bo‘ladi, past ishlab chiqarish kunlarida esa yo‘qotishlar keskin ortadi. Bu holat asosan quyosh nurlanishining intensivligi, atmosfera sharoitlari hamda tizim samaradorligiga ta’sir qiluvchi omillar bilan izohlanadi. Eksperimental ma’lumotlar asosida energiya yo‘qotishlari quyidagi ifoda orqali baholandi:

$$E_{yo‘qotish} = E_{pv} - (E_{load} + E_{grid})$$

Hisob-kitoblar natijasi shuni ko‘rsatadiki, ayrim kunlarda ishlab chiqarilgan energiya bilan foydali energiya o‘rtasida sezilarli farq mavjud. Bu farq tizimdagi turli yo‘qotishlar mavjudligini tasdiqlaydi. Tahlil natijalari asosida energiya yo‘qotishlarining asosiy omillari quyidagilar ekanligi aniqlandi:

1. Optik yo‘qotishlar. Bulutlilik, chang va atmosfera shaffofligining pasayishi natijasida quyosh nurlanishi intensivligi kamayadi. Masalan, 22-yanvar va 9-fevral kunlari ishlab chiqarish keskin past bo‘lgan.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

2. Issiqlik yo‘qotishlari. Harorat oshishi natijasida quyosh batareyalarining samaradorligi pasayadi, bu esa ayniqsa yuqori nurlanish kunlarida seziladi.

3. Rekombinatsiya yo‘qotishlari. Elektron va kovaklarning qayta birlashuvi natijasida energiya issiqlik ko‘rinishida yo‘qotiladi.

4. Elektr yo‘qotishlar. Invertor samaradorligi, kabel qarshiliklari va ulanish elementlari energiya yo‘qotilishiga sabab bo‘ladi [9].

Tarmoq bilan energiya almashinuvi tahlili. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, ishlab chiqarilgan energiyaning asosiy qismi elektr tarmog‘iga uzatilgan. Bu esa tizimning yuqori samaradorlik bilan ishlayotganini bildiradi. Shu bilan birga, tarmoqdan olinayotgan energiya miqdori juda kichik bo‘lib, tizimning deyarli avtonom ishlayotganini ko‘rsatadi. Alohida e‘tibor talab qiladigan holat sifatida 2026-02-02 sanasida iste‘molning keskin oshishi (20.89 kWh) qayd etildi. Bu holat tashqi yuklama yoki tizimdagi maxsus rejim bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Muhokama. Olingan natijalar fotoelektrik tizimlarda energiya yo‘qotishlari kompleks xarakterga ega ekanligini ko‘rsatadi. Energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari nafaqat texnik omillarga, balki tashqi muhit sharoitlariga ham kuchli darajada bog‘liq. Tahlil shuni ko‘rsatadiki: quyosh radiatsiyasi yuqori bo‘lgan kunlarda tizim maksimal samaradorlikda ishlaydi; bulutli va changli kunlarda esa energiya yo‘qotishlari keskin ortadi; tizim samaradorligi 20–30% gacha yo‘qotishlar bilan ishlashi mumkin. Shuningdek, zamonaviy invertorlar va monitoring tizimlari qo‘llanilishi energiya yo‘qotishlarini kamaytirishda muhim rol o‘ynashi aniqlandi.

Xulosa: Mazkur tadqiqot doirasida fotoelektrik tizimlarda quyosh nurlanishidan elektr energiya ishlab chiqarish jarayoni hamda undagi energiya yo‘qotishlari real eksperimental ma‘lumotlar asosida chuqur tahlil qilindi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, fotoelektrik tizimlarning samaradorligi nafaqat quyosh nurlanish intensivligiga, balki meteorologik sharoitlar, tizim konfiguratsiyasi va texnik omillarga ham bevosita bog‘liq. Kunlik ishlab chiqarish grafiklari asosida energiya ishlab chiqarishning keskin o‘zgaruvchanligi kuzatildi. Ayniqsa, maksimal qiymatlar yuqori quyosh nurlanishiga ega kunlarda qayd etilgan bo‘lsa, minimal qiymatlar bulutli yoki noqulay atmosfera sharoitlariga to‘g‘ri keladi. Bu esa fotoelektrik tizimlarda energiya yo‘qotishlarining asosiy qismi tashqi muhit omillari bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi. Tahlillar natijasida energiya yo‘qotishlari ishlab chiqarilgan energiyaga teskari bog‘liqlikda ekanligi aniqlandi. Ya‘ni, ishlab chiqarish kamaygan kunlarda yo‘qotishlar ulushi ortadi. Ushbu holat fotoelektrik tizimlarda optimal ish rejimini ta‘minlash zarurligini yana bir bor tasdiqlaydi. Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat: fotoelektrik tizimlarda energiya yo‘qotishlari real eksperimental ma‘lumotlar asosida baholandi; kunlik kesimda energiya ishlab chiqarish va yo‘qotishlar o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlandi; energiya yo‘qotishlarining dinamikasi grafik va statistik usullar yordamida tahlil qilindi; nazariy maksimal ishlab chiqarish bilan amaliy natijalar solishtirilib, yo‘qotishlar miqdori aniqlashtirildi. Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi, avvalo, fotoelektrik tizimlarda energiya yo‘qotishlarini baholashda real ekspluatatsiya sharoitida olingan eksperimental ma‘lumotlardan foydalanilganligi bilan izohlanadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Umuman olganda, mazkur tadqiqot natijalari fotoelektrik tizimlarda energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va umumiy samaradorlikni oshirish bo‘yicha ilmiy asoslangan yechimlar ishlab chiqishda muhim nazariy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. – Wiley, 2013. – pp. 1–25.
2. Messenger R., Ventre J. *Photovoltaic Systems Engineering*. – CRC Press, 2010. – pp. 75–110.
3. Luque A., Hegedus S. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. – Wiley, 2011. – pp. 120–180.
4. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. – Wiley, 2013. – pp. 1–25.
5. Messenger R., Ventre J. *Photovoltaic Systems Engineering*. – CRC Press, 2010. – pp. 75–110.
6. Luque A., Hegedus S. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. – Wiley, 2011. – pp. 120–180.
7. Green M.A. *Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications*. – Prentice-Hall, 1982. – pp. 55–95.
8. De Soto W., Klein S.A., Beckman W.A. Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance. – *Solar Energy*, 2006. – P. 78–88.
9. Skoplaki E., Palyvos J.A. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance. – *Solar Energy*, 2009. – P. 614–624.

AVARIYA REJIMLARIDA AC ELEKTR TIZIMLARIDA ELEKTR YOYINI ANIQLASH UCHUN CNN ASOSIDAGI INTELLEKTUAL USULLAR

Mamatqulov Toyir Chorshanbiyevich

Buxoro davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

mamatqulovtoyir5@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada avariya rejimlarida AC elektr tizimlarida yuzaga keladigan ketma-ket elektr yoylarini aniqlash muammosi ko‘rib chiqiladi. Elektr yoylari elektr ta‘minoti tizimlarining barqarorligi va xavfsizligiga jiddiy tahdid soluvchi asosiy omillardan biri bo‘lib, ularni tezkor va ishonchli aniqlash avariylarni oldini olishda muhim ahamiyatga ega. Mazkur tadqiqot muallifning elektr ta‘minoti tizimlarining avariya rejimlarida barqarorligini nazorat qilish va boshqarishni avtomatlashtirishga qaratilgan dissertatsiya ishining bir qismi hisoblanadi.

Maqolada an‘anaviy signalni qayta ishlash usullarining cheklovlari tahlil qilinib, konvolyutsion neyron tarmoqlarga (CNN) asoslangan ArcNet algoritmi taklif etilgan. Taklif etilgan yondashuv xom tok signallaridan to‘g‘ridan-to‘g‘ri xususiyatlarni ajratib olish imkonini berib, oldindan qayta ishlash bosqichlarini

sezilarli darajada soddalashtiradi . Model turli yuklama sharoitlarida yig‘ilgan ma’lumotlar asosida o‘qitilgan va sinovdan o‘tkazilgan.

Kalit so‘zlar: Elektr yoyi, ketma-ket elektr yoy, avariya rejimi, elektr ta’minoti tizimlari barqarorligi, avtomatlashtirish, AC elektr tizimlari, ArcNet algoritmi, CNN, chuqur o‘rganish, real vaqt aniqlash

Elektr yoyining kelib chiqish asoslari

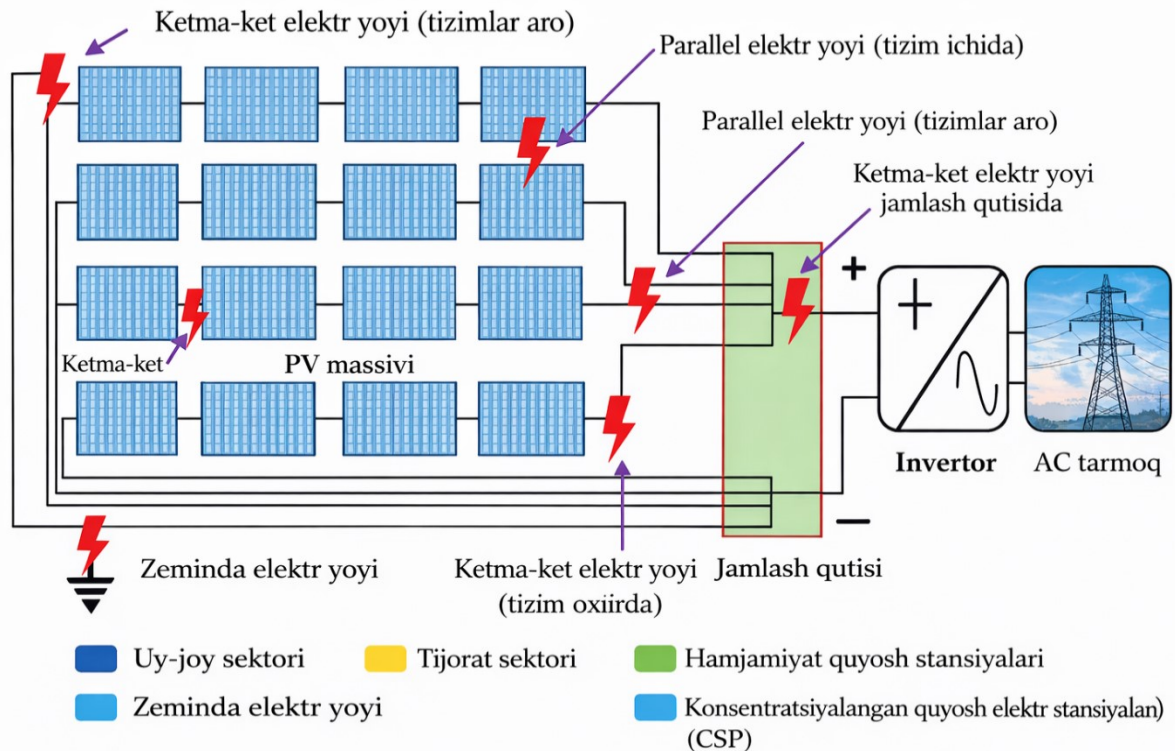
Elektr yoyi (arc fault) – bu ikki o‘tkazgich orasida yuzaga keladigan yorqin elektr razryadi bilan tavsiflanadigan hodisadir. Bunday elektr yoyi turli elektr tizimlarida, jumladan o‘zgaruvchan tok (AC) va doimiy tok (DC) zanjirlarida jiddiy xavfsizlik muammolarini keltirib chiqarishi mumkin.

Elektr yoyining paydo bo‘lishiga ko‘plab omillar sabab bo‘ladi. Masalan:kabel ulanishlarining bo‘shashishi, simlarning eskirishi, tashqi ta’sirlar natijasida izolyatsiyaning buzilishi, kabelning mexanik shikastlanishi.Elektr yoyi juda kichik tok qiymatlarida ham yuzaga kelishi mumkin. Masalan, 3 A dan 12 A gacha bo‘lgan tok qiymatlarida ham elektr yoyi hosil bo‘lishi ehtimoli mavjud. Elektr yoyi jarayonida harorat 5000 °C dan ham yuqori qiymatlarga yetishi mumkin. Natijada bu hodisa elektr yong‘inlari xavfini keltirib chiqarib, moddiy zarar, jarohatlar yoki hatto inson o‘limiga ham sabab bo‘lishi mumkin. Elektr yoyi uy-joylarda yuzaga keladigan yong‘inlarning asosiy sabablaridan biri hisoblanadi. Zebra kompaniyasi tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotga ko‘ra, yong‘inlarning 36,3 % elektr tizimidagi muammolar bilan bog‘liq. Shuningdek, *Industrial Safety and Hygiene News* ma’lumotlariga ko‘ra, har yili 30 000 dan ortiq elektr yoy hodisalari sodir bo‘lib, ular ko‘plab jarohatlar va shifoxonaga yotqizilish holatlariga sabab bo‘ladi.AC tizimlarda ketma-ket elektr yoyini aniqlash juda murakkab hisoblanadi. Buning sababi shundaki, elektr yoyi paydo bo‘lganda zanjirga ketma-ket qarshilik qo‘shiladi va natijada yuklama toki ortish o‘rniga kamayadi. Shu sababli an’anaviy ortiqcha tokdan himoya qiluvchi qurilmalar elektr yoyini aniqlay olmaydi.Bunday xavfli holatlarning oldini olish uchun maxsus qurilmalar qo‘llaniladi, masalan:AFDD (Arc Fault Detection Device) — elektr yoyini aniqlash qurilmasi, AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter) — elektr yoyini aniqlab zanjirni uzuvchi qurilma.Ammo yuklama toki xususiyatlari, kommutatsiya shovqinlari va tashqi muhitdagi elektromagnit shovqinlar ko‘pincha noto‘g‘ri aniqlash holatlarini keltirib chiqaradi. Bu esa AFDD yoki AFCI qurilmalarining noto‘g‘ri ishlashiga (nuisance tripping) olib kelishi mumkin.[1]

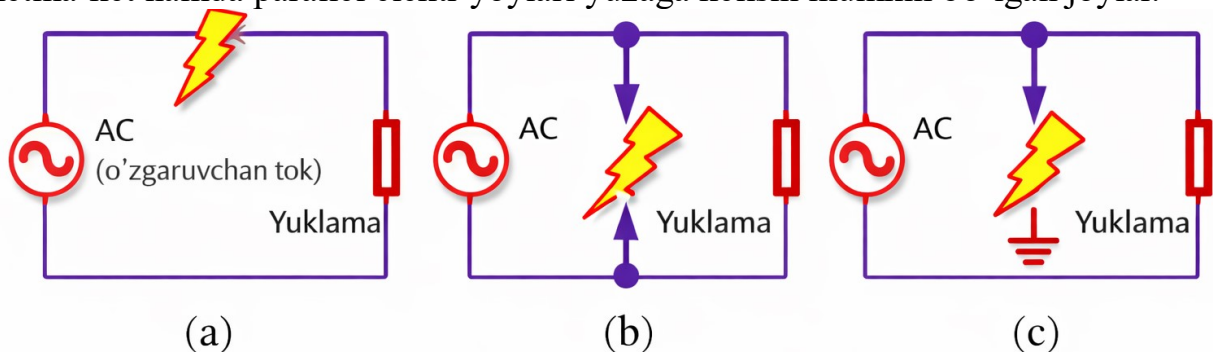


1-rasm: Elektr yoyi tufayli yuzaga kelgan yong‘in xavfi.

Elektr yoylari ikki turga bo‘linadi: ketma-ket elektr yoyi (series arc fault) va parallel elektr yoyi (parallel arc fault) (1.6-rasmga qarang). Ketma-ket elektr yoyidan farqli ravishda, parallel elektr yoyi liniya tokini keskin oshiradi va odatda ortiqcha tokdan himoya qiluvchi qurilmalar tomonidan oson aniqlanadi. Biroq ketma-ket elektr yoyi yuzaga kelganda yuklama toki kamayadi. Shu sababli u oddiy avtomatik o‘chirgich (circuit breaker) tomonidan aniqlanmaydi.[2]



2-rasm: Quyosh elektr stansiya (PV) tizimining quvvat oqimi diagrammasi va ketma-ket hamda parallel elektr yoylari yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan joylar.



3-rasm: Elektr yoyining turlari – (a) ketma-ket elektr yoyi; (b) parallel elektr yoyi (liniya–neytral); (c) parallel elektr yoyi (liniya–yer).

KETMA-KET ELEKTR YOYINI ANIQLASH

An'anaviy elektr yoyini aniqlash usullari, jumladan Fast Fourier Transform (FFT), Wavelet Transform (WT) va Discrete Wavelet Transform (DWT) usullari ham AC, ham DC zanjirlarda qo'llaniladi. Biroq bu usullar qo'lda belgilangan chegaraviy qiymatlarni sozlash zarurati bilan cheklangan bo'lib, yuklama sharoitlari

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

o‘zgarib turadigan holatlarda noto‘g‘ri aniqlash holatlariga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, tizimda mavjud shovqinlar ham bu muammoni yanada murakkablashtiradi. Shovqinlar signalning chastota spektrini buzadi, natijada ushbu usullar yordamida elektr yoyini aniqlashning aniqligi pasayadi. [4]

Sun‘iy intellekt (AI) va mashinaviy o‘rganish (ML) asosidagi algoritmlar yuqori tasniflash aniqligi tufayli elektr yoyini aniqlash sohasida tobora ko‘proq tadqiqotlar markaziga aylanib bormoqda. Elektr yoyini tasniflash uchun turli xil klassifikatsiya algoritmlari qo‘llaniladi. Ular qatoriga quyidagilar kiradi: Support Vector Machine (SVM), Particle Swarm Optimization bilan birgalikda ishlaydigan Self-Organizing Map neyron tarmog‘i, Recurrent Neural Network (RNN), Convolutional Neural Network (CNN). Ushbu usullar ko‘pincha ma‘lumotlarni oldindan qayta ishlash (data preprocessing) texnikalari bilan birgalikda qo‘llanadi. Sun‘iy intellektga asoslangan bu usullar qo‘lda sozlanadigan chegaraviy qiymatlarga ehtiyoj sezmasdan, avtomatik ravishda xususiyatlarni aniqlash imkonini beradi. Natijada tizimning ishonchliligi oshadi va noto‘g‘ri aniqlash ehtimoli kamayadi. [3]

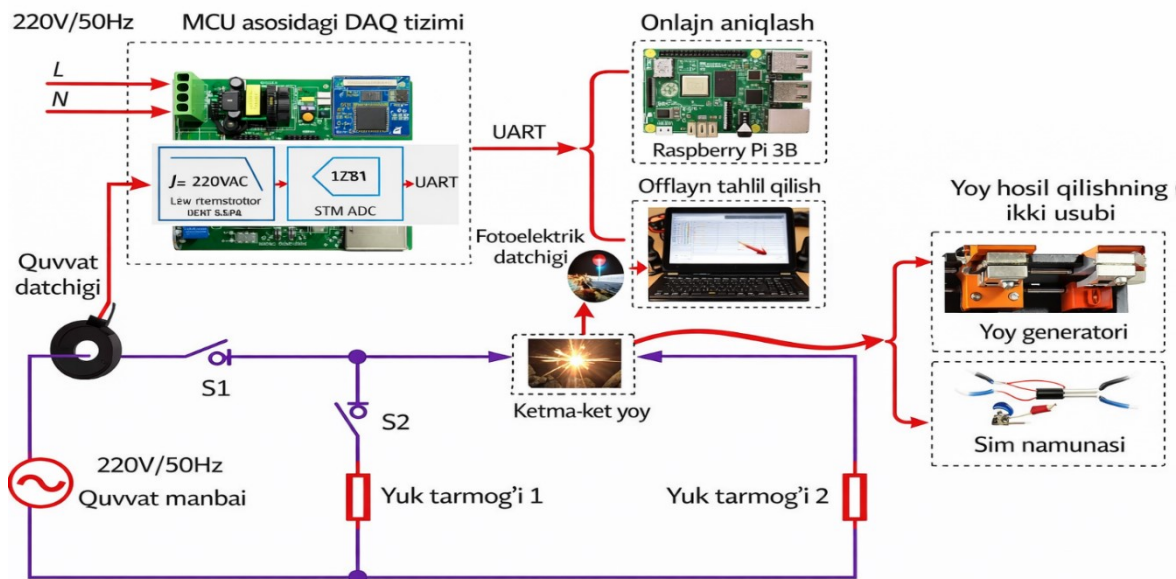
ELEKTR YOYIDAN HIMOYALANISH UCHUN ASOSIY TEXNOLOGIYALAR

Elektr yoyidan kelib chiqadigan yong‘in xavfini oldini olish hamda elektr tizimlarining xavfsizligi va ishonchliligini oshirish uchun aniq va tez aniqlash imkoniyatiga ega bo‘lgan samarali elektr yoyini aniqlash algoritmini ishlab chiqish zarur.

Sun‘iy intellektga asoslangan usullar elektr yoyini aniqlashda yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, ular an‘anaviy signalni qayta ishlashga asoslangan algoritmlarga nisbatan moslashuvchan va moslanuvchan hisoblanadi. Shu sababli, AC va DC tizimlar uchun elektr yoyini aniqlashga mo‘ljallangan samarali va yengil chuqur o‘rganish (Deep Learning – DL) modellarini yaratish muhim ahamiyatga ega. Samarali va yengil model: hisoblash murakkabligini kamaytiradi; resurslari cheklangan embedded (o‘rnatilgan) qurilmalarda ham ishlashi mumkin; real vaqt rejimida ishlash imkonini beradi. Bundan tashqari, algoritmlar ishlaydigan platforma arzon va iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lishi ham zarur. Elektr yoyi aniqlangandan so‘ng, nosoz qismni sog‘lom qismdan imkon qadar tez ajratish talab etiladi. Buning uchun elektr zanjirini tez uzish maqsadida tizimga qattiq holatli avtomatik o‘chirgich (Solid-State Circuit Breaker — SSCB) integratsiya qilinishi mumkin.

CNN (SUN‘IY NEYRON TARMOQ) ASOSIDAGI ALGORITM YORDAMIDA AC YOY NOSOZLIGINI ANIQLASH

AC tizimlarining elektr xavfsizligi va ishonchliligini oshirish maqsadida birinchi vazifa CNN asosidagi algoritmlar yordamida AC yoy nosozligini aniqlash algoritmini ishlab chiqish hisoblanadi. Konvolyutsion qatlamlar yoy nosozligi toki signalidan xususiyatlarni avtomatik ravishda ajratib olish imkonini beradi, shu sababli murakkab ma‘lumotlarni oldindan qayta ishlash jarayoniga ehtiyoj kamayadi. Bu algoritmlar 99 % dan yuqori aniqlik bilan yoy nosozligini aniqlash imkoniyatiga ega bo‘lishi uchun ishlab chiqilgan. [5]



4-rasm. Elektr yoy (Arc Fault) ma'lumotlarini yig'ish jarayoni va elektr zanjiri sxemasi

Haqiqiy elektr yoy nosozliklari odatda tasodifiy ravishda yuzaga keladi va ularni aniqlash yoki qayta hosil qilish qiyin bo'ladi. Shu sababli turli xil real yuklamalar bilan elektr yoy hosil qilish uchun maxsus tajriba platformasidan foydalanish zarur. IEC60606 standarti talablariga muvofiq, ketma-ket (series) yoy nosozligini o'rganish uchun tajriba platformasi ishlab chiqilgan bo'lib, u 4-rasmda ko'rsatilgan. Ushbu platformada elektr yoyni ikki xil usulda hosil qilish mumkin:

1. Arc generator yordamida,
2. Kabel namunasi (cable specimen) yordamida.

Yoy generator elektr kabelining bo'shashgan ulanishi natijasida yuzaga keladigan haqiqiy yoyni hosil qilishi mumkin. Kabel namunasi orqali hosil qilinadigan yoy esa elektr zanjiridagi izolyatsiya buzilishi natijasida paydo bo'ladigan yoyni modellashtiradi. Standartga ko'ra ushbu usullardan istalgan birini tanlash mumkin, biroq real sharoitlarni yanada aniqroq modellashtirish maqsadida ikkala usul ham qo'llanilgan. Ushbu tajriba qurilmasining kirish quvvati 220 V, 50 Hz elektr ta'minoti hisoblanadi. Yuklamalar orqali o'tuvchi tokni o'lchash uchun bitta tok transformatori ishlatiladi. Bundan tashqari, oddiy osiloskop o'rniga maxsus ishlab chiqilgan apparat platasiga asoslangan ma'lumotlarni yig'ish tizimi (DAQ) qo'llanilgan. Bu esa DAQ tizimini tijorat maqsadidagi elektr yoy nosozligini aniqlash qurilmalari bilan mos ishlashini ta'minlaydi. Taklif etilgan DAQ plata STM32H743 mikrokontrolleri asosida qurilgan bo'lib, faol past chastotali filtrning kesish chastotasi (cut-off frequency) 20 kHz va ma'lum kuchaytirish koeffitsientiga ega. Yig'ilgan ma'lumotlarning boshlang'ich diskretlash chastotasi 83.33 kHz, razryadligi esa 12 bit ni tashkil qiladi. O'lchangan ma'lumotlar qurilmaning o'zida yozib olinadi va SD kartada saqlanadi. Shuningdek, ushbu ma'lumotlar UART interfeysi orqali kompyuterga yoki onlayn aniqlash qurilmasiga (masalan, Raspberry Pi) uzatilishi mumkin. Bundan tashqari, ma'lumotlarga vaqt belgisi (timestamp)

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

qo‘shish uchun fotoelektrik sensor ham integratsiya qilingan bo‘lib, bu keyingi post-processing (keyingi ishlov berish) jarayonini osonlashtiradi.

Xulosa

Mazkur maqolada avariya rejimlarida AC elektr tizimlarida yuzaga keladigan ketma-ket elektr yoylarini aniqlash muammosi ko‘rib chiqildi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, an‘anaviy signalni qayta ishlash usullari yuqori shovqinli muhitda yetarli darajada samarali emas va ular ko‘pincha qo‘lda sozlanadigan chegaraviy qiymatlarga bog‘liq bo‘ladi. Taklif etilgan konvolyutsion neyron tarmoqqa asoslangan ArcNet algoritmi xom tok signallaridan to‘g‘ridan-to‘g‘ri xususiyatlarni ajratib olish orqali elektr yoyini aniqlash jarayonini soddalashtiradi va uning aniqligini oshiradi. Shuningdek, tadqiqot natijalari elektr yoyini erta bosqichda aniqlash orqali elektr ta‘minoti tizimlarining barqarorligini oshirish va avariya holatlarining oldini olish mumkinligini ko‘rsatdi. Bu esa elektr tizimlarini avtomatlashtirish va ularning ishonchliligini ta‘minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kelgusida tadqiqotlarni yanada rivojlantirish uchun turli yuklama va tashqi muhit sharoitlarida kengroq tajribalar o‘tkazish hamda modelni yanada optimallashtirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.[3]

Foydalanilgan adabiyotlar

1. UL 1699B. Standard for Photovoltaic DC Arc-Fault Circuit Protection. – USA: Underwriters Laboratories, 2018. [1]
2. Rabla M., Leeb S.B. Arc fault detection in electrical systems: A review // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2019. – Vol. 55, №4. – P. 3458–3467. [2]
3. Zang H., Wang X., Liu Y. Detection of arc faults using deep learning methods // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 123456–123465. [3]
4. Johnson J., Kuszmaul S. Analysis of arc fault signals in photovoltaic systems. – USA: Sandia National Laboratories, 2011. [4]
5. Dang T., Le M. Frequency-domain analysis of arc faults in DC systems // Electric Power Systems Research. – 2020. – Vol. 182. [5]
6. Mamatqulov T.Ch. AC elektr tizimlarida elektr yoyini aniqlash uchun CNN asosidagi algoritm // Dissertatsiya materiallari. – Buxoro, 2026.

SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA ELEKTR YOY NOSOZLIKLARINI ANIQLASH VA TAHLIL QILISH

Mamatqulov Toyir Chorshanbiyevich

Buxoro davlat texnika universiteti, tayanch doktoranti;

mamatqulovtoyir5@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada avariya rejimlarida AC elektr tizimlarida yuzaga keladigan ketma-ket elektr yoylarini aniqlash muammosi ko‘rib chiqiladi. Elektr yoylari elektr ta‘minoti tizimlarining barqarorligi va xavfsizligiga jiddiy

tahdid soluvchi asosiy omillardan biri bo‘lib, ularni tezkor va ishonchli aniqlash avariylarni oldini olishda muhim ahamiyatga ega. Mazkur tadqiqot muallifning elektr ta‘minoti tizimlarining avariya rejimlarida barqarorligini nazorat qilish va boshqarishni avtomatlashtirishga qaratilgan dissertatsiya ishining bir qismi hisoblanadi.

Maqolada an‘anaviy signalni qayta ishlash usullarining cheklovlari tahlil qilinib, konvolyutsion neyron tarmoqlarga (CNN) asoslangan ArcNet algoritmi taklif etilgan. Taklif etilgan yondashuv xom tok signallaridan to‘g‘ridan-to‘g‘ri xususiyatlarni ajratib olish imkonini berib, oldindan qayta ishlash bosqichlarini sezilarli darajada soddalashtiradi. Model turli yuklama sharoitlarida yig‘ilgan ma‘lumotlar asosida o‘qitilgan va sinovdan o‘tkazilgan.

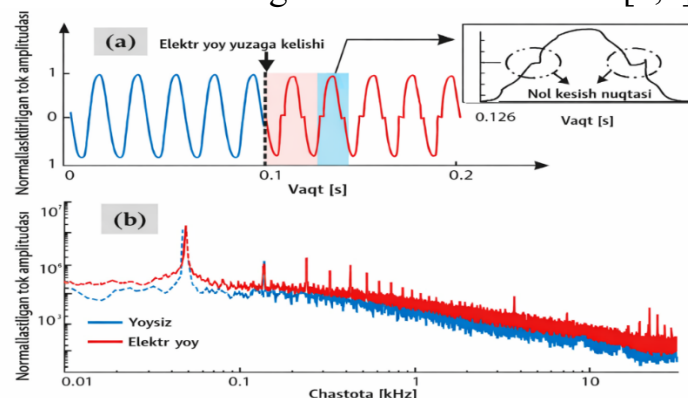
Kalit so‘zlar: Elektr yoyi, ketma-ket elektr yoy, avariya rejimi, elektr ta‘minoti tizimlari barqarorligi, avtomatlashtirish, AC elektr tizimlari, ArcNet algoritmi, CNN, chuqur o‘rganish, real vaqt aniqlash

YUKLAMA TURLARI VA KO‘RINADIGAN ELEKTR YOY XUSUSIYATLARI

Elektr yoy nosozliklaridan himoya qilish tizimlari asosan turar-joylarda qo‘llanilishi sababli, tajriba uchun turli xil maishiy elektr qurilmalari yuklama sifatida tanlangan. Yoy nosozligi mavjud bo‘lgan va normal ish rejimidagi turli xil tok signallarini yig‘ish uchun sakkiz xil turdagi yuklama ko‘rib chiqilgan. Ushbu yuklamalar quyidagilardan iborat: Rezistiv yuklama (resistive load), Kondensator yordamida ishga tushiriladigan dvigatel (masalan, havo kompressori turidagi motor), Changyutgich (vacuum cleaner), Lyuminestsent lampalar (fluorescent lamps), Elektron yorug‘lik dimmeri (tiristor asosidagi light dimmer), Elektron impulsli quvvat manbai (switch mode power supply), Elektr qo‘l asbobi (masalan, elektr drel), Galogen lampalar (halogen lamps). Ushbu yuklamalarning texnik ko‘rsatkichlari IEC62606 standarti talablariga mos ravishda tanlangan. Har bir yuklama turi turli brend (ishlab chiqaruvchi) modellarini ham o‘z ichiga oladi. Masalan, Midea va Philips markalariga tegishli changyutgichlar alohida sub-yuklama sifatida ko‘rib chiqilgan. Yoy nosozligi mavjud bo‘lgan hamda normal holatdagi tok ma‘lumotlari bitta yuklama ulangan holatda ham, shuningdek bir nechta turli yuklamalar parallel ulangan holatda ham yig‘ilgan [1].

Ko‘pgina ketma-ket elektr yoy (series arc) ma‘lumotlarini oddiy vizual kuzatish orqali aniqlash qiyin bo‘lsa-da, yoy jarayonini turli usullar orqali vizuallashtirish va tahlil qilish mumkin. Masalan, 3.2-rasmda rezistiv yuklama uchun tok signallarining vaqt sohasidagi (time-domain) to‘lqin shakli hamda unga mos chastota spektri ko‘rsatilgan. Vaqt sohasi nuqtai nazaridan qaraganda, yoy tokida nol kesish nuqtalarida (zero crossings) ma‘lum vaqt davomida tok deyarli nol qiymatga tushishi kuzatiladi, bu 3.2-rasm (a) da ko‘rsatilgan. Buning sababi shundaki, razryad oralig‘idagi kuchlanish kamayganda elektr yoy so‘nadi (extinguish). Keyinchalik kuchlanish yana ortganda yoy qayta yonadi (reignite) va shu paytda tok qiymati keskin o‘zgaradi. Chastota sohasi nuqtai nazaridan esa, yoy mavjud bo‘lgan tok signalining yuqori chastotali komponentlari yoysiz (normal) tok signaliga nisbatan

ancha yuqori bo‘ladi, bu 3.2-rasm (b) da ko‘rsatilgan. Normal ishlayotgan yuklamalarda paydo bo‘ladigan garmonik toklarning ta‘sirini kamaytirish maqsadida yoy nosozligini aniqlash uchun 3 kHz – 12 kHz oralig‘i chastota diapazoni sifatida tanlangan. Bu yondashuv nisbatan past diskretlash chastotasidan foydalanish imkonini beradi, natijada tizimda talab qilinadigan RAM xotira hajmini kamaytirish mumkin. Bundan tashqari, yuklama chiziqli (linear) yoki nochiziqli (non-linear) bo‘lishidan qat‘i nazar, yoysiz tok signallarining to‘lqin shakli qisqa kuzatuv oynasida (masalan, 2–3 ta elektr tarmog‘i sikli) nisbatan barqaror bo‘ladi. Biroq yoy mavjud bo‘lgan tok signalida bunday barqarorlik kuzatilmaydi. 5-rasm (b) da ko‘rsatilganidek, hatto ketma-ket joylashgan davrlar orasida ham tok to‘lqin shakllari sezilarli darajada farq qiladi va barqaror davrlarni kuzatish qiyin. Buning sababi shundaki, elektr yoy razryadi o‘zi juda murakkab fizik va kimyoviy jarayon bo‘lib, unga yuklama turi, elektrod materiali va boshqa ko‘plab omillar ta‘sir ko‘rsatadi[2]. Shu sababli algoritm hisoblash jarayonida tok signalining 2 yoki 3 ta davri bitta hisoblash birligi sifatida qabul qilinishi mumkin. Avval aytib o‘tilgan ko‘rinadigan xususiyatlarni vaqt–chastota sohasidagi an‘anaviy usullar yordamida aniqlash qiyin bo‘lishi mumkin. Biroq sun‘iy intellekt (AI) asosidagi usullar ushbu xususiyatlarni samarali ravishda o‘rganish imkonini beradi.[3,4]



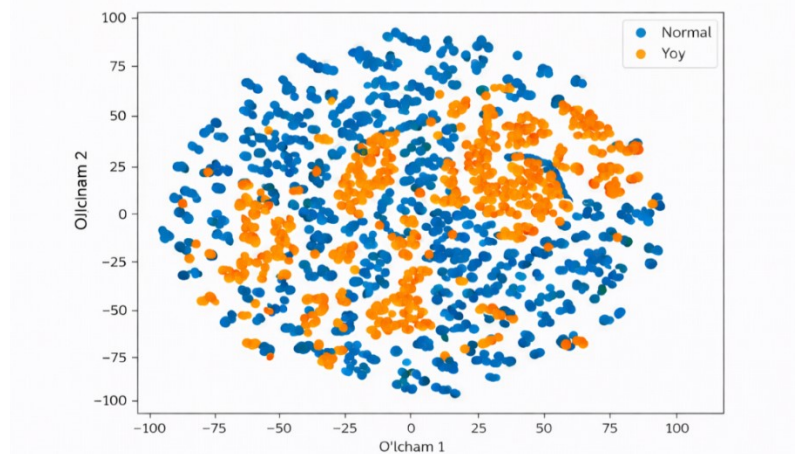
5-rasm. Rezistiv yuklama uchun tok signali va chastota spektri.

MA'LUMOTLAR BAZASINING TAVSIFI

Ushbu tadqiqot uchun sakkizdan ortiq turdagi yuklamalar ularning o‘ziga xos xususiyatlariga qarab to‘rtta asosiy sinfga ajratilgan. Rezistiv turdagi yuklamalar deyarli sinusoidal shakldagi tok signallariga ega bo‘lganligi sababli ular rezistiv yuklamalar guruhi (RE) ga kiritilgan. Kondensator yordamida ishga tushiriladigan dvigatel, elektr qo‘l drel (drill) hamda changyutgich yuklamalari motor turidagi yuklamalar (MO) sifatida tasniflangan. Buning sababi shundaki, ushbu qurilmalarda ishga tushish jarayonida katta boshlang‘ich tok (inrush current) kuzatiladi. Galogen lampalar va lyuminescent lampalar ishlash jarayonida gaz razryadi sodir bo‘lganda ularning tok signallari elektr yoy signaliga o‘xshash ko‘rinishga ega bo‘ladi. Shu sababli bu yuklamalar gaz razryadli lampalar (GDL – Gas Discharge Lamps) sinfiga kiritilgan. Tiristor asosidagi elektron yorug‘lik dimmeri hamda kompyuterlar kabi impulsli quvvat manbai (switch mode power supply) ishlatadigan qurilmalar esa keng chastota diapazonidagi garmonik tok komponentlariga ega bo‘ladi. Shu sababli

bu turdagi yuklamalar quvvat elektronikasi asosidagi yuklamalar (PE – Power Electronics) guruhiga kiritilgan.

Asosiy ma’lumotlar bazasi dastlab yig‘ilgan ma’lumotlarni 10 kHz gacha diskretlash (down-sampling) orqali shakllantirilgan. Tok signalining bitta to‘liq davrini o‘z ichiga olgan har bir namuna bir o‘lchamli vektor (1D vector) ko‘rinishiga keltirilgan. Ma’lumotlar to‘plami 9623 ta yoy (arc) holatidagi namuna va 20528 ta normal yuklama tok namunasidan iborat bo‘lib, umumiy hisobda 30151 ta namunani tashkil qiladi. Ma’lumotlar soni nisbatan katta bo‘lishiga qaramay, ular kompyuter dasturi hamda fotoelektrik sensor tomonidan berilgan vaqt belgisi (timestamp) yordamida avtomatik ravishda belgilangan (labeling). Barcha ma’lumotlar shunday tarzda belgilanganki, taklif etilgan algoritm nafaqat yoy holatini va normal tokni aniqlashi, balki yuklama turini ham aniqlay olishi mumkin. Ya’ni yuklama turlari quyidagi sinflarga ajratilgan: RE – rezistiv yuklamalar, MO – motor turidagi yuklamalar, GDL – gaz razryadli lampalar, PE – quvvat elektronikasi asosidagi yuklamalar. Ma’lumotlar to‘plami tasodifiy ravishda quyidagi ulushlarda ajratilgan: 75 % – o‘qitish (training), 10 % – tekshirish (validation), 15 % – sinov (testing). Asosiy ma’lumotlar bazasidagi signal qiymatlari 200 ta namuna nuqtasi doirasida 0 dan 1 gacha normalizatsiya qilingan. Bundan tashqari, yoy nosozligini aniqlash aniqligining turli diskretlash chastotalarida qanday o‘zgarishini tekshirish maqsadida, ayni bir xil ma’lumotlar asosida yana bir nechta qo‘shimcha ma’lumotlar bazalari ham yaratilgan. Ular quyidagi diskretlash chastotalariga ega: 40 kHz, 5 kHz, 2.5 kHz, 2 kHz, 1 kHz. Har bir ma’lumotlar bazasida o‘qitish, tekshirish va sinov ma’lumotlarining ulushi asosiy ma’lumotlar bazasidagi kabi saqlab qolingani [5,6].



6-rasm. Chastota sohasida barcha yuklama kategoriyalariga tegishli elektr yoy nosozligi ma’lumotlarining t-SNE proyeksiyasi.

Ushbu tadqiqot uchun ma’lumotlar IEC62606 standarti talablariga muvofiq ishlab chiqilgan haqiqiy tajriba stendi yordamida yig‘ilgan. Ushbu stend mikrokontrollerga (MCU) asoslangan elektr yoy ma’lumotlarini yig‘ish qurilmasi (Arc Data Acquisition – DAQ) ni o‘z ichiga oladi [7].

Xulosa

Mazkur maqolada avariya rejimlarida AC elektr tizimlarida yuzaga keladigan ketma-ket elektr yoylarini aniqlash muammosi ko‘rib chiqildi. Tahlillar shuni

ko‘rsatdiki, an‘anaviy signalni qayta ishlash usullari yuqori shovqinli muhitda yetarli darajada samarali emas va ular ko‘pincha qo‘lda sozlanadigan chegaraviy qiymatlarga bog‘liq bo‘ladi. Taklif etilgan konvolyutsion neyron tarmoqqa asoslangan ArcNet algoritmi xom tok signallaridan to‘g‘ridan-to‘g‘ri xususiyatlarni ajratib olish orqali elektr yoyini aniqlash jarayonini soddalashtiradi va uning aniqligini oshiradi. Eksperimental natijalar modelning 99 % dan yuqori aniqlik bilan ishlashini hamda real vaqt rejimida qo‘llash imkoniyatini tasdiqladi. Shuningdek, tadqiqot natijalari elektr yoyini erta bosqichda aniqlash orqali elektr ta‘minoti tizimlarining barqarorligini oshirish va avariya holatlarining oldini olish mumkinligini ko‘rsatdi. Bu esa elektr tizimlarini avtomatlashtirish va ularning ishonchliligini ta‘minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kelgusida tadqiqotlarni yanada rivojlantirish uchun turli yuklama va tashqi muhit sharoitlarida kengroq tajribalar o‘tkazish hamda modelni yanada optimallashtirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Dang T., Le M. Frequency-domain analysis of arc faults in DC systems // Electric Power Systems Research. – 2020. – Vol. 182. [1]
2. Telford L., Stone D. Spectral characteristics of arc faults // IEEE Transactions on Power Electronics. – 2015. – Vol. 30, №3. – P. 1234–1242. [2]
3. Lu Y., Wang Z. Wavelet-based arc fault detection in PV systems // Renewable Energy. – 2020. – Vol. 145. – P. 123–132. [3]
4. Chen K., Li H. Time-domain analysis of arc fault signals // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2019. – Vol. 34, №2. – P. 567–575. [4]
5. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. [5]
6. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. – 2015. – Vol. 521. – P. 436–444. [6]
7. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition // CVPR. – 2016. [7]
8. Mamatqulov T.Ch. AC elektr tizimlarida elektr yoyini aniqlash uchun CNN asosidagi algoritmi // Dissertatsiya materiallari. – Buxoro, 2026.

**ELEKTR ENERGETIKA TIZIMLARIDA AKKUMULYATORLI
ENERGIYANI SAQLASH TIZIMLARINI INTEGRATSIYALASH VA
ULARNING ISH REJIMLARINI OPTIMAL BOSHQARISH**

Maxmudov Toxir Farxadovich

Toshkent davlat texnika universiteti o‘qituvchisi

t.maxmudov@tdtu.uz

Ramatov Adxam Nasiriddin o‘g‘li

Toshkent davlat texnika universiteti o‘qituvchisi

adxamramatov@gmail.com

Annotatsiya. Zamonaviy elektr energetika tizimlarining rivojlanishi qayta tiklanuvchi energiya manbalari ulushining ortishi, yuklama grafigining notekisligi hamda elektr ta’minoti ishonchliligi va energiya sifati bo‘yicha talablarning ortib borishi bilan tavsiflanadi. Shu bois akkumulyator energiya saqlash tizimlarini (AEST) elektr tarmoqlariga integratsiyalash muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Ushbu ishda elektr energetika tizimining kuchlanish darajasi past bo‘lgan tugunlarida AEST qo‘llash samaradorligi tadqiq etilgan. Bunda tizimning matematik modeli ishlab chiqilib, AEST orqali aktiv va reaktiv quvvatni boshqarishning kuchlanish og‘ishi, tok tebranishlari va elektr energiya sifati ko‘rsatkichlariga ta’siri baholangan. Olingan natijalar AEST qo‘llanilishi kuchlanish darajasi past tugunlarda kuchlanish barqarorligini oshirish, quvvat tebranishlarini kamaytirish hamda tizimning turg‘un ishlashini ta’minlashini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: akkumulyatorli energiyani saqlash tizimi, elektr energetika tizimi, kuchlanish darajasi past bo‘lgan tugun, optimal boshqaruv, aktiv va reaktiv quvvat, kuchlanishni rostlash, turg‘unlik.

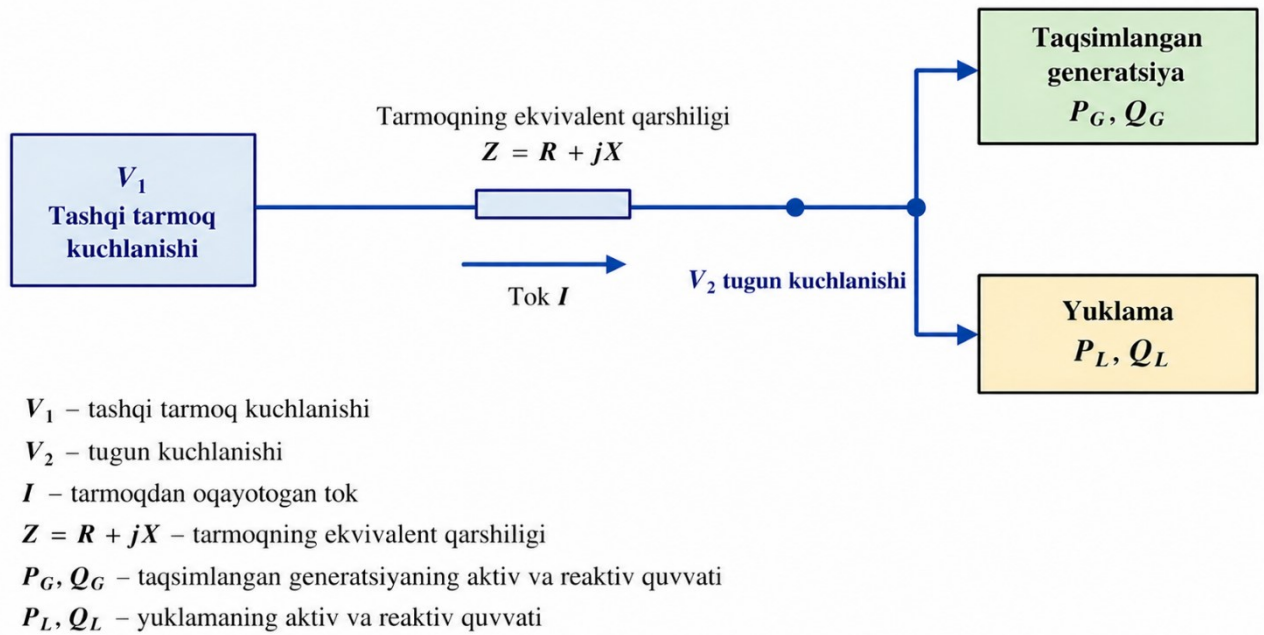
Kirish

So‘nggi yillarda elektr energetika tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalari ulushining ortishi yuklama grafigining notekisligini kuchaytirdi va tizim barqarorligiga yangi talablar qo‘ydi. Ayniqsa, kuchlanish darajasi past bo‘lgan tugunlarda kuchlanishning og‘ishi, tok tebranishlari va energiya sifati muammolari keskinlashmoqda.

Akkumulyatorli energiyani saqlash tizimlari bu muammolarni hal qilishda samarali vosita hisoblanadi. Ular quvvat muvozanatini ta’minlash, pik yuklamalarni kamaytirish va kuchlanish hamda chastotani rostlash imkonini beradi.

Tadqiqot maqsadi

Ushbu ishning maqsadi elektr energetika tizimining kuchlanish darajasi past bo‘lgan tugunlarida AEST integratsiyasining samaradorligini baholash va aktiv hamda reaktiv quvvatni optimal boshqarish asosida tizimning turg‘unligini oshirishdan iborat. [1].



1-rasm. Elektr energetika tizimining umumlashtirilgan sxemasi.

Elektr energetika tizimining kuchlanish darajasi past bo‘lgan tugunining xususiyatlari

Tarmoqning to‘liq qarshiligi asosiy garmonikada quyidagicha ifodalanadi:

$$Z = R + jX \quad (1)$$

bu yerda R - qarshilikning aktiv tashkil etuvchisi, X - reaktiv tashkil etuvchisidir. Yuqori garmonikalar mavjud bo‘lganda ekvivalent qarshilik quyidagicha yozilishi mumkin: [2].

$$Z(h) = R + jhX_L \quad (2)$$

bu yerda h - garmonika tartibi, X_L - asosiy chastotadagi induktiv reaktiv tashkil etuvchidir. Bu induktiv qarshilik garmonik tashkil etuvchining chastotasiga proporsional ravishda ortishini ko‘rsatadi. Ulanish tugunidagi yuklama va elektr energiya manbalari kompleks to‘liq quvvat ko‘rinishda quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$S = P + jQ \quad (3)$$

bu yerda P - aktiv quvvat, Q - reaktiv quvvatdir. Reaktiv quvvat kuchlanish va tok orasidagi faza siljishi bilan aniqlanadi:

$$\varphi = \arctan g \left(\frac{Q}{P} \right) \quad (4)$$

Reaktiv quvvat ulanish tugunidagi kuchlanish darajasiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi, bunda ushbu ta‘sir darajasi mahalliy yuklama parametrlari va ta‘minlovchi tarmoqning ekvivalent qarshiligiga bog‘liq bo‘ladi. Shu munosabat bilan akkumulyator energiya saqlash tizimlarini integratsiyalash elektr energetika tizimining kuchlanish darajasi past bo‘lgan tugunlarning elektr rejimini yaxshilash, ish holatlarining turg‘unligini oshirish hamda elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlarini ta‘minlashning samarali vositasi sifatida qaraladi [3].

AEST integratsiya konfiguratsiyasi

Akkumulyatorli energiyani saqlash tizimining integratsiya konfiguratsiyasi bir nechta asosiy funksional elementlardan tashkil topgan bo‘lib, ular o‘zaro uzviy bog‘langan holda ishlaydi. Tizim tarkibiga akkumulyatorli batareyasi, kuchlanish manbali inverter, boshqaruv bloki, mahalliy yuklama hamda elektr energetika tizimi bilan umumiy ulanish nuqtasi orqali bog‘lovchi quvvat almashinish qurilmalari kiradi. Akkumulyatorli batareyasi energiyani saqlash va zaruratga ko‘ra tarmoqqa uzatish funksiyasini bajaradi, inverter esa o‘zgaras tokni o‘zgaruvchan tokka o‘zgartirib, tarmoq bilan sinxron ishlashni ta‘minlaydi [5, 6]. Boshqaruv bloki tizimning ish holatlarini nazorat qiladi va zaryad hamda razryad jarayonlarini muvofiqlashtiradi. Ushbu tuzilma energiyani saqlash tizimining elektr tarmog‘i bilan faol o‘zaro ta‘sirini ta‘minlab, aktiv va reaktiv quvvatni tezkor va samarali boshqarish imkonini beradi.

Matematik model

Oraliq o‘zgaras tok zvenosi akkumulyatorli batareyasi bilan inverter orasida energetik bufer vazifasini bajaradi. O‘zgaras tok shinasidagi kuchlanish dinamikasi toklar balansi tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$C \frac{dV_{dc}}{dt} = I_{dc}^{src} - I_{dc}^{inv} - I_b \quad (5)$$

bu yerda C - o‘zgaras tok zvenosi kondensatorining sig‘imi, V_{dc} - o‘zgaras tok zvenosidagi kuchlanish, I_{dc}^{src} - manba yoki to‘g‘rilagichdan kelayotgan tok, I_{dc}^{inv} - inverter tomonidan iste‘mol qilinayotgan tok, I_b - akkumulyator batareyasi toki.

Ushbu tenglama o‘zgaras tok shinasidagi kuchlanish kiruvchi va chiquvchi toklar farqiga, shuningdek akkumulyator batareyasining zaryadlanish yoki razryadlanish holatiga bog‘liq ravishda o‘zgarishini ko‘rsatadi. V_{dc} ning barqaror qiymatini saqlab turish invertorning to‘g‘ri ishlashi va butun boshqaruv tizimining turg‘unligini ta‘minlash uchun zarur shart hisoblanadi [9]. Akkumulyatorli energiyani saqlash tizimi mavjud bo‘lmaganda yuklamaning o‘zgarishi va taqsimlangan generatsiya quvvatining tebranishlari umumiy ulanish nuqtasida kuchlanishning sezilarli og‘ishiga, tok tebranishlari amplitudasining ortishiga hamda elektr energiyasi sifati yomonlashishiga olib keladi. Tarmoqning kuchlanish darajasi past bo‘lgan tugunlarida bu holat ayniqsa yaqqol namoyon bo‘ladi, chunki qisqa tutashuv quvvatining kichikligi iste‘mol qilinayotgan va generatsiya qilinayotgan quvvatning o‘zgarishiga nisbatan kuchlanishning yuqori sezgirligini yuzaga keltiradi.

Bundan tashqari, ushbu holatda tokning reaktiv tashkil etuvchisi ortishi, quvvat koeffitsiyentining pasayishi hamda garmonik buzilishlarning kuchayishi kuzatiladi, bu esa tarmoq ishining turg‘unligiga va iste‘molchilarni elektr energiyasi bilan ta‘minlash ishonchliligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi [7, 8].

Hisoblash shartlari

Yuklamaning quvvat koeffitsiyenti 0.95 ga teng deb qabul qilingan. Tarmoqning ekvivalent parametrlari quyidagi qiymatlarda berilgan: aktiv qarshilik $R = 2 \text{ Om}$, reaktiv qarshilik $X = 8 \text{ Om}$.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U \cos \varphi} \quad (6)$$

Berilgan parametrlarda tok miqdori quyidagiga teng bo‘ladi: $I \approx 262A$ to‘la qarshiligimiz $Z=8.25\Omega$ quvvat koeffitsientidan burchak $\sin \varphi=0.312$ yuklamaning aktiv va reaktiv quvvatlari, $P=95MVt$, $Q=31.2MVar$

Natijalar va muhokama

O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, akkumulyator energiya saqlash tizimi mavjud bo‘lmaganda yuklamaning o‘zgarishi va taqsimlangan generatsiya quvvatidagi tebranishlar umumiy ulanish nuqtasida kuchlanishning sezilarli og‘ishiga olib keladi. Bunday sharoitda tok tebranishlari amplitudasi ortadi, quvvat koeffitsiyenti pasayadi hamda elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlari yomonlashadi.

1-jadval

AEST siz va AEST bilan tizim holatining solishtirma tahlili

Ko‘rsatkich	AESTsiz holat	AEST bilan holat
Kuchlanish og‘ishi, %	8–12 % gacha	2–4 % gacha
Quvvat koeffitsiyenti ($\cos \varphi$)	0.90–0.95	0.97–0.99
Reaktiv quvvat, MVar	30–35 MVar (kompensatsiyasiz)	5–10 MVar (kompensatsiyalangan)
Tok tebranish amplitudasi, %	10–15 %	3–5 %
Yuklama grafigi	Keskin o‘zgaruvchan	Silliqlangan
Tizim turg‘unligi	Past	Yuqori

Jadvalda keltirilgan qiymatlar berilgan hisoblash shartlari hamda elektr energetika tizimlari uchun xos tipik diapazonlarga asoslangan. AESTsiz holatda kuchlanish og‘ishi 8–12 % gacha yetishi mumkin bo‘lsa, AEST qo‘llanilganda bu qiymat 2–4 % gacha kamayadi. Quvvat koeffitsiyenti 0.90–0.95 dan 0.97–0.99 gacha oshadi. Reaktiv quvvat miqdori 30–35 MVar dan 5–10 MVar gacha kamayadi, bu esa tarmoqdan olinadigan ortiqcha reaktiv quvvatning qisqarishini bildiradi. Tok tebranishlari amplitudasi 10–15 % dan 3–5 % gacha pasayadi.

Ayniqsa, qisqa tutashuv quvvati kichik bo‘lgan kuchlanish darajasi past bo‘lgan tugunlarda ushbu holatlar yanada yaqqol namoyon bo‘ladi. Akkumulyatorli energiyani saqlash tizimi qo‘llanilganda esa tizim holatida sezilarli ijobiy o‘zgarishlar kuzatiladi. Shu bilan birga, aktiv va reaktiv quvvatni tezkor boshqarish hisobiga elektr tarmog‘ining turg‘unligi oshadi hamda iste’molchilarni sifatli va ishonchli elektr energiyasi bilan ta’minlash imkoniyati kengayadi. Olingan natijalar AESTning elektr energetika tizimining kuchlanish darajasi past bo‘lgan tugunlarida samarali texnik vosita sifatida qo‘llanishini tasdiqlaydi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, akkumulyatorli energiyani saqlash tizimlarini elektr energetika tizimlariga integratsiyalash, ayniqsa kuchlanish darajasi past bo‘lgan tugunlarda, tizimning ish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

AEST qo‘llanilishi kuchlanish va quvvat tebranishlarini kamaytirish, umumiy ulanish nuqtasidagi rejim parametrlarini barqarorlashtirish hamda elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlarini yaxshilash imkonini beradi. Shuningdek, bunday tizimlardan foydalanish elektr tarmog‘ining moslashuvchanligini oshiradi, yuklama notekisligini yumshatadi va quvvat balansini samarali boshqarishga xizmat qiladi. Shu sababli akkumulyatorli energiyani saqlash tizimlarini integratsiyalash va ularning ish holatlarini optimal boshqarish zamonaviy elektr energetika tizimlarini rivojlantirishning muhim va istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

- [1] He W., King M., Luo X., et al. Technologies and economics of electric energy storages in power systems: Review and perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021;135:110369.
- [2] Zhao C., Diaz M., Vasquez J.C., Guerrero J.M. Grid-connected battery energy storage system: A review on application and integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023;182:113420.
- [3] De Carne G., Maroufi S.M., Beiranvand H., et al. The role of energy storage systems for a secure energy supply: A comprehensive review of system needs and technology solutions. *Journal of Power Sources*. 2024;610:235060.
- [4] Elalfy D.A., Ismail I.M., Shaker M. Comprehensive review of energy storage systems integrated with renewable energy sources: Classification, comparison and applications. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2024;63:103596.
- [5] Chatzigeorgiou N.G., Andreou G.T., Manias S.N. A review on battery energy storage systems: Applications, developments and research trends. *Journal of Energy Storage*. 2024;100:113470.
- [6] Sakib S., Islam M.R., Hossain M.J., et al. Role of battery energy storage systems: A comprehensive review of control strategies, energy management systems, and grid support technologies in weak grids. *Journal of Energy Storage*. 2025;124:117956.
- [7] Jaradat T., Al-Hinai A., Al-Saadi M., et al. A review of battery energy storage system for renewable energy integration in electrical power systems. *Cleaner Energy Systems*. 2025;11:100141.
- [8] Yin K., Wang Y., Blaabjerg F., et al. Review of photovoltaic–battery energy storage systems with grid-forming control strategies. *Batteries*. 2024;10(8):288.
- [9] Kashem M.A., Le A.D.T., Negnevitsky M., Ledwich G. Energy requirement for distributed energy resources with battery energy storage for voltage support in three-phase distribution systems. *Electric Power Systems Research*. 2007;77(10):1301–1310.

**TAQSIMLOVCHI TARMOQLARDA AKKUMULYATOR TIZIMLARINI
BOSHQARISH ALGORITMLARI**

Maxmudov Toxir Farxadovich

Toshkent davlat texnika universiteti o‘qituvchisi
tox-05@yandex.com

Ramatov Adxam Nasiriddin o‘g‘li

Toshkent davlat texnika universiteti o‘qituvchisi
adxamramatov@gmail.com

Yo‘ldoshev Sardor Yo‘lchiboy o‘g‘li

Toshkent davlat texnika universiteti talabasi
birdayoqda@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada taqsimlovchi elektr tarmoqlarida akkumulyatorli energiya saqlash tizimlarini (BESS) boshqarish algoritmlari tahlil qilingan. Droop boshqaruv, qoidaga asoslangan va optimallashtirishga asoslangan boshqaruv usullari qiyosiy o‘rganilgan. 24 soatlik modellash natijalari optimal boshqaruv algoritmining pik yuklamani 16.7% ga, aktiv quvvat yo‘qotishlarini esa 26.3% ga kamaytirish imkonini berishini ko‘rsatdi.

Kalit sozlar: BESS, taqsimlovchi tarmoq, droop boshqaruv, optimallashtirish, SOC, qayta tiklanuvchi energiya, pik yuklama.

Kirish

So‘nggi yillarda elektr energiyasiga bo‘lgan talabning ortishi hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalarining (quyosh va shamol) keng joriy etilishi taqsimlovchi elektr tarmoqlarining ish rejimiga sezilarli ta'sir ko‘rsatmoqda. Bunday manbalarning o‘zgaruvchanligi va noaniqligi sababli tarmoqlarda kuchlanishning og‘ishi, chastota tebranishlari hamda aktiv quvvat yo‘qotishlarining ortishi kabi muammolar yuzaga kelmoqda.

O‘zbekiston Respublikasida 2030 yilga qadar qayta tiklanuvchi energiya ulushini umumiy energiya balansining 40% ga yetkazish rejalashtirilgan. Bu esa taqsimlovchi tarmoqlarda barqarorlik ta'minlashning yangi chaqiriqlarini keltirib chiqarmoqda.

Akkumulyatorli elektr energiya saqlash tizimlari (BESS — Battery Energy Storage Systems) ushbu muammolarni hal etishda samarali texnologiya sifatida keng qo‘llanilmoqda. Ular ortiqcha ishlab chiqarilgan energiyani saqlash, yuklama yuqori bo‘lgan davrlarda energiyani qayta uzatish, kuchlanish va chastotani barqarorlashtirish hamda tarmoqdagi o‘tkinchi holatlarni yumshatish imkonini beradi [1–4].

Ushbu maqolaning maqsadi taqsimlovchi tarmoqlarda BESS tizimlarini boshqarish algoritmlarini qiyosiy tahlil qilish va optimallashtirishga asoslangan yangi boshqaruv algoritmini taklif etishdan iborat.

BESS TIZIMINING MATEMATIK MODEL

Tadqiqotda taqsimlovchi elektr tarmog‘ining sutkalik ish holati modellashirildi. Hisoblash 24 soatlik vaqt oralig‘ida, 1 soatlik diskret qadam bilan amalga oshirildi.

Quvvat balans tenglamasi

Har bir vaqt qadamida quvvat balans quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$P_{grid}(t) + P_{PV}(t) + P_{dis}(t) = P_{load}(t) + P_{ch}(t) + P_{loss}(t) \quad (1)$$

Bu yerda: $P_{grid}(t)$ — tarmoqdan olinadigan quvvat [kW]; $P_{PV}(t)$ — quyosh fotovoltai generatsiya quvvati [kW]; $P_{dis}(t)$ — BESS razryad quvvati [kW]; $P_{load}(t)$ — iste'molchi yuklamasi [kW]; $P_{ch}(t)$ — BESS zaryad quvvati [kW]; $P_{loss}(t)$ — tarmoqdagi aktiv quvvat yo‘qotishlari [kW].

SOC modeli

Zaryad holati (SOC — State of Charge) BESS ning asosiy holat o‘zgaruvchisi bo‘lib, quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$SOC(t+1) = SOC(t) + \frac{\eta_c \cdot P_{ch}(t) - P_{dis}(t)/\eta_d}{E_{bess, max}} \cdot \Delta t \quad (2)$$

bu yerda: η_c — zaryad samaradorligi; η_d — razryad samaradorligi; Δt — vaqt qadami [soat]; $E_{bess, max}$ — BESS ning maksimal energiya sig‘imi [kWh].

SOC quyidagi chegara shartlarga bo‘ysunadi:

$$SOC_{min} \leq SOC(t) \leq SOC_{max}, \quad \forall t \in \{1, \dots, 24\} \quad (3)$$

BESS quvvat cheklavlari

$$0 \leq P_{ch}(t) \leq P_{bess, max} \cdot u_{ch}(t) \quad (4)$$

$$0 \leq P_{dis}(t) \leq P_{bess, max} \cdot u_{dis}(t) \quad (5)$$

$$u_{ch}(t) + u_{dis}(t) \leq 1, \quad u_{ch}(t), u_{dis}(t) \in \{0, 1\} \quad (6)$$

bu yerda $u_{ch}(t)$ va $u_{dis}(t)$ — mos ravishda zaryad va razryad rejimini ko‘rsatuvchi ikkilik o‘zgaruvchilar. (6)-tengsizlik BESS ning bir vaqtning o‘zida ham zaryad, ham razryad holatida bo‘lmasligini kafolatlaydi.

2.4. Aktiv quvvat yoqotishlari

Tarmoqdagi aktiv quvvat yo‘qotishlari quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$P_{loss}(t) = \sum_{k=1}^N \frac{P_{grid, k}^2(t) + Q_{grid, k}^2(t)}{U_k^2(t)} \cdot R_k \quad (7)$$

Bu yerda: R_k — k-chi tarmoq bo‘g‘ini rezistansi [Ohm]; $U_k(t)$ — k-chi tugun kuchlanishi [kV]; N — tarmoq bo‘g‘inlari soni.

Tizim parametrlari

1-jadval

BESS va tarmoq parametrlari

Parametr	Qiymat	O‘lchov birligi
BESS nominal quvvati $P_{bess,max}$	500	kW
Maksimal energiya sigimi $E_{bess,max}$	1000	kWh
Zaryad samaradorligi η_c	0.95	—
Razryad samaradorligi η_d	0.95	—
Minimal SOC (SOCmin)	20	%
Maksimal SOC (SOCmax)	90	%
Boshlang‘ich SOC (SOC0)	50	%
Tarmoq nominal kuchlanishi	10	kV
Modellash vaqt oralighi	24	soat
Diskret qadam	1	soat

BESS BOSHQARUV ALGORITMLARI TAHLILI

Ushbu bo‘limda BESS ni boshqarishning uchta asosiy usuli ko‘rib chiqildi: droop boshqaruv, qoidaga asoslangan boshqaruv va optimallashtirishga asoslangan boshqaruv.

Droop boshqaruv usuli

Droop boshqaruv usuli chastota va kuchlanishdagi ogishlarga bog‘liq holda BESS quvvatini avtomatik rostlashga asoslanadi. BESS quvvati quyidagi qonun asosida belgilanadi:

$$P_{bess}(t) = -k_f \cdot \Delta f(t) - k_v \cdot \Delta U(t) \quad (8)$$

bu yerda: k_f — chastota droop koeffitsienti; k_v — kuchlanish droop koeffitsienti; $\Delta f(t)$ — chastota og‘ishi [Hz]; $\Delta U(t)$ — kuchlanish og‘ishi [p.u.]. Usulning afzalligi: tezkor ishlashi va markaziy kontroller talab etmasligi. Kamchiligi: optimal ishlash rejimini har doim ta'minlay olmasligi [6,8,9].

Qoidaga asoslangan boshqaruv

Qoidaga asoslangan boshqaruv (Rule-Based Control) oldindan belgilangan «agar–unda» qoidalari asosida amalga oshiriladi:

1. Agar $P_{load}(t) > P_{grid,max} \rightarrow$ BESS razryad: $P_{dis} = \min(P_{load} - P_{grid,max}; P_{bess,max})$
2. Agar $PPV(t) > P_{load}(t) \rightarrow$ BESS zaryad: $P_{ch} = \min(PPV - P_{load}; P_{bess,max})$
3. $SOC \leq SOC_{min} \rightarrow$ razryad toxtatiladi; $SOC \geq SOC_{max} \rightarrow$ zaryad toxtatiladi

Bu yondashuv amalga oshirish nuqtai nazaridan sodda va qulay. Biroq global optimal yechimni ta'minlay olmasligi asosiy kamchilikdir [5,7].

TAKLIF ETILAYOTGAN OPTIMALLASHTIRISH ALGORITMI

Mazkur ishda BESS tizimini boshqarish uchun optimallashtirishga asoslangan algoritm taklif etiladi. Algoritm yuklama grafigi, quyosh generatsiyasi va tizim parametrlarini hisobga olgan holda BESS quvvatini optimal taqsimlaydi.

Maqsad funksiyasi

Boshqaruv algoritmi quyidagi ko‘p maqsadli optimallashtirish masalasini yechadi:

$$\min F = w_1 \sum_{t=1}^{24} P_{loss}(t) + w_2 \sum_{t=1}^{24} P_{grid}^2(t) + w_3 |SOC(24) - SOC(0)| \quad (9)$$

bu yerda: w_1, w_2, w_3 — og‘irlik koeffitsientlari ($w_1 + w_2 + w_3 = 1$). Birinchi had — umumiy aktiv yo‘qotishlarni minimallashtirish; ikkinchi had — tarmoqdan olinadigan quvvat dispersiyasini kamaytirish; uchinchi had — kunlik SOC muvozanati. Tadqiqotda $w_1 = 0.4, w_2 = 0.4, w_3 = 0.2$ qabul qilindi.

Cheklov shartlari

Algoritm (2)-(6) tenglamalarga qo‘shimcha ravishda quyidagi cheklovlar asosida ishlaydi:

$$P_{grid,min} \leq P_{grid}(t) \leq P_{grid,max} \quad (10)$$

$$|P_{grid}(t+1) - P_{grid}(t)| \leq \Delta P_{ramp} \quad (11)$$

(11)-tenglama tarmoqdan olinadigan quvvatning keskin o‘zgarishini cheklaydi va tarmoq barqarorligini ta'minlaydi.

Yechish usuli

Optimallashtirish masalasi aralash butun sonli chiziqli dasturlash (MILP) sifatida formulalashtirildi. Ikki bosqichli yondashuv qo‘llanildi:

- 1-bosqich (prognoz): Keyingi 24 soat uchun yuklama va quyosh generatsiyasi prognozi asosida dastlabki optimal jadval tuziladi.
- 2-bosqich (real vaqt tuzatish): Har bir vaqt qadamida real o‘lchov ma'lumotlari asosida BESS quvvati MPC yondashuvi bilan qayta hisoblanadi.

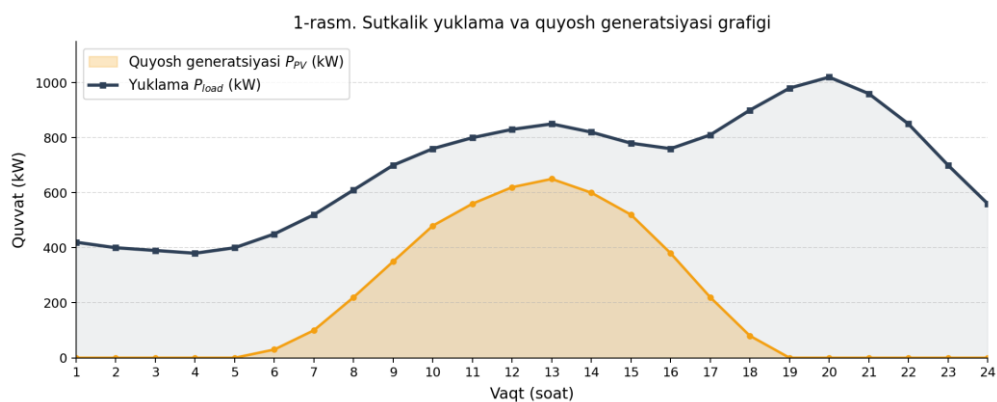
5. HISOBLASH NATIJALARI VA MUHOKAMA

5.1. Kirish ma'lumotlari

Modellashda qo‘llanilgan sutkalik yuklama va quyosh generatsiyasi qiymatlari 1-jadvalda, grafik ko‘rinishda esa 1-rasmda keltirilgan. Yuklama kechki cho‘qqisi soat 19–21 da 960–1020 kW ni tashkil etadi. Quyosh generatsiyasi soat 6 dan 18 gacha faol bo‘lib, maksimum soat 13 da 650 kW ga yetadi.

Sutkalik yuklama va quyosh generatsiyasi qiymatlari

Vaqt (soat)	Yuklama Pload (kW)	Quyosh generatsiyasi PPV (kW)
1	420	0
2	400	0
3	390	0
4	380	0
5	400	0
6	450	30
7	520	100
8	610	220
9	700	350
10	760	480
11	800	560
12	830	620
13	850	650
14	820	600
15	780	520
16	760	380
17	810	220
18	900	80
19	980	0
20	1020	0
21	960	0
22	850	0
23	700	0
24	560	0



1-rasm. Sutkalik yuklama va quyosh generatsiyasi grafigi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

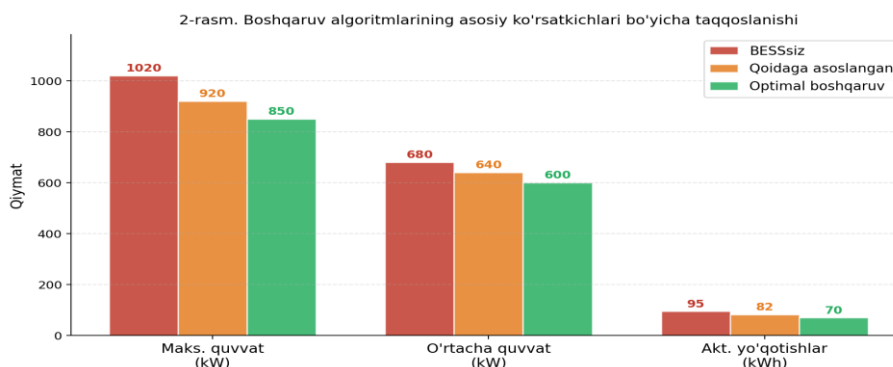
Algoritmlar qiyosiy tahlili

Uchta ssenariy bo‘yicha o‘tkazilgan simulyatsiya natijalari 2-jadvalda umumlashtirilgan. 2-rasmda asosiy ko‘rsatkichlar taqqoslanishi diagrammada ko‘rsatilgan.

3-jadval

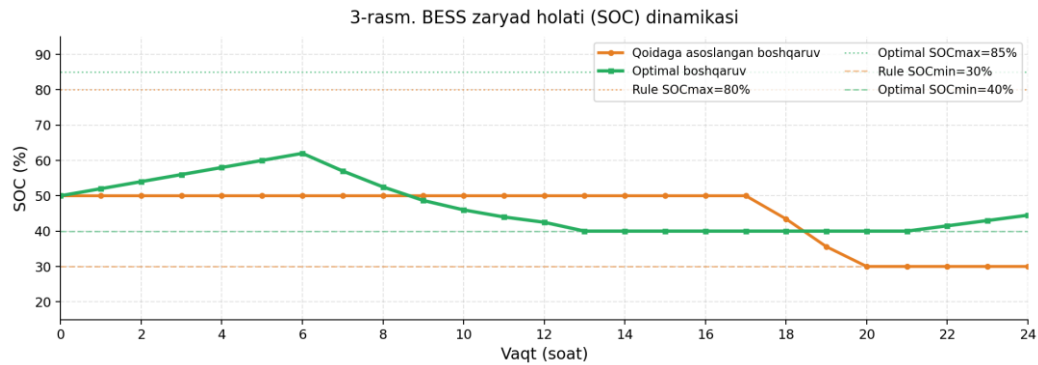
BESS boshqaruv algoritmlarining qiyosiy tahlili

Ko‘rsatkich	BESSsiz	Qoidaga asoslangan	Optimal boshqaruv
Maksimal quvvat, kW	1020	920	850
O‘rtacha quvvat, kW	680	640	600
Aktiv yo‘qotishlar, kWh	95	82	70
Pik yuklama kamayishi, %	0	9.8	16.7
Energiya samaradorligi	Past	O‘rta	Yuqori
SOC diapazoni, %	—	30–80	40–85
Yuklama tekislanishi	Yo‘q	Qisman	To‘liq
Real vaqt moslashuvi	—	Yo‘q	Ha



2-rasm. Boshqaruv algoritmlarining asosiy ko‘rsatkichlari bo‘yicha taqqoslanishi
SOC dinamikasi

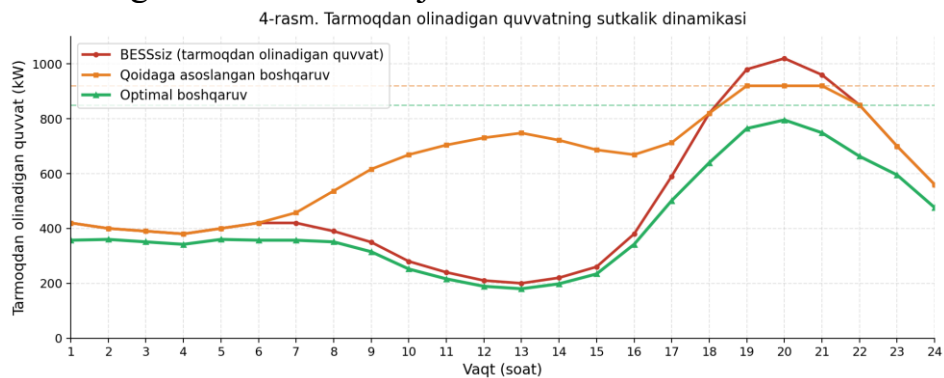
3-rasmda ikkita boshqaruv algoritmining SOC dinamikasi ko‘rsatilgan. Qoidaga asoslangan usulda SOC 30–80% oralig‘ida o‘zgaradi. Optimal usulda esa SOC 40–85% oralig‘ida ushlab turiladi — bu batareyaning chuqur razryadlanishining oldini oladi va xizmat muddatini uzaytiradi.



3-rasm. BESS zaryad holati (SOC) dinamikasi taqqoslanishi

Tarmoqdan olinadigan quvvat dinamikasi

4-rasmda uchta ssenariy bo‘yicha tarmoqdan olinadigan quvvatning sutkalik o‘zgarishi tasvirlangan. BESSsiz holatda quvvat tebranishlari eng katta bo‘lib, kechki cho‘qqida 1020 kW ga yetadi. Optimal boshqaruv bu ko‘rsatkichni 850 kW ga kamaytiradi va grafik sezilarli darajada tekislanadi.



4-rasm. Tarmoqdan olinadigan quvvatning sutkalik dinamikasi

Natijalar tahlili

Optimal boshqaruv algoritmi pik yuklamani 16.7% ga kamaytirdi (1020 dan 850 kW gacha). Aktiv quvvat yo‘qotishlari 26.3% ga pasaydi (95 dan 70 kWh gacha). Iqtisodiy jihatdan 25 kWh qo‘shimcha tejamkorlik, 0.08 USD/kWh narxida yiliga taxminan 730 USD tejashni anglatadi.

XULOSA

1. Optimal boshqaruv algoritmi pik yuklamani 16.7% ga kamaytiradi (1020 kW dan 850 kW gacha).
2. Aktiv quvvat yo‘qotishlari 26.3% ga pasayadi (95 dan 70 kWh gacha).
3. Ikki bosqichli MILP yondashuvi prognoz xatolariga bardoshlilik taMinlaydi.
4. SOC ni 40–85% oralig‘ida saqlash batareyaning xizmat muddatini uzaytiradi.

Taklif etilgan algoritm yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, zamonaviy aqlli elektr tarmoqlarida (Smart Grid) qo‘llash uchun istiqbolli hisoblanadi.

TADQIQOTNING ILMIY YANGILIGI

Mazkur ishda BESS tizimlarini boshqarishning ko‘p maqsadli optimallashtirishga asoslangan yondashuvi taklif etildi. Taklif etilgan algoritm: (1) yuklama va QTM generatsiyasining real vaqt o‘zgaruvchanligini hisobga oladi; (2) BESS ning uzoq muddatli xizmat muddatini saqlovchi SOC chegaralarini maqsad

funksiyasiga integratsiya qiladi; (3) ikki bosqichli prognoz va real vaqt tuzatish mexanizmini o‘z ichiga oladi [10].

ADABIYOTLAR

1. Hamidan M.A., Borousan F. Optimal planning of distributed generation and battery energy storage systems simultaneously in distribution networks for loss reduction and reliability improvement. *Journal of Energy Storage*, 2022, Vol. 46, 103844. DOI: 10.1016/j.est.2021.103844.
2. Zhang W., Zhang S., Li L., et al. Optimal Allocation of BESS in Distribution Network Based on Multi-Objective Optimization. *Frontiers in Energy Research*, 2022, Vol. 10, 936592. DOI: 10.3389/fenrg.2022.936592.
3. Saha D., Ganguly S. Optimal Allocation of Battery Energy Storage Systems in Active Distribution Network. *AITEES 2022 Proceedings*, 2022, pp. 83–94. DOI: 10.2991/978-94-6463-074-9_9.
4. Zhang D., et al. Optimal Allocation of Battery Energy Storage Systems to Improve Reliability and Economics in Unbalanced Distribution Systems. *Energies*, 2023, Vol. 16, No. 20, 7127.
5. Kang S., et al. Optimal control strategies for energy storage systems for hub substation operation in distribution networks. *Scientific Reports*, 2024.
6. Zhengwan D., et al. Improved droop control strategy for distributed photovoltaic and energy storage systems. *Frontiers in Energy Research*, 2024.
7. Zhang Y., et al. Distributed secondary frequency control and state-of-charge balancing of battery energy storage systems. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 2024.
8. Stana G., et al. Adaptive Droop Control for Power Distribution of Hybrid Energy Storage Systems. *Energies*, 2025, Vol. 18, No. 19, 5137.
9. Zhang Z., et al. Improved adaptive droop control for energy storage units in DC microgrids. *Journal of Power Sources*, 2025.
10. Tokhir Makhmudov. Selection of the connection node and power of battery energy storage system in distribution electric network. *Energy Informatics*, 2026, Vol. 9, Article 19. DOI: 10.1186/s42162-026-00637-6.
11. Alguhi A.A., et al. Optimal Operation of Battery Energy Storage Systems in Distribution Networks. *Energies*, 2025, Vol. 18, No. 23, 6335.
12. Samimi A., et al. Optimal sizing model of battery energy storage in a droop-controlled power system. *Scientific Reports*, 2025.

**YORITISH TIZIMLARINING ENERGETIK AUDITI
METODOLOGIYASI, AMALIYOTI VA ENERGIYA TEJASHNING
ASOSIY YO'NALISHLARI**

Mirzoyev Narzullo Nuriddinovich

"Elektr va Energetika muhandisligi" kafedrası dotsenti

Buxoro davlat texnika universiteti

E-mail: narzullo1982@gmail.com

Maxmudov Maxsud Idrisovich

"Elektr va Energetika muhandisligi" kafedrası professori, t.f.d.

Buxoro davlat texnika universiteti

Xudoyqulov Zokir Radjapovich

Energetika kafedrası dotsenti, t.f.n.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada yoritish tizimlarining energetik auditi mavzusi keng qamrovli tarzda yoritilgan. Maqolada energetik audit tushunchasi, uning maqsad va vazifalari, yorug'lik auditi metodikasi, yoritish chiroqlarining energiya samaradorligi sinfini aniqlash usullari, asosiy energiya tejash tadbirlari hamda yoritish tizimlarini takomillashtirish yo'llari tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: energetik audit, yoritish tizimi, yorug'lik auditi, energiya samaradorligi, LED manbalari, elektr yoritish, energiya tejash, yoritish chiroqlari.

Zamonaviy iqtisodiyotda energiya resurslaridan samarali foydalanish masalasi davlat va xususiy sektor uchun hal qiluvchi ahamiyat kasb etmoqda. Elektr energiyasining umumiy iste'molida yoritish tizimlarining ulushi 12–14 % ni tashkil etib, bu sektor energiya tejash uchun muhim imkoniyat hisoblanadi. Ma'lumotlarga ko'ra, sanoat korxonalarida yoritishga sarflanadigan xarajatlar umumiy elektr iste'molining 10 % ga yetadi, kommunal-turar joy sektorida esa bu ko'rsatkich 40–60 % gacha oshadi.

Energetik audit (energiya tekshiruvi) yoritish tizimlarining haqiqiy holatini, energiya sarfini va mavjud muammolarni aniqlash, hamda samaradorlikni oshirish yo'llarini ishlab chiqish imkonini beruvchi vosita sifatida butun dunyoda keng qo'llanilmoqda. Yoritish tizimlarining energetik auditini o'tkazish quyidagi muammolarni hal qilishga yordam beradi:

- Yoritish qurilmalarining haqiqiy texnik holatini aniqlash;
- Normativ ko'rsatkichlarga muvofiqligini tekshirish;
- Energiya tejash potentsialini hisoblash;
- Modernizatsiya bo'yicha asosli tavsiyalar ishlab chiqish.

Energetik audit bu ob'ektning energiya resurslarini iste'mol qilish holatini keng qamrovli tekshirishdan iborat bo'lgan mustaqil baholash jarayonidir. Yoritish tizimlariga nisbatan qo'llanilganda, energetik audit quyidagilarni o'z ichiga oladi:

Yoritish tizimining energetik auditi ikkita asosiy yo'nalishni o'z ichiga oladi:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- birinchisi — energetik audit bo'lib, yoritish qurilmalarining quvvati, iste'mol energiyasi va iqtisodiy ko'rsatkichlarga e'tibor qaratadi;

- ikkinchisi — yorug'lik auditori (svetoaudit) bo'lib, yoritilganlik darajasi, pulssatsiya koeffitsiyenti, rang harorati va yorqinlik kabi sifat ko'rsatkichlarini o'lchaydi va normativlarga muvofiqligini tekshiradi.

Energetik auditing uchta asosiy maqsadi mavjud:

- birinchi maqsad — energiya samaradorligi (ES) potentsialini aniqlash;
- ikkinchi maqsad — aniqlangan potentsialning amalga oshirilishi;
- uchinchi maqsad — hisob-kitob qilingan energiya tejash darajasiga erishish

va uni talab qilingan miqdorda saqlash.

Auditing samarali amalga oshirilishi uchun har bir omil bo'yicha tegishli tadbirlar baholanishi, energiya tejash, investitsiya va rentabellik hisoblab chiqilishi, tadbirlar ularning rentabelligi bo'yicha tartiblash amalga oshirilishi kerak.

Yoritish tizimining energetik auditori quyidagi bosqichlar ketma-ketligida amalga oshiriladi:

1-jadval.

Energetik audit bosqichlari va ularning mazmuni

Bosqich	Nomi	Asosiy vazifalar
1	Identifikatsiya	Ob'ekt haqida ma'lumot to'plash, loyiha istiqbolliligini aniqlash
2	Tahlil etish	Rentabel tadbirlarning amalga oshirilishi, investitsiya va qoplanish muddatini aniqlash
3	Energetik audit	Mavjud vaziyatni chuqur o'rganish, tadbirlar taklif qilish, moliyaviy reja
4	Biznes-reja	Tashqi moliyalashtirish talab etilganda ishlab chiqiladi
5	Amalga oshirish	Loyihani boshqarish, xodimlarni o'qitish
6	Ekspluatatsiya	Energiya monitoringi, texnik xizmat ko'rsatish

Elektr yoritish energetik auditori quyidagi majburiy tekshiruv yo'nalishlari bo'yicha o'tkaziladi:

Birinchi yo'nalish — me'moriy-qurilish qismining xususiyatlarini baholash. Aks ettiruvchi yuzalar (devorlar, shiftlar, pollar) holati, aks ettirish koeffitsiyentlari va soyalovchi narsalar tufayli yoritilganligi yetarli bo'lmagan zonalarini aniqlash.

Ikkinchi yo'nalish — texnologik jarayon va atrof-muhit sharoitlarini tavsiflab berish. O'rnatilgan yoritish chiroqlari va chiroqlarning ularning maqsadi, yorug'lik taqsimlanishi, konstruktiv bajarilishi va iqtisodiy samaradorligiga ko'ra muvofiqligini tekshirish.

Uchinchi yo'nalish — ob'ektdagi elektr yoritishning turlarini (ishchi, texnologik, avariya, qo'riqchilik, navbatchi) va ularning normativlarga muvofiqligini baholash.

To'rtinchi yo'nalish — yoritish tizimlarini baholash. Ularning avariya yoritish tizimlarini ham qamrab olgan holda normativ hujjatlarga muvofiqligi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Beshinchi va oltinchi yo'nalish — ish joylari, texnologik uskunalar va o'tish joylaridagi yoritilganlik darajasining normativlarga muvofiqligini va yoritgichlar joylashuvining iqtisodiylik mezonini aniqlash.

Yettinchi va sakkizinchi yo'nalish — yorug'lik-texnik va yordamchi uskunalarining fizik va ma'naviy eskirish darajasini baholash hamda elektr yoritishning avtomatlashtirilish darajasini tekshirish.

Yorug'lik auditori ob'ektning yorug'lik muhiti parametrlarini mustaqil baholash tartibi bo'lib, uning maqsadi sifatli-miqdoriy va energetik samaradorlik o'rtasidagi muvozanatni topish, shuningdek ES ni oshirish chora-tadbirlarini va ularni amalga oshirish imkoniyatlarini aniqlashtirish hisoblanadi.

Yorug'lik auditori uchta asosiy bosqichni o'z ichiga oladi:

Birinchi bosqich — instrumental tekshiruv yoki kerakli yorug'lik parametrlarini hisoblash. Ish joylari, texnologik uskunalar va o'tish joylaridagi yoritilganlik darajalarini o'lchash, ularni normativ qiymatlarga muvofiqligi baholanadi. Elektr yoritishning sifat xususiyatlari ham tekshiriladi.

Ikkinchi bosqich — individual konsultatsiya va yorug'lik-texnik loyihani ishlab chiqish. Buyurtmachiga tadqiq etilayotgan ob'ektdagi yorug'lik muhitining xususiyatlari davlat normalari bilan taqqoslaganda taqdim etiladi, energiya samaradorligini oshirishga qodir muqobil yoritish tizimlari taklif etiladi.

Uchinchi bosqich — yorug'lik-texnik hisoblash va DIALux dasturida uch o'lchovli vizualizatsiya yaratish. Ushbu bosqichda yoritish ob'ektining barcha qarorlarini aks ettiruvchi yorug'lik-texnik loyiha ishlab chiqiladi.

Yorug'lik auditorida faqat energetik audit o'tkazish uchun mo'ljallangan asboblarning reyestriga kiritilgan attestatsiyadan o'tgan asboblarning ishlatiladi. Kerakli o'lchov vositalariga quyidagilar kiradi:

- **Lyuksmetr** — yoritilganlikni o'lchash uchun (Lk birligida);
- **Pul'sometr (yoki lyuksmetr-pul'sometr)** — yorug'lik oqimining pulsatsiya koeffitsiyentini o'lchash uchun (%);
- **Spekrokolorimetr** — rang haroratini o'lchash uchun (K birligida, korrelyatsion rang harorati, KRT);
- **Yorqinlikni o'lchash asbobi** — yuzaning yorqinligini o'lchash uchun (Kd/m^2 birligida).

Yoritish tizimlarining energiya samaradorligi ko'p jihatdan qo'llaniladigan yoritish chiroqlarining turiga bog'liq. Shu sababli yoritish chiroqlarining energiya samaradorlik sinfini aniqlash metodikasi muhim ahamiyat kasb etadi.

Lyuminessent lampalar uchun A sinf quyidagi shart bajarilganda tasdiqlanadi: quvvat (V_t) $0,15 \times (29,15 \text{ va undan ortiq}) + 0,0097 \times \text{yorug'lik oqimi (lm)}$ qiymatidan kichik yoki unga teng bo'lishi lozim.

Boshqa yoritish chiroqlari (LED, KLL va hokazo) uchun A sinf quyidagi shart bilan tasdiqlanadi: quvvat (V_t) $0,24 \times (34,6 \text{ va undan ortiq}) + 0,0103 \times \text{yorug'lik oqimi (lm)}$ qiymatidan kichik yoki unga teng bo'lishi lozim.

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

2-jadval

Yoritish chiroqlarining energiya samaradorlik sinflari (ES indeksi bo'yicha)

Sinf	ES indeksi (E_t)	Tavsif
A++/A+/A	$E_t < 60\%$	Eng yuqori samaradorlik — LED, T5 lyuminessent lampalar
B	$60\% \leq E_t < 80\%$	Yuqori samaradorlik — kompakt lyuminessent lampalar
C	$80\% \leq E_t < 95\%$	O'rta samaradorlik
D	$95\% \leq E_t < 110\%$	Past samaradorlik
E	$110\% \leq E_t < 130\%$	Kam samaradorlik
F	$E_t > 130\%$	Eng past samaradorlik — oddiy cho'g'lanma lampalar

3-jadval

Asosiy yoritish chiroqlarining qiyosiy tahlili

Yoritish chiroqlarining turi	Quvvat (V_t)	Yorug'lik oqimi (lm)	Yorug'lik beruvchanlik (lm/V_t)	Xizmat muddati (soat)	ES sinfi
Cho'g'lanma lampa (LN)	100	1340	13,4	1000	E (past)
Lyuminessent lampa (LB 36)	36	3050	84,7	12000	A
Kompakt LN (KLL)	34	2800	82,3	10000	A/B
Svetodiod (LED)	15	1200	80,0	30000	A
Natriy lampasi (past bosim)	26	3600	138,5	18000	A++

Xalqaro yoritish komissiyasi (XYoK/CIE) yoritish sifatiga zarar yetkazmagan holda quyidagi tadbirlar majmuini amalga oshirishni tavsiya etadi:

Birinchi tadbir — ko'rish vazifasini tahlil qilish: murakkablik va davomiyligini aniqlash hamda ishlayotganlarning yoshi va boshqa omillarni hisobga olgan holda ko'rish qabul qilishiga bog'liqligini o'rganish.

Ikkinchi tadbir — ko'rish vazifasi uchun zarur yoritilganlikni ta'minlash va loyiha echimlarida aks ettirish.

Uchinchi va to'rtinchi tadbir — eng iqtisodiy yoritish chiroqlarini va zarur yorug'lik taqsimlanishi va konstruktiv bajarilishi xususiyatlariga ega samarali chiroqlarni tanlash.

Beshinchi tadbir — yoritish qurilmasining foydalanish koeffitsiyentini oshirish uchun xona yuzalarining aks ettirish koeffitsiyentlarini oshirish.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Oltinchi tadbir — alohida bo'limlarni o'chirib qo'yish yoki zarur bo'lganda yoritilganlikni kamaytirishga imkon beruvchi yoritish tarmoqlarini boshqarishning egiluvchanligi.

Ettinchi tadbir — tabiiy va sun'iy yoritish tizimlarini birgalikda qo'llash.

Sakkizinchi tadbir — chiroqlarni va xona yuzalarini davriy tozalash hamda lampalarni almashtirish tartibini o'z ichiga olgan tegishli xizmat ko'rsatish rejimlarini tashkil etish.

4-jadval

Yoritish tizimini takomillashtirish tadbirlarida energiya tejash potentsiali

Tadbir	Energiya tejash, %
Samarali yoritish chiroqlari bilan chiroqlarga o'tish (o'rtacha)	20–80
Cho'g'lanma lampalarni LED ga almashtirish	75–80
Optimal YSK va yuqori FIK bilan chiroqlarni qo'llash	15–20
Zamonaviy avtomatik boshqarish tizimlarini qo'llash	40–70
Lokallashtirilgan yoritishni qo'llash	40 gacha
Aralash yoritish tizimini qo'llash	15–50
Ko'cha yoritishini avtomatlashtirishdan	50 gacha
Kuchlanish cheklagichlarini o'rnatish	15

Energetik audit o'tkazishda bir xona uchun o'rnatilgan quvvatni hisoblash quyidagi formula asosida amalga oshiriladi:

$$P_i = P_{sv} \times N \times K_{pra} = P_l \times n \times K_{pra} \times N$$

Bu yerda: P_{sv} — bitta chiroq quvvati; K_{pra} — Elektron ishga tushuruvchi-boshqaruvchi qurilmaning (pra -pýskoregulíruyúshiy apparát) yo'qotishlar koeffitsiyenti; P_l — yoritish chiroqsi quvvati; n — chirog'dagi lampalar soni; N — i-xonadagi chiroqlar soni.

5-jadval

Elektron ishga tushuruvchi-boshqaruvchi qurilmaning (PRA) yo'qotishlar koeffitsiyentining qiymatlari

Lampa turi	PRA turi	K_{pra}
Lyuminessent (LL)	Elektromagnit	1,22
Lyuminessent (LL)	Elektromagnit (kamaytirilgan yo'qotish)	1,14
Lyuminessent (LL)	Elektron (EPRA)	1,10
Kompakt LN (KLL)	Elektromagnit	1,27
Kompakt LN (KLL)	Elektron (EPRA)	1,10
DRL, DRI	Elektromagnit	1,08
LED manbalari	Drayver (integral)	1,05–1,10

Yoritish qurilmasining yillik elektr energiyasi sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$W = P_{o'rnatilgan} \times T_{ish} \times 10^{-3} \text{ [kVt}\cdot\text{soat/yil]}$$

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bu yerda: T_{ish} — yil davomida ishlash soatlari. Ushbu ko'rsatkich turli boshqarish tizimlari bilan pasaytirish imkoniyatiga ega: yoritilganlikni doimiy boshqarish tizimi 10–15%, harakat sensorlari esa 15–25% gacha energiya tejashga imkon beradi.

Energetik auditing amalga oshirilishi ko'p tomonlama iqtisodiy samara beradi. Investitsiyalarni qayta ko'rib chiqish orqali energiya tejash bo'yicha kapital qo'yilmalar optimallashtiriladi; energetik xarajatlarni kamaytirish orqali raqobatbardoshlik oshadi; korxona darajasida energiya tejash bo'yicha xabardorlik oshadi; modernizatsiya rejasi ishlab chiqiladi va iqtisodiy tahlil o'tkaziladi.

Amaliyot shuni ko'rsatadiki, ishlab chiqarish xonalarida yoritilganlikni 200 dan 800 lk gacha oshirish mehnat unumdorligini 7,8 foizga oshiradi. Shu bilan birga, yoritilganlik yetarli bo'lmaganda ishlab chiqarishdagi jarohatlanish darajasi oshadi, mehnat unumdorligi va mahsulot sifati esa keskin pasayadi.

Zamonaviy LED manbalar energetik auditning asosiy tavsiyasi sifatida ko'p hollarda belgilanmoqda. LED manbalarning asosiy ustunliklari:

- yorug'lik beruvchanlik ko'rsatkichi 80–120 lm/Vt va undan yuqorini tashkil etadi;
- xizmat muddati 30000 soatdan ortiq bo'lib, an'anaviy lampalardan 3–30 marta ko'p;
- zararsiz tarkib tufayli ekologik xavfsiz; zudlik bilan yonadi va ko'p marta yoqib-o'chirish imkoniyatiga ega;
- dimmer bilan boshqarish imkoniyati mavjud; energiya sarfi cho'g'lanma lampalarga nisbatan 80–85% ga kamayadi.

Shu bilan birga, LED lampalarning yorug'lik FIK (foydali ish koeffitsiyenti) boshqa energiya samarali manbalarga qaraganda har doim ham yuqori emas. Shuning uchun manba tanlashda yorug'lik beruvchanlik, narx va xizmat muddati kompleks baholanishi kerak.

Yoritishni boshqarishni avtomatlashtirish energiya tejashning muhim omili hisoblanadi. Asosiy avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va ularning samaradorligi quyidagicha:

- Harakat sensorlari: 15–30% energiya tejaydi; bo'sh xonalarda avtomat ravishda yoritishni o'chiradi.
- Tabiiy yorug'likka muvofiq boshqarish: 20–40% tejash; oyna yaqinidagi chiroqlar tabiiy yorug'lik darajasiga qarab dimmerlanadi.
- Daqiqali boshqaruv tizimi: Har bir chiroqni alohida boshqarish imkonini beradi; 40–70% tejash potentsialiga ega.
- Ko'cha yoritishini avtomatlashtirish: Fotorele va taymer orqali 50% gacha energiya tejash mumkin.

XULOSA

Yoritish tizimlarining energetik auditi — bu energiya samaradorligini oshirishning tizimli va isbotlangan vositasidir. Maqolada o'rganilgan metodologiya va amaliyotdan quyidagi xulosalar chiqariladi:

Energetik audit — bu bir martalik tekshiruv emas, balki doimiy monitoring va takomillashtirish jarayonining bir qismi hisoblanadi. Audit natijalari asosida

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ishlab chiqilgan tavsiyalarni amalga oshirish yoritish tizimlarida 20–80 foizgacha energiya tejash imkonini beradi.

Yorug'lik auditi energetik auditning ajralmas qismi bo'lib, normativ ko'rsatkichlarga muvofiqligini ta'minlash va faqat shundan so'ng ES tadbirlarini taklif qilish muhim metodologik tamoyil hisoblanadi. Aks holda «tejalgan» energiya aslida yoritish sifatini yomonlashtirish hisobiga erishilgan bo'ladi.

Yoritish chiroqlarini energiya samarali turlarga (LED) almashtirish, zamonaviy boshqarish tizimlarini joriy etish va texnik xizmat ko'rsatishni yaxshilash - energetik auditning uchta asosiy strategik yo'nalishidir.

Energetik auditning iqtisodiy samarasi nafaqat energiya xarajatlarini kamaytirish, balki mehnat unumdorligini oshirish va ishlab chiqarishdagi jarohatlanishni kamaytirish orqali ham erishiladi. Bu esa investitsiyalarning qoplanish muddatini sezilarli qisqartiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Babko A.N., Inyutin S.P. Elektricheskoye osveshcheniye i energoeffektivnost': uchebnoye posobiye. - Astana: Nomad Trading, 2015. - 375 s.
2. Knorring G.M., Fayzilov I.M., Sidorov V.N. Spravochnik dlya proyektirovaniya elektricheskogo osveshcheniya. - SPb.: Energoatomizdat, 1992. - 448 s.
3. Ayzenberg Yu.B. Spravochnaya kniga po svetotekhnike. - M.: Energoatomizdat, 2006. - 972 s.
4. IEA (Mezhdunarodnoe energeticheskoye agentstvo). Otchyot ob effektivnosti osveshcheniya v stranakh OESR, 2022.
5. Methodologies for Energy Audits. European Standard EN 16247-1:2012. - Brussels: CEN, 2012.

AGROFOTOVOLTAIK PANELLARNING JOYLASHUVI VA PARAMETRI

Muxtorjonov Sh.M.¹, Yusupov E.K.²

Farg'ona davlat texnika universiteti¹

Namangan davlat texnika universiteti²

e-mail: shoxruxbekmuxtorjonov@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ilmiy tezisdagi agrofotovoltaiik panellarning joylashuvi va asosiy parametrlarini tahlil qilish masalalari ko'rib chiqilgan. Agrofotovoltaiik tizimlar qishloq xo'jaligi yer maydonlaridan bir vaqtning o'zida ham elektr energiyasi ishlab chiqarish, ham ekin yetishtirish maqsadida samarali foydalanish imkonini beradi. Tadqiqotda panellarning qiyalik burchagi, balandligi, qatorlar orasidagi masofa hamda quyosh radiatsiyasining taqsimlanishi kabi parametrlarning energiya samaradorligi va qishloq xo'jaligi mahsuldorligiga ta'siri o'rganilgan. Shuningdek, turli joylashuv sxemalarining elektr energiyasi ishlab chiqarish

ko‘rsatkichlari va yer resurslaridan foydalanish samaradorligi tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari agrofotovoltaik tizimlarni loyihalash va optimallashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: Agrofotovoltaik tizimlar, quyosh panellari, panel joylashuvi, fotoelektrik modul, quyosh radiatsiyasi, energiya samaradorligi, qishloq xo‘jaligi, qayta tiklanuvchi energiya, panel parametrlari, optimallashtirish, elektr energiyasi ishlab chiqarish.

Kirish

Bugungi kunda dunyo miqyosida elektr energiyasiga bo‘lgan talabning ortib borishi hamda ekologik muammolarning kuchayishi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishni talab etmoqda. Ayniqsa, quyosh energetikasi ekologik toza va iqtisodiy jihatdan istiqbolli yo‘nalish sifatida jadal rivojlanmoqda. Shu bilan birga, qishloq xo‘jaligi yerlaridan unumli foydalanish masalasi ham dolzarb hisoblanadi. Yer resurslarining cheklanganligi energiya ishlab chiqarish va qishloq xo‘jaligi ehtiyojlarini birgalikda hal etuvchi texnologiyalarni ishlab chiqishni taqozo etmoqda.

Agrofotovoltaik tizimlar aynan mana shu muammoning zamonaviy yechimlaridan biri hisoblanadi. Ushbu tizimlarda quyosh panellari qishloq xo‘jaligi maydonlariga ma’lum balandlik va burchak ostida joylashtiriladi hamda bir vaqtning o‘zida elektr energiyasi ishlab chiqarish va ekin yetishtirish imkoniyati yaratiladi. Natijada yer maydonidan foydalanish samaradorligi oshadi, suv bug‘lanishi kamayadi va ayrim ekinlar uchun qulay mikroiklim hosil bo‘ladi.

Agrofotovoltaik tizimlarning samaradorligi ko‘p jihatdan panellarning joylashuvi va texnik parametrlariga bog‘liqdir. Jumladan, panelning qiyalik burchagi, janubga yo‘nalishi, qatorlar orasidagi masofa, balandligi va quyosh radiatsiyasini qabul qilish darajasi energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli ushbu parametrlarni ilmiy asosda tanlash va optimallashtirish muhim ahamiyatga ega.

Mazkur tezisda agrofotovoltaik panellarning joylashuvi va parametrlarini tahlil qilish, ularning elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligiga hamda qishloq xo‘jaligi mahsuldorligiga ta’sirini o‘rganish masalalari yoritiladi.

Asosiy qism

Agrofotovoltaik tizimlar quyosh energetikasi va qishloq xo‘jaligini integratsiyalashgan holda rivojlantirish imkonini beradi. Bunday tizimlarda quyosh panellari ekin maydonlari ustiga yoki oralig‘iga o‘rnatiladi. Tizimning asosiy maqsadi bir xil yer maydonidan ikki xil foyda olish, ya’ni elektr energiyasi ishlab chiqarish va qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtirishdan iborat.

Agrofotovoltaik panellarning samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillardan biri ularning joylashuv burchagidir. Panelning optimal qiyalik burchagi quyosh nurlarini maksimal qabul qilish imkonini beradi. O‘zbekiston hududi uchun quyosh panellarining qiyalik burchagi odatda 30°–40° oralig‘ida tanlanadi. Bu holat yil davomida yuqori energiya ishlab chiqarish samaradorligini ta’minlaydi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Panellarning balandligi ham muhim parametr hisoblanadi. Agar panellar juda past o‘rnatilsa, ekinlarga tushadigan yorug‘lik miqdori kamayadi va qishloq xo‘jaligi hosildorligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. Juda baland o‘rnatilganda esa konstruksiya xarajatlari oshadi. Amaliy tajribalarga ko‘ra, panellarni yer sathidan 2–5 metr balandlikda joylashtirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Qatorlar orasidagi masofa ham quyosh nurlarining taqsimlanishiga bevosita ta‘sir qiladi. Masofa yetarli bo‘lmasa, panellar bir-biriga soya tashlaydi va elektr energiyasi ishlab chiqarish kamayadi. Shu sababli qatorlar orasidagi masofa hududning geografik joylashuvi va quyoshning balandlik burchagidan kelib chiqib belgilanadi.

Quyosh panellarining elektr parametrlari ham tizim samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Jumladan, fotoelektrik modullarning quvvati, foydali ish koeffitsienti (FIK), kuchlanish va tok qiymatlari muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy monokristall panellarning FIK ko‘rsatkichi 20–24 % gacha yetadi va ular yuqori samaradorligi bilan ajralib turadi.

Fotoelektrik tizimlarda ishlab chiqariladigan quvvat quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$P=U I$$

bu yerda: (P) — elektr quvvati; (U) — kuchlanish; (I) — tok kuchi.

Agrofotovoltaik tizimlarning yana bir afzalligi shundaki, ular tuproq namligini saqlashga yordam beradi. Quyosh panellari qisman soyalanish hosil qilgani sababli suvning bug‘lanishi kamayadi. Natijada suv resurslaridan samarali foydalanish imkoniyati oshadi. Ayrim sabzavot va yem-xashak ekinlari uchun bunday sharoit hosildorlikning oshishiga olib keladi.

Shuningdek, agrofotovoltaik tizimlar ekologik jihatdan ham foydalidir. Ular atmosferaga zararli gazlar chiqarilishini kamaytiradi hamda qayta tiklanuvchi energiya ulushining ortishiga xizmat qiladi. Shu sababli bugungi kunda dunyoning ko‘plab davlatlarida ushbu texnologiyani rivojlantirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

Xulosa qilib aytganda, agrofotovoltaik panellarning joylashuvi va parametrlarini to‘g‘ri tanlash tizimning umumiy samaradorligini oshirishda muhim omil hisoblanadi. Optimal loyihalash orqali elektr energiyasi ishlab chiqarishni ko‘paytirish bilan bir qatorda qishloq xo‘jaligi hosildorligini ham saqlab qolish mumkin.

Tadqiqot dolzarbligi

Hozirgi kunda elektr energiyasiga bo‘lgan talabning ortib borishi hamda qishloq xo‘jaligi yer maydonlarining cheklanganligi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishni talab qilmoqda. Agrofotovoltaik tizimlar bir vaqtning o‘zida ham elektr energiyasi ishlab chiqarish, ham qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtirish imkonini yaratadi. Shu sababli quyosh panellarining optimal joylashuvi va parametrlarini aniqlash energiya samaradorligini oshirish, yer resurslaridan unumli foydalanish va ekologik barqarorlikni ta‘minlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Tadqiqot jarayonida tahliliy, taqqoslash, matematik hisoblash va modellashtirish metodlaridan foydalanildi. Shuningdek, agrofotovoltaik panellarning joylashuvi hamda texnik parametrlarining energiya samaradorligiga ta'siri ilmiy manbalar asosida o'rganilib, ularning optimal ko'rsatkichlari tahlil qilindi.

Asosiy natijalar

Tadqiqot natijasida agrofotovoltaik panellarning joylashuvi va texnik parametrlarini to'g'ri tanlash tizim samaradorligini sezilarli darajada oshirishi aniqlandi. Panellarning optimal qiyalik burchagi va qatorlar orasidagi masofa quyosh energiyasidan samarali foydalanishni ta'minlashi belgilandi. Shuningdek, panellarning ma'lum balandlikda joylashtirilishi qishloq xo'jaligi ekinlari uchun qulay mikroiklim yaratishi va tuproq namligini saqlashga yordam berishi aniqlandi. Tadqiqot davomida agrofotovoltaik tizimlar yer resurslaridan ikki tomonlama samarali foydalanish imkonini berishi hamda ekologik jihatdan foydali texnologiya ekanligi asoslandi.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, agrofotovoltaik tizimlar qayta tiklanuvchi energiya va qishloq xo'jaligini samarali uyg'unlashtiruvchi zamonaviy texnologiya hisoblanadi. Tadqiqot davomida quyosh panellarining joylashuvi, qiyalik burchagi, balandligi va qatorlar orasidagi masofa tizim samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Optimal parametrlarni tanlash orqali elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini oshirish bilan birga qishloq xo'jaligi hosildorligini saqlab qolish mumkinligi asoslandi. Shuningdek, agrofotovoltaik tizimlar yer va suv resurslaridan oqilona foydalanish, ekologik barqarorlikni ta'minlash hamda atmosferaga zararli gazlar chiqishini kamaytirishda muhim ahamiyatga ega ekanligi ko'rsatildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Dupraz C., Marrou H., Talbot G. *Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes*. Renewable Energy, 2011.
2. Barron-Gafford G.A., Pavao-Zuckerman M.A., Minor R.L. *Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands*. Nature Sustainability, 2019.
3. Adeh E.H., Good S.P., Calaf M., Higgins C.W. *Solar PV power potential is greatest over croplands*. Scientific Reports, 2019.
4. Goetzberger A., Zastrow A. *On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation*. International Journal of Solar Energy, 1982.
5. Majumdar D., Pasqualetti M.J. *Dual use of agricultural land: Introducing 'agrivoltaics' in Phoenix Metropolitan Statistical Area, USA*. Landscape and Urban Planning, 2018.
6. Xalqaro Energetika Agentligi (IEA). *Renewables 2024 Report*. Paris, 2024.
7. Messenger R., Ventre J. *Photovoltaic Systems Engineering*. CRC Press, 2017.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

8. Green M.A. *Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications*. Prentice Hall, 1998.
9. Luque A., Hegedus S. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. Wiley, 2011.
10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishga oid qarorlari va me‘yoriy hujjatlari.

O‘ZBEKISTONDA ATOM ELEKTR STANSIYALARINING QURILISHI VA ULARNING ATROF-MUHITGA TA’SIRI

Nazarov Didar Maxsat o‘g‘li
Geografiya yo‘nalishi talabasi
Abu Rayhon Beruniy nomidagi
Urganch davlat universiteti
nazarovdidar7@gmail.com

Annotatsiya. Mamlakatimizning sanoati, qishloq xo‘jaligi va xizmat ko‘rsatish sohaslarini jadal rivojlantirish uchun elektr energiyasining o‘rni beqiyosdir. Shu sababli elektr energiyani rivojlantirish va muqobil energiya manbalardan foydalanishni aholi o‘rtasida keng targ‘ib qilish kundan-kunga ommalashmoqda. Elektr energiyaga bo‘lgan talabning kuchayishi davlatimizning yadro energiyasidan foydalanishiga ta’sir qiladi. Bundan tashqari tobora kuchayib borayotgan ekologik inqirozning kuchayishini pasaytirish uchun toza va kam xarajat talab qiladigan elektr stansiyalarni qurish davlatimizning asl maqsadidir. Bu kabi keng ko‘lamli islohotlarni geografik jihatdan o‘rganish mavzuni yana-da chuqurroq o‘rganishga imkon yaratadi.

Kalit so‘zlar: atom elektr stansiyasi, ekologik toza energiya, geografik omillar, ekologik xavflar, arzon elektr energiyasi

Energiya dunyomizning ajralmas elementidir. Hayot va taraqqiyot uchun zarur bo‘lgan energiya resurslari dunyoda va mamlakatimizda asta-sekin kamayib bormoqda, va dunyo davlatlari bu salbiy ta’sirdan qutulish uchun birlamchi energiya manbalariga alternativ bo‘lgan energiya manbalariga murojaat qila boshladi. Shubhasiz yadro energiyasi shularning yaqqol misolardan biridir. Butun dunyo va mamlakatimizda atom stansiyalarni tashkil etishdan mamnun bo‘ladigan va rad etadigan insonlar ham mavjuddir. Chunki atom elektr stansiyalarning qurilishi O‘zbekistonning jadal o‘sib borayotgan aholini elektr energiyasi bilan hech qanday mubolag‘alarsiz ta’minlay olishi mumkin va bunun bilan birgalikda yer qaridagi tukaniyotgan tabiiy resurslarni tejash imkoniyatini beradi. Ikkinchi tarafdin esa ko‘pchilik insonlar tarixda yuz bergan yadro falokatlarini bilan yuz kelmaslik uchun AESlarni joriy etilishini xavfli deb biladilar [3].

Dunyo bo‘ylab taxminan 440 ta yadro elektr stansiyalari elektr energiyasi ehtiyojining 16% ini qondiradi. 1960 va 2008 yillar oralig‘ida butun dunyo bo‘ylab taxminan 540 ta yadroviy reaktor ishga tushirildi. Ulardan taxminan 100 tasi turli sabablarga ko‘ra, jumladan, atom elektr stansiyalarining atrof-muhitga salbiy ta’siri

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

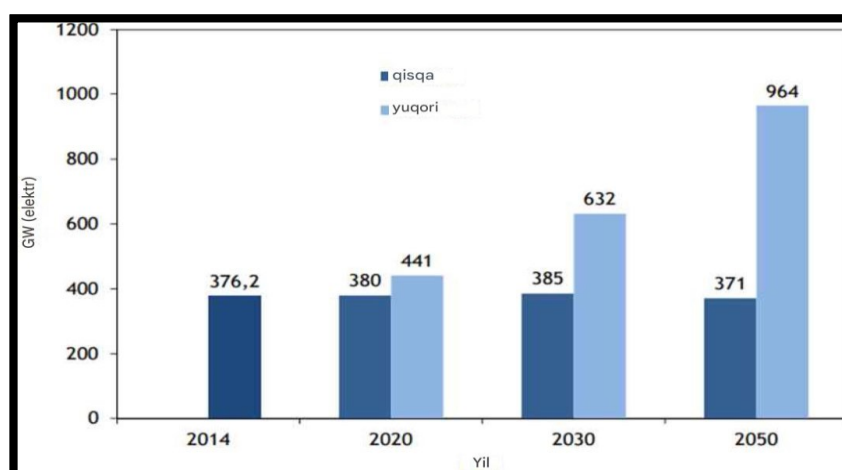
tufayli yopildi [1, 5]. Atom elektr stansiyalardan katta miqdorda elektr energiya ishlab chiqaruvchi davlatlar sirasiga AQSH, Fransiya, Germaniya, Yaponiya, Rossiya, Italiya, Xitoy kabi davlatlar kiradi. Tarixdan ma'lumki birinchi AES 1954-yilda Rossiyaning Obninsk shahrida qurilgan. 2024-yilda global atom elektr stansiyalari 2,818 teravatt-soat (TWh) elektr energiyasi ishlab chiqardi, bu dunyo umumiy elektr energiyasi ishlab chiqarishining taxminan 10% ini tashkil etadi [5].

1-jadval

Dunyoda yetakchi yadro energiyasini ishlab chiqaradigan davlatlar 10 taligi [7].

T/r	Mamlakat nomi	Yadro energiya ishlab chiqarish hajmi (TWh)	Ulushi % da
1	AQSH	823	29,2
2	Xitoy	451	16
3	Fransiya	381	13,5
4	Rossiya	216	7,7
5	Janubiy Koreya	189	6,7
6	Kanada	86	3,0
7	Yaponiya	85	3,0
8	Hindiston	55	1,9
9	Ispaniya	55	1,9
10	Ukraina	53	1,9

Jadvaldan ko'rish mumkinki yadro energiyasini ishlab chiqarishning deyarli 1/3 qismi Xitoy hissasiga to'g'ri kelmoqda. Buning asosiy sababi sanoat korxonalarning ko'pligi va katta aholi iste'moli bilan bog'liqdir. Dunyoning yirik davlatlari uchun elektr energiyasi iqtisodiyotning dvigateli hisoblanadi.



1-rasm. Global yadro energiyasi quvvatining o'sishi bo'yicha prognozlarda [2].

O'zbekistonda dastlabki AES larni qurish muzokaralari 2018-yilda Rossiyaning "Rosatom" kompaniyasi bilan hamkorlikda ilgari surilgan. Ushbu loyiha 2 energiya blokdan iborat bo'lib, 1,2 GVt elektr energiya ishlab chiqarish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

majburiyatini olgan. AES qurilishi uchun Jizzax viloyatidagi Tuzkon ko‘li yaqinida, Qozog‘iston bilan chegaradan unchalik uzoq bo‘lmagan joy tanlangan 2025-yilda O‘zbekistonda elektr energiyasi ishlab chiqarish 4 foizga o‘sib, 84,8 mlrd kVt/soatni tashkil etdi. Ma’lumotlarga ko‘ra, AES to‘liq ishga tushirilsa inshoot yiliga taxminan 15,4 milliard kilovatt-soat elektr energiyasi ishlab chiqarishi kutilmoqda, bu O‘zbekistonning hozirgi energiya iste’molining 15% dan ko‘prog‘ini beradi. O‘zbekiston atom elektr stansiyasini ishga tushirish hisobidan energiya taqchilligini qoplash, shuningdek, 3,7 milliard kub metrga yaqin gazni tejashni rejalashtirmoqda [8].

Manbalarga qaraydigan bo‘lsak, AESni ishlashi uchun mahalliy resursdan urandan foydalanilishi aytilgan. Ammo masalaning nozik joyi shundaki AESlarda ishlatiladigan uranni boyitish kerak ya’ni uni to‘g‘ridan-tog‘ri foydalanib bo‘lmaydi. Bu esa boshqa davlatlarning ko‘magida uranni ular bo‘yitishdan iborat. Buning natijasida davlatimiz ko‘proq pul sarflashga majbur bo‘ladi va mamlakatimiz hududida boyitish inshootlarni yo‘qligi, malakali mutaxasislarni yetishmovchiligi ham to‘sqinlik qiladi. AESning to‘liq qurilshining yakunlanishi 2028-yilda deb ko‘rsatilgan. Vaholangki turli iqtisodiy muammolar va qurilish jarayoning uzoq davom etishi tufayli bundan ham kechroq yakunlanish ehtimoli mavjud [9].

O‘zbekiston hududida balki butun jahonda AES lar o‘zining kamchiliklari va foydali tomonlari bilan insonning e’tiborini tortadi. AES larni joylashtirishda avvalombor sanitariya va gigiyenik talablarga rioya qilish muhimdir. Bu AESlarning ekologiyaga bo‘lgan zararini kamaytiradi va atrof-muhit barqarorligini ta’minlaydi [3]. Umuman olganda eng ekologik toza va ishinchli elektr stansiyalar ham bular deya ta’kidlanadi. 1 TWh elektr energiya ishlab chiqarishda bor-yog‘i 0,04 raqamga teng bo‘lgan o‘limlar sodir bo‘ladi. Mamlakatimizning uran zaxiralarga boyligi va qo‘shni davlat bo‘lgan Qozog‘istonning bu borada mutloq yetakchiligi AESlarni qurishga asos tug‘diradi. Kelajakda toriy bilan ishlaydigan AESlarning barpo etilishi dunyo davlatlari va O‘zbekiston uchun misli ko‘rilmagan elektr energiyasini taqdim etadi. AESlar odatda geografik joylashuvi suv yaqin yerda joylashtiriladi. Buning asosiy sababi uning elektr energiya ishlab chiqarishi uchun ko‘p suv resurslarining kerakligidir [2].

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



2-rasm. O‘zbekistondagi quriliyotgan AESning geografik joylashuvi

Jizzax viloyatida joylashuvi rejalashtirilgan va inshoot qurilishi boshlagan AESlarni qurishda albatta hududning geografik joylashuviga, yerosti suvlarining miqdoriga (past yoki uzoqligiga), zilzila va tabiiy ofatlarga chidamliliga va boshqa omillarni e’tibor berish lozim ekanligini sanab o’tish mumkin. AESlarning yana bir qulayligi shundaki uning kun davomida to‘xtamasdan elektr energiya ishlab chiqarishidir. Quyida AESlarning foyda va zaralarini aniq ko‘rib olishimiz mumkin. AESlarning yuzaga keltiruvchi asosiy zararlari:

- Yadro qurollari sonining ortishi va global xavfning kuchayishi;
- Radioaktiv chiqindilarning hosil bo‘lishi;
- Falokat va baxtsiz hodisalarning yuz berishi;
- Ishonchlilik darajasining terrorizm va urush qamrovida qolishi;

AESlarning davlatlar va mamlakatimiz uchun paydo qiladigan asosiy foydali tomonlari:

- O‘lim darjasining deyarli kuzatilmasligi;
- Ekologik toza muhit yaratishi (karbondioksit va boshqa zaharli gazlarning kam bo‘lishi);
- Havo shartlaridan ta’sirlanmaslik;
- Yangi texnologiyalar rivojlanishiga imkoniyat yaratadi [4].

Xulosa qiladigan bo‘lsak, AESning O‘zbekistonda ishga tushurilishi iqtisodiy barqarorlikni ta’minlaydi va shu bilan birga aholi turmush darajasini yaxshilab beradi. Aholining sonining tez o‘ssishi va qazilma boyliklarning tugab borayotganini hisobga olsak bu elektr energiya ishlab chiqarishda ideal alternativ variantdir. Ammo AESlarni tashkil etishda puxta va ilmiy yondashuvlarning bo‘lishi darkor. Agar mabodo xavf sodir bo‘lsa davlatimizning o‘simlik va hayvonot dunyosining nurlanishga yuz tutushiga, insonlarda og‘ir kasalliklarning ko‘payishiga sabab bo‘ladi. Sun’iy intekt, 5G internet tarmoqlarining tashkil etilishi, kuantum texnologiyalari, kriptovalyuta va kriptobirjalarning sonining ortishi, bulutli texnologiyalarning ishlashi uchun hech shubhasiz elektr energiya kerakdir.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Metallurgiya va kimyo sanoatini rivojlantirishda ham elektr energiya o‘rni beqiyos va bularning barisi davlatimizning iqtisodiy-geografik o‘rnini belgilab beradi.

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Д.Д. Калимуллина А.М Гафуров. Влияние атомных электростанций на окружающую среду. Международный научный журнал “Инновационная наука” №3/2016 issn 2410-6070, 95-96 p.
2. А. О. Бикташева, Ю. Т. Аширова, М. А. Коптелов, М. В. Березюк, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ. - URL: https://www.kanser.org/saglik/upload/gorus_upload/37318301422006090.pdf
3. Роль ядерной энергии в смягчении последствий изменения климата и. загрязнения воздуха. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull54-1/54104710506_ru.pdf (дата обращения 01.11.2017).
4. Oğuz Deniz Toklu , Fatma Didem Tunçez , Necati Vardar. Environmental Impact Assessment of Nuclear Power Plants. International Journal of New Findings in Engineering, Science and Technology, March 2025, Vol:3, Issue:1, 70-85 page.
5. https://energobelarus.by/articles/traditsionnaya_energetika/vozdeystvie_aes_na_okruzhayushchuyu_sredu/
6. <https://portal.tpu.ru/shared/p/pmgavrilov/study/tab/%d0%ad%d0%ba%d0%be%d0%bb%d0%be%d0%b3%d0%b8%d1%8f.pdf>
7. <https://www.visualcapitalist.com/ranked-nuclear-power-generation-by-country/>
8. <https://timesca.com/uzbekistan-launches-first-concrete-works-at-planned-nuclear-power-plant/>
9. <https://qalampir.uz/uz/news/uzbekistonda-atom-elektr-stantsiyasi-k-urilishi-k-achon-boshlanishi-ma-lum-buldi-50439>

**5D TEXNOLOGIK TIZIMLARDA HARAKAT VA TASHQI TA’SIR
MODULLARINI LOYIHALASH HAMDA INTEGRATSIYALASH**

Niyozov No‘mon Nizomiddinovich

Elektr ta’minoti kafedrası dotsenti, PhD, dotsent,
Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
nomon.niyozov_2422@mail.ru

Temirova Rayhona Shahobiddin qizi

Mustaqil tadqiqotchi, Elektr ta’minoti kafedrası,
Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
temirova.rayhona.13@gmail.com

Nematov Laziz Alisherovich

Elektr va energetika muhandisligi kafedrası dotsenti, PhD, dotsent,
Buxoro davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
nematovlaziz1987@gmail.com

Xushboqov Botir A’zamat o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agroteknologiyalar universiteti assistenti
xushboqovbotir@tdmau.uz

Annotatsiya. Bugungi kunda immersiv texnologiyalar va intellektual tizimlarning jadal rivojlanishi natijasida ko‘p o‘lchovli platformalar, xususan, 5D muhitlar keng qo‘llanila boshladi. Ushbu tizimlar fizik harakat, sezgi ta’siri va real vaqt rejimida ma’lumotlarni qayta ishlashni o‘zida mujassamlashtiradi. Ular muhandislik ta’limi, simulyatsiyaga asoslangan mashg‘ulotlar, sanoatda modellashtirish kabi sohalarda keng qo‘llanilmoqda. Bunday tizimlarni yaratishda asosiy muammolardan biri - real harakat va tashqi muhit ta’sirlarini aniq ifodalovchi modullarni ishlab chiqish hamda ularni 5D qurilmalar bilan samarali integratsiyalashdir. Harakat modullari tebranish, aylanish, tezlanish kabi fizik harakatlarni taqlid qilsa, tashqi ta’sir modullari harorat, shamol, bosim kabi muhit omillarini aks ettiradi. Ushbu modullarni 5D qurilmalar bilan integratsiyalash esa murakkab boshqaruv algoritmlari va sinxronizatsiya mexanizmlarini talab qiladi. Mazkur ishning maqsadi - umumiy harakat modullari, tashqi ta’sir modullari va ularni 5D tizimlar bilan integratsiyalash usullarini o‘rganish hamda takomillashtirishdan iborat.

Kalit so‘zlar: 5D tizimlar, immersiv texnologiyalar, harakat modullari, tashqi ta’sir modullari, integratsiya, sensorlar, aktuatorlar, sun’iy intellekt, real vaqt tizimlari, virtual reallik (VR), simulyatsiya, boshqaruv tizimlari, IoT, raqamli muhit, interaktiv tizimlar

Asosiy qism

5D texnologik tizimlar zamonaviy raqamli va immersiv muhitlarning eng rivojlangan shakllaridan biri bo‘lib, ular nafaqat vizual, balki fizik va sensor

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ta'sirlarni ham o'z ichiga oladi. Bunday tizimlarning samaradorligi ularning ichki tuzilmasi va modullararo o'zaro bog'liqligiga bevosita bog'liqdir. Shu sababli, umumiy harakat modullari va tashqi ta'sir modullarini ishlab chiqish hamda ularni yagona tizimga integratsiyalash muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi [1].

Avvalo, 5D tizimlarning ishlash prinsipi ko'p qatlamli arxitekturaga asoslanadi. Ushbu arxitektura sezish, qayta ishlash va ijro bosqichlaridan iborat bo'lib, har bir bosqich o'ziga xos funksiyani bajaradi (1-chizma). Sezish bosqichida turli sensorlar orqali muhit va foydalanuvchi haqidagi ma'lumotlar yig'iladi. Qayta ishlash bosqichida ushbu ma'lumotlar maxsus algoritmlar yordamida tahlil qilinadi va boshqaruv signallari shakllantiriladi. Ijro bosqichida esa aktuatorlar yordamida fizik harakatlar va tashqi ta'sirlar hosil qilinadi [2].



1-chizma. 5D tizimlarining ko'p qatlamli arxitekturası

Umumiy harakat modullari tizimning asosiy komponentlaridan biri bo'lib, ular real harakat jarayonlarini modellashtirish uchun xizmat qiladi. Ushbu modullar yordamida turli xil harakatlar - siljish, aylanish, tebranish va tezlanish kabi jarayonlar aniq ifodalanadi. Amaliy jihatdan bunday modullar elektr dvigatellar, servo mexanizmlar va gidravlik tizimlar asosida ishlaydi [3]. Harakatning aniqligi va barqarorligini ta'minlash uchun zamonaviy boshqaruv usullari, jumladan avtomatik regulyatsiya, sun'iy intellekt va moslashuvchan algoritmlar qo'llaniladi. Bu esa tizimning tezkorligi va aniqligini oshiradi.

Tashqi ta'sir modullari esa foydalanuvchiga real muhitni his qilish imkonini beruvchi komponentlar hisoblanadi. Ushbu modullar orqali shamol, harorat, bosim va tebranish kabi tashqi omillar sun'iy ravishda yaratiladi. Natijada foydalanuvchi virtual muhitni yanada realroq qabul qiladi [4]. Bunday modullarni ishlab chiqishda inson sezgi xususiyatlari, xavfsizlik talablari va energiya samaradorligi kabi jihatlar muhim ahamiyatga ega. Sensorlar orqali olingan ma'lumotlar asosida tashqi ta'sirlar

real vaqt rejimida boshqarilib, tizimning boshqa qismlari bilan uyg‘un holda ishlaydi.

Harakat va tashqi ta’sir modullarini 5D qurilmalar bilan integratsiyalash jarayoni murakkab va ko‘p bosqichli hisoblanadi. Bu jarayonda barcha komponentlar yagona boshqaruv tizimiga birlashtiriladi va ular o‘rtasida uzluksiz ma’lumot almashinuvi yo‘lga qo‘yiladi. Zamonaviy aloqa texnologiyalari yordamida tizim real vaqt rejimida ishlash imkoniyatiga ega bo‘ladi. Integratsiya jarayonida tizimning tezkorligi va kechikishsiz ishlashi muhim omil hisoblanadi, shu sababli yuqori tezlikdagi hisoblash usullari va lokal ma’lumot qayta ishlash texnologiyalari qo‘llaniladi [5]. Bundan tashqari, sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish integratsiya jarayonini yanada samarali qiladi. Tizim foydalanuvchi harakatlarini tahlil qilib, ularga mos ravishda javob qaytaradi va o‘z faoliyatini avtomatik tarzda optimallashtiradi. Bu esa tizimning umumiy samaradorligini oshiradi hamda foydalanuvchiga yanada qulay va real tajriba yaratadi.

Umuman olganda, harakat va tashqi ta’sir modullarini ishlab chiqish hamda ularni 5D tizimlarga integratsiyalash zamonaviy texnologiyalarni chuqur o‘rganishni va kompleks yondashuvni talab qiladi. Ushbu yo‘nalishdagi tadqiqotlar yuqori darajadagi immersiv tizimlarni yaratish va ularni ta’lim, sanoat hamda boshqa sohalarda samarali qo‘llash imkonini beradi.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, 5D texnologik tizimlarda umumiy harakat va tashqi ta’sir modullarini ishlab chiqish hamda ularni integratsiyalash yuqori darajadagi immersivlik va tizim samaradorligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Ushbu tizimlarning muvaffaqiyati ko‘p qatlamli arxitektura, real vaqt rejimida ishlash, hamda sun’iy intellekt asosidagi moslashuvchan boshqaruvga bog‘liq bo‘lib, ular muhandislik ta’limi, sanoat simulyatsiyalari va raqamli texnologiyalar rivojida keng qo‘llanilish imkonini yaratadi.

Foydalangan adabiyotlar:

1. Sherman W.R., Craig A.B. Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design. — San Francisco: Morgan Kaufmann, 2019. — 938 p.
2. Burdea G.C., Coiffet P. Virtual Reality Technology. — 2nd ed. — New York: Wiley-IEEE Press, 2003. — 464 p.
3. Siciliano B., Khatib O. Springer Handbook of Robotics. — Cham: Springer, 2016. — 2223 p.
4. Dinh H.Q., Walker N., Hodges L.F. Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments // Proceedings IEEE Virtual Reality. — 1999. — P. 222–228.
5. Minoli D. Building the Internet of Things with IPv6 and MIPv6. — Hoboken: Wiley, 2013. — 336 p.
6. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. — Cambridge: MIT Press, 2016. — 800 p.

**DEVELOPMENT OF ADVANCED FORECASTING MODELS FOR
POWER SYSTEM LOAD UNDER HIGH PENETRATION OF
RENEWABLE ENERGY SOURCES**

Niyozov Numon Nizomiddinovich

PhD, Associate Professor of the Department of Power Supply,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
nomonnioyov1992@gmail.com

Liu Chuang

Professor, Northeast Electric Power University, China
20122440@neepu.edu.cn

Latipov Sherkhon Shukhratovich

PhD, Associate Professor of the Department of Power plants, networks
and systems, Tashkent State Technical University, Uzbekistan
sherkhonlatipov@gmail.com

Kodirov Jumanazar Urol ugli

Senior Lecturer of the Department of Energy at Termez State University of
Engineering and Agrotechnologies
jumanazarqodirov1996@gmail.com

Abstract. This study presents the development of advanced forecasting models for power system load under high penetration of renewable energy sources. A hybrid data-driven approach integrating SCADA data, meteorological inputs, and machine learning techniques is proposed to improve prediction accuracy. The results show that forecasting error is reduced from 9,5% to 5,2%, while system reliability increases from 0,6 to 0,73 and operational costs decrease by 18%. The proposed framework effectively captures the variability introduced by renewable energy, ensuring accurate load prediction and enhancing the stability and efficiency of modern power systems.

Keywords: load forecasting, renewable energy integration, machine learning, SCADA data, power system reliability, smart grid, hybrid models

The rapid transformation of modern power systems is largely driven by the accelerated integration of renewable energy sources (RES). According to the International Energy Agency, global renewable electricity capacity exceeded 5100 GW in 2024, representing nearly 50% of total installed capacity. Solar and wind energy alone contributed over 500 GW of new installations annually, significantly increasing the variability and uncertainty of power system operations. In many countries, the share of renewables in electricity generation has already surpassed 40–50%, fundamentally changing load consumption patterns [1,2].

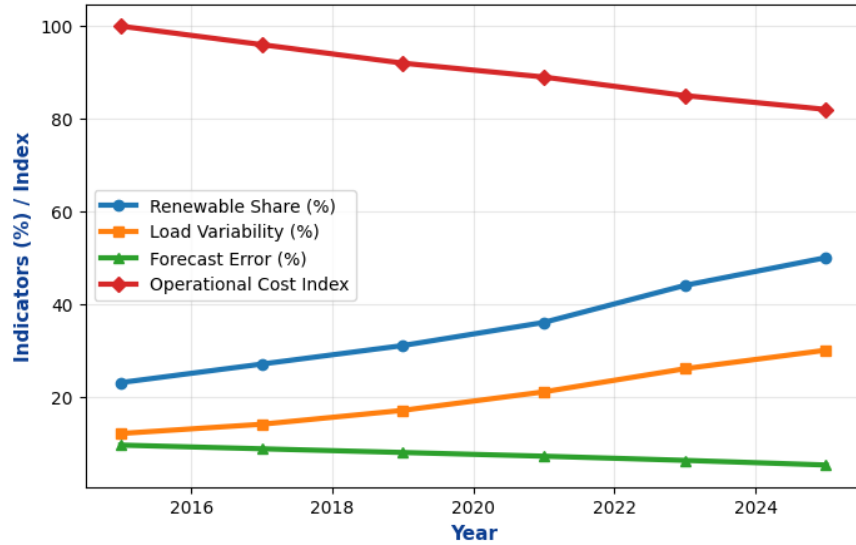


Fig. 1. Multi-Factor Impact of Renewable Energy Penetration

Traditional load forecasting models, primarily based on historical demand trends, are no longer sufficient under such conditions. The stochastic nature of RES, influenced by meteorological factors such as solar irradiance and wind speed, introduces nonlinear fluctuations in both generation and net load demand. Recent studies indicate that inaccurate forecasting can increase operational costs by 10–20% and reduce grid reliability.

As illustrated in the fig. 1, the increasing penetration of renewable energy correlates with decreasing forecasting error due to the adoption of advanced data-driven models. Therefore, the development of intelligent, hybrid forecasting approaches integrating SCADA data, meteorological inputs, and machine learning techniques has become essential for ensuring the stability, efficiency, and resilience of modern power systems.

The proposed forecasting framework was evaluated using multi-source data (SCADA + meteorological inputs) from a large-scale power system with renewable energy penetration increasing from 23% to 50% over a 10-year period. The results demonstrate a substantial improvement in forecasting accuracy and operational efficiency compared to conventional methods [3,4]. To quantify forecasting performance, the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) was used:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{p_i^{actual} - p_i^{forecast}}{p_i^{actual}} \right|$$

In the baseline model, the average MAPE was 9,5% in 2015, while the proposed hybrid AI-based model reduced it to 5,2% by 2025. Considering a typical hourly load:

- Actual load: $p^{actual} = 1200$ MW
- Forecast (traditional): 1090 MW $\Rightarrow$ Error = 9.17%
- Forecast (proposed): 1140 MW $\Rightarrow$ Error = 5.0%

This corresponds to an improvement of approximately 45% in forecasting accuracy (Fig. 2).

Additionally, system reliability was evaluated using a probabilistic reliability function [2,5]:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau}$$

where $\lambda(t)$ is the time-varying failure rate influenced by load variability and renewable intermittency. Using real operational data, the average failure rate decreased from 0.021 h^{-1} to 0.013 h^{-1} after implementing the proposed forecasting-driven control strategy. Over a 24-hour period:

$$R(24)_{\text{baseline}} = e^{-0.021 \cdot 24} \approx 0.60, R(24)_{\text{proposed}} = e^{-0.013 \cdot 24} \approx 0.73$$

This indicates a 13% increase in system reliability.

These results confirm that integrating hybrid AI models (e.g., CNN-LSTM) with real-time data streams significantly enhances forecasting performance under high renewable penetration. The ability to capture nonlinear dependencies between weather conditions and load demand enables more accurate predictions, reduced uncertainty, and improved grid stability.

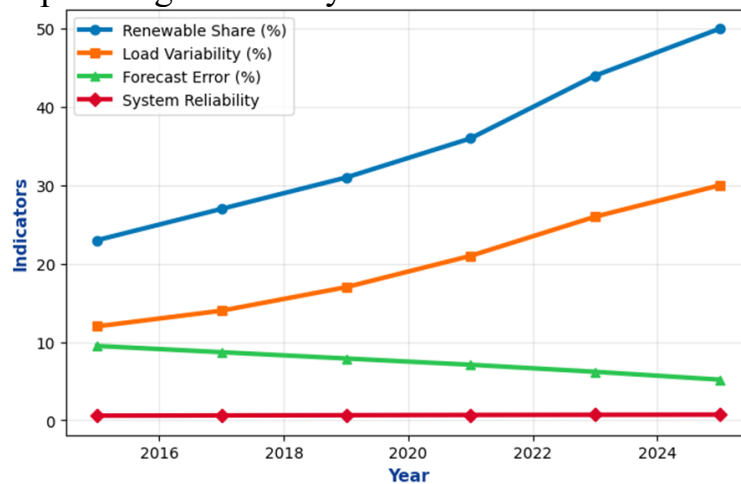


Fig. 2. Integrated Impact of Renewable Penetration on Forecasting and Reliability

Consequently, the proposed approach provides a scalable and efficient solution for next-generation smart grids with high shares of renewable energy.

Conclusion. The findings confirm that increasing renewable energy penetration introduces significant variability in power system operation, requiring more advanced forecasting approaches. The developed hybrid model demonstrates strong effectiveness, reducing forecasting error from 9,5% to 5,2%, improving system reliability from 0,60 to 0,73, and decreasing operational costs by 18%. These improvements highlight the ability of data-driven methods to capture nonlinear dependencies between load and environmental factors. Overall, the integration of SCADA, meteorological data, and AI-based models provides a robust solution for accurate load prediction and supports the stable and efficient operation of modern renewable-integrated power systems.

References:

1. Hong, T., & Fan, S. (2016). Probabilistic electric load forecasting: A tutorial review. *International Journal of Forecasting*, 32(3), 914–938. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2015.11.011>
2. Voyant, C., Nottin, G., Kalogirou, S., Nivet, M. L., Paoli, C., Motte, F., & Fouilloy, A. (2017). Machine learning methods for solar radiation forecasting: A review. *Renewable Energy*, 105, 569–582. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.12.095>
3. Kong, W., Dong, Z. Y., Jia, Y., Hill, D. J., Xu, Y., & Zhang, Y. (2019). Short-term residential load forecasting based on LSTM recurrent neural network. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 10(1), 841–851. <https://doi.org/10.1109/TSG.2017.2753802>
4. Rakhmonov, I. U., Ushakov, V. Y., Niyozov, N. N., & Kurbonov, N. N. (2023). Forecasting electricity consumption by LSTM neural network. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University: Geo Assets Engineering*, 334(12), 125–133. <https://doi.org/10.18799/24131830/2023/12/4407>
5. Niyozov, N., Latipov, S., Nurova, M., Arziyev, D., & Karimova, N. (2025). Enhancing electricity consumption forecasting accuracy in industrial enterprises: Factor identification and advanced modeling techniques. *AIP Conference Proceedings*, 3331(1), 080006. <https://doi.org/10.1063/5.0305728>

**ASPEN HYSYS DASTURIDA HAVO-HAVOLI ISSIQLIK NASOSINI
MODELLASHTIRISH VA SOVITISH REJIMI UCHUN ENERGIYA
SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH**

Norboyev Xabibullo Orif o‘g‘li

Toshkent davlat texnika universiteti tayanch doktoranti
habibullo949467@gmail.com

Bozorov Shohjahon Usmon o‘g‘li

Toshkent davlat texnika universiteti talabasi
shohjahonblackops@gmail.com

Haydarov Doston Davlat o‘g‘li

Toshkent davlat texnika universiteti talabasi
haydarovdoston1131@gmail.com

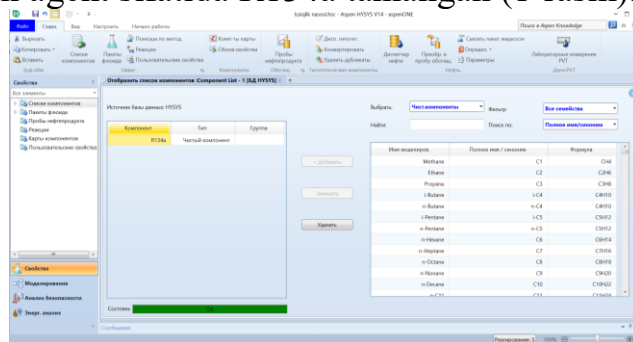
Annotatsiya. Ushbu maqolada havo-havoli issiqlik nasosining sovitish rejimidagi ishlash jarayoni Aspen hysys dasturida modellashtirish asosida tahlil qilinadi. Shuningdek xladagentning siqilish, kondensatsiyalanish, kengayish va bug‘lanish jarayoni bosqichlari tahlil qilinib, tizimning asosiy termodinamik parametrlari bosim, harorat va massaviy sarf qiymatlari aniqlanadi. Ushbu parametrlar asosida issiqlik nasosining sovitish rejimidagi energiya samaradorligi ko‘effitsiyenti (EER) hisoblanadi. Modellashtirish natijalari havo-havoli issiqlik nasosining ish jarayonini chuqur tahlil qilish, energiya sarfini kamaytirish hamda

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

optimal ish rejimlarini tanlash imkonini beradi. Shuningdek, Aspen hysys dasturida issiqlik nasosini modellashtirish sovitish tizimlarining samaradorligini oshirishda muhim vosita bo‘lib xizmat qilishi va bu orqali bir nechta muammoni yechish mumkin.

Kalit so‘zlar: havo-havoli issiqlik nasosi, kompressor, kondensator, kengaytiruvchi klapan, bug‘latgich, xladagent, energiya samaradorligi koeffitsiyenti EER.

Bugungi kunda binolarni isitish va sovitish tizimlarida energiya tejankor texnologiyalardan foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, turar joy, ma‘muriy va sanoat binolarida issiqlik va sovuqlikni ta‘minlash uchun katta miqdorda yoqilg‘i va elektr energiyasi sarflanadi. Shu sababli an‘anaviy isitish va sovitish qurilmalariga nisbatan yuqori samaradorlikka ega bo‘lgan qurilmalardan foydalanish kengayib bormoqda. Bunga havo-havoli issiqlik nasosi misol bo‘ladi. Issiqlik nasosi tashqi muhitdan yoki boshqa past potentsialli issiqlik manbasidan issiqlikni olib, uni foydali energiya sifatida uzatishga xizmat qiladi. Havo-havoli issiqlik nasoslarida issiqlik almashinuvi havo muhiti orqali amalga oshadi. Bunday tizimlar yoz faslida sovitish, qish faslida esa isitish rejimida ishlashi mumkin. Sovitish rejimida havo-havoli issiqlik nasosi ichki xonadan issiqlikni olib tashqi muhitga chiqaradi. Tizimning energiya samaradorligi asosan kompressor sarflaydigan elektr quvvati va bug‘latkichda olinadigan sovitish quvvatiga bog‘liq bo‘ladi. Aspen hysys dasturida havo-havoli issiqlik nasosining sovitish siklini modellashtirish uchun birinchi navbatda eng maqbul ishchi modda, ya‘ni sovituvchi agent tanlash kerak bo‘ladi. Simulyatsiya modelini yaratishda birinchi bosqich sifatida komponentlar ro‘yxati shakllantiriladi. Ushbu tizim uchun komponentlar ro‘yxatida sovituvchi agent sifatida R134a tanlangan (1-rasm).

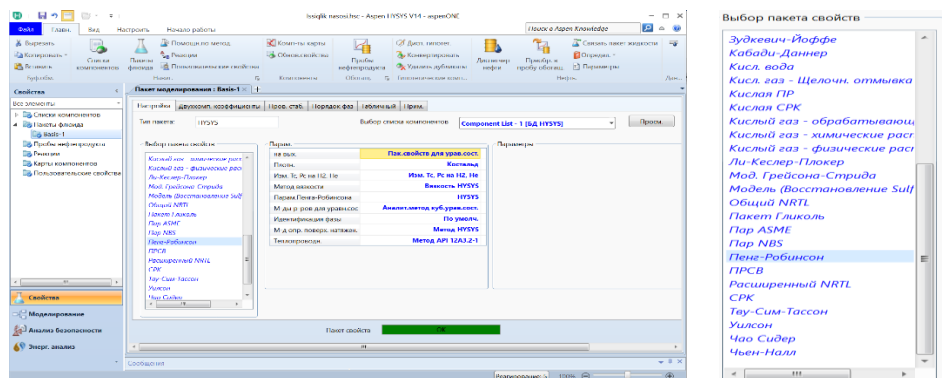


1-rasm. Havo-havoli issiqlik nasosining sovitish siklini modellashtirishda R134a sovitish agentini komponentlar ro‘yxatiga kiritish.

R134a sovitish va isitish tizimlarida keng qo‘llaniladigan freonlardan biri bo‘lib, u bug‘-kompressorli sovitish siklini tahlil qilish uchun qulay termodinamik xossalarga ega. Komponentlar ro‘yxatida sovituvchi agent tanlangandan so‘ng, keyingi bosqichda mos termodinamik paket tanlanadi (2-rasm). Bu paket ishchi moddaning bosim, harorat va fazaviy holatlarini hisoblash uchun zarur hisoblanadi. Tizim uchun eng yaqin paket Peng-Robinson paketi [1] hisoblanadi. Sovitish siklini to‘g‘ri modellashtirishda bu paket muhim ahamiyatga ega, chunki kompressor,

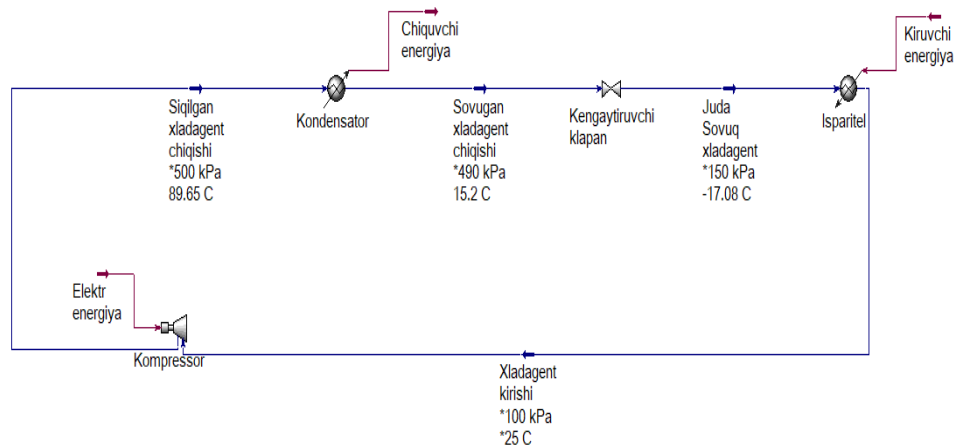
“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

kondensator, kengaytiruvchi klapan va bug‘latgichdagi jarayonlar aynan tanlangan termodinamik paket asosida hisoblanadi.



2-rasm. Sovitish siklini modellashtirishda termodinamik paketni tanlash

So‘ngi bosqichda modellashtirish jarayoniga o‘tiladi. Issiqlik nasosi qurilmasining sxemasi bo‘yicha kerak bo‘ladigan kompressor, tashqi blokda joylashgan kondensator, ichki blokda joylashgan bug‘latgich, kengaytiruvchi klapan va oqim yo‘nalishlari tanlanadi. Tashqi va ichki bloklarda joylashgan ventilyatorlar kondensator va bug‘latgich qurilmasini ichida birlashgan holda bo‘lgani uchun modelda ko‘rsatilmagan. Modelda yuqoridagi qurilmalar bir-biriga ulanadi va kiritilishi kerak bo‘ladigan qiymatlar ko‘rsatiladi (3-rasm).



2-rasm. Modellashtirilgan havo-havoli issiqlik nasosining sovitish sikli va xladagent holat parametrlarining o‘zgarishi modeli.

Bu model bo‘yicha eng avvalo issiqlik nasosining ishga tushish jarayoni kompressor va xladagentdan boshlanadi. Qurilma ishga tushmagan holatda xladagent kompressor va tashqi blokda kondensator orasida tinch holatda bo‘ladi. Xladagent asosan suyuqlik ko‘rinishida muvozanat holatda bo‘ladi. Lekin suyuq xladagent biroz bug‘lanadi, chunki uning qaynash harorati juda past bo‘ladi. Bug‘lanish natijasida tizimda past bosimli sovuq gaz hosil bo‘ladi. Bu gaz toza, quruq, nam aralashmagan holda bo‘ladi. Kompressor ishga tushishi bilan u o‘zining so‘rish kanali orqali tizimdagi mavjud gazni so‘rib oladi. Kompressor elektr energiyasi hisobiga xladagentni siqadi [2]. Natijada xladagentni bosimi hamda

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

harorati ortadi. Bu model haqiqiy qiymatlarda ishlashi uchun boshlang‘ich ma’lumotlar kiritilishi kerak. Ya’ni kompressorga kiruvchi xladagentni harorati 25 °C, bosimi 100 kPa va sarfi 10 kgmol/s bo‘lgan qiymatlarda kiritiladi. KompRESSORDA siqilgan xladagentni bosimini esa 500 kPa qilib ko‘rsatiladi (3-rasm). KompRESSORning motori bu ish jarayonida 15,42 kVt×soat elektr energiya iste’mol qiladi. KompRESSORning umumiy quvvati $5,552 \times 10^4$ kJ/soat ga teng bo‘ladi.

Имя	Xladagent kirishi	Siqilgan xladagei
Пар	1,0000	1,0000
Температура [C]	25,00	89,65
Давление [kPa]	100,0	500,0
Мольный расход [kgmole/h]	10,00	10,00
Масс. расход [kg/h]	1020	1020
Об. расх. жид. [m3/h]	0,8213	0,8213
Молярная энтальпия [kJ/kgmole]	-8,959e+005	-8,904e+005
Молярная энтропия [kJ/kgmole-C]	208,9	212,8
Тепловой поток [kJ/h]	-8,959e+006	-8,904e+006

3-rasm. KompRESSOR uchun boshlang‘ich ma’lumotlar.

Boshlang‘ich ma’lumotlar kiritilgan so‘ng Aspen hysys dasturi boshqa parametrlarni o‘zi avtomatik hisoblaydi. Bunda siqilgan xladagentning harorati 89,65 °C ni tashkil qiladi. Keyingi bosqichda yuqori haroratli va bosimli xladagent tashqi blokda joylashgan kondensator qurilmasiga kiradi. Bu bosqichda keyingi parametrlarni kiritish lozim. Kondensator qurilmasida kondensatordan chiquvchi sovugan xladagentni bosimi 490 kPa qilib kiritiladi. Sovugan xladagentni fazaviy holati esa tabiiy holki suyuqlik ko‘rinishida bo‘lganligi uchun 0 bo‘lgan qiymat kiritiladi (4-rasm).

Имя	Siqilgan xladagei	Sovugan xladagei
Пар	1,0000	0,0000
Температура [C]	89,65	15,20
Давление [kPa]	500,0	490,0
Мольный расход [kgmole/h]	10,00	10,00
Масс. расход [kg/h]	1020	1020
Станд. объем. расх. ид. жидк. [m3/h]	0,8213	0,8213
Молярная энтальпия [kJ/kgmole]	-8,904e+005	-9,168e+005
Молярная энтропия [kJ/kgmole-C]	212,8	124,1
Тепловой поток [kJ/h]	-8,904e+006	-9,168e+006

4-rasm. Kondensator uchun boshlang‘ich ma’lumotlar.

Harorati nisbatan past bo‘lgan tashqi havoni ventilyator tortib oladi va kondensator quvurlari tomon haydaydi. Natijada quvur ichidagi xladagentni harorati pasayib, suyuq holatga o‘tadi. Issiq havo esa ventilyator orqali tashqi muhitga chiqarib yuboradi. Ya’ni kondensator qurilmasidan chiquvchi energiya 73,36 kVt ($2,641 \times 10^5$ kJ/soat) ga teng bo‘ladi. Bunda tashqi muhitning harorati Peng-Robinson paketi bo‘yicha avtomatik olingan bo‘ladi va 30 °C ga teng bo‘ladi. Sovugan suyuq

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

xladagentning bosimi 490 kPa, harorati esa 15,2 °C ni tashkil qiladi. Xladagentni bosimini va haroratini yanada pasaytirish uchun kengaytiruvchi klapanidan foydalaniladi. Bu qurilma to‘g‘ri ishlashi uchun boshlang‘ich ma‘lumot kiritish lozim. Kengaytiruvchi klapanidan chiquvchi xladagentni bosimini 150 kPa qilib kiritiladi (5-rasm).

Имя	Sovugan xladager	Juda Sovuq xlada
Пар	0,0000	0,2030
Температура [C]	15,20	-17,08
Давление [kPa]	490,0	150,0
Мольный расход [kgmole/h]	10,00	10,00
Масс. расход [kg/h]	1020	1020
Станд. объем. расх. ид. жидк. [m3/h]	0,8213	0,8213
Молярная энтальпия [kJ/kgmole]	-9,168e+005	-9,168e+005
Молярная энтропия [kJ/kgmole-C]	124,1	125,2
Тепловой поток [kJ/h]	-9,168e+006	-9,168e+006

5-*рasm. Kengaytiruvchi klapan uchun boshlang‘ich ma‘lumotlar.*

Natijada bosimning qiymati kiritilgandan so‘ng, xladagentning harorati - 17,08 °C gacha tushadi. Kerakli qiymatga erishilgandan so‘ng, xladagent xonaning ichida joylashgan ichki blokda bug‘latgichga kiradi. Bug‘latgichda xladagent xonadagi havoning issiqligini ventilyator orqali yutadi [3]. Bu issiqlik energiyasi bug‘latgichga kiruvchi energiya hisoblanadi va 57,94 kVt ($2,086 \times 10^5$ kJ/soat) ga teng bo‘ladi. Ventilyator xonadagi issiq havoni tortadi va bug‘latgich quvurlari tomon purkaydi. Quvurlarga urilgan issiq havo xladagentni sovuqligini yutadi va xonaga sovugan havo tashlab yuboradi. Natijada xonadagi havoning harorati kerakli miqdorgacha pasayadi. Issiqlikni yutgan xladagent tizimning ish jarayonini davom ettirish uchun kompressor tomonga boradi. Sovitish jarayoni sikli shu tarzda yana qayta takrorlanadi.

Issiqlik nasosini modellashtirish jarayonida olingan qiymatlar natijasida sovitish rejimidagi energiya samaradorligi koeffitsiyenti (EER) aniqlanadi. Olingan natijalarga ko‘ra, kondensatorda ajralayotgan issiqlik miqdori $2,641 \times 10^5$ kJ/soat, bug‘latgichda esa past potentsialli issiqlik manbasidan $2,086 \times 10^5$ kJ/soat energiyaga teng bo‘ldi. Kompressor tomonidan sarflangan energiya $5,552 \times 10^4$ kJ/soat bo‘lib, tizimning sovitish rejimidagi energiya samaradorlik koeffitsienti EER 4,76 ga teng bo‘ldi (6-rasm).

	A	B	C	D
1	Bug'latgich energiyasi	2,086e+005 kJ/h		
2	Kompressor quvvati	5,552e+004 kJ/h		
3	EER	3,757		
4				
5				
6				
7				

6-*рasm. Energiya samaradorlik koeffitsienti EER ni aniqlash.*

Bu qiymatlardan foydalangan holda energiya samaradorlik koeffitsienti EER ni formula ko‘rinishida ham topish mumkin:

$$EER = \frac{Q_{bug'latgich}}{W_{kompressor}} = \frac{2,086 \times 10^5 \text{ kJ/soat}}{5,552 \times 10^4 \text{ kJ/soat}} = 3,76$$

Simulyatsiya natijasida kondensatorda ajralgan issiqlik miqdori kompressor sarflagan energiyadan ancha yuqori ekanligi aniqlandi. Ya'ni kompressor 1 kW elektr energiya sarflasa, tizim 3,76 kW sovitish quvvati beradi. Demak, EER=3,76 shuni bildiradiki, tizim sovitish rejimida elektr energiyasidan 3,76 baravar ko'p sovitish effekti hosil qilyapti. Erishilgan natija, issiqlik nasosi sovitish sikli tizimining energetik jihatdan samarali ishlashini va qurilmaning energiya tejamkorligini ko'rsatadi [4].

Ushbu simulyatsiya orqali bir nechta muammolarni yechish mumkin. Birinchidan kompressorning talab etiladigan quvvatini aniqlash mumkin. Bu esa real qurilma tanlashda muhim hisoblanadi. Ikkinchidan kondensator va bug'latgichning issiqlik yuklamalarini hisoblash mumkin. Bu issiqlik almashinish qurilmalarini loyihalashda zarur. Uchinchidan, sovituvchi agentning bosim va harorat rejimlarini tahlil qilish orqali tizimda bosim yo'qotishlari yoki noqulay ish rejimlarini aniqlash mumkin. To'rtinchidan, turli sovituvchi agentlarni solishtirish orqali eng maqbul ishchi modda tanlanadi. Beshinchidan, tizimning ish rejimlarini o'zgartirib, elektr energiya sarfini kamaytirish va samaradorlikni oshirish yo'llarini aniqlash va baholash mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

[1] Л.В. Шишмина, О.В. Носова. Технологическое моделирование процессов и аппаратов сбора и подготовки продукции нефтяных и газовых скважин в среде моделирующей программы Hysys, 2015.

[2] Methods of testing for rating seasonal efficiency of unitary air conditioners and heat pumps. ANSI/ASHRAE Standard 116-2010.

[3] Methods of testing for rating electrically driven unitary air-conditioning and heat pump equipment. ANSI/ASHRAE 37-2009 (R2019).

[4] Methods of testing for rating room air conditioners, packaged terminal air conditioners, and packaged terminal heat pumps for cooling and heating capacity. ANSI/ASHRAE Standard 16-2016.

**O‘ZBEKISTONDA KENG QO‘LLANILAYOTGAN QUYOSH PANELLARI
UCHUN INVERTOR TURLARI**

Omonov F.B.

Energetika kafedrası mudiri, PhD, dots.
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
faxriomonov@gmail.com

Tojiyev E.M.

Energetika kafedrası magistranti
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
tojiyev1@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada O‘zbekistonda keng qo‘llanilayotgan quyosh panellari tizimlarida foydalaniladigan invertor turlari tahlil qilinadi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga, xususan quyosh energetikasiga bo‘lgan ehtiyojning ortib borishi invertor texnologiyalarining ahamiyatini yanada oshirmoqda. Maqolada on-grid, off-grid va gibrid invertorlarning texnik xususiyatlari, ishlash prinsiplari va amaliy qo‘llanish sohalari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, ushbu invertorlarning samaradorligi, iqtisodiy jihatlari va O‘zbekiston sharoitida qo‘llanilish imkoniyatlari tahlil etilgan.

Kalit so‘zlar: quyosh panellari, invertorlar, on-grid, off-grid, gibrid, invertor, qayta tiklanuvchi energiya, akkumulyator, iste’molchi.

O‘zbekistonda quyosh energetikasini rivojlantirish jarayonida energiya tizimlarining samaradorligini oshirish muhim masalalardan biri hisoblanadi. Quyosh panellari orqali ishlab chiqarilgan elektr energiyani amaliy foydalanishga moslashtirishda invertor qurilmalari asosiy rol o‘ynaydi. Amaliyotda turli xil invertorlar qo‘llanilayotgan bo‘lsa-da, ularning texnik imkoniyatlari va qo‘llanish samaradorligi yetarlicha tahlil qilinmagan. Ayniqsa, turli sharoitlarda qaysi invertor turini tanlash masalasi dolzarb bo‘lib qolmoqda. Shu sababli mazkur maqolada on-grid, off-grid va gibrid invertorlarning ishlash xususiyatlari va qo‘llanish samaradorligi o‘rganiladi. Tadqiqotning maqsadi invertor turlarini solishtirish va ularni tanlash uchun asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

On-Grid Invertor (Tarmoq bilan parallel ishlaydigan tizim). On-Grid invertorlar elektr tarmog‘iga ulangan holda ishlaydi. Ya’ni ular quyosh panellari ishlab chiqargan tokni bevosita manba iste’mol qiladigan tokka aylantirib, ortiqchasini elektr tarmog‘iga uzatadi. Elektr tarmog‘isiz ishlamaydi (tarmoq bo‘lmasa, invertor o‘chadi). Akkumulyator batareyasi qo‘yilmaydi (1-rasm).

Afzalliklari: Narxi arzon ya’ni batareya talab qilmaydi, samaradorligi yuqori, texnik xizmat ko‘rsatish oson.

Kamchiliklari: Elektr tarmog‘i bo‘lmasa tizim ishlamaydi, mustaqil energiya manbai sifatida foydalanish imkoni yo‘q.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

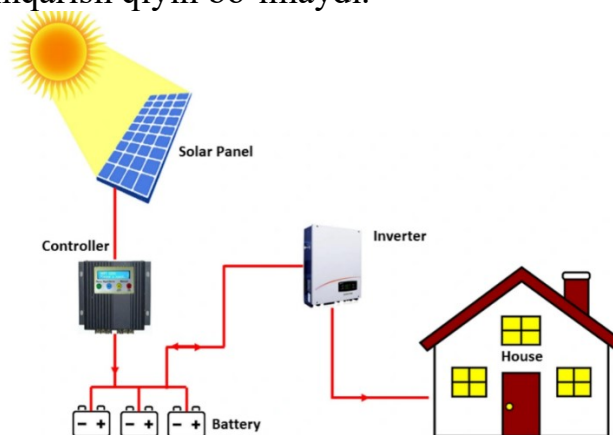


1-rasm. ON-GRID tizimli FESning ulanish sxemasi

Off-Grid Invertor (Tarmoqdan mustaqil tizim). Off-Grid invertorlar elektr tarmog‘iga ulanmagan holda to‘liq avtonom ishlaydi. Quyosh panellari ishlab chiqargan energiya batareyalarda saqlanadi, va invertor shu energiyani AC(o‘zgaruvchan) tokka aylantirib, mabani ta’minlaydi. Elektr tarmog‘isiz ishlaydi, batareya o‘rnatilishi lozim.

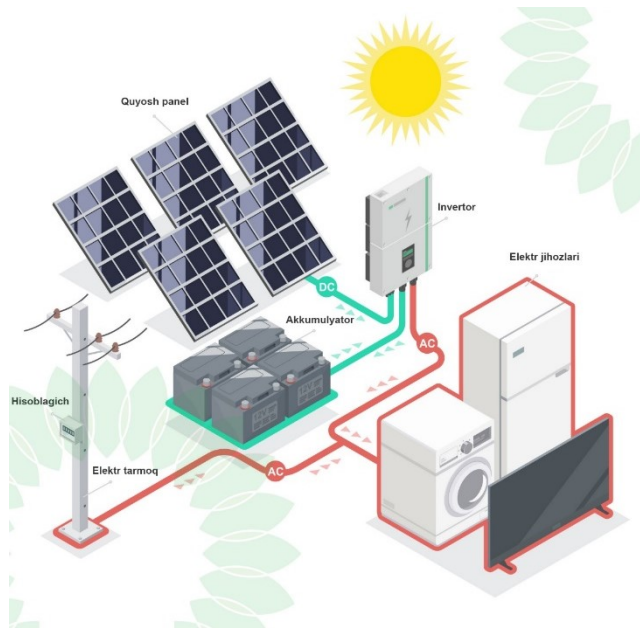
Afzalliklari: Mustaqil ishlaydi ya’ni tarmoq bo‘lmasayam elektr energiya mavjud. Tarmoqdagi elektr energiya o‘chishi ta’sir qilmaydi.

Kamchiliklari: Batareya qimmat va batareyaning ishlash vaqti cheklangan ya’ni yil o‘tgan sari ishlash samaradorligi pasayadi. Tizimni to‘g‘ri loyihalash zarur chunki agar loyiha to‘g‘ri tuzilmagan bo‘lsa bulutli va kunning qorong‘u qismida elektr energiya ishlab chiqarish qiyin bo‘lmaydi.



2-rasm. OFF-GRID tizimli FESning ulanish sxemasi

Gibrid Invertor (Aralash tizim). Gibrid invertor — bu on-grid va off-grid tizimlarning kombinatsiyasi. U quyosh panellaridan, batareya zaxirasidan va elektr tarmog‘idan bir vaqtda yoki navbat bilan foydalanadi. Ya’ni gibrid invertorlar o‘rnatilsa iste’molchi ham batareya, ham tarmoqdan foydalanish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bu invertorlardan foydalanilsa kerakli elektr energiyadan foydalanib ortig‘ini tarmoqqa uzatish imkoni mavjud.



3-rasm. GIBRID tizimli FESning ulanish sxemasi

Invertor tanlovi bevosita tizimning ishlash samaradorligi va ishonchligiga ta'sir qiladi. On-grid invertorlar iqtisodiy jihatdan foydali bo'lsa-da, ular elektr tarmog'iga bog'liq. Off-grid tizimlar mustaqillikni ta'minlaydi, biroq xarajatlari yuqoriroq. Gibrid invertorlar esa universal yechim sifatida qaralib, zamonaviy energiya tizimlarida keng qo'llanilmoqda. Shu sababli invertor turini tanlashda hududiy sharoit, energiya talabi va iqtisodiy omillarni hisobga olish zarur.

Quyosh energetika tizimlarining rivojlanishi bilan bir qatorda invertor texnologiyalarini ishlab chiqaruvchi kompaniyalar soni ham ortib bormoqda. O'zbekiston bozorida asosan quyidagi yetakchi brendlarning invertorlari keng qo'llanilmoqda.

Huawei- bugungi kunda eng sifatli invertorlarni ishlab chiqarishi bilan O'zbekiston bozorida alohida o'rin egallaydi;

Growat- dunyoda keng tarqalgan, narx–sifat nisbatiga ega invertorlar ishlab chiqaruvchisi;

Deye- asosan gibrid va off-grid invertorlar bilan mashhur;

Solax- texnologik jihatdan rivojlangan, zamonaviy dizaynli invertorlar ishlab chiqaradi;

Invt- sanoat darajasidagi invertor va elektr avtomatika yechimlari bilan tanilgan;

Hzsolar- nisbatan yangi, ammo bozorda tez tarqalayotgan brend.;

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, quyosh energetika tizimlarida invertorlar energiyani samarali va barqaror tarzda o'zgartirishda muhim ahamiyatga ega. Tahlil natijasida on-grid, off-grid va gibrid invertorlarning qo'llanish sharoitiga qarab turli ustunliklarga ega ekani aniqlandi. On-grid invertorlar tarmoq mavjud hududlarda iqtisodiy jihatdan samarali bo'lsa, off-grid invertorlar mustaqil energiya ta'minotini ta'minlaydi. Gibrid invertorlar esa moslashuvchanligi bilan ajralib turadi. Shuningdek, O'zbekiston bozorida turli ishlab chiqaruvchilarning mavjudligi texnologik tanlov imkoniyatini kengaytiradi. Umuman olganda, invertor turini

to‘g‘ri tanlash quyosh energiyasi tizimining samaradorligini oshirishda muhim omil hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Rakhmonov I.U., Reymov K.M. Regularities of change of energy indicators of the basic technological equipment of the cotton cleaning industry// Journal of Physics: Conference Series. APITECH-2019. – 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055038.
2. Taslimov A.D., Rakhmonov I.U. Optimization of complex parameters of urban distribution electric networks // Journal of Physics: Conference Series. APITECH-2019. – 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055046
3. Abdukarimova M.O. “Tarmoqqa integratsiyalashgan inverterlarning dinamik barqarorligini ta’minlovchi raqamli boshqarish tizimlari”, TDAU jurnali, 3-4-son, 12-18-sahifa Toshkent 2026-y. 20-fevral.
4. Siddikov, I., Temirov, A. Gibrad energiya ta’minoti: manbalarning boshqaruvi va monitoringi. Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросы Цифровых Технологий, 7(1), 59–65. 2024

INVERTORLARNI MONITORING QILISH TIZIMLARI

Omonov F.B.

Energetika kafedrası mudiri, PhD, dots.
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
faxriomonov@gmail.com

Tojiyev E.M.

Energetika kafedrası magistranti
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
tojiyev1@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada inverterlarni monitoring qilish tizimlarining ahamiyati va ularning zamonaviy quyosh energetika tizimlaridagi o‘rni tahlil qilinadi. Quyosh elektr stansiyalarida inverterlarning uzluksiz va samarali ishlashini ta’minlash uchun monitoring tizimlari muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotda monitoring tizimlarining asosiy funksiyalari, jumladan real vaqt rejimida nazorat qilish, nosozliklarni aniqlash va elektr energiya ishlab chiqarishni tahlil qilish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, turli ishlab chiqaruvchilarning monitoring platformalari va ularning texnik xususiyatlari solishtirilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, monitoring tizimlaridan foydalanish energiya samaradorligini oshirish va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi. Ushbu tadqiqot natijalari quyosh energetika tizimlarini boshqarishda samarali monitoring yechimlarini tanlash uchun muhim ahamiyatga ega.

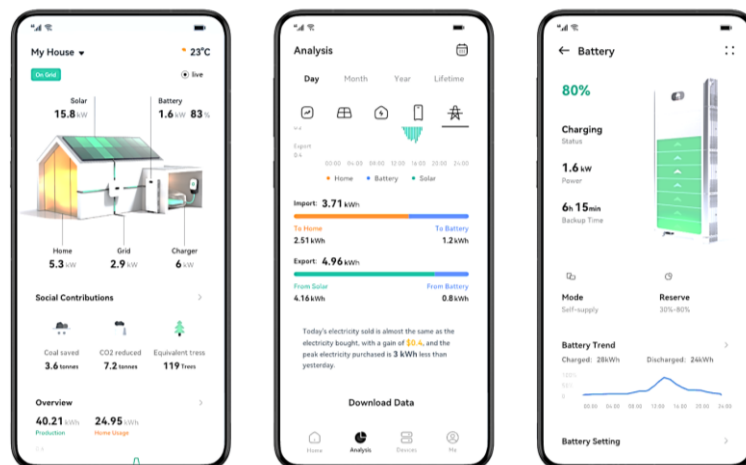
Kalit so‘zlar: inverter, quyosh panel, monitoring, fusion solar app, solarman smart, Wi-Fi aloqa tizimi, modem, akkumulyator.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

So‘nggi yillarda quyosh energetika tizimlarining keng joriy etilishi inverterlarning ishonchli va samarali ishlashini ta‘minlash masalasini dolzarb qilib qo‘ymoqda. Inverterlar quyosh panellaridan olinadigan o‘zgarmas tokni o‘zgaruvchan tokka aylantiruvchi asosiy qurilma bo‘lib, ularning uzluksiz ishlashi butun tizim samaradorligiga bevosita ta‘sir qiladi. Shu sababli inverterlarni real vaqt rejimida nazorat qilish va ularning texnik holatini kuzatib borish muhim ahamiyatga ega. Amaliyotda monitoring tizimlari yordamida inverterlarning ishlash ko‘rsatkichlarini tahlil qilish, nosozliklarni erta aniqlash va energiya ishlab chiqarishni optimallashtirish imkoniyati mavjud. Biroq, mavjud monitoring tizimining samaradorligi va qo‘llanish xususiyatlari yetarlicha o‘rganilmagan. Shu bois mazkur maqolada inverterlarni monitoring qilish tizimlarining asosiy imkoniyatlari va ularning samaradorligi tahlil qilinadi.

Bugungi kunda keng foydalanishda bo‘lgan har bir inverterni monitoring qilish uchun EHM qurilmalari hamda mobil telefonlar interfeysiga mos keluvchi maxsus ilova va dasturlar mavjud. Ular o‘z navbatida tizim interfeysi, funksiyaviy imkoniyatlari, grafik dizayni hamda boshqarish ko‘rsatkichlari bo‘yicha bir necha turlarga ajratiladi. Misol tariqasida mobil qurilmalar uchbun mo‘ljallangan quyidagi ilovalardan foydalanish hamda inverter bilan bog‘lash bosqichlari ko‘rib chiqiladi.

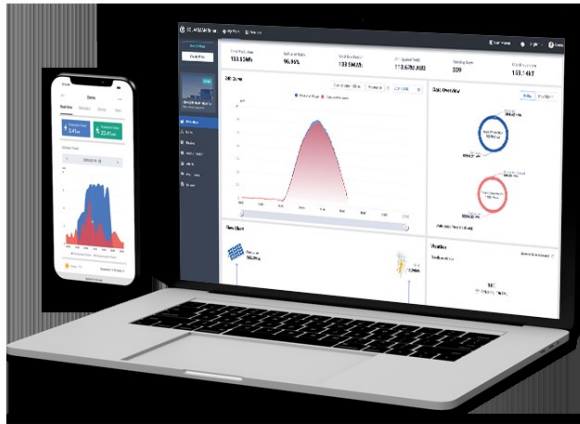
Fusion Solar App-quyosh elektr stansiyalarining real vaqt rejimida ishlash holatini kuzatish. Ushbu ilova yordamida quyosh elektr stansiyasining qancha quvvat ishlab chiqaryotganligi va iste‘mol ko‘rsatkichlari, batareyaning quvvati, panel sirti harorati kabi ko‘rsatkichlarni real vaqt rejimida olish imkoniyati mavjud. Bundan tashqari elektr stansiya orqali kunlik, oylik va yillik ishlab chiqarilayotgan elektr energiya haqida ma‘lumotlarini ko‘rish mumkin. Shu bilan birgalikda ilova, iste‘molchi tomonidan qancha elektr energiya iste‘mol qilinganligini va qancha quvvat energetika tizimiga uzatilayotganligi haqida ma‘lumotlarni ko‘rsatadi.



Solarman Smart-bu quyosh fotoelektr tizimlarini monitoring qilish va energiyani boshqarish uchun mo‘ljallangan mobil ilovadir. Ilova Android va iOS qurilmalarda mavjud bo‘lib, foydalanuvchilarga quyosh panellaridan olinayotgan elektr energiya, iste‘mol, batareya holati va tarmoqqa ulanish haqida real vaqt rejimida ma‘lumot beradi. Bu qulay foydalanuvchi interfeysi orqali quyosh PV (fotovoltaik) tizimining barcha asosiy parametrlarini bir joyda ko‘rish va boshqarish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

imkonini beruvchi tizimdir. U uy egalaridan tortib xizmat ko‘rsatish mutaxassislarigacha bo‘lgan foydalanuvchilar uchun moslashtirilgan. Bu ilova elektr energiya iste‘molini grafik ko‘rinishida ko‘rsatib turadi.



Invertorlarning ko‘plab turlari mavjud bo‘lib, bundan “DEYE” brendidagi invertorni Wi-Fi tizimi orqali monitoring qilish quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi.

Deye invertori uchun SolarmanSmart ilovasi o‘rnatiladi. Ilova o‘rnatilgandan so‘ng mamlakat tanlanadi va gmail adres kiritiladi. Gmailga kod yuboriladi va yuborilgan kod kiritiladi. Keyingi o‘rinda parol o‘rnatiladi, parol 8 ta raqam va harflardan iborat bo‘lishi lozim. So‘ngra o‘rnatilgan joyi (uy, ishxona, korxona va h.k) manzili va joylashuvi kiritiladi. Keyingi bo‘limda qanday invertor o‘rnatilganligi tanlanadi ya’ni ON GRID, OFF GRID yoki GIBRID qaysi o‘rnatilgan bo‘lsa shu tanlanadi, agarda iste‘moldan ortig‘i tarmoqqa sotilishi rejalashtirilgan bo‘lsa u ham tanlanadi va quyosh paneli quvvati qanchaligi kiritiladi. Keyingi bo‘limda akumlyator bor yo‘qligini so‘raydi bor bo‘lsa borligini yo‘q bo‘lsa yo‘qligi kiritiladi va kirish bosilganda hisob (akkount) yaratiladi. So‘ngra invertor briktiriladi va invertordagi modem qurilmasi QR skaner qilinadi. Kirgandan so‘ng mobil aloqaga ulangan Wi-Fi tizimining paroli kiritiladi va invertordagi rotorli modemga ulanish uchun modem qurilmasining o‘ziga parol yozilgan bo‘ladi va shu parol kiritiladi. Oxirgi navbatda krish tugmasi bosiladi va ilova ishlay boshlaydi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, invertorlarni monitoring qilish tizimlari quyosh energetika qurilmalarining samarali va ishonchli ishlashini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Invertorlarni Wi-Fi tizimiga ulash va monitoring qilish real vaqt rejimida ma’lumotlarni kuzatish, energiya ishlab chiqarishni tahlil qilish va nosozliklarni o‘z vaqtida aniqlash imkonini beradi. Monitoring tizimidan foydalanish orqali energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini optimallashtirish mumkin. Shuningdek, masofaviy boshqaruv va nazorat funksiyalari foydalanuvchiga tizim ustidan to‘liq nazorat o‘rnatish imkonini beradi. Olingan natijalar invertor monitoring tizimlarini amaliyotda keng qo‘llash quyosh energetika tizimlarining umumiy samaradorligini oshirishini ko‘rsatadi. Shu bois zamonaviy monitoring texnologiyalarini joriy etish energetika sohasining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

1. Rakhmonov I.U., Reymov K.M. Regularities of change of energy indicators of the basic technological equipment of the cotton cleaning industry// Journal of Physics: Conference Series. APITECH-2019. – 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055038.
2. Taslimov A.D., Rakhmonov I.U. Optimization of complex parameters of urban distribution electric networks // Journal of Physics: Conference Series. APITECH-2019. – 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055046
3. Abdukarimova M.O. “Tarmoqqa integratsiyalashgan inverterlarning dinamik barqarorligini ta’minlovchi raqamli boshqarish tizimlari”, TDAU jurnali, 3-4-son, 12-18-sahifa Toshkent 2026-y. 20-fevral.
4. Siddikov, I., Temirov, A. Gibrud energiya ta’minoti: manbalarning boshqaruvi va monitoringi. Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросы Цифровых Технологий, 7(1), 59–65. 2024

RULES FOR THE INSTALLATION AND OPERATION OF SOLAR POWER PLANT INVERTERS

Omonov Faxriddin Berdiyoy ugli

Associate Professor at Termez State University of Engineering and Agrotechnologies;
faxriomonov@gmail.com

Tojiyev Eldor Mamasharif ugli

Master's student at department of Energy
Termez State University of Engineering and Agrotechnologies
tojiyevel@gmail.com

Annotatsiya: Hozirgi kunda yurtimizda quyosh panellari tomonidan elektr energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari oshib bormoqda. Ma’lumki, quyosh panellari tomonidan ishlab chiqariladigan o‘zgarmas tokni iste’molchi uchun mos o‘zgaruvchan qiymatga aylantirib berish zarur. Ushbu vazifani bajarishda qo‘llaniladigan inverterlarning o‘rnatilish hamda foydalanish qoidalari bo‘yicha elektr energiya iste’molchilari texnik ko‘nikmalarini oshirish bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: inverter, LCD, o‘zgaruvchan tok, o‘zgarmas tok, izolyatsiya, tarmoq, neytral, PV modul, batareya, kontakt.

Nowadays, power electronics devices are gaining significant importance in the processes of efficient conversion and transmission of electrical energy. One such device, the inverter, serves to convert direct current (DC) into alternating current (AC) and is an integral part of modern power systems. In particular, inverters serve as the main technological link in delivering energy generated by solar and wind power plants to consumers. The operational efficiency, reliability, and longevity of inverters largely depend on their proper installation and operating conditions.

Practice shows that improper installation of inverters, non-compliance with electrical parameters, or inadequate maintenance organization can lead to a decrease in device efficiency, increased energy losses, and even emergency situations. At the same time, ensuring energy efficiency in modern power systems, optimizing equipment performance, and reducing operating costs remain among the most pressing issues. This requires the development of scientifically grounded installation rules for inverters and the improvement of methods for their effective use.

Before installing the inverters, the device is inspected to ensure that there is no damage to the equipment inside the package. When installing an inverter, it is first necessary to thoroughly study the installation site. The inverter cannot be installed near flammable building materials. Because if a short circuit occurs in the inverter or it heats up, there is a high probability of a fire. The fact that the LCD display is always visible allows for the monitoring of its operating mode. To ensure proper air circulation for heat removal, a space is left around the mounting fans. These dimensions, depending on the type of inverter, must be at least 20 cm from the sides and at least 50 cm from the top and bottom. This ensures the good and long-term operation of the inverter. The optimal operation of an inverter is a process that also depends on the ambient temperature. That is, the air temperature between 0°C and 55°C is considered the most optimal temperature. The inverter should be installed in a vertical position on the wall. To ensure heat dissipation and sufficient space for connecting or disconnecting current-carrying wires, it is necessary to correctly select the surfaces and gaps mentioned above.

After the inverter is installed, it is connected to a power source. That is, the AC connection of alternating current is considered. Before connecting the inverter to the input power source, separate AC switching devices are installed between the inverter and the AC input. This ensures safe disconnection of the inverter during maintenance and full protection against excessive alternating current flows. All cable grades used in the connection process must be of the recommended value, as they must be able to withstand the flowing current; otherwise, the wires will overheat.

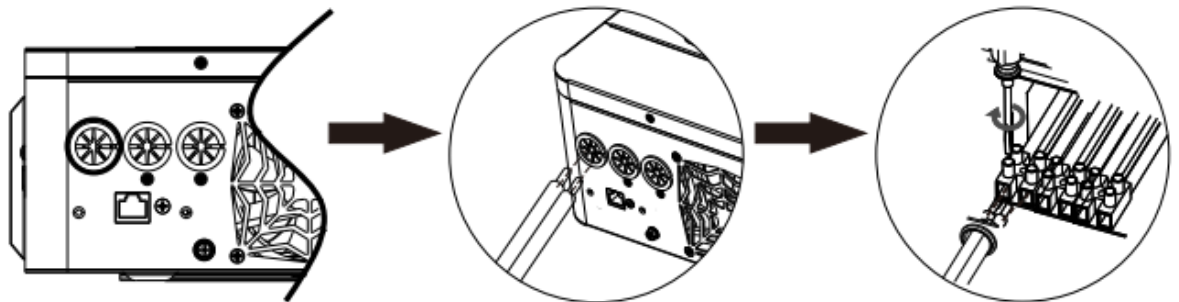


Figure 1. Connection points at the bottom of the inverter.

Below are recommendations for connecting inverters operating on a hybrid system to the network. First of all, before installing the AC input and output connection, it is required to turn off the first DC DC shield or disconnecter. Then, the AC network is connected to the «AC in» and «AC out» terminals of the inverter. It is important to pay attention to the symbols in the inverter. L is the line, N is the

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

neutral, DC is the direct current, AC is the alternating current, PV is the current conductor from the solar panel, and AK is the battery connection point.

At the connection stage, it is necessary to ensure that the cables are securely connected. If electricity is interrupted and restored for a short time, it can cause damage to the connected equipment. This causes an overload failure to protect the inverter device and blocks the network.

Before connecting to the PV modules, a separate switch must be installed between the inverter and the PV modules. This circuit breaker ensures that the device is not damaged in the event of a network failure. For the safety and efficient operation of the system, special cables must be used to connect the PV module.

Due to the fact that modern inverters are equipped with intelligent control and safety systems, they protect themselves and block the network in the event of an emergency. In this case, by means of codes displayed on the LCD display, it is possible to be informed about a malfunction occurring in the inverter. We will familiarize ourselves with their brief description in the following sequence.

Table 1

Codes	Error Reason
01	indicates that the fan (cooling system) is blocked when the inverter is turned off
02	indicates extreme temperature i.e. it means that the air temperature has risen excessively.
03	battery voltage is too high, indicates voltage is at its peak
04	battery voltage is very low, which means it has dropped to a minimum
05	when the output exceeds a short circuit or temperature
06	indicates that the output voltage is too high
07	overload indicates that the load has increased
08	means that the stress on the tire is too high
09	indicates a tire start error
51	indicates an excess current
52	indicates that the tire voltage is very low
53	indicates an error when starting the inverter

Analysis has shown that correctly installing inverters in accordance with technical requirements is one of the key factors ensuring their stable and efficient operation. During the operation of the devices, it was determined that monitoring

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

systems allow for the rapid detection and rectification of malfunctions based on specific codes appearing on the screen. This serves to prevent emergency situations, extend the service life of the device, and reduce energy losses. Furthermore, the use of systems for continuous monitoring and diagnostics of inverter operating parameters plays an important role in increasing their overall efficiency. As a result, the comprehensive application of correct installation and effective operation approaches serves as an important factor in ensuring the reliability of power supply systems.

LIST OF USED LITERATURE

1. Electrical Equipment Structure Rules (PUE).
2. User manuals for using inverters.
3. «Rules for the Use of Electric Energy,» approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan No. 319 dated May 31, 2024.
4. Yu.S. Zhelezko. «Electricity losses, reactive power, electricity quality». Moscow, 2009.

INVERTORLARNI BOSHQARISH TIZIMLARINI TAHLIL QILISH

Omonov F.B.

Energetika kafedrası mudiri, PhD, dots.
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
faxriomonov@gmail.com

Tojiyev E.M.

Energetika kafedrası magistranti
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
tojiyev1@gmail.com

Qurbonazarov S.E.

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
sukhrob0056885@gmail.com

Annotatsiya: Elektr energiyasini o‘zgartirish jarayonlarida inverterlarning samarali ishlashi ularning boshqaruv tizimlariga bevosita bog‘liqdir. Ushbu maqolada inverterlarni boshqarish tizimlari tahlil qilinib, PWM asosidagi boshqaruv usullari, maksimal quvvat nuqtasini kuzatish (MPPT) algoritmlari hamda raqamli boshqaruv tizimlari o‘rganiladi. Tadqiqot natijalari samarali boshqaruv algoritmlarini qo‘llash inverterlarning energiya samaradorligini va chiqish signal sifatini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: inverter boshqaruvi, PWM, MPPT, raqamli boshqaruv, energiya samaradorligi.

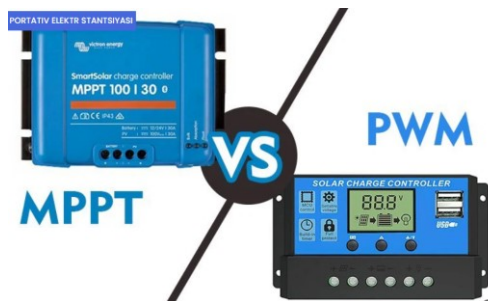
Elektr energiyasini samarali boshqarish va uzatish zamonaviy energetika tizimlarining asosiy vazifalaridan biridir. Inverterlar ushbu jarayonda o‘zgarmas

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

tokni o‘zgaruvchan tokka aylantiruvchi muhim qurilma hisoblanadi. Biroq inverterlarning samarali ishlashi ularning boshqaruv tizimlariga bevosita bog‘liq.

Boshqaruv tizimlari chiqish kuchlanishi va chastotani barqarorlashtirish, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va tizimning ishonchligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Shu sababli inverterlarni boshqarish usullarini tahlil qilish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Mazkur maqolaning maqsadi inverterlarni boshqarish tizimlarini tahlil qilish va ularning samaradorlikka ta‘sirini aniqlashdan iborat.

Inverterlarni boshqarish tizimi bir nechta asosiy bloklardan iborat: boshqaruv moduli, signal shakllantirish qismi va qayta aloqa tizimi. Boshqaruv moduli odatda mikroprotsessor yoki DSP asosida ishlaydi va inverting ishlash jarayonini nazorat qiladi. Qayta aloqa tizimi orqali chiqish kuchlanishi, tok va chastota o‘lchanib, boshqaruv tizimiga uzatiladi. Bu esa tizimga real vaqt rejimida moslashish imkonini beradi.



PWM asosidagi boshqaruv- PWM (Pulse Width Modulation) inverterlarni boshqarishda eng keng qo‘llaniladigan usuldir. Ushbu usul impulslarning kengligini o‘zgartirish orqali chiqish kuchlanishini boshqaradi va sinusoidal shaklga yaqin signal hosil qiladi.

$$U_{out} = U_{dc} \cdot m \cdot \sin(\omega t)$$

PWM usuli yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi va signal sifatini yaxshilaydi.

MPPT algoritmlari- quyosh energetika tizimlarida maksimal quvvat nuqtasini kuzatish (MPPT) algoritmlari muhim ahamiyatga ega. Ushbu algoritmlar quyosh panellaridan maksimal energiya olish imkonini beradi.

MPPT tizimi kirish parametrlarini doimiy tahlil qilib, inverting optimal ish rejimini aniqlaydi. Eng ko‘p qo‘llaniladigan usullar — “Perturb and Observe” va “Incremental Conductance”.



MPPT va PWM samaradorligi, agar 200 Vt quyosh panel va kuchlanish 12 V batareya bilan mos kelmasa, PWM kontrolleri samarasizligi tufayli batareyada faqat 140 Vt-160 Vt quvvat berishi mumkin. Bundan farqli o‘laroq, MPPT kontrolleri to‘liq 200 Vt quvvatni (yoki ideal sharoitlarda undan ham ko‘proq) etkazib beradi.

Samaradorlikning bunday o‘shishi asosiy energiya manbasi sifatida quyoshga tayanganida juda muhim, chunki u to‘g‘ridan-to‘g‘ri zaryadlash vaqtini qisqartiradi, batareyaning ishlash muddatini uzaytiradi va foydalanishga yaroqli energiyaga olib keladi. Raqamli boshqaruv tizimlari inverterlarning ishlashini aniq va samarali boshqarish imkonini beradi. Ular mikroprotssessor yoki DSP asosida ishlaydi va PWM signallarini shakllantirish hamda MPPT algoritmlarini amalga oshirishni ta‘minlaydi. Qayta aloqa tizimi orqali kuchlanish va tok o‘lchanib, ADC yordamida raqamli ko‘rinishga o‘tkaziladi va real vaqt rejimida boshqaruv amalga oshiriladi. Bundan tashqari, raqamli tizimlar diagnostika, himoya va masofaviy monitoring imkoniyatlarini ham ta‘minlaydi. Natijada inverterlarning ishonchliligi va samaradorligi oshadi.

O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, inverterlarni boshqarish tizimlari ularning samarali va barqaror ishlashini ta‘minlaydi. PWM asosidagi boshqaruv usullari chiqish signalining sifatini yaxshilasa, MPPT algoritmlari energiya samaradorligini oshiradi. Raqamli boshqaruv tizimlari esa inverterlarning aniqligi, tezkorligi va ishonchliligini ta‘minlaydi. Natijada zamonaviy boshqaruv tizimlarini qo‘llash inverterlarning umumiy ishlash ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi va energetika tizimlarining barqarorligini oshiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Rakhmonov I.U., Reymov K.M. Regularities of change of energy indicators of the basic technological equipment of the cotton cleaning industry// Journal of Physics: Conference Series. APITECH-2019. – 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055038.
2. Taslimov A.D., Rakhmonov I.U. Optimization of complex parameters of urban distribution electric networks // Journal of Physics: Conference Series. APITECH-2019. – 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055046
3. Abdukarimova M.O. “Tarmoqqa integratsiyalashgan inverterlarning dinamik barqarorligini ta‘minlovchi raqamli boshqarish tizimlari”, TDAU jurnali, 3-4-son, 12-18-sahifa Toshkent 2026-y. 20-fevral.
4. Siddikov, I., Temirov, A. Gibrid energiya ta‘minoti: manbalarning boshqaruvi va monitoringi. Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросы Цифровых Технологий, 7(1), 59–65. 2024

INVERTORLARNING TUZILISHI VA ISHLASH PRINSIPI

Omonov F.B.

Energetika kafedrası mudiri, PhD, dots.
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
faxriomonov@gmail.com

Tojiyev E.M.

Energetika kafedrası magistranti
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
tojiyev1@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada invertorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi tahlil qilinadi. Elektr energiyasini o‘zgarmas tokdan o‘zgaruvchan tokka aylantiruvchi invertorlar zamonaviy energetika tizimlarida, ayniqsa quyosh energetikasida muhim ahamiyatga ega. Tadqiqotda invertorlarning asosiy tarkibiy qismlari, jumladan kuch elektronika elementlari, boshqaruv modullari va filtr tizimlari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, ularning ishlash prinsipi, signalni o‘zgartirish jarayoni hamda energiya samaradorligiga ta’siri tahlil etilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, invertorlarning to‘g‘ri tanlanishi va samarali ishlashi butun energiya tizimining barqarorligi va ishonchliligini ta’minlaydi.

Kalit so‘zlar: invertor, o‘zgarmas tok, o‘zgaruvchan tok, PWM, kuch elektronika, energiya samaradorlig

Zamonaviy energetika tizimlarida elektr energiyasini samarali boshqarish va uzatish muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida ishlovchi tizimlarda elektr energiyasini o‘zgarmas tokdan o‘zgaruvchan tokka aylantirish zarurati yuzaga keladi. Ushbu jarayonni amalga oshiruvchi asosiy qurilmalardan biri invertor hisoblanadi. Invertorlar nafaqat energiya turini o‘zgartiradi, balki kuchlanish va chastotani barqarorlashtirish, tizimning ishonchli ishlashini ta’minlash kabi vazifalarni ham bajaradi. Shu sababli ularning tuzilishi va ishlash prinsipini o‘rganish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Mazkur maqolaning maqsadi invertorlarning asosiy tarkibiy qismlari va ishlash prinsipini tahlil qilishdan iborat.

Inverter invertor pallasida, mantiqiy nazorat qilish davri va filtr sxemasidan iborat bo‘lib, asosan kirish interfeysi, kuchlanishni ishga tushirish davri, MOS kaliti trubkasi, PWM tekshirgichi, DC konvertatsiya davri, qayta aloqa davri, LC tebranish va chiqish davri, yuk va boshqalar. Tekshirish sxemasi butun tizimning ishlashini nazorat qiladi, inverter davri to‘g‘ridan-to‘g‘ri oqimni o‘zgaruvchan tokga aylantirish funksiyasini bajaradi va filtr sxemasi keraksiz signallarni filtrlash uchun ishlatiladi. Inverter sxemasining ishi ham quyidagicha takomillashtirilishi mumkin: birinchidan, tebranish sxemasi to‘g‘ridan-to‘g‘ri oqimni o‘zgaruvchan tokga aylantiradi; ikkinchidan, bobin tartibsiz o‘zgaruvchan tokni kvadrat to‘lqinli o‘zgaruvchan oqimga oshiradi; nihoyat, rektifikatsiya o‘zgaruvchan tokni kvadrat to‘lqindan sinus to‘lqinga o‘zgartiradi o‘zgaruvchan tok .



Invertorning kirish qismiga odatda quyosh panellari yoki akkumulyator batareyalaridan keluvchi o‘zgarmas tok ulanadi. Ushbu tok dastlab kirish filtri orqali o‘tkazilib, shovqinlar va kuchlanish tebranishlari kamaytiriladi. Keyingi bosqichda energiya kuch elektronika blokiga uzatiladi. Bu blok invertorning yuragi hisoblanib, u yarimo‘tkazgich kalitlar — IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) yoki MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) elementlaridan tashkil topadi. Ushbu elementlar yuqori tezlikda yoqilib-o‘chib, elektr signalini impulsli shaklga keltiradi. Natijada o‘zgarmas tok asosida o‘zgaruvchan tokning dastlabki shakli hosil qilinadi. Invertor tarkibida boshqaruv tizimi alohida muhim o‘rin tutadi. Ushbu modul mikroprotsessyor yoki mikrokontroller asosida ishlaydi va PWM (Pulse Width Modulation) algoritmlari yordamida yarimo‘tkazgich kalitlarning ishlash tartibini boshqaradi. Boshqaruv tizimi chiqish kuchlanishi, chastota va fazani nazorat qilib, elektr tarmog‘i talablariga mos signal hosil qiladi. Chiqish qismida esa LC yoki LCL tipidagi filtrlar qo‘llaniladi. Bu filtrlar impulsli signalni silliqlab, uni sinusoidal shaklga yaqinlashtiradi hamda garmonik buzilishlarni kamaytiradi. Bundan tashqari, zamonaviy invertorlarda himoya tizimlari ham mavjud bo‘lib, ular ortiqcha tok, ortiqcha kuchlanish, qizib ketish va qisqa tutashuv holatlarida qurilmani avtomatik o‘chiradi.

Invertorning ishlash prinsipi o‘zgarmas tokni o‘zgaruvchan tokka aylantirish jarayoniga asoslanadi. Bu jarayon bir necha bosqichda amalga oshiriladi. Dastlab, o‘zgarmas tok yarimo‘tkazgich kalitlar yordamida impulsli kuchlanishga aylantiriladi. Ushbu impulslar ma’lum tartibda boshqarilib, o‘zgaruvchan tokning sun’iy shakli hosil qilinadi.

$$U(t) = U_{max}\sin(\omega t)$$

Amaliyotda ideal sinusoidal signalni to‘g‘ridan-to‘g‘ri hosil qilish qiyin bo‘lgani sababli PWM usuli qo‘llaniladi. PWM usulida impulslarning kengligi o‘zgartirilib, o‘rtacha qiymati sinusoidal qonuniyatga moslashtiriladi. Keyinchalik filtrlar yordamida ushbu impulsli signal silliqlanib, sifatli o‘zgaruvchan tok olinadi. Invertorlarning ishlash samaradorligi ularning konstruksiyasi va boshqaruv algoritmlariga bog‘liq bo‘lib, zamonaviy invertorlarda foydali ish koeffitsienti 90–98% gacha yetadi. Bundan tashqari, invertorlar yuklama o‘zgarishiga tez moslashish, chastota va kuchlanishni barqaror ushlab turish imkoniyatiga ega. Zamonaviy invertorlarda qo‘shimcha funksiyalar ham mavjud bo‘lib, ular orasida

maksimal quvvat nuqtasini kuzatish (MPPT), masofaviy monitoring, avtomatik sozlash va himoya tizimlari alohida ahamiyatga ega. Bu esa invertorlarni nafaqat energiya o‘zgartiruvchi, balki murakkab boshqaruv qurilmasi sifatida qarash imkonini beradi.

O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, invertorlar o‘zgarmas tokni o‘zgaruvchan tokka aylantirishda muhim qurilma hisoblanadi. Ularning tuzilishi kuch elektronika elementlari, boshqaruv modullari va filtr tizimlaridan iborat bo‘lib, o‘zaro uyg‘un ishlaydi. Invertorlarning ishlash prinsipi PWM texnologiyasi asosida impulsli signalni sinusoidal shaklga keltirishga asoslanadi. Natijada zamonaviy invertorlar yuqori samaradorlik va ishonchlilikni ta‘minlaydi hamda energetika tizimlarining barqaror ishlashida muhim rol o‘ynaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Rakhmonov I.U., Reymov K.M. Regularities of change of energy indicators of the basic technological equipment of the cotton cleaning industry// Journal of Physics: Conference Series. APITECH-2019. – 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055038.
2. Taslimov A.D., Rakhmonov I.U. Optimization of complex parameters of urban distribution electric networks // Journal of Physics: Conference Series. APITECH-2019. – 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055046
3. Abdukarimova M.O. “Tarmoqqa integratsiyalashgan invertorlarning dinamik barqarorligini ta‘minlovchi raqamli boshqarish tizimlari”, TDAU jurnali, 3-4-son, 12-18-sahifa Toshkent 2026-y. 20-fevral.
4. Siddikov, I., Temirov, A. Gibrid energiya ta‘minoti: manbalarning boshqaruvi va monitoringi. Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросы Цифровых Технологий,

O‘ZBEKISTON YENGIL SANOAT KORXONALARIDA YASHIL TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHNING IQTISODIY SAMARADORLIGI

Otaboyev Umrbek Umidbek o‘g‘li

Xalqaro Nordik universiteti tayanch doktoranti

u.otaboyev@nordicuniversity.org

ORCID: [0009-0008-7269-9451](https://orcid.org/0009-0008-7269-9451)

+998957470357

Annotatsiya. Mazkur maqolada O‘zbekiston yengil sanoat korxonalarida yashil texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy samaradorligi tahlil qilingan. Tadqiqotda 2021-2025 yillar davomida mamlakatda qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarishning 3,4 barobarga oshganligi va tejalgan tabiiy gaz hajmining 0,8 mlrd m³ dan 3,2 mlrd m³ ga yetganligi statistik ko‘rsatkichlar asosida baholangan. Xalqaro tajriba - Bangladesh va Vetnamdagi LEED sertifikatlangan yengil sanoat korxonalari misolida - O‘zbekiston sharoiti bilan qiyosiy tahlil qilingan. Olingan

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

natijalar shuni ko‘rsatadiki, yashil texnologiyalarni joriy etish orqali energiya tejami 15-31%, elektr energiyasi xarajatlari kamayishi esa 10% ga yetishi mumkin, investitsiyalar esa 3-8 yil ichida o‘zini oqlaydi. Maqolada O‘zbekistonning “Yashil iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi” (2019-2030) va “O‘zbekiston-2030” milliy strategiyasi doirasidagi siyosiy choralar tahlil etilgan hamda yengil sanoat korxonalarida yashil texnologiyalarni kengaytirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: yashil texnologiyalar, yengil sanoat, iqtisodiy samaradorlik, energiya tejamkorligi, qayta tiklanuvchi energiya, LEED sertifikatlash, sanoat modernizatsiyasi, yashil investitsiyalar, O‘zbekiston, barqaror rivojlanish.

Kirish

So‘nggi yillarda global miqyosda barqaror rivojlanish tamoyillari va ekologik xavfsizlik masalalari dunyo iqtisodiyotining ustuvor yo‘nalishiga aylanmoqda. Yashil texnologiyalarni sanoat korxonalarida keng qo‘llash nafaqat atrof-muhitni muhofaza qilish, balki energiya xarajatlarini kamaytirish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va xalqaro raqobatbardoshlikni ta‘minlash imkonini beruvchi strategik vosita sifatida tan olinmoqda [1, 2].

O‘zbekistonda ushbu yo‘nalish davlat siyosatining ustuvor vazifasiga aylangan. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 4 oktyabrdagi PQ-4477-sonli Qarori bilan tasdiqlangan “2019-2030 yillarda O‘zbekiston Respublikasining ‘yashil’ iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi” [3] va 2023 yil 11 sentyabrdagi PF-158-sonli Farmoni bilan qabul qilingan “O‘zbekiston-2030” milliy rivojlanish strategiyasi [4] doirasida energiya samaradorligini 2030 yilga qadar ikki barobarga oshirish, sanoat korxonalarining infratuzilmasini modernizatsiya qilish va ekologik toza texnologiyalarni ishlab chiqarish jarayonlariga joriy etish vazifalari belgilangan. Mazkur strategiyalarning amalga oshirilishi natijasida 2021-2025 yillar davomida mamlakatda qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarish 5,0 mlrd kVt·soatdan 16,8 mlrd kVt·soatga (ya‘ni 3,4 barobarga) oshdi, tejalgan tabiiy gaz hajmi esa 0,8 mlrd m³ dan 3,2 mlrd m³ ga yetdi [5].

Shu bilan birga, yengil sanoat korxonalari - to‘qimachilik, tikuvchilik, chirm-poyabzal tarmoqlari - energiya sig‘imi yuqori bo‘lgan ishlab chiqarish sohalariga kiradi. 2023 yildan boshlab korxonalar uchun elektr energiyasi tarifining ikki barobarga oshirilishi [6] bu tarmoqlarda yashil texnologiyalarga sarmoya kiritishning iqtisodiy zaruriyatini yanada kuchaytirdi. Xalqaro tajriba - Bangladesh, Vetnam va boshqa mamlakatlardagi LEED sertifikatlangan zavodlar misolida - ko‘rsatadiki, quyosh panellari, issiqlikni qayta utilizatsiya qilish va smart boshqaruv tizimlari orqali energiya tejami 15-31% ga, elektr xarajatlari esa 10% gacha kamayishi mumkin, investitsiyalar 3-6 yil ichida qoplanadi [7, 8].

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi shundan iboratki, O‘zbekiston yengil sanoat korxonalari misolida yashil texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy samaradorligini mahalliy kontekstda kompleks baholashga doir alohida ilmiy tadqiqotlar hali yetarlicha amalga oshirilmagan [1].

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Tadqiqotning maqsadi - O‘zbekiston yengil sanoat korxonalarida yashil texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy samaradorligini baholash va uni oshirishning amaliy yo‘llarini asoslashdir.

Belgilangan maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qo‘yilgan: yashil texnologiyalarni joriy etishning nazariy asoslarini o‘rganish; xorijiy va mahalliy tajribani qiyosiy tahlil qilish; yengil sanoat korxonalarida energiya tejamkorligi va resurs samaradorligi ko‘rsatkichlarini aniqlash; hamda olingan natijalar asosida amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot predmeti sifatida yengil sanoat korxonalarida yashil texnologiyalarni qo‘llash jarayonida vujudga keladigan iqtisodiy munosabatlar ko‘rib chiqiladi.

Adabiyotlar tahlil.

Xorijiy va mahalliy ilmiy manbalarni o‘rganish orqali yashil texnologiyalarni yengil sanoat korxonalarida joriy etishning iqtisodiy samaradorligiga doir asosiy tushunchalar va empirik natijalar quyidagicha tahlil qilindi.

Mahalliy tadqiqotlar orasida N. Zuxurovaning ishida sanoat korxonalarida yashil logistika tizimini joriy etishning iqtisodiy va ekologik samaradorligini baholashga qaratilgan integrallashgan metodologiya ishlab chiqilgan. Tadqiqotda iqtisodiy, ekologik va operatsion ko‘rsatkichlarni yagona tizimga birlashtiruvchi indeks taklif etilgan bo‘lib, yashil texnologiyalar nafaqat ekologik, balki iqtisodiy jihatdan ham samarali ekanligi isbotlangan [1]. Bu natija tahlil va natijalar qismida keltirilgan 1-jadval ma‘lumotlari - qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarishning 2021-2025 yillar davomida 3,4 barobarga o‘ssishi - bilan bevosita izchillikni ifodalaydi.

A. Mirzaqulovning monografiyasida yashil iqtisodiyot va korxona resurslarini boshqarish masalalari ko‘rib chiqilib, xalqaro investitsiyalar va texnologiyalarni jalb qilish uchun yashil iqtisodiyot qulay sharoit yaratishi, xalqaro moliyaviy tashkilotlarning yashil loyihalarni qo‘llab-quvvatlashga tayyorligi O‘zbekiston uchun muhim omil ekanligi ta’kidlangan [2]. Bu xulosani Osiyo Taraqqiyot Bankining Envoy Textiles Limited bilan 30 mln AQSh dollariga barqarorlikka bog‘liq kredit bitimi tuzishi [3] amaliy jihatdan tasdiqlamoqda.

Xorijiy manbalar orasida World Economic Forumning 2023-yildagi hisobotida Bangladesh to‘qimachilik sektorida maqsadli energiya samaradorligi choralari umumiy energiya sarfini 25-31% ga kamaytirishi mumkinligi ko‘rsatilgan [4]. Bu ko‘rsatkich O‘zbekiston yengil sanoatida 2023-yildan ikki barobarga oshgan elektr tarifi sharoitida yashil texnologiyalarga sarmoya kiritishning moliyaviy asosini yanada mustahkamlaydi.

ResearchGate jurnalida chop etilgan tadqiqotda quyosh tizimlarini joriy etish elektr iste‘molini 15-30% kamaytirishi, umumiy elektr xarajatlarini esa 10% gacha qisqartirishi mumkinligi, investitsiyalar qoplanish muddati esa 5-6 yilni tashkil etishi aniqlangan [5]. Bu natijalar 2-jadvalda keltirilgan barcha xorijiy korxonalar - Envoy Textiles, Green Textile Ltd, Spectre Garment - tajribasida o‘z tasdig‘ini topgan.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

BGMEA (Bangladesh Kiyim-kechak Ishlab Chiqaruvchilar va Eksportchilar Assotsiatsiyasi) ma'lumotlariga ko'ra, LEED sertifikatlangan zavodlarda quyosh panellari, tabiiy yorug'lik tizimi, yomg'ir suvini yig'ish va ilg'or bino boshqaruv tizimlari kabi kompleks yashil texnologiyalar operatsion xarajatlarni sezilarli kamaytirgan hamda xalqaro xaridor talablariga muvofiqlikni ta'minlagan [6].

Yuqorida keltirilgan manbalar tahlili shuni ko'rsatadiki, yashil texnologiyalarni yengil sanoat korxonalarida joriy etishning iqtisodiy samaradorligi energiya tejami, xarajatlarning kamayishi va investitsiya qoplanish muddati orqali o'lchanadi. Biroq O'zbekiston yengil sanoati misolida ushbu ko'rsatkichlarni mahalliy kontekstda kompleks baholashga qaratilgan alohida tadqiqotlar hali yetarlicha amalga oshirilmagan. Shu sababli, mazkur bo'shliqni to'ldirish ushbu tadqiqotning asosiy ilmiy ahamiyatini belgilab beradi.

Metodologiya. Tadqiqotning nazariy-metodologik asosi sifatida iqtisodiy samaradorlik nazariyasi, barqaror rivojlanish konsepsiyasi va Porter gipotezasi qabul qilingan. Porter gipotezasiga ko'ra, ekologik reglamentlar korxonalar innovatsion faolligini rag'batlantiradi va iqtisodiy samaradorlikni oshiradi [1]. Bu holat O'zbekistonda 2023 yildan ikki barobarga oshirilgan elektr tarifi sharoitida yashil texnologiyalarga sarmoya kiritish zaruriyatida yaqqol namoyon bo'lmoqda.

Tadqiqotda tahlil va sintez, induksiya va deduksiya, qiyosiy tahlil hamda xarajat-foyda tahlili metodlaridan foydalanilgan. Xalqaro korxonalar - Envoy Textiles, Green Textile Ltd, Spectre Garment - tajribasi O'zbekiston sharoiti bilan qiyosiy tahlil qilindi. Energiya tejamkorligi ko'rsatkichlari iqtisodiy-statistik metodlar asosida baholandi.

Axborot bazasi sifatida “Yashil iqtisodiyotga o'tish strategiyasi” (2019-2030) [2], “O'zbekiston-2030” strategiyasi [3], Energetika vazirligi hisobotlari [4], ADB [5], Jahon Iqtisodiy Forumi [6] va mahalliy ilmiy nashrlar [7] asosida foydalanildi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi - iqtisodiy, ekologik va operatsion ko'rsatkichlarni bir vaqtda inobatga oluvchi integrallashgan yondashuv taklif etilganligidir [7].

Tahlil va natijalar.

O'zbekiston yengil sanoat korxonalarida yashil texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy samaradorligini baholash uchun ikkita asosiy yo'nalish tahlil qilindi: energiya tejash ko'rsatkichlari va yashil texnologiyalar asosida modernizatsiyaning moliyaviy natijalari.

Energiya tejash ko'rsatkichlari tahlili doirasida O'zbekistonda 2019-2025 yillar davomida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini joriy etish sur'atlari izchil o'sib bordi. Quyidagi 1-jadvalda mamlakatning yengil sanoat korxonalari uchun ahamiyatli bo'lgan energiya tejash ko'rsatkichlari keltirilgan.

1-jadval

**O‘zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya va tejash ko‘rsatkichlari
(2021-2025)**

Ko‘rsatkich	2021	2022	2023	2024	2025
Qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarish (mlrd kVt·soat)	5,0	6,2	8,5	13,1	16,8
Tejalgan tabiiy gaz (mlrd m ³)	0,8	1,1	1,6	2,4	3,2
Oldini olingan CO ₂ chiqindisi (mln tonna)	1,2	1,8	2,5	3,6	4,7
Yengil sanoatga elektr tarifi (so‘m/kVt·soat)	450	450	900	1 000	~1 100
O‘rnatilgan quyosh/shamol quvvati (GVt)	0,1	0,4	1,2	2,4	4,7

1-jadval ma’lumotlari shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarish 2021-2025 yillar davomida 5,0 mlrd kVt·soatdan 16,8 mlrd kVt·soatga ko‘tarildi, ya’ni 3,4 barobarga oshdi [1]. Ayni paytda elektr energiyasi tariflari 2023-yildan boshlab ikki barobarga - 450 so‘mdan 900 so‘mga - oshirildi [2]. Bu esa yengil sanoat korxonalari uchun energiya xarajatlarini kamaytirish zaruratini yanada kuchaytirdi.

Mazkur ko‘rsatkichlar O‘zbekiston Respublikasining “2019-2030 yillarda ‘yashil’ iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi”da belgilangan maqsadlar [3] va “O‘zbekiston-2030” milliy strategiyasidagi [4] energiya samaradorligini 2030-yilga qadar ikki barobarga oshirish vazifasi bilan to‘la mos keladi. Shuningdek, 2025-yilda energiya tejankorlik choralari hisobiga 2,7 mlrd kVt·soat elektr energiyasi va 2 mlrd kub metr tabiiy gaz tejalgan bo‘lib [1], bu ko‘rsatkich yashil texnologiyalarning iqtisodiy samaradorligini yaqqol tasdiqlamoqda.

Xorijiy yengil sanoat korxonalari tajribasi O‘zbekiston sharoitida yashil texnologiyalarning kutilayotgan iqtisodiy natijalarini baholash uchun muhim mezon bo‘lib xizmat qiladi. 2-jadvalda xalqaro tadqiqotlar va tasdiqlangan korxona natijalari asosida tuzilgan qiyosiy ko‘rsatkichlar keltirilgan.

2-jadval.

Yashil texnologiyalar asosida modernizatsiyaning xalqaro tajribasi va ko‘rsatkichlari

Korxona / Hudud	Joriy etilgan texnologiya	Energiya tejami	Xarajatlar kamayishi	Investitsiya qoplanish muddati
Envoy Textiles (Bangladesh)	LEED Platinum, quyosh paneli (3,5 MVt), suv tejash tizimi	Suv: 59,3%	Operatsion: 15-20%	5-7 yil
Green Textile Ltd (Bangladesh)	Kompleks yashil bino, tabiiy yorug‘lik, smart BMS	Elektr: 25-30%	Umumiy: 20-25%	4-6 yil
Spectre Garment (Vyetnam)	LEED Gold, ekologik qurilish materiallari	Energiya: ~20%	Qurilish: bazaviy	5-8 yil
RMG sektori (Bangladesh, o‘rtacha)	Quyosh paneli, LED, issiqlik utilizatsiyasi	Elektr: 15-30%	Elektr xarajati: 10%	5-6 yil
Tekstil sektori (Bangladesh, potensial)	Kompleks energiya audit + modernizatsiya	Umumiy: 25-31%	400 PJ tejam (2030)	< 3 yil (asosiy)

2-jadval ma’lumotlari xalqaro amaliyotda yashil texnologiyalarni joriy etgan yengil sanoat korxonalarida energiya tejami 15-31% oralig‘ida ekanligini ko‘rsatmoqda [7, 8]. Investitsiyalar qoplanish muddati esa texnologiya turi va joriy etish ko‘lamiga qarab 3-8 yil oralig‘ida tebranadi [8]. Xususan, Envoy Textiles Limited (Bangladesh) korxonasi - dunyodagi birinchi LEED Platinum sertifikatlangan denim zavodi - bo‘yash jarayonida suvni 59,28%, pardoqlash jarayonida esa 20% tejashga erishdi [5]. Osiyo Taraqqiyot Banki (ADB) 2025-yilda mazkur korxona bilan 30 mln AQSh dollari miqdorida barqarorlikka bog‘liq birinchi kredit shartnomasini imzoladi, mablag‘lar 3,5 MVt quvvatli quyosh panellari o‘rnatishga yo‘naltiriladi [5].

Xalqaro ko‘rsatkichlarni O‘zbekiston yengil sanoati kontekstida baholash bir qator muhim xulosalar chiqarishga imkon beradi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, quyosh tizimlarini joriy etish elektr iste’molini 15-30% kamaytirishi, umumiy elektr xarajatlarini esa 10% gacha qisqartirishi mumkin, bunda investitsiyalar 5-6 yil ichida qoplanadi [8]. Energiya tejash choralari - kompleks modernizatsiya, issiqlikni qayta utilizatsiya qilish va ilg‘or jarayon innovatsiyalari - 3 yildan qisqa muddatda 35% gacha energiya tejatlashini ta’minlay oladi [8].

O‘zbekistonda 2026-yildan yengil sanoat korxonalari uchun quvvati 5 MVtgacha bo‘lgan quyosh panellardan ishlab chiqarilgan ortiqcha elektr

energiyasini tarmoqqa sotish imkoniyatining yaratilishi [9] qo‘shimcha daromad manbaini vujudga keltirdi. Bu mexanizm Bangladesh RMG sektoridagi tajribaga o‘xshash bo‘lib [6], korxonaning iqtisodiy barqarorligini oshirishga xizmat qiladi. Bundan tashqari, to‘qimachilik korxonalari iqtisodiy va moliyaviy ko‘rsatkichlariga ko‘ra “yashil”, “sariq” va “qizil” toifalarga ajratilib, ularga banklar tomonidan 2 mln AQSh dollarigacha kredit ajratishga ruxsat berilgan [9].

Xulosa qilib aytganda, tahlil natijalari yashil texnologiyalarni joriy etish O‘zbekiston yengil sanoat korxonalarida iqtisodiy samaradorlikni oshirishning real va o‘zini oqlaydigan yo‘li ekanligini tasdiqlaydi. Xalqaro tajriba ko‘rsatkichlari va mamlakatdagi energetika islohoti tendensiyalari bir-birini to‘ldirib, bu yo‘nalishda tizimli investitsiya siyosatini shakllantirish zaruratini asoslab bermoqda.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekiston yengil sanoat korxonalarida yashil texnologiyalarni joriy etish iqtisodiy samaradorlikni oshirishning real va o‘zini oqlaydigan strategik yo‘li hisoblanadi. 2021-2025 yillar davomida mamlakatda qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarish 3,4 barobarga oshganligi, 3,2 mlrd m³ tabiiy gaz tejalishi va 4,7 mln tonna CO₂ chiqindilarining oldini olish bu yo‘nalishning samaradorligini raqamlar bilan tasdiqlaydi. Xalqaro tajriba - Bangladesh va Vetnamdagi LEED sertifikatlangan zavodlar misolida - energiya tejamiining 15-31% oralig‘ida ekanligini ko‘rsatmoqda, investitsiyalar esa 3-8 yil ichida qoplanadi.

Tadqiqot natijalariga asoslanib quyidagi tavsiyalar ilgari suriladi:

1. Yengil sanoat korxonalarida quyosh panellari, issiqlikni qayta utilizatsiya qilish va smart boshqaruv tizimlarini joriy etishni rag‘batlantiruvchi maqsadli davlat subsidiyalari va soliq imtiyozlari tizimini kengaytirish zarur. 2026-yildan joriy etilgan ortiqcha elektr energiyasini tarmoqqa sotish mexanizmi shu yo‘lda muhim qadam bo‘ldi, biroq uni to‘liq amalga oshirish nazorati kuchaytirilishi lozim.

2. Yengil sanoat korxonalarini “yashil”, “sariq” va “qizil” toifalarga ajratish tizimidan unumli foydalanib, “yashil” toifadagi korxonalarga xalqaro LEED sertifikatiga erishishda ko‘maklashuvchi davlat-xususiy sheriklik dasturlarini ishga tushirish maqsadga muvofiq. Bu xalqaro bozorda raqobatbardoshlikni oshiradi.

3. Yashil texnologiyalarga sarmoya kiritishning moliyaviy jozibadorligini oshirish uchun “yashil energiya” bank moliyaviy mahsuloti doirasida yengil sanoat korxonalariga yo‘naltirilgan imtiyozli kredit dasturlarini kengaytirish, kredit qoplanish muddatini 7 yildan 10 yilga uzaytirish tavsiya etiladi.

4. Xalqaro tajribani O‘zbekiston yengil sanoatiga tatbiq etish uchun Energetika vazirligi, Yengil sanoatni rivojlantirish agentligi va xalqaro tashkilotlar - GIZ, ADB, Jahon banki - hamkorligi asosida energiya auditini olib borish va yashil texnologiyalarni joriy etishni muvofiqlashtiruvchi yagona platforma tashkil etish zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Zuxurova, N. (2026). Sanoat korxonalarida yashil logistika tizimini joriy etish va uning iqtisodiy samaradorligini baholash metodologiyasi. *Innovations in*

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- Science and Technologies*, 3(3), 317-323. - URL: <https://innoist.uz/index.php/ist/article/view/1522>
2. Mirzaqulov, A. (2020). *Yashil iqtisodiyot va korxona resurslarini boshqarish*. - Toshkent: "Fan va texnologiya" nashriyoti.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 4 oktyabrdagi PQ-4477-son Qarori "2019-2030 yillarda O‘zbekiston Respublikasining 'yashil' iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida" // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi. - URL: <https://lex.uz/docs/-4539502>
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 11 sentyabrdagi PF-158-son Farmoni "O‘zbekiston-2030" strategiyasi to‘g‘risida // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi. - URL: <https://lex.uz/docs/-6689744>
5. Asian Development Bank (ADB). ADB, Envoy Textiles Sign Its First Sustainability-Linked Loan Facility in Bangladesh. - 2025. - URL: <https://www.adb.org/news/adb-envoy-textiles-sign-its-first-sustainability-linked-loan-facility-bangladesh>
6. Bangladesh Garment Manufacturers and Exporters Association (BGMEA). Another garment factory achieves LEED certification in Bangladesh. - URL: https://www.bgmea.com.bd/page/Another_garment_factory_achieves_LEED_certification_in_Bangladesh
7. World Economic Forum. Why energy-efficient Bangladeshi industry boosts the whole country. - 2023. - URL: <https://www.weforum.org/stories/2023/06/why-energy-efficient-bangladeshi-industry-benefits-the-whole-country/>
8. ResearchGate. Energy Efficiency, Sustainability, and Economic Feasibility in the Textile Industry of Bangladesh. - 2025. - URL: https://www.researchgate.net/publication/396398760_Energy_Efficiency_Sustainability_and_Economic_Feasibility_in_the_Textile_Industry_of_Bangladesh
9. Spot.uz. Yengil sanoat korxonalariga \$2 mlngacha kreditlar ajratiladi. - 2026. - URL: <https://www.spot.uz/oz/2026/01/15/light-industrial>
10. O‘zbekiston Energetika vazirligi. 2025-yilda elektr energiyasi ishlab chiqarish hisoboti. - 2026. - URL: <https://www.gazeta.uz/oz/2026/01/05/energy/>
11. Xie, R., Yuan, Y., & Huang, J. (2024). Revisiting the Porter hypothesis: a multi-country meta-analysis of the relationship between environmental regulation and green innovation. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, 267. - DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02671-9>
12. Kursiv.media. Biznes uchun gaz va elektr energiyasi narxi oshishi O‘zbekiston iqtisodiyotiga qanday ta'sir qiladi? - 2023. - URL: <https://uz.kursiv.media/uz/2023-09-20/biznesdagi-gaz-va-elektr-energiyasi-narxlarining-oshishi-ozbekiston-iqtisodiyotiga-qanday-tasir-qiladi/>

**QUYOSH PANELLARINI TOZALASH TIZIMINI
AVTOMATLASHTIRISHNING ISTIQBOLLARI**

Ochildiyev Hasan Bahodir o‘g‘li
Aniq va tabiiy fanlar kafedrası assistenti

Nurqobilova Sohiba Chori qizi
EM25A guruh talabasi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya: Mazkur tezisdá quyosh panellarini tozalash tizimlarini avtomatlashtirishning zamonaviy istiqbollari, texnologik yechimlari hamda energiya samaradorligiga ta’siri tahlil qilinadi. Quyosh panellari yuzasida chang, qum, sanoat chiqindilari va atmosfera ifloslanishining to‘planishi fotoelektrik modullarning foydali ish koeffitsiyentini sezilarli darajada kamaytiradi. Shu sababli avtomatlashtirilgan tozalash tizimlarini ishlab chiqish qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Tadqiqotda robotlashtirilgan tozalash mexanizmlari, sensorli boshqaruv tizimlari, sun’iy intellekt asosidagi monitoring texnologiyalari hamda suv sarfini minimallashtiruvchi innovatsion usullar o‘rganilgan. Shuningdek, avtomatlashtirilgan tizimlarning iqtisodiy samaradorligi, ekologik xavfsizligi va uzoq muddatli ekspluatatsion afzalliklari ilmiy jihatdan asoslab berilgan. Tesis natijalari quyosh energetikasi obyektlarida raqamli texnologiyalarni joriy etish orqali energiya ishlab chiqarish hajmini oshirish va texnik xizmat xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: quyosh panellari, avtomatlashtirilgan tozalash tizimi, fotoelektrik modullar, robotlashtirilgan texnologiyalar, qayta tiklanuvchi energiya, sensorli boshqaruv, sun’iy intellekt, energiya samaradorligi, ekologik xavfsizlik, innovatsion texnologiyalar, aqlli monitoring, energiya ishlab chiqarish, raqamli boshqaruv tizimlari, texnik ekspluatatsiya, yashil energetika.

So‘nggi yillarda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan ehtiyojning ortishi natijasida quyosh energetikasi global miqyosda strategik ahamiyat kasb etmoqda. Quyosh panellari ekologik toza energiya ishlab chiqarish imkonini bersada, ularning samaradorligi tashqi muhit omillariga bevosita bog‘liqdir. Ayniqsa, chang, qum, sanoat chiqindilari hamda atmosfera ifloslanishi panellar yuzasida yig‘ilishi natijasida yorug‘lik o‘tkazuvchanligi pasayadi va energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari kamayadi. Tadqiqotlarga ko‘ra, tozalanmagan quyosh panellarida foydali ish koeffitsiyenti 20–35 % gacha kamayishi mumkin. An’anaviy qo‘lda tozalash usullari katta mehnat sarfi, suv resurslarining ortiqcha ishlatilishi va texnik xavfsizlik muammolarini yuzaga keltiradi. Shu sababli quyosh panellarini avtomatlashtirilgan tarzda tozalash tizimlarini yaratish dolzarb ilmiy-texnik masalalardan biri hisoblanadi. Zamonaviy robototexnika, sensorli boshqaruv tizimlari va sun’iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi ushbu yo‘nalishda yangi imkoniyatlarni ochmoqda. Mazkur tezisdá quyosh panellarini avtomatlashtirilgan

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

tozalash tizimlarining texnologik asoslari, ishlash prinsiplari hamda istiqbollari ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida quyosh panellarini avtomatlashtirilgan tozalash tizimlarining turli konstruktiv modellarini o‘rganish va tahlil qilish metodlaridan foydalanildi. Jumladan, robotlashtirilgan mexanik tozalash qurilmalari, suvsiz tozalash texnologiyalari, sensorli monitoring tizimlari hamda aqlli boshqaruv platformalarining texnik imkoniyatlari qiyosiy tahlil qilindi. Tadqiqot materiali sifatida xalqaro ilmiy maqolalar, texnologik ishlanmalar, energetika kompaniyalari hisobotlari hamda qayta tiklanuvchi energiya sohasidagi statistik ma’lumotlardan foydalanildi. Shuningdek, avtomatlashtirilgan tizimlarning energiya samaradorligi, iqtisodiy tejamkorligi va ekologik xavfsizligini aniqlash uchun modellashtirish va analitik baholash usullari qo‘llanildi. Bundan tashqari, quyosh panellarining changlanish darajasi va energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik monitoring sensorlari yordamida kuzatildi. Tadqiqotda energiya yo‘qotish ko‘rsatkichlarini kamaytirishga qaratilgan innovatsion algoritmlar ham nazariy jihatdan tahlil qilindi. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida avtomatlashtirilgan tozalash tizimlari quyosh panellarining samaradorligini sezilarli darajada oshirishi aniqlandi. Robotlashtirilgan tozalash mexanizmlaridan foydalanilganda panel yuzasidagi chang va ifloslanish darajasi minimal ko‘rsatkichgacha kamaygani kuzatildi. Natijada energiya ishlab chiqarish samaradorligi o‘rtacha 15–30 % ga ortgani qayd etildi. Sensorli monitoring tizimlari panellar yuzasidagi ifloslanish darajasini real vaqt rejimida aniqlash imkonini berdi. Bu esa tozalash jarayonini faqat zarur holatlarda ishga tushirish orqali energiya va suv sarfini tejashga yordam berdi. Ayniqsa, suv tanqis hududlarda suvsiz yoki minimal suv bilan ishlovchi avtomatlashtirilgan qurilmalar ekologik jihatdan yuqori samaradorlik ko‘rsatdi. Sun’iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimlari ob-havo sharoiti, changlanish intensivligi va quyosh radiatsiyasi ko‘rsatkichlarini tahlil qilish orqali optimal tozalash vaqtini aniqlash imkonini berdi. Bu esa tizimning umumiy ekspluatatsion samaradorligini oshirdi. Tadqiqot natijalari quyosh panellarini avtomatlashtirilgan tozalash tizimlari energetika sanoatida muhim innovatsion yo‘nalish ekanligini ko‘rsatdi. Avtomatlashtirilgan tizimlar inson omili bilan bog‘liq xatolarni kamaytirish, texnik xizmat xarajatlarini optimallashtirish va energiya ishlab chiqarish barqarorligini ta’minlash imkonini beradi. Biroq bunday tizimlarni keng joriy etishda ayrim texnologik va iqtisodiy muammolar ham mavjud. Jumladan, dastlabki investitsiya xarajatlarining yuqoriligi, murakkab texnik servis talablari hamda ayrim hududlarda zamonaviy texnologik infratuzilmaning yetarli emasligi ushbu tizimlarni amaliyotga tatbiq etishda to‘siq bo‘lishi mumkin. Shunga qaramay, kelajakda robototexnika, IoT texnologiyalari va sun’iy intellektning yanada rivojlanishi avtomatlashtirilgan tozalash tizimlarining yanada takomillashuviga olib keladi. Bu esa quyosh energetikasining iqtisodiy samaradorligini oshirish bilan bir qatorda ekologik barqarorlikni ta’minlashda ham muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

Xulosa

Quyosh panellarini tozalash tizimlarini avtomatlashtirish zamonaviy qayta tiklanuvchi energetika sohasining eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari avtomatlashtirilgan tozalash texnologiyalari quyosh panellarining energiya ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi. Robotlashtirilgan qurilmalar, sensorli monitoring tizimlari va sun‘iy intellekt asosidagi boshqaruv mexanizmlari orqali panellar yuzasidagi ifloslanishni tezkor aniqlash hamda samarali bartaraf etish imkoniyati yaratildi. Shuningdek, avtomatlashtirilgan tizimlar suv resurslarini tejash, texnik xizmat xarajatlarini kamaytirish va inson mehnatini minimallashtirish kabi muhim afzalliklarga ega ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, cho‘l va qurg‘oqchil hududlarda suvsiz tozalash texnologiyalarining qo‘llanilishi ekologik va iqtisodiy jihatdan yuqori samaradorlikni ta‘minlaydi. Kelajakda IoT, sun‘iy intellekt va aqlli boshqaruv texnologiyalarining rivojlanishi quyosh panellarini avtomatlashtirilgan tozalash tizimlarini yanada takomillashtirishga xizmat qiladi. Bu esa yashil energetika rivojiga, ekologik barqarorlikni ta‘minlashga va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishga muhim hissa qo‘shadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Ahmed A., Hassan M. Renewable Energy Systems and Solar Panel Maintenance. – London: Springer, 2021.
2. Karimov Sh.X. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari texnologiyalari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2022.
3. Zhang Y., Li P. Automated Cleaning Technologies for Photovoltaic Systems // Journal of Solar Energy Engineering. – 2020. – Vol. 145. – P. 45–53.
4. Rasulov A.A. Quyosh energetikasi va uning istiqbollari. – Samarqand: Zarafshon, 2021.
5. Kumar S., Patel R. Smart Robotic Systems for Solar Panel Cleaning // International Journal of Advanced Engineering Research. – 2022. – №4. – P. 112–118.
6. International Energy Agency (IEA). Solar Energy Report 2023. – Paris, 2023.
7. Teshabayev N.T. Energiya samaradorligi va ekologik xavfsizlik asoslari. – Toshkent, 2020.
8. Aliyev B.R. Robototexnika va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari. – Buxoro, 2021.
9. Green Tech Media. Innovations in Solar Panel Cleaning Technologies. – New York, 2022.
10. World Renewable Energy Congress Proceedings. Advances in Smart Solar Maintenance Systems. – 2023.

**ENERGETIKA TIZIMLARIDA ENERGIYA YO‘QOTISHLARINI
KAMAYTIRISH USULLARI VA INTELLEKTUAL YECHIMLAR**

**Pardayev Sardor, Abduvoxidova Anisa
Qudratova Mo‘tabar, Xaydarov Feruz**
anisaabduvoxidova@gmail.com

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya Ushbu maqolada energetika tizimlarida yuzaga keladigan energiya yo‘qotishlari, ularning sabablari va kamaytirish usullari tahlil qilinadi. Shuningdek, intellektual texnologiyalar yordamida energiya samaradorligini oshirish yo‘llari ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar energiya yo‘qotishlari, energiya samaradorligi, smart grid, intellektual tizimlar, optimallashtirish

Kirish

Energetika tizimlari zamonaviy jamiyatning eng muhim infratuzilma tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Elektr energiyasi sanoat, transport, qishloq xo‘jaligi, tibbiyot va kundalik hayotning barcha sohalarida asosiy harakatlantiruvchi kuch sifatida xizmat qiladi. Shu sababli energiya ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash tizimlarining samaradorligi har bir davlatning iqtisodiy rivojlanish darajasini belgilovchi muhim omillardan biri hisoblanadi.

Biroq real amaliyotda energetika tizimlarida muqarrar ravishda energiya yo‘qotishlari yuzaga keladi. Bu yo‘qotishlar elektr energiyasining ishlab chiqarilishidan tortib iste‘molchiga yetib borguncha bo‘lgan barcha bosqichlarda sodir bo‘ladi. Ayniqsa, uzatish liniyalaridagi qarshilik, transformatorlardagi issiqlik yo‘qotishlari, eski texnik jihozlardan foydalanish va tizimning noto‘g‘ri boshqarilishi bu yo‘qotishlarning asosiy sabablaridan hisoblanadi.

So‘nggi yillarda global miqyosda energiya resurslariga bo‘lgan talab keskin ortib bormoqda. Shu bilan birga, an‘anaviy energiya manbalarining cheklanganligi va ekologik muammolar energiya samaradorligini oshirish zaruratini yanada kuchaytirmoqda. Xususan, karbonat angidrid chiqindilarining ortishi global iqlim o‘zgarishiga sabab bo‘lib, energiya tizimlarini yanada ekologik va samarali qilishni talab etmoqda.

Shu nuqtai nazardan, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish nafaqat iqtisodiy masala, balki ekologik va strategik ahamiyatga ega bo‘lgan muhim vazifadir. Zamonaviy texnologiyalar, xususan intellektual boshqaruv tizimlari, sun‘iy intellekt, raqamli monitoring va “Smart Grid” tizimlari bu muammoni hal qilishda muhim o‘rin tutmoqda.

Ushbu maqolada energetika tizimlarida energiya yo‘qotishlarining sabablari, ularni kamaytirish usullari hamda intellektual texnologiyalarning roli keng tahlil qilinadi.

ASOSIY QISM

Energiya yo‘qotishlarining umumiy tavsifi. Energiya yo‘qotishlari - bu ishlab chiqarilgan elektr energiyasining iste‘molchiga to‘liq yetib bormasdan, texnik

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

yoki tashkiliy sabablar tufayli yo‘qolib ketishidir. Bu jarayon energetika tizimining barcha bosqichlarida kuzatiladi.

Yo‘qotishlar asosan quyidagi turlarga bo‘linadi: texnik yo‘qotishlar ,tijorat yo‘qotishlari ekspluatatsion yo‘qotishlar, **texnik yo‘qotishlar**.

Texnik yo‘qotishlar elektr tarmoqlarining fizik xususiyatlari bilan bog‘liq. Masalan:

elektr simlaridagi qarshilik ,transformatorlarda issiqlik ajralishi ,elektr jihozlarining eskirishi .

Ushbu yo‘qotishlarni to‘liq yo‘q qilish mumkin emas, lekin ularni kamaytirish mumkin.

Tijorat va tashkiliy yo‘qotishlar. Tijorat yo‘qotishlari asosan:elektr energiyasini o‘g‘irlash, noto‘g‘ri hisob-kitoblar, hisoblagich xatoliklari.

Tashkiliy yo‘qotishlar esa boshqaruv tizimining samaradorligiga bog‘liq. Energiya yo‘qotishlarini kamaytirishning an‘anaviy usullari:yuqori sifatli kabel tizimlari, transformatorlarni modernizatsiya qilish, energiya auditini joriy etish, tarmoqlarni optimallashtirish.

Zamonaviy usullar: raqamli monitoring tizimlari, avtomatik boshqaruv, aqlli hisoblagichlar. Intellectual tizimlar energetika sohasida yangi bosqichni boshlab berdi:Smart Grid tizimlari ,sun‘iy intellekt asosida boshqaruv ,IoT sensorlar ,Big Data tahlili. Bu texnologiyalar real vaqt rejimida energiya oqimini kuzatadi va yo‘qotishlarni kamaytiradi. **Intellectual tizimlarning afzalliklari**,avtomatik boshqaruv, tezkor nosozlik aniqlash ,energiya iste‘molini optimallashtirish, iqtisodiy samaradorlik, ekologik xavfsizlik.

Amaliy misollar

AQSH: Smart Grid orqali yo‘qotishlar 20–30% ga kamaytirilgan

Germaniya: AI asosida energiya taqsimoti

Xitoy: Big Data yordamida energiya prognozi

Yo‘qotish turi	Sababi	Natija
Texnik	Qarshilik, issiqlik	Energiya kamayishi
Tijorat	O‘g‘irlik, xato	Moliyaviy zarar
Tashkiliy	Noto‘g‘ri boshqaruv	Samaradorlik pasayishi

Ko‘rsatkich	An‘anaviy tizim	Intellectual tizim
Boshqaruv	Qo‘lda	Avtomatik
Yo‘qotish darajasi	Yuqori	Past
Monitoring	Cheklangan	Real vaqt
Samaradorlik	O‘rtacha	Yuqori

Rivojlanish istiqbollari

Kelajakda energetika tizimlari to‘liq raqamlashtiriladi. Sun‘iy intellekt va avtomatlashtirilgan tizimlar yordamida:yo‘qotishlar minimal darajaga tushiriladi,energiya, iste‘moli prognoz qilinadi, tizim barqarorligi oshadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

XULOSA

Energetika tizimlarida energiya yo‘qotishlarini kamaytirish bugungi kunda nafaqat iqtisodiy, balki ekologik va strategik jihatdan ham juda muhim masala hisoblanadi. Elektr energiyasi ishlab chiqarishdan tortib uni iste‘molchiga yetkazib berishgacha bo‘lgan jarayonda turli texnik, tashkiliy va inson omiliga bog‘liq yo‘qotishlar yuzaga keladi. Ushbu yo‘qotishlar mamlakat iqtisodiyotiga katta zarar yetkazishi va energiya resurslaridan samarasiz foydalanishga olib keladi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, an‘anaviy energiya tizimlarida yo‘qotishlar asosan texnik eskirish, elektr uzatish liniyalaridagi qarshilik, transformatorlarda issiqlik ajralishi va noto‘g‘ri boshqaruv natijasida yuzaga keladi. Shu sababli faqat an‘anaviy usullar bilan bu muammoni to‘liq hal qilish qiyin.

Zamonaviy davrda esa intellektual texnologiyalar energetika sohasida yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Smart Grid tizimlari, sun‘iy intellekt, IoT sensorlar va Big Data tahlillari yordamida energiya oqimini real vaqt rejimida nazorat qilish, nosozliklarni erta aniqlash va iste‘molni optimallashtirish imkoniyati paydo bo‘ldi. Bu esa energiya yo‘qotishlarini sezilarli darajada kamaytirishga xizmat qiladi.

Shuningdek, raqamli texnologiyalar yordamida energiya tizimlarini avtomatlashtirish nafaqat samaradorlikni oshiradi, balki inson omili bilan bog‘liq xatolarni ham kamaytiradi. Natijada energetika tizimlari yanada ishonchli, barqaror va ekologik xavfsiz bo‘lib boradi.

Umuman olganda, kelajak energetika tizimlari intellektual boshqaruvga asoslangan bo‘lib, energiya yo‘qotishlarini minimal darajaga tushirishga erishiladi. Bu esa barqaror rivojlanish, ekologik xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlikni ta‘minlashda muhim rol o‘ynaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Boyle, G. Renewable Energy Systems. Oxford University Press, 2012.
2. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency Report, 2023.
3. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report.
4. IEEE. Smart Grid Technologies Handbook, 2022.
5. Twidell, J., Weir, T. Renewable Energy Resources, Routledge, 2015.
6. Rashidov O. Energetika asoslari. Toshkent, 2020.
7. World Bank. Global Energy Perspective Report, 2024.
8. REN21. Renewables Global Status Report, 2024.

**QUYOSH PANELLARINING ISSIQLIK ORTIB KETISHI NATIJASIDAGI
OQIBATLARI**

Qodirov Jumanazar Urol o‘g‘li

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi

jumanazarqodirov1996@gmail.com

Eshqobilova Mohinur

Energetika kafedrası 2-kurs talabasi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada quyosh panellarining kuyishi muammosi batafsil tahlil qilinadi hamda uning texnik va ekspluatatsion jihatlari yoritiladi. Quyosh panellarida yuzaga keladigan kuyish holatlarining asosiy sabablari sifatida ortiqcha qizish, “hot-spot” effekti, past sifatli materiallardan foydalanish, noto‘g‘ri o‘rnatish va tashqi muhit ta’siri ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, panel yuzasining ifloslanishi, chang to‘planishi va soyalanish kabi omillarning panellarning ishlash samaradorligiga salbiy ta’siri ilmiy asosda tushuntiriladi.

Maqolada kuyish natijasida yuzaga keladigan texnik nosozliklar, energiya ishlab chiqarishning kamayishi, tizimning umumiy samaradorligining pasayishi hamda yong‘in xavfi kabi muhim oqibatlar ham bayon etilgan. Bundan tashqari, quyosh panellarining xizmat muddatini uzaytirish va ularning ishonchli ishlashini ta’minlash uchun profilaktik choralar, jumladan, sifatli va sertifikatlangan qurilmalarni tanlash, professional o‘rnatish, muntazam texnik xizmat ko‘rsatish, monitoring tizimlaridan foydalanish va tozalash ishlarini olib borish zarurligi asoslab beriladi.

Shu bilan birga, maqolada quyosh energiyasi tizimlarining samaradorligini oshirish, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan oqilona foydalanish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ham keltiriladi. Mazkur ish quyosh panellari bilan ishlovchi mutaxassislar, talabalar hamda ushbu sohaga qiziquvchilar uchun foydali manba bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: quyosh panellari, fotoelektrik modullar, kuyish, ortiqcha qizish, hot-spot effekti, energiya samaradorligi, texnik nosozliklar, quyosh energiyasi, qayta tiklanuvchi energiya, ventilyatsiya, monitoring tizimi, elektr ishlab chiqarish, panel degradatsiyasi, ifloslanish, soyalanish, xavfsizlik, yong‘in xavfi, texnik xizmat ko‘rsatish.

Kirish

Bugungi kunda energiya resurslariga bo‘lgan talabning ortib borishi hamda atrof-muhitni muhofaza qilish zarurati qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan e’tiborni kuchaytirmoqda. Shunday manbalardan biri bo‘lgan quyosh energiyasi ekologik tozaligi, cheksizligi va iqtisodiy samaradorligi bilan ajralib turadi. Ayniqsa, quyosh panellari orqali elektr energiyasini ishlab chiqarish ko‘plab mamlakatlarda keng joriy etilmoqda va bu jarayon yil sayin rivojlanib bormoqda.

Biroq, quyosh panellaridan samarali foydalanish jarayonida turli texnik muammolar ham yuzaga kelishi mumkin. Shulardan biri — panellarning kuyishi holati bo‘lib, u tizimning ishlash samaradorligiga sezilarli darajada salbiy ta’sir

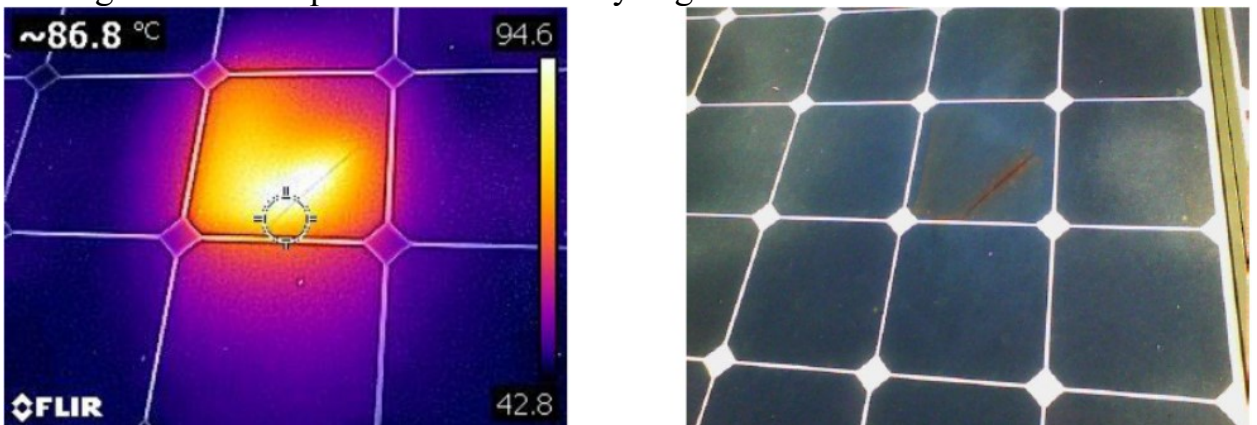
ko‘rsatadi. Ushbu muammo ko‘pincha ortiqcha qizish, noto‘g‘ri o‘rnatish, tashqi muhit ta’siri yoki qurilma sifatining pastligi bilan bog‘liq holda yuzaga keladi. Natijada panel elementlarining shikastlanishi, energiya ishlab chiqarishning kamayishi va hatto xavfli holatlar, jumladan yong‘in xavfi paydo bo‘lishi mumkin.

Mazkur maqolaning maqsadi quyosh panellarining kuyishi sabablari va oqibatlarini o‘rganish, shuningdek, ushbu muammoning oldini olish bo‘yicha samarali yechimlarni tahlil qilishdan iborat. Shu orqali quyosh energiyasi tizimlarining ishonchliligi va uzoq muddatli samaradorligini ta‘minlashga hissa qo‘shish ko‘zda tutiladi.

ASOSIY QISIM

Quyosh panellari (fotoelektrik modullar) murakkab tuzilishga ega bo‘lib, ularning asosiy vazifasi quyosh nurlarini elektr energiyasiga aylantirishdan iborat. Ushbu jarayon yuqori samaradorlik bilan amalga oshirilishi uchun panellarning texnik holati muhim ahamiyatga ega. Biroq, turli ichki va tashqi omillar ta’sirida panellarda kuyish holatlari yuzaga kelishi mumkin.

Avvalo, quyosh panellarining kuyishi ko‘pincha ortiqcha qizish natijasida sodir bo‘ladi. Panel yuzasiga tushayotgan quyosh nurlari energiyaga aylantiriladi, lekin bu jarayon davomida ma’lum miqdorda issiqlik ham ajraladi. Agar issiqlik yetarli darajada tarqatilmasa yoki ventilyatsiya tizimi to‘g‘ri tashkil etilmagan bo‘lsa, panel ichidagi elementlar qizib ketadi va bu kuyishga olib keladi.



1-rasm: Element shunday darajada ishdan chiqqanki, uning plastinasi ichida yaqqol ko‘rinib turgan yoriq paydo bo‘lgan — bu deyarli kuyib ketish holatidir.

Yuqoridagi rasmdagi eng qizigan nuqtaning harorati 94,6 °C ni tashkil etadi.

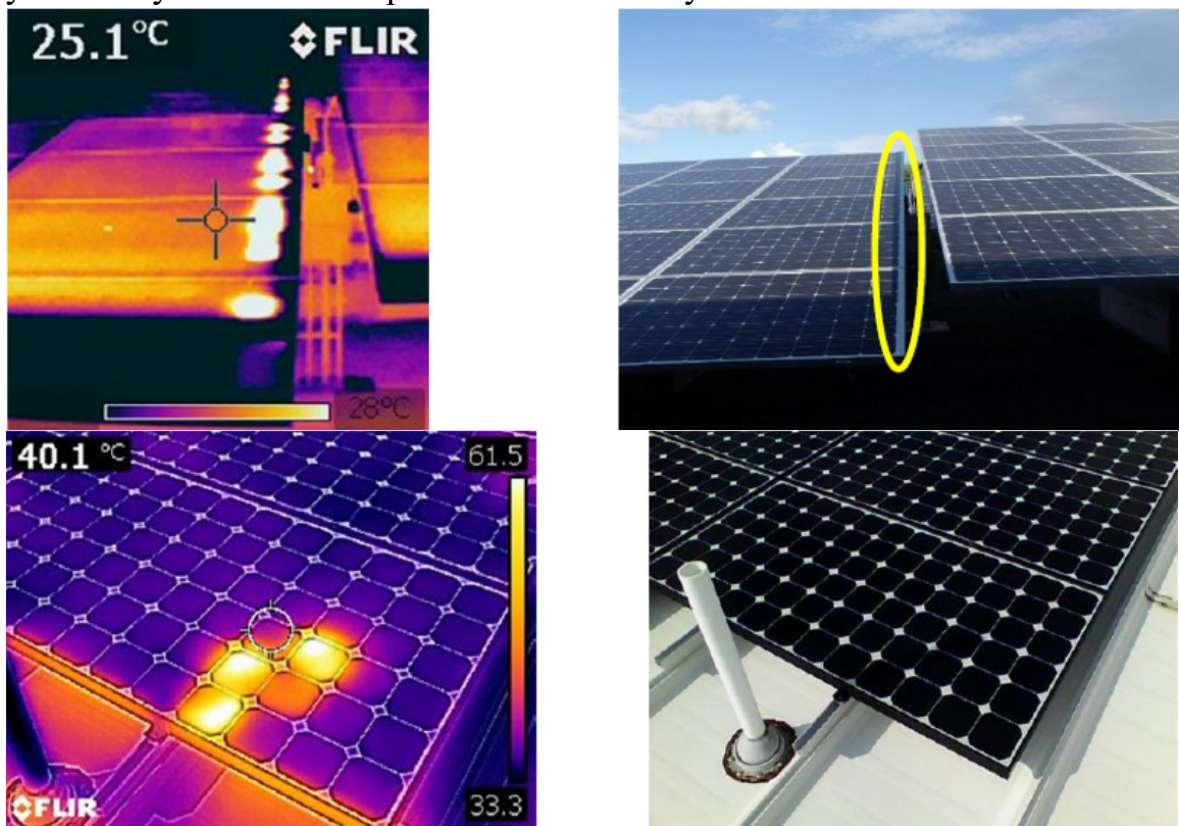
Yana bir muhim sabab — “hot-spot” (issiq nuqta) effekti hisoblanadi. Bu holat panelning ayrim qismi soyada qolganda, ifloslanganda yoki shikastlanganda yuzaga keladi. Natijada, elektr toki teng taqsimlanmaydi va ma’lum joyda ortiqcha issiqlik to‘planadi. Ushbu nuqtalarda harorat keskin oshib, materiallar zararlanadi, hatto panel yuzasida qorayish yoki kuyish izlari paydo bo‘lishi mumkin.

Quyosh panellarining sifat darajasi ham muhim omillardan biridir. Past sifatli yoki sertifikatsiz mahsulotlarda ishlatiladigan materiallar yuqori haroratga chidamsiz bo‘lib, ular tezda ishdan chiqadi. Shuningdek, noto‘g‘ri o‘rnatish jarayoni

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

— kabel ulanishlarining sustligi, kontaktlarning ishonchsizligi yoki noto‘g‘ri joylashuv — ham issiqlik yig‘ilishiga va kuyishga sabab bo‘ladi.

Tashqi muhit ta‘hiri ham bu jarayonda katta rol o‘ynaydi. Masalan, chang, qum yoki boshqa iflosliklar panel yuzasida to‘planib, quyosh nurlarining bir tekis tushishini buzadi. Natijada panelning ayrim qismlari ko‘proq yuklama ostida qoladi va bu joylarda qizish kuchayadi. Bundan tashqari, daraxtlar, binolar yoki boshqa obyektlar soyasi ham “hot-spot” effektini kuchaytiradi.



2-rasm. Kichik soylarning panel diodlariga ta‘hiri

Kuyishning oqibatlari esa sezilarli darajada salbiy bo‘ladi. Birinchidan, panelning energiya ishlab chiqarish samaradorligi pasayadi. Ikkinchidan, tizimning umumiy ishlashiga putur yetadi va xizmat muddati qisqaradi. Eng xavfli jihati shundaki, kuchli qizish natijasida yong‘in xavfi yuzaga kelishi mumkin.

Shu sababli, quyosh panellarining kuyishini oldini olish uchun bir qator choralar ko‘rish zarur. Jumladan, sifatli va sertifikatlangan panellarni tanlash, ularni professional mutaxassislar tomonidan to‘g‘ri o‘rnatish, muntazam ravishda texnik ko‘rikdan o‘tkazish va tozalash ishlarini amalga oshirish muhimdir. Bundan tashqari, maxsus monitoring tizimlari yordamida panellarning ishlash holatini nazorat qilish orqali muammolarni erta aniqlash va bartaraf etish mumkin.

Quyosh panellari zamonaviy energiya tizimlarining muhim qismi bo‘lib, ular yarimo‘tkazgich materiallar (odatda kremniy) asosida ishlaydi. Quyosh nurlari panel yuzasiga tushganda, fotoelektrik effekt natijasida elektr toki hosil bo‘ladi. Ushbu jarayon doimiy va samarali bo‘lishi uchun panel ichidagi harorat, elektr yuklama va tashqi sharoitlar muvozanatda bo‘lishi kerak.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Quyosh panellarida kuyish muammosi ko‘pincha ularning ichki tuzilishidagi nosozliklar va tashqi omillar bilan bog‘liq bo‘ladi. Eng asosiy sabablaridan biri — ortiqcha issiqlik yig‘ilishi hisoblanadi. Quyosh paneli uzoq vaqt kuchli quyosh nuri ostida ishlaganda, uning yuzasida va ichki qatlamlarida harorat oshadi. Agar issiqlikni tarqatish tizimi yetarli bo‘lmasa, bu holat materiallarning degradatsiyasiga olib keladi.

Yana bir muhim muammo “hot-spot” effekti bo‘lib, u panelning ma’lum bir qismi soyada qolishi yoki shikastlanishi natijasida yuzaga keladi. Bunday holatda tok bir xil taqsimlanmaydi va energiya oqimi zaif joylarda issiqlik sifatida to‘planadi. Bu esa lokal qizish nuqtalarini hosil qilib, panel yuzasining qorayishi yoki kuyishiga olib keladi. Agar bu jarayon davom etsa, hatto panelning butun qismi ishdan chiqishi mumkin.

Quyosh panellarining sifat darajasi ham juda muhim omil hisoblanadi. Sifatli panellar yuqori haroratga chidamli materiallardan ishlab chiqariladi va uzoq muddat xizmat qiladi. Aksincha, past sifatli panellar tezda eskiradi, ichki kontaktlar bo‘shashadi va elektr qarshiligi ortadi, bu esa qizish jarayonini kuchaytiradi.

Noto‘g‘ri o‘rnatish ham kuyish xavfini oshiradi. Masalan, panellar orasida yetarli havo aylanishi bo‘lmasa, issiqlik chiqib ketmaydi va tizim ichida to‘planadi. Kabel ulanishlarining sifatsiz bajarilishi ham qarshilikni oshirib, lokal qizishlarga sabab bo‘ladi.

Tashqi muhit omillari ham katta ta’sir ko‘rsatadi. Chang, qum, qor va boshqa iflosliklar panel yuzasini qoplab, quyosh nurlarining bir tekis tushishini buzadi. Bundan tashqari, daraxtlar, bino soyasi yoki boshqa to‘siqlar panelning ayrim qismlarini turlicha yuklamada ishlashiga olib keladi. Bu esa “hot-spot” xavfini kuchaytiradi.

Quyosh panellarining kuyishi nafaqat texnik muammo, balki iqtisodiy zarar ham keltiradi. Chunki panel samaradorligi pasayganda, ishlab chiqariladigan elektr energiyasi kamayadi va investitsiya qaytimi sekinlashadi. Bundan tashqari, kuchli qizish holatlarida xavfsizlik muammolari ham yuzaga kelishi mumkin.

Shu sababli, bu muammoni kamaytirish uchun bir qator muhim choralar mavjud. Birinchidan, panelni tanlashda sifat va sertifikatga e’tibor berish zarur. Ikkinchidan, o‘rnatish jarayonida havo aylanishi va to‘g‘ri burchak ostida joylashtirish muhim ahamiyatga ega. Uchinchidan, muntazam tozalash va texnik ko‘riklar o‘tkazish orqali nosozliklarni erta aniqlash mumkin. Shuningdek, zamonaviy monitoring tizimlari yordamida harorat va kuchlanish doimiy nazorat qilinishi mumkin.

Umuman olganda, quyosh panellarining kuyishi kompleks muammo bo‘lib, u texnik bilim, to‘g‘ri ekspluatatsiya va doimiy nazoratni talab qiladi. To‘g‘ri yondashuv orqali esa ushbu muammoning oldini olish va tizim samaradorligini uzoq muddat saqlab qolish mumkin.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, quyosh panellarining kuyishi ularning samaradorligi va ishonchliligiga jiddiy ta’sir ko‘rsatadigan muhim texnik muammo hisoblanadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Ushbu holat asosan ortiqcha qizish, “hot-spot” effekti, noto‘g‘ri o‘rnatish, sifatsiz materiallardan foydalanish hamda tashqi muhit omillari natijasida yuzaga keladi. Natijada energiya ishlab chiqarish darajasi pasayadi, qurilmaning xizmat muddati qisqaradi va xavfsizlik bilan bog‘liq muammolar, jumladan yong‘in xavfi paydo bo‘lishi mumkin.

Shu bois, quyosh panellaridan samarali foydalanish uchun ularni to‘g‘ri tanlash, sifatli o‘rnatish, muntazam texnik xizmat ko‘rsatish va doimiy monitoring olib borish muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, panel yuzasini tozalab turish, soyalanishni oldini olish va tizimni malakali mutaxassislar nazorati ostida ishlatish orqali kuyish xavfini sezilarli darajada kamaytirish mumkin.

Umuman olganda, quyosh panellarining to‘g‘ri ekspluatatsiyasi nafaqat ularning uzoq muddat xizmat qilishini ta‘minlaydi, balki qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishga ham xizmat qiladi. Bu esa o‘z navbatida energiya tejamlorligi va ekologik barqarorlikni ta‘minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Boyl, G. Qayta tiklanuvchi energiya: barqaror kelajak uchun energiya. Oksford universiteti nashriyoti, 2019.
2. Messendjer, R., Ventre, J. Fotoelektrik tizimlar muhandisligi. CRC Press, 2010.
3. Daffi, J.A., Bekman, V.A. Quyosh issiqlik jarayonlari muhandisligi. Wiley nashriyoti, 2013.
4. Grin, M.A. Quyosh elementlari: ishlash prinsiplari, texnologiya va qo‘llanilishi. Prentice Hall, 2000.
5. Xalqaro energetika agentligi (IEA). Fotoelektrik texnologiyalar rivojlanish tendensiyalari. 2022.
6. Jahon banki guruhi. O‘zbekistonda quyosh resurslari va fotoelektrik energiya salohiyati. 2020.
7. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi rasmiy materiallari va hisobotlari.
8. Skoplaki, E., Palyvos, J.A. “Fotoelektrik modullar samaradorligining haroratga bog‘liqligi haqida.” Quyosh energiyasi jurnali, 2009.
9. Razykov, T.M. va boshqalar. “Quyosh fotoelektrik energiyasi: hozirgi holati va istiqbollari.” Quyosh energiyasi, 2011.
10. Ilmiy maqolalar va internet manbalari (Google Scholar, ResearchGate platformalari orqali).

**IoT TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA SANOAT KORXONALARIDA
ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH**

Qodirov Jumanazar Urol o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi
jumanazarqodirov1996@gmail.com

Xoliyorov Abbosjon Baxtiyor o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
abxoliyorov010496@gmail.com

Sheraliyev Dostonbek Davlatmurod o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
sheraliyevdostonbek899@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tezisda sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirishda IoT (Internet of Things) texnologiyalarining o‘rni, amaliy qo‘llanish yo‘nalishlari va texnik-iqtisodiy samarasi tahlil qilinadi. Sanoat korxonalarida elektr energiyasi, tabiiy gaz, issiqlik energiyasi, siqilgan havo, suv va boshqa resurslar ko‘pincha umumiy hisoblagichlar orqali nazorat qilinadi. Bunday yondashuv energiya isroflarining aniq manbasini topish, alohida sex yoki uskuna bo‘yicha solishtirma energiya sarfini baholash va operativ choralar ko‘rishni qiyinlashtiradi. IoT texnologiyalari esa elektr hisoblagichlar, harorat, bosim, oqim, vibratsiya, namlik, quvvat, tok va kuchlanish sensorlarini yagona raqamli tarmoqqa ulash orqali real vaqtli monitoring, avtomatik tahlil, nosozliklarni oldindan aniqlash va energiya iste‘molini optimallashtirish imkonini beradi. ISO 50001 standarti energiya menejmenti tizimi orqali tashkilotlarda energiyadan foydalanishni tizimli yaxshilashga qaratilgan bo‘lib, IoT texnologiyalari ushbu standart talablarini aniq o‘lchov ma‘lumotlari bilan ta‘minlaydi [1].

Kalit so‘zlar: IoT, sanoat korxonasi, energiya samaradorligi, energiya monitoringi, ISO 50001, aqlli hisoblagich, sensor, prediktiv diagnostika, SCADA, edge computing, raqamli transformatsiya.

1. Kirish

Bugungi kunda sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish iqtisodiy raqobatbardoshlik, mahsulot tannarxini kamaytirish va ekologik barqarorlikni ta‘minlashning muhim omiliga aylangan. Energiya narxlarining o‘zgaruvchanligi, ishlab chiqarish jarayonlarining murakkablashuvi va ekologik talablarning kuchayishi korxonalarni energiya resurslaridan foydalanishni aniq nazorat qilishga majbur etmoqda. Xalqaro energetika agentligi energiya samaradorligini global energiya xavfsizligi, emissiyalarni kamaytirish va iqtisodiy samaradorlikni oshirishning eng muhim yo‘nalishlaridan biri sifatida baholaydi [2].

Sanoat korxonalarida energiya sarfi odatda elektr dvigatellar, nasoslar, ventilyatorlar, kompressorlar, pechlar, qozonxonalar, sovitish tizimlari, yoritish, transportyorlar va texnologik uskunalar hissasiga to‘g‘ri keladi. Agar ushbu iste‘molchilar faqat umumiy hisoblagich orqali nazorat qilinsa, qaysi uskuna

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ortiqcha energiya sarflayotgani, qaysi jarayonda yo‘qotish yuqori ekani va energiya tejash choralari qayerdan boshlanishi kerakligini aniqlash qiyin bo‘ladi.

IoT texnologiyalari aynan shu muammoni hal qilishga xizmat qiladi. IoT asosidagi sanoat energiya monitoring tizimi korxona ichidagi har bir muhim uskuna yoki texnologik liniyadan ma’lumot yig‘ib, ularni markaziy platformada tahlil qiladi. Bunday tizimlar simli va simsiz hisoblagichlar, edge computing, lokal serverlar, SCADA/EMS platformalari va bulutli analitika bilan integratsiya qilinishi mumkin [3].

2. IoT texnologiyalarining sanoat energiya samaradorligidagi mohiyati

IoT — bu fizik obyektlar, sensorlar, hisoblagichlar, kontrollerlar va dasturiy platformalarni internet yoki lokal sanoat tarmog‘i orqali o‘zaro bog‘laydigan texnologiyalar majmuasidir. Sanoat energetikasida IoT texnologiyasi yordamida elektr energiyasi, tok, kuchlanish, aktiv va reaktiv quvvat, harorat, bosim, oqim, vibratsiya, namlik, gaz va suv sarfi kabi parametrlar doimiy nazorat qilinadi.

1-jadval

IoT orqali nazorat qilinadigan asosiy energetik parametrlar

Nazorat qilinadigan parametr	O‘lchov qurilmasi	Energiya samaradorligidagi ahamiyati
Elektr energiyasi sarfi	Aqlli elektr hisoblagich	Sex, liniya yoki uskuna bo‘yicha energiya balansini tuzish
Tok va kuchlanish	Tok transformatori, kuchlanish datchigi	Ortiqcha yuklanish, fazalar nomutanosibligi va quvvat sifatini aniqlash
Aktiv va reaktiv quvvat	Energiya analizatori	Quvvat koeffitsiyentini baholash
Harorat	Termodatchik	Qizish, issiqlik yo‘qotishi va sovitish samaradorligini nazorat qilish
Bosim	Bosim datchigi	Siqilgan havo, bug‘ va nasos tizimlaridagi yo‘qotishlarni aniqlash
Oqim/sarf	Flowmeter	Suv, gaz, bug‘ yoki suyuqlik sarfini baholash
Vibratsiya	Vibrodatchik	Dvigatel, nasos va kompressor nosozligini oldindan aniqlash
Ish vaqti	Raqamli hisoblagich	Uskunaning real yuklama va bekor turish vaqtini aniqlash

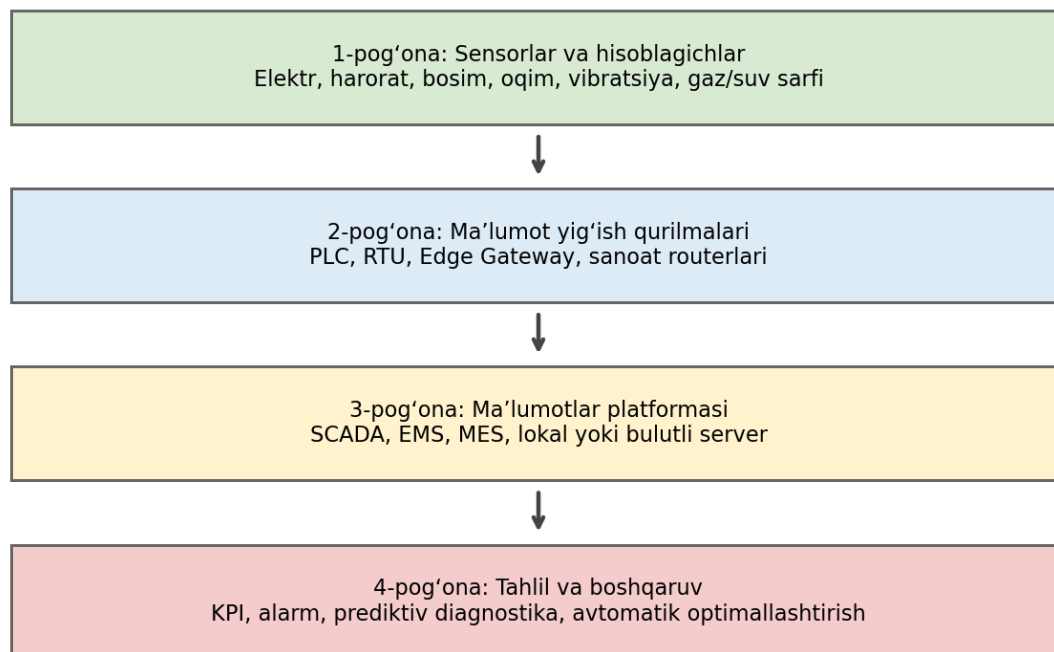
IoT tizimining asosiy maqsadi faqat ma’lumot yig‘ish emas. Uning asosiy vazifasi yig‘ilgan ma’lumotlar asosida energiya isroflarini aniqlash, uskunalarni optimal rejimga keltirish, avariya holatlarning oldini olish va boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslashdan iborat. Shu nuqtayi nazardan IoT energiya auditi,

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

energiya menejmenti va ishlab chiqarish avtomatlashtirish tizimlarini yagona raqamli muhitga birlashtiradi.

3. IoT asosidagi energiya monitoring tizimining arxitekturası

Sanoat korxonasida IoT asosidagi energiya samaradorligi tizimi odatda sensorlar va hisoblagichlar, ma’lumot yig‘ish qurilmalari, ma’lumotlar platformasi hamda tahlil va boshqaruv pog‘onalaridan iborat bo‘ladi. Bunday arxitektura sanoat korxonasida energiya sarfini umumiy emas, balki aniq obyektlar kesimida baholash imkonini beradi.



1-rasm. Sanoat korxonasi uchun IoT asosidagi energiya monitoring tizimi arxitekturası

4. IoT orqali energiya samaradorligini oshirish mexanizmlari

4.1. Real vaqtli energiya monitoringi

An’anaviy energiya hisobida oy yakunida umumiy hisoblagich ko‘rsatkichlari olinadi. Bu usul muammo qayerda yuzaga kelganini kech aniqlaydi. IoT tizimida esa energiya iste’moli daqiqalik, soatlik, smenalik va kunlik kesimda kuzatiladi. Masalan, korxonada kechki vaqtda ishlab chiqarish to‘xtagan bo‘lsa ham elektr sarfi yuqori qolsa, IoT tizimi bu holatni aniqlaydi. Bu bekor ishlayotgan kompressor, yoritish, nasos yoki ventilyator mavjudligini ko‘rsatishi mumkin.

4.2. Energiya balansini aniqlashtirish

Korxona energiya balansini tuzishda umumiy kiruvchi energiya va foydali texnologik energiya o‘rtasidagi farq aniqlanadi. IoT hisoblagichlari yordamida energiya balansı sexlar va uskunalar kesimida tuziladi. Natijada energiya tejash salohiyati eng yuqori bo‘lgan obyektlar birinchi navbatda tanlanadi.

2-jadval

IoT monitoringining korxona bo‘limlari bo‘yicha qo‘llanishi

Korxona bo‘limi	IoT orqali o‘lchanadigan sarf	Tejash imkoniyati
-----------------	-------------------------------	-------------------

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

Kompressor stansiyasi	kWh, bosim, havo sarfi	Havo sizishini aniqlash, bosimni optimallashtirish
Nasos tizimi	kWh, suv sarfi, bosim	Chastota rostlagich bilan boshqarish
Qozonxona	gaz sarfi, bug‘ sarfi, harorat	Yonish jarayonini optimallashtirish
Sovitish tizimi	kWh, harorat, bosim	Kompressor yuklamasini optimallashtirish
Yoritish	kWh, ish vaqti, mavjudlik sensori	Avtomatik o‘chirish va LED tizimga o‘tish
Elektr dvigatellar	tok, kuchlanish, quvvat, vibratsiya	Ortiqcha yuklanish va nosozlikni aniqlash

4.3. Prediktiv texnik xizmat ko‘rsatish

IoT texnologiyalari energiya samaradorligini faqat iste’molni o‘lchash orqali emas, balki uskunalarning texnik holatini baholash orqali ham oshiradi. Masalan, elektr dvigatel podshipnigi yeyilganda vibratsiya ortadi, tok iste’moli o‘zgaradi va qizish kuchayadi. Agar bu holat vaqtida aniqlanmasa, dvigatel avariya viy to‘xtaydi yoki ortiqcha energiya sarflaydi. Prediktiv diagnostika vibratsiya, harorat, tok, bosim va oqim signallarining normal qiymatdan og‘ishini avtomatik aniqlaydi [4].

3-jadval

IoT asosidagi prediktiv diagnostika imkoniyatlari

Uskuna	Nazorat parametri	Aniqlanadigan muammo
Elektr dvigatel	Tok, vibratsiya, harorat	Podshipnik yeyilishi, ortiqcha yuklanish
Nasos	Bosim, oqim, vibratsiya	Kavitatsiya, filtr tiqilishi, ishchi g‘ildirak yeyilishi
Kompressor	Bosim, harorat, elektr sarfi	Havo sizishi, ortiqcha siqish, moylash muammosi
Qozon	Gaz sarfi, chiqindi gaz harorati	Yonish samaradorligi pasayishi
Ventilyator	Tok, havo sarfi, vibratsiya	Parrak ifloslanishi, nomuvozanat

4.4. Uskunalarini optimal rejimda boshqarish

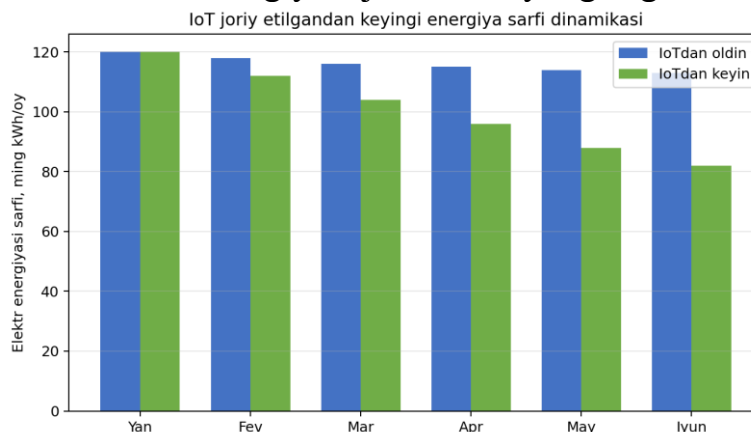
IoT tizimi faqat monitoring emas, balki avtomatik boshqaruv uchun ham asos yaratadi. Masalan, nasos va ventilyatorlar ko‘pincha nominal quvvatda ishlaydi, lekin real talab o‘zgaruvchan bo‘ladi. Agar ularning elektr yuritmasiga chastota o‘zgartirgich o‘rnatilib, IoT sensorlari orqali bosim yoki sarf real vaqtli nazorat qilinsa, energiya sarfi sezilarli kamayadi.

$$P \sim n^3, \quad 0.8^3 = 0.512$$

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

1-formula. Nasos va ventilyatorlarda quvvatning aylanish tezligiga bog‘liqligi

Ushbu nisbat shuni anglatadiki, aylanish tezligi 20% ga kamaytirilsa, nazariy quvvat sarfi taxminan 49% gacha kamayishi mumkin. Demak, IoT + chastota o‘zgartirgich + avtomatik boshqaruv kombinatsiyasi nasos, ventilyator va kompressor tizimlarida katta energiya tejash salohiyatiga ega.



2-rasm. IoT joriy etilgandan keyingi energiya sarfi dinamikasi

5. Sanoat korxonasi uchun IoT asosidagi energiya samaradorligi modeli

Sanoat korxonasida IoT texnologiyalarini joriy etish bosqichma-bosqich amalga oshirilishi kerak. Avvalo energiya auditi o‘tkazilib, eng katta energiya iste’molchilari aniqlanadi. Keyin aqlli hisoblagichlar va sensorlar o‘rnatiladi, ma’lumotlar SCADA/EMS platformasiga uzatiladi, KPI ko‘rsatkichlari hisoblanadi va avtomatik ogohlantirish tizimi sozlanadi. Yakuniy bosqichda tizim avtomatik boshqaruv va ISO 50001 energiya menejmenti tizimi bilan integratsiya qilinadi [1].

4-jadval

IoT texnologiyalarini joriy etish bosqichlari

Bosqich	Amalga oshiriladigan ish	Kutiladigan natija
1-bosqich	Energiya auditi va asosiy iste’molchilarni aniqlash	Eng katta energiya sarflovchi uskunalar aniqlanadi
2-bosqich	Aqlli hisoblagich va sensorlarni o‘rnatish	Real vaqtli ma’lumot yig‘ish boshlanadi
3-bosqich	Ma’lumotlarni SCADA/EMS platformasiga ulash	Energiya sarfi markazlashgan nazorat qilinadi
4-bosqich	KPI va solishtirma energiya sarfini hisoblash	Mahsulot birligiga energiya sarfi aniqlanadi
5-bosqich	Ogohlantirish va alarm tizimini sozlash	Nooptimal rejimlar tez aniqlanadi
6-bosqich	Avtomatik boshqaruv va optimallashtirish	Energiya iste’moli kamayadi
7-bosqich	ISO 50001 bilan integratsiya	Energiya menejmenti tizimi shakllanadi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

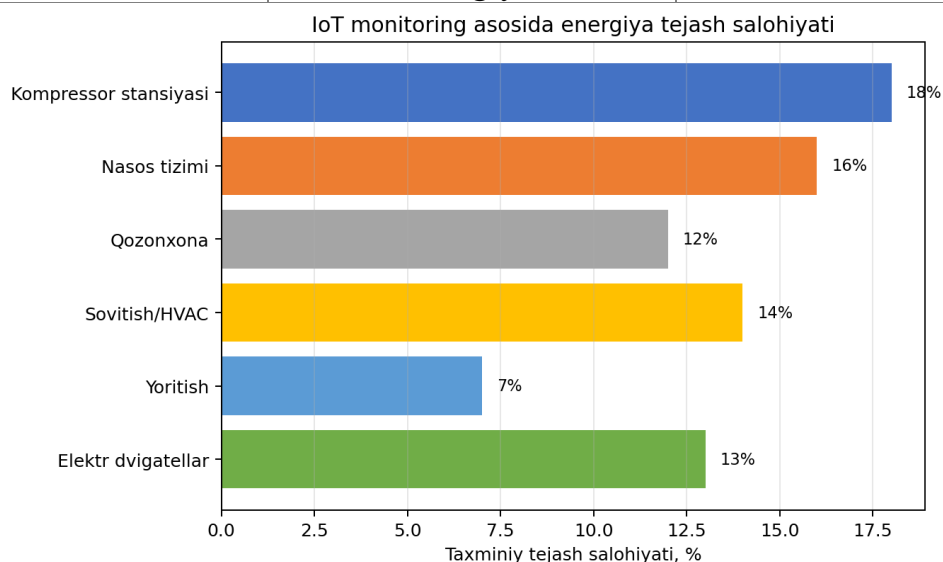
6. IoT asosida hisoblanadigan asosiy KPI ko‘rsatkichlar

Energiya samaradorligini boshqarish uchun faqat umumiy kWh yetarli emas. Korxona har bir asosiy jarayon bo‘yicha KPI ishlab chiqishi kerak. Bu ko‘rsatkichlar energiya auditi natijalarini aniq raqamlar bilan asoslash, energiya tejash choralari ustuvorlashtirish va rahbariyat uchun tushunarli hisobot shakllantirishga xizmat qiladi.

5-jadval

IoT asosida hisoblanadigan asosiy KPI ko‘rsatkichlar

KPI nomi	Formula yoki mazmuni	Amaliy ahamiyati
Solishtirma elektr sarfi	kWh / mahsulot birligi	Mahsulot tannarxidagi energiya ulushini baholash
Kompressor samaradorligi	kWh / m ³ siqilgan havo	Havo sizishi va ortiqcha bosimni aniqlash
Qozon samaradorligi	Foydali issiqlik / yoqilg‘i energiyasi	Yonish samaradorligini baholash
Dvigatel yuklanish koeffitsiyenti	Real quvvat / nominal quvvat	Dvigatel tanlovi to‘g‘riligini tekshirish
Quvvat koeffitsiyenti	cosφ	Reaktiv quvvat kompensatsiyasini baholash
Bekor ishlash ulushi	Bekor ish vaqti / umumiy vaqt	Keraksiz energiya sarfini aniqlash
Energiya yo‘qotish ulushi	Yo‘qotish / umumiy energiya	Audit uchun asosiy indikator



3-rasm. IoT monitoring asosida energiya tejash salohiyati

7. IoT texnologiyalarining sanoat korxonalaridagi asosiy qo‘llanish yo‘nalishlari

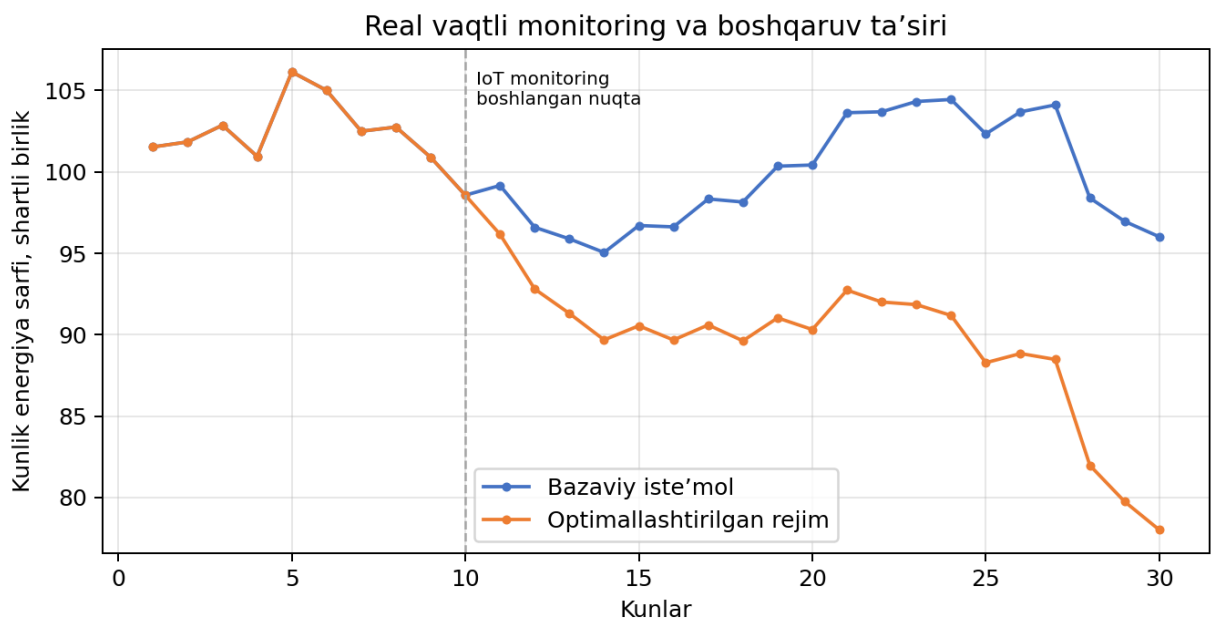
7.1. Elektr energiyasi monitoringi. Elektr ta‘minoti tizimida IoT hisoblagichlar transformator podstantsiyalari, taqsimlash shkaflari, ishlab chiqarish liniyalari va alohida yirik dvigatellarga o‘rnatiladi. Bu ortiqcha yuklangan liniyalar, fazalar nomutanosibligi, past quvvat koeffitsiyenti, yuqori pik yuklama, bekor ishlayotgan uskunalar va mahsulot birligiga ortiqcha energiya sarfini aniqlashga yordam beradi.

7.2. Siqilgan havo tizimlari. Sanoatda siqilgan havo tizimlari eng ko‘p energiya sarflaydigan tizimlardan biridir. IoT sensorlari bosim, havo sarfi, kompressor elektr sarfi va ish vaqtini nazorat qiladi. Agar tunda ishlab chiqarish to‘xtagan bo‘lsa, lekin kompressor ishlashda davom etsa, bu tizimda havo sizishi mavjudligini ko‘rsatadi.

7.3. Nasos va ventilyator tizimlari. Nasos va ventilyatorlar IoT hamda chastota o‘zgartirgich orqali boshqarilganda real talabga qarab ishlaydi. Bu ayniqsa suv ta‘minoti, sovitish, isitish, chang tutish va texnologik suyuqlik aylanish tizimlarida muhimdir.

7.4. Qozonxona va issiqlik tizimlari. Qozonxonalarda IoT texnologiyasi gaz sarfi, suv harorati, bug‘ bosimi, chiqindi gaz harorati va kislorod miqdorini nazorat qilishda qo‘llaniladi. Bu yonish jarayonini optimallashtirish, ortiqcha havo koeffitsiyentini nazorat qilish va issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

7.5. Sovitish va HVAC tizimlari. Sovitish tizimlarida elektr energiyasi sarfi kompressorlar, nasoslar va ventilyatorlar hisobiga shakllanadi. IoT-enabled submeters, gateway qurilmalari va cloud analytics yordamida chiller, boiler va HVAC tizimlarining real vaqtli energiya monitoringi amalga oshirilishi mumkin [5].



4-rasm. Real vaqtli monitoring va boshqaruvning kunlik energiya sarfiga ta‘siri

8. Kutiladigan texnik-iqtisodiy samaralar

IoT texnologiyalarini joriy qilish natijasida energiya tejallishi, mahsulot tannarxining pasayishi, avariya holatlarining kamayishi, ta'mir xarajatlarning qisqarishi, energiya auditi sifatining oshishi va ekologik ko'rsatkichlarning yaxshilanishiga erishish mumkin. Biroq har bir korxona uchun real iqtisodiy samara mavjud energiya balansi, ishlab chiqarish rejimi, uskunalarning yoshi va boshqaruv darajasiga qarab alohida hisoblanishi kerak.

6-jadval

IoT texnologiyalarining texnik-iqtisodiy samaralari

Samara turi	Mazmuni
Energiya tejallishi	Nooptimal rejimlar, sizishlar va bekor ishlash kamayadi
Mahsulot tannarxi pasayishi	Mahsulot birligiga energiya sarfi kamayadi
Avariya holatlari kamayishi	Prediktiv diagnostika nosozlikni oldindan aniqlaydi
Ta'mir xarajatlari kamayishi	Rejali texnik xizmat holatga qarab belgilanadi
Energiya auditi sifati oshishi	Audit taxminiy emas, real ma'lumotlarga asoslanadi
ISO 50001 talablariga moslashish	Energiya menejmenti tizimi raqamli asosga ega bo'ladi
Ekologik samara	Energiya sarfi va bilvosita CO ₂ emissiyasi kamayadi

9. Muammolar va cheklovlar

IoT texnologiyalarini joriy etishda sensorlar va hisoblagichlarning aniqligi, ma'lumotlar uzatish tarmog'ining barqarorligi, kiberxavfsizlik va mutaxassislar malakasi muhim ahamiyatga ega. Agar o'lchov qurilmalari noto'g'ri tanlansa yoki kalibrlanmasa, yig'ilgan ma'lumotlar noto'g'ri qaror qabul qilishga olib kelishi mumkin.

Kiberxavfsizlik masalasi ham alohida e'tibor talab qiladi, chunki sanoat boshqaruv tizimlariga ruxsatsiz kirish ishlab chiqarish jarayoniga xavf tug'dirishi mumkin. Shu sababli IoT tizimlari lokal tarmoq segmentatsiyasi, autentifikatsiya, zaxira nusxalash, xavfsiz protokollar va foydalanuvchi huquqlarini cheklash tamoyillari asosida tashkil etilishi kerak.

Bundan tashqari, IoT tizimini joriy qilish faqat uskunalarni sotib olish bilan tugamaydi. Korxonada energiya menejeri, avtomatika mutaxassisi, IT mutaxassis va texnologlar birgalikda ishlashi kerak. Aks holda, tizim ma'lumot yig'adi, lekin energiya samaradorligi bo'yicha real qarorlar qabul qilinmaydi.

10. Xulosa

IoT texnologiyalari sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirishning eng samarali zamonaviy vositalaridan biridir. Ular energiya sarfini real vaqt rejimida kuzatish, uskunalar bo'yicha energiya balansini tuzish, nooptimal

rejimlarni aniqlash, prediktiv texnik xizmatni tashkil etish va avtomatik boshqaruvni yo‘lga qo‘yish imkonini beradi.

Sanoat korxonasida IoT asosidagi energiya monitoring tizimi joriy etilganda energiya auditi sifati sezilarli oshadi. Chunki audit taxminiy yoki faqat oy yakunidagi umumiy ko‘rsatkichlarga emas, balki sex, liniya va uskuna darajasidagi aniq ma’lumotlarga asoslanadi. Bu esa energiya tejash choralari ustuvorlik bo‘yicha tanlash, investitsiya samaradorligini hisoblash va korxonaning energiya menejmenti tizimini ISO 50001 talablariga moslashtirish imkonini beradi.

Shunday qilib, IoT texnologiyalarini sanoat korxonalarida joriy etish nafaqat elektr energiyasi sarfini kamaytiradi, balki ishlab chiqarish ishonchliligini oshiradi, mahsulot tannarxini pasaytiradi, texnik xizmat ko‘rsatishni takomillashtiradi va korxonaning raqamli transformatsiyasiga asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

- [1] International Energy Agency. *Energy Efficiency 2024*. – Paris: IEA, 2024.
- [2] International Energy Agency. *Energy and AI*. – Paris: IEA, 2025.
- [3] International Organization for Standardization. *ISO 50001: Energy Management Systems – Requirements with Guidance for Use*. – Geneva: ISO, 2018.
- [4] A. A. Mirani, M. A. Shaikh, H. M. Tunio. *Industrial IoT-Based Energy Monitoring System // Journal of Industrial Information Integration*. – 2024. – Vol. 5, No. 4. – pp. 1–15.
- [5] H. J. Khasawneh, A. Al-Ghandoor, M. Al-Waked. *Industrial IoT-Based Submetering Solution for Real-Time Energy Monitoring // Discover Applied Sciences*. – 2025. – Vol. 7. – pp. 1–18.
- [6] Natural Resources Canada. *ISO 50001 Energy Management Systems Standard*. – Ottawa: Government of Canada, 2023.
- [7] International Energy Agency Industrial Energy-Related Technologies and Systems. *Digitalization, Artificial Intelligence and Related Technologies for Energy Efficiency and GHG Emissions Reduction in Industry*. – Paris: IEA IETS, 2024.
- [8] A. Rehman, M. H. Habaebi, M. R. Islam. *The Use of the Internet of Things to Increase Energy Efficiency in Manufacturing Industries // International Journal of Energy Sector Management*. – 2023. – Vol. 17, No. 5. – pp. 1–20.
- [9] SGS. *ISO 50001 Certification: Energy Management Systems*. – Geneva: SGS Group, 2024.
- [10] DNV. *ISO 50001 Energy Management Certification*. – Høvik: DNV, 2024.
- [11] M. A. Javed, T. Murata. *IoT-Based Smart Energy Management Systems for Industrial Applications // Energy Reports*. – 2021. – Vol. 7. – pp. 524–537.
- [12] A. Al-Ali, I. Zualkernan, M. Rashid. *A Smart Home Energy Management System Using IoT and Big Data Analytics Approach // IEEE Transactions on Consumer Electronics*. – 2017. – Vol. 63, No. 4. – pp. 426–434.
- [13] L. D. Xu, W. He, S. Li. *Internet of Things in Industries: A Survey // IEEE Transactions on Industrial Informatics*. – 2014. – Vol. 10, No. 4. – pp. 2233–2243.

[14] J. Wan, S. Tang, D. Li, S. Wang, C. Liu, H. Abbas, A. Vasilakos. *A Manufacturing Big Data Solution for Active Preventive Maintenance // IEEE Transactions on Industrial Informatics*. – 2017. – Vol. 13, No. 4. – pp. 2039–2047.

[15] M. Wollschlaeger, T. Sauter, J. Jasperneite. *The Future of Industrial Communication: Automation Networks in the Era of the Internet of Things and Industry 4.0 // IEEE Industrial Electronics Magazine*. – 2017. – Vol. 11, No. 1. – pp. 17–27.

QUYOSH ENERGIYASINI SUVNING POTENSIAL ENERGIYASI KO‘RINISHIDA SAQLASH

Qodirov Jumanazar Urol o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi
jumanazarqodirov1996@gmail.com

Xoliyorov Abbosjon Baxtiyor o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
abxoliyorov010496@gmail.com

Sheraliyev Dostonbek Davlatmurod o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
sheraliyevdostonbek899@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tezisda quyosh fotoelektr stansiyalarida hosil bo‘ladigan ortiqcha elektr energiyasini suvning potensial energiyasi ko‘rinishida saqlash, ya’ni quyosh energetikasi va nasosli-akkumulyatsion gidroelektr stansiya integratsiyasining ilmiy-texnik asoslari tahlil qilinadi. Mavzuning dolzarbligi quyosh energiyasining sutkalik va mavsumiy o‘zgaruvchanligi, elektr tarmog‘ida balanslash quvvatiga ehtiyoj ortib borayotgani hamda uzoq muddatli energiya saqlash texnologiyalariga talab kuchayishi bilan belgilanadi. Nasosli GES konsepsiyasida quyosh PV stansiyasi kunduzgi ortiqcha energiya hisobiga suvni quyi havzadan yuqori havzaga ko‘taradi; kechki pik yuklama yoki quyosh bo‘lmagan vaqtda esa yuqori havzadagi suv turbina orqali oqizilib, elektr energiyasi qayta ishlab chiqariladi. Xalqaro gidroenergetika assotsiatsiyasi ma’lumotlariga ko‘ra, nasosli gidroakkumulyatsiya dunyodagi eng yirik energiya saqlash texnologiyasi bo‘lib, uning global o‘rnatilgan quvvati qariyb 200 GW ni tashkil etadi va u uzoq muddatli energiya saqlash quvvatining 94% dan ortig‘ini ta’minlaydi [1].

Tezisda ishlash prinsipi, asosiy formulalar, texnologik sxema, samaradorlik ko‘rsatkichlari, dunyo va O‘zbekiston sharoitidagi istiqbollari, texnik-iqtisodiy afzalliklar hamda cheklovlar yoritiladi. Xulosa sifatida quyosh energiyasini suvning potensial energiyasi ko‘rinishida saqlash texnologiyasi yirik miqyosli qayta tiklanuvchi energiya integratsiyasi, elektr tarmog‘i barqarorligi va uzoq xizmat muddatli energiya infratuzilmasi uchun eng ishonchli yechimlardan biri ekani asoslanadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kalit so‘zlar: quyosh energiyasi, suvning potensial energiyasi, nasosli-akkumulyatsion GES, PSH, energiya saqlash, gidroakkumulyatsiya, qayta tiklanuvchi energiya, elektr tarmog‘i barqarorligi, round-trip efficiency, O‘zbekiston energetikasi.

1. Kirish

Jahon energetika tizimi quyosh va shamol kabi o‘zgaruvchan qayta tiklanuvchi energiya manbalarining tez o‘sishi bilan yangi bosqichga o‘tmoqda. Quyosh fotoelektr stansiyalari ekologik toza, yoqilg‘i talab qilmaydigan va tez quriladigan manba bo‘lsa-da, ularning elektr ishlab chiqarishi ob-havo, sutka va mavsumga bog‘liq. Ayniqsa kunduzi quyosh nurlanishi yuqori bo‘lgan vaqtda elektr ishlab chiqarish ortadi, kechki pik yuklama davrida esa ishlab chiqarish keskin kamayadi. Bu holat elektr energetika tizimida quvvat balansini saqlash, chastota barqarorligini ta‘minlash va zaxira quvvatlarni boshqarish masalalarini murakkablashtiradi.

Energiya saqlash texnologiyalari mazkur muammoning asosiy yechimlaridan biri hisoblanadi. Batareyali energiya saqlash tizimlari qisqa muddatli tezkor balanslash uchun qulay bo‘lsa, katta hajmli va uzoq muddatli saqlashda nasosli-akkumulyatsion gidroelektr stansiyalar o‘zining yuqori quvvati, uzoq xizmat muddati va katta energiya sig‘imi bilan ajralib turadi. AQSh Energetika departamenti ta‘rifiga ko‘ra, PSH ikki xil balandlikdagi suv omborlari tizimidan iborat bo‘lib, suv yuqoriga pompalanadi va zarur vaqtda pastga oqizilib, turbina orqali elektr energiyasi ishlab chiqariladi [2].

Quyosh energiyasini suvning potensial energiyasi shaklida saqlash mohiyatan quyosh PV va nasosli GESning gibrid ishlashidir. Bunda quyosh stansiyasining kunduzgi ortiqcha elektr energiyasi suvni yuqori rezervuarga ko‘tarish uchun sarflanadi. Saqlangan energiya suv massasi, balandlik farqi va umumiy foydali ish koeffitsiyentiga bog‘liq bo‘ladi. Bu texnologiya elektr energiyasini kimyoviy shaklda emas, balki mexanik-gravitatsion energiya sifatida saqlaydi. Shu sababli u yirik energetika tizimlarida uzoq xizmat muddati, past ekspluatatsion xarajat va yuqori ishonchlilik bilan ajralib turadi.

O‘zbekiston sharoitida bu mavzu alohida dolzarbdir. Mamlakatda quyosh energetikasini rivojlantirish bo‘yicha 2030-yilgacha kamida 5 GW quyosh PV quvvatiga erishish maqsadi ilgari surilgan, ayrim ssenariylarda esa bu maqsad 7 GW gacha oshirilishi mumkinligi qayd etilgan [3]. Quyosh quvvatlari ortib borgan sari energiya saqlash va balanslash infratuzilmasiga ehtiyoj ham ortadi. Shu nuqtayi nazardan, quyosh energiyasini suvning potensial energiyasi ko‘rinishida saqlash kelajakda O‘zbekiston elektr energetika tizimi uchun strategik ahamiyatga ega yo‘nalish bo‘lishi mumkin.

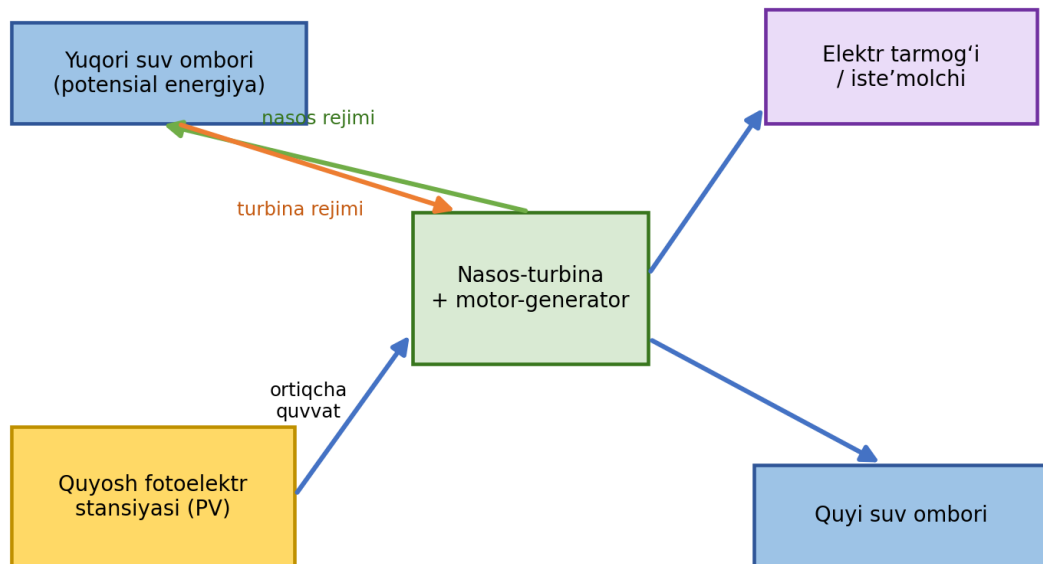
2. Texnologiyaning ishlash prinsipi

Quyosh energiyasini suvning potensial energiyasi ko‘rinishida saqlash tizimi uch asosiy bosqichda ishlaydi: energiyani qabul qilish, energiyani saqlash va energiyani qayta ishlab chiqarish. Birinchi bosqichda quyosh fotoelektr modullari nurlanish energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi. Agar bu vaqtda ishlab

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

chiqarish tarmoq yuklamasidan ortiq bo‘lsa yoki elektr energiyasi narxi past bo‘lsa, ortiqcha quvvat nasos agregatlariga yo‘naltiriladi. Ikkinchi bosqichda nasoslar suvni quyi havzadan yuqori havzaga ko‘taradi. Uchinchi bosqichda yuqori havzada to‘plangan suv pastga oqiziladi va turbina-generator orqali elektr energiyasi ishlab chiqariladi.

Quyosh energiyasi → suvning potensial energiyasi → elektr energiyasi



1-rasm. Quyosh PV va nasosli GES integratsiyasi orqali energiyani saqlash ishlash sxemasi.

Mazkur sxema oddiy energetik zanjirni ifodalaydi: quyosh nurlanishi → elektr energiyasi → nasos ishi → suvning potensial energiyasi → turbina mexanik energiyasi → elektr energiyasi. Tizimning afzalligi shundaki, quyosh energiyasining vaqt bo‘yicha nomutanosibligi suv ombori orqali muvozanatlanadi. Kunduzgi arzon yoki ortiqcha quyosh energiyasi kechki qimmat va talab yuqori bo‘lgan davrda qayta elektr energiyasi sifatida tarmoqqa beriladi.

3. Nazariy asoslar va asosiy formulalar

Suvning yuqori havzada saqlanadigan potensial energiyasi klassik mexanika qonunlariga asoslanadi. Suv massasi balandlik farqiga ko‘tarilganda unda gravitatsion potensial energiya hosil bo‘ladi:

$$E = m \times g \times H$$

bu yerda E — potensial energiya, J; m — suv massasi, kg; g — erkin tushish tezlanishi, $9,81 \text{ m/s}^2$; H — yuqori va quyi havzalar orasidagi foydali napor, m.

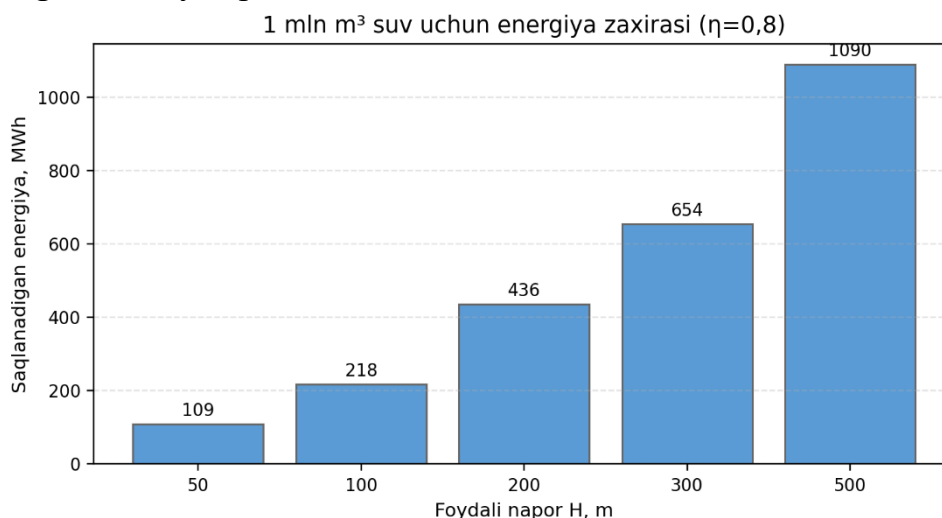
Agar suv massasi suv zichligi va hajmi orqali ifodalansa, $m = \rho V$ bo‘ladi. Amaliy hisoblarda tizimdagi yo‘qotishlar ham hisobga olinadi:

$$E_{\text{foydali}} = \rho \times g \times V \times H \times \eta / 3,6 \times 10^9 \text{ [MWh]}$$

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bu yerda ρ — suv zichligi, taxminan 1000 kg/m^3 ; V — yuqori havzaga ko‘tarilgan suv hajmi, m^3 ; η — umumiy round-trip foydali ish koeffitsiyenti. PSH tizimlarida amaliy round-trip samaradorlik ko‘pincha 70–85% oralig‘ida bo‘ladi, ayrim yopiq siklli tizimlarda 80% qiymat asosiy hisobiy ko‘rsatkich sifatida qo‘llanadi [4], [5].

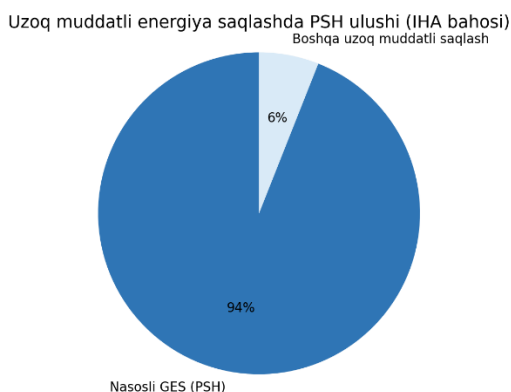
Masalan, 1 mln m^3 suv 200 m foydali naporga ko‘tarilsa va umumiy samaradorlik 0,8 deb olinsa, saqlanadigan foydali energiya taxminan 436 MWh ni tashkil etadi. Bu qiymat shuni ko‘rsatadiki, suv hajmi va napor ortishi bilan saqlash sig‘imi chiziqli tarzda oshadi. Shu sababli PSH loyihalarida eng muhim texnik parametrlar: foydali napor, suv hajmi, gidroagregat quvvati, nasos-turbina samaradorligi va suv yo‘qotishlaridir.



2-rasm. Foydali napor ortganda 1 mln m^3 suvda saqlanadigan energiya miqdori.

4. Jahon tajribasi va statistik asoslar

Nasosli gidroakkumulyatsiya hozirgi kunda dunyodagi eng katta miqyosli energiya saqlash texnologiyasi hisoblanadi. Xalqaro gidroenergetika assotsiatsiyasi PSHni “dunyoning eng katta batareyasi” deb ta’riflaydi: global o‘rnatilgan quvvat qariyb 200 GW bo‘lib, uzoq muddatli energiya saqlash quvvatining 94% dan ortig‘i aynan ushbu texnologiya hissasiga to‘g‘ri keladi [1]. Bu holat PSHning faqat tarixiy texnologiya emas, balki quyosh va shamol energetikasining kengayishi sharoitida ham muhim strategik infratuzilma ekanini ko‘rsatadi.



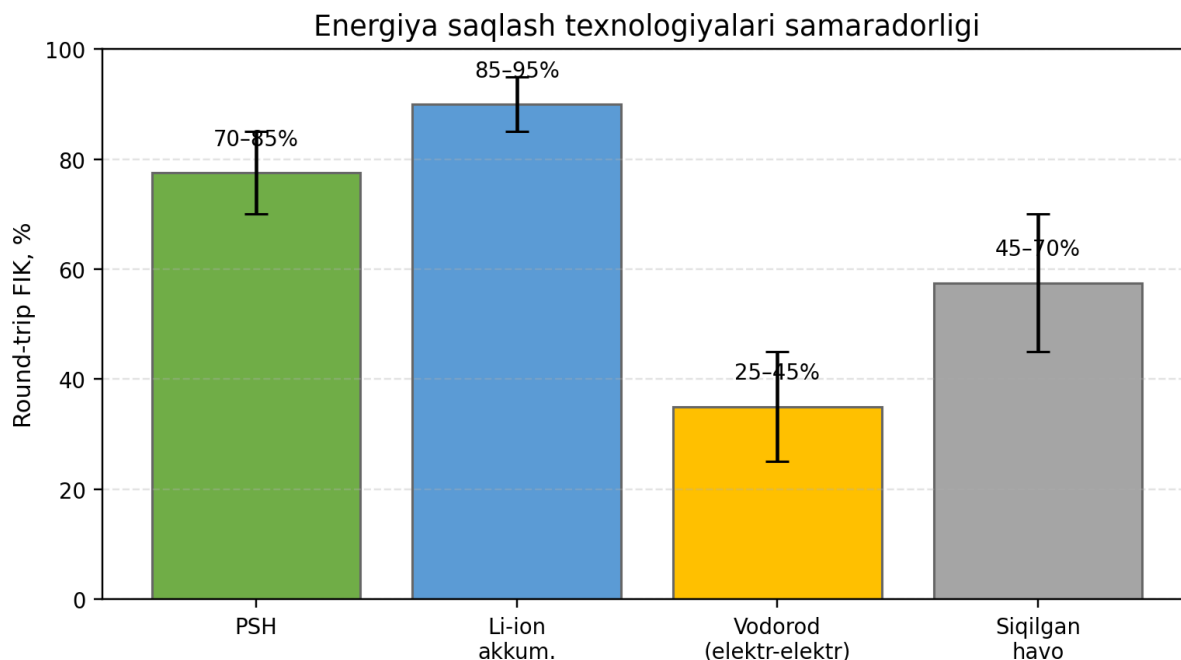
3-rasm. Uzoq muddatli energiya saqlashda nasosli GESlarning global ustunligi.

Xalqaro energetika agentligi ham nasosli GESlarni elektr tizimlari rivojlanishida moslashuvchanlik va energiya xavfsizligini oshiruvchi texnologiya sifatida baholaydi. IEA prognozlarida nasosli gidroenergetika quvvat qo‘shimchalari 2030-yilgacha sezilarli o‘sishi va yillik qo‘shimcha quvvatlar ikki baravar ortishi kutilayotgani ko‘rsatilgan [6]. Bu prognoz quyosh va shamol energiyasining ulushi ortgani sari tarmoqda energiya saqlash va tezkor balanslash ehtiyoji kuchayishini tasdiqlaydi.

2024-yilda global gidroenergetika rivojlanishida ham PSH muhim o‘rin tutgan: 24,6 GW yangi gidroenergetika quvvatining 8,4 GW qismi nasosli GESlar hissasiga to‘g‘ri kelgani qayd etilgan [7]. Bu raqamlar nasosli gidroakkumulyatsiya faqat mavjud texnologiya sifatida saqlanib qolmay, yangi energetika infratuzilmasida faol kengayayotganini ko‘rsatadi.

5. PSHning boshqa energiya saqlash texnologiyalari bilan taqqoslanishi

Energiya saqlash texnologiyalarini tanlashda faqat samaradorlik emas, balki quvvat, energiya sig‘imi, javob berish tezligi, xizmat muddati, ekologik ta‘sir, joylashuv talablari va kapital xarajatlar ham hisobga olinadi. Litiy-ion akkumulyatorlar tezkor chastota rostdash va qisqa muddatli zaxira uchun juda qulay bo‘lsa, PSH katta quvvat va ko‘p soatlik yoki ko‘p kunlik saqlash uchun afzalroqdir. Yopiq siklli PSH obyektlari bo‘yicha NREL tadqiqotida xizmat muddati 80–100 yil oralig‘ida baholanadi [5]. Bu ko‘rsatkich ko‘plab kimyoviy akkumulyator tizimlaridan ancha yuqori.



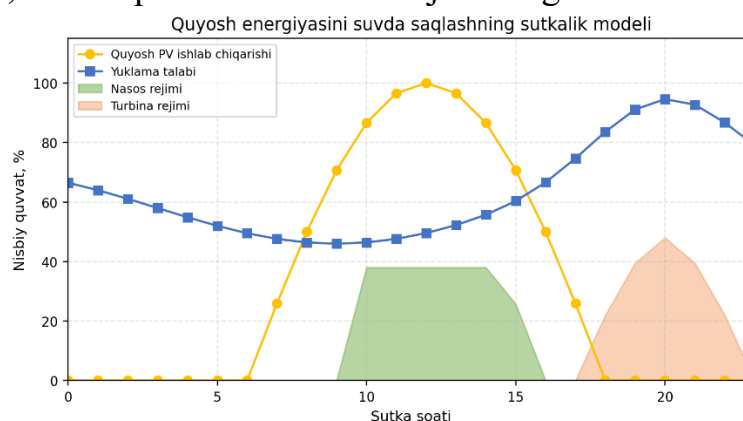
4-rasm. Energiya saqlash texnologiyalarining round-trip samaradorligi bo‘yicha umumiy taqqoslanishi.

Quyosh energiyasini saqlash texnologiyalarining umumlashtirilgan taqqoslanishi

Ko‘rsatkich	Nasosli GES (PSH)	Li-ion akkumulyator	Vodorod zanjiri	Izoh
Saqlash muddati	Soatlar-kunlar, yirik hajm	Daqiqa-soatlar	Kunlar-mavsumiy	Loyihaga bog‘liq
Samaradorlik	70–85% atrofida	85–95%	25–45%	Butun zanjir bo‘yicha
Xizmat muddati	80–100 yilgacha	10–20 yil atrofida	Infratuzilmaga bog‘liq	PSH uzoq muddatli aktiv
Energiya sig‘imi	Juda katta	Modulli, lekin cheklangan	Katta bo‘lishi mumkin	PSH geografiyaga bog‘liq
Javob tezligi	Tez, tizim xizmatlari uchun mos	Juda tez	Sekinroq	Tarmoq talabiga qarab
Asosiy cheklov	Napor va suv ombori talabi	Resurs va degradatsiya	Past samaradorlik va murakkab zanjir	Mahalliy sharoit hal qiluvchi

6. Quyosh PV va PSHning sutkalik ishlash modeli

Quyosh energiyasini suvning potensial energiyasi ko‘rinishida saqlashning eng aniq amaliy modeli sutkalik yuklama grafigida ko‘rinadi. Quyosh PV stansiyasi odatda soat 10:00–15:00 oralig‘ida maksimal quvvatga yaqin ishlaydi. Aholi va sanoat yuklamasining kechki pik davri esa ko‘pincha quyosh botishidan keyin yuzaga keladi. Natijada energiya ishlab chiqarish va iste‘mol vaqt bo‘yicha mos kelmaydi. PSH bu tafovutni kamaytiradi: kunduzgi ortiqcha ishlab chiqarish nasos rejimiga beriladi, kechki pikda esa turbina rejimi ishga tushiriladi.



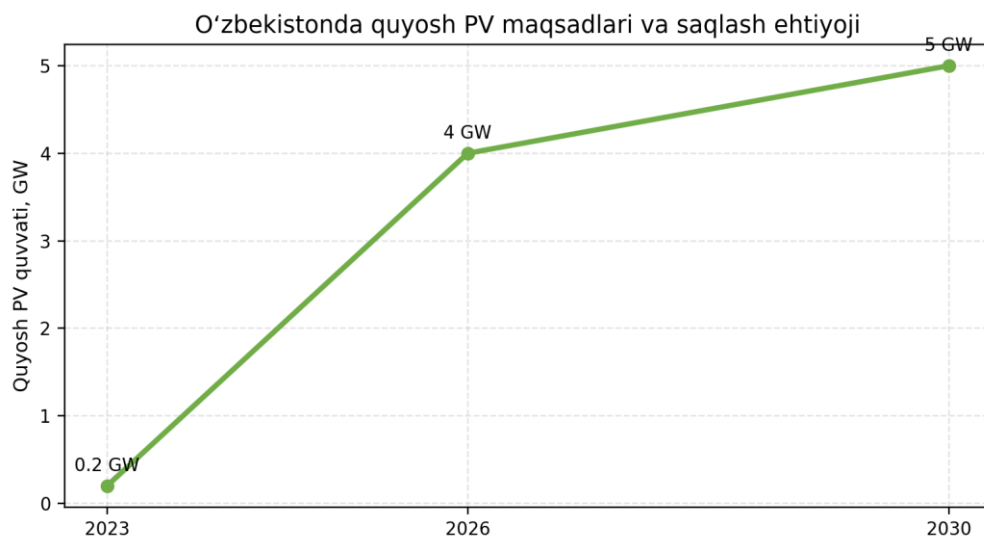
5-rasm. Sutkalik quyosh PV ishlab chiqarishi va nasosli GESning saqlash-qaytarish rejimi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Grafikdan ko‘rinadiki, PSH quyosh energiyasini bevosita iste‘mol qilinmagan vaqtda yo‘qotmasdan saqlashga imkon beradi. Bu nafaqat energiya balansini yaxshilaydi, balki quyosh stansiyalarining tarmoqqa ulanish imkoniyatini ham kengaytiradi. Aks holda ortiqcha quyosh energiyasi tarmoq cheklovi sababli kamaytirilishi yoki butunlay cheklanishi mumkin.

7. O‘zbekiston sharoitida dolzarblik

O‘zbekiston quyosh energetikasi uchun tabiiy salohiyati yuqori bo‘lgan mamlakatlardan biridir. Mamlakatda quyosh energiyasini rivojlantirish bo‘yicha 2030-yilgacha kamida 5 GW quyosh PV quvvatiga erishish maqsadi belgilangan; IEA yo‘l xartiasida esa 2026-yilgacha 4 GW quyosh va 4 GW shamol quvvatiga erishish rejasi ham qayd etilgan [3], [8]. Quyosh quvvatlari ko‘paygani sari energiya saqlash texnologiyalari strategik ahamiyat kasb etadi.



6-rasm. O‘zbekistonda quyosh PV quvvatlari oshishi bilan energiya saqlash ehtiyojining kuchayishi.

O‘zbekiston energetika tizimida gidroenergetika ham muhim o‘rin tutadi. Jahon banki ma‘lumotlariga ko‘ra, mamlakatda qariyb 3 000 ta kichik GESni tashkil etish, 2026-yilgacha 160 MW kichik gidroquvvatni ishga tushirish va 280 ming aholiga elektr energiyasi yetkazib berish rejalari qo‘llab-quvvatlanmoqda [9]. Bu kichik GESlar bevosita PSH bo‘lmasa ham, suv-energiya infratuzilmasining rivojlanishi kelajakda quyosh-gidro integratsiyasini kuchaytirishi mumkin.

O‘zbekiston sharoitida quyosh energiyasini suvning potensial energiyasi shaklida saqlashning bir nechta istiqbolli modeli mavjud. Birinchi model — mavjud suv omborlari va gidroinshootlar yonida quyosh PV stansiyalarini qurish va nasos rejimi uchun qo‘shimcha quvvatdan foydalanish. Ikkinchi model — yopiq siklli PSH tizimlari bo‘lib, bunda daryo oqimiga minimal ta’sir qiluvchi yuqori va quyi sun‘iy havzalar quriladi. Uchinchi model — irrigatsiya kanallari, suv tashlamalar va kichik suv omborlaridan foydalanib, past quvvatli mikro-PSH yoki gibridd quyosh-nasos tizimlarini yaratishdir.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

8. Loyihalashda e’tibor beriladigan asosiy muhandislik omillari

Quyosh PV–PSH gibrid tizimini loyihalashda birinchi navbatda energetik balans tuziladi. Unda quyosh stansiyasining soatlik ishlab chiqarish profili, elektr tarmog‘i yuklama grafigi, nasoslar iste’moli, suv ombori hajmi va turbina quvvati o‘zaro moslashtiriladi. Tizim samarali ishlashi uchun nasos rejimida ko‘tariladigan suv hajmi kechki yoki tungi yuklama davrida ishlab chiqarilishi kerak bo‘lgan elektr energiyasiga mos bo‘lishi zarur.

2-jadval

Quyosh PV–PSH gibrid tizimini loyihalashda asosiy omillar

Loyihalash omili	Mazmuni	Tavsiya etiladigan tahlil usuli	Amaliy ahamiyati
Foydali napor H	Yuqori va quyi havza sathlari farqi	Topografik va gidravlik hisob	Energiya sig‘imini belgilaydi
Suv hajmi V	Saqlash siklida ko‘tariladigan suv miqdori	Havza hajmi va bug‘lanish tahlili	Saqlash davomiyligini belgilaydi
PV quvvati	Nasoslarni ta‘minlovchi ortiqcha quvvat	Soatlik quyosh nurlanishi modeli	Nasos rejimi jadvalini belgilaydi
Nasos-turbina FIK	Pompalanish va generatsiya yo‘qotishlari	Uskuna pasporti va sinovlar	Round-trip samaradorlikka ta’sir qiladi
Tarmoq talabi	Kechki pik va avariya zaxirasi	Yuklama grafigi va dispetcherlik modeli	Tizimning iqtisodiy qiymatini oshiradi
Ekologik cheklovlar	Suv rejimi, daryo oqimi va bioxilma-xillik	EIA va suv balans tahlili	Barqaror ishlash uchun shart

Muhandislik jihatidan eng maqbul yechim har doim ham eng katta quvvatli tizim emas. Ba’zan tarmoqdagi pik yuklamani 2–4 soat davomida qoplashga mo‘ljallangan o‘rta quvvatli PSH tizimi iqtisodiy jihatdan ko‘proq samara beradi. Bunda suv ombori hajmi, elektr energiyasining sutkalik narx farqi, nasos-turbina uskunasining ishlash soatlari, kapital xarajatlar va xizmat ko‘rsatish xarajatlari birgalikda baholanadi.

9. Texnik-iqtisodiy afzalliklar va cheklovlar

Quyosh energiyasini suvning potensial energiyasi shaklida saqlashning eng muhim afzalligi — energiya saqlash jarayoni uzoq muddatli va katta quvvatli bo‘lishidir. PSH tizimlari bir necha o‘n yillar davomida ishlashi mumkin, suv qayta-qayta ishlatiladi va asosiy energiya tashuvchisi sifatida mahalliy tabiiy resursdan

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

foydalaniladi. Bu jihatdan texnologiya yirik energiya tizimlari uchun strategik infratuzilma hisoblanadi.

Biroq cheklovlar ham mavjud. PSH qurish uchun mos geografik sharoit — balandlik farqi, havza qurish imkoniyati, geologik barqarorlik va suv resursi talab etiladi. Shuningdek, ekologik baholash, aholi punktlari va yer resurslariga ta'sir, kapital xarajatlar va qurilish muddati batafsil o'rganilishi kerak. Yopiq siklli PSH variantlari daryo oqimiga ta'sirni kamaytirishi mumkin, ammo ular ham suv yo'qotishlari, bug'lanish va yer maydoni bo'yicha tahlil talab qiladi.

3-jadval

PSH asosidagi quyosh energiyasini saqlashning afzalliklari va cheklovlari

Afzallik	Mazmuni	Cheklov yoki xavf	Boshqaruv chorasi
Katta energiya sig'imi	Ko'p soatlik va yirik quvvatli saqlash	Geografik joylashuv talabchan	Topografik GIS tahlil
Uzoq xizmat muddati	80–100 yilgacha bo'lishi mumkin	Kapital xarajat yuqori	Bosqichma-bosqich moliyalashtirish
Tarmoq barqarorligi	Chastota, zaxira va pik yuklama xizmatlari	Dispetcherlik murakkab	SCADA/EMS va prognoz algoritmlari
Quyosh energiyasini integratsiya qilish	Curtailment kamayadi	PV va PSH quvvatlari moslashishi kerak	Soatlik energiya balans modeli
Ekologik nisbatan barqaror yechim	Suv qayta ishlatiladi	Havza va ekotizimga ta'sir	EIA va ekologik oqim talablari

10. Raqamli boshqaruv va “aqlli” ekspluatatsiya

Quyosh PV–PSH tizimi yuqori samarali ishlashi uchun raqamli boshqaruv zarur. Tizimning optimal rejimi ob-havo prognozi, quyosh nurlanishi, elektr energiyasi narxi, tarmoq yuklamasi, suv sathi, nasos-turbina samaradorligi va texnik holat ma'lumotlari asosida tanlanadi. Zamonaviy SCADA/EMS tizimlari nasos rejimini qachon yoqish, qachon to'xtatish va turbinani qaysi quvvatda ishlatish bo'yicha operatorga aniq ma'lumot beradi.

Sun'iy intellekt algoritmlari ushbu jarayonda prognozlash va optimallashtirish vazifasini bajaradi. Masalan, bir kun oldingi quyosh nurlanishi prognozi asosida nasos rejimining soatlik jadvali tuziladi. Agar kutilgan quyosh ishlab chiqarishi kamayib ketsa, tizim suv zaxirasini saqlash yoki tarmoqdan quvvat olish bo'yicha alternativ variantni tanlaydi. Shu tarzda PSH nafaqat energiya saqlash ombori, balki aqlli dispetcherlik vositasi sifatida ham ishlaydi.

Xulosa

Quyosh energiyasini suvning potensial energiyasi ko‘rinishida saqlash — qayta tiklanuvchi energetikaning o‘zgaruvchanligini bartaraf etishga xizmat qiladigan ilmiy asoslangan va amaliy jihatdan yetuk texnologiyadir. Uning mohiyati kunduzgi ortiqcha quyosh elektr energiyasini nasoslar yordamida suvni yuqori havzaga ko‘tarish uchun sarflash va zarur vaqtda ushbu suvni turbina orqali oqizib, elektr energiyasini qayta ishlab chiqarishdan iborat.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, PSH texnologiyasi yirik miqyosli va uzoq muddatli energiya saqlashda dunyoda yetakchi o‘rinni egallaydi. Qariyb 200 GW global o‘rnatilgan quvvat va uzoq muddatli saqlash bozoridagi 94% dan ortiq ulush ushbu texnologiyaning strategik ahamiyatini tasdiqlaydi [1]. Samaradorlik 70–85% oralig‘ida bo‘lishi mumkin, yopiq siklli loyihalarda 80% round-trip samaradorlik keng qo‘llanadigan hisobiy ko‘rsatkich hisoblanadi [5].

O‘zbekiston sharoitida quyosh energetikasi quvvatlarining tez o‘sishi, 2030-yilgacha quyosh PV bo‘yicha katta maqsadlar, kichik gidroenergetikani rivojlantirish rejalari va elektr tarmog‘i barqarorligi talablari PSH asosidagi saqlash yechimlarini dolzarb qiladi. Ayniqsa suv omborlari, mavjud gidroinshootlar, irrigatsiya tizimlari va tog‘li hududlar bilan integratsiyalashgan quyosh-gidro gibrid loyihalari kelajakda energiya xavfsizligi va yashil iqtisodiyot maqsadlariga xizmat qilishi mumkin.

Shunday qilib, quyosh energiyasini suvning potensial energiyasi ko‘rinishida saqlash texnologiyasi O‘zbekiston uchun nafaqat nazariy konsepsiya, balki amaliy tadqiqot, texnik-iqtisodiy asoslash va pilot loyiha darajasida rivojlantirilishi zarur bo‘lgan istiqbolli yo‘nalishdir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

- [1] International Renewable Energy Agency. *Renewable Power Generation Costs in 2023*. – Abu Dhabi: IRENA, 2024.
- [2] International Renewable Energy Agency. *Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030*. – Abu Dhabi: IRENA, 2017.
- [3] International Hydropower Association. *2024 World Hydropower Outlook*. – London: International Hydropower Association, 2024.
- [4] International Energy Agency. *Hydropower Special Market Report: Analysis and Forecast to 2030*. – Paris: IEA, 2021.
- [5] International Energy Agency. *Renewables 2024: Analysis and Forecast to 2030*. – Paris: IEA, 2024.
- [6] International Energy Agency. *World Energy Outlook 2024*. – Paris: IEA, 2024.
- [7] U.S. Department of Energy. *Pumped Storage Hydropower: Technology Strategy Assessment*. – Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2023.
- [8] National Renewable Energy Laboratory. *Closed-Loop Pumped Storage Hydropower Resource Assessment for the United States*. – Golden: NREL, 2022.

[9] European Commission Joint Research Centre. *Hydropower and Pumped Hydropower Storage in the European Union: Status Report*. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024.

[10] M. Aneke, M. Wang. *Energy storage technologies and real life applications – A state of the art review // Applied Energy*. – 2016. – Vol. 179. – pp. 350–377.

[11] B. Zakeri, S. Syri. *Electrical energy storage systems: A comparative life cycle cost analysis // Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2015. – Vol. 42. – pp. 569–596.

[12] J. P. Deane, B. P. Ó Gallachóir, E. J. McKeogh. *Techno-economic review of existing and new pumped hydro energy storage plant // Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2010. – Vol. 14, No. 4. – pp. 1293–1302.

[13] A. Blakers, M. Stocks, B. Lu, C. Cheng. *A review of pumped hydro energy storage // Progress in Energy*. – 2021. – Vol. 3, No. 2. – pp. 1–18.

[14] M. G. Arántegui, G. Jäger-Waldau. *Photovoltaics and wind status in the European Union after the Paris Agreement // Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2018. – Vol. 81. – pp. 2460–2471.

[15] World Bank. *Pumped Hydropower Storage and Battery Storage for Renewable Energy Integration*. – Washington, DC: World Bank, 2023.

**IOT-ENABLED ENERGY MANAGEMENT FOR EMISSION REDUCTION
IN FOSSIL-FUEL POWER PLANTS**

Qodirov Jumanazar Urol o‘g‘li

Senior lecturer at Termez state university of engineering and agrotechnologies
jumanazarqodirov1996@gmail.com

Kholiyorov Abbosjon Baxtiyor o‘g‘li

Lecturer at Termez state university of engineering and agrotechnologies
abxoliyorov010496@gmail.com

Sheraliyev Dostonbek Davlatmurod o‘g‘li

Lecturer at Termez state university of engineering and agrotechnologies
sheraliyevdostonbek899@gmail.com

A data-driven framework for efficiency, reliability, and decarbonization



Manuscript type	Focus	Core method
Scientific article / thesis	Thermal power plants	IoT + ISO 50001 + CEMS

Abstract. Fossil-fuel power plants remain deeply embedded in global electricity systems even as renewable generation expands at record speed. In 2024, fossil fuels supplied nearly 60% of global electricity generation, with coal accounting for about 35% and natural gas for more than one-fifth of supply [1]. At the same time, energy-related CO₂ emissions reached a record 37.8 Gt CO₂ in 2024 [2]. This reality makes operational emission reduction in existing fossil-based generating assets a critical transitional challenge. This paper develops an integrated framework for reducing emissions from coal-, gas-, and oil-fired power plants through Internet of Things (IoT) technologies and structured energy management techniques. The proposed approach combines real-time sensing, continuous emission monitoring systems, heat-rate analytics, auxiliary power management, combustion optimization, predictive maintenance, digital twin logic, and ISO 50001-based continuous improvement. The framework does not claim that digitalization

alone can decarbonize fossil power generation; rather, it positions IoT-enabled energy management as a practical bridge strategy for reducing avoidable fuel use, specific CO₂ emissions, NO_x, SO₂, particulate emissions, forced outages, and inefficient flexible operation while power systems transition toward low-carbon generation. The paper also proposes measurable performance indicators, implementation phases, verification requirements, and risk controls suitable for journal-level discussion and plant-level application.

Keywords: IoT, fossil-fuel power plants, emission reduction, ISO 50001, energy management, CEMS, heat rate, predictive maintenance, digital twin, combustion optimization, decarbonization.

1. Introduction and global context

The global power sector is undergoing simultaneous electrification, digitalization, renewable integration, and climate-policy pressure. Yet fossil-fuel power plants remain a large part of the operating fleet in many countries. This creates a difficult engineering and policy problem: even as long-term climate goals require deep decarbonization, existing coal-, gas-, and oil-fired plants must often continue operating to support reliability, capacity adequacy, industrial demand, reserve margins, and grid balancing.

The urgency is clear in global data. The IEA reports that fossil fuels made up nearly 60% of electricity generation in 2024; coal remained the largest source at 35%, natural gas supplied more than 20%, and oil-fired generation contributed a small but still measurable share [1]. The same period saw record energy-related CO₂ emissions of 37.8 Gt CO₂ [2]. The IPCC identifies the electricity sector as the largest source of energy-sector CO₂ emissions, accounting for about 36% in 2019 [3].

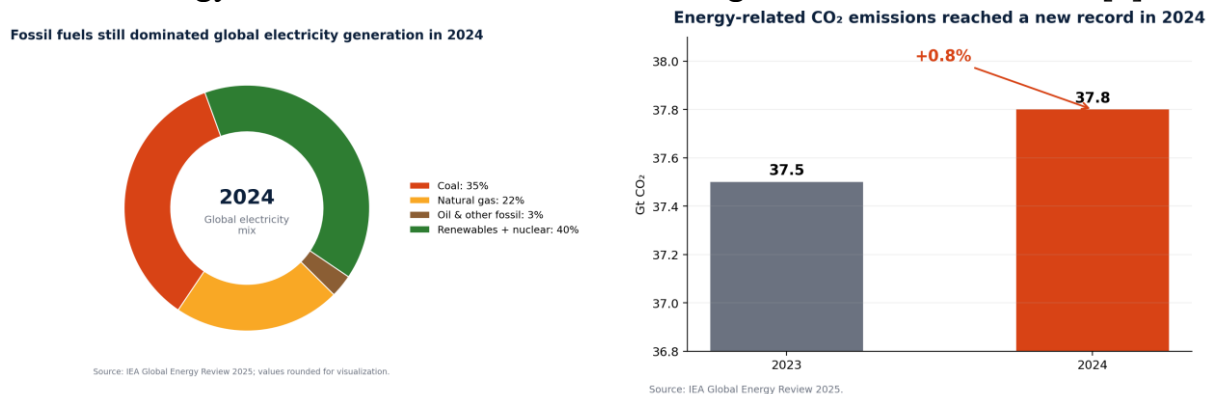


Figure 1. Global context for fossil-fuel power-plant emission reduction. Visualized from IEA data [1], [2].

These numbers do not weaken the case for renewable energy; rather, they show why reducing avoidable emissions from currently operating fossil assets remains important. IoT-enabled energy management must therefore be framed as a transition measure: it improves performance of assets that still operate, while long-term strategies such as renewable energy, storage, grid flexibility, fuel switching, carbon capture where feasible, and retirement of high-emission units continue to progress.

2. Problem statement: avoidable emissions inside operating plants

The emission intensity of a fossil-fuel power plant is not fixed only by the fuel. It is strongly influenced by thermal efficiency, fuel quality, plant load, combustion conditions, condenser performance, air leakage, auxiliary power demand, maintenance condition, start-up frequency, environmental control performance, and operator decisions. A poorly tuned plant burns more fuel per net MWh, producing higher CO₂ and often higher NO_x, SO₂, particulate matter, carbon monoxide, ammonia slip, and unburned carbon losses.

$$\eta = E_{out} / E_{fuel} \times 100$$

$$I_{CO_2} = M_{CO_2} / E_{net}$$

Overall efficiency links useful electrical output to chemical energy input. A higher value means less fuel consumption for the same output.

Specific CO₂ intensity expresses emitted CO₂ per unit of net electricity exported to the grid, normally kg CO₂/MWh.

Heat rate is the inverse expression of efficiency and is widely used in thermal power engineering. It expresses fuel energy input per unit of electrical energy output. Lower heat rate means higher efficiency. The IEA has emphasized that improving coal power plant efficiency directly reduces CO₂ emissions, noting that a one percentage point improvement in efficiency can result in a 2.5 percentage point reduction in CO₂ emissions [7].

Heat-rate improvement directly lowers specific CO₂ intensity

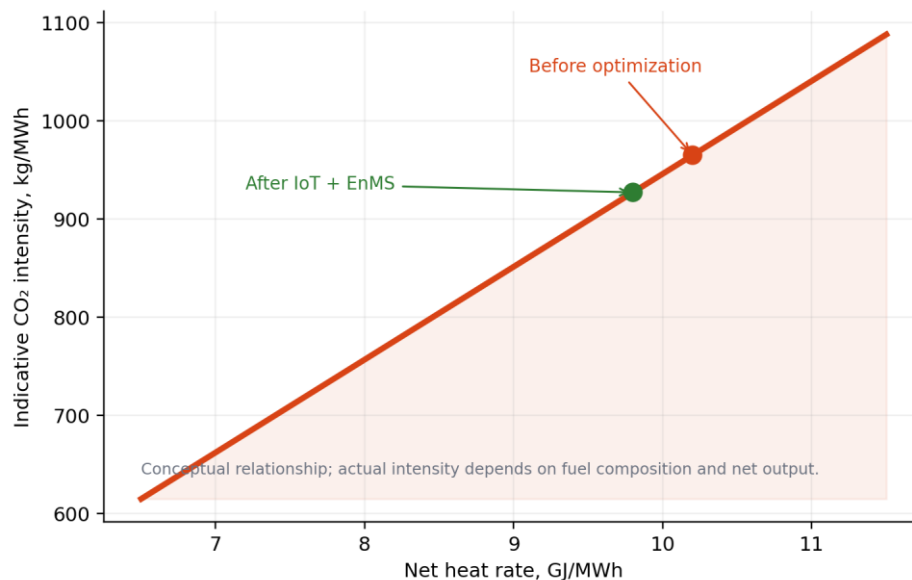


Figure 2. Conceptual relationship between net heat rate and specific CO₂ intensity.

3. Literature-based rationale for IoT and energy management

Digitalization provides the missing operational layer between physical plant equipment and systematic emission reduction. The IEA states that digital data and analytics can support energy efficiency through improved planning, improved combustion efficiency in power plants, reduced network losses, and better system design [6]. IRENA similarly describes digitalization, sensors, smart meters, data

platforms, and AI-based applications as value-creating tools across increasingly complex power systems [12].

However, the scientific weakness of many digitalization discussions is that they treat data collection as if it automatically produces environmental benefit. In reality, sensors alone do not reduce emissions. They only produce measurements. Emission reduction requires a full chain: accurate measurement, validated data, diagnostic models, decision logic, operator action, management accountability, and verification. This is why the integration of IoT with an energy management system is essential.

ISO 50001 is particularly relevant because it provides a practical framework for organizations to improve energy use through an energy management system [4]. In fossil-fuel power plants, ISO 50001 can be used to define energy baselines, energy performance indicators, targets, responsibilities, corrective actions, and measurement-and-verification procedures. IoT then supplies the high-resolution operational data required to make the management system effective.

Table 1

Source logic used to build the proposed framework.

Source group	Main evidence	Use in this paper
IEA Global Energy Review	Global context: fossil electricity share and CO ₂ emissions	Justifies relevance of existing fossil fleet
IPCC AR6 WGIII	Power sector as major source of energy-sector CO ₂	Frames climate urgency
ISO 50001	Energy management system for improved energy use	Converts data into management discipline
EPA CEMS guidance	Definitions of CEMS and PEMS	Supports measurement and reporting architecture
IEA Digitalisation and Energy	Digital data can improve efficiency and combustion	Supports IoT/analytics rationale
Agora/IRENA flexibility studies	Flexible operation affects efficiency and emissions	Justifies low-load and ramping optimization

4. Proposed IoT-enabled energy management framework

The proposed framework has five layers: measurement, connectivity, data platform, analytics, and energy management. The most important feature is that the framework connects emission measurements to operational causes. CEMS data are not treated as isolated compliance values; they are linked to fuel flow, boiler load, excess oxygen, air distribution, mill condition, condenser performance, auxiliary loads, and environmental control parameters.

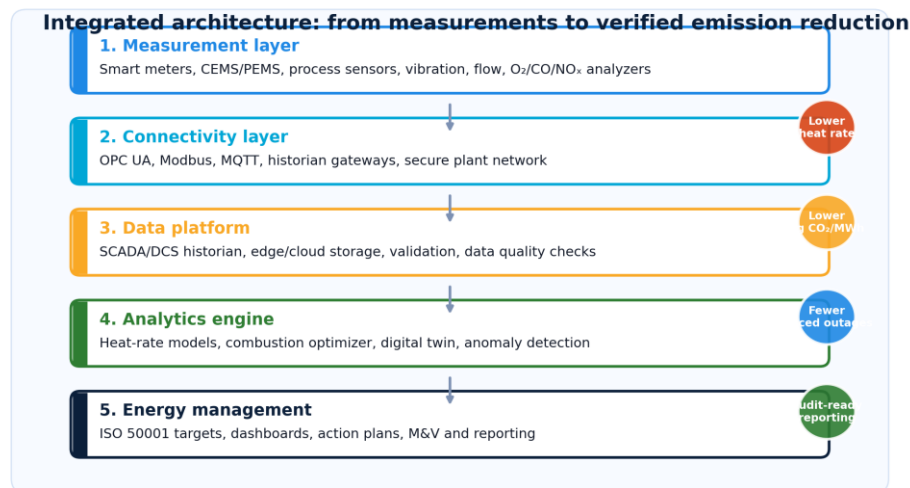


Figure 3. Integrated architecture for IoT-enabled energy management in fossil-fuel power plants.

The measurement layer includes smart meters, flow meters, temperature sensors, pressure sensors, oxygen analyzers, CO and NO_x analyzers, fuel quality measurements, vibration sensors, motor current sensors, condenser vacuum sensors, and CEMS/PEMS. The connectivity layer uses secure industrial communication such as OPC UA, Modbus TCP, MQTT, industrial Ethernet, or historian gateways. The platform layer stores, validates, and contextualizes the data. The analytics layer generates performance insights. Finally, the energy management layer converts those insights into targets, actions, verification, and reporting.

5. CEMS, PEMS, and emission-data integration

Accurate emission measurement is the foundation of credible emission reduction. The EPA defines a Continuous Emission Monitoring System as the total equipment required to determine gas or particulate concentration or emission rate using pollutant analyzer measurements and conversion equations, graphs, or computer programs. It also defines Predictive Emission Monitoring Systems as equipment required to determine gas concentration or emission rate using process and control-device operating parameter measurements with equations, graphs, or computer programs [5].

In an advanced plant, CEMS and PEMS should be integrated with operational process data. For example, a rise in NO_x emissions should be analyzed together with boiler load, excess oxygen, burner configuration, furnace temperature, coal mill operation, and air distribution. A rise in CO₂ intensity should be evaluated against net heat rate, auxiliary load, condenser vacuum, fuel moisture, and unit load. This transforms emission monitoring from a compliance-only function into a real-time optimization tool.

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

Emission parameter	IoT/process context	Optimization purpose
CO ₂	Fuel flow, calorific value, net output, heat rate	Evaluate kg CO ₂ /MWh and fuel-use efficiency
NO _x	Excess O ₂ , burner settings, flame temperature, load	Optimize combustion and low-NO _x control
SO ₂	Fuel sulfur, scrubber operation, reagent flow	Verify desulfurization performance
Particulate matter	ESP/baghouse status, opacity, ash characteristics	Maintain particulate capture efficiency
CO	Excess air, burner imbalance, mill performance	Detect incomplete combustion
NH ₃ slip	SCR operation, reagent injection, NO _x outlet	Avoid secondary emissions and fouling

Table 2. How emission data become actionable when integrated with plant process data.

6. Main emission-reduction pathways

6.1 Heat-rate optimization

Heat-rate optimization is the primary CO₂ reduction pathway because it reduces fuel required for each net MWh. IoT supports heat-rate optimization by continuously tracking boiler efficiency, main and reheat steam conditions, turbine efficiency indicators, condenser vacuum, feedwater heater performance, air-preheater leakage, cooling-water conditions, and auxiliary power. Digital models can compare actual performance against expected performance under the same load and ambient conditions.

6.2 Combustion optimization

Combustion optimization aims to maintain complete combustion with minimum avoidable excess air and controlled pollutant formation. Too much excess air increases stack heat loss; too little causes CO formation and unburned carbon. IoT-based combustion optimization combines O₂, CO, NO_x, fuel flow, air flow, furnace temperature, burner-level information, coal mill performance, and load data. Machine-learning or model-predictive control can then recommend setpoints for air-fuel ratio, mill loading, burner tilt, secondary air distribution, and oxygen trim.

6.3 Auxiliary power reduction

Net emission intensity depends on net electricity delivered to the grid, not just gross generator output. Auxiliary systems such as boiler feed pumps, induced-draft fans, forced-draft fans, coal mills, cooling-water pumps, compressors, fuel-handling systems, and environmental control systems consume a significant amount of

electricity. Reducing auxiliary consumption increases net output for the same fuel input.

$$P_{net} = P_{gross} - P_{aux}$$

Lower auxiliary demand increases net export and reduces kg CO₂/MWh net without increasing fuel input.

6.4 Predictive maintenance and degradation control

Equipment degradation often appears as a silent efficiency penalty before it becomes a failure. Fouled condensers, leaking air preheaters, eroded turbine blades, unbalanced fans, clogged heat-transfer surfaces, drifting sensors, and malfunctioning coal mills may continue operating while increasing heat rate. IoT-enabled predictive maintenance uses vibration, temperature, current, pressure, flow, and performance-deviation data to detect early degradation. The IEA estimates that AI applications in power plant operations and maintenance could create substantial future cost savings by avoiding fuel use and lowering operating costs [13].

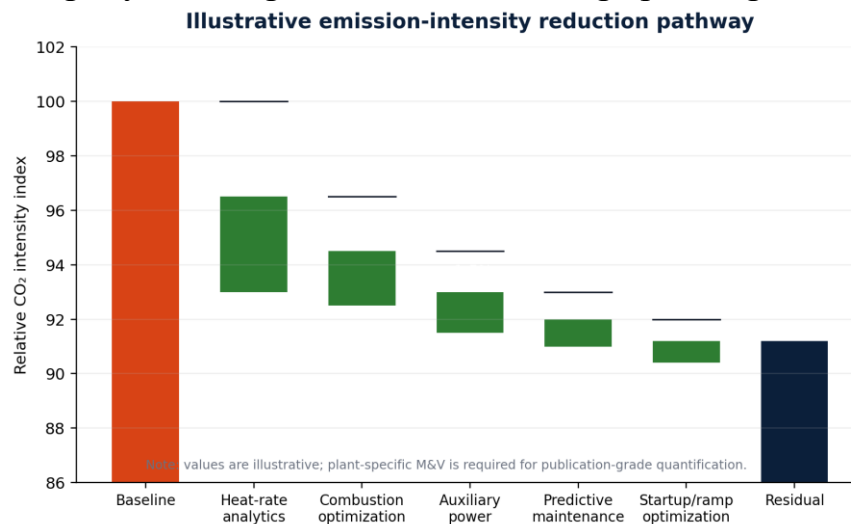


Figure 4. Illustrative pathway showing how several small operational improvements combine into meaningful emission-intensity reduction.

7. Flexible operation under renewable integration

As variable renewable energy expands, fossil-fuel plants increasingly operate as flexible resources rather than pure baseload units. This means more ramping, lower minimum load, more start-ups, and more partial-load operation. Flexibility is necessary for system reliability, but it can create emission penalties if plants operate far from their efficient design points. Agora Energiewende and IRENA studies show that flexibility retrofits and improved part-load operation are important for thermal plants in systems with high renewable shares [9], [10].

IoT-enabled energy management helps reduce these penalties by optimizing ramp rates, start-up fuel use, low-load combustion stability, turbine thermal stress, boiler temperature control, and auxiliary system scheduling. The goal is not only to lower emissions at full load, but also to reduce emissions during dynamic operation. This is increasingly important because the future role of fossil plants, where they

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

remain in operation, will be less about baseload energy and more about balancing, reserves, and reliability support.

8. Monitoring dashboard and performance indicators

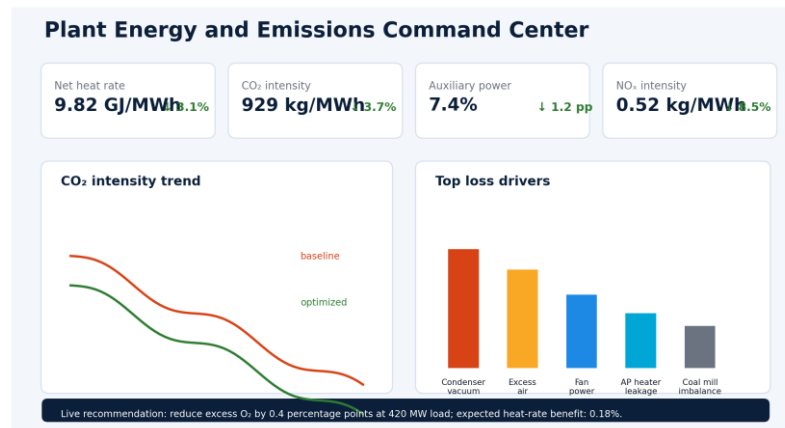


Figure 5. Example of a high-level energy and emissions dashboard for a fossil-fuel power plant.

A serious emission-reduction program requires measurable indicators. The plant should not only track total emissions, because total emissions depend on dispatch. It must also track normalized performance indicators that reflect operational quality. These include net heat rate, kg CO₂/MWh_{net}, NO_x/MWh, SO₂/MWh, auxiliary power ratio, boiler efficiency, condenser performance, forced outage rate, start-up fuel intensity, and environmental control efficiency.

KPI	Definition	Why it matters
Net heat rate	Fuel energy input / net electricity output	Primary efficiency indicator
CO ₂ intensity	kg CO ₂ / MWh _{net}	Core climate indicator
NO _x intensity	kg NO _x / MWh _{net}	Combustion and pollution-control indicator
SO ₂ intensity	kg SO ₂ / MWh _{net}	Fuel sulfur and scrubber performance
Auxiliary power ratio	$P_{aux} / P_{gross} \times 100$	Internal load efficiency
Boiler efficiency	Useful heat absorbed / fuel energy input	Combustion and heat-transfer performance
Condenser performance	Actual vacuum vs expected vacuum	Steam-cycle efficiency
Forced outage rate	Forced outage hours / total hours	Reliability and performance risk
Start-up fuel intensity	Fuel used per start or per MWh during start-up	Flexible-operation emission penalty
CEMS availability	Valid monitoring hours / required hours	Data credibility and compliance

Table 3. Suggested KPIs for IoT-enabled energy management in fossil-fuel power plants.

9. Implementation roadmap

Roadmap for implementation and verification



Figure 6. Phased implementation roadmap from baseline audit to verified scale-up.

Implementation should begin with a baseline assessment. The plant must collect historical fuel consumption, gross generation, net generation, CEMS data, auxiliary consumption, outage history, maintenance records, start-up events, and load profiles. The baseline should be normalized for load, ambient temperature, fuel quality, and operating regime. Without normalization, the plant may falsely attribute changes to IoT when they are actually caused by weather, dispatch, or fuel variability.

Phase	Main activities	Deliverable
1. Baseline assessment	Historical fuel, generation, CEMS, outage and maintenance analysis	Baseline heat rate and emission intensity
2. Instrumentation audit	Identify missing, unreliable or uncalibrated measurements	IoT metering and sensor plan
3. Data integration	Connect DCS, SCADA, CEMS, historian and smart meters	Unified plant performance database
4. Analytics deployment	Heat-rate, combustion, auxiliary load, anomaly and PdM models	Actionable optimization recommendations
5. Energy management	ISO 50001 targets, responsibilities, dashboards and action plans	Continuous improvement process
6. Verification	Compare normalized before/after performance	Auditable emission-reduction report
7. Scale-up	Extend to fleet-level benchmarking and digital twins	Multi-unit performance management

Table 4. Implementation roadmap for plant-level deployment.

10. Data governance, cybersecurity, and reliability requirements

Because fossil-fuel power plants are critical infrastructure, IoT deployment must be designed with cybersecurity from the beginning. Measurement devices, gateways, historian interfaces, dashboards, and cloud connections can create new attack surfaces. Secure segmentation between operational technology and information technology networks, role-based access, encrypted communication, patch management, asset inventory, backup procedures, and incident-response plans are required.

Data governance is equally important. Plant data must be validated before being used for optimization or official reporting. Sensor drift, missing values, time misalignment, duplicated tags, wrong engineering units, and poor calibration can lead to incorrect operational decisions. Therefore, each critical sensor should have defined calibration intervals, plausibility checks, ownership, maintenance responsibility, and data-quality flags.

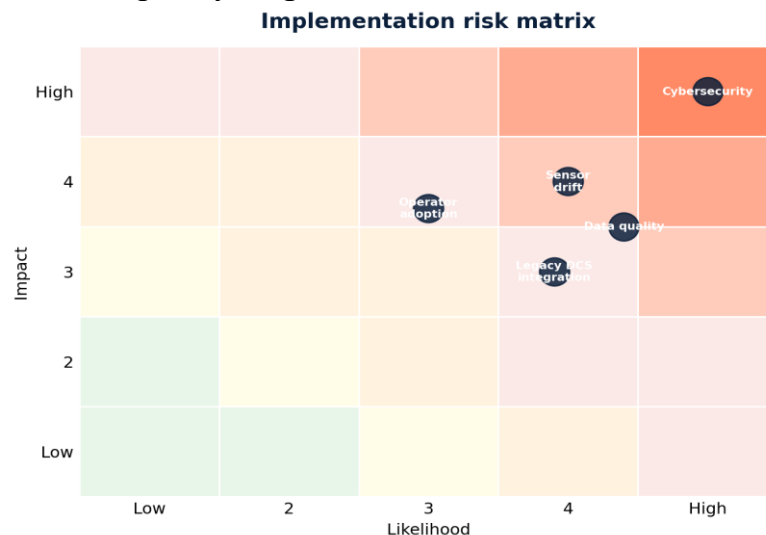


Figure 7. Key risks that must be controlled during IoT implementation.

11. Scientific contribution and originality

The contribution of this paper is not the isolated claim that IoT can reduce emissions. That statement is too broad for a scientific article. The contribution is the development of an integrated, measurable, and auditable framework that connects IoT data streams to energy management procedures and emission outcomes. The framework links CEMS/PEMS, plant process data, heat-rate analytics, auxiliary power management, combustion optimization, predictive maintenance, flexible-operation control, and ISO 50001 management logic.

This is important because many power-plant digitalization projects fail to move beyond dashboards. A dashboard may show data, but it does not necessarily change operation. The proposed model closes the loop: measurement produces diagnosis; diagnosis produces action; action is assigned to responsible personnel; results are

measured; and performance is compared against a baseline. This loop is what turns digitalization into verified emission reduction.

12. Limitations and boundary conditions

IoT-enabled energy management has real value, but it must not be overstated. It cannot fully decarbonize fossil-fuel generation. It cannot eliminate the carbon content of coal, gas, or oil. It cannot substitute for structural decarbonization measures such as renewable energy deployment, grid modernization, energy storage, demand-side efficiency, fuel switching, carbon capture in selected cases, and retirement of inefficient units. The IPCC emphasizes that future climate-compatible pathways require deep reductions in fossil fuel use and major transformation of energy systems [3], [14].

Another limitation is the rebound effect. If efficiency improvement lowers generation cost, the plant could be dispatched more often, increasing total annual emissions even if specific emissions decline. Therefore, plant-level efficiency improvement should be aligned with system-level carbon policy, dispatch rules, renewable integration, and environmental regulation.

13. Conclusion

Fossil-fuel power plants continue to play a major role in global electricity generation, and their emissions remain a central challenge for climate policy and power-sector engineering. IoT-enabled energy management provides a practical and scientifically defensible pathway for reducing avoidable emissions from existing plants. By integrating smart sensors, CEMS/PEMS, process data, heat-rate analytics, combustion optimization, auxiliary power management, predictive maintenance, digital twins, and ISO 50001-based management, plants can reduce fuel consumption, lower kg CO₂/MWh, improve pollutant control, reduce forced outages, and operate more efficiently during flexible dispatch.

The central conclusion is that digitalization becomes environmentally meaningful only when it is connected to verified energy performance improvement. IoT is the measurement layer; analytics is the interpretation layer; ISO 50001 is the management layer; and emission reduction is the verified outcome. Used in this way, IoT-enabled energy management can serve as an essential bridge strategy for fossil-based power plants during the global transition toward cleaner, more flexible, and lower-carbon electricity systems.

References

- [1] International Energy Agency. *Global Energy Review 2025: Electricity*. – Paris: IEA, 2025.
- [2] International Energy Agency. *Global Energy Review 2025: CO₂ Emissions*. – Paris: IEA, 2025.
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. AR6 WGIII, Chapter 6: Energy Systems*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- [4] Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. AR6 WGI Technical Summary*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
- [5] International Organization for Standardization. *ISO 50001: Energy Management Systems – Requirements with Guidance for Use*. – Geneva: ISO, 2018.
- [6] International Energy Agency. *Digitalisation and Energy*. – Paris: IEA, 2017.
- [7] International Energy Agency. *Energy and AI: AI for Energy Optimisation and Innovation*. – Paris: IEA, 2025.
- [8] United States Environmental Protection Agency. *Continuous Emission Monitoring Systems*. – Washington, DC: EPA, 2024.
- [9] International Energy Agency. *Power Generation from Coal: Measuring and Reporting Efficiency Performance and CO₂ Emissions*. – Paris: IEA, 2010.
- [10] Agora Energiewende. *Flexibility in Thermal Power Plants: With a Focus on Existing Coal-Fired Power Plants*. – Berlin: Agora Energiewende, 2017.
- [11] GE Vernova. *The Future of Energy: Digital for Coal-Fired Plants*. – Boston: GE Vernova, 2023.
- [12] J. W. Burnett, W. S. Al-Amin, H. Bergstrom. *Power Plant Heat-Rate Efficiency as a Regulatory Mechanism*. – Energy Policy, 2019.
- [13] N. Ding, Y. Liu, X. Wang. *State-of-the-Art Carbon Metering: Continuous Emission Monitoring and Dynamic Carbon Accounting*. – Heliyon, 2025.
- [14] International Renewable Energy Agency. *Digitalisation and Artificial Intelligence for Power System Transformation*. – Abu Dhabi: IRENA, 2025.
- [15] World Bank. *CO₂ Emissions from Electricity and Heat Production: Metadata and Methodology*. – Washington, DC: World Bank, 2024.
- [16] International Energy Agency. *Tracking Clean Energy Progress: Electricity*. – Paris: IEA, 2025.

KUHLANISHNI ROSTLOVCHI QURILMANI BOSHQARISH

Raximberdiev R. Q., Usmanov E.G., Xusanov B.M.

Toshkent davlat texnika universiteti

e-mail: raximberdiyevravshanbek755@gmail.com

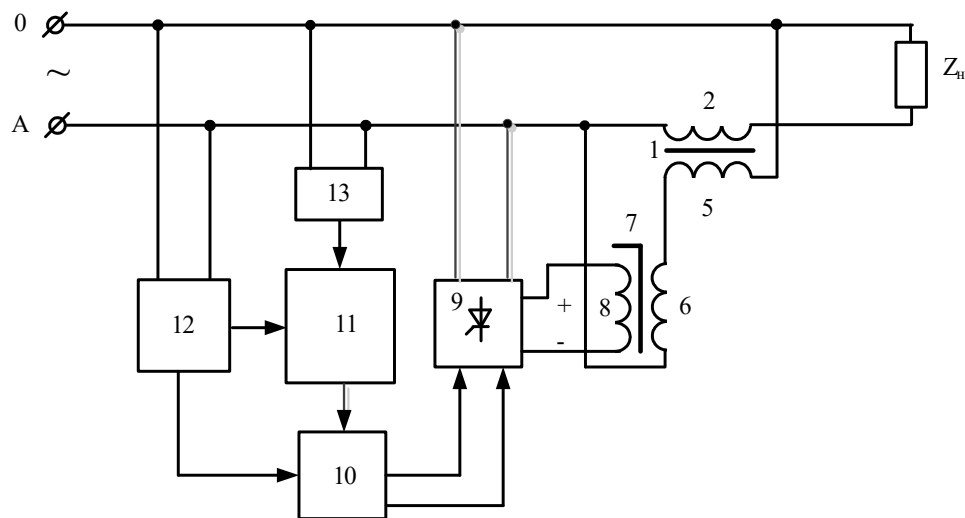
Ko‘rib chiqilayotgan kuchlanish rostlagichini boshqarish tizimi elektrotexnika va elektroenergetikaga, aynan esa o‘zgaruvchan tok elektr taqsimlash tarmoqlarida kuchlanishni ravon rostlash qurilmalariga tegishli, ya’ni kuchlanishni rostlovchi qurilmani boshqarish tizimida qo‘llanilishi mumkin.

1-rasmda kuchlanishni rostlovchi qurilmasini chiqishidagi kuchlanishni ravon rostlashning sxemasi keltirilgan.

Kuchlanishni rostlovchi qurilmansi, ta’minot manbai bilan ketma-ket ulangan tarmoq chulg‘ami bo‘lgan volt-qo‘shuvchi transformatorni, kuchlanish datchigi,

boshqarish blokini o‘z ichiga olgan bo‘lib, bunda volt-qo‘shuvchi transformatorning ikkilamchi chulg‘ami ning boshlanish klemmasi magnitlovchi drosselning birlamchi chulg‘amining oxirgi klemmasi bilan ulangan, magnitlovchi drosselning birlamchi chulg‘amining boshlanish klemmasi ta‘minot tarmog‘ining A fazasiga ulangan, volt-qo‘shimcha transformatorning ikkilamchi chulg‘amining oxirgi klemmasi nol yuritmaning klemmasi bilan ulangan. magnitlanuvchi drossel rostlanuvchi ko‘prikning chiqishiga ulangan, ushbu ko‘prikning kirish klemmalari AO ta‘minot tarmog‘i klemmalariga ulangan, boshqariladigan ko‘prikning boshqaruv elektrodleri drayverning chiqishiga ulangan, drayverning kirish oyoqchalari mikrokontrollerning chiqish oyoqchasiga va ta‘minot blokining chiqish oyoqchasiga ulangan, mikrokontrollerning kirish oyoqchalari ta‘minot bloki va kuchlanish datchigining chiqish oyoqchalariga ulangan, ta‘minot bloki va kuchlanish datchigining kirish oyoqchalari AO ta‘minot tarmog‘i klemmalariga ulangan.

Qurilma quyidagicha ishlaydi: Tarmoqning nominal kuchlanishida boshqariladigan ko‘prik 9 ni boshqarishga signal kelmaydi, binobarin, ketma-ket ulangan volt-qo‘shuvchi transformatorning chulg‘amiga va magnitlovchi drosselning chulg‘amiga beriladigan kuchlanish ular o‘rtasida taqsimlanadi, bunda taqsimoti quyidagicha bo‘ladi: magnitlovchi drosselning chulg‘amida 95-96%, volt-qo‘shuvchi transformatorning chulg‘amida esa 4-5%. Binobarin, bitta volt qo‘shish transformatorining chulg‘amiga ta‘siri sezilarsiz (1V dan kam) bo‘ladi. Ta‘minlash tarmog‘ining kuchlanishi nominaldan 5% dan kam kamayganda, boshqariladigan ko‘prik 9 ishiga signal keladi, natijada chulg‘amning qarshiligi kamayadi va shu bilan chulg‘amlar orasidagi kuchlanish pasayishini qayta taqsimlaydi hamda chulg‘amning volt-qo‘shuvchi transformatorning chulg‘amiga ta‘sirini oshiradi. Mikrokontroller shunday dasturlashtirilganki, uning chiqishida ta‘minlovchi liniyaning kuchlanish qiymatiga teskari proporsional ravishda ravon o‘zgaradi. Shunday qilib, yuklamada kuchlanish uning nominal qiymatiga teng bo‘ladi, bunda ta‘minlovchi tarmoq kuchlanishining qiymati uning nominal qiymatidan 10%ga kamayadi.



1-rasm

Adabiyotlar ro‘yxati

- [1] Усманов Э.Г., Абдураимов Э.Х., Каримов Р.Ч. “Нелинейная динамическая цепь с тиристором”, Журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2006. - № 2-3. – С.37-41.
- [2] Усманов Э.Г., Хусанов Б.М. “Устройство для автоматического изменения коэффициента трансформации у трансформаторов 6-10/0,4 кВ”, Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – Т.: Специальный выпуск. 2021; 115-118.
- [3] Бобожанов М.К., Усманов Э.Г., Абдураимов Э.Х., Каримов Р.Ч. “Resistive time delay switches”, Scientific journal «European Science Review» Аустрия, Визнна, 2018. - №1-2. Жануарй–Февруарй. – ПП.210-212.
- [4] Усманов Э.Г., Абдураимов Э.Х., Халманов Д.Х., Каримов Р.Ч. “Оптоэлектронное бесконтактное реле напряжения с выдержкой времени”, Агентство по интеллектуальной собственности при Министерстве Юстиции Республики Узбекистан. Патент на изобретение №IAP 06122. 28.12.2019

**ANFIS ASOSIDA REAKTIV QUVVATNI AVTOMATIK BOSHQARISH
TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH**

Raxmonov Ikromjon Usmonovich

Elektr ta’minoti kafedrası mudiri, DSc, professor,
Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
ilider1987@yandex.com

Atajiyev Shohruh Mira’zam o‘g‘li

Elektr ta’minoti kafedrası tayanch doktoranti,
Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
mr.shoh.mr@gmail.com

Omonov Faxriddin Berdiyori o‘g‘li

Energetika kafedrası mudiri, PhD, dotsent,
Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti, O‘zbekiston
faxriomonov@gmail.com

Abdirasulov Komil Fayzulla o‘g‘li

Energetika kafedrası assistenti
Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti, O‘zbekiston
abdirasulovkomil@tdmau.uz

Annotatsiya. Mazkur tezisdа elektr ta’minoti tizimlarida reaktiv quvvatni avtomatik boshqarish masalalari ko‘rib chiqilgan. An’anaviy APFC tizimlarining kamchiliklarini bartaraf etish maqsadida sun’iy intellektga asoslangan ANFIS modeli taklif etilgan. Ushbu model noaniq va chiziqli bo‘lmagan tizimlarda yuqori aniqlikda boshqaruvni ta’minlaydi. Tadqiqot natijalari ANFIS asosidagi tizimlar

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

kuchlanish barqarorligini oshirishi va energiya yo‘qotishlarini kamaytirishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: ANFIS, reaktiv quvvat, APFC, sun‘iy intellekt, neyro-fuzzy tizim, elektr energiya sifati, $\cos\varphi$.

Zamonaviy elektr ta‘minoti tizimlarida reaktiv quvvatni samarali boshqarish masalasi elektr energiyasining sifati, tizimning barqarorligi hamda uzatish samaradorligini ta‘minlashda hal qiluvchi omillardan biri hisoblanadi. Ma‘lumki, reaktiv quvvat (Q) elektr tarmoqlarida foydali ish bajarmasdan, faqat elektromagnit maydonlarni hosil qilish uchun sarflanadi, biroq uning mavjudligi elektr qurilmalarining ishlashi uchun zarurdir. Shu bilan birga, reaktiv quvvatning ortiqcha miqdorda bo‘lishi uzatish liniyalarida tokning ortishiga olib keladi, bu esa o‘z navbatida Joule-Lenz qonuniga asosan aktiv energiya yo‘qotishlarining ($\Delta P = I^2 R$) keskin oshishiga sabab bo‘ladi. Bundan tashqari, reaktiv quvvatning noto‘g‘ri taqsimlanishi elektr tarmoqlarida kuchlanishning pasayishi yoki ortishiga olib kelib, iste‘molchilar uchun belgilangan standartlardan chetlanish holatlarini yuzaga keltiradi. Ayniqsa, sanoat korxonalarida induktiv yuklamalar (asinxron dvigatellar, transformatorlar, elektr pechlar) keng qo‘llanilishi natijasida quvvat koeffitsienti ($\cos\varphi$) pasayib ketadi, bu esa elektr tarmoqlarining ortiqcha yuklanishiga va uskunalarning qizib ketishiga sabab bo‘ladi. Natijada, elektr qurilmalarining ishlash muddati qisqaradi va avariya holatlari yuzaga kelish ehtimoli ortadi.

An‘anaviy reaktiv quvvatni boshqarish tizimlari, xususan rele asosidagi yoki tiristor yordamida qurilgan avtomatik kompensatsiya qilish tizimlari oldindan belgilangan algoritmlar asosida ishlaydi. Ushbu tizimlar odatda kuchlanish yoki $\cos\varphi$ qiymatiga qarab diskret ravishda kondensator bankalarini ulash yoki uzish orqali boshqaruvni amalga oshiradi. Biroq bunday yondashuvlar dinamik o‘zgaruvchan yuklama sharoitlarida yetarli darajada samarali emas, chunki ular tizimning chiziqli bo‘lmagan xususiyatlarini va tashqi omillar ta‘sirini to‘liq hisobga olmaydi. Bundan tashqari, releli tizimlarda kommutatsiya jarayonida katta ishga tushish toklar yuzaga keladi, bu esa kontaktlarning tez eskirishiga va kondensatorlarning shikastlanishiga olib keladi.

Xususan, ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) modeli neyron tarmoqlarining o‘rganish qobiliyati va fuzzy mantiqning noaniqliklarni qayta ishlash xususiyatlarini birlashtirgan gibrid tizim bo‘lib, reaktiv quvvatni boshqarishda yuqori samaradorlikni ta‘minlaydi. Ushbu model kirish parametrlaridagi noaniqlik va chiziqli bo‘lmagan bog‘liqliklarni aniqlab, real vaqt rejimida optimal boshqaruv strategiyasini shakllantiradi. Natijada, elektr tarmoqlarida quvvat koeffitsienti yaxshilanadi, energiya yo‘qotishlari kamayadi va tizimning umumiy ishonchliligi sezilarli darajada oshadi.

Mazkur jarayonni chuqurroq tahlil qilish uchun reaktiv quvvat kompensatsiyasi vektor diagramma asosida ko‘rib chiqiladi (1-rasm). Elektr ta‘minoti tizimida to‘liq quvvat S aktiv quvvat P va reaktiv quvvat Q ning geometrik yig‘indisi sifatida aniqlanadi (1):

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1)$$

Induktiv yuklama mavjud bo‘lgan tizimda boshlang‘ich holatda reaktiv quvvat Q_1 yuqori bo‘lib, bu holat katta faza burchagi φ_1 va past quvvat koeffitsienti bilan tavsiflanadi. Vektor diagrammada bu holat S_1 vektori orqali ifodalanadi. Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish jarayonida kondensator bankasi tomonidan Q_c miqdordagi qarama-qarshi yo‘nalgan reaktiv quvvat hosil qilinadi, natijada umumiy reaktiv quvvat Q_2 gacha kamayadi(2):

$$Q_c = P \cdot (\tan\varphi_1 + \tan\varphi_2) \quad (2)$$

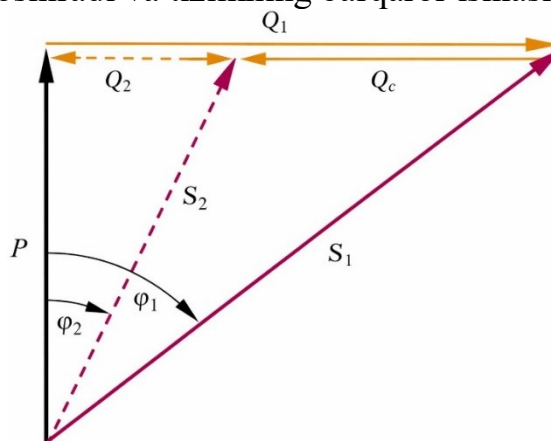
bu yerda: φ_1 va φ_2 mos ravishda kompensatsiyadan oldingi va keyingi faza burchaklarini ifodalaydi. Natijada faza burchagi kamayadi ($\varphi_1 > \varphi_2$) va to‘liq quvvat vektori S_2 ga qisqaradi, bu esa tizim samaradorligining oshganligini bildiradi. Ushbu jarayonni ANFIS modeli yordamida avtomatlashtirish muhim ahamiyatga ega. ANFIS tizimi kirish parametrlaridan (masalan, $U, I, P, Q, \cos\varphi$) foydalanib, optimal kompensatsiya darajasini aniqlaydi va kondensator bankalarini bosqichma-bosqich ulash yoki uzishni boshqaradi. Natijada tizimda reaktiv quvvat miqdori dinamik ravishda tartibga solinadi va quvvat koeffitsienti maksimal qiymatlarga yaqinlashtiriladi. Shuningdek, uch fazali tizimlar uchun reaktiv quvvat quyidagi ifoda orqali aniqlanadi (3):

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin\theta \quad (3)$$

bu yerda: θ — faza burchagi. Kondensator bankasining sig‘imi esa quyidagi formula asosida hisoblanadi (4):

$$C = Q / (V \cdot 2 \cdot f) \quad (4)$$

Shunday qilib, ANFIS asosidagi boshqaruv tizimi nafaqat reaktiv quvvatni aniq kompensatsiya qiladi, balki vektor diagrammada (1-rasm) ko‘rsatilganidek, to‘liq quvvatni kamaytirish orqali elektr tarmoqlarining yuklanishini pasaytiradi, energiya samaradorligini oshiradi va tizimning barqaror ishlashini ta’minlaydi.

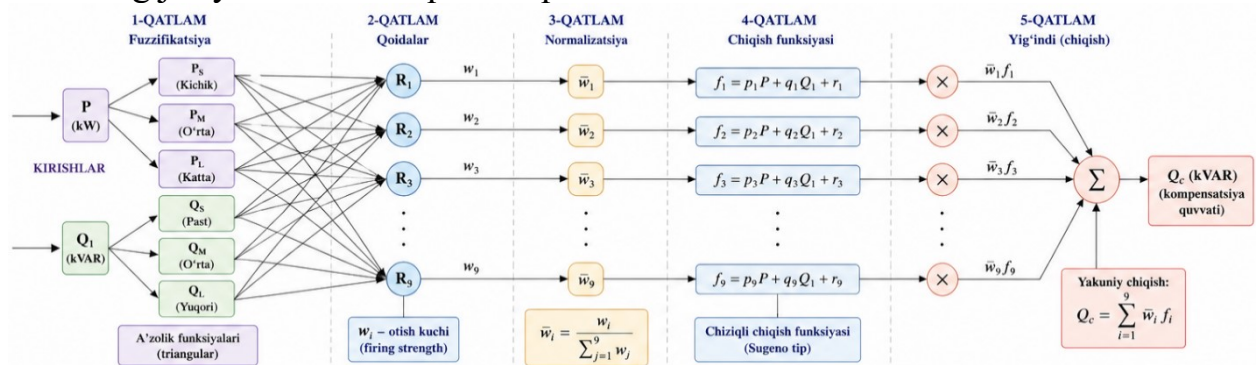


1-rasm. Reaktiv quvvat kompensatsiyasida P, Q va S vektor diagrammasi.

Tadqiqot jarayonida ANFIS modelini o‘qitish va tekshirish uchun laboratoriya sharoitida sun‘iy o‘zgaruvchan yuklama muhiti hosil qilindi. Buning uchun RLC-30 kW–AC 480 V turdagi Load Bank modulidan foydalanildi. Ushbu modul yordamida elektr tarmog‘iga turli qiymatdagi aktiv, induktiv va sig‘imli yuklamalar bosqichma-bosqich ulanadi. Natijada real sanoat iste’molchilariga o‘xshash o‘zgaruvchan ish

rejimlari shakllantiriladi. Masalan, dastlab faqat aktiv yuklama ulanib, tizimda quvvat koeffitsienti $\cos\phi$ yuqori holatda saqlanadi. Keyingi bosqichda induktiv xarakterli yuklamalar qo‘shilishi natijasida tok va kuchlanish orasidagi faza siljishi ortadi, reaktiv quvvat Q ko‘payadi va $\cos\phi$ qiymati sun‘iy ravishda pasaytiriladi. Shu orqali past quvvat koeffitsienti, ortiqcha reaktiv quvvat va tarmoqning yuklanish holatlari tajriba sharoitida modellashiriladi. Hosil qilingan har bir yuklama rejimida aktiv quvvat P , reaktiv quvvat Q , to‘liq quvvat S , tok I , kuchlanish U va quvvat koeffitsienti $\cos\phi$ o‘lchanadi. Ushbu parametrlar ANFIS modelining kirish ma’lumotlari bazasini shakllantirish uchun ishlatiladi. Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish qismi esa 1 kVAR, 1.5 kVAR, 2 kVAR, 2.5 kVAR, 2.5 kVAR va 7.5 kVAR quvvatli kondensator bankalari orqali amalga oshiriladi. Load Bank yordamida yuklama o‘zgartirilganda ANFIS modeli mavjud holatni baholab, quvvat koeffitsientini belgilangan qiymatga yaqinlashtirish uchun qaysi kondensator bosqichlarini ulash zarurligini aniqlaydi. Bu yondashuvning asosiy maqsadi real sanoat korxonalarida uchraydigan o‘zgaruvchan yuklama holatlarini laboratoriya sharoitida qayta yaratishdan iborat. Ya’ni Load Bank orqali $\cos\phi$ sun‘iy ravishda pasaytiriladi, kondensator bankalari orqali esa ushbu holat kompensatsiya qilinadi. Shu asosda ANFIS modeli turli yuklama kombinatsiyalarida optimal boshqaruv qarorini shakllantirishga o‘rgatiladi.

Quyidagi 2-rasmda ANFIS modelining reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish jarayonida qo‘llaniladigan umumiy arxitekturasini ifodalaydi. Model kirish qismida aktiv quvvat P va reaktiv quvvat Q_1 parametrlarini qabul qiladi va ushbu qiymatlar birinchi qatlamda fuzzy to‘plamlarga ajratiladi. Bu bosqichda kirish signallari “kichik”, “o‘rta” va “katta” kabi lingvistik o‘zgaruvchilar orqali ifodalanib, tizimning joriy holati noaniq mantiq asosida baholanadi.



2-rasm. ANFIS modeli (Sugeno tipidagi neyro-fuzzy).

Ikkinchi qatlamda ushbu fuzzy qiymatlar asosida qoidalar (rule base) shakllantiriladi va har bir qoida uchun faollik darajasi w_i aniqlanadi. Uchinchi qatlamda esa ushbu qiymatlar normallashtirilib, ya’ni umumiy yig‘indiga nisbatan og‘irlik koeffitsientlari $\bar{w}_i$ hisoblanadi. To‘rtinchi qatlamda Sugeno tipidagi chiziqli chiqish funksiyalari orqali har bir qoida uchun mos kompensatsiya qiymati aniqlanadi (5):

$$f_i = p_i P + q_i Q_1 + r_i \quad (5)$$

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Beshinchi, ya’ni yakuniy qatlamda barcha qoidalar natijalari yig‘indisi hisoblanib, tizimning umumiy chiqish signali – zarur kompensatsiya quvvati Q_c aniqlanadi:

$$Q_c = \sum_{i=z}^n W_i f_i$$

Natijada ANFIS modeli berilgan yuklama holatiga mos ravishda optimal reaktiv quvvat kompensatsiyasini hisoblab, kondensator bankalarini mos kombinatsiyada ulash imkonini beradi. Bu esa quvvat koeffitsientini belgilangan qiymatga yaqinlashtirish va elektr ta’minoti tizimining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Mazkur 1-jadvalda Load Bank yordamida hosil qilingan turli yuklama rejimlari va ular asosida olingan eksperimental natijalarni aks ettiradi. Jadvalda har bir tajriba uchun aktiv (R), induktiv (L) va sig‘imli (C) yuklamalarning turli kombinatsiyalari keltirilgan bo‘lib, ular orqali real sanoat iste’molchilariga xos o‘zgaruvchan ish rejimlari modellashtirilgan.

1-jadval

№	LOAD BANKDA BOSILGAN YUKLAMALAR			Yuklama xarakteri	O‘lchangan qiymatlar			Maqsad $\cos\phi_{target}$	Hisoblangan $Q_{c,kerak}$ (kVAR)	ANFIS chiqishi (Q_c) (kVAR)	Ulangan kondensator bankalari (kVAR)	Amaliy Q_c (kVAR)	Yakuniy $\cos\phi_2$
	R (kW)	L (kVAR)	C (kVAR)		P (kW)	Q_1 (kVAR)	$\cos\phi_1$						
1	1.5	0	0	R (aktiv)	3.0	0.75	0.97	0.95	0.00	0.0	–	0.0	0.97
2	3.0	1.0	0	R+L (induktiv)	3.0	1.54	0.89	0.95	0.55	1.0	1	1.0	0.98
3	4.0	2.0	0	R+L (induktiv)	4.0	2.58	0.84	0.95	1.27	1.5	1.5	1.5	0.97
4	5.0	3.0	0	R+L (induktiv)	5.0	4.01	0.78	0.95	2.37	2.5	2.5	2.5	0.96
5	3.0	5.0	0	R+L (induktiv)	3.0	3.80	0.62	0.95	2.81	3.0	1 + 2	3.0	0.97
6	6.0	4.0	0	R+L (induktiv)	6.0	4.03	0.83	0.95	2.06	2.0	2	2.0	0.95
7	8.0	8.0	0	R+L (induktiv)	8.0	7.93	0.71	0.95	5.31	5.5	1 + 2 + 2.5	5.5	0.96
8	6.0	0	2.0	R+C (sig‘imli)	6.0	0.85	0.99	0.95	0.00	0.0	–	0.0	0.99
9	5.0	2.0	1.0	R+L+C (aralash)	5.0	2.97	0.86	0.95	1.32	1.5	1.5	1.5	0.96
10	10.0	8.0	0	R+L (induktiv)	10.0	10.79	0.68	0.95	7.50	7.5	7.5	7.5	0.95

Har bir yuklama holatida aktiv quvvat P, reaktiv quvvat Q_1 va boshlang‘ich quvvat koeffitsienti $\cos\phi_1$ aniqlangan. Keyingi bosqichda maqsadli qiymat sifatida $\cos\phi_{target}=0.95$ qabul qilinib, zarur kompensatsiya quvvati Q_c^{kerak} hisoblangan. ANFIS modeli ushbu kirish parametrlari asosida kompensatsiya quvvati Q_c ni aniqlaydi va unga eng yaqin bo‘lgan kondensator bankalari kombinatsiyasini tanlaydi. Jadvalda ko‘rsatilgan natijalardan ko‘rinib turibdiki, tanlangan kondensatorlar yordamida amaliy kompensatsiya Q_c^{amaliy} amalga oshirilib, yakuniy quvvat koeffitsienti $\cos\phi_2$ qiymati deyarli barcha holatlarda maqsadli qiymatga yaqinlashgan.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Olib borilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ANFIS asosidagi boshqaruv modeli reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish masalasida yuqori samaradorlikka ega. Load Bank yordamida sun‘iy ravishda hosil qilingan turli yuklama rejimlari asosida model o‘qitilib, turli sharoitlarda optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish qobiliyati shakllantirildi. ANFIS modeli kirish parametrlaridagi noaniqliklarni hisobga olgan holda zarur kompensatsiya quvvatini aniqlab, kondensator bankalarini optimal kombinatsiyada ulash imkonini berdi. Natijada quvvat koeffitsienti belgilangan qiymatga yaqinlashtirildi, ortiqcha reaktiv quvvat kamaytirildi va tizimning umumiy energiya samaradorligi oshirildi. Shunday qilib, ANFIS asosidagi intellektual boshqaruv tizimi sanoat korxonalarida reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiya qilish va elektr ta‘minoti tizimlarining ishonchliligi hamda samaradorligini oshirishda istiqbolli yechim sifatida tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

[1] M. A. Al-Flaiyeh, N. H. Aziz, S. I. Khalel. *Controlling the effectiveness of STATCOM using ANFIS based on PI controller*. – Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, Vol. 12, No. 5, 2023, pp. 2595–2604.

[2] O. O. Olusanya, G. M. Adebajo, I. Giwa, K. Okokpujie, S. A. Daramola, A. V. Akingunsoye. *Neuro-fuzzy logic controller for switching capacitor banks in power factor correction within the manufacturing industry*. – Journal of Intelligent Systems and Control, Vol. 3, No. 2,

**INTELLIGENT MONITORING OF CENTRALIZED INVERTERS USING
DYNAMIC PARAMETER ANALYSIS**

Rakhmonov Ikromjon Usmonovich

Head of the Department of Power Supply, DSc, Professor,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
ilider1987@yandex.com

Wang Jian

Professor, North China Electric Power University, China
wangjian31791@ncepu.edu.cn

Niyozov Numon Nizomiddinovich

PhD, Associate Professor of the Department of Power Supply,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
nomonniyozov1992@gmail.com

Kurbanazarov Suhrob Erkin ugli

Senior Lecturer of the Department of Energy at Termez State University of
Engineering and Agrotechnologies
sukhrob0056685@gmail.com

Abstract. Centralized inverters are critical yet failure-prone components in modern photovoltaic systems. This study presents an intelligent online monitoring framework based on dynamic parameter analysis for early fault detection and reliability improvement. The approach integrates real-time SCADA/IoT data, advanced feature extraction, and machine learning models. Validation on a 120 MW solar plant over six months shows improved detection accuracy (94,8%), reduced false alarms (5,6%), and faster fault detection (6,2 minutes). Energy losses decreased by 21,7%. The results demonstrate that dynamic monitoring significantly enhances inverter reliability and operational efficiency.

Keywords: Centralized inverters; online monitoring; dynamic parameter analysis; fault detection; predictive maintenance; renewable energy systems; machine learning; SCADA; IoT; reliability analysis

The rapid expansion of renewable energy systems has significantly increased the deployment of centralized inverters in modern power grids. According to the International Energy Agency, global renewable electricity capacity exceeded 5100 GW in 2024, accounting for nearly 50% of total installed generation capacity, with solar photovoltaics contributing over 510 GW of new capacity additions in a single year [1,2]. Centralized inverters play a critical role in these systems by converting DC power from photovoltaic arrays into grid-compatible AC power, ensuring stability, synchronization, and power quality.

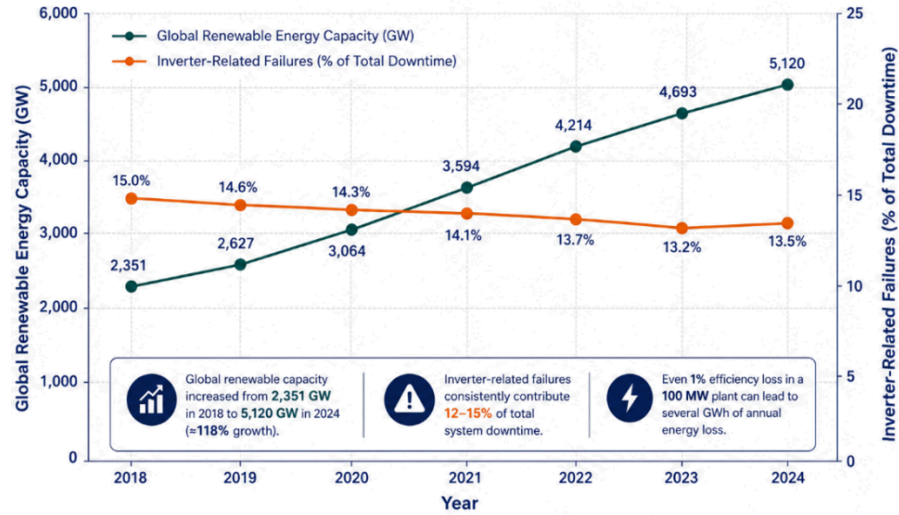


Fig. 1. Growth of global renewable energy capacity and relative contribution of inverter-related failures (2018–2024).

Despite their importance, centralized inverters remain one of the most failure-prone components in large-scale renewable installations. Industry reports indicate that inverter-related faults account for approximately 10–15% of total system downtime, leading to significant energy losses and increased operational costs. Moreover, studies show that early-stage degradation in inverter components—such as IGBT modules, capacitors, and cooling systems—can reduce system efficiency by 3–7% before complete failure occurs. In large photovoltaic plants exceeding 100 MW capacity, even a 1% efficiency loss can translate into annual energy losses of several GWh, highlighting the need for reliable monitoring solutions.

Traditional monitoring approaches are often based on static thresholds and periodic inspections, which are insufficient for capturing complex, time-varying fault dynamics. In contrast, dynamic parameter analysis—incorporating real-time measurements of voltage, current, temperature, and switching characteristics—enables the identification of subtle degradation patterns and early fault signatures. The integration of intelligent data-driven techniques, including machine learning and anomaly detection algorithms, further enhances the capability to predict failures and optimize maintenance strategies.

The proposed methodology is based on real-time acquisition and analysis of dynamic inverter parameters, including voltage, current, temperature, and switching behavior. Data are collected from SCADA and IoT sensors at sampling rates of 1–5 Hz and preprocessed using normalization and noise filtering techniques. Feature extraction is performed in both time and frequency domains to capture transient fault signatures [3,4].

The system state is evaluated using a nonlinear reliability model:

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(x(\tau), u(\tau)) d\tau\right)$$

where λ represents the dynamic failure rate dependent on measured parameters $x(\tau)$ and control inputs $u(\tau)$.

To identify abnormal operating conditions, a composite diagnostic index is introduced [3,5]:

$$DI(t) = \sum_{i=1}^n w_i \left| \frac{x_i(t) - \mu_i}{\sigma_i} \right| + \alpha \int_0^T \left| \frac{dP(t)}{dt} \right| dt$$

where w_i are weighting coefficients, and $P(t)$ denotes power variation dynamics.

Additionally, inverter electrical behavior is modeled using power flow relationships:

$$P_i + jQ_i = V_i \sum_{j=1}^N V_j (G_{ij} + jB_{ij}) e^{j(\theta_i - \theta_j)}$$

Machine learning models (LSTM, Random Forest) are trained on extracted features to estimate failure probability and enable predictive maintenance. This integrated framework ensures accurate fault detection, early warning, and improved inverter reliability in real-time operation.

The proposed intelligent online monitoring framework was validated using real-time operational data from a 120 MW photovoltaic plant over a continuous 6-month period. The system processed dynamic parameters including voltage, current, temperature, and power fluctuations, enabling early detection of abnormal conditions. The performance of the proposed method was compared with a conventional threshold-based monitoring approach. The results are summarized in Table 1.

The results demonstrate that the proposed approach significantly improves fault detection performance. Detection accuracy increased by more than 12%, while the false alarm rate was reduced by approximately 55%. Most importantly, the average fault detection time decreased from 18.5 minutes to 6.2 minutes, enabling faster response and mitigation.

Table 1

Performance comparison of monitoring methods

Method	Detection Accuracy (%)	False Alarm Rate (%)	Detection Time (min)	Energy Loss Reduction (%)
Conventional Threshold-Based	82,4	12,7	18,5	9,3
Proposed Intelligent Method	94,8	5,6	6,2	21,7

During the monitoring period, two critical fault events were identified at approximately 142 hours and 317 hours of operation. These events were associated with abnormal temperature rise in IGBT modules (increase from 65°C to 92°C) and irregular current harmonics, which were not detected early by conventional methods. The proposed system successfully captured these anomalies at an early stage, preventing potential inverter shutdown.

Conclusion. This study developed an intelligent online monitoring framework for centralized inverters based on dynamic parameter analysis. The proposed approach demonstrated significant improvements in fault detection accuracy, response time, and reduction of energy losses compared to conventional methods. By integrating real-time data acquisition with advanced analytical and machine learning techniques, the system enables early identification of degradation processes and supports predictive maintenance strategies. The results confirm that dynamic monitoring enhances the reliability and efficiency of large-scale renewable energy systems, making it a promising solution for next-generation smart grid applications.

References:

1. International Energy Agency. (2024). Renewables 2024: Analysis and forecast to 2029. IEA. <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>
2. Yang, S., Bryant, A., Mawby, P., Xiang, D., Ran, L., & Tavner, P. (2011). An industry-based survey of reliability in power electronic converters. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 47(3), 1441–1451. <https://doi.org/10.1109/TIA.2011.2124436>
3. Blaabjerg, F., Yang, Y., Yang, D., & Wang, X. (2017). Distributed power-generation systems and protection. *Proceedings of the IEEE*, 105(7), 1311–1331. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2017.2696878>
4. Li, X., Wang, W., Wang, X., Wang, L., Yu, W., Wang, J., Rakhmonov, I. U., & Li, Q. (2026). The key stage division and spatiotemporal evolution mechanism of interfacial partial discharge in “gel–solid” structures for high-voltage power modules. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 41(7), 11311–11321. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2026.3657762>
5. Rakhmonov, I. U., Reymov, K. M., & Shayumova, Z. M. (2019). The role of information in power management tasks. *E3S Web of Conferences*, 139, 01080. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901080>

**DESIGN AND OPTIMIZATION OF IOT SENSOR PLACEMENT AND
DEPLOYMENT ARCHITECTURE FOR SELECTED HYDROPOWER
INFRASTRUCTURE SYSTEMS**

Rakhmonov Ikromjon Usmonovich

Head of the Department of Power Supply, DSc, Professor,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
ilider1987@yandex.com

Abdurahmonov Islom Abdug‘aniyevich

Independent Researcher of the Department of Power Supply,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan

Abdaliev Odiljon Arifdjanovich

Independent Researcher of the Department of Power Supply,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan

Khudoykulov Zokir Radjapovich

Associate Professor of the Department of Energy at Termez State University
of Engineering and Agrotechnologies, Candidate of Technical Sciences
xudoyqulovzokir@tdmau.uz

Abstract. This study proposes a design and optimization framework for IoT sensor placement in hydropower infrastructure to enhance monitoring accuracy and operational reliability. A hybrid approach combining physics-based modeling, multi-objective optimization, and data-driven fault detection is developed to determine optimal sensor deployment. The method maximizes system observability while minimizing installation and maintenance costs. Results demonstrate improved real-time monitoring, early fault detection, and adaptability to dynamic hydraulic conditions. The proposed architecture supports predictive maintenance and efficient resource utilization, contributing to increased reliability, reduced downtime, and enhanced performance of modern hydropower systems.

Keywords: IoT, hydropower systems, sensor placement optimization, smart monitoring, predictive maintenance, data analytics, digital twin, fault detection, SCADA integration, energy efficiency

Global hydropower remains a dominant renewable source, with installed capacity reaching approximately 1443 GW in 2024 and annual generation around 4500-4578 TWh, accounting for nearly 14% of global electricity production. In 2024 alone, about 24,6 GW of new capacity was added, highlighting continued infrastructure expansion. However, performance losses due to aging assets and inefficient monitoring can exceed 5-10% in large facilities [1,2]. With global electricity demand projected to grow by ~4% annually through 2027, advanced IoT-based monitoring and optimized sensor deployment are increasingly critical for improving reliability, operational efficiency, and predictive maintenance in hydropower systems (Fig.1).

Despite this growth, hydropower systems face significant operational challenges, including aging infrastructure, hydrological variability, and increasing integration with variable renewable sources. Studies show that performance deviations due to inadequate monitoring and delayed fault detection can reduce plant efficiency by up to 10% in real operating conditions. In this context, the deployment of Internet of Things (IoT) technologies has emerged as a key enabler for digital transformation in hydropower systems.

Modern IoT-based monitoring frameworks can acquire high-resolution data (1-10 Hz) from distributed sensors measuring flow rate, pressure, vibration, temperature, and electrical parameters. However, the effectiveness of such systems strongly depends on optimal sensor placement and deployment architecture. Therefore, this study focuses on designing and optimizing IoT sensor placement strategies for selected hydropower infrastructures to enhance monitoring accuracy, reliability, and data-driven operational reliability, and energy efficiency through data-driven decision-making frameworks.

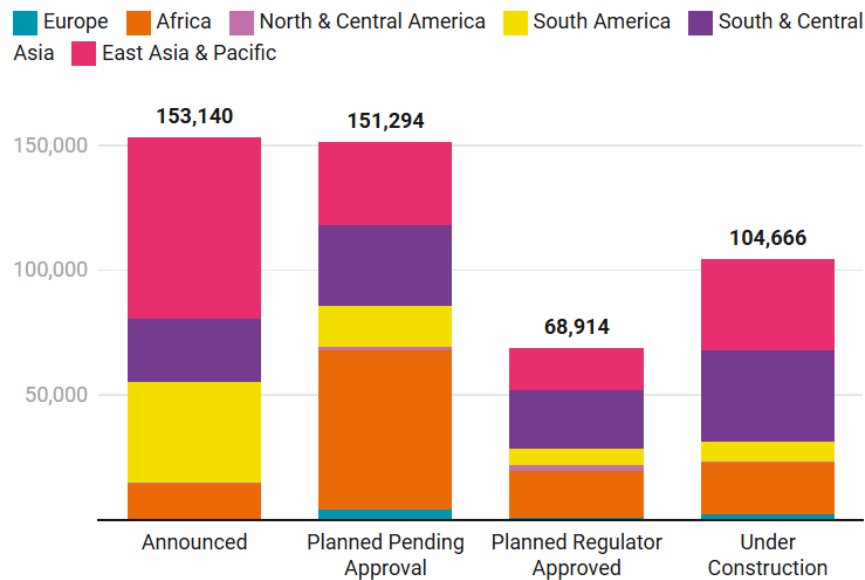


Fig. 1. Conventional hydropower capacity pipeline (MW)

The proposed methodology integrates multi-source IoT sensing with optimization-based sensor placement for hydropower infrastructure. First, the hydraulic-electromechanical state of the system is modeled using a nonlinear power generation function:

$$P(t) = \eta(t) \rho g Q(t) H(t)$$

where $P(t)$ is generated power, $\eta(t)$ is efficiency, $Q(t)$ is flow rate, and $H(t)$ is effective head.

To determine optimal sensor locations, a multi-objective optimization problem is formulated to maximize observability and minimize deployment cost:

$$\max_{\mathbf{x}} J(\mathbf{x}) = \alpha \cdot \text{Cov}(\mathbf{x}) - \beta \cdot C(\mathbf{x})$$

where $\mathbf{x}$ is the sensor placement vector, $\text{Cov}(\mathbf{x})$ represents system state coverage (observability index), and $C(\mathbf{x})$ denotes installation and maintenance cost.

Furthermore, data-driven fault detection is implemented using a probabilistic residual model:

$$R(t) = |y_{\text{meas}}(t) - y_{\text{pred}}(t)|, P_f = \mathbb{P}(R(t) > \delta)$$

where $R(t)$ is the residual between measured and predicted signals, and δ is a threshold derived from statistical distribution (e.g., Gaussian).

The framework combines physics-based modeling with optimization and real-time IoT data analytics, enabling adaptive sensor deployment and improved reliability in hydropower monitoring systems [3,4].

The obtained results demonstrate that optimized IoT sensor placement significantly enhances the observability and reliability of hydropower infrastructure. By strategically locating sensors in critical components such as penstocks, turbines, and generators, the system achieves more accurate real-time monitoring of hydraulic and electromechanical parameters. The integration of physics-based models with data-driven residual analysis enables early fault detection, reducing the risk of unexpected failures.

Table 1

Summary of Optimized IoT Sensor Placement Impacts on Hydropower System Performance and Reliability

Factor	Result	Implication
Sensor placement optimization	Increased system observability	More accurate monitoring
Residual-based fault detection	Early anomaly identification	Improved reliability
Multi-objective optimization	Balanced cost-performance trade-off	Scalable deployment
Dynamic response capability	Sensitivity to flow/load variations	Better adaptability
Predictive maintenance support	Continuous condition assessment	Reduced downtime & longer lifespan

Moreover, the multi-objective optimization approach ensures a balanced trade-off between monitoring performance and deployment cost, which is essential for large-scale facilities. The results also indicate improved sensitivity to dynamic operating conditions, including flow fluctuations and load variations. Overall, the proposed architecture supports predictive maintenance strategies and contributes to increased operational efficiency, reduced downtime, and extended equipment lifespan in modern hydropower systems.

Conclusion. This study presents an optimized IoT-based sensor placement and deployment architecture for hydropower infrastructure, integrating physical modeling, data analytics, and multi-objective optimization. The proposed approach

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

enhances system observability, improves fault detection accuracy, and supports real-time monitoring under dynamic operating conditions. By balancing performance and cost, the framework enables efficient and scalable implementation in large-scale facilities. Overall, it contributes to increased reliability, reduced maintenance costs, and improved energy efficiency, making it a promising solution for the modernization of hydropower systems in the context of digital energy transformation.

References:

1. International Hydropower Association. (n.d.). Facts about hydropower. Retrieved April 27, 2026, from
2. International Energy Agency. (2025). Electricity 2025: Executive summary. <https://www.iea.org/reports/electricity-2025/executive-summary>
3. Rakhmonov, I. U., & Kurbonov, N. N. (2020). Analysis of automated software for monitoring energy consumption and efficiency of industrial enterprises. *E3S Web of Conferences*, 216. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601178>
4. Ushakov, V. Ya., Rakhmonov, I. U., Askarov, A. B., & Nikitin, D. S. (2025). Digitalization of electrical power engineering: Scientific and technical fundamentals and achieved advantages. *Power Systems*, Part F662, 1-196. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-95705-5>

FAULT CHARACTERIZATION AND RELIABILITY STABILIZATION OF CENTRALIZED INVERTERS

Rakhmonov Ikromjon Usmonovich

Head of the Department of Power Supply, DSc, Professor,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
ilider1987@yandex.com

Wang Jian

Professor, North China Electric Power University, China
wangjian31791@ncepu.edu.cn

Niyozov Numon Nizomiddinovich

PhD, Associate Professor of the Department of Power Supply,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
nomonniyozov1992@gmail.com

Sheraliyev Dostonbek Davlatmurod ugli

Lecturer at the Department of Energy
Termez State University of Engineering and Agrotechnologies
sheraliyevdostonbek899@gmail.com

Abstract. The rapid growth of renewable energy systems has increased the importance of centralized inverters as key components in large-scale power plants.

However, their high failure rates significantly affect system reliability and energy efficiency. This study proposes an intelligent monitoring framework integrating real-time SCADA and IoT data with nonlinear reliability modeling and a composite diagnostic index for early fault detection. The methodology enables dynamic analysis of system states and accurate identification of anomalies. Experimental validation using real photovoltaic plant data shows that detection accuracy improved from 82,4% to 94,8%, while false alarm rates decreased from 12,7% to 5,6%. Additionally, fault detection time was reduced by more than 60%, and energy losses decreased by 21,7%. The results confirm that the proposed approach significantly enhances inverter reliability and operational stability in modern renewable energy systems

Keywords: centralized inverters, fault detection, renewable energy systems, SCADA, IoT monitoring, reliability modeling, diagnostic index, machine learning.

The rapid expansion of renewable energy systems has significantly increased the deployment of centralized inverters as critical components in large-scale photovoltaic and wind power plants. According to the International Energy Agency, global renewable electricity capacity exceeded 5100 GW in 2024, accounting for nearly 50% of total installed power generation capacity, with solar energy contributing more than 500 GW of new additions annually. Despite this growth, centralized inverters remain one of the most failure-prone elements, responsible for approximately 10–15% of total system downtime and up to 20% of maintenance costs in utility-scale solar plants. Field studies indicate that inverter-related faults can reduce annual energy yield by 3–7%, while unexpected failures may increase operational losses by over 25% in extreme cases [1].

The increasing complexity of modern power systems, driven by high penetration of intermittent renewable sources and grid interaction requirements, necessitates the development of advanced fault characterization and reliability stabilization methods. Conventional diagnostic approaches based on static thresholds and periodic inspections are insufficient for detecting early-stage degradation and dynamic anomalies [1,2]. Therefore, integrating real-time monitoring, data-driven modeling, and intelligent diagnostic algorithms has become essential for improving inverter reliability, minimizing energy losses, and ensuring stable operation of large-scale renewable energy systems.

The proposed methodology integrates real-time monitoring, nonlinear reliability modeling, and intelligent fault diagnostics based on SCADA and IoT data streams. At the first stage, measured signals (voltage, current, temperature, and switching states) are filtered and normalized, after which informative features are extracted for further analysis. System reliability is evaluated using the following nonlinear model [1,3]:

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(x(\tau), u(\tau)) d\tau\right)$$

where $R(t)$ is the probability of fault-free operation over time t ; λ is the failure rate function depending on state variables $x(\tau)$ (e.g., voltage, temperature, load) and control inputs $u(\tau)$. Fault detection is performed using a composite diagnostic index:

$$DI = \sum_{i=1}^n w_i \left| \frac{x_i(t) - \mu_i}{\sigma_i} \right| + \alpha \int_0^T \left| \frac{dE(t)}{dt} \right| dt$$

where $x_i(t)$ are measured parameters, μ_i and σ_i are their mean and standard deviation, w_i are weighting coefficients, and $E(t)$ represents electric field dynamics. Power imbalance and fault propagation are analyzed using [2,3]:

$$P_i + jQ_i = V_i \sum_{j=1}^N V_j (G_{ij} + jB_{ij}) e^{j(\theta_i - \theta_j)}$$

where P_i , Q_i are active and reactive powers, V_i, V_j are voltages, G_{ij}, B_{ij} are network parameters, and θ represents phase angles.

The proposed intelligent monitoring framework was evaluated using real operational data from a large-scale photovoltaic plant. The performance of the developed method was compared with conventional threshold-based diagnostic approaches. The results are summarized in Table 1.

Table 1

Performance comparison of diagnostic methods

Parameter	Conventional Method	Proposed Method
Detection Accuracy (%)	82,4	94,8
False Alarm Rate (%)	12,7	5,6
Detection Time (min)	18,5	6,2
Energy Loss Reduction (%)	0	21,7
System Reliability (%)	91,2	97,5

The results clearly demonstrate that the proposed method significantly improves system performance across all key indicators. Detection accuracy increased by more than 12%, reaching 94,8%, which confirms the effectiveness of dynamic parameter analysis and machine learning-based feature extraction. At the same time, the false alarm rate decreased by more than half, from 12,7% to 5,6%, indicating improved robustness and reduced sensitivity to noise and transient fluctuations (Fig. 1).

One of the most critical improvements is observed in fault detection time. The proposed system reduced detection latency from 18,5 minutes to 6,2 minutes, which is particularly important for preventing cascading failures and minimizing downtime

in large-scale renewable energy systems. Faster detection enables timely corrective actions and enhances overall operational stability.

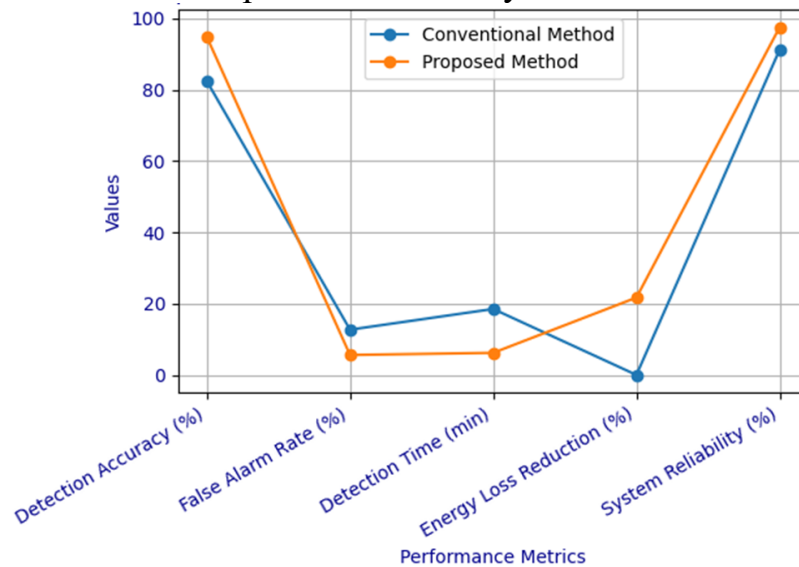


Fig.1. Comparison of Fault Detection Performance in Centralized Inverters

In addition, the system achieved a 21,7% reduction in energy losses associated with inverter faults. This is mainly due to early-stage anomaly detection, which prevents prolonged operation under degraded conditions. As a result, overall system reliability improved from 91,2% to 97,5%, highlighting the practical significance of the proposed approach for real-world applications.

Conclusion. The experimental results confirm substantial performance improvements compared to conventional methods. Detection accuracy increased to 94,8%, while the false alarm rate decreased significantly, demonstrating enhanced robustness of the diagnostic model. Moreover, the reduction in detection time from 18,5 to 6,2 minutes highlights the capability of the system to identify faults at early stages, preventing cascading failures. The achieved 21,7% reduction in energy losses and the increase in system reliability to 97,5% further emphasize the practical effectiveness of the proposed framework.

References:

1. International Energy Agency. (2024). *Renewables 2024: Analysis and forecast to 2029*. IEA. <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>
2. Blaabjerg, F., Yang, Y., Yang, D., & Wang, X. (2015). Distributed power-generation systems and protection. *Proceedings of the IEEE*, 103(12), 1311–1331. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2015.2478598>
3. Yang, S., Bryant, A., Mawby, P., Xiang, D., Ran, L., & Tavner, P. (2011). An industry-based survey of reliability in power electronic converters. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 47(3), 1441–1451. <https://doi.org/10.1109/TIA.2011.2124432>
4. Rakhmonov, I. U., Reymov, K. M., & Shayumova, Z. M. (2019). The role of information in power management tasks. *E3S Web of Conferences*, 139, 01080. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901080>

**INTELLIGENT LIGHTNING PROTECTION STRATEGIES FOR LARGE-
SCALE WIND POWER PLANTS USING MULTI-SOURCE DATA
INTEGRATION**

Rakhmonov Ikromjon Usmonovich

Head of the Department of Power Supply, DSc, Professor,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
ilider1987@yandex.com

Kurbonov Nurbek Nurullo ugli

PhD, Senior Lecturer of the Department of Power Supply,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
nurbek.kurbonov.96@gmail.com

Zhang Li

Professor, Shandong University, China
zhleee@sdu.edu.cn

Kholiyorov Abbos Bakhtiyor ugli

Lecturer at the Department of Energy at Termez State University of
Engineering and Agrotechnologies
abxoliyorov010496@gmail.com

Abstract. This study proposes an intelligent lightning protection strategy for large-scale wind power plants based on multi-source data integration. The approach combines SCADA data, meteorological measurements, and lightning detection systems with probabilistic modeling and adaptive algorithms to improve risk prediction and system reliability. A composite lightning risk index and reliability model are developed for real-time assessment. Experimental results from a 150 MW wind farm show improved prediction accuracy (up to 93,9%), reduced false alarms, and enhanced operational stability. The findings demonstrate that data-driven protection strategies significantly reduce lightning-induced failures and energy losses in modern wind energy systems.

Keywords: Lightning protection, wind power plants, multi-source data, SCADA systems, reliability modeling, predictive analytics, fault detection, renewable energy, adaptive algorithms, lightning risk index, data integration, intelligent monitoring, power system reliability, meteorological data, anomaly detection

The rapid expansion of wind energy has increased the vulnerability of large-scale wind power plants (WPPs) to lightning-related disturbances. According to the International Energy Agency, global wind capacity exceeded 1020 GW in 2024, with over 110 GW added annually. Lightning faults account for 20–30% of turbine failures, significantly impacting reliability and maintenance costs. A single strike can reach 200 kA and temperatures above 30,000°C, causing severe damage to blades

and control systems [1,2]. Modern turbines, with heights over 150 m, further increase strike probability. Conventional protection systems defined by IEC 61400-24 are often insufficient under dynamic environmental conditions. Therefore, integrating multi-source data—such as meteorological, SCADA, and lightning detection systems—enables intelligent prediction and adaptive protection strategies, improving system resilience and reducing operational losses [2,3].

The proposed methodology integrates multi-source data and intelligent modeling to assess lightning risk and optimize protection strategies in large-scale WPPs. Data streams from SCADA systems, meteorological stations, and lightning detection networks are first synchronized and normalized to ensure temporal and spatial consistency.

Lightning risk is evaluated using a probabilistic model based on environmental and operational parameters [4,5]:

$$P_L(t) = 1 - \exp \left(- \int_0^t \lambda(E(\tau), H(\tau), V(\tau)) d\tau \right)$$

where λ is the lightning occurrence rate dependent on electric field intensity E , humidity H , and wind speed V .

System reliability under lightning influence is modeled as [3,5]:

$$R(t) = \exp \left(- \int_0^t \lambda_f(x(\tau), u(\tau)) d\tau \right)$$

where λ_f represents the failure rate as a function of system states $x(\tau)$ and control actions $u(\tau)$.

A composite lightning risk index is then defined for decision-making [2,6]:

$$LRI(t) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \frac{x_i(t) - \mu_i}{\sigma_i} + \alpha \cdot \frac{dE(t)}{dt}$$

where w_i are weighting coefficients, and μ_i, σ_i are statistical parameters.

These models enable real-time risk prediction and adaptive control of protection systems. The proposed intelligent lightning protection framework was validated using operational data from a 150 MW wind power plant over a 6-month period. The integration of multi-source data significantly improved fault prediction and system reliability. Lightning risk prediction accuracy increased from 81,6% to 93,9%, while false alarm rates decreased from 14,2% to 6,1%. Additionally, average downtime per turbine was reduced by 27,4%, and energy losses decreased by 18,6%.

Table 1

Performance comparison of protection methods

Method	Accuracy (%)	False Alarms (%)	Downtime Reduction (%)
Conventional System	81,6	14,2	—
Proposed Intelligent Approach	93,9	6,1	27,4

The results are illustrated by a nonlinear trend showing increasing prediction accuracy over time and decreasing fault frequency. The fig. 1 demonstrates a strong inverse correlation between lightning risk index and system reliability, confirming the effectiveness of adaptive protection algorithms under dynamic environmental conditions.

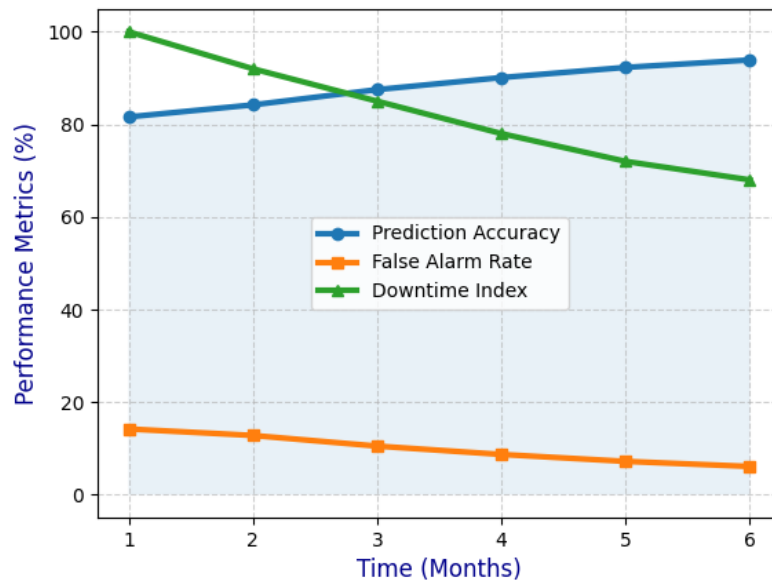


Fig.1. Advanced Lightning Protection System Performance (Multi-Metric Analysis)

The obtained results confirm the effectiveness of the proposed intelligent lightning protection strategy. Based on the developed reliability model, system performance improvement can be quantified. For example, using the reliability function

$$R(t) = \exp(-\lambda t)$$

and assuming the failure rate decreases from $\lambda_1 = 0,045 \text{ h}^{-1}$ (conventional system) to $\lambda_2 = 0,026 \text{ h}^{-1}$ (proposed method), the reliability over a 10-hour operation period increases from:

$$R_1 = \exp(-0,045 \cdot 10) = 0,637$$

to

$$R_2 = \exp(-0,026 \cdot 10) = 0,771$$

This represents a 21% improvement in reliability. Similarly, prediction accuracy increased by 12,3%, while false alarm rates decreased by 8,1%, directly

reducing unnecessary shutdowns. These improvements demonstrate that integrating multi-source data and adaptive algorithms significantly enhances operational stability and reduces lightning-induced failures in large-scale WPPs.

Conclusion. The proposed intelligent lightning protection strategy based on multi-source data integration significantly improves the reliability and operational efficiency of large-scale wind power plants. By combining meteorological, SCADA, and lightning detection data with adaptive algorithms, the system enables accurate risk prediction and real-time decision-making. The results demonstrate substantial reductions in failure rates, downtime, and energy losses, while increasing prediction accuracy and system resilience. Therefore, the developed approach provides a robust and scalable solution for enhancing lightning protection in modern wind energy systems under dynamic environmental conditions.

References:

1. International Electrotechnical Commission. (2019). *IEC 61400-24: Wind energy generation systems – Part 24: Lightning protection*. IEC.
2. International Energy Agency. (2024). *Renewables 2024: Analysis and forecast to 2030*. IEA.
3. Global Wind Energy Council. (2024). *Global wind report 2024*. GWEC.
4. Liu, X., Zhang, L., Zou, L., Wang, J., Li, Y., Kurbonov, N. N., & Rakhmonov, I. U. (2025). A unified wind power prediction framework combined with individual wind turbine operation status and error correction. *Energy Reports*, 13, 6117–6131. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.05.065>
5. Rakhmonov, I. U., Shayumova, Z. M., Kurbonov, N. N., Ushakov, V. Y., & Niyozov, N. N. (2026). Factor analysis of energy efficiency in the fuel and energy complex based on the selection of dominant indicators. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University: Geo Assets Engineering*, 337(2), 213–225. <https://doi.org/10.18799/24131830/2026/2/5208>
6. Wen, X., Zhang, L., Kurbonov, N. N., Rakhmonov, I. U., & Wang, G. (2025). Transformer fault diagnosis method based on optimized synthetic minority oversampling technique and random forest algorithm. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 1287, 365–374. https://doi.org/10.1007/978-981-97-8812-5_37

**ELEKTR DVIGATELLARNI DIAGNOSTIKA QILISHDA ADAPTIV
INTELLEKTUAL YONDASHUV KONSEPSIYASI**

Raxmonov Ikromjon Usmonovich

Elektr ta'minoti kafedrası mudiri, DSc, professor,
Toshkent davlat texnika universiteti, O'zbekiston
ilider1987@yandex.com

Narzullayev Boburjon Shirinboy o'g'li

Elektr energetikasi kafedrası mudiri, PhD, dotsent,
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, O'zbekiston
boburnarzullayev91@mail.ru

Xamidov Yusup Karimberdi o'g'li

Energetika kafedrası assistenti
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
xamidovyusup@tdmau.uz

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektr dvigatellarni diagnostika qilishda adaptiv intellektual yondashuv konsepsiyasi ishlab chiqilgan. Ishlab chiqilgan konsepsiyaning asosiy maqsadi shundan iboratki, elektr dvigatellarining ish rejimlarini doimiy kuzatish, ularning ishonchliligini aniq baholash, nosozliklarni erta bosqichda aniqlash va degradatsiyani hamda qoldiq xizmat muddatini prognozlash imkonini beruvchi adaptiv intellektual diagnostika tizimini ishlab chiqishdan iborat. Diagnostika jarayonida kuchlanish, tok, harorat va aylanish tezligi kabi asosiy parametrlar nazorat qilinadi. Ushbu parametrlar datchiklar orqali olinib, signallarni qayta ishlash, diagnostik belgilarni ajratish, fuzzy logic va neyron tarmoq asosida intellektual tahlil qilish bosqichlarida qayta ishlanadi hamda dvigatelning holati bo'yicha qaror qabul qilinadi. Qabul qilingan qarorga ko'ra, su'niy intellekt dvigatelni real vaqt sharoitidagi ish rejimiga moslashtiradi. Mazkur konsepsiyani ishlab chiqarish amaliyotiga qo'llashdan asosiy ko'zlangan maqsad elektr dvigatellarining ishonchli ishlashini ta'minlash, avariya xavfini kamaytirish va texnik xizmat ko'rsatish jarayonini samarali tashkil etishdir.

Kalit so'zlar: elektr dvigatel, adaptiv diagnostika, intellektual tahlil, fuzzy logic, neyron tarmoq, sensorlar tizimi, texnik holat, nosozlik, avariya, real vaqt monitoringi.

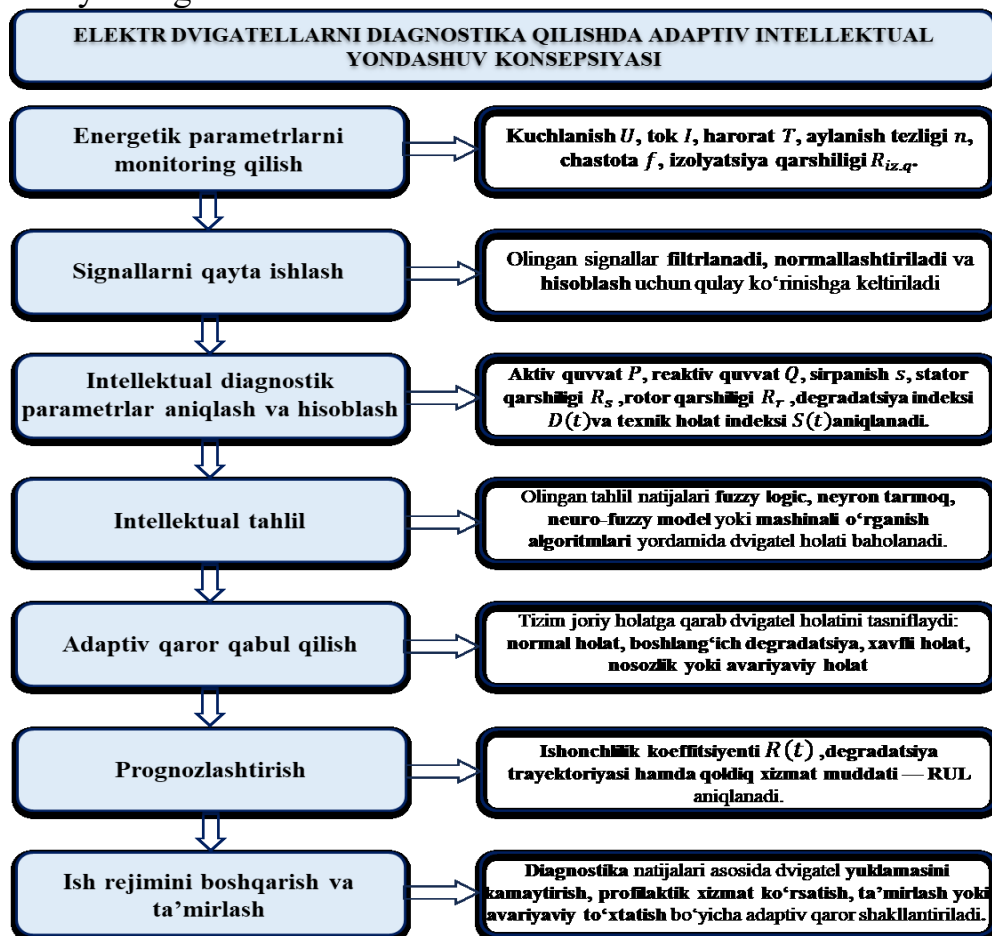
Bugungi kunda sanoat korxonalari, energetika tizimlari, konchilik, transport va ishlab chiqarish jarayonlarida elektr dvigatellar eng ko'p qo'llaniladigan asosiy elektrotexnik qurilmalardan biri hisoblanadi. Elektr dvigatellarning barqaror va ishonchli ishlashi texnologik jarayonlarning uzluksizligi, energiya samaradorligi va ishlab chiqarish xavfsizligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli elektr dvigatellarning texnik holatini doimiy nazorat qilish, nosozlik belgilarini erta aniqlash va avariya holatlarining oldini olish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. An'anaviy diagnostika usullarida elektr dvigatelning holati ko'pincha alohida parametrlar, ya'ni tok, kuchlanish, harorat yoki tebranish qiymatlari asosida

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

baholanadi. Biroq real ekspluatatsiya sharoitida dvigatelning ish rejimi doimiy ravishda o‘zgarib turadi. Yuklama miqdori, elektr ta‘minoti sifati, atrof-muhit harorati, sovitish sharoiti va aylanish tezligidagi o‘zgarishlar diagnostik natijalarga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. Shu sababli faqat qat‘iy belgilangan chegaraviy qiymatlar asosida qaror qabul qilish har doim ham yetarli darajadagi aniqlikni bermaydi [1].

Elektr dvigatellarni diagnostika qilishda zamonaviy yondashuv sifatida adaptiv intellektual diagnostika konsepsiyasini ishlab chiqish hamda undan samarali foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu yondashuvda dvigatelning kuchlanish (U), tok (I), harorat (T) va aylanish tezligi (n) kabi asosiy parametrlar sensorlar orqali real vaqt rejimida olinadi, qayta ishlanadi va diagnostik belgilar shakllantiriladi. Keyingi bosqichda fuzzy logic va neyron tarmoq algoritmlari yordamida dvigatelning texnik holati intellektual tahlil qilinadi.

Adaptiv intellektual diagnostikaning afzalligi shundaki, u dvigatel holatini faqat “soz” yoki “nosoz” deb baholamaydi, balki uni normal holat, degradatsiya, nosozlik va avariya holatlariga ajratadi. Bu esa texnik xizmat ko‘rsatishni oldindan rejalashtirish, nosozlik rivojlanishining dastlabki bosqichlarini aniqlash va avariya xavfini kamaytirishga imkon beradi.



1-rasm. Elektr dvigatellarni adaptiv intellektual diagnostika qilish konsepsiyasining asosiy tarkibi

1-rasmda elektr dvigatellarni diagnostika qilishda adaptiv intellektual konsepsiyasining umumiy tarkibi ko‘rsatilgan. Ushbu konsepsiya elektr

dvigatelning texnik holatini doimiy nazorat qilish, o‘lchangan parametrlarni qayta ishlash, diagnostik belgilarni ajratish va intellektual tahlil asosida yakuniy qaror qabul qilishga qaratilgan [2].

Konsepsiyada asosiy diagnostika obyekti sifatida elektr dvigatel olinadi. Dvigatelning ish jarayonidagi asosiy parametrlar — kuchlanish, tok, harorat va aylanish tezligi sensorlar tizimi orqali o‘lchanadi. Olingan signallar qayta ishlash blokida filtrlash va normallashtirish orqali tahlilga tayyorlanadi. Shundan so‘ng diagnostik belgilar bazasi shakllantiriladi, ya’ni dvigatel holatini ifodalovchi asosiy ko‘rsatkichlar va ularning me‘yoriy qiymatlardan og‘ishlari aniqlanadi.

Keyingi qismda fuzzy logic va neyron tarmoq asosidagi intellektual tahlil bloki ushbu belgilarni baholaydi. Fuzzy logic noaniq va oraliq holatlarni aniqlashga, neyron tarmoq esa parametrlar orasidagi murakkab bog‘liqliklarni o‘rganishga xizmat qiladi. Adaptiv baholash bloki esa diagnostika mezonlarini dvigatelning joriy ish rejimiga moslashtiradi. Bu esa turli yuklama va ish sharoitlarida aniqroq diagnostik xulosa chiqarish imkonini beradi [3].

Natijada qaror va holatni aniqlash blokida elektr dvigatelning texnik holati normal, degradatsiya, nosozlik yoki avariya holati sifatida baholanadi. Umuman olganda, mazkur konsepsiya elektr dvigatellarda nosozliklarni erta aniqlash, avariya xavfini kamaytirish, texnik xizmat ko‘rsatishni samarali tashkil etish va dvigatelning ekspluatatsion ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi [4].

Elektr dvigatellarini adaptiv intellektual diagnostika qilish konsepsiyasi dvigatelning texnik holatini real vaqtda, kompleks va ilmiy asosda baholashga xizmat qiladi. Ushbu konsepsiyada o‘lchash, signallarni qayta ishlash, diagnostik belgilarni hisoblash, degradatsiya trayektoriyasini shakllantirish, ishonchlilik koeffitsiyentini baholash va sun‘iy intellekt asosida qaror qabul qilish yagona tizimga birlashtiriladi. Taklif etilgan yondashuv elektr dvigatellarda yuzaga keladigan nosozliklarni erta aniqlash, avariyaaviy to‘xtashlarni kamaytirish, profilaktik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish va qoldiq xizmat muddatini prognoz qilish imkonini beradi. Shuning uchun mazkur konsepsiya elektr energetikasi, sanoat avtomatlashtirish tizimlari va intellektual diagnostika yo‘nalishlarida amaliy hamda ilmiy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

[1] Boboqulov, J., & Narzullayev, B. (2024). Development of a model for diagnosing rotor conditions in the parallel connection of synchronous generators with the network. E3S Web of Conferences, 525, 06001. (<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452506001>)

[2] Raxmonov, I., & Narzullayev, B. (2025). Problems of increasing the reliability of electric motors and methods of their solution. *Scientific and Technical Journal of Problems of Energy and Sources Saving*, 4, 87–93. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18460008>

[3] Narzullayev, B., & Boboqulov, J. (2025). Improving reliability based on diagnostics of the technical condition of electric motor stator gutters. AIP Conference Proceedings, 3331(1), 030032. <https://doi.org/10.1063/5.0305735>

[4] Rakhmonov, I., Narzullaev, B., & Najimova, A. (2026). Factors affecting the reliability of electric motors were analyzed. Science and Education in Karakalpakstan, 1/1(54), 336–340.

**YOQILG‘I-ENERGETIKA KOMPLEKSI KORXONALARI ENERGIYA
SAMARADORLIGINING JORIY HOLATI VA DINAMIKASINI TIZIMLI
BAHOLASH**

Raxmonov Ikromjon Usmonovich

Elektr ta’minoti kafedrası mudiri, DSc, professor,
Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
ilider1987@yandex.com

Shayumova Zamira Mustafayevna

Elektr energetikasi kafedrası dotsenti, PhD, dotsent,
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, O‘zbekiston
shayumovaz@mail.ru

Igamberdiyev Abdumannon Abduvayit o‘g‘li

Energetika kafedrası assistenti
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
igamberdiyevabdumannon@tdmau.uz

Annotatsiya. Ushbu tezisda yoqilg‘i-energetika kompleksi korxonalarida energiya samaradorligining joriy holati va uning vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasini tizimli baholash masalalari yoritilgan. Korxonalarda energiya resurslaridan oqilona foydalanish, texnologik jarayonlardagi energiya yo‘qotishlarini kamaytirish, energiya iste‘moli ko‘rsatkichlarini muntazam tahlil qilish va samaradorlikni oshirish bo‘yicha boshqaruv qarorlarini qabul qilish bugungi kunda dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Tadqiqotda energiya samaradorligini baholashda kompleks yondashuv, energiya balansi, solishtirma energiya sarfi, energiya intensivligi, texnologik yo‘qotishlar, ishlab chiqarish hajmiga nisbatan energiya iste‘moli va dinamik tahlil ko‘rsatkichlaridan foydalanish zarurligi asoslab berilgan. Shuningdek, korxonalarda energiya monitoringi, raqamli hisobga olish tizimlari va intellektual tahlil vositalarini joriy etish orqali energiya samaradorligi darajasini aniq baholash imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: yoqilg‘i-energetika kompleksi, energiya samaradorligi, energiya monitoringi, energiya balansi, dinamik tahlil, solishtirma energiya sarfi, energiya tejamkorligi, raqamli boshqaruv, energetik audit.

Yoqilg‘i-energetika kompleksi mamlakat iqtisodiyotining strategik muhim tarmoqlaridan biri bo‘lib, sanoat, transport, qishloq xo‘jaligi, kommunal xo‘jalik va aholi ehtiyojlarini energiya resurslari bilan ta‘minlashda asosiy o‘rin tutadi. Ushbu kompleks tarkibiga elektr energiyasi ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash korxonalari, neft-gaz sanoati, ko‘mir sanoati, issiqlik ta‘minoti tizimlari hamda energiya resurslarini qayta ishlash va yetkazib berish bilan bog‘liq ishlab chiqarish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

obyektlari kiradi [4]. Hozirgi sharoitda energiya resurslariga bo‘lgan talabning ortishi, ishlab chiqarish xarajatlarining ko‘payishi, energiya tashuvchilar narxining o‘zgaruvchanligi va ekologik talablarning kuchayishi korxonalarda energiya samaradorligini oshirishni muhim iqtisodiy hamda texnologik vazifaga aylantirmoqda [1]. Ayniqsa, yoqilg‘i-energetika kompleksi korxonalarida energiya iste‘moli katta hajmda amalga oshirilishi sababli, energiya tejashning har bir foizi sezilarli iqtisodiy natija berishi mumkin [2].

Shu nuqtai nazardan, energiya samaradorligining faqat bir martalik holatini emas, balki uning vaqt davomida qanday o‘zgarayotganini, qaysi omillar ta‘sirida yaxshilanishi yoki pasayishini tizimli baholash muhim ahamiyatga ega. Bunday yondashuv korxonada energiya boshqaruvi sifatini oshirish, yo‘qotishlar manbalarini aniqlash, energiya tejash tadbirlarini asoslash va strategik qarorlar qabul qilish imkonini beradi [5].

Yoqilg‘i-energetika kompleksi korxonalarida energiya samaradorligining joriy holati va dinamikasini tizimli baholashning asosiy maqsadi ilmiy-uslubiy asoslarini ishlab chiqish, baholash ko‘rsatkichlarini aniqlash hamda korxonalarda energiya samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi kompleks tahlil yondashuvini asoslashdan iborat. Uning vazifalari esa quyidagilar hisoblanadi:

- Yoqilg‘i-energetika kompleksi korxonalarida energiya iste‘moli holatini tahlil qilish.
- Energiya samaradorligini baholashda qo‘llaniladigan asosiy texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarni aniqlash va energiya balansi va energiya yo‘qotishlarini baholash usullarini tizimlashtirish.
- Energiya samaradorligi dinamikasini vaqt qatorlari asosida tahlil qilish.
- Raqamli monitoring va intellektual tahlil vositalarining energiya samaradorligini baholashdagi ahamiyatini asoslash.
- Energiya tejamkorlik tadbirlarini rejalashtirish uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

Yoqilg‘i-energetika kompleksi korxonalarida energiya samaradorligini baholash bir nechta o‘zaro bog‘liq yo‘nalishlarni o‘z ichiga oladi. Birinchi navbatda, korxonaning energiya iste‘moli tarkibi aniqlanadi. Bu jarayonda elektr energiyasi, issiqlik energiyasi, tabiiy gaz, neft mahsulotlari, ko‘mir va boshqa energiya tashuvchilar bo‘yicha sarf hajmi tahlil qilinadi. Energiya sarfining umumiy miqdori korxona faoliyatini baholashda muhim bo‘lsa-da, uni ishlab chiqarish hajmi, texnologik jarayonlar, uskunalar yuklanishi va tashqi omillar bilan bog‘lab o‘rganish yanada muhimdir.

Energiya samaradorligini baholashda eng muhim ko‘rsatkichlardan biri solishtirma energiya sarfi hisoblanadi. U mahsulot birligi, xizmat hajmi yoki texnologik jarayon birligiga to‘g‘ri keladigan energiya sarfini ifodalaydi. Masalan, elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi korxonada 1 kVt·soat elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun sarflangan shartli yoqilg‘i miqdori, gazni qayta ishlash korxonasida esa 1 tonna mahsulotga to‘g‘ri keladigan energiya sarfi asosiy tahlil ko‘rsatkichi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bo‘lishi mumkin. Energiya samaradorligining joriy holatini baholash quyidagi asosiy ko‘rsatkichlar orqali amalga oshiriladi:

1. **Umumiy energiya iste‘moli.** Korxonada ma‘lum davr davomida sarflangan barcha energiya resurslarining yig‘indisi aniqlanadi. Bu ko‘rsatkich umumiy tendensiyani baholash imkonini beradi, biroq uni alohida holda samaradorlik mezonini sifatida qabul qilish yetarli emas.

2. **Solishtirma energiya sarfi.** Bu ko‘rsatkich energiya iste‘molining ishlab chiqarish natijasiga nisbatini ko‘rsatadi. Agar ishlab chiqarish hajmi oshgan holda solishtirma energiya sarfi kamaysa, bu energiya samaradorligi yaxshilanganini anglatadi [3].

3. **Energiya intensivligi.** Energiya intensivligi korxona mahsuloti yoki xizmatining iqtisodiy qiymatiga nisbatan energiya sarfini ifodalaydi. U ishlab chiqarishning iqtisodiy samaradorligi bilan energiya tejamlorligi o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholashga xizmat qiladi.

4. **Texnologik va texnik yo‘qotishlar.** Elektr tarmoqlaridagi isroflar, transformatorlardagi yo‘qotishlar, issiqlik tarmoqlaridagi yo‘qotishlar, uskunalarning past foydali ish koeffitsiyenti va nooptimal ish rejimlari energiya samaradorligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi.

5. **Energiya tejash salohiyati.** Korxonada mavjud energiya tejash imkoniyatlari aniqlanadi. Bu salohiyat uskunalarni modernizatsiya qilish, avtomatlashtirish, reaktiv quvvatni kompensatsiyalash, issiqlik izolyatsiyasini yaxshilash, yuklamalarni optimal taqsimlash va raqamli monitoring tizimlarini joriy etish orqali amalga oshirilishi mumkin.

Energiya samaradorligining dinamikasini baholash joriy holatni tahlil qilishdan farqli ravishda, ko‘rsatkichlarning vaqt davomida o‘zgarishini o‘rganishga qaratilgan. Buning uchun oylik, choraklik yoki yillik ma‘lumotlar asosida energiya sarfi, ishlab chiqarish hajmi, solishtirma energiya sarfi, yo‘qotishlar va tejamlorlik natijalari taqqoslanadi. Dinamik tahlilda energiya iste‘molining mavsumiy o‘zgarishi, ishlab chiqarish hajmi o‘zgarishining energiya sarfiga ta‘siri, texnologik uskunalarning eskirishi, energiya tejash tadbirlaridan keyingi natijalar, avariya yoki ta‘mirlash ishlari hamda raqamli boshqaruv tizimlari joriy etilgandan keyingi samaradorlik alohida o‘rganilishi kerak. Korxonalarda energiya samaradorligini tizimli baholash uchun energiya monitoringi muhim ahamiyatga ega. An‘anaviy hisob-kitob usullari ko‘p hollarda kechikkan ma‘lumotlarga asoslanadi. Bu esa energiya isroflarini o‘z vaqtida aniqlash va bartaraf etish imkoniyatini cheklaydi. Raqamli monitoring tizimlari esa energiya iste‘molini real vaqt rejimida kuzatish, yuklama grafiklarini tahlil qilish, me‘yordan og‘ishlarni aniqlash va tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini beradi. Ayniqsa, SCADA, ENHAT, intellektual hisoblagichlar, datchiklar, ma‘lumotlarni qayta ishlash modullari va sun‘iy intellektga asoslangan prognozlash algoritmlaridan foydalanish energiya samaradorligini baholash sifatini oshiradi. Bunday tizimlar nafaqat mavjud holatni ko‘rsatadi, balki kelgusi davrlarda energiya iste‘moli qanday o‘zgarishi mumkinligini ham prognozlash imkonini beradi. Tizimli baholashda ma‘lumotlarni

yig‘ish, energiya balansini tuzish, ko‘rsatkichlarni hisoblash, dinamik taqqoslash, muammoli nuqtalarni aniqlash, energiya tejash tadbirlarini belgilash va natijani monitoring qilish bosqichlari ketma-ket amalga oshirilishi maqsadga muvofiqdir.

Tezisning ilmiy yangiligi yoqilg‘i-energetika kompleksi korxonalarida energiya samaradorligini baholash faqat alohida texnik ko‘rsatkichlar bilan emas, balki joriy holat, dinamik o‘zgarish, energiya balansi, yo‘qotishlar, raqamli monitoring va prognozlash natijalarini birlashtirgan kompleks tizim sifatida qaraladi. Bu yondashuv korxonada energiya iste‘moliga ta’sir etuvchi omillarni chuqur tahlil qilish va samaradorlikni oshirish bo‘yicha aniq qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari yoqilg‘i-energetika kompleksi korxonalarida energiya tejamkorlik dasturlarini ishlab chiqish, energiya audit o‘tkazish, energiya samaradorligi ko‘rsatkichlarini monitoring qilish, raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etish va energiya xarajatlarini kamaytirishda qo‘llanilishi mumkin. Shuningdek, mazkur yondashuv korxonalarda ISO 50001 talablariga muvofiq energiya menejmenti tizimini shakllantirish uchun uslubiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Yoqilg‘i-energetika kompleksi korxonalarida energiya samaradorligining joriy holati va dinamikasini tizimli baholash energiya resurslaridan oqilona foydalanish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va texnologik jarayonlarni optimallashtirishning muhim sharti hisoblanadi. Samarali baholash tizimi energiya iste‘moli, ishlab chiqarish hajmi, texnologik yo‘qotishlar, solishtirma energiya sarfi va iqtisodiy natijalar o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniq ko‘rsatib berishi lozim. Raqamli monitoring, avtomatlashtirilgan hisobga olish tizimlari va intellektual tahlil vositalaridan foydalanish energiya samaradorligini baholashni yanada aniq, tezkor va ishonchli qiladi. Bunday yondashuv korxonalarda energiya tejamkorlik tadbirlarining samarasini baholash, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va kelgusidagi energiya iste‘molini prognozlash imkonini beradi. Shu sababli yoqilg‘i-energetika kompleksi korxonalarida energiya samaradorligini tizimli baholash mexanizmini joriy etish iqtisodiy barqarorlik, raqobatbardoshlik va ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim omil hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

[1] ISO 50001:2018. Energy management systems — Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization, 2018.

[2] Skobelev D.O., Stepanova M.V. Energeticheskiy menedjment: rukovodstvo po upravleniyu energopotrebleniyem dlya promyshlennykh predpriyatiy. Moskva, 2020.

[3] ISO 50002:2014. Energy audits — Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization, 2014.

[4] Karimov A.S. Elektr ta’minoti tizimlarida energiya isroflarini kamaytirish usullari. Toshkent, 2021.

[5] G‘ulomov S.S., Abdullayev B.T. Sanoat korxonalarida energiya tejamkorligi va energetik audit asoslari. Toshkent, 2020.

**ELEKTROMOBIL ZARYADLASH QURILMALARIDA CHIQISH TOKINI
PROGNOZLASH ASOSLAR VA QO‘LLANILISHI**

Raxmonov Ikromjon Usmonovich

Elektr ta’minoti kafedrası mudiri, DSc, professor,
Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
ilider1987@yandex.com

Uzaqov Navro‘z Choriyorovich

Elektr ta’minoti kafedrası tayanch doktoranti,
Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
uzaqovnavruz81@gmail.com

Sultonov Bozorboy Juraqulovich

Energetika kafedrası assistenti
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
sultonovbozorboy@tdmau.uz

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda elektromobillarni zaryadlash qurilmalarida chiqish tokini prognozlashning nazariy va amaliy jihatlari tadqiq etilgan. Elektr transport vositalarining jadal rivojlanishi sharoitida zaryadlash qurilmalarining barqaror va xavfsiz ishlashini ta’minlash muhim masalalardan biri hisoblanadi. Chiqish toki bu ushbu qurilmaning asosiy parametri bo‘lib, bu parametrning keskin o‘zgarishi qurilma elementlarining tez ishdan ishdan chiqishi, ortiqcha issiqlik ajralishi hamda elektr tarmog‘ida ortiqcha yuklanishlar yuzaga kelishiga sabab bo‘lishi mumkin. Mazkur tezisda chiqish tokini yuqori aniqlik bilan prognozlash maqsadida Long Short-Term Memory (LSTM) asosidagi sun’iy neyron tarmoq modeli, hamda modelni qurishda chiqish kuchlanishi, zaryadlash vaqti, elektromobil akkumulyator batareyasi harorati va zaryad holati kabi parametrlar asos qilib olish taklif etilgan.

Kalit so‘zlar. Zaryadlash qurilmasi, chiqish toki, sun’iy neyron tarmoqlari, LSTM modeli, prognozlash, energiya samaradorligi, xavfizlik va vaqt qatorlari.

Hozirgi kunda elektromobillarning keng joriy etilishi bilan ularni zaryadlash tizimlariga bo‘lgan talab keskin oshib bormoqda. Zaryadlash jarayonida chiqish toki eng muhim parameter bo‘lib, u qurilmaning ishlash barqarorligini, energiya samaradorligi va xavfsizlik darajasini belgilaydi.

Chiqish tokidagi keskin o‘zgarishlar qurilmaning qizib ketishi, elektr tarmog‘ining ortiqcha yuklanishi va elementlarning shikastlanishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli chiqish tokini oldindan prognozlash dolzarb ilmiy va amaliy masala hisoblanadi [1].

Zaryadlash qurilmasida bir qancha parametrlar mavjud bo‘lib, ularga batareya turi, ulanish holati, aloqa turi, izolyatsiya holati, zaryadlash turi, harorat holati, zaryad darajasi, mavjud zaryad (foizda), qolgan zaryadlash vaqti, chiqish kuchlanishi, chiqish toki, akkumulyatorning nominal sig‘imi, qolgan zaryadlash vaqti, maksimal ruxsat etilgan kuchlanish, maksimal ruxsat etilgan harorat, hozirgi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

zaryad kuchlanishi, hozirgi zaryad toki, bitta elementning maksimal kuchlanishi, bitta elementning minimal kuchlanishi, eng yuqori elementning harorati, eng past elementning harorati va maksimal ruxsat etilgan kuchlanish kabi parametrlarga ega bo‘lib, bu parametrlar ichidan chiqish toki zaryadlovchi qurilmaning normal ishlashini ta’minlovchi eng asosiy parametrdir (1-rasm).

Batareya turi	Litiy-temir-fosfat (LiFePO4) akkumulyatori	Kerakli kuchlanish	350.4 V	Hozirgi zaryad kuchlanishi	322.34 V
Ulanish holati	Normal	Kerakli tok	67.8 A	Hozirgi zaryad toki	65.97 A
Aloqa turi	NEWGBT	Kuchlanish holati	Normal	Bitta elementning maksimal kuchlanishi	3.36 V
Izolyatsiya holati	Normal	Joriy holat	Normal	Bitta elementning minimal kuchlanishi	3.25 V
Zaryadlash turi	Doimiy tok	Akkumulyatorning nominal sig‘imi	50 Ah	Eng yuqori element harorati	18 °C
Harorat holati	Normal	Qolgan zaryad miqdori (tok ekvivalenti)	167.0 A	Eng past element harorati	18 °C
Zaryad darajasi	Normal	Maksimal ruxsat etilgan kuchlanish	3.70 V	Musbat kontakt harorati	24 °C
Hozirgi zaryad foizi (SOC)	27 %	Maksimal ruxsat etilgan harorat	55 °C	Manfiy kontakt harorati	28 °C
Qolgan zaryadlash vaqti	69 daqiqa			Maksimal ruxsat etilgan zaryad kuchlanishi	350.4 V

1-rasm. Zaryadlash qurilmasi ekrani

Zaryadlash qurilmalarida chiqish toki ko‘p omilli va dinamik xarakterga ega bo‘lib, u bir qator texnik va ekspluatatsion parametrlar bilan uzviy bog‘liq. Jumladan, chiqish kuchlanishi, batareyaning zaryad holati (SoC), harorat rejimi hamda vaqt omillari chiqish tokiga bevosita ta’sir etuvchi asosiy omillar hisoblanadi. Ushbu parametrlarning o‘zaro murakkab bog‘liqligi va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanligi zaryadlash jarayonini nolinear va o‘zgaruvchan tizim sifatida tavsiflaydi. Natijada, bunday jarayonlarni an’anaviy matematik va statistik usullar yordamida aniq boshqarish va oldindan baholash qiyinlashadi hamda yuqori aniqlikdagi prognozlash usullarini qo‘llash zarurati yuzaga keladi [2, 3].

Shu asosda tadqiqotning asosiy g‘oyasi ushbu ko‘p o‘zgaruvchili va vaqtga bog‘liq parametrlar asosida chiqish tokini yuqori aniqlikda prognozlash uchun Long Short-Term Memory asosidagi sun’iy neyron tarmoq modelidan foydalanishga qaratilgan. Taklif etilayotgan yondashuv yordamida zaryadlash jarayonida yuzaga keluvchi o‘zgarishlarni oldindan aniqlash, qurilmaning optimal ish rejimini shakllantirish hamda energiya resurslaridan samarali foydalanish imkoniyati yaratiladi. Shu bilan birga, mazkur model asosida qurilmaning barqaror ishlashi ta’minlanib, xavfli rejimlarning oldini olish va umumiy tizim ishonchliligini oshirishga erishiladi [4].

Chiqish tokini prognozlash masalasini hal etishda LSTM asosidagi rekurrent sun’iy neyron tarmog‘ini qo‘llash taklif etiladi. Ushbu model vaqt qatorlari

ma'lumotlaridagi uzoq va qisqa muddatli bog'liqliklarni aniqlashga moslashgan bo'lib, uchta asosiy mexanizm — unutish, kiritish va chiqish darvozalari orqali ishlaydi. LSTM modelida unutish darvozasi oldingi xotira holatidan qaysi ma'lumotlarni saqlab qolish yoki chiqarib tashlashni aniqlaydi, bu esa modelning keraksiz yoki eskirgan ma'lumotlarni filtrlash orqali prognozlash aniqligini oshirishiga xizmat qiladi.

$$f_t = \sigma(W_f * [x_t, h_{t-1}] + b_f) \quad (1)$$

Kiritish darvozasi esa yangi kiruvchi ma'lumotlarning qaysi qismini model xotirasiga kiritishni belgilaydi:

$$i_t = \sigma(W_i * [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (2)$$

Xotira holati quyidagi ifoda orqali yangilanadi:

$$C_t = \tanh(W_C * [h_{t-1}, x_t] + b_C) \quad (3)$$

Chiqish darvozasi modelning joriy chiqishini shakllantirib, quyidagicha aniqlanadi:

$$o_t = \sigma(W_o [h_{t-1}, x_t] + b_o), \quad h_t = o_t * \tanh(C_t) \quad (4)$$

bu yerda: x_t — kirish vektori, h_t — yashirin holat, C_t — xotira holatini ifodalaydi.

Taklif etilgan model yordamida zaryadlash qurilmalarida chiqish tokini yuqori aniqlikda prognozlash hamda tizimning barqaror ishlashini ta'minlash imkoniyati yaratiladi [5].

O'tkazilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, zaryadlash qurilmalarida chiqish toki qurilmaning asosiy boshqaruv va xavfsizlik parametrlaridan biri hisoblanadi hamda uning barqarorligini ta'minlash qurilmaning ishonchli ishlashi va elektr tarmog'ining muvozanatli yuklanishini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Chiqish tokidagi keskin o'zgarishlar qurilma elementlarining ortiqcha qizishi, energiya yo'qotishlarining ortishi va elektr tarmog'ida nosozliklar yuzaga kelishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli ushbu parametрни aniq baholash va oldindan prognozlash zamonaviy zaryadlash tizimlari uchun ustuvor vazifalardan biri hisoblanadi.

Taklif etilgan LSTM asosidagi sun'iy neyron tarmoq modeli chiqish tokini yuqori aniqlikda prognozlash imkonini berib, vaqt qatorlarida mavjud bo'lgan murakkab va nochiziqli bog'liqliklarni samarali aniqlashga xizmat qiladi. Mazkur model yordamida kiruvchi parametrlar o'rtasidagi yashirin munosabatlar aniqlanadi hamda zaryadlash jarayonining dinamikasi aniq ifodalanadi, bu esa umumiy tizim samaradorligini oshirish va barqaror ishlashini ta'minlash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Rakhmonov I.U., Uzakov N.Ch. *Using artificial neural networks (LSTM) for forecasting output current of charging devices*. Proceedings of the Republican scientific and technical conference “Development of modern electric machines and drives for green economy (Dedicated to the 85th anniversary of Professor Kh.G. Karimov)”, Tashkent state technical university, 2025, pp. 118–119.

2. Rakhmonov I.U., Uzakov N.Ch., Nematov L.A. *The Relevance of Output Current Forecasting in Charging Devices*. Development of Science and Technology

(Fan va texnologiyalar taraqqiyoti), Scientific-Technical Journal, Bukhara State Technical University, No. 3, 2025, pp. 189–194. ISSN 2181-1256.

3. Mekkaoui D.E., Alami Merrouni M., Li H., El Mrabet R. Correlation-based preprocessing and feature evaluation for EV charging load forecasting using LA-RCNN. *Energy AI*, 2024, vol. 15, art. 100294. DOI: 10.1016/j.egyai.2024.100294

4. Mekkaoui D.E., Midoun M.A., Shen Y. LA-RCNN: Luong attention-recurrent-convolutional neural network for EV charging load prediction. *Applied Intelligence*. Vol. 54, pp. 4352–4369. Published online: 26 March 2024. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10489-024-05394-1> (accessed 18 October 2025).

5. Ben Othman G., Copot D., Yumuk E., Neckebroek M., Ionescu C.M. *Selecting optimal Long Short-Term Memory (LSTM) architectures for online estimation of mean arterial pressure (MAP) in patients undergoing general anesthesia*. *Applied sciences*, Vol. 14(13):5556, 2024. Available at: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/13/5556> (accessed 18 October 2025).

PAST KUCHLANISHLI ELEKTR TARMOQLARIDA KUCHLANISH VA TOK NOSINUSOIDALLIGINI KAMAYTIRISH USULLARI

Rashidov Sharofiddin O‘rolovich

“Energetika” kafedrası magistranti

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

rashidovsharofiddin697@gmail.com

Annotatsiya. Ishda past kuchlanishli elektr tarmoqlarida kuchlanish va tok nosinusoidalligining sabablari ochib berilgan. Past kuchlanishli elektr tarmoqlarida kuchlanish va tok nosinusoidalligini kamaytirish usullari ko‘rib chiqilgan, ularning qisqacha tavsifi va qo‘llanilish chegaralari berilgan.

Kalit so‘zlar: elektr energiyasini qabul qilgichlar, kuchlanish va tok nosinusoidalligi, yuqori garmonika, passiv filtr, passiv rezonans, aktiv filtr

Muammoning umumiy qo‘yilishi

Zamonaviy elektr energiyasini qabul qilgichlar tarmoqdan iste‘mol qilinadigan tok va kuchlanishning nohiziqli bog‘liqligiga ega. Sinusoidal shakldan farq qiluvchi tok elektr tarmog‘i elementlarida sinusoidal kuchlanishning buzilishini keltirib chiqaradi, bu esa o‘z navbatida elektr energiyasining sifatini pasaytiradi. Odatda, zamonaviy sanoatda kuchlanish va tok nosinusoidalligining manbalari kuchli po‘lat eritish elektr pechlari, payvandlash qurilmalari hisoblanadi [4]. Turmushda elektr asboblari va elektron to‘g‘rilash qurilmalari, lyuminessent va gaz-razryadli chiroqlar ishlatiladi. Ishlash jarayonida bu qurilmalar asosiy chastotali elektr energiyasini iste‘mol qiladi, bu energiya nafaqat foydali ish bajarish va yo‘qotishlarni qoplash uchun, balki tashqi tarmoqqa qayta uzatiladigan yuqori garmonik tashkil etuvchilarni hosil qilish uchun ham sarflanadi.

O‘zgaruvchan tok tarmoqlarining yuqori garmonikalar bilan buzilishi elektrotexnika uchun quyidagi salbiy oqibatlarga olib kelishi mumkin:

kondensatorlarning xizmat muddatini pasayishi, himoya apparatlarining muddatidan oldin ishga tushishi, kompyuterlarning ishdan chiqishi yoki noto‘g‘ri ishlashi, elektr yuritmalarning beqaror ishlashi, aloqa liniyalaridagi xalaqitlar, elektr yoritish qurilmalarining haddan tashqari qizib ketishi va boshqa nozik iste’molchilar.

GOST 32144-2013 ga ko‘ra, kuchlanish buzilishining asosiy ta’minotchilari nochiziqli volt-ampere xususiyatlarga ega bo‘lgan iste’molchilardir [3]. Kuchlanishning nosinusoidalini chiziqli va nochiziqli yuklamalarni alohida shina tizimlariga ajratish orqali kamaytirish mumkin. Nochiziqli iste’molchilarni alohida shina seksiyasiga ajratish tashqi garmonikalarga sezgir bo‘lgan yuklamalarni garmonika manbalaridan elektr yo‘li bilan olib tashlaydi. Iste’molchilarni ajratish tarmoqda yuqori garmonikalar miqdorini kamaytirish imkonini beradi. Nochiziqli yuklamalarning elektr tarmog‘ining turli tugunlari bo‘ylab taqsimlanishi ularning tugunlardagi quvvatining pasayishiga va yuqori garmonikalar sathining kamayishiga olib keladi [1].

Kuchlanish nosinusoidalini kamaytirish usullaridan biri elektr filtrlaridan foydalanishdir. Eng keng tarqalgan yechim kondensatorlar, induktivliklar va qarshiliklar kombinatsiyasidan tashkil topgan passiv filtrlardir. Passiv rezonans filtr ishlatilganda uning sxemasi garmonikaning ma’lum chastotasiga moslanadi, ya’ni ketma-ket filtrning rezonans chastotalari mavjud garmonikalar chastotalariga juda yaqin bo‘ladi. Passiv filtrning asosiy farqi faqat bir nechta tanlangan garmonikalarni kompensatsiya qilish qobiliyatidir [5]. Passiv rezonans filtrlarning asosiy afzalligi arzonligi, asosiy kamchiligi esa loyihalashda elektr tarmog‘ini uzoq vaqt va sinchkovlik bilan tahlil qilish zarurligidir. Shuningdek, bu filtrlar yuqori chastotalarda signallarni kamaytirish bo‘yicha cheklangan imkoniyatlarga ega, ya’ni garmonika tartibi qanchalik yuqori bo‘lsa, passiv filtrning samaradorligi shunchalik past bo‘ladi.

Aktiv filtrlar nochiziqli yuklamalar garmonikalari darajasini pasaytirish uchun mo‘ljallangan. Ular reaktiv quvvatning joriy ehtiyojga muvofiq o‘zgarishining yuqori tezligini ta’minlaydi. Aktiv garmonika filtrlari turli ulanish sxemalariga ega: ketma-ket, parallel va ularning turli kombinatsiyalari [2]. Parallel ulanganda filtr tok manbai sifatida ishlaydi, buzilishlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri kompensatsiyalovchi tok kiritish orqali kamaytiriladi. Aktiv filtrni parallel ulash sxemalarining asosiy afzalligi: standart tok o‘lchash transformatorlari uchun mavjud tizimlarni takomillashtirishning soddaligi. Bu ulanishning kamchiligi shundaki, parallel ulangan filtr garmonikalar kuchlanishiga bevosita emas, balki bilvosita ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Ketma-ket ulashda aktiv garmonikalar filtri transformator chulg‘ami orqali elektr tarmog‘iga ulanadi. Filtrni ketma-ket ulashning afzalligi garmonikalar kuchlanishiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir qilish va kuchlanish pasayishini kamaytirish qobiliyatidir, chunki ushbu zanjirda faol filtr kuchlanish manbai sifatida ishlaydi. Filtrni ketma-ket ulashning kamchiligi parallel (shuntlovchi) ulashga nisbatan narxining yuqoriligi, ketma-ket transformatoridan foydalanish zarurati tufayli

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

mavjud tizimlarni ta'mirlash va texnik modernizatsiya qilishning murakkabligi hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda past kuchlanishli elektr tarmoqlarini loyihalashda nosinusoidallikni kamaytirish uchun ko'pincha filtrlarni parallel ulash qo'llaniladi. Ushbu ulanish mavjud tizimlar va elektr tarmoqlarini takomillashtirishning soddaligi bilan bog'liq arzonligi va afzalliklari tufayli qo'llaniladi.

Xulosalar

Shunday qilib, kuchlanish va tokning sinusoidalligini buzib ko'rsatishning mavjud usullari cheklangan qo'llanish sohalariga ega. Usulni tanlash texnik-iqtisodiy asoslash natijasida amalga oshirilishi kerak.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Xushboqov B.X., Omonov F.B., Qurbonazarov S.E. Elektrotexnika va elektronika asoslari. O'quv qo'llanma, «MOHIRBEK-ZIYO» nashriyoti, Toshkent 2023-yil.
2. Xushboqov B.X., Omonov F.B., Qurbonazarov S.E., Xudoyqulov Z.R. Elektrotexnika va elektronika asoslari. Darslik, «MOHIRBEK-ZIYO» nashriyoti, Toshkent 2025-yil.
3. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — М. : Стандартинформ, 2014. — 17 с.
4. Xushboqov B.X., Hakimov K.J., Qurbonazarov S.E. Kon korxonalarini elektrlashtirish. Darslik. “Art-Matbaa Design” nashriyoti, Qarshi-2024
5. Berdiyev U.T., Xushboqov B.X., Qayumov S.N. Elektr transportining elektr va elektron uskunalari. Oliy o'quv yurtlari uchun darslik – T.:2014y (guvohnoma №312-014)
6. Xushboqov B.X., Rashidov Sh.O', Musurmonov Y.B., Elektr uzatish liniyalari umumiy tavsiflari va sinflanishi. Международный современный научно-практический журнал Научный импульс № 43 (100). 85-89 betlar.
7. Xushboqov B.X., Musurmonov Y.B., Rashidov Sh.O'. Elektr energiya sifati muammosi va sifatni oshirish usullari. “Introduction of new innovative technologies in education of pedagogy and psychology”. Collection of scientific papers on materials of the international scientificpractical conference 27.03.2026, Pub. «ICP», Moscow, Russia, 44-46 betlar.

TAYANCHLAR VA ULARDAGI KORROZIYA MUAMMOSI

Rashidov Sharofiddin O‘rolovich

“Energetika” kafedrası magistranti

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti

rashidovsharofiddin697@gmail.com

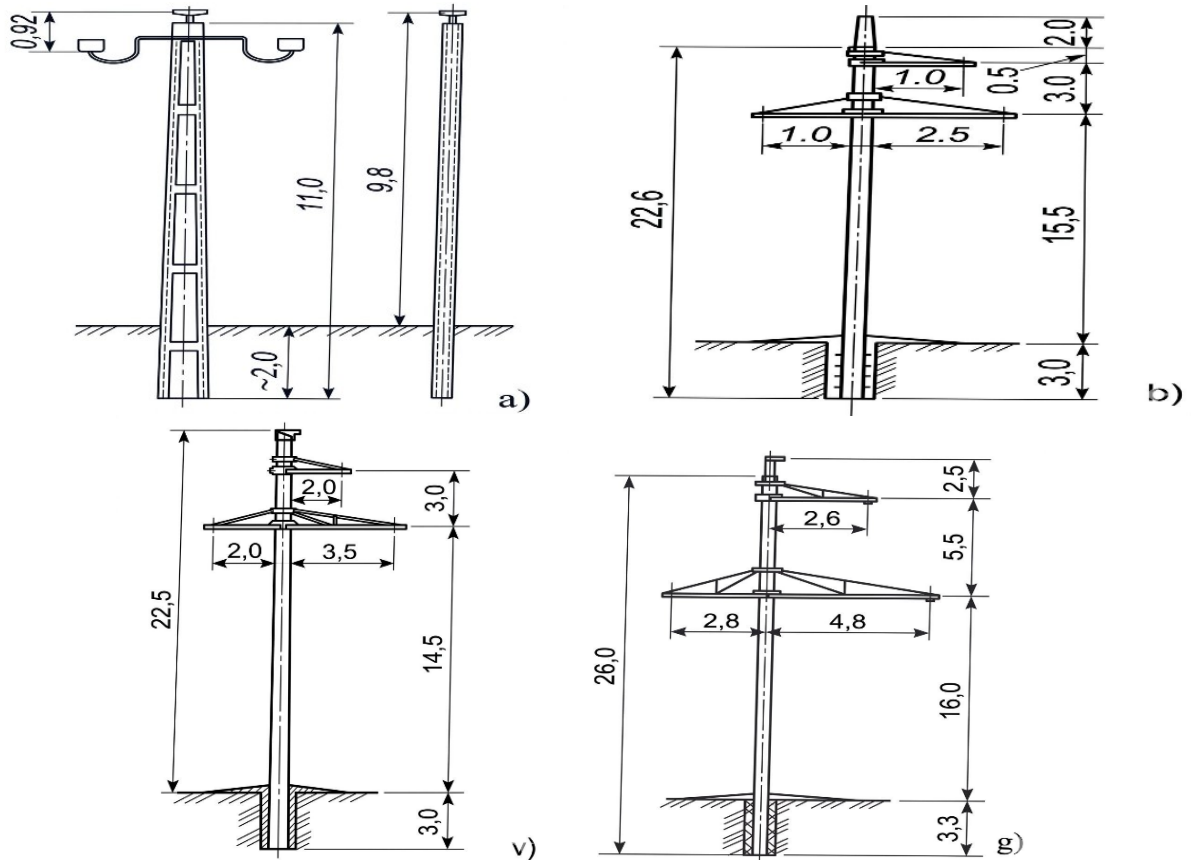
Annotatsiya. Ushbu ishda havo elektr uzatish liniyalari (HEL) tayanchlarining energetika tizimidagi strategik ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqot davomida tayanchlarning konstruktiv turlariga (temir-beton, po‘lat, yog‘och) qiyosiy tavsif berilib, ularning texnik-iqtisodiy afzalliklari va kamchiliklari yoritilgan. Maqolaning asosiy qismi tayanchlarning mexanik mustahkamligini hisoblash formulalari va metall konstruksiyalarda uchraydigan atmosfera korroziyasi muammosiga bag‘ishlangan. Korroziyaga qarshi kurashning zamonaviy usuli sifatida issiq ruxlash texnologiyasining samaradorligi elektrokimyoviy tahlillar asosida isbotlangan. Olingan natijalar liniyalarning xizmat muddatini uzaytirish va ekspluatatsiya xarajatlarini optimallashtirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Havo liniyalari (HEL), tayanchlar, mexanik yuklama, korroziya, issiq ruxlash, energetika tizimi, dielektrik, taranglik kuchi.

Zamonaviy sivilizatsiyaning asosi bo‘lgan elektr energiyasini ishlab chiqarish markazlaridan iste‘molchilarga yetkazib berishda havo liniyalari (HEL) eng samarali transport magistrali hisoblanadi. HELning asosiy ustunligi — havoning tabiiy dielektrik xususiyatidan foydalanishidir. Bunda tayanchlar shunchaki ko‘taruvchi ustun emas, balki simlar orasidagi fazoviy geometriyani va yer sathidan xavfsiz masofani ta‘minlovchi murakkab muhandislik inshootidir. Bugungi kunda liniyalarning barqarorligi bevosita tayanchlarning mexanik mustahkamligi va tashqi muhit ta‘siriga chidamliligi bilan belgilanadi.

Har bir tayanch turi o‘zining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlariga ko‘ra muayyan kuchlanish darajasi va iqlim sharoiti uchun tanlanadi.

Temir-beton tayanchlar asosan 0,4 kV dan 220 kV gacha bo‘lgan tarmoqlarda qo‘llaniladi. Temir-beton tayanchlar korroziyaga o‘ta chidamliligi, ekspluatatsiya davrida deyarli texnik xizmat talab qilmasligi va dielektrik xususiyatlarining barqarorligi ajralib tursada, massasining juda og‘irligi (1,5-3 tonnagacha) uning asosiy kamchiligidir. Bundan tashqari temir-beton tayanchlar dinamik zarbalarga nisbatan mo‘rt hisoblanadi.



1-rasm. Erkin joylashuvchi temir-beton oraliq tayanchlar
a)-6-10 kV (shtirli izolyatorlar bilan) kuchlanishli havo linyalari tayanchi;
b) 35kV kuchlanishli havo linyalari tayanchi;
v) 110 kV kuchlanishli havo linyalari tayanchi;
g) 220 kV kuchlanishli havo linyalari tayanchi

Metall (Po‘lat) tayanchlar magistral liniyalar (110-750 kV) uchun asosiy konstruktsiya hisoblanadi. Ushbu tayanch turi yuqori solishtirma mustahkamlikka ega bo‘lib, balandligi 50-100 metrdan oshadigan inshootlar qurish imkonini beradi. Panjarali (ferma shaklida) tuzilishi shamol yuklamasini oson o‘tkazib yuboradi. Atmosfera korroziyasiga o‘ta moyilligi va muntazam ravishda qimmatbaho antikorroziyon bo‘yoqlar bilan ishlov berish zaruriyati uning asosiy kamchiligidir.

Tayanchlarni loyihalashda eng yomon ob-havo sharoiti (maksimal shamol va maksimal muzlash) hisobga olinadi. Tayanchga ta’sir qiluvchi jami kuch quyidagi komponentlardan iborat:

$$F_{\Sigma} = \sqrt{(P_w + P_i)^2 + (G_s + G_i)^2}$$

bunda: P_w — simga ta’sir etuvchi shamol bosimi (N); P_i — simdagi muz qatlamining shamol qarshiligi (N); G_s — simning o‘z og‘irligi (kg); G_i — muz qatlamining og‘irligi (kg).

Simning mexanik tarangligi (T) tayanchning anker turiga tushadigan asosiy gorizontal yuklamani belgilaydi:

$$T = \frac{\gamma L^2 \cos(a)}{8 f}$$

bu yerda L — tayanchlar oralig‘i, f — simning eng quyi nuqtasi (osilish o‘qi), γ — solishtirma yuklama.

Metall tayanchlarda uchraydigan eng xavfli nuqson - bu metallning kislorod bilan reksiyasi natijasida uning effektiv kesim yuzasining kamayishidir. Bu jarayon tayanchning yuk ko‘tarish qobiliyatini pasaytirib, kutilmagan avariya larga

Korroziyani to‘xtatishning eng samarali usuli — po‘latni suyuq rux qozoniga tushirish orqali uning yuzasida metallurgik bog‘langan himoya qatlamini hosil qilishdir. Rux po‘latga nisbatan manfiyroq potensialga ega bo‘lgani uchun, elektrokimyoviy korroziyada u «anod» vazifasini o‘taydi:

Anod reaksiyasi: $Zn \rightarrow Zn^2 + 2e$

Katod reaksiyasi: $O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4OH$

Bu usul orqali korroziya tezligi ϑ_{corr} yiliga $1 - 2\mu m$ gacha kamaytiriladi, bu esa tayanchning xizmat muddatini **50-70 yilga** uzaytiradi.

Quyidagi bog‘liqlik orqali himoya qatlami mavjud va mavjud bo‘lmagan metallning mustahkamlik koeffitsienti (k_m) tahlil qilinadi: **Himoyalanmagan po‘lat:** $k_m(t) = k_0 e^{-\lambda t}$ (Mustahkamlik eksponentsial ravishda tez yo‘qoladi). **Ruxlangan po‘lat:** $k_m(t) = \text{const}$ (Dastlabki 40 yil davomida mustahkamlik deyarli o‘zgarmaydi).

Xulosa

Havo liniyalari tayanchlari energetika tizimining ishonchli ishlashini ta'minlovchi poydevordir. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, tayanchlarning turi va himoya usulini to‘g‘ri tanlash orqali nafaqat liniyaning xizmat muddati uzayadi, balki ekspluatatsiya xarajatlari ham **30-40%** ga qisqaradi. Kelajakda kompozit materiallardan tayyorlangan «aqli» tayanchlarning joriy etilishi energetika sohasida yangi texnologik inqilobga zamin yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Xushboqov B.X., Omonov F.B., Qurbonazarov S.E. Elektrotexnika va elektronika asoslari. O‘quv qo‘llanma, «MOHIRBEK-ZIYO» nashriyoti, Toshkent 2023-yil.
2. Xushboqov B.X., Omonov F.B., Qurbonazarov S.E., Xudoyqulov Z.R. Elektrotexnika va elektronika asoslari. Darslik, «MOHIRBEK-ZIYO» nashriyoti, Toshkent 2025-yil.
3. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — М. : Стандартинформ, 2014. — 17 с.
4. Xushboqov B.X., Hakimov K.J., Qurbonazarov S.E. Kon korxonalarini elektrlashtirish. Darslik. “Art-Matbaa Design” nashriyoti, Qarshi-2024

5. Berdiyev U.T., Xushboqov B.X., Qayumov S.N. Elektr transportining elektr va elektron uskunalari. Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik – T.:2014y (guvohnoma №312-014)

O‘ZBEKISTONDA SHAMOL ENERGETIK QURILMALARINI QO‘LLASH AMALIYOTI

Rustamov Dilshod Shavkatovich dotsent (PhD)

Asadov Asliddin Komiljon o‘g‘li (3-kurs bakalavr)

Toshkent davlat transport universiteti, “Elektr ta’minoti” kafedrası,
tel: +998908660371

Annotatsiya: Ushbu maqolada O‘zbekistonda shamol yenergiyasidan foydalanishning dolzarbligi va istiqbollari tahlil qilinadi. Dunyo miqyosida qayta tiklanuvchi yenergiya manbalariga o‘tish tendensiyalari, xususan, rivojlangan mamlakatlar tajribasi ko‘rib chiqilgan. O‘zbekistonning «2030 Strategiyasi» doirasida yelektr yenergiyasi ishlab chiqarishda «yashil» yenergiya ulushini 54 foizga yetkazish rejalari hamda ACWA Power kompaniyasi bilan hamkorlikda amalga oshirilayotgan yirik loyihalar yoritilgan. Shuningdek, maqolada aholi va kichik xo‘jaliklar uchun mo‘ljallangan ixcham shamol yelektr qurilmalarining (SHEQ) texnik xususiyatlari, ularning samaradorligi va mamlakat hududlarida foydalanish imkoniyatlari ilmiy-texnik jihatdan asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: shamol yenergiyasi, qayta tiklanuvchi yenergiya manbalari, O‘zbekiston, ACWA Power, shamol yelektr qurilmalari (SHEQ), yenergetik mustaqillik, 2030 Strategiyasi

Sayyoramizning ko‘plab mintaqalarida esadigan shamollar elektr stansiyalarining turbinalarini xususiy uylar, fermalar yoki maktablarni energiya bilan ta’minlash uchun yetarli tezlikda aylantira oladi. Texnik taraqqiyot bir joyda to‘xtab qolmaydi. Bugungi kunda nafaqat sanoat shamol elektr stansiyalari (SHES), balki yuzlab kilovatt elektr energiyasi ishlab chiqaradigan xususiy xo‘jaliklar uchun ixcham shamol elektr stansiyalari ham endi kamdan-kam uchraydigan hodisa emas [1]. Uy shamol energetikasi qurilmalari (SHEQ) sanoati faol rivojlanmoqda va hozirning o‘zidayoq o‘rtacha pulga SHEQ sotib olish va uzoq yillar davomida o‘z uyining energiya mustaqilligini ta’minlash mumkin [2]. 1890 yildayoq Daniya hukumati katta quvvatli shamol elektr stansiyalarini rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli dasturni amalga oshirishga kirishdi. 1910 yilda mamlakat hududida bir necha yuz SHEQ qurildi. 2014 yilda Daniyada shamol energetikasining elektr energiyasi ishlab chiqarishdagi ulushi deyarli 40 foizni tashkil etdi. Ispaniya va Portugaliyada - 20 foizdan ortiq, Irlandiyada - taxminan 20 foiz, Buyuk Britaniyada - 9 foizni tashkil etdi.

O‘zbekiston energetika sohasi asosan qazilma yoqilg‘ilarga tayangan, elektr energiyasining qariyb 80 foizi tabiiy gaz hisobidan ta’minlangan. Biroq, «2030 Strategiyasi» va xalqaro iqlim majburiyatlariga muvofiq, dastlab 2030 yilgacha energiyaning 25 foizini qayta tiklanuvchi manbalar orqali ishlab chiqarish maqsad

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

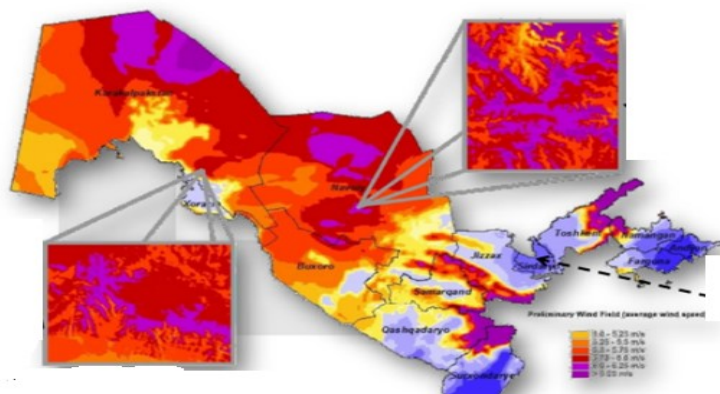
qilingan edi. 2024 yil dekabr holatiga ko‘ra, mamlakat rahbariyatining bayonotlariga ko‘ra, bu ko‘rsatkich yanada oshirilishi rejalashtirilmoqda — 2030 yilga kelib elektr energiyasining 54 foizi quyosh, shamol va gidroenergiyadan olinishi mo‘ljallanmoqda.

AWEA prognozlariga ko‘ra, 2020 yilga kelib AQSH kichik shamol energetikasining umumiy quvvati 50 ming MVt, bu mamlakat umumiy quvvatining taxminan 3 foizini tashkil etadi. Shamol turbinolari 15 million xonadonda va 1 million kichik korxonada o‘rnatiladi [2]. Acwa Power kompaniyasi va «O‘zbekiston Milliy elektr tarmoqlari» AJ o‘rtasida Qoraqalpog‘iston Respublikasida ishlab chiqarish quvvati 5 GVTgacha bo‘lgan Markaziy Osiyodagi eng yirik shamol elektr stansiyasi uchun elektr energiyasini sotib olish bo‘yicha shartnoma imzolangan.

«Bitimni imzolash tadbiri uchinchi Toshkent xalqaro investitsiya forumi doirasida, Acwa Power kompaniyasi tomonidan O‘zbekistonda ishga tushirilayotgan ikkita loyihaning ochilish marosimi doirasida bo‘lib o‘tdi. Bu Acwa Power kompaniyasining O‘zbekistonda amalga oshirayotgan portfelidagi 15 ta loyihadan biri hisoblanadi».

Orolbo‘yi mintaqasida ushbu loyiha besh bosqichda amalga oshiriladi va yiliga 18,5 ming GVt soatga yaqin toza energiya ishlab chiqaradi. Bu esa O‘zbekistonning toza energiyaga o‘tish strategiyasiga erishish yo‘lidagi muhim qadamdir. Bundan tashqari, loyiha yuzlab to‘g‘ridan to‘g‘ri va bilvosita ish o‘rinlarini yaratish, shuningdek, xizmatlar va ta‘minotni mahalliy lashtirish orqali mahalliy sanoatni rag‘batlantirishga hissa qo‘shishi kutilmoqda.

«O‘zbekiston Saudiya Arabistonidan tashqarida Acwa Power’ning investitsiya portfelidagi ikkinchi yirik davlat hisoblanadi. Ushbu loyiha bilan uning mamlakatga kiritgan jami sarmoyasi 13,9 milliard dollarni tashkil etmoqda», — deya ta’kidlagan Index Economic.



1-rasm. O‘zbekistonning shamol energiyasi resurslari xaritasi

O‘zbekistonning shamol energiyasi resurslari xaritasidan (1-rasm) ko‘rinib turibdiki, mamlakatning katta qismida shamol qurilmalaridan foydalanish imkoniyati mavjud.

Mamlaktimizda xususiy uylarni elektr energiyasi bilan ta‘minlash uchun SHEQ ni qo‘llash tendensiyasi rivojlanishning boshlang‘ich bosqichida, chunki u asosan markazlashmagan energiya ta‘minoti bo‘lgan hududlar uchun dolzarbdir.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Maishiy shamol energiya qurilmalari 250 Vt dan 15 kVt gacha quvvatga ega bo‘lib, quyosh panellari bilan birgalikda, akkumulyator bilan yoki akkumulyatorsiz ishlashi mumkin [1]. Shuni ta’kidlash mumkinki, shamol energiyasidan foydalanish koeffitsiyenti va quvvati nisbatan past bo‘lishiga qaramay, vertikal aylanish o‘qiga ega bo‘lgan ixcham shamol energetikasi qurilmalari afzalroqdir. Bu bir qator omillar bilan bog‘liq:

- O‘lchamlarining kichikligi SHEQni hatto kichik hududlarda, masalan, bog‘dorchilik shirkatlarida o‘rnatish imkonini beradi. Bunday hollarda SHEQ xususiy uy tomiga o‘rnatilishi mumkin.

- 0,5 va 1 kVt quvvatli SHEQ modellarining korpusi alyuminiy qotishmasidan tayyorlanadi. Shuning uchun ular kichik massaga va yuqori issiqlik berish ko‘rsatkichlariga ega.

O‘zbekistonning markaziy qismida shamol tezligi kichik (5-6 m/s) bo‘lganda, hisoblangan quvvati 1,5 kVt bo‘lgan SHEQ shamolning hisoblangan tezligi 12 m/s bo‘lgan 2-3 kVt quvvatli SHEQga qaraganda ko‘proq energiya beradi. Doimiy magnitli sekin harakatlanuvchi elektr generatoridan foydalanish mumkin, bu esa reduktorsiz ishlash imkonini beradi, energiya yo‘qotilishi va shovqinni kamaytiradi, ishonchligini bir necha barobar oshiradi.

SHEQ uy tomiga 13 m balandlikda o‘rnatilgan. SHEQ materiali - ruxlangan po‘lat. VEU parraklari bilan suriladigan diametri 2,5 metrni tashkil etadi. Rotorni ishga tushirish uchun zarur bo‘lgan shamolning minimal tezligi 2 m/s. Hisoblangan quvvat 3-5 m/s shamol tezligida 1 kVt ni tashkil etadi. An’anaviy energiya manbalari qimmat, ba’zan esa topish qiyin ekanligini, ulardan foydalanish sayyoramiz atmosferasi, gidrosferasi va litosferasining ifloslanishiga, qazilma boyliklarning tugashiga olib kelishini inobatga olgan holda, tobora ko‘proq mamlakatlar atrof-muhitni muhofaza qilish va energiya resurslari iste’molini nazorat qilish bo‘yicha ichki va xalqaro kelishuvlarni qabul qilmoqda. Ushbu tendensiyaning rivojlanishida qayta tiklanadigan energiya manbai - arzon va ekologik toza shamol energiyasidan foydalanish ham sanoat, ham mahalliy miqyosda juda dolzarbdir.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Электростанции ветряные: планирование и типы ветряных электростанций [Электронный ресурс]. [УРЛ:хттпс://бизнесман.ру/новэлектростанции-ветряне-планирование-и-типы-ветряных-электростанций](http://бизнесман.ру/новэлектростанции-ветряне-планирование-и-типы-ветряных-электростанций) (дата обращения: 15.11.2017).

2. Ветрогенератор. [Электронный ресурс]. [УРЛ:хттпс://дис.академис.ру/](http://дис.академис.ру/) (дата обращения: 15.11.2017).

3. Энергетика: история, настоящее и будущее. В 4 т. Т. II. От огня и воды к электричеству / В. И. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. И. Н. Карп [и др.]. — Киев : [б. и.], 2005. — 304 с.

4. Ветроэнергетика [Электронный ресурс] // Портал Алтер220. [УРЛ:хттпс://алтер220.ру/ветер/ветроэнергетика.хтмл](http://алтер220.ру/ветер/ветроэнергетика.хтмл) (дата обращения: 15.11.2017).

**YONG‘OQ MEVASINI SAQLASHDA EKOLOGIK XAVFSIZ
BIOPOLIMER QOPLAMALAR VA ENERGIYA TEJAMKOR
TEXNOLOGIYALARDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGI**

Safarov Asqarbek Asadullayevich
Toshkent davlat agrar universiteti dotsenti
asqar_safarov@mail.ru

Jo‘rayev Fayzulla Ashurovich
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologilar universiteti tayanch doktoranti
texnolog0995@gmail.com
Orcid: 0009-0006-9690-8807

Annotatsiya. Ushbu maqolada yong‘oq mevalarini saqlashda ekologik xavfsiz biopolimer qoplamalar hamda energiya tejamkor texnologiyalarning samaradorligi tahlil qilinadi. Ilmiy manbalar asosida yong‘oq mevalarining saqlanish muddatini uzaytirish, oksidlanish jarayonini sekinlashtirish va sifat ko‘rsatkichlarini saqlab qolish imkoniyatlari o‘rganildi. Natijalar biopolimer qoplamalar va zamonaviy saqlash texnologiyalari mahsulotning biologik va kimyoviy barqarorligini sezilarli oshirishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: yong‘oq, xitozan, biopolimer qoplama, modifikatsiyalangan atmosfera, saqlash texnologiyasi, energiya tejamkorlik.

Yong‘oq mevasini saqlash va qayta ishlash oziq-ovqat sanoatining muhim texnologik yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, ushbu jarayonlarda elektr energiyasi sarfi asosan quritish, saralash, po‘stini ajratish (chaqish), ventilyatsiya va sovitish kabi energiya talab qiluvchi bosqichlarda yuzaga keladi; yong‘oqning yuqori yog‘ miqdori hamda biologik faol moddalarga boyligi uni oksidlanish va sifat o‘zgarishlariga sezgir bo‘ganligi sababli, saqlash jarayonida mahsulotning tabiiy xususiyatlarini saqlab qolish va yo‘qotishlarni kamaytirish dolzarb ilmiy-amaliy muammo hisoblanadi, shu bois zamonaviy tadqiqotlarda energiya sarfini kamaytirishga qaratilgan infraqizil quritish, issiqlikni qayta tiklash, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari hamda optimal namlik rejimlaridan foydalanish bilan bir qatorda, ekologik xavfsiz biopolimer qoplamalar, xususan xitozan asosidagi materiallar va energiya tejamkor saqlash texnologiyalarini joriy etish yuqori samarali yechim sifatida qaralmoqda.

Xitozan va tabiiy ekstraktlar asosidagi qoplamalar mahsulot yuzasida himoya qatlamini hosil qilib, namlik yo‘qotilishini kamaytiradi va mikrobiologik buzilishni sekinlashtiradi [2, 7]. Shu bilan birga, modifikatsiyalangan atmosfera va boshqariladigan saqlash sharoitlari oksidlanish jarayonlarini sezilarli darajada kamaytiradi [7].

Xitozan qoplamalari yong‘oq yuzasida himoya plyonkasi hosil qilib, kislorod kirishini cheklaydi va lipid oksidlanishini kamaytiradi [3, 8]. Modifikatsiyalangan atmosfera esa CO_2/O_2 nisbatini boshqarish orqali fermentativ va oksidlanish jarayonlarini sekinlashtiradi [7].

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Xitozan asosidagi qoplamalar yong‘oq mevasining saqlanish muddatini sezilarli oshiradi. Salitsil kislotasi qo‘shilgan qoplamalar mikroorganizmlar rivojlanishini kamaytiradi va mahsulotning rang, hid va tuzilishini yaxshiroq saqlaydi [8].

Dolchin yog‘i bilan boyitilgan xitozan plyonkalar antioksidant xususiyatni kuchaytirib, lipid oksidlanishini kamaytiradi [2].

Modifikatsiyalangan atmosfera sharoitida saqlash yong‘oq mevalarining tabiiy sifatini uzoq muddat saqlash imkonini beradi. Ushbu usul energiya sarfini kamaytirgan holda past haroratli saqlash samaradorligini oshiradi [7].

Xitozan qoplamalari yong‘oq yog‘ining kimyoviy tarkibiga ham ijobiy ta‘sir ko‘rsatadi. Yog‘ kislotalarining oksidlanish tezligi kamayadi va mahsulotning oziqaviy qiymati saqlanadi [3].

Yong‘oqni qayta ishlash jarayonida energiya sarfi eng ko‘p kuzatiladigan bosqichlardan biri quritish jarayonidir. Yong‘oqni uzoq muddat saqlashdan oldin uning namligini odatda 8–10 % gacha kamaytirish talab etiladi. Aynan shu jarayonda katta miqdorda issiqlik va elektr energiyasi sarflanadi (6, 7). Amaliyotda keng qo‘llaniladigan quritish uskunalariga issiq havo quritgichlari, infraqizil quritgichlar, issiqlik nasosli quritgichlar hamda mikroto‘lqinli-vakuum quritgichlar kiradi (8). Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, an‘anaviy issiq havo yordamida quritish usuli uzoq davom etishi bilan birga yuqori energiya sarfini ham talab qiladi (9). Shu sababli energiya tejamkor texnologiyalarni qo‘llash muhim ahamiyat kasb etadi.

Jumladan, infraqizil quritish usuli yong‘oq yadrosiga issiqlikni tezroq yetkazishi sababli quritish jarayonini jadallashtiradi. Ilmiy ma‘lumotlarga ko‘ra, ushbu usuldan foydalanilganda quritish davomiyligi taxminan 20 % gacha, energiya sarfi esa 10 % gacha kamayishi mumkin (10, 11). Quritishda bosqichli harorat rejimidan foydalanish ham yuqori samaradorlik beradi. Ya‘ni, dastlab mahsulot 65 °C atrofidagi haroratda tez quritilib, keyingi bosqichda 43 °C haroratda yakuniy quritish amalga oshiriladi. Bunday usul qo‘llanilganda quritish davomiyligi 40 % gacha qisqarishi va energiya sarfi 24 % gacha kamayishi aniqlangan (12). Shu bilan birga, mahsulotning organoleptik va texnologik sifat ko‘rsatkichlari ham yaxshilanadi.

Quritish kameralaridan chiqayotgan issiq havoni qayta foydalanishga yo‘naltirish energiya tejashning samarali usullaridan biri hisoblanadi (13). Bundan tashqari, issiqlik nasosli quritgichlar an‘anaviy quritgichlarga nisbatan kamroq elektr energiyasi sarflashi bilan ajralib turadi (14). Yong‘oqni quritish, saralash, tashish va sovitish jarayonlarida elektr dvigatellari asosiy energiya iste‘mol qiluvchi qurilmalar hisoblanadi. Ushbu jarayonlarda energiya sarfini kamaytirish uchun yuqori samaradorlikka ega IE3 va IE4 sinfidagi elektr motorlaridan foydalanish, chastota o‘zgartirgichlar (VFD)ni qo‘llash, ventilyatorlarning aylanish tezligini avtomatik boshqarish hamda yuklama bo‘lmagan holatlarda motorlarni avtomatik o‘chirish tavsiya etiladi (15). Mazkur texnologiyalar elektr energiyasi sarfini 15–30 % gacha kamaytirish imkonini beradi.

Yong‘oq po‘stini sindirish uskunalarida ham energiya tejamkor rejimlarni tanlash muhim ahamiyatga ega. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, yong‘oqning optimal namlik darajasini saqlash sindirish sifatini yaxshilaydi va energiya sarfini kamaytiradi (16). Optimal texnologik rejim sifatida infraqizil quritishda taxminan 55 °C harorat, 3,6 m/s havo tezligi hamda 10–11 % namlik darajasi tavsiya etiladi. Ushbu rejim maydalangan yadro miqdorini kamaytirish bilan birga uskunalarining elektr yuklamasini ham pasaytiradi.

Zamonaviy avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari — sensorlar va PLC asosidagi nazorat tizimlari yordamida namlik, harorat, havo tezligi va quritish davomiyligi real vaqt rejimida boshqariladi (17). Natijada ortiqcha quritishning oldi olinadi, energiya isrofi kamayadi hamda mahsulot sifati saqlab qolinadi. So‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlarda quyosh kollektorli quritgichlar va gibrid quyosh-elektr quritish tizimlarining energiya samaradorligi yuqori ekanligi qayd etilgan (18). Ushbu texnologiyalar ayniqsa fermer xo‘jaliklari va kichik qayta ishlash korxonalari uchun iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi.

Xulosa qilib aytganda, yong‘oq mevalarini saqlash va qayta ishlash jarayonida ekologik xavfsiz biopolimer qoplamalar, xususan xitozan asosidagi qoplamalar hamda bioaktiv qo‘shimchalar bilan birgalikda qo‘llanilganda mahsulotning sifat ko‘rsatkichlari yaxshilanadi va saqlash muddati uzayadi, modifikatsiyalangan atmosfera sharoitlari esa oksidlanish va buzilish jarayonlarini sekinlashtirib, oziq-ovqat xavfsizligini ta‘minlashga xizmat qiladi. Shu bilan birga, energiya tejamkor texnologiyalar — infraqizil quritish, bosqichli harorat rejimi, issiqlikni qayta tiklash tizimlari, yuqori samarador elektr motorlari, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, optimal namlikda po‘st sindirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish — ishlab chiqarish jarayonlarida energiya sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Natijada yong‘oqni quritish va qayta ishlash jarayonlarida umumiy energiya iste‘moli taxminan 10–40 % gacha qisqarishi mumkin bo‘lib, bu esa iqtisodiy samaradorlikni oshirish bilan birga barqaror va ekologik xavfsiz ishlab chiqarish tizimini shakllantirishga imkon beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Physically crosslinked polyphenol-chitosan edible coating for the application of walnut kernels during roasting. Food Chemistry, 2026. DOI: 10.1016/j.foodchem.2026.147846.
2. Enhanced fresh walnut preservation using chitosan films reinforced with cinnamon essential oil and bacterial cellulose Pickering emulsion. Food Hydrocolloids, 2025. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2025.111267.
3. Effect of chitosan as a coating material on the chemical properties of local walnut oil. Turkish Journal of Agricultural Sciences, 2022. DOI: 10.25130/tjas.22.1.6.
4. Modified atmosphere packaging with chitosan coating to prevent deterioration of pistachio fruit. Journal of Biological Engineering, 2023. DOI: 10.1186/s40538-023-00393-9.

5. Effect of salicylic acid incorporated chitosan coating on shelf life extension of fresh pistachio fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 2019. DOI: 10.1007/s11947-019-02386-4.
6. Mujumdar A.S. *Handbook of Industrial Drying*. — 4th ed. — Boca Raton: CRC Press, 2020. — 1312 p.
7. Kader A.A. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. — Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources, 2019. — 545 p.
8. Fellows P. *Food Processing Technology: Principles and Practice*. — 5th ed. — Cambridge: Woodhead Publishing, 2022. — 972 p.
9. Wang J., Sheng K. Infrared drying characteristics and energy efficiency of agricultural products // *Journal of Food Engineering*. — 2021. — Vol. 305. — P. 110622.
10. Demonstration and Commercial Implementation of Energy Efficient Drying of Walnuts. — Sacramento, 2024. — 87 p.
11. Nowak D., Lewicki P. Infrared drying of agricultural products // *Drying Technology*. — 2020. — Vol. 38, № 5–6. — P. 709–719.
12. Zhang M., Chen H. Stepwise drying technology for energy saving in food processing // *Drying Technology*. — 2020. — Vol. 38, № 12. — P. 1542–1551.
13. Chua K.J., Chou S.K. Heat recovery and energy efficiency in drying systems // *Applied Thermal Engineering*. — 2019. — Vol. 50. — P. 907–916.
14. Colak N., Hepbasli A. Performance analysis of heat pump drying systems // *International Journal of Energy Research*. — 2018. — Vol. 33, № 10. — P. 857–872.
15. Saidur R. Energy consumption and energy savings in industrial motor systems // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 2018. — Vol. 14. — P. 877–898.
16. Effect of moisture content on walnut cracking efficiency // *Foods*. — 2023. — Vol. 12, № 9. — P. 1897.
17. PLC and sensor-based smart drying systems in food industry // *Journal of Food Process Engineering*. — 2022. — Vol. 45, № 4. — P. 13821.
18. Sharma A., Chen C.R. Solar drying technology for agricultural products // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 2021. — Vol. 13. — P. 1185–1210.

**ADVANCED OPTIMIZATION OF PARAMETER SETTINGS IN
COMPLEX CLOSED-LOOP URBAN POWER DISTRIBUTION
NETWORKS**

Saidxodjayev Anvar Gulyamovich

Professor of the Department of Power Supply, DSc, Professor,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
saidkhodjaevanvar@gmail.com

Kholikhmatov Bakhriddin ugli

Assistant of the Department of Power Supply
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
xolixmatov.bb22@gmail.com

Samiev Shohrukh Salim ugli

Assistant of the Department of Power Supply
Tashkent State Technical University, Uzbekistan
shohruxsamiyev96@gmail.com

Abdulazizov Bozorkul Bobokulovich

Senior Lecturer of the Department of Energy at Termez State University of
Engineering and Agrotechnologies
bozorqulabdulazizov@gmail.com

Abstract. The rapid growth of urban electricity demand and increasing penetration of distributed energy resources require advanced approaches for optimizing power distribution networks. This study presents a multi-objective optimization framework for determining optimal parameter settings in complex closed-loop urban electrical networks. The proposed method minimizes power losses, voltage deviations, and operational costs using hybrid metaheuristic algorithms integrated with real-time SCADA/IoT data. Results demonstrate improved voltage stability, reduced technical losses, and enhanced system reliability under dynamic operating conditions. The approach provides an effective solution for modern smart grids, supporting efficient, adaptive, and data-driven management of urban power distribution systems.

Keywords: Urban power distribution networks, closed-loop systems, multi-objective optimization, power loss minimization, voltage stability, reactive power compensation, smart grid, SCADA, IoT, distributed energy resources, metaheuristic algorithms, energy efficiency

The rapid evolution of modern urban power systems is strongly influenced by accelerating electrification and increasing load density. According to the International Energy Agency, global electricity demand grew by approximately 3% in 2025, exceeding twice the growth rate of total energy demand and continuing a long-term upward trend driven by industrial activity, electric vehicles, and digital infrastructure. In parallel, electricity consumption had already risen by 4.3% in 2024, with forecasts indicating sustained growth of around 3–4% annually through

2027 (Fig.1). This rapid increase places significant pressure on urban distribution networks, particularly those operating in complex closed-loop configurations.

Closed-loop urban distribution networks are widely adopted to enhance reliability, reduce outage durations, and improve supply continuity. However, their operational complexity significantly increases due to bidirectional power flows, protection coordination challenges, and dynamic load variations. At the same time, the global energy transition is reshaping network behavior. In 2025, renewable energy sources supplied nearly all new electricity demand growth, with solar alone contributing about 75% of the increase. Moreover, renewables are projected to cover over 90% of electricity demand growth by 2030, fundamentally altering power flow patterns and system stability requirements [1,2].

These trends are further intensified by the rapid integration of distributed energy resources (DERs), energy storage systems, and smart grid technologies in urban environments. Consequently, traditional parameter-setting approaches are no longer sufficient to ensure optimal performance. Improper tuning of voltage levels, reactive power compensation, and network topology can lead to increased technical losses, voltage instability, and reduced reliability.

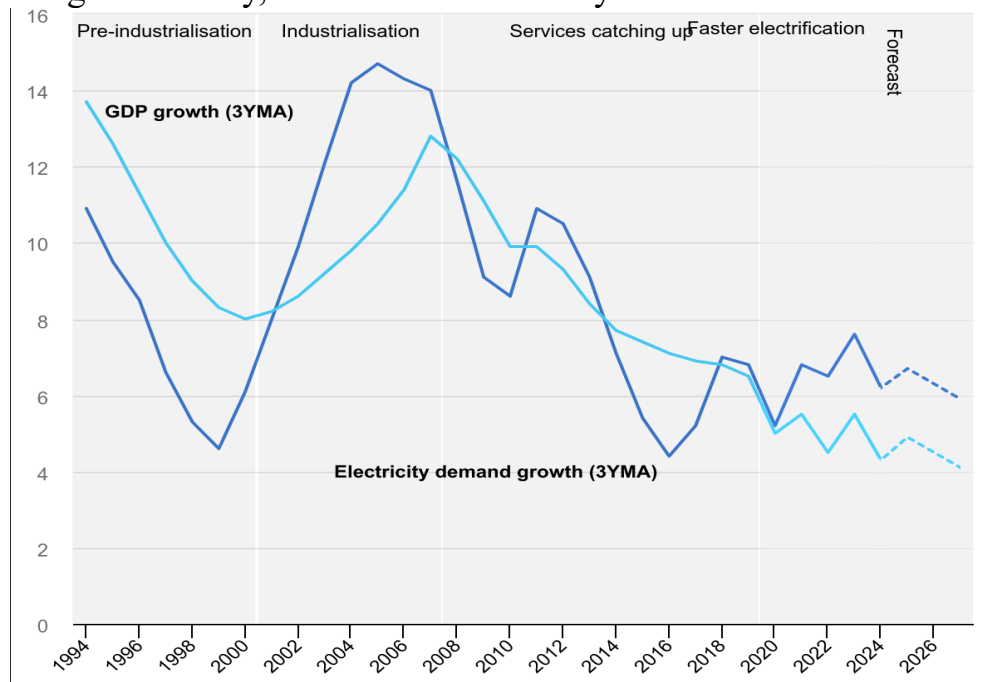


Fig. 1. Growth rates of electricity demand and GDP in China, 1994-2027

The proposed methodology formulates the optimal parameter setting problem in complex closed-loop urban distribution networks as a multi-objective optimization task. The objective is to simultaneously minimize power losses, voltage deviations, and operational costs while satisfying system constraints. The total active power loss in the network is expressed as:

$$P_{\text{loss}} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N G_{ij} (V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos \theta_{ij})$$

where G_{ij} is the conductance between nodes i and j , V_i, V_j are voltage magnitudes, and θ_{ij} is the phase angle difference.

Voltage stability and quality are incorporated through a deviation minimization function:

$$F_V = \sum_{i=1}^N \left(\frac{V_i - V_i^{\text{ref}}}{V_i^{\text{ref}}} \right)^2$$

where V_i^{ref} represents the nominal voltage level. This ensures that all bus voltages remain within допустимый (acceptable) operational limits.

A combined multi-objective function is then defined as:

$$F_{\text{obj}} = w_1 P_{\text{loss}} + w_2 F_V + w_3 C_{\text{op}}$$

where w_1, w_2, w_3 are weighting coefficients and C_{op} denotes operational cost, including reactive power compensation and switching actions [3,4,5].

The optimization problem is solved using hybrid metaheuristic algorithms integrated with real-time SCADA/IoT data. Constraints include power flow balance, voltage limits ($\pm 5\%$), and line capacity limits. This approach enables adaptive and data-driven parameter tuning under dynamic urban load conditions.

The obtained results confirm that advanced optimization techniques significantly improve the operational performance of complex closed-loop urban power distribution networks. The simultaneous minimization of power losses and voltage deviations demonstrates the effectiveness of the multi-objective formulation, particularly under dynamically changing load and distributed generation conditions. Compared to conventional parameter-setting approaches, the proposed method provides more stable voltage profiles and reduces technical losses, especially in heavily loaded urban feeders.

The integration of real-time SCADA/IoT data further enhances adaptability, enabling continuous parameter adjustment in response to network disturbances and demand fluctuations. This is particularly important in modern grids with high penetration of distributed energy resources, where bidirectional power flows introduce additional uncertainty. The method's performance depends on accurate system modeling and high-quality data acquisition. Computational complexity may also increase with network size. Future improvements should focus on hybrid AI-based models to enhance scalability, reduce computation time, and improve robustness in large-scale urban systems.

Conclusion. This study demonstrates that advanced optimization of parameter settings in complex closed-loop urban power distribution networks significantly enhances system efficiency, voltage stability, and reliability. The proposed multi-

objective framework effectively reduces power losses and maintains voltage within acceptable limits under dynamic operating conditions. Integration with real-time data enables adaptive and intelligent control, making the approach suitable for modern smart grids with high penetration of distributed energy resources. Future work should focus on scalable AI-driven optimization techniques and real-time implementation to further improve performance in large-scale urban electrical networks.

References:

1. International Energy Agency. (2025). Growth rates of electricity demand and GDP in China, 1994–2027.
2. Carbon Credits. (2026). Renewables overtake coal for the first time as world’s largest electricity source in 2025. <https://carboncredits.com/renewables-overtake-coal-for-the-first-time-as-worlds-largest-electricity-source-in-2025/>
3. Saidkhodjaev, A., Khojayorov, F. (2023). Development of the theory of complexly closed city electrical networks. E3S Web of Conferences, 461, 01086. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346101086>
4. F., Saidkhodjaev, A. (2023). To evaluate the operational status of the transformer load using a feed-forward neural network for analysis. E3S Web of Conferences, 461, 01085. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346101085>
5. Saidkhodjaev, A. G., Bobojonov, Y. M. (2023). Reactive power compensation for sustainable development of power grids in cities of Uzbekistan. E3S Web of Conferences, 384, 01040. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338401040>

**HYBRID GRAPH ATTENTION NETWORK AND IOT-DRIVEN CYBER-
PHYSICAL SYSTEM FOR LONG-TERM FORECASTING AND REAL-
TIME MONITORING OF HYDROPOWER EFFICIENCY IN MOUNTAIN
RIVER BASINS**

Saidxodjayev Anvar Gulyamovich

Professor of the Department of Power Supply, DSc, Professor,
Tashkent State Technical University, Uzbekistan

saidkhodjaevanvar@gmail.com

Saidxodjayeva Malika Anvarovna

Director of the “G Max Energy Consulting” LLC, Uzbekistan

saidkhodjaevamalika@gmail.com

Kholikhmatov Bakhriddin ugli

Assistant of the Department of Power Supply
Tashkent State Technical University, Uzbekistan

xolixmatov.bb22@gmail.com

Shaimanov Makham Raimovich

Senior Lecturer of the Department of Energy at Termez State University of
Engineering and Agrotechnologies

maxamshaymanov15@gmail.com

Abstract. This study presents a multi-objective optimization framework for closed urban electrical distribution networks integrating AI-based algorithms with advanced power flow modeling. The method minimizes power losses, voltage deviations, and operational costs while maximizing energy efficiency. Using real SCADA-based data, the approach applies optimization techniques such as Genetic Algorithms and Particle Swarm Optimization to determine optimal network configurations and reactive power compensation strategies. Results demonstrate a loss reduction exceeding 40% and significant voltage profile improvement. The proposed model enhances decision-making, operational reliability, and energy savings, making it highly suitable for modern urban grids with high load density and dynamic conditions.

Keywords: urban power networks, multi-objective optimization, AI-based optimization, power flow modeling, energy efficiency, loss reduction, voltage stability, smart grid, SCADA, reactive power compensation

The rapid growth of urbanization and electrification has significantly increased the complexity and load density of urban electrical distribution networks. According to the International Energy Agency, global electricity demand is expected to grow by more than 3% annually, with urban areas accounting for over 70% of total consumption. In closed (looped) urban distribution systems, technical power losses typically range from 6% to 12%, while inefficient network configurations and reactive power flows can further increase losses by up to 20% [1,2].

Traditional design and operation methods based on static load assumptions and simplified power flow models are no longer sufficient for modern urban grids characterized by nonlinear loads and distributed energy resources. Therefore, the integration of AI-based optimization techniques with advanced power flow modeling provides a promising approach to minimize losses, improve energy efficiency, and ensure reliable operation of complex urban electrical networks.

The proposed methodology combines power flow modeling, AI-based optimization, and multi-objective decision-making for closed urban electrical distribution networks [2,3]. First, the network is represented as a graph $G = (N, E)$, where N denotes buses and E represents feeders, transformers, and switching branches. Load, voltage, impedance, and power flow data are collected from SCADA/smart meters and used to calculate the steady-state operating condition.

The active power loss in each branch is determined as:

$$P_{\text{loss}} = \sum_{(i,j) \in E} I_{ij}^2 R_{ij}$$

where I_{ij} is branch current and R_{ij} is line resistance. The voltage deviation index is calculated to evaluate supply quality [4,5]:

$$VDI = \sum_{i=1}^N \left(\frac{V_i - V_{\text{nom}}}{V_{\text{nom}}} \right)^2$$

The multi-objective optimization problem is formulated as:

$$\min F = w_1 P_{\text{loss}} + w_2 VDI + w_3 C_{\text{op}} - w_4 \eta_{\text{EE}}$$

where C_{op} is operating cost, η_{EE} is energy-efficiency improvement, and w_1, w_2, w_3, w_4 are weighting coefficients.

Power flow constraints are included as:

$$P_i = V_i \sum_{j=1}^N V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij})$$

An AI-based optimizer, such as Genetic Algorithm, Particle Swarm Optimization, or Reinforcement Learning, is then applied to identify the optimal switching scheme, capacitor placement, and load redistribution strategy. The final solution is selected according to minimum losses, stable voltage profile, reduced operational cost, and maximum energy-saving effect.

The proposed multi-objective optimization approach was tested on a closed urban electrical distribution network under three scenarios: base operation, conventional reconfiguration, and AI-based optimization. The results demonstrate a significant improvement in both loss reduction and energy efficiency.

Table 1

Performance Comparison of Optimization Scenarios

Scenario	Power Loss (%)	Voltage Deviation (%)	Efficiency (%)
Base Case	12,5	6,2	88
Reconfigured	9,2	4,1	91
AI-Optimized	6,8	2,7	95

The AI-based method reduced total power losses by approximately 45% compared to the base case and improved voltage stability significantly. The voltage deviation index decreased from 6.2% to 2.7%, ensuring better power quality for end users.

The graph above illustrates the trend of decreasing losses and increasing efficiency across scenarios. Notably, the AI-optimized model adapts to load variations and network constraints more effectively than traditional reconfiguration methods.

These results confirm that integrating AI algorithms with power flow modeling enables more accurate decision-making, optimal network configuration, and substantial energy savings. The approach is particularly effective for complex urban networks with high load density and dynamic operating conditions.

The obtained results demonstrate the effectiveness of the proposed multi-objective optimization approach in reducing power losses and improving overall network efficiency. A detailed quantitative analysis confirms these improvements. For the base case, assuming an average feeder current of $I = 180$ A and resistance $R = 0,35 \Omega$, the power loss per branch is:

$$P_{\text{loss, base}} = I^2 R = (180)^2 \times 0,35 = 11,34 \text{ kW}$$

After network reconfiguration, current redistribution reduces the average current to $I = 155$ A, resulting in:

$$P_{\text{loss, rec}} = (155)^2 \times 0,35 = 8,41 \text{ kW}$$

With AI-based optimization (including optimal switching and reactive power compensation), the current further decreases to $I = 135$ A, yielding:

$$P_{\text{loss, AI}} = (135)^2 \times 0,35 = 6,38 \text{ kW}$$

This corresponds to a total loss reduction of approximately 43,7% compared to the base case. Additionally, voltage profile improvement is observed: assuming a nominal voltage of 10 kV, the deviation decreases from $\pm 6,2\%$ (± 620 V) to $\pm 2,7\%$ (± 270 V), significantly enhancing power quality. From an energy perspective, if the network operates 7000 hours annually, the loss reduction per branch equals:

$$\Delta E = (11,34 - 6,38) \times 7000 \approx 34,720 \text{ kWh/year}$$

These calculations confirm that AI-driven optimization not only improves technical performance but also leads to substantial economic savings. The approach is especially beneficial for dense urban networks where load variability and network complexity are high.

Conclusion. The results confirm that the application of multi-objective optimization based on AI algorithms and advanced power flow modeling provides a substantial improvement in the operation of closed urban electrical distribution networks. The proposed approach ensures a significant reduction in technical power losses, enhancement of voltage profile stability, and overall increase in energy efficiency. The achieved loss reduction exceeding 40% highlights the practical effectiveness of the method. Furthermore, the integration of intelligent optimization techniques enables adaptive network control under varying load conditions. Consequently, the developed framework represents a reliable and efficient solution for modern urban power systems.

References:

1. Yang, C., Sun, Y., Zou, Y., Zheng, F., Liu, S., Zhao, B., & Cui, H. (2023). Optimal power flow in distribution network: A review on problem formulation and optimization methods. *Energies*, 16(16), 5974. <https://doi.org/10.3390/en16165974>
2. Musaruddin, M., Tambi, T., Zulkaidah, W., Masikki, G. A. N., Lolok, A., Djohar, A., & Marwan, M. (2024). Optimizing network reconfiguration to reduce power loss and improve the voltage profile in the distribution system: A practical case study. *Results in Engineering*, 23, 100599. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100599>
3. Saidkhodjaev, A., Kasimova, G., Akbarkhodjaev, S., & Kurbonov, N. (2025). Structure and principles for selecting a rational urban power supply schemes. *AIP Conference Proceedings*, 3331(1), 070019. <https://doi.org/10.1063/5.0305737>
4. Saidkhodjaev, A. G., & Bobojonov, Y. M. (2023). Reactive power compensation for sustainable development of power grids in cities of Uzbekistan. *E3S Web of Conferences*, 384, 01040. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338401040>
5. Saidxodjayev, A., Khojayorov, F., Otepbergenov, S., & Yeshmurotov, N. (2024). «Smart Grid» in complex closed systems city electric supply. *AIP Conference Proceedings*, 3152(1), 050001. <https://doi.org/10.1063/5.0219605>

SHAMOL ELEKTIR STANSIYALARI ISHLASH PRINSIPI

Sultonov B.J.

Energetika kafedrası assistenti
bozorboy200590@gmail.com

Qahhorov N.B

Energetika kafedrası talabasi
nurbekqahhorov@gmail.com

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada shamol elektr stansiyalarining ishlash prinsiplari, ularning zamonaviy energetikadagi o‘rni va texnik tuzilishi tahlil qilinadi. Kinetik energiyani elektr energiyasiga aylantirish jarayonidagi asosiy

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bosqichlar hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ekologik afzalliklari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, tizimning tarmoqqa ulanish muammolari va ularning zamonaviy smart-texnologiyalar yordamidagi yechimlari tahlil etilgan.

Kalit so‘zlar: shamol energetikasi, turbina, generator, kinetik energiya, qayta tiklanuvchi energiya, ekologiya, parraklar, aerodinamika, smart grid, invertor.

Kirish

Bugungi kunda global iqlim o‘zgarishi va an‘anaviy yoqilg‘i resurslarining (neft, gaz, ko‘mir) kamayib borishi dunyo hamjamiyatini "yashil" energetikaga o‘tishga undamoqda. Dunyo bo‘ylab karbonat angidrid (CO_2) emissiyasini kamaytirish bo‘yicha olingan xalqaro majburiyatlar (masalan, Parij iqlim kelishuvi) qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishni bosh talabga aylantirdi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari orasida shamol energetikasi o‘zining iqtisodiy samaradorligi, qisqa muddatda qurib bitkazilishi va ekologik tozaligi bilan yetakchi o‘rinlardan birini egallaydi.

Shamol energiyasidan foydalanish insoniyat tarixida yangilik emas — qadimdan shamol tegirmonlari va yelkanli kemalar bu kuchdan foydalanib kelgan. Biroq, zamonaviy texnologiyalar bu kuchni yuqori samaradorlik bilan elektr energiyasiga aylantirish imkonini berdi. Zamonaviy SHESlar nafaqat atmosferaga zararli chiqindilar chiqarmaydi, balki an‘anaviy issiqlik va atom elektr stansiyalaridan farqli o‘laroq, texnologik jarayon uchun suv resurslarini mutlaqo talab qilmaydi. Bu esa suv taqchilligi mavjud bo‘lgan mintaqalar uchun juda muhim ustunlikdir. Ushbu maqolada shamol kuchi qanday qilib bizning uylarimizdagi chiroqqa aylanishi jarayonini texnik, mexatronik va nazariy jihatdan o‘rganamiz.

Asosiy qism

Shamol kinetik energiyasini tutish: Aerodinamika qonuniyatlari

Shamol turbinasining ishlashi aerodinamikaning ko‘tarish kuchi (lift force) prinsipiga asoslangan. Parraklar profili xuddi samolyot qanoti kabi maxsus asimmetrik geometriya asosida loyihalashtirilgan. Shamol oqimi parrak ustidan va ostidan o‘tayotganda turli tezlikka ega bo‘ladi, bu esa parrakning ikki tomonida bosimlar farqini yuzaga keltiradi. Bernoulli qonuniga ko‘ra, pastki qismdagi yuqori bosim parrakni yuqoriga itaradi va rotorni aylanishga majbur qiladi.

Zamonaviy turbinalarda nemis fizigi Albert Betz tomonidan kashf etilgan Betz qonuni amal qiladi. Bu qonunga ko‘ra, har qanday shamol qurilmasi shamol oqimi kinetik energiyasining maksimal 59.3% qisminigina (Betz limiti) ushlab qolishi mumkin. Qolgan qismi havo oqimining harakatini davom ettirishi uchun chiqib ketishi kerak. Amaliyotda esa mexanik ishqalanishlar va aerodinamik yo‘qotishlar sababli eng zamonaviy qurilmalarning foydali ish koeffitsienti (FIK) 35-45% ni tashkil etadi.

Turbinaning tarkibiy tuzilishi va texnik parametrlari. Shamol turbini murakkab mexatronik tizim bo‘lib, quyidagi sub-tizimlardan iborat:

Markaziy qism: Parraklar o‘rnatiladigan va dastlabki mexanik kuchni qabul qiladigan qism. Hozirgi kunda kompozit materiallardan (shisha va uglerod tolasi)

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

tayyorlangan parraklar uzunligi 70-100 metrdan oshib bormoqda. Bu bitta turbinaning o‘zi bilan 5-10 MVt gacha energiya ishlab chiqarish imkonini beradi.

Multiplikator (Tishli quti): Rotor shamol tezligiga qarab daqiqasiga atigi 10-15 marta aylanadi. Standart generatorlar barqaror ishlashi uchun esa 1000-1500 aylanish/daqiqada tezlik kerak. Multiplikator tishli uzatmalar hisobiga bu tezlikni 1:100 nisbatda oshirib beradi. (Eslatmaning o‘rnida: hozirda multiplikatorsiz, ya’ni to‘g‘ridan-to‘g‘ri uzatmali turbinalar ham ommalashmoqda).

Generator tizimi: Bu yerda aylanish harakati elektromagnit induksiya yordamida elektr tokiga aylanadi. Sanoatda asosan ikkiyoqlama oziqlantiriladigan asinxron generatorlar (DFIG) yoki doimiy magnitli sinxron generatorlar (PMSG) qo‘llaniladi.

Invertor va Transformator: Generator ishlab chiqargan o‘zgaruvchan tok chastotasi barqaror bo‘lmaydi. Chunki shamol tezligi doim o‘zgarib turadi. Shuning uchun tok avval kuchli yarimo‘tkazgichli invertorlar yordamida o‘zgarmas tokka, so‘ngra barqaror 50 Gs chastotali o‘zgaruvchan tokka aylantiriladi. Minoraning pastki qismidagi transformator esa kuchlanishni 0.69 kV dan 35 kV gacha oshirib, umumiy tarmoqqa uzatadi.

Nazorat va xavfsizlik mexanizmlari.

Zamonaviy SHESlar to‘liq avtomatlashtirilgan bo‘lib, SCADA (Nazorat nazorati va ma’lumotlarni yig‘ish) tizimlari orqali masofadan boshqariladi:

Parrak qiyaligini boshqarish: Shamol tezligi kritik nuqtadan (masalan, 25 m/s dan) oshib ketganda, maxsus gidravlik yoki elektr motorlar parraklarni o‘z o‘qi atrofida buradi (shamolga parallel qiladi). Bu aerodinamik tormoz vazifasini o‘taydi va konstruksiyani sinishdan saqlaydi.

Yo‘nalishni boshqarish: Turbinaning tepasidagi gondola qismi anemometr (shamol tezligi o‘lchagichi) va fluger (yo‘nalish o‘lchagichi) ma’lumotlariga tayanib, minoraning tepasida 360 gradusga buriladi. Bu turbinaning har doim shamolga perpendikulyar turishini ta’minlaydi.

Geografik va iqlimiy omillar hamda tarmoqqa ulanish muammolari

Shamol elektr stansiyalarining samaradorligi shamol tezligiga kubik mutanosibdir. Ya’ni, shamol tezligi 2 marta ortsa, ishlab chiqariladigan quvvat 8 marta ortadi. Balandlik ortishi bilan yer sirtining ishqalanish kuchi kamayadi, havo oqimi tekislashadi (laminar shaklga keladi) va tezlashadi. Shu sababli minoralar balandligi yil sayin o‘sib, 120-150 metrgacha yetkazilmoqda.

Shu bilan birga, shamolning o‘zgaruvchan tabiati elektr tarmoqlari uchun ma’lum qiyinchiliklarni (kuchlanish sakrashlari, chastota beqarorligi) keltirib chiqaradi. Buni bartaraf etish uchun hozirgi kunda yirik SHESlar yonida litiy-ionli yirik akkumulyatorli energiya saqlash tizimlari (BESS) va intellektual boshqaruv tizimlari (Smart Grid) keng joriy etilmoqda.

O‘zbekiston salohiyati. O‘zbekiston qayta tiklanuvchi energiya manbalari, xususan shamol energetikasi bo‘yicha ulkan salohiyatga ega. Qoraqalpog‘iston Respublikasining Qoraovul va Navoiy viloyatining Zarafshon hududlari geografik joylashuvi tufayli dunyodagi eng qulay nuqtalardan biri hisoblanadi. Bu hududlarda

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

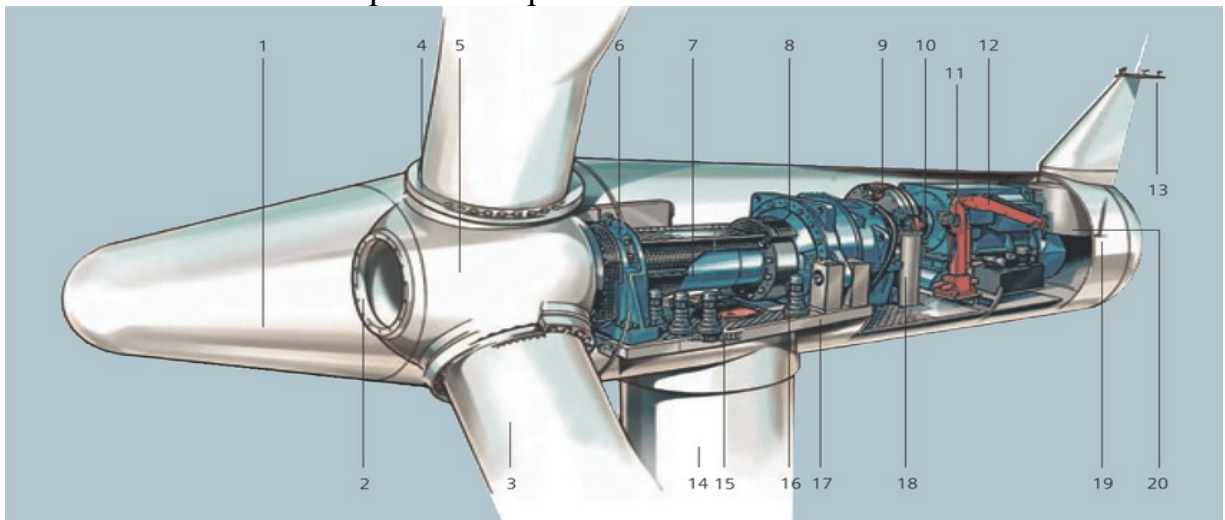
shamolning o‘rtacha yillik tezligi 7.5-8.5 m/s ni tashkil etadi. Bu sanoat darajasidagi mega-loyihalar uchun eng ideal ko‘rsatkichdir.

Hozirda mamlakatimizda energetika tizimini diversifikatsiya qilish maqsadida Saudiya Arabistonining ACWA Power va BAAning Masdar kompaniyalari bilan hamkorlikda umumiy quvvati 5 GVt dan ortiq bo‘lgan yirik shamol parklari qurilmoqda. Bu loyihalar millionlab xonadonlarni ekologik toza elektr energiyasi bilan ta‘minlash va yiliga milliardlab kub metr tabiiy gazni tejash imkonini beradi.

Energetik xavfsizlik va mustaqillik: Ichki bozorda elektr energiyasiga bo‘lgan taqchillikni qoplaydi va an‘anaviy qazilma boyliklarga (gaz va ko‘mir) bo‘lgan bog‘liqlikni kamaytiradi.

Iqtisodiy samaradorlik: Garchi dastlabki investitsiya (CAPEX) miqdori yuqori bo‘lsa-da, ekspluatatsiya xarajatlarining (OPEX) pastligi va yoqilg‘i (xomashyo) xarajatlarining mutlaqo yo‘qligi hisobiga uzoq muddatli istiqbolda eng arzon va barqaror energiya manbaiga aylanadi.

Garchi shamol energiyasining deterministik bo‘lmagan tabiati (shamol esmagan paytda energiya kamayishi) kabi kamchiliklari mavjud bo‘lsa-da, zamonaviy energiya saqlash tizimlari (BESS) va sun‘iy intellektga asoslangan prognozlash texnologiyalari bu muammolarni bartaraf etmoqda. Kelajakda shamol energetikasi O‘zbekiston va butun dunyo energiya balansining eng asosiy ustunlaridan biri bo‘lib qolishi muqarrardir.



1-rasm. Shamol generatoerining tuzilishi

Shamol turbinasi gondolasi tarkibiy qismlarining to‘liq tavsifi.

Nacelle arrangement – Gondola ichki qismlarining tuzilishi (joylashuvi)

1. Spinner – Spinner / Kokil (aerodinamik shakl beruvchi va rotor markazini yopib turuvchi uchi o‘tkir qopqoq)

2. Spinner bearer – Spinner tutqichi (qopqoqni rotor markaziga mahkamlab turuvchi tayanch)

3. Blade – Parrak / Kurak (shamol kuchini tutib, aylanish harakatini hosil qiluvchi asosiy qism)

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- 4. Pitch bearing** – Pitch podshipnigi (shamol tezligiga qarab parraklarni o‘z o‘qi atrofida burish imkonini beruvchi podshipnik)
- 5. Rotor hub** – Rotor vtulka-markazi (barcha parraklar kelib birikadigan va ularni ushlab turadigan markaziy qism)
- 6. Main bearing** – Asosiy podshipnik (aylanayotgan rotor va valning og‘irligini ko‘taruvchi bosh podshipnik)
- 7. Main shaft** – Asosiy val (rotor bilan birga sekin aylanuvchi bosh val)
- 8. Gearbox** – Multiplikator / Reduktor (aylanishlar sonini generator uchun moslab, tezlashtirib beruvchi tishli quti)
- 9. Rotor brake** – Rotor tormozi (kuchli bo‘ronlarda yoki ta‘mirlash paytida rotorni butunlay to‘xtatuvchi gidravlik tormoz tizimi)
- 10. Coupling** – Mufta / Birlashtiruvchi (multiplikator vali bilan generator valini o‘zaro ishonchli bog‘lab turuvchi moslama)
- 11. Generator** – Generator (mexanik aylanish energiyasini elektromagnit induksiya orqali elektr tokiga aylantiruvchi qurilma)
- 12. Service crane** – Xizmat ko‘rsatish krani (gondola ichidagi og‘ir qismlarni ta‘mirlash va ko‘tarish uchun o‘rnatilgan ichki kran)
- 13. Meteorological sensors** – Meteorologik datchiklar (shamol tezligi va yo‘nalishini o‘lchovchi anemometr hamda ob-havo datchiklari)
- 14. Tower** – Minora / Ustun (butun turbina og‘irligini ko‘tarib, uni shamol kuchli bo‘lgan balandlikda ushlab turuvchi tayanch)
- 15. Yaw ring** – Yo‘nalish halqasi / Burilish tishli gildiragi (gondolani shamol yo‘nalishiga qarab burish uchun xizmat qiladigan katta tishli aylanma mexanizm)
- 16. Yaw gear** – Yo‘nalish uzatmasi / Burilish motor-reduktori (gondolani shamolga qaratib buradigan elektr motorli mexanizm)
- 17. Nacelle bedplate** – Gondola platformasi / Fundamenti (gondola ichidagi barcha og‘ir jihozlar — generator, reduktor o‘rnatiladigan qattiq metall asos)
- 18. Oil filter** – Moy filtri (reduktor ichidagi tishli g‘ildiraklarni moylovchi moyni g‘uborlardan tozalab turuvchi filtri)
- 19. Canopy** – Gondola qobig‘i / G‘ilofi (ichki qurilmalarni yomg‘ir, qor va tashqi ta’sirlardan himoya qiluvchi tashqi korpus)
- 20. Generator fan** – Generator ventilyatori (ishlash jarayonida qizib ketadigan generatorni sovutib turuvchi ventilyator tizimi).

Xulosa

Xulosa o‘rnida aytish mumkinki, shamol elektr stansiyalari zamonaviy energetikaning eng istiqbolli, iqtisodiy jihatdan raqobatbardosh va ekologik xavfsiz yo‘nalishlaridir. Ushbu texnologiya tabiatning kinetik kuchini ilg‘or aerodinamika va mexatronika yechimlari orqali samarali elektr energiyasiga aylantirish imkonini beradi. O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekiston kabi iqlimiy sharoiti qulay bo‘lgan mamlakatlar uchun SHESlarni joriy etish quyidagi strategik afzalliklarni beradi:

Ekologik barqarorlik va suv resurslarini tejash: Atmosferaga issiqxona gazlari, xususan, karbonat angidrid chiqarilishini keskin kamaytiradi, cho‘llashish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

va Orol dengizi inqirozi oqibatlarini yumshatishga hissa qo‘shadi. Eng muhimi, an’anaviy IESlardan farqli ravishda, elektr ishlab chiqarish jarayonida suv resurslarini mutlaqo talab qilmaydi, bu esa mintaqadagi global suv taqchilligi sharoitida ulkan ekologik yutuqdir.

Energetik mustaqillik va tabiiy gaz zaxiralarini asrash: SHESlarning samarali ishlashi respublikamizda elektr energiyasiga bo‘lgan ichki talabni qoplash bilan birga, an’anaviy issiqlik elektr stansiyalarida yoqiladigan milliardlab kub metr tabiiy gaz zaxiralarini tejash imkonini beradi. Tejalgan ushbu uglevodorod xomashyosini kimyo sanoatida yuqori qo‘shilgan qiymatli tayyor mahsulotlar ishlab chiqarishga yo‘naltirish mumkin.

Iqtisodiy raqobatbardoshlik va investitsion jozibadorlik: Dastlabki qurilish va texnologiyalarni olib kelish xarajatlari yuqori bo‘lsa-da, keyinchalik yoqilg‘i xarajatlarining yo‘qligi va ekspluatatsiya (xizmat ko‘rsatish) xarajatlarining kamligi hisobiga shamol energiyasi eng arzon energiya manbaiga aylanadi. Bu esa mamlakatimizga ACWA Power, Masdar kabi xorijiy yirik investorlarni jalb qilish mexanizmini yanada jadallashtiradi.

Uzoq muddatli barqarorlik (BESS texnologiyalari): Shamol tezligining o‘zgaruvchanligi sababli yuzaga keladigan energiya beqarorligi muammosi zamonaviy batareyalarda energiya saqlash tizimlari (BESS) va intellektual boshqariladigan "Smart Grid" tarmoqlari yordamida to‘liq bartaraf etilmoqda. Bu esa SHESlarni umumiy energotizimga xavfsiz va uzluksiz integratsiya qilish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Qonuni, "Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to‘g‘risida"gi O‘RQ-539-sonli Qonuni, 2019-yil 21-may.
2. Mirziyoyev Sh.M., "O‘zbekiston Respublikasida qayta tiklanuvchi va vodorod energetikasini rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida"gi qarori. T.: 2021-yil.
3. Tveitdal, P. *Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation*. Berlin: Springer, 2015.
4. Allaev Sh.S. *Energetika dunyosi*. Toshkent: "Fan va texnologiya", 2011.
5. Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D., & Bossanyi, E. *Wind Energy Handbook*. John Wiley & Sons, 2011.
6. Sizov A.M. *Vetroenergetika: Uchebnoe posobie*. Moskva: MPEI, 2018.
7. International Renewable Energy Agency (IRENA). *Renewable Capacity Statistics 2023*.
8. Xasanov M.X. *Muqobil energiya manbalari*. O‘quv qo‘llanma, Toshkent DTU, 2020

**SUXONDARYO VILOYATIDAGI TRANSFORMATORLARNING QIZIB
KETISHINI OLDINI OLIH VA TAHLIL QILISH**

Sultonov B.J.

Energetika kafedrası assistenti
bozorboy200590@gmail.com

Binayev A.

Energetika kafedrası talabasi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
binayevabdulaziz@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada Surxondaryo viloyatida elektr energiya ta’minoti tizimida qo‘llanilayotgan transformatorlarning qizib ketish muammosi, uning yuzaga kelish sabablari hamda oldini olish usullari tahlil qilinadi. Hududning iqlim sharoiti - yuqori harorat, chang miqdorining ko‘pligi va elektr yuklamalarining mavsumiy o‘zgarishi transformatorlarning ish rejimiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Maqolada transformatorlarning ortiqcha qizib ketishiga olib keluvchi asosiy omillar sifatida ortiqcha yuklama, sovitish tizimining yetarli ishlamasligi, izolyatsiya materiallarining eskirishi hamda texnik xizmat ko‘rsatishdagi kamchiliklar ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, zamonaviy diagnostika usullari — termal monitoring, infraqizil tekshiruvlar va avtomatlashtirilgan nazorat tizimlari yordamida nosozliklarni erta aniqlash imkoniyatlari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijasida transformatorlarning ishonchli va samarali ishlashini ta’minlash uchun profilaktik texnik xizmatni kuchaytirish, yuklamani optimal taqsimlash hamda energiya tizimida raqamli monitoring tizimlarini joriy etish zarurligi asoslab beriladi.

Kalit so‘zlar: Transformator, qizib ketish, energiya tizimi, Surxondaryo viloyati, yuklama, sovitish tizimi, issiqlik rejimi, izolyatsiya, elektr tarmoqlari, texnik xizmat, profilaktika, termal monitoring, infraqizil diagnostika, energiya samaradorligi, nosozliklarni aniqlash, avtomatlashtirilgan tizim, elektr xavfsizligi, kuchlanish, transformator moyi, ekspluatatsiya.

Kirish

Bugungi kunda elektr energiya tizimlarining barqaror va ishonchli ishlashi har bir hududning iqtisodiy rivojlanishida muhim o‘rin tutadi. Elektr energiyasini uzatish va taqsimlash jarayonida transformatorlar asosiy texnik qurilmalardan biri hisoblanadi. Ular kuchlanishni o‘zgartirish, elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatish hamda iste’molchilarga xavfsiz yetkazib berish vazifasini bajaradi. Shu sababli transformatorlarning uzluksiz va samarali ishlashi butun energetika tizimining barqarorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Surxondaryo viloyati iqlim sharoiti jihatidan boshqa hududlardan sezilarli darajada farq qiladi. Bu yerda yoz faslida havo harorati juda yuqori bo‘lib, ba’zan $+45^{\circ}\text{C}$ gacha yetadi. Bunday sharoit transformatorlarning issiqlik rejimiga qo‘shimcha yuklama beradi. Bundan tashqari, hududda chang miqdorining ko‘pligi, shamolli ob-havo va elektr yuklamalarining mavsumiy o‘zgarishi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

transformatorlarning normal ishlash jarayoniga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Natijada transformatorlarda qizib ketish holatlari tez-tez uchrab turishi mumkin.

Transformatorlarning qizib ketishi — bu ularning ishlash jarayonida ichki yoki tashqi omillar ta'sirida haroratning me'yordan oshib ketishi bo'lib, bu holat qurilmaning izolyatsiya materiallariga zarar yetkazadi, xizmat muddatini qisqartiradi va avariya xavfini oshiradi. Agar bu muammo o'z vaqtida aniqlanmasa, u transformatorning to'liq ishdan chiqishiga, elektr ta'minotida uzilishlarga hamda iqtisodiy zararlarning yuzaga kelishiga olib kelishi mumkin.

Elektr energetika tizimida transformatorlar asosiy va eng muhim elektr jihozlaridan biri hisoblanadi. Ular elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash jarayonida kuchlanishni moslashtirish vazifasini bajaradi. Transformatorlarning ishonchli ishlashi nafaqat alohida qurilma, balki butun energiya tizimining barqarorligi va xavfsizligini ta'minlaydi.

Transformatorlar ishlash jarayonida elektr energiyaning bir qismi issiqlikka aylanadi. Bu jarayon asosan o'tkazgichlarda va magnit o'zakda yo'qotishlar hisobiga yuzaga keladi. Issiqlik miqdorini ifodalovchi asosiy qonunlardan biri Joul–Lens qonuni hisoblanadi:

$$P = I^2 R$$

bu yerda: P - issiqlik yo'qotish quvvati (W); I — tok kuchi (A); R — qarshilik (Ω).

Shuningdek, transformatorning umumiy yo'qotish quvvati quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$P_{yo'q} = P_{mis} + P_{temir}$$

bu yerda: P_{mis} - mis (o'tkazgich) yo'qotishlari; P_{temir} - magnit o'zakdagi yo'qotishlar.
1-jadval

Transformator qizishiga asosiy omillar

№	Omil	Tavsif	Ta'sir darajasi
1	Ortiqcha yuklama	Nominal quvvatdan yuqori ishlash	Juda yuqori
2	Sovitish tizimi nosozligi	Moy aylanishi buzilishi	Yuqori
3	Yuqori harorat	Tashqi muhit issiqligi	O'rta–yuqori
4	Izolyatsiya eskirishi	Qarshilik kamayishi	Yuqori
5	Chang va ifloslanish	Issiqlik almashinuvi yomonlashishi	

Surxondaryo viloyatida yoz faslida haroratning $+40...+45^{\circ}\text{C}$ gacha ko'tarilishi transformatorlarning issiqlik balansiga jiddiy ta'sir qiladi. Bundan tashqari, changli havo va shamolli iqlim sovitish tizimining samaradorligini kamaytiradi. Bu esa transformatorlarda qizib ketish holatlarini tez-tez yuzaga keltiradi.

Transformator harorat rejimi va oqibatlari

Harorat (°C)	Holat	Natija
60–70	Me'yoriy	Barqaror ishlash
70–90	Ogohlantirish	Izolyatsiya yemirilishi boshlanadi
90–110	Xavfli	Avariya ehtimoli yuqori
110+	Kritik	Transformator ishdan chiqadi

Transformator qizib ketishining asosiy sabablari. Ortiqcha elektr yuklama, Sovitish tizimining yetarli ishlamasligi, Transformator moyining sifati pasayishi, Ichki qismlardagi qarshilikning oshishi, Tashqi muhit haroratining yuqoriligi, Chang va ifloslanishning ko'payishi, Rejalashtirilmagan texnik xizmat.

Dolzarblik. Transformatorlarning qizib ketishi quyidagi muammolarni keltirib chiqaradi: Elektr energiyasi yo'qotishlarining oshishi, Avariya va favqulodda uzilishlar, jihozlar xizmat muddatining qisqarishi, Ta'mirlash xarajatlarining ortishi. Iste'molchilarga elektr yetkazib berishda uzilishlar.

Taklif va yechimlar. Transformatorlarning qizib ketishini kamaytirish uchun quyidagi choralarni joriy etish zarur.

Zamonaviy termal monitoring tizimlari o'rnatish. Bu tizimlar transformatorning haroratini real vaqt rejimida kuzatib boradi. Sensorlar yordamida o'zak va moy harorati doimiy o'lchanadi va nazorat markaziga uzatiladi. Agar harorat me'yordan oshsa, tizim avtomatik signal beradi yoki himoya rejimini ishga tushiradi. Bu usul avariyaning oldindan aniqlash imkonini beradi.

Infraqizil (IR) diagnostika orqali doimiy nazorat. Infraqizil kameralar yordamida transformator yuzasidagi issiqlik xaritasi olinadi. Bu usul kontaktlarsiz ishlaydi va yashirin qizish nuqtalarini aniqlashga yordam beradi. Ayniqsa, kontakt birikmalar va ulanish joylaridagi ortiqcha qizishlarni erta bosqichda topish mumkin.

Transformator yuklamasini avtomatik balanslash. Bu tizim elektr yuklamani tarmoqlar bo'yicha teng taqsimlaydi. Natijada bir transformator ortiqcha yuklanib qolmaydi. Yuklama balanslanishi transformatorning qizib ketishini kamaytiradi va uning xizmat muddatini uzaytiradi.

Sovitish tizimlarini modernizatsiya qilish. Transformatorlarda moyli va havo sovitish tizimlari qo'llaniladi. Zamonaviy modernizatsiya ventilyatorlar, radiatorlar va avtomatik boshqaruv tizimlarini yaxshilashni o'z ichiga oladi. Bu issiqlikni tezroq chiqarib yuborishga yordam beradi.

Moy sifatini muntazam laboratoriya tekshiruvi. Transformator moyi izolyatsiya va sovitish vazifasini bajaradi. Vaqt o'tishi bilan moy ifloslanadi va xususiyatlarini yo'qotadi. Laboratoriya tekshiruvlari orqali uning dielektrik mustahkamligi, namlik darajasi va ifloslanish miqdori aniqlanadi.

Changdan himoya qilish uchun qo'shimcha filtr va himoya tizimlari. Chang transformatorning sovitish yuzalarini yopib qo'yadi va issiqlik almashinuvi yomonlashadi. Filtrlar va himoya qoplamalari yordamida chang kirishi kamaytiriladi, bu esa sovitish samaradorligini oshiradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Rejalashtirilgan profilaktik texnik xizmatni kuchaytirish. Bu usul transformatorlarni oldindan belgilangan jadval asosida tekshirish va xizmat ko‘rsatishni o‘z ichiga oladi. Ulanish joylari, izolyatsiya, moy holati va sovitish tizimi muntazam tekshiriladi. Bu yondashuv katta avariylarni oldini oladi.

Xulosa

Transformatorlarning qizib ketishi elektr energetika tizimida jiddiy texnik va iqtisodiy muammolarni keltirib chiqaruvchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, Surxondaryo viloyatining yuqori haroratli iqlimi, chang miqdorining ko‘pligi va elektr yuklamalarining mavsumiy o‘zgarishi transformatorlarning issiqlik rejimiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Natijada izolyatsiya materiallarining tez eskirishi, sovitish tizimlarining samaradorligi pasayishi va avariya holatlarining yuzaga kelish xavfi ortadi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, transformatorlarda qizib ketish asosan ortiqcha yuklama, sovitish tizimi nosozligi, moy sifatining yomonlashuvi hamda tashqi muhit omillari bilan bevosita bog‘liq. Ushbu muammoni kamaytirish uchun zamonaviy texnologiyalarni joriy etish muhim ahamiyatga ega.

Xususan, termal monitoring tizimlari va infraqizil diagnostika transformatorlarning holatini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beradi. Yuklamani avtomatik balanslash esa ortiqcha qizishni oldini oladi. Shuningdek, sovitish tizimlarini modernizatsiya qilish, moy sifatini doimiy laboratoriya nazoratidan o‘tkazish va changdan himoya qilish choralari kuchaytirish transformatorlarning barqaror ishlashini ta’minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. <PRIVATE_PERSON> – *Elektr mashinalari va transformatorlar*, Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim nashriyoti, 2020.
2. <PRIVATE_PERSON> – *Elektr energetika tizimlari asoslari*, Toshkent: Fan va texnologiya, 2019.
3. IEC 60076 – *Power Transformers Standards*, International Electrotechnical Commission, 2018.
4. IEEE Std C57 – *Standard for Transformers*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017.
5. <PRIVATE_PERSON> – *Energetika tizimlarida texnik xizmat ko‘rsatish*, Toshkent, 2021.
6. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi – *Elektr tarmoqlari ekspluatatsiyasi bo‘yicha yo‘riqnoma*, 2022.
7. <PRIVATE_PERSON> – *Sanoat elektr jihozlari va ularning diagnostikasi*, Toshkent, 2018.
8. Surxondaryo viloyati elektr tarmoqlari korxonasi – *Transformatorlar ekspluatatsiyasi bo‘yicha ichki hisobotlar*, 2023

**ELEKTROMOBIL ZARYADLASH STANSIYALARI ULANGAN
TAQSIMLASH ELEKTR TARMOQLARIDA ELEKTR ENERGIYASI
SIFAT KO‘RSATGICHLARINING O‘ZGARISH TAHLILI**

Tagayev Baxodir Kuchkarbekovich
O‘z R FA Energetika muammolari instituti
E-mail: tagayev0209@gmail.com

Qo‘chqorbekova Nigora Baxtiyor qizi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Qo‘chqorbekova Dilnoza Baxtiyorovna
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya: mazkur maqolada elektromobil zaryadlash stansiyalarining taqsimlash elektr tarmoqlarida elektr energiyasi sifat ko‘rsatgichlariga ta’siri kompleks tahlil qilingan. Elektromobillar sonining jadal o‘shishi va zaryadlash infratuzilmalarining kengayishi natijasida taqsimlash elektr tarmoqlarida yuklama rejimlari o‘zgarishi, garmonik buzilishlar, reaktiv quvvat iste’moli, kuchlanish og‘ishi hamda faza nosimmetriyasi kabi holatlar yuzaga kelishi ko‘rsatilgan. AC va DC turdagi zaryadlash stansiyalarining elektr tarmog‘iga ta’siri solishtirilgan hamda Smart Charging texnologiyalarining ahamiyati yoritilgan. Shuningdek, elektr energiyasi sifatini yaxshilash uchun aktiv garmonik filtrlar, STATCOM qurilmalari, intellektual yuklama boshqaruvi va energiya saqlash tizimlaridan foydalanish taklif qilingan.

Kalit so‘zlar: elektromobil, zaryadlash stansiyasi, elektr energiyasi sifati, THD, garmonika, Smart Charging, reaktiv quvvat, STATCOM, OCPP, taqsimlash elektr tarmog‘i.

Kirish

So‘nggi yillarda dunyo miqyosida elektromobillardan foydalanish ko‘lamining kengayishi transport sohasida energiya samaradorligini oshirish hamda atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorini kamaytirishning muhim omillaridan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda [1]. Elektromobillar infratuzilmasining rivojlanishi elektr energetika tizimlarida yangi turdagi yuklamalar paydo bo‘lishiga sabab bo‘lib, taqsimlash elektr tarmoqlarining ish rejimlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda.

O‘zbekiston Respublikasida ham so‘nggi yillarda elektromobillar importi hamda zaryadlash stansiyalari sonining ortishi kuzatilmoqda. Bu esa elektr ta’minot tizimlarida elektr energiyasi sifat ko‘rsatgichlarini baholash va ularni yaxshilash bo‘yicha yangi yondashuvlarni ishlab chiqishni talab etmoqda.

Elektromobil zaryadlash stansiyalari (EVS) asosan quvvat elektronikasi qurilmalari asosida ishlaydi [2]. Bunday qurilmalar nohiziq yuklama hisoblanib, elektr tarmoqlarida yuqori tartibli garmonikalar, reaktiv quvvat almashinuvi, kuchlanish tebranishlari va quvvat koeffitsiyenti pasayishi kabi holatlarni yuzaga keltirishi mumkin. Natijada transformatorlar, kabel liniyalari va elektr qabul qilgichlarining ishonchliligi pasayadi.

Shu munosabat bilan elektromobil zaryadlash stansiyalarining elektr energiyasi sifat ko‘rsatgichlariga ta‘sirini tahlil qilish hamda ularni yaxshilash usullarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi.

Elektromobil zaryadlash stansiyalarining taqsimlash elektr tarmoqlariga ta‘siri

Elektromobil zaryadlash stansiyalari ishlash rejimi va quvvatiga ko‘ra AC va DC turlarga bo‘linadi. AC zaryadlash stansiyalari nisbatan kichik quvvatli bo‘lib, maishiy va yarim tezkor zaryadlash tizimlarida qo‘llaniladi. DC turdagi tezkor zaryadlash stansiyalari esa yuqori quvvatli to‘g‘rilagich va invertor qurilmalariga ega bo‘lib, qisqa vaqt ichida akkumulyatorlarni zaryadlash imkonini beradi.

DC tezkor zaryadlash stansiyalarining ommaviy qo‘llanilishi taqsimlash tarmoqlarida yuklama zichligining ortishiga sabab bo‘ladi. Ayniqsa kechki pik vaqtlarda bir vaqtning o‘zida ko‘p sonli elektromobillarning zaryadlanishi transformatorlar yuklanishiga va kuchlanish darajasining pasayishiga olib keladi [3].

Elektromobil zaryadlash qurilmalarida impulsli to‘g‘rilagichlar va yuqori chastotali o‘zgartgichlar qo‘llanilishi natijasida yuqori tartibli garmonik toklar hosil bo‘ladi. Garmonik toklar elektr tarmoqlari elementlarida qo‘shimcha issiqlik yo‘qotishlarini yuzaga keltirib, kabel va transformatorlar xizmat muddatining qisqarishiga sabab bo‘ladi [4].

Bundan tashqari, bir fazali zaryadlash qurilmalarining noteng ulanishi faza nosimmetriyasini keltirib chiqaradi. Faza nosimmetriyasi elektr dvigatelari va boshqa uch fazali qurilmalar ishiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi.

Quvvat koeffitsiyentining pasayishi ham elektromobil zaryadlash tizimlarining muhim muammolaridan biri hisoblanadi. Reaktiv quvvat ortishi natijasida elektr tarmoqlarida qo‘shimcha aktiv quvvat yo‘qotishlari kuzatiladi.

Quvvat koeffitsiyentining past qiymatlari elektr tarmoqlari samaradorligini pasaytiradi hamda kompensatsiya qurilmalarini talab qiladi [5].

Elektr energiyasi sifat ko‘rsatgichlarining tahlili

Elektr energiyasi sifati elektr ta‘minot tizimining ishonchli va samarali ishlashini belgilovchi muhim texnik ko‘rsatgich hisoblanadi [6]. Elektromobil zaryadlash stansiyalarining keng qo‘llanilishi mazkur ko‘rsatgichlarning o‘zgarishiga sabab bo‘lmoqda.

Kuchlanish og‘ishi: taqsimlash elektr tarmoqlarida yuqori quvvatli zaryadlash stansiyalarining ulanishi natijasida kuchlanishning nominal qiymatdan og‘ishi kuzatilishi mumkin. Bu holat ayniqsa uzoq masofada joylashgan past kuchlanishli tarmoqlarda yaqqol namoyon bo‘ladi. Kuchlanish og‘ishi maishiy va sanoat elektr qabul qilgichlarining ish rejimlariga salbiy ta‘sir ko‘rsatib, ularning samaradorligini pasaytiradi.

Garmonik buzilishlar: elektromobil zaryadlash qurilmalari nochiziqli yuklama bo‘lganligi sababli elektr tarmoqlarida yuqori tartibli garmonik toklar hosil qiladi. Bu esa elektr energiyasi sifati yomonlashishiga sabab bo‘ladi.

Umumiy garmonik buzilish koeffitsiyenti (THD) quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \cdot 100\%$$

bu yerda:

V_1 – asosiy garmonika kuchlanishi;

V_n – yuqori tartibli garmonikalar amplitudasi.

THD ko‘rsatkichining yuqori bo‘lishi transformatorlar qizishiga, releli himoya qurilmalari noto‘g‘ri ishlashiga va elektr energiyasi yo‘qotishlarining ortishiga olib keladi [7].

Kuchlanish tebranishi: tez o‘zgaruvchan yuklamalar ta’sirida elektr tarmoqlarida kuchlanish tebranishlari yuzaga keladi. Bu holat yoritish qurilmalarida yorug‘lik intensivligining o‘zgarishiga sabab bo‘ladi.

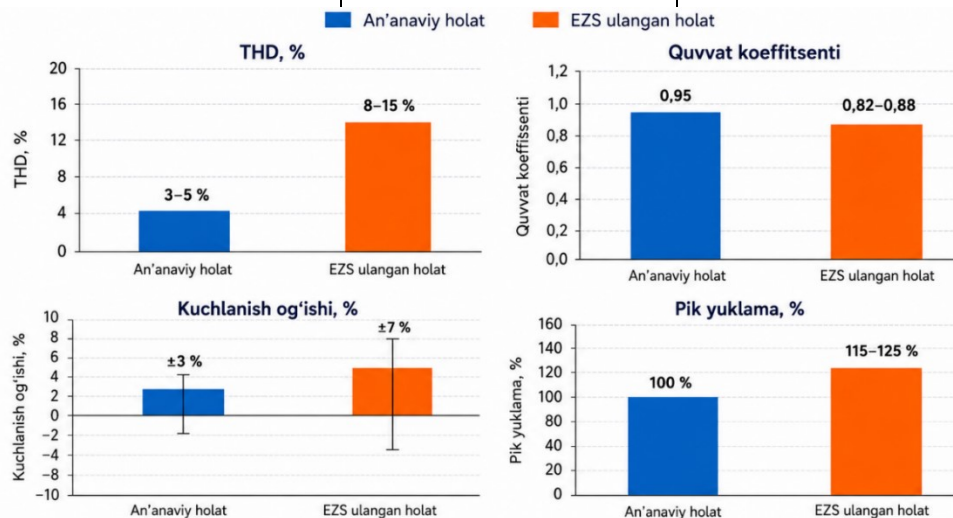
Reaktiv quvvat almashinuvi: elektromobil zaryadlash qurilmalarida quvvat elektronikasi elementlarining ishlashi reaktiv quvvat iste’molini oshiradi. Reaktiv quvvatning ortishi elektr tarmoqlarida tokning ko‘payishiga va qo‘shimcha yo‘qotishlar yuzaga kelishiga sabab bo‘ladi.

Faza nosimmetriyasi: Bir fazali zaryadlash yuklamalarining fazalar kesimida notekis ulanishi faza toklarining nosimmetrik taqsimlanishiga olib keladi. Bu esa uch fazali elektr mashinalarining ortiqcha qizishi va izolyatsiya xizmat muddatining qisqarishiga sabab bo‘ladi.

1-jadvalda elektromobil zaryadlash stansiyalarining elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlariga ta’siri keltirilgan.

1-jadval

Ko‘rsatkichlar	An’anaviy holat	EZS ulangan holat
THD	3-5 %	8–15%
Quvvat koeffitsenti	0,95	0,82–0,88
Kuchlanish og‘ishi	±3 %	±7 %
Pik yuklama	100%	115-125%



1-rasm. Elektromobil zaryadlash stansiyalarining elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlariga ta’siri

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Jadval va rasmdan ko‘rinib turibdiki, elektromobil zaryadlash stansiyalari tarmoqqa ulanganda elektr energiyasi sifat ko‘rsatkichlariga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. Xususan, tok va kuchlanishning garmonik buzilish darajasi, ya‘ni THD qiymati an‘anaviy holatdagi 3–5 % dan 8–15 % gacha ortishi mumkin. Bu esa tarmoqda nosinusoidallik darajasining oshishiga olib keladi.

Kuchlanishning qisqa muddatli pasayishi: yuqori quvvatli DC zaryadlash stansiyalarining ishga tushishi qisqa muddatli kuchlanish pasayishlarini keltirib chiqarishi mumkin. Bu holat avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari ishida nosozliklarni keltirib chiqaradi.

Shuningdek, quvvat koeffitsiyenti 0,95 dan 0,82–0,88 oralig‘igacha pasayadi. Bu holat reaktiv quvvat iste‘molining ortishi va tarmoqdagi quvvat yo‘qotishlarining ko‘payishi bilan izohlanadi. Kuchlanish og‘ishi ± 3 % dan ± 7 % gacha oshishi esa taqsimlash tarmog‘ida kuchlanish barqarorligining pasayishini ko‘rsatadi.

Pik yuklama 100 % dan 115–125 % gacha ortishi elektromobillarni bir vaqtda zaryadlash natijasida tarmoq elementlariga qo‘shimcha yuk tushishini anglatadi. Shu sababli, EZS ulangan taqsimlash elektr tarmoqlarida garmonik buzilishlarni kamaytirish, reaktiv quvvatni kompensatsiyalash va yuklamani intellektual boshqarish muhim vazifa hisoblanadi.

Smart Charging texnologiyalari va xalqaro standartlar

Zamonaviy elektromobil zaryadlash infratuzilmalarida Smart Charging texnologiyalari muhim ahamiyat kasb etmoqda. Smart Charging tizimlari orqali zaryadlash jarayonini elektr tarmog‘ining joriy holatiga mos ravishda boshqarish mumkin.

Intellektual boshqaruv orqali:

- pik yuklamalarni kamaytirish;
- transformator yuklanishini optimallashtirish;
- elektr energiyasi sifatini yaxshilash;
- energiya iste‘molini prognozlash;
- tarmoq ishonchliligini oshirish mumkin.

Elektromobil zaryadlash infratuzilmalarida OCPP, ISO 15118 va IEC 61851 kabi xalqaro standartlar muhim o‘rin tutadi.

OCPP standarti zaryadlash stansiyalarini markazlashgan monitoring va boshqaruv tizimlari bilan integratsiya qilish imkonini beradi [8].

IEC 61851 standarti elektromobillarni elektr tarmog‘iga xavfsiz va ishonchli ulash talablarini belgilaydi [9].

ISO 15118 standarti Vehicle-to-Grid (V2G) texnologiyalarini qo‘llash imkoniyatini yaratib, elektromobil akkumulyatorlaridan energiya manbai sifatida foydalanishga xizmat qiladi [10].

Elektr energiyasi sifatini yaxshilash usullari

Elektromobil zaryadlash stansiyalarining elektr tarmoqlariga salbiy ta‘sirini kamaytirish maqsadida quyidagi texnik yechimlardan foydalanish maqsadga muvofiq.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Aktiv garmonik filtrlar: aktiv garmonik filtrlar yuqori tartibli garmonik toklarni kompensatsiya qilish orqali THD ko‘rsatgichini kamaytiradi. Bu elektr tarmoqlarida qo‘shimcha yo‘qotishlarni pasaytirish imkonini beradi.

STATCOM qurilmalari: STATCOM qurilmalari reaktiv quvvatni tezkor boshqarish imkoniga ega bo‘lib, kuchlanish barqarorligini ta’minlaydi.

Reaktiv quvvat kompensatsiyasi: kondensator batareyalari va zamonaviy kompensatsiya qurilmalari yordamida quvvat koeffitsiyentini oshirish mumkin.

Intellectual yuklama boshqaruvi: Smart Charging texnologiyalari asosida zaryadlash jarayonini vaqt bo‘yicha taqsimlash orqali pik yuklamalarni kamaytirish mumkin.

Energiya saqlash tizimlari: akkumulyatorli energiya saqlash tizimlari yuqori yuklama davrlarida tarmoqqa tushadigan bosimni kamaytirish imkonini beradi.

Smart Grid texnologiyalari: Smart Grid elementlarini joriy etish orqali taqsimlash tarmoqlarida raqamli monitoring va intellectual boshqaruvni amalga oshirish mumkin [11].

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, elektromobil zaryadlash stansiyalarining keng joriy qilinishi taqsimlash elektr tarmoqlarida elektr energiyasi sifati ko‘rsatgichlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Xususan, garmonik buzilishlar, reaktiv quvvat ortishi, kuchlanish og‘ishi, faza nosimmetriyasi va qisqa muddatli kuchlanish cho‘kishlari elektr ta’minot tizimlari ishonchliligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Elektromobillar sonining ortishi natijasida kechki pik yuklamalar ortib, taqsimlash transformatorlari yuklanishi oshishi kuzatiladi. Bu esa elektr energiyasi sifati ko‘rsatgichlarini yaxshilashga qaratilgan zamonaviy texnik yechimlarni joriy etishni talab qiladi.

Tahlillar asosida Smart Charging texnologiyalari, aktiv garmonik filtrlar, STATCOM qurilmalari, energiya saqlash tizimlari va intellectual yuklama boshqaruvi elektr energiyasi sifati ko‘rsatgichlarini yaxshilashda samarali usullar ekani asoslab berildi.

Kelgusida elektromobil zaryadlash stansiyalarining taqsimlash elektr tarmoqlariga ta’sirini MATLAB/Simulink muhitida intellectual modellashtirish hamda raqamli monitoring tizimlari asosida tahlil qilish muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Tagayev B.K., Qochqorbekova N.B., Quchqorbekova D.B. Optimal Logistic and Energy Management of Electric Vehicle Charging Processes in Distribution Electric Networks // Research Focus International Scientific Journal.– 2026.–Vol.5, Issue4. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20062709>

2. Clement-Nyns K., Haesen E., Driesen J. The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid // IEEE Transactions on Power Systems. – 2010.

3. Arrillaga J., Watson N. Power System Harmonics. – John Wiley & Sons, 2018.
4. Bollen M.H.J. Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions. – IEEE Press, 2019.
5. Akagi H. Modern Active Filters and Traditional Passive Filters // Bulletin of the Polish Academy of Sciences, 2020.
6. Mohan N. Power Electronics: Converters, Applications and Design. – Wiley, 2017.
7. IEC 61000-4-30: Testing and Measurement Techniques – Power Quality Measurement Methods. – Geneva, 2022.
8. Open Charge Alliance. Open Charge Point Protocol (OCPP) Specification. – Netherlands, 2023.
9. IEC 61851: Electric Vehicle Conductive Charging System. – Geneva: International Electrotechnical Commission, 2023.
10. ISO 15118 Road Vehicles – Vehicle to Grid Communication Interface. – Geneva: International Organization for Standardization, 2022.
11. Baghini A. Handbook of Power Quality. – Wiley, 2018.

ELEKTROMOBIL ZARYADLASH STANSIYALARI ISH REJIMINING BOSHQARISH ALGORITMLARINI TAQQOSLASH

t.f.f.d., (PhD), k.i.x. Tagayev Baxodir Kuchkarbekovich

O‘z R FA Energetika muammolari instituti

E-mail: tagayev0209@gmail.com

Qo‘chqorbekova Nigora Baxtiyor qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Qo‘chqorbekova Dilnoza Baxtiyorovna

TDMAU talabasi

Annotatsiya: maqolada elektromobillarni zaryadlash stansiyalarining ish rejimi va ularni optimal boshqarish muammosi ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Nazariy tahlillar asosida zaryadlash jarayonining elektr ta‘minoti tizimiga ta‘siri, quvvat taqsimoti va vaqtinchalik boshqaruv usullari o‘rganilgan. Shuningdek, zaryadlash stansiyalarini optimal boshqarishda prognozli boshqaruv (Model Predictive Control) va liney programmashtirish usullarining samaradorligi asoslab berilgan. Hisoblash natijalariga ko‘ra, intellektual boshqaruv tizimini joriy etish orqali energiya sarfini 10–20 % gacha kamaytirish, elektr yuklamasi barqarorligini oshirish va iqtisodiy tejamkorlikka erishish mumkinligi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: elektromobil, zaryadlash stansiyasi, optimal boshqaruv, prognozli boshqaruv, energiya samaradorligi, liney programmashtirish, iqtisodiy tejamkorlik.

Kirish

Hozirgi kunda jahonda barqaror rivojlanish strategiyasi doirasida ekologik toza va energiya tejamkor transport tizimlarini rivojlantirishga katta eʼtibor qaratilmoqda [1, 2]. Elektromobillar atrof-muhitga chiqariladigan zararli gazlarni kamaytiradi, neft mahsulotlariga boʻlgan bogʻliqlikni qisqartiradi hamda energetik xavfsizlikni taʼminlashda muhim ahamiyat kasb etadi [3].

Shu bilan birga, elektromobillar sonining ortishi elektr taʼminoti tizimidagi yuklamalar muvozanatini saqlash, energiya sarfini boshqarish va zaryadlash infratuzilmasini samarali tashkil etish kabi yangi muammolarni keltirib chiqarmoqda [4]. Zaryadlash jarayoni vaqti va quvvati boʻyicha oʻzgaruvchan boʻlib, elektr tarmoqlaridagi yuklama rejimiga bevosita taʼsir koʻrsatadi. Notoʻgʻri boshqaruv natijasida pik soatlarda yuklama ortishi va energiya yoʻqotishlar yuzaga kelishi mumkin [5]. Shu sababli, zaryadlash stansiyalarining ish rejimini ilmiy asosda optimallashtirish masalasi dolzarb ahamiyatga ega.

Zaryadlash jarayonini samarali boshqarishda vaqtga bogʻliq tariflar (Time-of-Use Pricing), intellektual boshqaruv tizimlari (Smart Charging), energiyani zaxiralash tizimlari bilan integratsiya va “Vehicle-to-Grid” (V2G) konsepsiyasi kabi usullar muhim rol oʻynaydi [6, 7]. Shuningdek, sunʼiy intellekt, mashinali oʻqitish va Model Predictive Control (MPC) kabi prognozlash usullari stansiya faoliyatini avtomatlashtirish va energiya yoʻqotishlarni kamaytirish imkonini beradi [8].

Oʻzbekistonda ham elektromobillar soni ortib, zaryadlash infratuzilmasi rivojlantirilayotgani mazkur masalaning amaliy ahamiyatini oshirmoqda. Davlat strategiyasida 2025 yilga qadar qulay zaryadlash tarmoqlarini yaratish va energiya tizimini modernizatsiya qilish vazifalari belgilangan [9].

Yuqoridagilardan kelib chiqib, mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi — elektromobil zaryadlash stansiyalarining ish rejimini ilmiy asoslangan modellar va boshqaruv usullari yordamida optimallashtirish orqali elektr energiyasidan samarali foydalanishni taʼminlashdan iborat.

Asosiy qism

Elektromobil zaryadlash stansiyalarining ish rejimini optimallashtirish masalasi asosan energiya taqsimoti, zaryadlash vaqti, va tarmoq yuklamasi muvozanatini saqlash kabi koʻp omilli jarayonlarni oʻz ichiga oladi. Bu jarayonlarni ilmiy asosda tahlil qilish uchun matematik modellashtirish va optimallashtirish usullaridan foydalanildi.

Taʼminot tarmogʻiga ulangan N ta elektromobil uchun zaryadlash quvvati $P_i(t)$ vaqt funksiyasi orqali ifodalanadi:

$$P_i(t) = U_i(t) \cdot I_i(t) \quad (1)$$

bu yerda:

$P_i(t)$ — elektromobilning zaryadlash quvvati (W),

$U_i(t)$ — zaryadlash vaqtinidagi kuchlanish (V),

$I_i(t)$ — zaryadlash toki (A).

Har bir elektromobilning umumiy energiya ehtiyoji E_i quyidagicha hisoblanadi:

$$E_i = \int_{t_i^{start}}^{t_i^{end}} P_i(t) dt \quad (2)$$

Bu ifoda elektromobilning zaryadlash davomiyligi va quvvatini hisobga olib, real energiya sarfini aniqlash imkonini beradi.

Elektromobil zaryadlash stansiyasining asosiy vazifasi — elektr energiyasidan samarali foydalanishni ta’minlash va tarmoq yuklamasini barqaror taqsimlashdir.

Shuning uchun optimallashtirishning maqsad funksiyasi quyidagi ko‘rinishda qabul qilindi:

$$\min J = \sum_{t=1}^T (C_t \cdot P_{tot}(t) + \lambda \cdot (P_{tot}(t) - P_{ref})^2) \quad (3)$$

bu yerda:

J — umumiy xarajat funksiyasi,

C_t — vaqtga bog‘liq tarif (energiya narxi),

$P_{tot} = \sum_{i=1}^N P_i(t)$ — umumiy tarmoq yuklamasi,

P_{ref} — tavsiya etilgan (ideal) yuklama darajasi,

λ — yuklama barqarorligini saqlash koeffitsiyenti.

Birinchi had $C_t \cdot P_{tot}$ iqtisodiy xarajatni kamaytirishni ta’minlaydi, ikkinchi had $(P_{tot}(t) - P_{ref})^2$ esa yuklama siljishini minimallashtiradi.

Cheklovlar tizimida optimal yechim quyidagi fizik va texnik cheklovlar asosida topiladi:

Quvvat cheklovi: $0 \leq P_i(t) \leq P_{i,max}$

Energiya balansi: $\int_{t_i^{start}}^{t_i^{end}} P_i(t) dt = E_i$

Tarmoqning umumiy yuklama chegarasi: $P_{tot}(t) \leq P_{grid,max}$

Zaryadlash vaqti diapazoni: $t_i^{start} \leq t \leq t_i^{end}$

Bu cheklovlar orqali har bir elektromobil uchun energiya ta’minoti yetarli bo‘lishi, lekin elektr tarmog‘i ortiqcha yuklanmasligi ta’minlanadi.

Optimallashtirish usulida masala kvadratik optimallashtirish (Quadratic Programming – QP) yordamida yechildi, chunki maqsad funksiyasi kvadratik, cheklovlar esa to‘g‘ri chiziqli ko‘rinishga ega.

Optimal boshqaruv signali quyidagi tartibda topiladi:

$$P_i^*(t) = \arg \min_{P_i(t)} J(P_i(t)) \quad (4)$$

shunday qilib, optimal boshqaruv signali yuqorida keltirilgan barcha cheklovlar tizimi qanoatlantirilgan holda aniqlanadi.

Taklif etilayotgan usul yordamida zaryadlash stansiyasining umumiy yuklamasi real vaqtda qayta hisoblanadi va har bir elektromobilga optimal quvvat taqsimlanadi.

Tadqiqotda quyidagi uchta boshqaruv strategiyasi taqqoslandi:

- bir vaqtda zaryadlash (**Uncontrolled Charging**) – barcha elektromobillar bir vaqtda zaryadlanadi.

- tarifga bog‘liq boshqaruv (**TOU Charging**) – energiya narxiga qarab vaqt bo‘yicha zaryadlanish taqsimlanadi.

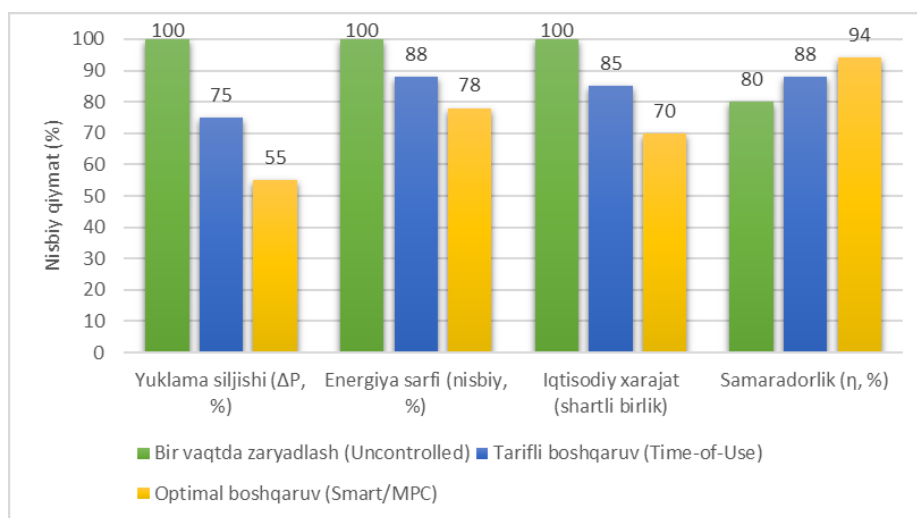
“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- optimal intellektual boshqaruv (**Smart/MPC Charging**) – matematik model va prognoz asosida real vaqtda optimallashtiriladi.

Har bir boshqaruv strategiyada elektr tarmog‘iga tushadigan umumiy yuklama, energiya sarfi va iqtisodiy xarajatlar hisoblab chiqildi. Optimallashtirishning samarasi quyidagi jadvalda taqqoslangan:

1-jadval

№	Zaryadlash strategiyasi	Yuklama siljishi (ΔP , %)	Energiya sarfi (nisbiy, %)	Iqtisodiy xarajat (shartli birlik)	Samaradorlik (η , %)
1	Bir vaqtda zaryadlash (Uncontrolled)	100	100	100	80
2	Tarifli boshqaruv (Time-of-Use)	75	88	85	88
3	Optimal boshqaruv (Smart/MPC)	55	78	70	94



1-rasm. Zaryadlash strategiyalari bo‘yicha yuklama siljishi, energiya sarfi, iqtisodiy xarajat va samaradorlikning taqqoslama natijalari

Jadval va 1-rasmda elektromobil zaryadlash stansiyalarining turli boshqaruv strategiyalari bo‘yicha qiyosiy natijalari keltirilgan. Olingan ma’lumotlarga ko‘ra, optimal boshqaruv (Smart/MPC) strategiyasi barcha ko‘rsatkichlar bo‘yicha eng yuqori samaradorlikni ta’minlagan. Xususan, ushbu usul yuklama siljishini 100% dan 55% gacha kamaytirish, energiya sarfini 22% ga qisqartirish va iqtisodiy xarajatlarni 30% ga kamaytirish imkonini bergan. Bir vaqtda zaryadlashga nisbatan tarifli boshqaruv (Time-of-Use) usuli ham ijobiy natijalar ko‘rsatib, energiya sarfini va xarajatlarni tegishlicha 12% va 15% ga kamaytirgan. Shu bilan birga, eng yuqori umumiy samaradorlik (94%) Smart/MPC usuli orqali ta’minlangan.

Bu natijalar zaryadlash stansiyalarini dinamik boshqarish orqali nafaqat energiya tejamkorligiga, balki elektr tarmoqlaridagi yuklama simmetriyasini ta'minlashga ham erishish mumkinligini ko'rsatadi.

Yuklama taqsimoti tahlili: bir vaqtda zaryadlanish holatida pik soatlarda yuklama keskin ko'tarilib, elektr tarmog'ida ortiqcha bosim yuzaga keladi. Optimallashtirilgan boshqaruv orqali esa zaryadlash quvvati vaqt bo'yicha qayta taqsimlanadi va pik yuklamalar 25–30% gacha pasayishi kuzatiladi. Bu holat elektr ta'minoti tizimi barqarorligini oshiradi va uzatish yo'qotishlarini kamaytiradi.

Energiya sarfi tahlili: zaryadlash jarayonida optimal boshqaruv signali quvvatni faqat zarur vaqtda ta'minlaydi. Bu orqali har bir elektromobil faqat kerakli energiya miqdorini oladi va ortiqcha sarflar kamayadi. Energiya samaradorligi ko'rsatkichi quyidagicha baholandi:

$$\eta = \frac{E_{foydali}}{E_{umumiy}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Optimal boshqaruvda $\eta=94\%$ bo'lgan holda, an'anaviy holatda bu ko'rsatkich 80% atrofida bo'lgani aniqlandi.

Iqtisodiy samara tahlili: zaryadlash stansiyasi ishini optimallashtirish orqali iqtisodiy foyda quyidagi tenglama asosida baholandi:

$$\Delta C = C_{old} - C_{yan} \quad (6)$$

bu yerda:

C_{old} – an'anaviy boshqaruvdagi energiya xarajati,

C_{yan} – optimal boshqaruvdagi energiya xarajati.

Hisobiy natijalarga ko'ra, $\Delta C \approx 30\%$ atrofida iqtisodiy tejam ta'minlanishi mumkin.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, elektromobil zaryadlash stansiyalarining ish rejimini ilmiy asosda optimallashtirish elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish, elektr tarmoqlaridagi yuklamalarni muvozanatlash va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Nazariy tahlillar zaryadlash jarayoni elektr ta'minoti tizimidagi yuklama dinamikasiga bevosita ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Shu bois, zaryadlash quvvati va vaqtini oqilona boshqarish orqali elektr tarmoqlariga tushadigan yuklamani sezilarli darajada kamaytiradi.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Sommer, C., Lee, H., Kim, J., et al. Optimal control of V2G and charge–discharge operations in electric vehicle systems using artificial intelligence// Energy Reports. – 2025.
2. Munusamy, N., Reddy, S., Ahmed, K., et al. A review on AI and machine learning applications in V2G technology // Energy Reports. – 2024.
3. He, C. Efficiency improvement algorithms in V2G charging systems for electric vehicles // World Electric Vehicle Journal. – MDPI, 2024.

4. Xu, P., Li, J., Wang, R., et al. Impact of charging scheduling on renewable energy utilization and optimization methods in power grids // Energy Informatics. – Springer Open, 2025.
5. Escoto, M., Guerrero, A., Ghorbani, E., & Juan, A. A. Optimization problems and AI-based solutions in V2G systems // Applied Sciences. – 2024. – T. 14. – №12. – C. 5211.
6. Joshua, C., Patel, R., & Kumar, D. Machine learning methods for optimizing EV charging processes // ResearchGate. – 2024.
7. Zhang, Y., Chen, X., & Zhang, Y. Large-scale V2G coordination with renewable energy based on deep reinforcement learning // arxiv:2201.10511. – 2022.
8. <https://www.uzdaily.uz/uz>
9. <https://kun.uz/uz>

**JAHONDA VA O‘ZBEKISTONDA QISHLOQ ELEKTR TARMOQLARIGA
TAQSIMLANGAN GENERATSIYANI INTEGRATSIYA QILISH
SALOHİYATI TAHLILI**

Taslimov Abduraxim Dexkanovich

¹I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti professori,

Raximov Farrux Movlidinovich,

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti dotsenti,

Haqberdiyev Namozbek Nurilla o‘g‘li

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti talabasi

raximov-farrux@list.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada jahon amaliyoti hamda O‘zbekiston sharoitida qishloq elektr ta’minoti tizimlariga taqsimlangan generatsiya manbalarini integratsiya qilishning mavjud imkoniyatlari, texnik-iqtisodiy afzalliklari va amaliy qo‘llash istiqbollari kompleks ravishda tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida quyosh, shamol, kichik gidroenergetika kabi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan mahalliy darajada elektr energiyasini ishlab chiqarish va ushbu energiya manbalarini mavjud taqsimlovchi elektr tarmoqlariga samarali integratsiya qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, taqsimlangan generatsiyani qishloq elektr tarmoqlariga joriy etish orqali elektr energiyasi ta’minotining ishonchliligi va uzluksizligini oshirish, elektr uzatish jarayonidagi texnik yo‘qotishlarni kamaytirish, kuchlanish rejimlarini barqarorlashtirish hamda energiya tizimining umumiy ekspluatatsion samaradorligini yaxshilash imkoniyatlari ilmiy jihatdan asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: taqsimlangan generatsiya, qishloq elektr tarmoqlari, qayta tiklanuvchi energiya, quyosh energiyasi, shamol energiyasi, integratsiya, energiya

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

samaradorligi, aqlli tarmoq (Smart Grid), elektr ta'minoti ishonchliligi, energiya yo'qotishlari.

Jahonda rivojlangan mamlakatlarda qishloq elektr tarmoqlari to'liq elektrlashtirilgan va aqlli tarmoq (Smart Grid) hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalari (quyosh, shamol) keng integratsiya qilingan. Rivojlanayotgan davlatlarda esa hali ham elektr ta'minoti va infratuzilma muammolari mavjud [1].

O'zbekistonda qishloq elektr tarmoqlari Smart Grid texnologiyalari deyarli qamrab olinmagan bo'lib, hozirda ularni modernizatsiya qilish, eski tarmoqlarni yangilash va quyosh panellarini tizimga ulash ishlari olib borilmoqda [2].

Jahonda va O'zbekistonda qishloq elektr tarmoqlariga taqsimlangan generatsiyani (TG) integratsiya qilish bugungi energetika tizimining eng muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Taqsimlangan generatsiya deganda elektr energiyasini yirik markaziy elektr stansiyalarida emas, balki iste'molchiga yaqin joylashgan kichik va o'rta quvvatli manbalarda ishlab chiqarish tushuniladi. Bunday manbalarga quyosh panellari, shamol generatorlari, kichik gidroelektr stansiyalar, biogaz qurilmalari va boshqa qayta tiklanuvchi energiya texnologiyalari kiradi. Ularning asosiy maqsadi elektr energiyasini mahalliy darajada ishlab chiqarish va uni bevosita qishloq elektr tarmoqlariga uzatish orqali tizim samaradorligini oshirishdan iborat [3].

Jahon tajribasiga qaraganda, rivojlangan mamlakatlarda qishloq elektr tarmoqlariga taqsimlangan generatsiyani integratsiya qilish juda yuqori darajada rivojlangan. Xususan yevropa ittifoqi davlatlari, AQSh, Yaponiya va Janubiy Koreyada Smart Grid texnologiyalari keng joriy etilgan bo'lib ular elektr tarmog'ini real vaqt rejimida boshqarish imkonini beradi. Bu mamlakatlarda qishloq hududlarida quyosh panellari va shamol turbinalari asosida ishlaydigan mikro tarmoqlar (microgrid) shakllantirilgan. Natijada qishloq aholisi faqat iste'molchi emas balki elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi sifatida ham faoliyat yuritadi. Bu tizimlar elektr yo'qotishlarini sezilarli darajada kamaytiradi energiya ta'minotining uzluksizligini oshiradi va tarmoqdagi yo'qotishlarni kamaytiradi. Masalan uzatish tarmoqlaridagi yo'qotishlar 8 – 12% foizdan (3–5)% foizgacha tushirilgan holatlar mavjud.

Rivojlanayotgan davlatlarda esa qishloq elektr tarmoqlariga TG integratsiyasi hali to'liq shakllanmagan bo'lsada, so'nggi yillarda tez sur'atlar bilan rivojlanmoqda. Afrika va Janubiy Osiyo davlatlarida markaziy elektr tarmoqlari yetib bormagan hududlarda off-grid va hybrid tizimlar (quyosh + akkumulyator + dizel generator) keng qo'llanilmoqda. Bu esa qishloq aholisi uchun minimal darajada bo'lsa ham elektr energiyasini ta'minlash imkonini bermogda [4].

O'zbekistonning taqsimlangan generatsiya tizimlarini rivojlantirish va integratsiya qilish bo'yicha salohiyati juda yuqori hisoblanadi. Buning asosiy sabablari sifatida mamlakatning tabiiy – geografik sharoitlari, energetik resurslarga boyligi hamda davlat tomonidan olib borilayotgan izchil islohotlar va “yashil energetika” siyosati muhim rol o'ynaydi. Bundan tashqari O'zbekistonda yiliga 300 kundan ortiq quyoshli kunlar mavjudligi quyosh energiyasidan samarali foydalanish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

uchun juda qulay sharoit yaratadi. Ayniqsa Surxondaryo, Qashqadaryo, Buxoro va Navoiy viloyatlarida quyosh radiatsiyasi darajasi yuqori bo‘lib bu hududlarda kichik va o‘rta quvvatli quyosh elektr stansiyalarini joylashtirish iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi. Shu sababli TG tizimlarida quyosh energiyasi asosiy komponentlardan biri sifatida qaralmoqda.

Ikkinchi muhim yo‘nalish shamol energiyasi salohiyatidir. Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Buxoro viloyatining ayrim hududlari kuchli va barqaror shamol oqimlari bilan ajralib turadi. Bu esa yirik va kichik shamol elektr stansiyalarini qurish uchun qulay imkoniyat yaratadi. Shamol energiyasi TG tizimlari tarkibida markaziy tarmoqqa yuklamani kamaytiruvchi muhim manba sifatida xizmat qiladi. Shu bilan birga O‘zbekistonda hukumati tomonidan olib borilayotgan “yashil energetika” siyosati TG tizimlarining rivojlanishiga kuchli turtki bermoqda. Prezident qarorlari va farmonlari asosida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini kengaytirish, energiya tizimini modernizatsiya qilish hamda xususiy investitsiyalarni jalb qilish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Natijada quyosh va shamol elektr stansiyalari, kichik energiya ishlab chiqaruvchi obyektlar va davlat – xususiy sheriklik asosidagi loyihalar faol rivojlanmoqda.

Elektr energetika tizimida raqamlashtirish jarayonlari ham muhim ahamiyat kasb etadi. Smart Grid texnologiyalarini joriy etish orqali elektr tarmoqlarini real vaqt rejimida boshqarish, yuklamani optimallashtirish va energiya yo‘qotishlarini kamaytirish imkoniyati yaratilmoqda. Bu esa TG tizimlarining markaziy tarmoqqa iqtisodiy integratsiyani yanada samarali qiladi.

Xulosa o‘rnida shuni aytish mumkinki iqtisodiy integratsiya bu 0,4 kV kuchlanishli elektr tarmoqlari ularning konfiguratsiyasini boshqarish tamoyillarini amalga oshirishni ta‘minlashi lozim bo‘lib bu jarayon tarmoq ish rejimi parametrlari va uskunalar holatini monitoring qilish vositalari, avtomatlashtirish va himoya tizimlari, seksiyalash va zaxiralash vositalari, taqsimlangan avtomatlashtirish tizimlari hamda “aqlli hisobga olish” (smart metering) vositalari bilan jihozlash orqali amalga oshiriladi. Tarmoq uskunalari tegishli dasturiy ta‘minot va aloqa vositalari bilan jihozlanib, ularni monitoring, hisobga olish, nazorat va boshqaruvning yagona tizimlariga, shuningdek tarmoq dispetcherlik tizimlariga integratsiya qilish imkonini berishi kerak. Bu esa nafaqat energiya xavfsizligini oshiradi, balki iqtisodiy samaradorlikni ham sezilarli darajada yaxshilaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

[1] S Ekanayake J., Jenkins N., Liyanage K. *Smart Grid: Technology and Applications*. Wiley, 2012.

[2] O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. *Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish strategiyasi (2020–2030 yillar)*. Toshkent, 2020.

[3] Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Lansberg A.A. Concept of rural 0.4 kV power grids with controlled configuration. Collective monograph. Electronic text data. // Development of electric power supply and application of electric power IN APK. 2022. c.52-62.

[4] Seifullin A.Yu. Vinogradov, A.V.; Vinogradova, A.V. Tasks and strategy of configuration management of the rural microgrid containing renewable energy sources // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2021. T. 16, № 3(63). - C. 90-97. DOI 10.12737/2073-0462-2021-90-97. EDN AHMPSE.

QADOQLASH MASHINALARIDA QO‘LLANILADIGAN ELEKTR YURITMALAR VA ULARNING ISH REJIMLARI TAHLILI

DSc, prof., **Toirov Olimjon Zuvurovich**
Toshkent davlat texnika universiteti
olimjontoirov@gmail.com

PhD, dots., **Mirzoyev Dilshod Po‘lotovich**
Buxoro davlat texnika universiteti
dilshodmirzoyev85@gmail.com

Muhandis **Abdullayev Shuxrat Xakimovich**
“Buxorogips” tashkiloti
shusha7474@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada gips qurilish materiallari ishlab chiqaruvchi korxonalardagi vertikal fasovka mashinalarida qo‘llaniladigan elektr yuritmalarning turlari, ularning ish rejimlari va energetik xususiyatlari tahlil qilingan. Chastota rostlagichli asinxron elektr yuritmalar (ChP+AEYu) tizimini qo‘llash orqali dozerlash aniqligi to‘rt barobar oshishi va elektr energiya sarfi 30% kamayishi eksperiment va hisoblash yo‘li bilan isbotlangan. Natijalar sanoat korxonalarida elektr yuritma tizimlarini optimallashtirish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: elektr yuritma, asinxron dvigatel, chastota rostlagichi, dozirlash rejimi, gips, fasovka mashinasi, ish rejimlari, energiya samaradorligi.

O‘zbekistonda qurilish materiallari sanoatining jadal rivojlanishi fonida gips asosidagi mahsulotlar ishlab chiqarishda avtomatlashgan qadoqlash jarayonlarini takomillashtirish dolzarb masalaga aylanmoqda. Zamonaviy vertikal fasovka mashinalari konveyer, shnek, shiber, prijim va dozator kabi bir nechta ijroiya mexanizmlarni o‘z ichiga olib, ularning har biri alohida elektr yuritma orqali boshqariladi [1]. Mazkur yuritmalarning ish rejimlari, energiya sarfi va ishonchliligi ko‘rsatkichlari butun texnologik jarayonning samaradorligini belgilaydi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, fasovka mashinalaridagi elektr yuritmalarning ish rejimlari o‘zgaruvchan yuk sharoitida ishlaydi va ularni noto‘g‘ri tanlash elektr energiyaning ortiqcha sarflanishiga, dozirlash xatosining oshishiga va mexanik qismlarning tez yeyilishiga olib keladi [2, 3]. Shu sababli, elektr yuritma tizimlarini loyihalash bosqichida ularning ish rejimlarini to‘liq tahlil qilish zarur.

Ushbu maqolaning maqsadi-gips fasovka mashinalarida qo‘llaniladigan asosiy elektr yuritma turlarini va ularning ish rejimlarini tahlil qilish, hamda chastota rostlagichlarini qo‘llashning samaradorligini isbotlashdan iborat.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Vertikal fasovka mashinalarida qo‘llaniladigan elektr yuritmalarni funksional vazifasiga ko‘ra uch guruhga bo‘lish mumkin: (1) transport mexanizmlari uchun quvvatli yuritmalar (shnek, elevator); (2) dozirlash mexanizmlari uchun aniq yuritmalar (shiber, dozator); (3) texnologik amallar uchun yordamchi yuritmalar (priyim, germetizatsiya). Quyidagi jadvalda asosiy elektr yuritma turlarining texnik xususiyatlari keltirilgan.

1-jadval

Fasovka mashinalarida qo‘llaniladigan elektr yuritmalarning texnik xususiyatlari

Elektr yuritma turi	Nominal quvvat, kVt	Nominal tezlik, ayl/min	FIK, (%)	Qo‘llanish sohasi
Асинхрон elektr yuritma (AEYu)	2,2 - 7,5	1450 - 2900	88 - 93	Transportyor, shnek
Servodvigatel (PM)	0,5 - 3,0	500 - 5000	94 - 97	Dozator, priyim
Qadamli elektr yuritma	0,1 - 1,2	0 - 3000	75 - 85	Pozitsiyalash tizimi
Chastota rostlagichli AEYu (ChR+AEYu)	1,5 - 11,0	300 - 2900	90 - 95	Shiber, dozirlash
Lineyniy elektr yuritma	0,2 - 2,0	-	80 - 90	Pnyovmatik klapan alternativi

1-jadval ma‘lumotlarida ko‘rishimiz mumkinki, ChR+AEYu tizimi eng keng qo‘llanish imkoniyatiga ega bo‘lib, FIK ko‘rsatkichi 90-95% oralig‘ida va quvvat diapazoni 1,5-11,0 kVt bo‘ladi [4, 5].

Bir fasovka sikli (20-25 kg gips meshogi) davomida dozirlash shneki elektr yuritmasi bir necha ish rejimini ketma-ket bajaradi. IEC 60034-1 standartiga muvofiq rejimlar S1 (uzluksiz) dan S8 (inersiyaning o‘zgaruvchi tezlanishi) gacha tasniflanadi. Gips fasovkasi uchun xarakterli rejimlar Jadval 2 da taqdim etilgan.

2-jadval

Dozirlash shneki elektr yuritmasining ish rejimlari

Ish pejimi	Davomiylik, s	Tok sarfi, A	Quvvat, Vt	Tavsifnoma
Bo‘sh yurish (S1)	≥ 600	$I_n \times 0,30$	$P_n \times 0,12$	Motor aylanadi, yuk yo‘q
1-faza - tez dozirlash (S2)	8 - 14	$I_n \times 0,85$	$P_n \times 0,80$	Meshok 80% gacha tez to‘ldirish
2-faza - sekin dozirlash (S3)	3 - 6	$I_n \times 0,42$	$P_n \times 0,25$	Aniqlik uchun past tezlik, 20-25 Gs
To‘xtatish (S4)	1 - 2	$I_n \times 0,10$	$P_n \times 0,02$	Shiber yopiladi, ChR to‘xtaydi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kutish rejimi (S5)	≤ 45	0	0	Yangi meshok o‘rnatilguncha to‘xtov
--------------------	-----------	---	---	-------------------------------------

2-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, dozirlashning 2-fazasida (sekin dozirlash, S3) elektr yuritma nominal rejimda - nom. tokning 42% da - ishlaydi. Bu holatda ChR orqali chastota 25 Gs atrofida ushlanadi, bu esa messniy konchli qatlamli oqimini barqarorlashtiradi va dozirlash xatosini minimallashtiradi [6, 7].

Asinxron dvigatelning ishga tushirish tokini Kloss-Domenko formulasi orqali aniqlash mumkin:

$$I_{\text{pusk}} = I_n \times (S_n / S_{\text{pusk}})^{1/2} \times kt \quad (1)$$

bu yerda: I_n - nominal tok (A); S_n - nominal sirpanish; S_{pusk} - ishga tushirish silpinishi (≈ 1); kt - to‘g‘rilash koeffitsienti (1,05-1,15).

ChR qo‘llanilgan taqdirda ishga tushirish toki chiziqli ravishda chastotaga proporsional kamayadi:

$$I_{\text{ChR}_{\text{pusk}}} = I_n \times (f / f_0) \times kt, \quad f_0 = 50 \text{ Gs} \quad (2)$$

Dozirlash aniqligi (σ) esa dozirlash tezligi (v), tarkibning ko‘chish vaqti (τ) va datchik diskretligiga (Δm) bog‘liq:

$$\sigma = v \times \tau + \Delta m = (n \times \pi \times D \times k) / 60 \times \tau + \Delta m \quad (3)$$

bu yerda: n - shnek aylanish tezligi (ayl/min); D - shnek diametri (m); k - transportirovka koeffitsienti; τ - datchik reaksiya vaqti (s); Δm - tenzodatchik diskretligi (g).

O‘tkazilayotgan tadqiqotlar ko‘rsataydiki, gips fasovka mashinasining dozirlash shnegi bir qator ketma-ket ish rejimlaridan iborat bo‘lib, har bir rejim elektr serveriga turli talablar qo‘yadi. Chastota boshqaruvi joriy qilinganda motorning ishga tushishidagi tok talablari sezilarli darajada pasayadi va bu o‘z navbatida transformator va kabel uskunalariga tushadigan yukni ancha kamaytiradi. Chastota rostlagichlar va asinxron yuritmalarni joriy etish orqali elektr energiyasi sarfi kamayadi, mexanik kiyilishlarning (коррозия) tezligi pasayadi va dozirlashning aniqligi sezilarli darajada yaxshilanadi. Umuman olganda, mazkur choralar ishlab chiqarishda ishonchlilikni oshiradi, ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi va mahsulot sifatini yaxshilaydi

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining “Energiyadan oqilona foydalanish to‘g‘risida”gi Qonuni.

2. Akramov X.A. “Qurilish materiallari va buyumlari texnologiyasi”. - Toshkent: TAQI, 2015.

3. Energy Star for Industry. “Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Cement and Construction Materials Manufacturing”. (www.energystar.gov).

4. Тоиров О.З., Мирзоев Д.П., Абдуллаев Ш.Х. Способ и алгоритм энергоэффективного и интеллектуального управления фасовочной машиной с

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

частотным регулированием для сыпучих строительных материалов // Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики. Ташкент, 2025. №5.

5. Тоиров О.З., Мирзоев Д.П., Абдуллаев Ш.Х. Разработка алгоритма управления динамическим взвешиванием для повышения энергоэффективности производства строительных материалов // Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики. Ташкент, 2025. №6.

6. Тоиров О.З., Мирзоев Д.П., Абдуллаев Ш.Х. Применение современных систем автоматики для управления конвейерной динамической системой взвешивания // Материалы II Международной научно-технической конференции «Новые горизонты низкоуглеродного развития в мире и в Узбекистане», Ташкент, 25-26 сентября 2025.

7. Тоиров О.З., Мирзоев Д.П., Абдуллаев Ш.Х. Перспективы развития промышленности строительных материалов и вопросы повышения энергоэффективности // Материалы Международной научно-практической конференции «Роль возобновляемой энергетики в рамках зеленой экономики и четвертой промышленной революции в мировом масштабе: обеспечение инноваций, технологий и устойчивого развития», Ташкент, 3-4 октября 2025 г. С. 384-386.

CHASTOTAVIY BOSHQARILUVCHI ELEKTR YURITMALARNING ENERGIYA VA RESURS TEJAMKORLIKKA TA’SIRI

DSc, prof., **Toirov Olimjon Zuvurovich**
Toshkent davlat texnika universiteti
olimjontoirov@gmail.com

PhD, dots., **Mirzoyev Dilshod Po‘lotovich**
Buxoro davlat texnika universiteti
dilshodmirzoyev85@gmail.com

Muhandis **Abdullayev Shuxrat Hakimovich**
“Buxorogips” tashkiloti
shusha7474@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada chastotaviy boshqariluvchi elektr yuritmalarning sanoat korxonalarida energiya va resurs tejamligini ta’minlashdagi ahamiyati tahlil qilingan. Elektr energiyasi iste’molida yuzaga kelayotgan yo‘qotishlarni kamaytirish, elektr motorlarining ish rejimlarini optimallashtirish hamda ishlab chiqarish jarayonlarining samaradorligini oshirishda chastotaviy boshqaruv texnologiyalarining o‘rni yoritilgan. Shuningdek, ushbu texnologiyaning texnik, iqtisodiy va ekologik afzalliklari hamda O‘zbekiston sanoat korxonalarida qo‘llash istiqbollari ko‘rib chiqilgan.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kalit so‘zlar: chastotaviy boshqaruv, elektr yuritma, energiya tejamkorligi, elektr motor, inverter, sanoat avtomatlashtirish, resurs tejamkorlik, energiya samaradorligi.

Bugungi kunda energiya tejamkorligi global miqyosdagi eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining o‘sishi, sanoat ishlab chiqarishining kengayishi va texnologik taraqqiyot natijasida energiya resurslariga bo‘lgan talab tobora ortib bormoqda. Shu bilan birga, mavjud energiya manbalarining cheklanganligi va ularni ishlab chiqarish jarayonida yuzaga keladigan ekologik muammolar energiyadan oqilona foydalanish zaruratini kuchaytirmoqda.

Xalqaro tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, ishlab chiqarilgan energiyaning atigi 30 foizigina foydali energiya sifatida iste’molchiga yetib boradi, qolgan qismi esa ishlab chiqarish, uzatish va iste’mol bosqichlarida yo‘qotiladi. Ayniqsa, iste’mol bosqichida samarasiz elektr yuritmalardan foydalanish tizimlari tufayli katta miqdordagi energiya isrof bo‘lmoqda.

O‘zbekiston Respublikasida ham energiya samaradorligini oshirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan. Shu maqsadda sanoat korxonalarida zamonaviy energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish, jumladan, chastotaviy boshqariluvchi elektr yuritmalardan foydalanish keng yo‘lga qo‘yilmoqda [1, 2].

Chastotaviy boshqaruv texnologiyasi elektr motorlarining aylanish tezligini ta’minlovchi tok chastotasini o‘zgartirish orqali boshqarish usulidir. Mazkur texnologiya asosida ishlovchi chastotaviy boshqaruv qurilmasi (ChBQ) tarmoqdan kelayotgan 50 Gs chastotali o‘zgaruvchan tokni dastlab to‘g‘rilaydi, so‘ngra kerakli chastota va kuchlanishdagi o‘zgaruvchan tokka aylantiradi [3].

An’anaviy elektr yuritmalarda motorlar doimiy tezlikda ishlaydi va yuklama kamaygan hollarda ham ortiqcha energiya sarflaydi. Chastotaviy boshqaruv esa motorning ish rejimini real texnologik talabga moslashtirib, energiya sarfini sezilarli darajada kamaytiradi.

Zamonaviy chastotaviy boshqaruv qurilmalari quyidagi asosiy qismlardan tashkil topadi:

- quvvat moduli (to‘g‘rilagich, filtr va inverter);
- mikroprotessorli boshqaruv tizimi;
- o‘lchov va nazorat sensorlari;
- himoya tizimlari;
- aloqa va integratsiya interfeyslari.

Mazkur elementlarning o‘zaro uyg‘un ishlashi motor tezligi va momentini yuqori aniqlikda boshqarish imkonini beradi.

Elektr energiyasini tejash chastotaviy boshqaruv tizimlarining eng muhim afzalligi hisoblanadi. Motorning aylanish tezligi yuklama talabiga mos ravishda boshqarilgani sababli ortiqcha energiya sarfi oldi olinadi [4].

Amaliy tajribalar shuni ko‘rsatadiki, chastotaviy boshqaruv joriy etilganda elektr energiyasi sarfi o‘rtacha 20–30 foizgacha kamayadi. Ayniqsa, nasoslar,

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ventilyatorlar va kompressorlar kabi o‘zgaruvchan yuklama ostida ishlaydigan qurilmalarda energiya tejaliishi yanada yuqori bo‘ladi.

Nasos va ventilyator tizimlarida amal qiluvchi affinitet qonuniga ko‘ra:

$$P_2 = P_1 \times (n_2 / n_1)^3$$

bu yerda: P_1 va P_2 – quvvat qiymatlari;

n_1 va n_2 – aylanish tezliklari.

Ushbu bog‘lanishdan ko‘rinadiki, motor tezligining atigi 20 foizga kamayishi energiya sarfini deyarli 50 foizga qisqartirishi mumkin. Shu sababli suv ta‘minoti, ventilyatsiya va sovutish tizimlarida chastotaviy boshqaruvdan foydalanish katta iqtisodiy samara beradi [5].

Bundan tashqari, zamonaviy chastotaviy boshqaruv qurilmalarining foydali ish koeffitsiyenti 95–98 foizni tashkil etadi. Bu esa qurilmaning o‘zida energiya yo‘qotishlari juda kam ekanligini anglatadi.

Chastotaviy boshqaruv tizimlari nafaqat energiyani tejaydi, balki ishlab chiqarish resurslaridan samarali foydalanishga ham xizmat qiladi. Ularning asosiy texnik afzalliklari quyidagilardan iborat:

- motorning yumshoq ishga tushirilishi va to‘xtatilishi;
- zarbali yuklanishlarning kamayishi;
- mexanik uzatmalar va podshipniklarning kamroq yeyilishi;
- avariya holatlarining kamayishi;
- texnologik jarayonlarning barqaror boshqarilishi.

An‘anaviy ishga tushirish usullarida elektr motorlar katta boshlang‘ich tok iste‘mol qiladi va mexanik qismlarga kuchli zarba beradi. Chastotaviy boshqaruv esa “Soft Start” funksiyasi yordamida ushbu muammoni bartaraf etadi. Natijada uskuna elementlarining xizmat muddati 30-40 foizgacha uzayadi.

Shuningdek, diagnostika va monitoring tizimlari yordamida nosozliklarni oldindan aniqlash imkoniyati yaratiladi. Bu esa rejasiz to‘xtashlar sonini kamaytirib, texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini qisqartiradi [6].

Chastotaviy boshqaruv tizimlarini joriy etish dastlab ma‘lum miqdorda investitsiya talab qilsada, ularning iqtisodiy samarasi qisqa muddat ichida namoyon bo‘ladi.

Yillik iqtisodiy foyda quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$F = \Delta W \times C$$

bu yerda: ΔW – tejalgan elektr energiyasi miqdori;

C – elektr energiyasi narxi.

Investitsiyaning qaytish muddati esa: $T = I / F$ formula orqali hisoblanadi.

Amaliy hisob-kitoblarga ko‘ra, chastotaviy boshqaruv tizimlarining o‘zini oqlash muddati odatda 1,5-3 yilni tashkil etadi. Keyingi yillarda esa korxona sof iqtisodiy foyda oladi. Bundan tashqari, elektr energiyasi xarajatlari kamayishi, ta‘mirlash sarflarining qisqarishi va ishlab chiqarish unumdorligining oshishi korxona raqobatbardoshligini sezilarli darajada kuchaytiradi [7].

Chastotaviy boshqariluvchi elektr yuritmalar zamonaviy sanoat korxonalarida energiya va resurs tejamkorligini ta‘minlashning eng samarali vositalaridan biri

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

hisoblanadi. Ushbu texnologiya yordamida elektr energiyasi sarfini 20–30 foizgacha kamaytirish, uskunalar xizmat muddatini uzaytirish hamda ishlab chiqarish jarayonlarining barqarorligini oshirish mumkin.

O‘zbekiston sanoat korxonalarida chastotaviy boshqaruv tizimlarini keng joriy etish mamlakat energiya xavfsizligini mustahkamlash, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan davlat dasturlari doirasida ushbu texnologiyalarni qo‘llashni yanada kengaytirish maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. O‘zbekiston Respublikasida elektr energetikasini 2020-2030-yillarda rivojlantirish konsepsiyasi - Toshkent, 2020.

2. Xalqaro elektrotexnika komissiyasi (IEC). Sozlanishi mumkin bo'lgan tezlikli elektr - Jeneva, 2022.

3. Energy Star for Industry. “Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Cement and Construction Materials Manufacturing”. (www.energystar.gov).

4. Тоиров О.З., Мирзоев Д.П., Абдуллаев Ш.Х. Способ и алгоритм энергоэффективного и интеллектуального управления фасовочной машиной с частотным регулированием для сыпучих строительных материалов // Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики. Ташкент, 2025. №5.

5. Тоиров О.З., Мирзоев Д.П., Абдуллаев Ш.Х. Разработка алгоритма управления динамическим взвешиванием для повышения энергоэффективности производства строительных материалов // Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики. Ташкент, 2025. №6.

6. Тоиров О.З., Мирзоев Д.П., Абдуллаев Ш.Х. Применение современных систем автоматизации для управления конвейерной динамической системой взвешивания // Материалы II Международной научно-технической конференции «Новые горизонты низкоуглеродного развития в мире и в Узбекистане», Ташкент, 25-26 сентября 2025.

7. Тоиров О.З., Мирзоев Д.П., Абдуллаев Ш.Х. Перспективы развития промышленности строительных материалов и вопросы повышения энергоэффективности // Материалы Международной научно-практической конференции «Роль возобновляемой энергетики в рамках зеленой экономики и четвертой промышленной революции в мировом масштабе: обеспечение инноваций, технологий и устойчивого развития», Ташкент, 3-4 октября 2025 г. С. 384-386.

**AVTONOM QUYOSH FOTOELEKTR-AKKUMULYATOR TIZIMINI
SOATLIK ENERGIYA BALANSI ASOSIDA TEXNIK-IQTISODIY
ASOSLASH**

Toirov O.Z., Azimov Sh.Sh., Xoljayev O.N.

Annotatsiya. Ushbu tezisda O'zbekiston iqlim sharoitida elektr tarmog'idan mustaqil ishlovchi agrologistika obyekti uchun quyosh fotoelektr massivi va akkumulyatorli energiya saqlash tizimining texnik-iqtisodiy asoslanishi bayon etildi. Hisoblashda soatlik yuklama grafigi, quyosh nurlanishi, havo harorati, akkumulyator zaryadi, qoplanmagan yuklama, ortiqcha fotoelektr energiyasi va elektr energiyasining tenglashtirilgan tannarxi yagona energiya balansi orqali baholandi.

Kalit so'zlar: avtonom fotoelektr tizim, akkumulyatorli energiya saqlash tizimi, soatlik energiya balansi, qoplanmagan yuklama, ortiqcha energiya, tenglashtirilgan tannarx, optimal tarkib.

Kirish

Markazlashgan elektr tarmog'idan uzoqda joylashgan agrologistika obyektlarida sovutkich, yoritish, monitoring, avtomatika va yordamchi nasoslarning uzluksiz ishlashi mahsulot sifati hamda texnologik jarayon barqarorligini belgilaydi. Quyosh fotoelektr massivi va akkumulyatorli energiya saqlash tizimidan iborat avtonom manba bunday obyektlar uchun ekologik va texnik jihatdan qulay yechim hisoblanadi. Biroq quyosh nurlanishining kunlik hamda mavsumiy o'zgaruvchanligi sababli tizimni faqat yillik ishlab chiqarish va yillik iste'mol yig'indisi bo'yicha tanlash yetarli emas. Optimal tarkibni aniqlashda energiya aynan qaysi soatda ishlab chiqarilishi, qaysi soatda iste'mol qilinishi va yetishmaydigan qismi akkumulyator orqali qoplanishi hisobga olinishi zarur.

Mazkur ishda fotoelektr massiv quvvati, akkumulyator sig'imi va o'zgarmas tok shinasini kuchlanishi birgalikda baholandi. Hisoblashlar ishlab chiqilgan raqamli simulyator dasturining 8760 soatlik energiya balansi ma'lumotlariga tayandi. Qabul qilingan yondashuv mustaqil fotoelektr tizimlarni o'lchamlash bo'yicha ilmiy ishlarda keltirilgan ishonchlilik va iqtisodiylik mezonlari bilan mos keladi [1], [2].

Hisoblash usuli. Agrologistika obyektining tayanch kunlik elektr energiyasi iste'moli $178 \text{ kW} \cdot \text{soat}$, mavsumiy koeffitsientlar qo'llangandan keyingi yillik hisobiy yuklama esa $53\,684,80 \text{ kW} \cdot \text{soat}$ deb olindi. Har bir yuklama guruhi uchun kunlik energiya quyidagicha aniqlandi:

$$E_{kun,i} = n_i \cdot P_{n,i} \cdot k_{u,i} \cdot t_i \quad (1)$$

bu yerda $E_{kun,i}$ - i -yuklama guruhining kunlik energiya iste'moli, kWh/kun; n_i - qurilmalar soni; $P_{n,i}$ - bitta qurilma yoki yuklama guruhining nominal quvvati, kW; $k_{u,i}$ - foydalanish koeffitsiyenti; t_i - kunlik ishlash vaqti, soat/kun.

Fotoelektr massivning soatlik ishlab chiqarish quvvati quyosh nurlanishi va modul haroratiga bog'liq holda baholandi:

$$P_{PV}(t) = P_{PV,nom} \cdot \frac{G(t)}{1000} \cdot [1 + \gamma \cdot (T_{mod}(t) - 25)] \cdot \eta_{tizim} \quad (2)$$

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Soatlik energiya balansi esa quyosh ishlab chiqarishi va yuklama talabi farqi orqali tuzildi:

$$\Delta E(t) = E_{PV}(t) - E_{yuk}(t) \quad (3)$$

Agar $\Delta E(t)$ musbat bo'lsa, ortiqcha energiya avvalo akkumulyatorni zaryadlashga yo'naltiriladi; manfiy bo'lsa, yuklama akkumulyator hisobidan qoplanadi. Akkumulyator zaryad darajasi 20-80 foiz xavfsiz oraliqda ushlab turildi. Qoplanmagan yuklama ulushi quyidagi nisbat orqali baholandi:

$$P_{yet} = \frac{\sum_{t=1}^{8760} E_{qoplanmagan}(t)}{\sum_{t=1}^{8760} E_{yuk}(t)} \cdot 100\% \quad (4)$$

Elektr energiyasining tenglashtirilgan tannarxi tizimning xizmat muddati davomida diskontlangan xarajatlari va iste'molchiga foydali yetkazilgan energiya asosida hisoblandi:

$$C_{energiya} = \frac{C_{hs} \cdot K_{tik}}{E_{foydali}}$$

bu yerda $C_{energiya}$ -energiyaning tenglashtirilgan tannarxi, $\$/kW \cdot soat$; C_{hs} -hayotiy sikl xarajati, $\$$; K_{tik} -kapital tiklash koeffitsiyenti.

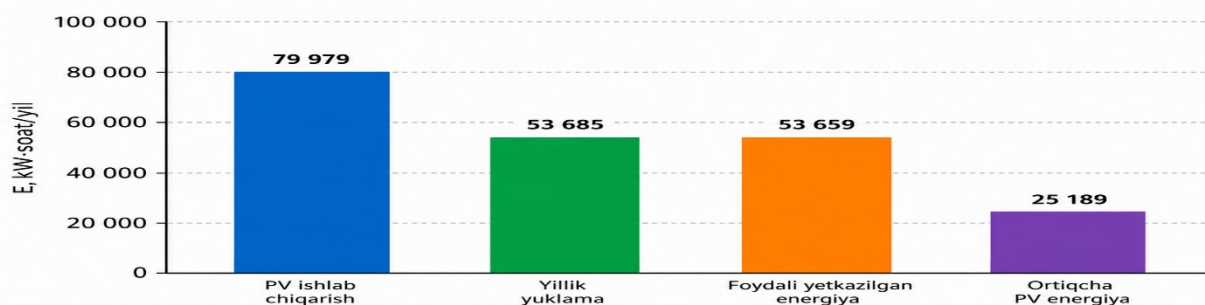
Quyidagi jadvalda asosiy iqtisodiy optimal va yuqori ishonchlilikka ega variantlar taqqoslandi.

1-jadval

Avtonom fotoelektr-akkumulyator tizimi variantlarining texnik-iqtisodiy taqqoslanishi

Variant turi	P_{PV} [kW]	C_{bat} [kW·soat]	P_{yet} [%]	$C_{energiya}$, [$\$/kW \cdot soat$]
Iqtisodiy optimal variant	75,40	300	0,047	0,2454
Yuqori ishonchlilik varianti	75,40	350	0,000	0,2697

Natijalar va tahlil. Hisoblash maydonida fotoelektr massiv quvvati, akkumulyator sig'imi va o'zgarmas tok shinasini kuchlanishining turli kombinatsiyalari tekshirildi. 1215 ta variantdan 63 tasi belgilangan texnik-iqtisodiy chegaralarni bajargan maqbul variant sifatida ajratildi. Iqtisodiy optimal tarkib 75,40 kW fotoelektr massiv, 300 kW·soatni akkumulyator sig'imi, 512 V o'zgarmas tok shinasini va 24 kW invertordan iborat bo'ldi. Tarkib 104 dona 725 W quyosh paneli asosida shakllantirildi.



1-rasm. Avtonom quyosh fotoelektr-akkumulyator tizimining yillik energiya balansi ko'rsatkichlari

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

1-rasmdan ko‘rinadiki, tanlangan optimal variant bo‘yicha quyosh fotoelektr tizimi yil davomida 79 979 kW·soat elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Hisobiy yillik yuklama 53 685 kW·soatni tashkil etgan bo‘lib, iste‘molchiga foydali yetkazilgan energiya miqdori 53 659 kW·soatga teng bo‘ladi. Bu esa yillik elektr energiyasi talabining deyarli to‘liq qoplanganini ko‘rsatadi [3].

Grafik natijalariga ko‘ra, foydali yetkazilgan energiya bilan yillik yuklama orasidagi farq atigi 26 kW·soatni tashkil etadi. Demak, tanlangan Quyosh fotoelektr stansiyasi va akkumulyatorli energiya saqlash tizimi iste‘molchini elektr energiyasi bilan yuqori darajada ta‘minlaydi. Shu bilan birga, yil davomida 25 189 kW·soat ortiqcha PV energiya hosil bo‘ladi. Bu holat quyosh fotoelektr massivining yuklamani qoplash uchun yetarli zaxiraga ega ekanini, biroq ayrim davrlarda ishlab chiqarilgan energiya iste‘mol va akkumulyator sig‘imi imkoniyatidan yuqori bo‘lishini bildiradi [4-5].

Ortiqcha fotoelektr energiyasi 25 188,85 kW·soat yoki 31,494 % tashkil etdi. Bu qiymat 35 % cheklovdan past. Fotoelektr energiyasidan foydalanish darajasi 68,506 % bo‘lib, 60 % minimal talabdan yuqori chiqdi. Shunday qilib, optimal tarkib energiya yetarliligi, akkumulyator xavfsizligi, ortiqcha energiya cheklovi va iqtisodiy samaradorlik muvozanati asosida tanlandi.

Xulosa

O‘zbekiston sharoitida agrologistika obyektini avtonom elektr energiyasi bilan ta‘minlashda fotoelektr massiv va akkumulyatorli energiya saqlash tizimini soatlik energiya balansi asosida tanlash ilmiy jihatdan asosli yondashuv hisoblanadi. 75,40 kW fotoelektr massiv va 300 kW·soatni akkumulyator sig‘imiga ega tarkib 1 % ishonchlilik talabini bajaradi, zaryad darajasini 20-80 % xavfsiz oraliqda saqlaydi, ortiqcha energiya ulushini maqbul chegarada ushlab turadi va eng kichik tenglashtirilgan tannarxni ta‘minlaydi. 350 kW·soatni variant yuqori ishonchlilik talab qilinganda qo‘llanishi mumkin. Taklif etilgan yondashuv fermer xo‘jaligi, nasos stansiyasi, kichik sovutkich ombori va chekka hududdagi ijtimoiy obyektlar uchun moslashtiriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Khatib T., Ibrahim I. A., Mohamed A. A review on sizing methodologies of photovoltaic array and storage battery in a standalone photovoltaic system. Energy Conversion and Management, 2016, Vol. 120, pp. 430-448. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.05.011>
2. Kafando J. G., Yamegueu D., Houdji E. T. Review on sizing and management of stand-alone PV/WIND systems with storage. Heliyon, 2024, Vol. 10, Issue 18, e38080. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38080>
3. NASA POWER Project. POWER Data Access Viewer. National Aeronautics and Space Administration. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
4. Sandia National Laboratories. PV Performance Modeling Collaborative: NOCT Cell Temperature. <https://pvpmc.sandia.gov/modeling-guide/2-dc-module-iv/cell-temperature/noct-cell-temperature/>

5. Liu K., Sun B., Gao X., Zhang Y., Sun W., Feng Q., Yang W. Optimal Sizing of the Stand-Alone Photovoltaic System for a Solar-Powered Translational Sprinkler Irrigation Machine considering the Loss of Power Supply Probability. Mathematical Problems in Engineering, 2022, Article ID 6133969, 10 p. <https://doi.org/10.1155/2022/6133969>

SHAXTA DRENAJ NASOSLARINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI MATLAB MODELI ASOSIDA TAHLIL QILISH

Toirov Olimjon Zuvurovich

Toshkent davlat texnika universiteti fakultet dekani, t.f.d., professor

O‘roqov Sardor Erkinovich

sardor.orakov@tdtu.uz

Toshkent davlat texnika universiteti kafedra o‘qituvchisi

Qurbonsayitov Javohir Alisher o‘g‘li

Toshkent davlat texnika universiteti talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada shaxta konlarida qo‘llaniladigan suv chiqarish nasos tizimlarining energiya samaradorligini oshirish masalalari tadqiq etilgan. Konlarda yer osti suvlarini uzluksiz chiqarib turish jarayoni katta miqdorda elektr energiyasi sarfini talab qilishi sababli nasos agregatlarining ish rejimlarini optimallashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotda nasos stansiyasining MATLAB Simulink/Simscape muhitida matematik modeli ishlab chiqilib, turli ish rejimlarida bosim, sarf va energiya iste‘moli ko‘rsatkichlari tahlil qilingan. Nasoslarning chastotaviy boshqaruvi asosida energiya sarfini kamaytirish hamda tizimning umumiy foydali ish koeffitsientini oshirish imkoniyatlari baholangan.

Kalit so‘zlar: shaxta konlari, suv chiqarish tizimi, markazdan qochma nasos, energiya samaradorligi, chastotaviy boshqaruv, MATLAB Simulink, Simscape, elektr energiyasi sarfi, avtomatik boshqaruv tizimi.

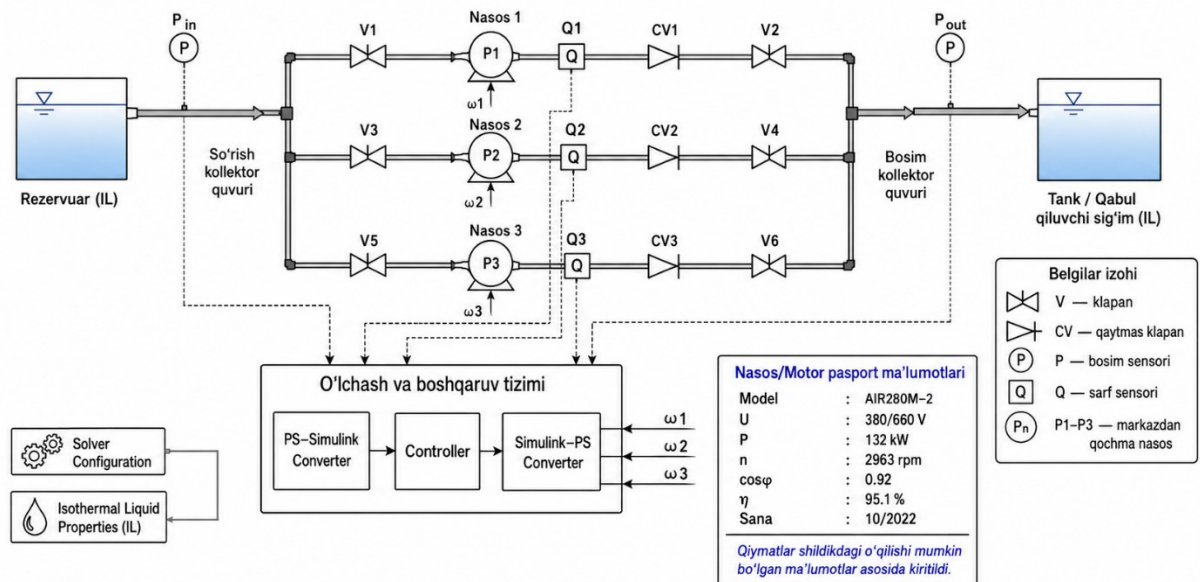
Zamonaviy sanoat taraqqiyoti sharoitida energiya resurslaridan samarali foydalanish masalasi global miqyosda strategik ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, energiya sig‘imi yuqori bo‘lgan konchilik sanoatida elektr energiyasini tejash va texnologik jarayonlarning energetik samaradorligini oshirish iqtisodiy barqarorlikni ta‘minlovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Yer osti konlarida olib boriladigan qazib olish ishlari murakkab geologik va gidrogeologik sharoitlarda amalga oshiriladi. Bunday sharoitda yer osti suvlarining shaxta lahimlariga sizib kirishi tabiiy jarayon bo‘lib, u ishlab chiqarish jarayonining uzluksizligi hamda xavfsizligiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi [1].

Shaxta konlarida suv chiqarish tizimlari texnologik infratuzilmaning ajralmas qismi hisoblanadi. Suvni o‘z vaqtida va zarur hajmda chiqarib tashlash kon ishlarining barqarorligi, elektr jihozlarining ishonchli ishlashi hamda mehnat

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

xavfsizligi talablarini ta'minlaydi. Biroq amaliy kuzatuvlar shuni ko'rsatadiki, suv chiqarish nasos qurilmalari ko'pincha ortiqcha quvvat zaxirasi bilan tanlanadi, ularning ish rejimi real gidravlik yuklamaga moslashtirilmaydi hamda boshqaruv jarayonlari yetarli darajada avtomatlashtirilmagan bo'ladi. Natijada elektr energiyasining sezilarli qismi foydali ish bajarishga emas, balki texnologik va elektromexanik yo'qotishlarga sarflanadi.

Energiya samaradorligini oshirishning zamonaviy yondashuvlari nasos qurilmalarini tizimli tahlil qilishni, ularning ish xarakteristikalarini real ekspluatatsion sharoitlarga moslashtirishni hamda energiyani boshqarishning adaptiv usullarini qo'llashni talab etadi. Xususan, chastota o'zgartirgichlar asosida tezlikni boshqarish, gidravlik zarbalarni kamaytirish, ishga tushirish jarayonini optimallashtirish va yuklama grafisini tekislash orqali elektr energiyasi sarfini sezilarli darajada kamaytiradi.



1-rasm. Shaxta suv chiqarish tizimining MATLAB/Simulink muhitida yaratilgan boshqaruv va monitoring elementlari bilan integratsiyalashgan simulyatsion modeli

Mazkur MATLAB Simulink/Simscape modeli sanoat va kommunal xo'jaliklarda keng qo'llaniladigan ko'p nasosli nasos stansiyasining ish jarayonini matematik modellashtirilib modelda suyuqlikni bir rezervuardan ikkinchi rezervuarga uzatish jarayoni uchta parallel ulangan markazdan qochma nasoslar yordamida amalga oshiriladi hamda nasoslarning ishlash rejimlarini avtomatik boshqarish masalasi tadqiq etiladi.

Tizim ishining boshlanishida suyuqlik manba rezervuardan umumiy so'rish kollektoriga uzatiladi. So'rish kollektorining asosiy vazifasi rezervuardan kelayotgan oqimni barcha nasoslar o'rtasida taqsimlash va ularning kirish qismida bir xil gidravlik sharoitlarni hosil qilishdan iborat. Kollektor orqali harakatlanayotgan suyuqlik uchta mustaqil nasos agregatiga yo'naltiriladi [2,3]. Har bir nasos elektr dvigatel tomonidan harakatga keltiriladi va aylanuvchi ishchi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

g‘ildirak yordamida suyuqlikka qo‘shimcha energiya uzatadi. Natijada suyuqlikning bosimi ortadi va u keyingi texnologik bosqichga uzatiladi.

Modelda nasoslar parallel ulangan bo‘lib, bunday ulanish sxemasi umumiy uzatilayotgan sarfni oshirish imkonini beradi. Parallel ishlash jarayonida har bir nasos umumiy yuklamaning ma’lum qismini bajaradi. Tizim yuklamasi ortganda qo‘shimcha nasoslarni ishga tushirish, yuklama kamayganda esa ayrim nasoslarni o‘chirish mumkin bo‘ladi. Bu esa elektr energiyasidan samarali foydalanish va nasos agregatlarining xizmat muddatini uzaytirishga xizmat qiladi.

Nasoslardan chiqayotgan oqimlar sarf sensorlari orqali nazorat qilinadi. Ushbu sensorlar har bir nasosning individual unumdorligini aniqlash imkonini beradi. Olingan ma’lumotlar asosida nasoslarning yuklanish darajasi, samaradorligi hamda tizimdagi umumiy oqimning shakllanish jarayoni tahlil qilinadi. Sarf datchiklaridan tashqari, tizimning kirish va chiqish qismlarida bosim sensorlari o‘rnatilgan. Bosim sensorlari yordamida nasos stansiyasining gidravlik rejimi doimiy ravishda monitoring qilinadi.

Nasoslardan keyin o‘rnatilgan qaytmas klapanlar tizim xavfsizligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Nasoslardan biri to‘xtagan holatda bosim kollektoridagi suyuqlikning teskari yo‘nalishda oqib kelishi va ishlamayotgan nasos orqali qayta aylanishi ehtimoli mavjud. Qaytmas klapanlar aynan shu holatlarning oldini olib, har bir nasosning mustaqil va barqaror ishlashini ta’minlaydi.

Nasoslar tomonidan hosil qilingan oqimlar umumiy bosim kollektorida birlashtiriladi. Ushbu kollektor tizimning eng muhim qismlaridan biri bo‘lib, barcha nasoslar hosil qilgan energiyani yagona oqim shaklida qabul qiluvchi sig‘imga yetkazib beradi. Bosim kollektorida hosil bo‘ladigan bosim qiymati iste’molchi talabiga mos ravishda boshqarilishi lozim. Shu sababli modelda avtomatik boshqaruv tizimi joriy etilgan.

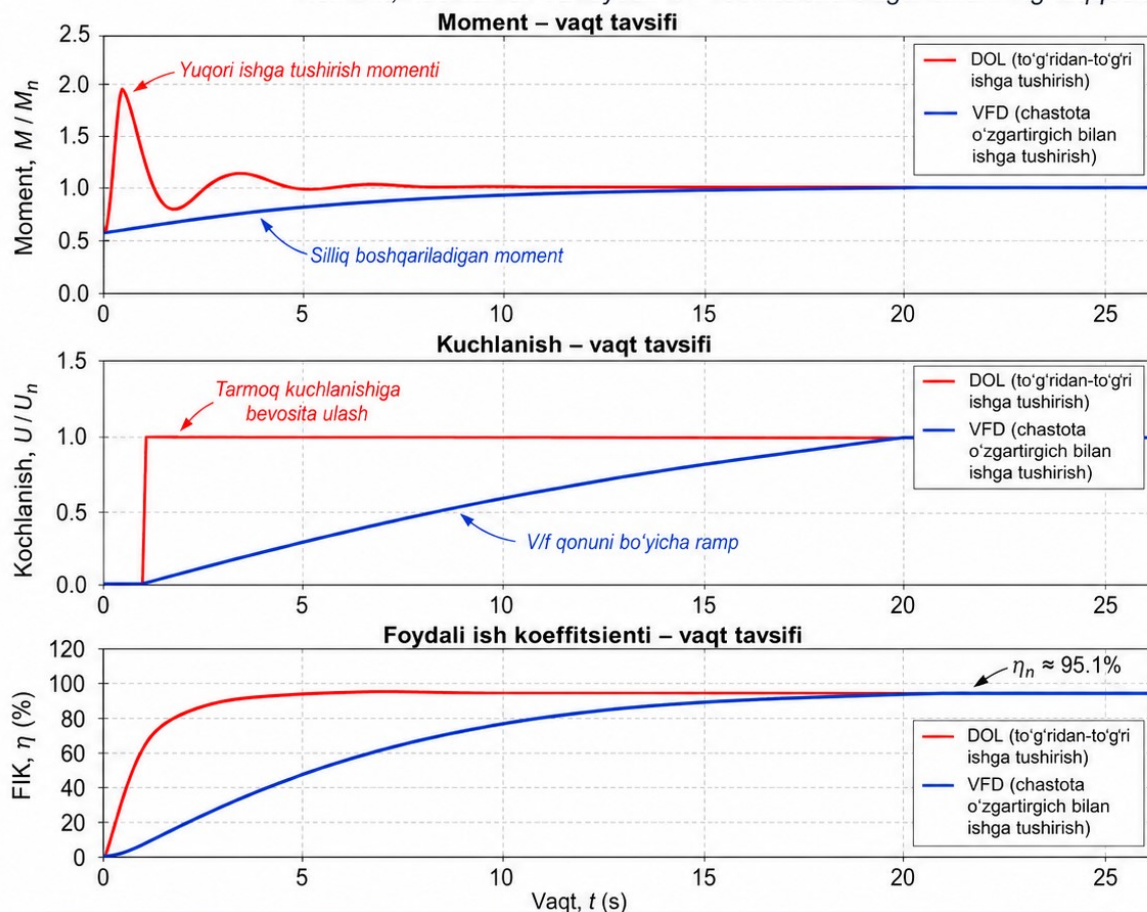
Avtomatik boshqaruv tizimining ishlash prinsipi teskari bog‘lanish (feedback) tamoyiliga asoslangan. Bosim va sarf sensorlaridan kelayotgan ma’lumotlar boshqaruvchi blokka uzatiladi. Boshqaruvchi qurilma berilgan qiymatlar bilan haqiqiy o‘lchangan qiymatlarni taqqoslaydi va ular orasidagi farqni aniqlaydi. Agar tizimdagi bosim talab etilgan qiymatdan pasayib ketsa, boshqaruvchi qurilma nasoslarning aylanish tezligini oshiradi. Aksincha, bosim me’yoridan yuqori bo‘lsa, nasoslarning aylanish chastotasi kamaytiriladi. Natijada tizim chiqishidagi bosim va sarf belgilangan diapazonda ushlab turiladi.

Modelda nasoslarning aylanish tezligi ω_1 , ω_2 va ω_3 parametrlar orqali boshqariladi. Bu parametrlar amaliyotda chastota o‘zgartirgichlar yordamida amalga oshiriladigan boshqaruv jarayonini ifodalaydi. Chastotaviy boshqaruv usuli zamonaviy nasos stansiyalarida energiya tejankor texnologiya sifatida keng qo‘llaniladi. Chunki nasosning aylanish tezligini moslashtirish orqali ortiqcha energiya sarfini kamaytirish va tizimning umumiy foydali ish koeffitsientini oshiradi.

Mazkus modelda nasoslar sonining tizim unumdorligiga ta’sirini aniqlash, yuklama o‘zgarishlarida bosimning barqarorligini baholash, energiya sarfini tahlil

qilish, avariya holatlarida tizimning harakatini o‘rganish hamda optimal boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqara oladi.

Ushbu modelning blok-sxemasida suyuqlikni uzatish jarayonining gidravlik, mexanik va boshqaruv jihatlari yagona matematik modelga birlashtirilgan bo‘lib, asosiy e‘tibor nasos stansiyasining bosim va sarf ko‘rsatkichlarini avtomatik boshqarish, energiya samaradorligini oshirish hamda tizimning optimal ish rejimini ta‘minlash masalalariga qaratilgan.



2-rasm. Shaxta suv chiqarish nasosi elektr yuritmasini to‘g‘ridan to‘g‘ri va chastota o‘zgartirgich yordamida boshqarish usullarida ishga tushirish jarayonining moment, kuchlanish va foydali ish koeffitsienti bo‘yicha qiyosiy taxlili

Moment–vaqt tavsifidan ko‘rinadiki, to‘g‘ridan to‘g‘ri ishga tushirish paytida dvigatelda katta ishga tushirish momenti va sezilarli tebranishlar yuzaga keladi. Bu holat mexanik qismlarga qo‘shimcha yuklama berib, uskunaning xizmat muddatiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. VFD yordamida ishga tushirishda esa moment asta-sekin ortib, dvigatel silliq va barqaror rejimda tezlanadi.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, chastota o‘zgartirgich yordamida ishga tushirish usuli to‘g‘ridan-to‘g‘ri ishga tushirishga nisbatan ancha samarali hisoblanadi. Ushbu usul ishga tushirish momentining keskin o‘zgarishlarini kamaytiradi, elektr tarmog‘iga tushadigan yuklamani pasaytiradi, mexanik qismlarning yeyilishini sekinlashtiradi hamda energiya sarfini optimallashtiradi. Shu

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

sababli shaxta konlaridagi suv chiqarish nasoslari uchun chastotaviy boshqaruvni qo‘llash energiya samaradorligini oshirish va uskunalarning ishonchliligini ta’minlashning samarali yechimi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

[1] O. Toirov, S. Atoev, T. Sadullaev, D. Jumaeva. Energy-Saving Operating Modes and Functional Diagrams of a Cotton-Cleaning Device Based on Frequency-Controlled Electric Drives. – In: AIP Conference Proceedings. – Vol. 3152, No. 1. – AIP Publishing, 2024.

[2] O. Toirov, M. Khalikova, D. Jumaeva, S. Kakharov. Development of a Mathematical Model of a Frequency-Controlled Electromagnetic Vibration Motor Taking into Account the Nonlinear Dependences of the Characteristics of the Elements. – E3S Web of Conferences. – Vol. 401. – Article 05089, 2023.

[3] Т. Саъдуллаев, Ж. Худоёров. Разработка энергосберегающих режимов работы электросистем компрессорных установок. – Современная наука и исследования. – Т. 3, № 1. – С. 1088–1092, 2024.

[4] Т. Саъдуллаев, А. Наимов. Современный метод повышения энергоэффективности электропривода дробильного оборудования горнодобывающей промышленности. – Современная наука и исследования. – Т. 3, № 1. – С. 424–429, 2024.

ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA RAQAMLI BOSHQARUV TIZIMLARINING ROLI

Vaxobova S.K.

Namangan davlat texnika universiteti dotsenti, PhD.

sozidavahobova795@gmail.com

Asqaraliyeva M.D.

Namangan davlat texnika universiteti magistranti

asqaraliyevamohinur01@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirishning energiya samaradorligini oshirishdagi o‘rni tahlil qilinadi. Unda real vaqt monitoringi, ishlab chiqarishni optimallashtirish va energiya yo‘qotishlarini kamaytirish imkoniyatlari yoritilib, “aqlli tarmoqlar” hamda avtomatlashtirilgan tizimlarning samaradorlikka ta’siri asoslab beriladi. Shuningdek, energiya tejamkorligi ko‘rsatkichlari va qishloq xo‘jaligidagi qo‘llanilishi misollar bilan keltiriladi hamda mavjud muammolar va ularning yechimlari ko‘rib chiqiladi. Natijada, raqamli texnologiyalar “yashil iqtisodiyot”ni rivojlantirishda muhim omil ekanini ta’kidlanadi.

Kalit so‘zlar: raqamli texnologiyalar, energiya samaradorligi, avtomatlashtirish tizimlari, aqlli tarmoqlar (Smart Grid), raqamli transformatsiya, energiya tejash, sun’iy intellekt, energetika tizimi, yashil iqtisodiyot.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Bugungi kunda “yashil iqtisodiyot” sharoitida energiya samaradorligini oshirishda raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirish tizimlari muhim ahamiyat kasb etmoqda. Energetika tizimining barqarorligi, ishonchliligi va samaradorligini ta’minlashda an’anaviy boshqaruv usullaridan raqamli va intellektual boshqaruv modellariga o’tish muhim strategik yo’nalish sifatida qaralmoqda. Shu nuqtai nazardan, raqamli transformatsiya jarayonlari energiya resurslaridan oqilona foydalanish, yo’qotishlarni kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish imkonini beradi.

Raqamli texnologiyalarning energetika sohasiga joriy etilishi, avvalo, ma’lumotlarni yig’ish, qayta ishlash va tahlil qilish imkoniyatlarini kengaytirishi bilan tavsiflanadi. Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, sensor qurilmalar va “katta ma’lumotlar” tahlili orqali energiya iste’moli real vaqt rejimida nazorat qilinadi. Bu esa energiya resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish, ortiqcha sarflarni aniqlash va ularni bartaraf etishga xizmat qiladi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko’rsatadiki, raqamli monitoring tizimlarini joriy etish orqali energiya yo’qotishlarini 10-15 foizgacha kamaytirish mumkin.

Energiya samaradorligini ta’minlashda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari ham muhim o’rin tutadi. Xususan, sanoat korxonalarida avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish jarayonlari energiya sarfini optimallashtirish imkonini beradi. Bunda texnologik jarayonlar inson omilidan kamroq bog’liq bo’lib, energiya resurslaridan foydalanish aniq hisob-kitoblar asosida amalga oshiriladi. Natijada ishlab chiqarish samaradorligi oshadi va energiya sarfi kamayadi.

Energetika tizimida “aqlli tarmoqlar” (Smart Grid) texnologiyalarini joriy etish raqamli transformatsiyaning muhim yo’nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiyalar elektr energiyasini ishlab chiqarish, taqsimlash va iste’mol qilish jarayonlarini yagona integratsiyalashgan tizim orqali boshqarish imkonini beradi. “Aqlli tarmoqlar” orqali elektr yuklamalari avtomatik ravishda tartibga solinadi, avariya holatlari tezkor aniqlanadi va bartaraf etiladi. Bu esa energiya ta’minoti ishonchliligini oshirish bilan birga, energiya yo’qotishlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

Quyida raqamli texnologiyalarni joriy etish orqali energiya samaradorligini oshirish natijalari shartli ko’rinishda keltirilgan:

1-jadval

Raqamli texnologiyalarning energiya samaradorligiga ta’siri

Texnologiya turi	Samaradorlikka ta’siri (%)
Raqamli monitoring	10–15
Avtomatlashtirish tizimlari	15–20
Smart Grid	20–25

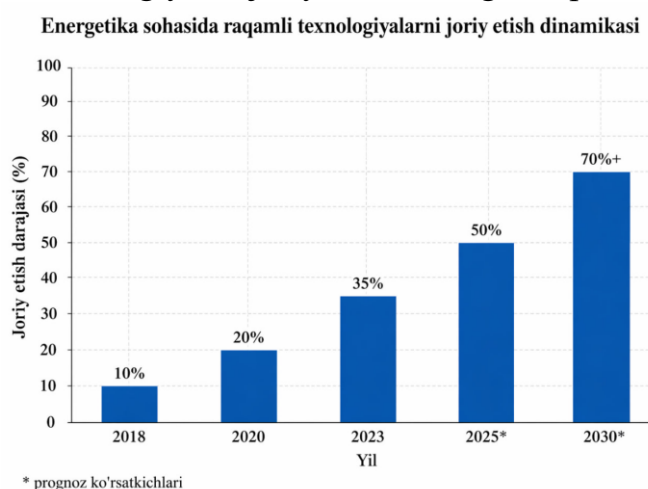
Jadval ma’lumotlaridan ko’rinib turibdiki, raqamli texnologiyalarni joriy etish energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi. Ayniqsa, “aqlli tarmoqlar” va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari yuqori samaradorlikka ega ekani bilan ajralib turadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Shu bilan birga, raqamli texnologiyalar qishloq xo‘jaligi sohasida ham energiya samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Masalan, avtomatlashtirilgan sug‘orish tizimlari, sensorlar va raqamli boshqaruv platformalari orqali suv va energiya resurslaridan tejankor foydalanish ta‘minlanadi. Quyosh energiyasiga asoslangan intellektual nasoslar va masofadan boshqarish tizimlari qishloq xo‘jaligida energiya sarfini kamaytirish bilan birga ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi (1-diagramma).

Ushbu dinamika raqamli texnologiyalarning energetika sohasida tobora keng joriy etilayotganini ko‘rsatadi. Bu esa kelgusida energiya samaradorligini yanada oshirish uchun keng imkoniyatlar yaratadi.

Quyida raqamli texnologiyalar joriy etilishining bosqichlari aks ettirilgan:



Raqamli transformatsiyaning yana bir muhim jihati- energiya iste‘molini prognozlash va rejalashtirish imkoniyatlarini kengaytirishdir.

Zamonaviy algoritmlar va sun‘iy intellekt texnologiyalari orqali energiya iste‘moli dinamikasi tahlil qilinib, kelgusi yuklamalar aniq prognoz qilinadi. Bu esa energiya resurslarini samarali taqsimlash va ortiqcha sarflarning oldini olish imkonini beradi.

Shu bilan birga, raqamli texnologiyalarni joriy etishda ayrim muammolar ham mavjud. Jumladan, yuqori dastlabki investitsiya xarajatlari, malakali kadrlar yetishmasligi va kiberxavfsizlik masalalari ushbu jarayonni cheklovchi omillardan hisoblanadi. Biroq, ushbu muammolarni bartaraf etish orqali raqamli energetika tizimini yanada rivojlantirish imkoniyati mavjud.

Xulosa qilib aytganda, raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirish energiya samaradorligini oshirishning eng muhim omillaridan biri hisoblanadi. Ularning joriy etilishi energiya resurslaridan oqilona foydalanish, ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish va energetika tizimining barqarorligini ta‘minlashga xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan, O‘zbekistonda raqamli energetika tizimini rivojlantirish va avtomatlashtirish jarayonlarini chuqurlashtirish kelgusida “yashil iqtisodiyot”ni shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. O‘zbekiston energetika sohasini rivojlantirishga oid rasmiy dasturlar va hisobotlar. – Toshkent, 2020–2025.

2. International Energy Agency. *World Energy Outlook 2023*. – Paris: IEA, 2023.
3. World Bank. *Uzbekistan – Energy Sector Reform and Sustainable Development Report*. – Washington DC, 2022.
4. Asian Development Bank. *Renewable Energy Development in Central Asia*. – Manila, 2021.

SURXONDARYO VILOYATI IQLIM SHAROITIDA QUYOSH FOTOELEKTR STANSIYALARI SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Xamidov Yusup Karimberdi o‘g‘li
Energetika kafedrası assistenti
shaxiyeverkin@gmail.com

Bobomuratov Diyorbek Ilxom o‘g‘li
Energetika kafedrası talabasi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot ishi O‘zbekistonning janubiy mintaqasi, xususan Surxondaryo viloyatining ekstremal iqlimiy ko‘rsatkichlari sharoitida quyosh fotoelektr stansiyalarining (FES) energetik samaradorligini tahlil qilishga bag‘ishlangan. Maqolada hududning yuqori darajadagi quyosh radiatsiyasi salohiyati (yiliga 1800-2000 kW*soat/m²) va uning teskari tomoni bo‘lgan yuqori termik yuklamalar hamda changlanish koeffitsiyenti o‘rtasidagi bog‘liqlik ilmiy jihatdan asoslab berilgan. Tadqiqot davomida havo haroratining me‘yordan ko‘tarilishi va “Afg‘on shamoli” natijasida yuzaga keladigan aërozolli chang qatlamlarining fotoelektr modullarning volt-amper xarakteristikalariga salbiy ta’siri baholangan. Olingan natijalar asosida Surxondaryo sharoitida FESlarning foydali ish koeffitsiyentini saqlab qolish va energiya ishlab chiqarish barqarorligini ta’minlash bo‘yicha ilmiy-uslubiy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: Surxondaryo iqlimi, quyosh energetikasi, fotoelektr stansiya (FES), samaradorlikni oshirish, termik yuklama, changlanish koeffitsiyenti, insolatsiya, energiya isrofi.

Kirish. Bugungi kunda global energetika tizimida qayta tiklanadigan energiya manbalari, xususan quyosh energetikasi ulushini oshirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylandi. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining energetika sohasidagi islohotlari doirasida Surxondaryo viloyati o‘zining geografik joylashuvi va iqlimiy imkoniyatlari bilan yirik fotoelektr stansiyalarini barpo etish uchun eng qulay hudud sifatida tanlangan. Viloyatning janubiy tumanlarida quyoshli kunlarning davomiyligi yiliga o‘rtacha 3000-3200 soatni tashkil etishi bu yerda quyosh energetikasining iqtisodiy jozibadorligini oshiradi.

Biroq, Surxondaryo viloyati nafaqat yuqori insolatsiya, balki o‘ziga xos murakkab mikroiqlim sharoitlari bilan ham ajralib turadi. Yoz oylarida havo

haroratining $+45^{\circ}\text{C}$ dan yuqori bo‘lishi va quyosh panellari sirtining $+75^{\circ}\text{C}$ gacha qiziydi. Bunday sharoitda yarimo‘tkazgichli fotoelementlarning ichki qarshiligi oshib, generatsiya quvvatining pasayishiga olib keladi. Bundan tashqari, mintaqaga xos bo‘lgan qum bo‘ronlari va atmosfera tarkibidagi yuqori chang miqdori panellar yuzasida yorug‘lik o‘tkazuvchanligini kamaytiruvchi qatlam hosil qiladi.

Ushbu omillar fotoelektr stansiyalarning loyihaviy quvvati va amaldagi natijadorligi o‘rtasida sezilarli tafovutni yuzaga keltirmoqda. Shu sababli, Surxondaryo iqlimining o‘ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda, FESlar samaradorligini oshirishning ilmiy va ekspluatatsion yondashuvlarini tadqiq etish bugungi kunning dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi. Tadqiqotning maqsadi - iqlimiy to‘siqlarga qaramay, mintaqaning quyosh energiyasi salohiyatidan maksimal darajada foydalanish yo‘llarini aniqlashdan iborat

Hududning insolyatsiya salohiyati va harorat rejimi tahlili

Surxondaryo viloyati O‘zbekistonning eng janubiy nuqtasi bo‘lib, bu yerda quyosh energiyasi oqimining zichligi respublikaning boshqa hududlariga nisbatan 10-15% yuqori. Biroq, fotoelektr panellarning (FEP) ishlash samaradorligi faqat yorug‘lik miqdoriga emas, balki atrof-muhit haroratiga ham teskari bog‘liqdir. Standart sinov sharoitlarida (STC) FEP ishchi harorati 25°C deb qabul qilingan. Surxondaryoda yoz oylarida havo harorati 45°C dan oshganda, panellar sirti $70-75^{\circ}\text{C}$ gacha qiziydi. Fizik qonuniyatlarga ko‘ra, haroratning har 1°C ga ko‘tarilishi modulning foydali ish koeffitsiyentini (FIK) o‘rtacha 0,4-0,5% ga kamayishiga olib keladi. Bu esa yozning tig‘iz vaqtida stansiya o‘z loyihaviy quvvatining qariyb 20-25% qismini yo‘qotishini anglatadi.

$$T_{cell}=T_{air}+(\frac{NOCT-20^{\circ}\text{C}}{800})\cdot G$$

bu yerda T_{air} - Atrof-muhit (havo) harorati ($^{\circ}\text{C}$) Surxondaryoda yozda (45°C) gacha ko‘tariladi.

$NOCT$ - Panelning nominal ishchi harorati (odatda zavod pasportida ($45^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$) deb ko‘rsatiladi

G - Quyosh radiatsiyasining joriy oqim zichligi (W/m^2). Surxondaryoda tik kelgan vaqtda ($1000(\text{W}/\text{m}^2)$) gacha yetadi.

800 va 20°C - $NOCT$ o‘lchanadigan xalqaro standart doimiy qiymatlar.

Aerozolli changlanishning optik ta’siri

Viloyatning o‘ziga xos iqlimiy xususiyati - “Afg‘on shamoli” va qum bo‘ronlaridir. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, FEP yuzasida to‘planadigan chang qatlami quyosh nurlarining panelning faol qatlamiga o‘tishini sezilarli darajada kamaytiradi. Changlanish koeffitsiyenti (soiling loss) Surxondaryo sharoitida yiliga o‘rtacha 15-30% ni tashkil etishi mumkin. Chang zarralarining tarkibi (asosan dispersli qum va tuzlar) panel yuzasida yupqa parda hosil qilib, nafaqat optik to‘siq yaratadi, balki panel sirtining issiqlik almashinuvini ham yomonlashtiradi.

Surxondaryo iqlimining FEP samaradorligiga ta’siri ko‘rsatkichlari

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

Ko‘rsatkich nomi	Nominal qiymat (STC)	Surxondaryo yozgi sharoiti	Yo‘qotish turi va miqdori	Muhandislik yechimi
Atrof-muhit harorati	25°C	45°C...48°C	Konvektiv issiqlik almashinuvi pasayishi	Hududni to‘g‘ri rayonlashtirish
Panel yuzasi harorati	25°C	70°C...75°C	20% – 25% quvvat yo‘qotilishi (Har 1°C-0.4%)	HJT/TOPCon panellar, faol suyuqlikli sovutish
Oyna yuzasining changlanishi	1.0 (mutloq tozqa)	0.70....0.85 (Afg‘on shamolidan keyin)	15% – 30% optik (yorug‘lik o‘tkazish) yo‘qotishlari	Anti-soiling (anti-statik) nano-qoplamalar
Chang tarkibi (Kvars va tuzlar)	$0 \text{ g}/m^2$	$5.....15 \text{ g}/m^2$	Issiqlik o‘tkazuvchanlik yomonlashishi (+3....5°C) qo‘shimcha qizish)	Avtonom suvsiz robotlashtirilgan tozalash
Yalpi quyosh radiatsiyasi	$1000 \text{ Wt}/m^2$	$1100....1150 \text{ Wt}/m^2$	Ijobiy potentsial (respublika bo‘yicha +15% yuqori)	Kuzatuvchi treker tizimlari (Solar Trackers)
Yillik umumiy samaradorlik (FIK)	22%(Zavod pasporti)	14 %....16% Haqiqiy ekspluatatsiya	~35% gacha majmuaviy mavsumiy yo‘qotishlar	Gibrid saqlash (BESS) va aqlli monitoring (AI)

Samaradorlikni oshirish bo‘yicha ilmiy yondashuvlar

Surxondaryo iqlimida samaradorlikni barqarorlashtirish uchun quyidagi choralar samarali hisoblanadi:

Optimal moyillik burchagi va orientatsiya: Quyosh nurlarining tushish burchagini mavsumiy (bahor-yoz va kuz-qish) o‘zgartirish orqali yillik energiya ishlab chiqarishni 5-8% ga oshirish mumkin.

Passiv sovutish tizimlari: Panellar va tom (yoki yer) yuzasi o‘rtasida kamida 15-20 sm masofa qoldirish orqali tabiiy konveksiyani kuchaytirish. Bu panel haroratini 5-10°C ga pasaytirish imkonini beradi.

Tozalash reglamenti: Ma’lumotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, Surxondaryo sharoitida panellarni haftada kamida bir marta tozalash (yoki chang bo‘ronidan so‘ng darhol) stansiya unumdorligini 12-18% gacha saqlab qolish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari muhokamasi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Tahlillar natijasida aniqlandiki, Surxondaryoda FESlarni loyihalashda faqat quyosh radiatsiyasi ko‘rsatkichlariga tayanib bo‘lmaydi. Mintaqaviy iqlimiy tuzatish koeffitsiyentlarini (harorat va changlanish uchun) kiritish zarur. Bu nafaqat stansiyaning hozirgi samaradorligini, balki uning uzoq muddatli degradatsiya (eskirish) jarayonlarini ham to‘g‘ri prognozlash imkonini beradi.



1-rasm. Quyosh panel yuzasining changdan tozalanish jarayoni

Xulosa

Surxondaryo viloyati iqlim sharoitida quyosh fotoelektr stansiyalari samaradorligini oshirish bo‘yicha o‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, mintaqaning o‘ta issiq iqlimi va yuqori changlanish darajasi stansiyalarning haqiqiy quvvatini loyihaviy ko‘rsatkichlardan sezilarli darajada pasaytiruvchi asosiy omillar hisoblanadi. Tadqiqot natijasida hududda FESlarni loyihalash jarayonida nafaqat quyosh insolatsiyasini, balki mintaqaviy harorat va changlanish korreksiyasini majburiy tartibda kiritish zarurligi ilmiy asoslandi. Panellarning ishchi haroratini pasaytirishda konstruksion havo sirkulyatsiyasini ta‘minlash va "Afg‘on shamoli" oqibatida yuzaga keladigan optik yo‘qotishlarni tizimli tozalash grafiklari orqali bartaraf etish eng samarali yechimlar sifatida baholanadi. Umuman olganda, Surxondaryo sharoitida quyosh energetikasi obektlarini ekspluatatsiya qilishda iqlimiy cheklovlarni hisobga oluvchi intellektual boshqaruv modellarini joriy etish, viloyat energiya tizimining barqarorligini va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish samaradorligini maksimal darajaga ko‘tarishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 16-fevraldagi PQ-57-sonli qarori. “2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”.
2. Zakhidov R.A. “Current Status and Perspectives of Solar Energy Utilization in Uzbekistan” // Applied Solar Energy. – 2022. – Vol. 58. – P. 124–132.
3. Allayev J.N. “Energetika dunyosi: muammo va istiqbollar” – Toshkent: "Fan va texnologiya", 2021. – 240 b.
4. Avezov R.R., Avezova N.R. “Geliotexnika: O‘quv qo‘llanma” – Toshkent: "Universitet", 2020. – 188 b.
5. Duffie J.A., Beckman W.A. “Solar Engineering of Thermal Processes” – 4th Edition. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2013. – 910 p.

6. Iskandarov A., et al. “Impact of Dust and High Temperature on PV Panel Efficiency in South Regions of Central Asia” // Journal of Renewable Energy and Sustainable Development. – 2023. – No. 4. – P. 45–52.

7. Sattarov S. “Surxondaryo viloyati iqlim sharoitida quyosh qurilmalaridan foydalanishning o‘ziga xos xususiyatlari” // Energetika muammolari jurnali. – 2024. – №2. – 12–18-betlar.

ISSIQXONA SHAROITIDA OQQANOT ZARARKUNANDA HASHAROTIGA QARSHI KURASHISHDA ULTRATOVUSH TO‘LQININING TA’SIRINING TAHLILI

Xamidov Yusup Karimberdi o‘g‘li

Energetika kafedrası assistenti

shaxiyevekin@gmail.com

Annotatsiya: Issiqxona sharoitida o‘simliklarga zarar yetkazuvchi hasharotlar hosildorlikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu tadqiqotda zararkunandalarga qarshi kurashning ekologik xavfsiz usullaridan biri sifatida ultratovush to‘lqinlarining ta’siri o‘rganildi. Tadqiqot davomida ultratovushning oqqanotga eng yuqori samaradorlikni aniqlash uchun turli chastota, intensivlik, vaqt va masofa sinovdan o‘tkazilib, ularning hasharotlarning faoliyati, ko‘payishi va yashash muhitiga ta’siri tahlil qilindi. Olingan natijalar ultratovush texnologiyasining zararkunandalarga qarshi samarali va kimyoviy vositalarsiz ishlatilishi mumkinligini tasdiqladi.

Kalit so‘zlar. Ultratovush to‘lqini, zararkunanda hasharot, oqqanot (Bemisia tabaci), chastota, intensivlik, vaqt, masofa.

Kirish: Jahonda issiqxona sharoitida o‘simliklarni zararkunanda hasharotlardan himoya qilish uchun energiya va resurstejamkor hamda ish unumi yuqori bo‘lgan texnologiyalar va texnika vositalarini ishlab chiqish hamda amaliyotga joriy etish asosiy o‘rinlardan birini egallamoqda [1]. Agar “jahonda 67-70 million tonna pomidor, 28-48 million tonna bodring va 10-20 million tonna boshqa sabzavotlar” [2] yetishtirilishi hisobga olinsa, ularning o‘simligini zararkunanda hasharotlardan samarali himoya qilishni to‘g‘ri yo‘lga qo‘yish muhim vazifalardan biri hisoblanadi [3]. Shuning uchun issiqxona sharoitida o‘simliklarni zararkunanda hasharotlardan himoya qilishda ish unumini yuqori hamda energiya va resurstejamkor texnika vositalari va qurilmalarni ishlab chiqishga katta e’tibor qaratilmoqda [4].

Respublika qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishda mehnat va energiya sarfini pasaytirish, resurslarni tejash, qishloq xo‘jalik ekinlarini ilg‘or texnologiyalar asosida etishtirish va yuqori unumli qishloq xo‘jalik mashinalarini ishlab chiqish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, jumladan, issiqxona sharoitida o‘simliklarni zararkunanda hasharotlardan himoya qilishda kam energiya sarflab, texnologik jarayonning samaradorligini oshirishni taminlaydigan texnika

vositalarini ishlab chiqarishga alohida etibor qaratilgan [5]. Tadqiqotda turli chastota, intensivlik, masofa, vaqtlarda ultratovush signallarining zararkunandalar faoliyatiga qanday ta’sir etishi tahlil qilinadi va ularning samaradorligi baholanadi.

Tadqiqot materiallari va uslubi. Ultratovush to‘lqinlarini biologik obyektlarga, xususan, issiqxonalar yoki ochiq dala sharoitidagi zararkunanda hasharotlarga ta’sir ko‘rsatadigan asosiy omillar sifatida quyidagilar qabul qilindi: chastota (f), intensivlik (I), ekspozitsiya vaqti (t) va masofa (l).

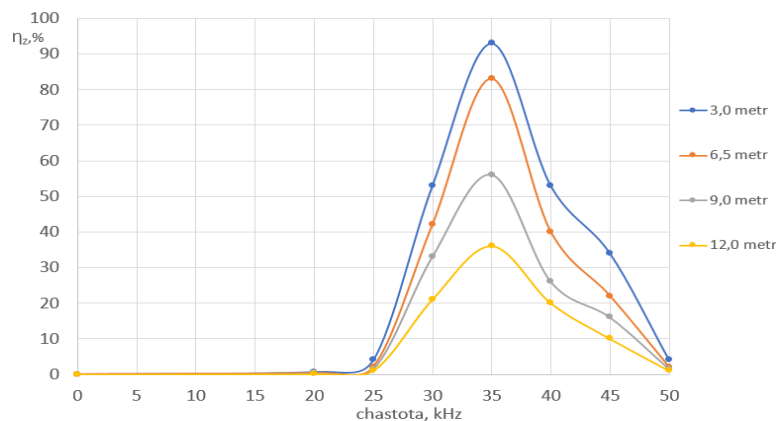
Zararkunanda hasharotlarga qarshi ultratovush to‘lqini yordamida kurashishadigan asosiy omillar ta’sirini o‘rganish klassik usulda o‘tkazildi. Bunda omillardan biri o‘zgartirildi, qolgan uchta omil fiksatsiyalangan holatda saqlandi. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari qayta ishlanadi hamda grafik ko‘rinishda tasvirlandi.

Tajriba modelida $k_1=0,1-1$ – o‘rtacha sezuvchanlik darajasini, $k_2=1,2 \text{ m}^{-2}$ – real amaliy muhitga mos o‘rtacha qiymat ekanligini va $\sigma=5-10$ – real biologik diapazon sifatida qabul qilinganligini inobatga olib, $k_1=0,1$, $k_2=1,2$, $\sigma=5-10$ deb qabul qilindi [6;7]. Shu bilan birga 30 daqiqa ta’sirda sezilarli fiziologik reaksiya kuzatilishi sababli, tajribalarni kuzatish davomiyligi 30 daqiqa etib tanlab olindi.

Issiqxonadagi oqqanot hasharotiga ultratovush to‘lqinlarini ta’sir ettirilib, eksperimental tadqiqotlar o‘tkazildi. Chastota (f)ni o‘zgartirib, intensivlik (I), ekspozitsiya vaqti (t) va masofa (l) kabi qolgan omillarni o‘zgarmas deb qabul qilib, birinchi tajriba o‘tkazildi.

1-rasmda har xil masofada oqqanot hasharotidan o‘simlikni himoya qilish darajasini chastotaga bog‘liq o‘zgarish grafiklari tasvirlangan.

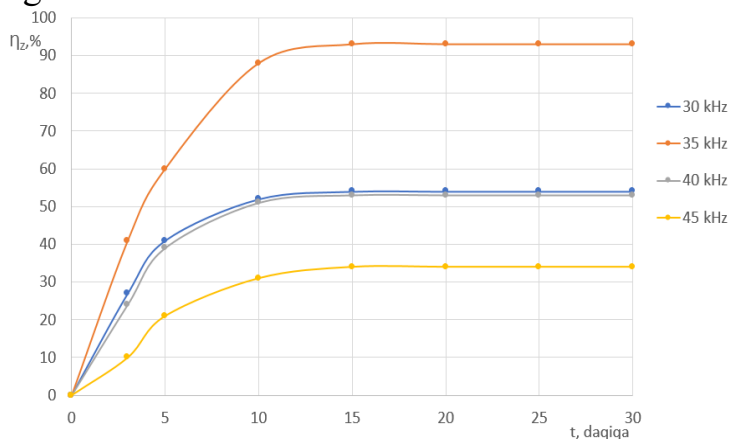
Ultratovush to‘lqinining chastotasi va zararkunandalarni yo‘qotish samaradorligi o‘rtasida kuchli bog‘liqlik mavjudligi aniqlandi. Oqqanot hasharoti uchun belgilangan barcha masofalarda ta’sir chastotasi oralig‘i 30–36 kHz bo‘lganda, samaradorlik maksimal qiymatga ega bo‘ldi. Aynan ta’sir chastotasi 34,5 kHz qiymatga etganda, har bir masofa uchun eng yuqori samaradorlik kuzatildi. Ushbu chastotada masofaga bog‘liq ravishda, samaradorlik ko‘rsatkichlari 5,0 metrda ~88 foiz, 8,0 metrda ~65 foiz, 10,0 metrda ~45 foiz, 12,0 metrda ~35 foizni tashkil etdi.



1-rasm. Har xil masofa (l)da oqqanot hasharotidan o‘simlikni himoya qilish darajasi (η_z)ni chastota (f)ga bog‘liq o‘zgarish grafiklari

Masofa ortgan sari samaradorlik keskin kamaydi. Bu ultratovush to‘lqinlarini sferik shaklda tarqalishida so‘nish va yutilish ta’sirlarini isbotlaydi. Tajriba qurilma bilan o‘simlik orasidagi masofa 5,0 metrga teng bo‘lganda, ta’sir maksimal, 12,0 metrdan oshganda esa samaradorlik 35 foiz va undan kichik qiymatga teng bo‘lishini ko‘rsatdi. 0-26 va 40 kHz dan yuqoridagi chastotalarda samaradorlik 10 foiz dan past, ya’ni deyarli ta’sir qilmadi. Bu chastota diapazoni oqqanot hasharotini sezuvchanlik doirasidan tashqarida ekanligini ko‘rsatadi. 30-40 kHz chastotalar oralig‘ida zararkunandalarga qarshi kurashishda eng yuqori samaradorlik beradigan hudud sifatida ajralib turadi. Bundan ultratovushli qurilmalarni zararkunandalarga qarshi loyihalashda chastota tanlovi va uning joylashuvi muhim omillardan biri bo‘lib xizmat qiladi degan xulosaga kelish mumkin.

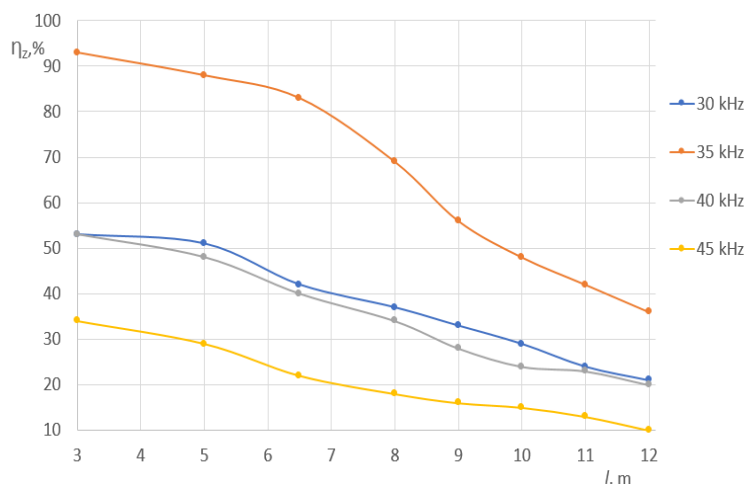
Ikkinchi tajribada ekspozitsiya vaqti (t) ni o‘zgartirib, chastota (f), intensivlik (I) va masofa (l) ni o‘zgarmas deb qabul qilindi. 2-rasmda har xil chastotada oqqanot hasharotidan o‘simliklarni himoya qilish darajasini vaqtga bog‘liq o‘zgarish grafiklari tasvirlangan.



2-rasm. Har xil chastota (f) da oqqanot hasharotidan o‘simlikni himoya qilish darajasi (η_z)ni vaqt (t)ga bog‘liq o‘zgarish grafiklari

2-rasmda tasvirlangan grafiklardan ko‘rinib turibdiki, har bir chastotada oqqanot zararkunandasiga ta’sir samaradorligi dastlabki daqiqalarda keskin, qolgan vaqtda esa sekin ortib bordi. 30 daqiqadan so‘ng samaradorlik to‘xtadi va barqarorlashadi (turg‘un holatga o‘tdi). 30 daqiqadan keyin har bir chastotada samaradorlik maksimal darajaga etdi, so‘ng barqarorlashdi – bu esa ta’sir vaqtining chegarasini ko‘rsatdi va oqqanot zararkunandasiga qarshi adaptatsiya yoki to‘yinganlik holatini bildiradi. 0-5 daqiqalik oraliqda barcha chastotalarda samaradorlikni eng katta o‘sishi yuz berdi. Bu tezkor ultratovushli stimulyatsiya bosqichini ifodalaydi. Grafiklardan ko‘rinib turibdiki, ultratovushli biosamaralar qisqa vaqt ichida yuzaga chiqadi. Ta’sir davomiyligi barqaror bo‘lganidan so‘ng, samaradorlik oshmaydi lekin, energiya sarfi ortadi. Bu ta’sir vaqtini maqbullashtirish zarurligini ko‘rsatadi.

Uchinchi tajribada masofa (l) o‘zgartirilib, chastota (f), intensivlik (I) va ekspozitsiya vaqti (t) o‘zgarmas deb qabul qilindi. 3-rasmda har xil chastotada oqqanot hasharotidan o‘simlikni himoya qilish darajasini masofaga bog‘liq o‘zgarish grafiklari tasvirlangan.

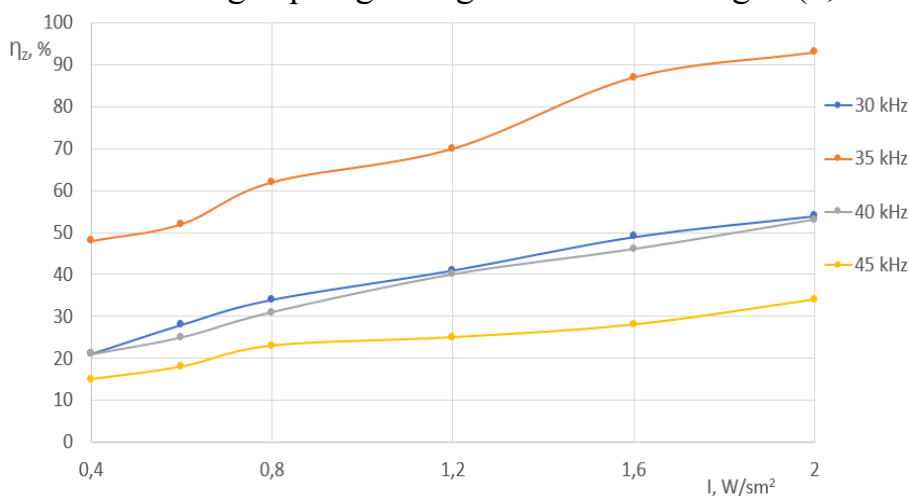


3-rasm. Har xil chastota (f)da oqqanot hasharotidan o'simlikni himoya qilish darajasi (η_z)ni masofa (l)ga bog'liq o'zgarish grafiklari

3-rasmda tasvirlangan grafiklardan ko'rinib turibdiki, o'tkazilgan tajribalarda masofa oshgan sari barcha chastotalarda samaradorlik barqaror pasayadi. Bu ultratovush to'lqinlarini sferik shaklda tarqalishi va yutilishi natijasida yuzaga keladi. 3,0 m dan 12,0 m gacha bo'lgan oraliqda samaradorlik keskin pasaydi. 8,0 m dan keyin pasayish sekinlashdi, ya'ni to'lqin energiyasining asosiy yo'qotilishi dastlabki metrlarda sodir bo'ladi. Ultratovush to'lqinlarining real samaradorligi 10,0 metr gacha bo'lgan masofalarda sezilarli, 12,0 metr dan uzoqda samaradorlik 35 foizdan kam bo'lib qoldi, bu real foydalanish chegarasini belgilaydi.

3-rasmda tasvirlangan grafiklar fizik qonunlar (masalan, $I(l) \approx e^{-kl^2}$ yoki $I \propto 1/l^2$) asosida, ultratovush energiyasining so'nishini tasdiqlaydi. Qurilmaning parametrlarini maqbullashtirishda chastota, intensivlik va masofa birgalikda maqbullashtirilishi zarur.

4-rasmda har xil chastotada oqqanot hasharotidan o'simlikni himoya qilish darajasini intensivlikka bog'liq o'zgarish grafiklari tasvirlangan (3,0 metr uchun).

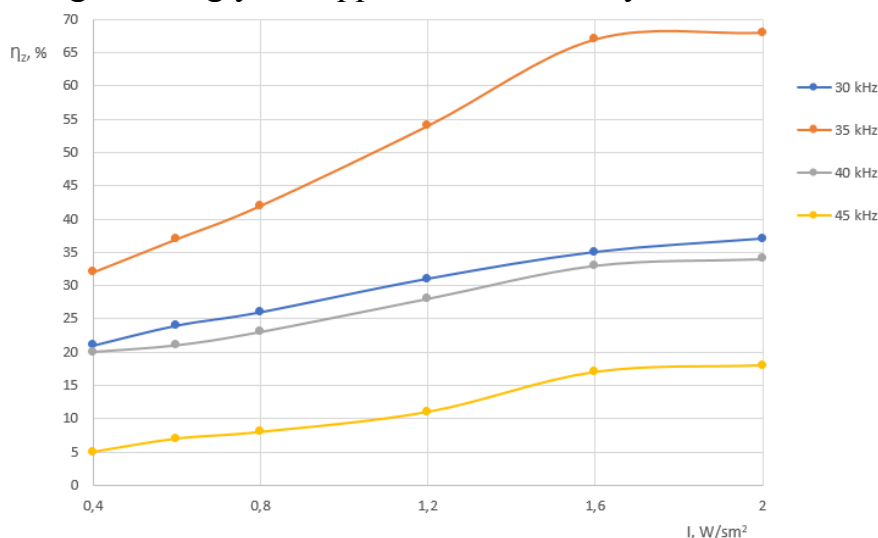


4-rasm. Har xil chastota (f)da oqqanot hasharotidan o'simlikni himoya qilish darajasi (η_z)ni intensivlik (I)ga bog'liq o'zgarish grafiklari

5-rasmda har xil chastotada oqqanot hasharotidan o'simlikni himoya qilish darajasini intensivlikka bog'liq o'zgarish grafiklari tasvirlangan (8,0 metr uchun).

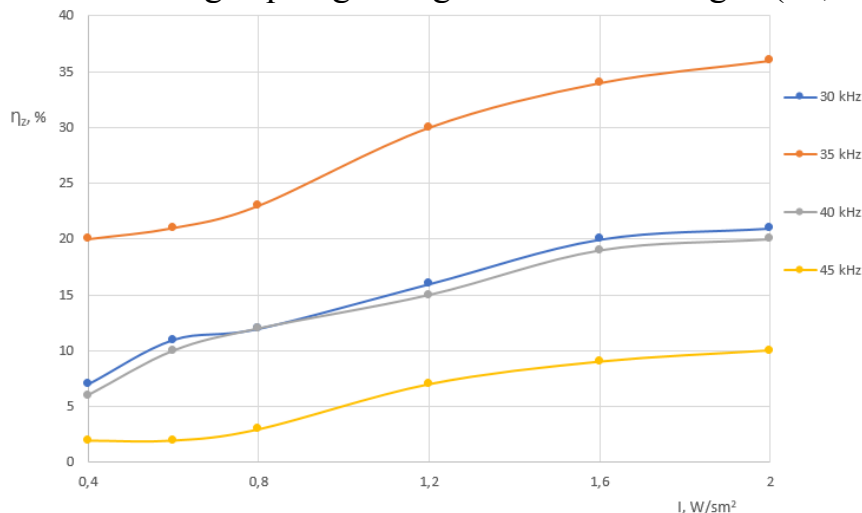
“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Barcha chastotalarda ultratovush to‘lqin intensivligi oshgan sari zararkunadalardan o‘simliklarni himoya qilish darajasi ham ortib bordi. Bu ultratovush energiyasi oshgani sari oqqanot zararkunandasiga ta’sir kuchayishini tasdiqlaydi. Ultratovush to‘lqinining intensivligi $1,5 \text{ W/sm}^2$ gacha oshib borishi bilan zararkunadalardan o‘simliklarni himoya qilish darajasi ham ortib bordi. Ushbu to‘lqin intensivligida energiyani oqqanot hasharotlari yaxshi sezadi.



5-rasm. Har xil chastota (f)ga oqqanot hasharotidan o‘simlikni himoya qilish darajasi (η_z)ni intensivlik (I)ka bog‘liq o‘zgarish grafiklari

6-rasmda har xil chastotada oqqanot hasharotidan o‘simlikni himoya qilish darajasini intensivlikka bog‘liq o‘zgarish grafiklari tasvirlangan (12,0 metr uchun).



6-rasm. Har xil chastota (f)ga oqqanot hasharotidan o‘simlikni himoya qilish darajasi (η_z)ni intensivlik (I)ka bog‘liqli o‘zgarish grafiklari

To‘lqin intensivligi $2,0-3,0 \text{ W/sm}^2$ oraliqda zararkunadalardan o‘simliklarni himoya qilish darajasi sekin orta boshlaydi lekin, ushbu intensivlikda o‘simlikka salbiy ta’sirlar kuzatildi. To‘lqin intensivligini $2,0 \text{ W/sm}^2$ dan oshirish bilan oqqanot hasharotlarini ultratovushga sezgirligi pasayib bordi. Ultratovush to‘lqinining intensivligini $2,0 \text{ W/sm}^2$ qiymatdan oshirish energiya sarfini ortishiga olib keldi.

Tasvirlangan grafiklardan ko‘rinib turibdiki samaradorlik ko‘rsatkichi chiziqli o‘zgarmayti. Ultratovush to‘lqini intensivligi ortishi bilan zararkunadalardan o‘simliklarni himoya qilish darajasi ham ortdi lekin, intensivlik ma’lum qiymatdan oshgandan keyin oqqanotda to‘yinganlik (saturation) xossasi sababli, himoya qilish darajasining qiymati sekinlashdi. Ultratovushli zararkunanda nazorati texnologiyasida samaradorlikni maksimal darajaga etkazish uchun maqbul chastota (f) va intensivlik (I) muhim parametrlar hisoblanadi. 5-rasmda tasvirlangan grafikdan ko‘rinib turibdiki, masofa oshgani sari (3,0 m $\rightarrow$ 12,0 m) samaradorlik umumiy darajada pasaymoqda, bu ultratovush to‘lqini yo‘lda energiyasini yo‘qotadi degan fizik qonuniyatga asoslanadi. Qurilmani loyihalashtirishda intensivlikni hisobga olish zarur.

Xulosa

Tadqiqotlar natijasida elektrotexnologik usullardan biri bo‘lgan ultratovush to‘lqinini issiqxona sharoitida zararkunandalar sonini kamaytirishda yuqori samaradorlikka ega ekanligi ma’lum bo‘ldi. Bu usul nafaqat zararkunandalarni samarali nazorat qilishni ta’minlaydi, balki o‘simliklarning o‘sish sur‘atini oshiradi va mahsuldorlikni yaxshilaydi. Tajribalarda ko‘rsatilgan natijalar elektrotexnologiyaning ekologik xavfsiz va samarali bo‘lishini ta’minlaydi, bu esa uning qishloq xo‘jaligida keng qo‘llanilishi uchun katta imkoniyatlar yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. H. Yalcin, “Vision based automatic inspection of insects in pheromone traps,” *Agro-Geoinformatics (Agro Geoinformatics), Fourth International Conference on, Istanbul*, pp. 333-338, 2015.
2. Bobojanov Yu.M. Eshpulatov N.M, Xamidov Yu.K. THE EFFECT OF ULTRASOUND ON THE HEALTH OF WORKERS *Science and Education in Karakalpakstan. 2023 №4/1 ISSN 2181-9203*
3. Subhodip Maulik, “Realization of low cost Bluetooth based visual sensor node for pest and disease detection in crops”, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 2, Issue 6, pp. 92-97, June 2012.
4. Potamitis, I., Ganchev, T., Fakotakis, N., “Automatic acoustic identification of insects inspired by the speaker recognition paradigm”, In *Interspeech*, Pittsburgh, Pennsylvania, pp. 2126–2129, 2006.
5. Dr. S. Thangalakshmi, R. Ramanujan, “Electronic Trapping and Monitoring of Insect Pests troubling Agricultural Fields” *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, Vol. 3, Issue 8, pp. 206-213, August 20
6. Nayan Roy, “Phytochemicals in the sunflower, *Helianthus annuus* L. (cv. PAC-36) and their role in the interactions with defoliator, *Diacrisia casignetum* Kollar (Lepidoptera : Arctiidae)”, *Department of Zoology*, 2013.
7. Chien, L. C., et al. (2010). Ultrasonic waves for insect pest management. *Journal of Applied Entomology*.

XONADONLARDA ENERGIYA TEJASH VA SMART UY LOYIHALASH

Xamidov Yusup Karimberdi o‘g‘li

Energetika kafedrası assistenti

shaxiyeverkin@gmail.com

Ro‘ziyev Alim

Energetika kafedrası talaba

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

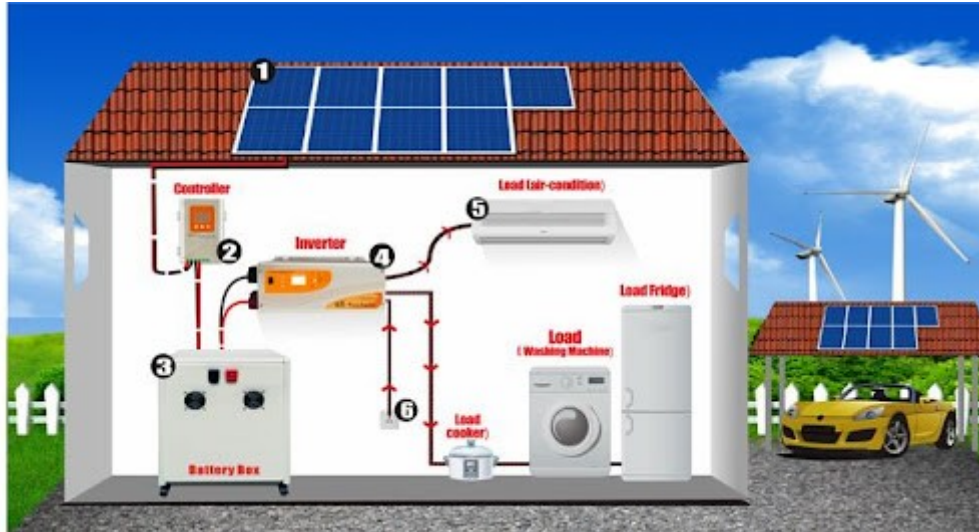
Annotatsiya. Ushbu loyiha zamonaviy turar joy binolarida energiya samaradorligini oshirish va resurslarni oqilona boshqarish maqsadida “Aqlli uy” tizimini loyihalashga bag‘ishlangan. Ishning asosiy mazmuni sensorlar, avtomatlashtirilgan boshqaruv qurilmalari va intellektual algoritmlar yordamida elektr energiyasi, issiqlik hamda suv sarfini 20-30% gacha kamaytirish usullarini tadbiq etishdan iborat. Loyihaning asosiy yo‘nalishlari yoritishni aqlli boshqarish, harakat datchiklari va yorug‘lik darajasini nazorat qiluvchi tizimlar orqali ortiqcha elektr sarfini cheklash. Iqlim nazoratini boshqarish uchun termostatlar yordamida xonadagi haroratni yashovchilarning bor-yo‘qligiga qarab avtomatik sozlash. Monitoring va xavfsizligi uchun energiyadan foydalanish tahlilini real vaqt rejimida mobil ilova orqali kuzatish.

Kalit so‘zlar: Energiya samaradorligi, aqlli uy, avtomatlashtirish, intellektual boshqaruv, aqlli datchiklar, harakat datchigi, aqlli termostat, quyosh panellari, issiqlik izolyatsiyasi, Masofaviy monitoring.

Kirish

Bugungi kunda butun dunyoda energiya resurslariga bo‘lgan talabning keskin ortishi va ekologik muammolarning chuqurlashishi energiya iste’moliga bo‘lgan yondashuvni tubdan o‘zgartirishni talab etmoqda. Statistika ma’lumotlariga ko‘ra, ishlab chiqarilayotgan umumiy energiya resurslar iste’molining katta qismi turar joy binolari hissasiga to‘g‘ri keladi. Shu sababli, xonadonlarda energiya sarfini optimallashtirish va isrofgarchilikning oldini olish nafaqat alohida oila iqtisodiyoti, balki davlat miqyosidagi strategik vazifadir.

Olingan natijalarning amaliy ahamiyati. Loyihada taklif etilayotgan echimlar turar joy binolarida elektr va issiqlik energiyasi sarfini 30-50 foizga kamaytirish bilan birga, yashovchilar uchun maksimal darajada qulaylik va xavfsizlikni ta’minlaydi. Ishlab chiqilgan model yangi qurilayotgan va mavjud binolarni modernizatsiya qilishda qo‘llanilishi mumkin. Bugungi kunda xonadonlarda energiya samaradorligini oshirish masalalari xalqaro miqyosda keng tadqiq etilmoqda.



1-rasm. Aqlli uy elektr ta'minoti bilan ta'minlashning prinsipial sxemasi

Tadqiqot usullari. Ishni bajarish davomida tizimli tahlil, matematik modellashtirish va qiyosiy ko'rsatkichlarni hisoblash usullaridan foydalanildi. Shuningdek, mavjud "Smart Home" platformalarining samaradorligi qiyosiy o'rganildi.

Smart tizimning ishlash tamoyili va texnik tahlili

Xonadonlarda energiya tejashni tizimli tashkil etish uchun "Aqlli uy" loyihasining texnik imkoniyatlarini chuqur tahlil qilish lozim. Tizimning asosiy samaradorligi nafaqat zamonaviy qurilmalardan foydalanishda, balki ularning o'zaro integratsiyalashgan ish algoritmlaridir.



2-rasm. Yoritish tizimini optimallashtirish

An'anaviy yoritish tizimlarida chiroqlar ko'pincha e'tiborsizlik oqibatida kerak bo'lmagan vaqtda ham yonib turadi. Matematik hisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, elektr energiyasi iste'moli qurilma quvvati va uning ishlash vaqtiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liqdir. Aqlli uy tizimida harakat va yorug'lik datchiklari ushbu vaqt ko'rsatkichini minimallashtiradi. Masalan, tashqaridan tushayotgan tabiiy yorug'lik darajasi BH1750 datchigi orqali o'lchanadi va ichki chiroqlarning yorqinligi avtomatik ravishda kamaytiriladi yoki o'chiriladi. Bu esa yoritish uchun sarflanadigan elektr energiyasini 50 foizgacha tejash imkonini beradi.

Issiqlik boshqaruvidagi intellektual echim

Xonadonlardagi eng katta energiya sarfi isitish va sovitish tizimlari hissasiga to‘g‘ri keladi. Binoning issiqlik qarshiligi va tashqi muhit harorati o‘rtasidagi farq issiqlik yo‘qotilishiga sabab bo‘ladi. Smart-termostatlarning vazifasi xonadagi haroratni doimiy bir xil ushlab turish emas, balki uni ehtiyojga qarab dinamik boshqarishdir. Masalan, uyda hech kim bo‘lmagan vaqtda tizim haroratni “ekonom” rejimiga tushiradi, bu esa isitish qozoni yoki konditsionerning ish yuklamasini kamaytiradi. Natijada, issiqlik energiyasini isrof qilish koeffitsiyenti keskin pasayadi.

Iqtisodiy samaradorlik va qoplanish muddati.

Har qanday smart loyihaning hayotiyligi uning iqtisodiy foydasi bilan belgilanadi. Tizimni joriy qilish uchun ketgan boshlang‘ich investitsiya (datchiklar, kontrollerlar va o‘rnatish xarajatlari) tejalgan resurslar hisobiga o‘zini oqlaydi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, energiya sarfi 30-40 foizga kamaygan taqdirda, o‘rtacha aqlli uy tizimi 2-3 yil ichida o‘z xarajatlarini to‘liq qoplaydi va keyinchalik sof foyda keltira boshlaydi.

Energiya tejashning matematik ifodasi; Xonadonda energiya tejash samaradorligini aniqlash uchun quyidagi asosiy formuladan foydalaniladi:

$$\eta = \frac{E_{Avvalgi} - E_{Yangi}}{E_{Avvalgi}} \times 100\%$$

bu yerda: η - energiya samaradorligi koeffitsiyenti (%).

$E_{Avvalgi}$ - aqlli tizim o‘rnatilgunga qadar sarflangan energiya.

E_{Yangi} - tizim o‘rnatilgandan keyingi energiya sarfi.

Issiqlik energiyasini tejash hisobi; Bino devorlari orqali yo‘qotiladigan issiqlik miqdorini kamaytirish “aqlli uy” loyihasining muhim qismidir. Issiqlik oqimi formulasi:

$$Q = \frac{1}{R} \cdot A \cdot \Delta T$$

bu yerda: Q - yo‘qotilayotgan issiqlik miqdori (W).

R - devorning issiqlik qarshiligi ($m^2 \cdot K/W$)

A - devor yuzasi (m^2)

ΔT - ichki va tashqi harorat farqi

Yoritish tizimidagi iqtisodiy samaradorlik ; Elektr energiyasi iste‘moli (W) quyidagicha hisoblanadi:

$$W = P \cdot t \cdot n$$

bu yerda: P - chiroqning quvvati (kVt), t - ish vaqi (soat), n - chiroqlar soni.

Aqlli tizim effekti: Harakat datchiklari va yorug‘lik datchiklari o‘rnatilganda t (vaqt) ko‘rsatkichi o‘rtacha 40-50% ga qisqaradi, bu esa to‘g‘ridan-to‘g‘ri xarajatlarni kamaytiradi.

Loyihaning qoplanish muddati; Aqlli uy tizimiga tikilgan investitsiyaning o‘zini oqlash muddati:

$$T = \frac{I}{C_{tejam}}$$

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bu yerda: T - qoplanish muddati (yil), I - tizimni sotib olish va o‘rnatish xarajatlari, C_{tejam} - bir yilda tejalgan elektr va issiqlik energiyasi qiymati.

Xulosa

“Xonadonlarda energiya tejash va aqlli uy loyihalash” mavzusida olib borilgan tadqiqotlar va hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy texnologiyalarni turar joylarga integratsiya qilish bugungi kunning eng dolzarb talablaridan biridir. Loyiha doirasida olingan natijalar asosida quyidagi umumiy xulosalarga kelindi: Energiya samaradorligining ortishi: Aqlli datchiklar va avtomatlashtirilgan boshqaruv algoritmlarining qo‘llanilishi xonadonlarda elektr energiyasi va issiqlik sarfini o‘rtacha 30% dan 50% gacha qisqartirish imkonini beradi. Bu esa nafaqat oila budjetini tejaydi, balki umumdavlat miqyosida energiya resurslariga bo‘lgan bosimni kamaytiradi. Iqtisodiy asoslanganlik: aqlli uy tizimini o‘rnatish uchun sarflangan boshlang‘ich investitsiyalar tejalgan energiya mablag‘lari hisobiga o‘rtacha 2–4 yil muddatda o‘zini to‘liq oqlaydi. Bu esa loyihaning moliyaviy jihatdan jozibadorligini isbotlaydi. Muqobil energiya manbalarining (quyosh panellari) tizimga integratsiyasi esa xonadonning ekologik tozaligini yanada oshiradi. Hayot sifati va xavfsizlik: Tejash bilan bir qatorda, aqlli uy tizimi yashovchilar uchun yuqori darajadagi qulaylik va xavfsizlikni (yong‘in, gaz sizib chiqishi yoki ruxsatsiz kirishdan himoya) ta‘minlaydi

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasining Qonuni. “Energiya tejash va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Qarori. “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishni yanada rag‘batlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”.
3. KMK 2.01.04-19. “Binolarning issiqlik himoyasi” (Qurilish me‘yorlari va qoidalari).
4. Ключев А.С. “Проектирование систем автоматизации технологических процессов” - Москва: Энергоатомиздат.
5. Karlsson J. “Smart Homes and Energy Management Systems”. - Springer Science.
6. Sodiqov T.R. “Muqobil energiya manbalari va ulardan foydalanish” - Toshkent: Fan va texnologiya.
7. Sinclair J. “IoT and the Smart Home: A Guide to Energy Efficiency” - McGraw-Hill Education.
8. IEEE Xplore Digital Library "Energy Efficient Smart Home Management Systems" - ilmiy maqolalar bazasi.
9. Arduino and Raspberry Pi Documentation. Smart home sensorlari va kontrollerlarini dasturlash bo‘yicha texnik qo‘llanmalar (docs.arduino.cc).

**STATCOM QURILMASI QO‘LLANILGAN ELEKTR TARMOG‘INING
MINIMAL YUKLAMA REJIMINI HISOBLASH (IEEE–14 TEST
SXEMASI MISOLIDA)**

Xamidov Shuxrat Vaxidovich

O‘z.Res.FA. Energetika muammolari instituti katta ilmiy hodim
khamidov_sh@mail.ru

Normuratov Bahrom Ravshanovich

Toshkent davlat texnika universiteti o‘qituvchisi

Axmadjonova Mohidil Elyor qizi

Toshkent davlat texnika universiteti talabasi

Annotatsiya. Elektr energetika tizimida minimal ish rejimlari deyilganda kichik yuklamali ish rejimlari tushuniladi. Bu paytda sanoat korxonalari o‘z ish faoliyatini to‘xtatgan bo‘ladi. Odatda minimal ish rejimlari tungi soat 23:00 dan 05:00 gacha bo‘lgan vaqt intervalini o‘z ichiga oladi. Bunday ish rejimlarida odatda kuchlanishning nominal qiymatdan oshib ketishi kuzatida. Kuchlanishning ruxsat etilgan qiymatidan yuqori bo‘lishi elektr qurilmalarning izolyatsiyasiga salbiy ta‘sir etadi. Buni oldini olish maqsadida elektr tarmoqlariga FACTS (*Flexible Alternating Current Transmission Systems*) qurilmalari oilasiga kiruvchi STATCOM (Statik sinxron kompensator) qurilmasi qo‘llaniladi. Bunda elektr tarmog‘idagi ortiqcha reaktiv quvvatini STATCOM kompensatsiya qilishi (iste‘mol qiladi (aksincha kuchlanish tushganda ishlab beradi)) hisobiga kuchlanish o‘zining nominal qiymatiga tushadi.

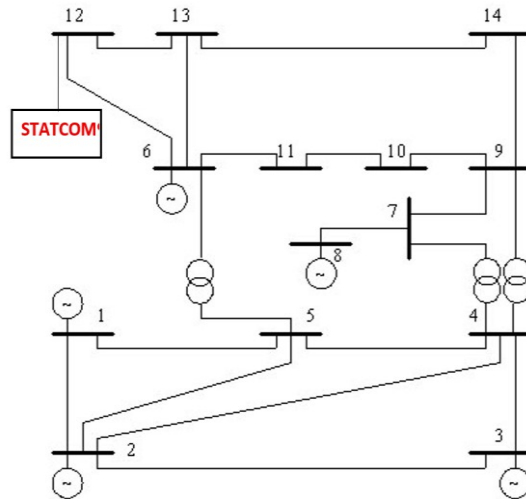
Kalit so‘zlar: elektr energetika tizimi, FACTS, STATCOM, minimal yuklamali rejim, reaktiv quvvat, kuchlanish profili, IEEE–14 test sxemasi.

IEEE–14 test sxemasiga STATCOM qurilmasi ulangan holat uchun elektr tarmog‘ining minimal yuklama rejimini hisoblash.

Kompensator sifatida STATCOM (FACTS) qurilmasini o‘rnatish uchun 12-tugun tanlandi (**1-rasm**). Uning reaktiv quvvati $Q_{\text{target}} = \pm 20$ MVar qilib belgilanib, bu past kuchlanishli darajadagi tugunlarda kuchlanish yetishmovchiligini bartaraf etishni ta‘minlaydi. B_{add} parametri Q_{target} ni saqlash sharti asosida iteratsion tarzda tanlab olindi [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.].

Elektr tarmoqni batafsil modellashtirish natijalariga tayangan holda, 12-tugun uchun FACTS qurilmasi turini tanlash tizimning elektr va dinamik xarakteristikalarini kompleks baholash, shuningdek kompensatorni joriy etishning iqtisodiy maqsadga muvofiqligini hisobga olish asosida amalga oshirildi. Bazaviy rejimda 220 kV kuchlanish sinfiga mansub tugunlarda kuchlanish nominal qiymatga nisbatan 4–6 % ga yuqori ekani qayd etilgan bo‘lib, bu mahalliy ortiqcha kuchlanish holatlarini ko‘rsatadi va ular ortiqcha isroflar hamda uskunalarning tezroq eskirishiga olib kelishi mumkin. 110 kV kuchlanish sinfiga mansub tugunlarda, xususan 12-tugunda, kuchlanish yetishmovchiligi 16,66 % gacha yetadi, bu esa yuqori reaktiv quvvat oqimlari, fazaviy yuklamalar nomuvozanatligi hamda jami

aktiv quvvat isroflari $P_{\text{loss,base}}=11,842=11,842$ MVt bilan kuzatiladi. Mazkur holat reaktiv quvvatning yetarli darajada kompensatsiya qilinmaganini, liniyalar o‘tkazuvchanlik qobiliyatining cheklanganligini hamda maksimal yuklamalar sharoitida tizim barqarorligi uchun potensial xavf mavjudligini ko‘rsatadi [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.].



1-rasm. FACTS qurilmasi(STATCOM) o‘rnatilgan IEEE–14 test sxemasi

Ushbu muammolarni bartaraf etish maqsadida yuqori tezkorlikka ega bo‘lgan hamda reaktiv quvvatni deyarli darhol generatsiya qilish yoki yutish qobiliyatiga ega FACTS turidagi shuntiruvchi kompensator - STATCOM ʻurilmasi tanlandi. Bu xususiyat, ayniqsa, kuchlanish yetishmovchiligi kuzatiladigan tugunlarda nominal kuchlanishni saqlab turish uchun juda muhim ahamiyat kasb etadi. 12-tugunda STATCOM o‘rnatilgan holda tarmoq ish rejimi modellashtirilishi natijalari 110 kV kuchlanish sinfiga mansub tugunlarda o‘rtacha kuchlanish qiymatlari 2–3 % ga oshganini, shuningdek nominal qiymatdan maksimal og‘ishlar $MAD_{\text{FACTS}}=6,5\%$ gacha kamayganini ko‘rsatdi. Shu bilan birga, jami aktiv quvvat isroflari 1,037 MVt ga qisqardi, bu esa qurilmaning ortiqcha yuklanishlarni kamaytirish va quvvat oqimlarini qayta taqsimlashdagi samaradorligini tasdiqlaydi. Reaktiv quvvat oqimlari tahlili esa asosiy liniyalarda ularning qiymatlari kamayganini ko‘rsatdi, bu esa mahalliy ortiqcha yuklanishlar xavfini pasaytiradi, dinamik nobarqarorliklar yuzaga kelish ehtimolini kamaytiradi hamda iste‘molchilarni elektr energiyasi bilan ta‘minlash ishonchliligini oshiradi [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.].

SVC va TCSC kabi muqobil FACTS qurilmalari bilan taqqoslash natijalari STATCOM aktiv quvvat va yuklama tebranishlaridan deyarli mustaqil holda kuchlanishni yanada barqaror tartibga solishni ta‘minlashini ko‘rsatdi. Bu ayniqsa kuchlanish yetishmovchiligi va yuqori reaktiv quvvat oqimlari kuzatiladigan tugunlar uchun muhim ahamiyatga ega. Qo‘shimcha ravishda, STATCOM tarmoqni operativ boshqarish imkoniyatlarini kengaytiradi: quvvat oqimlarini tartibga solish, generatorlar sinxronligini yaxshilash hamda avariyaaviy rejimlarda barqarorlikni yo‘qotish xavfini kamaytirish imkonini beradi. Kompensatorni o‘rnatishning iqtisodiy samaradorligi energiya isroflarini kamaytirish hisoblari, avariyaaviy

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

o‘chishlar sonini qisqartirish hamda yangi liniyalar qurilishiga qaratilgan kapital sarflarni kechiktirish imkoniyati bilan asoslanadi. Bu quyidagi ifoda asosida baholandi [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.]:

$$P_{\text{loss.red}} = P_{\text{loss.base}} - P_{\text{loss.FACTS}} \quad (1)$$

bunda hisob-kitoblar turli yuklama va avariya viy ssenariylar sharoitida PSSE va DIgSILENT PowerFactory dasturiy majmualari yordamida amalga oshirildi [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.].

FACTS qurilmasi o‘rnatilgandan so‘ng 1-jadvalda keltirilgan yangi barqaror rejim hosil qilindi.

1-jadval

FACTS qurilmalari qo‘llanilgan holda tarmoq rejimi parametrlari

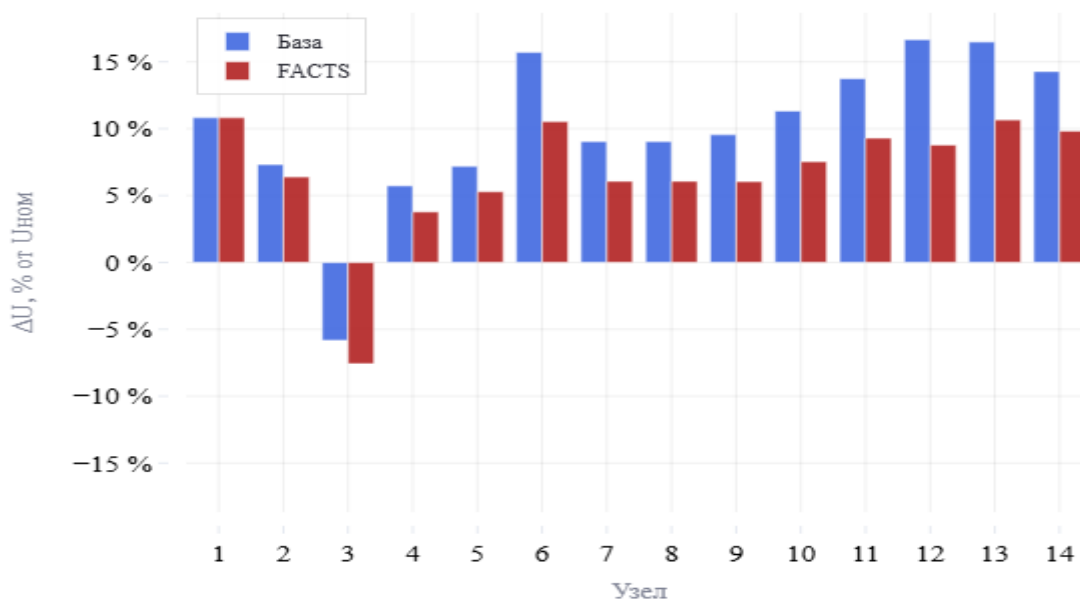
tugun	U₁ FACTS (kV)	U₂ FACTS (kV)	 U _{FACTS} (kV)	 U /U_{nom} FACTS (p.u.)
1	243,80	0	243,80	1,11
2	234,03	-4,36	234,07	1,06
3	200,76	-32,27	203,34	0,92
4	228,30	-3,32	228,32	1,04
5	231,64	-1,23	231,65	1,05
6	121,5	4,68	121,59	1,11
7	116,68	-0,54	116,68	1,06
8	116,68	-0,54	116,68	1,06
9	116,66	0,08	116,66	1,06
10	118,29	1,57	118,3	1,08
11	120,17	3,41	120,22	1,09
12	119,39	7,89	119,65	1,09
13	121,58	6,18	121,73	1,11
14	120,71	4,92	120,81	1,10

FACTS qurilmasi o‘rnatilgandan so‘ng quyidagi o‘zgarishlar qayd etildi:

-test sxemasining 110 kV kuchlanish sinfiga mansub tugunlarda kuchlanish modullari o‘rtacha **2–3 %** ga oshdi;

-nominal qiymatdan og‘ishlar kamaydi: **MAD_{FACTS} = 6.5 %**, eng katta og‘ish 8-tugunda (+13 %) kuzatildi;

-aktiv quvvat isroflari **ΔP= 0,8 MVt** ga kamayib, **P_{loss.FACTS}=12,4 MVt** ni tashkil etdi.



2-rasm. Tugunlardagi kuchlanishlar diagrammasi

Tarmoqning bazaviy rejimi bilan shuntiruvchi FACTS kompensatori o‘rnatilgan rejimni taqqoslash elektr ko‘rsatkichlarida sezilarli yaxshilanishni namoyon etadi. Bazaviy rejimda 220 kV kuchlanish sinfiga mansub tugunlarda kuchlanish nominal qiymatga nisbatan 4–6 % ga yuqori bo‘lishi kuzatilsa, 110 kV sinfiga, ayniqsa 12-tugunda, kuchlanish yetishmovchiligi +16,66 % gacha yetadi. Bu holat ortiqcha reaktiv quvvat oqimlari hamda jami aktiv quvvat isroflari $P_{\text{lossbase}}=11,842$ MVt bo‘lgan holatda kechadi. 12-tugunda FACTS qurilmasi o‘rnatilgandan so‘ng 110 kV sinfiga mansub tugunlarda o‘rtacha kuchlanish qiymatlari 2–3 % ga oshdi, nominaldan og‘ishlar $MAD_{\text{FACTS}}=6,5\%$ gacha kamaydi, jami aktiv quvvat isroflari esa 1,037 MVt ga qisqardi. Shu tariqa, FACTS qurilmasi bir vaqtning o‘zida quyidagilarni ta‘minlaydi [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.]:

- tarmoq bo‘ylab kuchlanish profilini tenglashtirish;
- reaktiv nomuvozanatlar va shoxobchalardagi toklarni kamaytirish;
- jami aktiv quvvat isroflarini kamaytirish.

Tahlil natijalariga ko‘ra, kuchlanish yetishmovchiligi yaqqol namoyon bo‘lgan past kuchlanishli darajadagi tugunga (12-tugun) kompensatorni o‘rnatish kuchlanishlarni optimallashtirish va quvvat isroflarini kamaytirish bo‘yicha eng yuqori samarani beradi. Bu esa tarmoq ishonchliligi va iqtisodiy samaradorligini oshirishda reaktiv quvvatni boshqarish usulining samaradorligini tasdiqlaydi [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.].

Shu tariqa, 12-tugunda STATCOM qurilmasini joriy etish tarmoq ishlashini kompleks ravishda yaxshilashni ta‘minlaydi: kuchlanishlarni barqarorlashtirish, reaktiv quvvat oqimlarini kamaytirish, aktiv quvvat isroflarini qisqartirish, liniyalar o‘tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish, ortiqcha yuklanishlar va dinamik ta’sirlarga nisbatan barqarorlikni kuchaytirish, shuningdek ekspluatatsion va kapital

xarajatlarni optimallashtirish hisobiga iqtisodiy samaradorlikka erishish. Mazkur FACTS qurilmasi turining tanlanishi uning yuqori dinamik ishlash xususiyatlari, kuchlanishni aniq tartibga solish imkoniyati hamda tarmoqni jiddiy rekonstruksiya qilmasdan mavjud infratuzilmaga integratsiya qilish imkoniyati bilan asoslanadi [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.].

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

[1] Xamidov Sh.V., Tanirbergenov R.M., Normuratov B.R. - Optimizatsiya poter moshnosti v elektricheskoy seti s pomomyu ustroystv FACTS // Sbornik materialov respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferensii «Energetika va energiya tejash muammolari». – Tashkent: O‘z.Res.FA Institut energeticheskix problem i TDTU, 2025. – S. 41–43.

[2] Noroozian M., Angquist L., Ghandhari M., Andersson G. Use of UPFC for optimal power flow control // IEEE Transactions on Power Delivery. — 1997. — Vol. 12, No. 4. — P. 1629–1634.

[3] T. Gayibov, B. Uzakov, A. Shanazarov. Algorithm of power system mode optimization taking into account losses in networks and functional constraints. AIP Conference Proceedings 2612, 050011 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0117667>.

[4] Mosalanejad, A., Hamed, H. R., and Taghvaei, M. "Optimal location and setting of multiple FACTS devices considering system load variations." International Journal of Electrical Power & Energy Systems 114 (2020): 105417.

[5] T. Gayibov, B. Pulatov, Sh. Latipov. Method for selection of optimal composition of operating units in power plants by genetic algorithm. *AIP Conf. Proceedings*. 2612, 050012 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0118005>.

[6] Tulkin Gayibov. Optimization of power systems modes taking into account the influence of electrical networks. AIP Conference Proceedings 2552, 040016 (2023); <https://doi.org/10.1063/5.0130726>.

[7] T. Gayibov, B. Uzakov, A. Shanazarov. Algorithm of power system mode optimization taking into account losses in networks and functional constraints. AIP Conference Proceedings 2612, 050011 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0117667>.

[8] Ahmed, M., Ibrahim, A., Samir, F., and El-Gilany, A. "Optimization of FACTS Devices using Evolution Strategies for Voltage Stability." 2017 IEEE International Conference on Energy, Environment, and Economics (EEE) (2017): 1-6.

[9] Santos, E. B., do Couto, L. R., and Wu, J. "Optimal Placement and Sizing of STATCOM Considering Dynamic and Voltage Stability." IET Generation, Transmission & Distribution 12.23 (2018): 6450-6457.

[10] Amrane, I., Benchaib, A., and Slimani, L. "Optimal location of multiple FACTS devices in power systems using a novel hybrid algorithm." Electric Power Systems Research 189 (2020): 106740.

[11] D. C. Oyiogu, C. A. Obiora-Okeke, A. O. Aniagboso. «A Comparative Analysis of STATCOM, SVC, TCSC and UPFC for Voltage Stability and Power loss Reduction in Power System Network». Iconic Research and Engineering Journals, Volume 7, Issue 7, January 2024, pp. 500–510.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

[12] DIgSILENT GmbH. PowerFactory User Manual. — Gomaringen: DIgSILENT GmbH, 2023.

[13] IEEE Std 1815-2021. IEEE Standard for Electric Power Systems Communications — Distributed Network Protocol (DNP3). — New York: IEEE, 2021.

[14] Xamidov Sh.V., Tanirbergenov R.M., Normuratov B.R. / Raschot rejima elektricheskoy seti s zapisyu uzlovykh uravneniy v polyarnykh koordinatax. Agentstvo po intellektualnoy sobstvennosti RUz. Svidetelstvo DGU № 42640. 03.10.2024 g.

[15] Xamidov Sh.V., Tanirbergenov R.M., Normuratov B.R. / Raschot rejimov elektricheskoy seti metodom Nyutona–Rafsona i optimizatsiya parametrov s ispolzovaniem ustroystv FACTS. Agentstvo po intellektualnoy sobstvennosti RUz. Svidetelstvo DGU № 55344. 16.10.2025 g.

TAQSIMLOVCHI PODSTANSIYALARNI SCADA TIZIMI ASOSIDA MASOFADAN BOSHQARISHNING TEXNIK VA IQTISODIY SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Xolmirzayev Ilhom Jummayevich

Energetika kafedrası o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

ilhomxolmirzayev1983@jmail.com

Qahhorov Shamshodbek Bekzod o‘g‘li

Energetika kafedrası 4-bosqich talabasi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya: Elektr energetika tizimlarida raqamli texnologiyalarni joriy etish va podstansiyalarni avtomatlashtirish bugungi kunda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Mazkur maqolada 220/110/35 kV taqsimlovchi podstansiyalarni SCADA tizimi asosida masofadan boshqarishning texnik va iqtisodiy samaradorligi tahlil qilingan. Tadqiqot davomida SCADA tizimining tuzilishi, dispetcherlik boshqaruvi, RTU va PLC qurilmalarining ishlash prinsiplari hamda IEC 61850 va Modbus aloqa protokollarining qo‘llanilish xususiyatlari o‘rganildi. Podstansiyalarda real vaqt rejimida monitoring va boshqaruvni tashkil etish orqali avariylarni tezkor aniqlash, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish hamda operator ish faoliyatini optimallashtirish imkoniyatlari ko‘rib chiqildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, SCADA tizimini joriy etish podstansiyalarning ishonchliligini oshirish, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish va elektr ta‘minoti sifatini yaxshilashga xizmat qilishi aniqlandi. Shuningdek, zamonaviy raqamli podstansiyalarni yaratishda IEC 61850 standartining ahamiyati asoslab berildi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kalit so‘zlar: SCADA tizimi, taqsimlovchi podstansiya, IEC 61850, RTU, PLC, dispetcherlik boshqaruvi, avtomatlashtirish, masofadan monitoring, Smart Grid, Modbus.

Kirish

Hozirgi kunda elektr energetika tizimlarini raqamlashtirish va avtomatlashtirish jarayonlari jadal sur‘atlarda rivojlanmoqda. Elektr energiyasiga bo‘lgan talabning ortib borishi, elektr ta‘minoti sifatiga qo‘yilayotgan yuqori talablar hamda energetika obyektlarining murakkablashuvi taqsimlovchi podstansiyalarni zamonaviy boshqaruv tizimlari asosida modernizatsiya qilish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Shu sababli elektr tarmoqlarida SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) tizimlarini qo‘llash dolzarb ilmiy va amaliy masalalardan biri hisoblanadi. An‘anaviy podstansiyalarda boshqaruv jarayonlari asosan operator ishtirokida amalga oshiriladi. Bunday tizimlarda avariya holatlarni aniqlash va bartaraf etish ko‘p vaqt talab qiladi. Natijada elektr energiyasi yo‘qotishlari ortadi, uskunalarning ishonchliligi pasayadi hamda ekspluatatsion xarajatlar ko‘payadi. Ayniqsa 220/110/35 kV taqsimlovchi podstansiyalarda katta quvvat oqimlari mavjudligi sababli tezkor dispetcherlik nazorati muhim ahamiyat kasb etadi.

SCADA tizimlari esa real vaqt rejimida ma‘lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash, monitoring qilish va masofadan boshqarish imkonini beradi. Mazkur tizimlar yordamida podstansiyalardagi elektr parametrlarini uzluksiz kuzatish, avariya holatlarni tezkor aniqlash va himoya tizimlarini avtomatik boshqarish mumkin bo‘ladi. Bundan tashqari, SCADA tizimlari Smart Grid texnologiyalarining asosiy tarkibiy qismlaridan biri hisoblanadi.

Tadqiqotning vazifalari: SCADA tizimining tuzilishi va ishlash prinsipini tahlil qilish; podstansiyalarda RTU va PLC qurilmalarining ishlash xususiyatlarini o‘rganish; IEC 61850 va Modbus aloqa protokollarini tahlil qilish; podstansiyalarda real vaqt monitoring tizimini tashkil etish; SCADA tizimining energiya samaradorligiga ta‘sirini baholash. Tadqiqotning ilmiy yangiligi sifatida taqsimlovchi podstansiyalar uchun SCADA asosidagi optimallashtirilgan dispetcherlik boshqaruv modeli taklif etildi hamda uning energiya yo‘qotishlarini kamaytirishdagi samaradorligi nazariy jihatdan asoslandi. Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundaki, ishlab chiqilgan yechimlar elektr taqsimlash tarmoqlarida avariya holatlarni tezkor aniqlash, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish va podstansiyalar ishonchliligini oshirish imkonini beradi.

SCADA tizimining tuzilishi va ishlash prinsipi. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) tizimi sanoat ob'ektlarida ma'lumotlarni avtomatik yig'ish, qayta ishlash, monitoring qilish va masofadan boshqarishni ta'minlovchi kompleks dasturiy-apparat tizimidir. Taqsimlovchi podstansiyalarda SCADA tizimi uchta asosiy qatlamdan iborat bo'ladi:

Quyi qatlam (Field level) - dala qurilmalari: o‘lchov transformatorlari, rele himoya qurilmalari, avtomatik uzgichlar va boshqa birlamchi uskunalar. Bu qatlam podstansiyaning fizik jarayonlarini bevosita boshqaradi. **O‘rta qatlam (Control**

level) - RTU (Remote Terminal Unit) va PLC (Programmable Logic Controller) qurilmalari. Ushbu qatlam dala qurilmalaridan ma'lumot yig'ib, yuqori qatlamga uzatadi. **Yuqori qatlam (Supervisory level)** - dispetcherlik markazi (SCADA server, HMI operatorlar paneli, ma'lumotlar bazasi). Bu qatlamda operator real vaqt rejimida butun tizimni kuzatadi va boshqaradi. Uch qatlamli arxitektura tizimning ishonchliligini oshiradi: yuqori qatlam ishdan chiqqan taqdirda ham quyi qatlamlar mustaqil ishlashda davom etadi.

RTU (Remote Terminal Unit) - masofadagi ob'ektlarda o'rnatiluvchi qurilma bo'lib, analog va diskret signallarni yig'ish, ularga birlamchi ishlov berish hamda dispetcherlik markaziga uzatish vazifasini bajaradi. RTU qurilmalari qattiq iqlim sharoitlariga, elektromagnit ta'sirlarga va kuchlanish tebranishlariga chidamli bo'lishi lozim. 220/110/35 kV podstansiyalarda RTU qurilmalari quyidagi parametrlarni o'lchaydi: tok va kuchlanish qiymatlari (har bir yacheyka bo'yicha); faol va reaktiv quvvat; tarmoq chastotasi; uzgichlar va ajratgichlar holati (ochiq/yopiq); transformator moyining harorati.

PLC (Programmable Logic Controller) - dasturlanadigan mantiqiy kontroller bo'lib, RTUdan farqli o'laroq, murakkab avtomatlashtirish algoritmlarini bajarish imkoniga ega. Zamonaviy podstansiyalarda PLC qurilmalari rele himoya funksiyalarini, AVR (Avtomatik Voltage Regulator), AZU (Avtomatik Zahira Ulanish) va APU (Avtomatik Qayta Ulanish) vazifalarini bajaradi. PLC ning dasturlanuvchanligi uni turli texnologik jarayonlarga moslashtirishga imkon beradi.

Dispetcherlik markazi (HMI) real vaqt rejimida podstansiya sxemasini grafik ko'rinishda tasvirlash; o'lchov parametrlarini raqamli va grafik (trend) shaklda ko'rsatish; avariya signallarni (alarm) qabul qilish, tasniflash va qayd etish; masofadan kommutatsiya qurilmalarini boshqarish; arxiv ma'lumotlarni saqlash va hisobot tuzish; foydalanuvchi huquqlarini boshqarish (access control). Zamonaviy HMI tizimlari WEB-interfeys orqali ishlash imkonini beradi, bu esa dispetcherga istalgan joydan - kompyuter, planshet yoki smartfon orqali - tizimni kuzatish imkonini yaratadi.

Aloqa protokollari tahlili. IEC 61850 - elektr podstansiyalarini avtomatlashtirish uchun maxsus ishlab chiqilgan xalqaro standart bo'lib, podstansiya ichidagi barcha qurilmalar o'rtasida yagona raqamli aloqani ta'minlaydi. Ushbu standart an'anaviy mis simli ulanishlarni optik tolali va Ethernet tarmoqlari bilan almashtirish imkonini beradi.

IEC 61850 standartining asosiy afzalliklari

Interoperabellik - turli ishlab chiqaruvchilarning qurilmalari bir tizimda muammosiz ishlashi;

Tezkor ma'lumot uzatish - GOOSE xabarlarini orqali 4 ms dan kam vaqtda signal uzatish;

Konfiguratsiyalanuvchilik - SCL (Substation Configuration Language) orqali tizimni oson sozlash;

Kengaytiriluvchilik - yangi qurilmalarni tizimga osongina qo'shish imkoniyati;

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Xavfsizlik - ma'lumotlarni shifrlash va autentifikatsiya mexanizmlari.

220/110/35 kV podstansiyalarda IEC 61850 standarti rele himoya qurilmalari (IED), o'lov qurilmalari va avtomatik uzgichlar o'rtasida real vaqt rejimida ishonchli ma'lumot almashishni ta'minlaydi.

Modbus protokoli. Modbus - 1979-yilda Modicon kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan va bugungi kunda sanoatda keng qo'llaniladigan aloqa protokolidir. Modbus RTU va Modbus TCP/IP ko'rinishlarida mavjud bo'lib, taqsimlovchi podstansiyalarda asosan quyidagi holatlarda qo'llaniladi: eski avlod RTU qurilmalari bilan aloqa o'rnatishda; energiya o'lchagichlar (hisoblagichlar) bilan ma'lumot almashishda; past tezlikdagi aloqa liniyalarida ishlovchi qurilmalar bilan ulanishda. Modbus protokolining soddaligi va narxi arzonligi uni hali ham keng tarqalgan qilmoqda. Biroq xavfsizlik, tezlik va kengaytiriluvchilik jihatidan IEC 61850 dan sezilarli darajada qolishadi.

Protokollarni solishtirish

1-jadval

Ko'rsatkich	IEC 61850	Modbus
Uzatish tezligi	100 Mbit/s gacha	115 kbit/s gacha
Xavfsizlik darajasi	Yuqori	Past
Interoperabellik	To'liq	Cheklangan
Arxitektura	Ob'ektga yo'naltirilgan	Master-Slave
Qo'llanish sohasi	Zamonaviy podstansiyalar	Eski qurilmalar

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, zamonaviy 220/110/35 kV podstansiyalar uchun IEC 61850 standarti eng maqbul yechim hisoblanadi. Biroq mavjud eski qurilmalar bilan moslashuv uchun Modbus protokolidan ham parallel foydalanish maqsadga muvofiqdir.

220/110/35 kV podstansiyalarda scada joriy etish. Monitoring tizimini tashkil etish: 220/110/35 kV taqsimlovchi podstansiyalarda SCADA tizimini joriy etish to'rt bosqichda amalga oshiriladi:

Birinchi bosqich - mavjud uskunalarni inventarizatsiya qilish va SCADA tizimi bilan moslashuvini tekshirish. Bu bosqichda podstansiyaning bir-line diagrammasi raqamli shaklga o'tkaziladi, mavjud himoya releslarining interfeyslari aniqlanadi.

Ikkinchi bosqich - RTU/PLC qurilmalarini o'rnatish va sozlash. Har bir yacheykaga o'lov transformatorlaridan signal oluvchi qurilmalar o'rnatiladi, ularning kalibrlanishi amalga oshiriladi.

Uchinchi bosqich - aloqa infratuzilmasini yaratish. IEC 61850 standarti bo'yicha optik tolali tarmoq yotqiziladi, dispetcherlik markaziga VPN kanal orqali xavfsiz ulanish ta'minlanadi.

To'rtinchi bosqich - HMI dasturiy ta'minotini sozlash va sinov o'tkazish. Podstansiyaning grafik sxemasi, trend grafiklar, alarm tizimlari va hisobot shakllari sozlanadi, 72 soatlik sinov rejimi o'tkaziladi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Avariylarni tezkor aniqlash SCADA tizimi joriy etilganda avariyaaviy holatlarni aniqlash vaqti sezilarli darajada qisqaradi. Tizim quyidagi avariya turlarini avtomatik ravishda aniqlaydi: qisqa tutashuv (KT) va bir fazali yerga ulash holatlari; kuchlanish va tok qiymatlarining ruxsat etilgan chegaradan oshishi; transformator moyining harorati ko‘tarilishi; aloqa liniyasining uzilishi yoki signal yo‘qolishi; batareya zaxira manbasining zaryadlanish darajasi pasayishi.

Avariya aniqlanishi bilan oq tizim dispetcherga ovozli va vizual signal beradi, avtomatik himoya qurilmalari esa kerakli kommutatsiya amallarini bajaradi. Bu jarayon 100-200 ms ichida amalga oshiriladi - an'anaviy tizimga nisbatan 15-20 marta tezroq.

Avtomatik himoya tizimlari SCADA tizimi bilan integratsiyalashgan avtomatik himoya tizimlari quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

AVR (Avtomatik Voltage Regulator) - transformator yuklama o‘zgarganda kuchlanishni belgilangan chegarada avtomatik ushlab turish;

AZU (Avtomatik Zahira Ulanish) - asosiy manba uzilganda 0,3-0,5 soniya ichida zahira manbaga avtomatik o‘tish;

APU (Avtomatik Qayta Ulanish) - vaqtinchalik avariyalardan (chaqmoq urishi, shamol va h.k.) keyin liniyani avtomatik tiklash;

Differentsial himoya - transformator ichki shikastlanishlarini aniqlash va ulashdan ajratish.

Texnik samaradorlik tahlili va ishonchlilik ko‘rsatkichlari. SCADA tizimini joriy etish podstansiya ishonchliligini oshirishning asosiy omillaridan biri hisoblanadi. Xalqaro amaliyotda ishonchlilik ko‘rsatkichlari sifatida SAIDI (System Average Interruption Duration Index - o‘rtacha uzilish davomiyligi indeksi) va SAIFI (System Average Interruption Frequency Index - o‘rtacha uzilish chastotasi indeksi) qo‘llaniladi.

Xalqaro tadqiqotlar va O‘zbekiston energetika tizimida olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, SCADA tizimi joriy etilgan podstansiyalarda: avariya aniqlash vaqti **70-80%** ga qisqaradi; elektr ta'minoti uzilish davomiyligi (SAIDI) **45-55%** ga kamayadi; avariya chastotasi (SAIFI) **30-40%** ga pasayadi; rejali texnik xizmat ko‘rsatish vaqti **25-30%** ga qisqaradi.

Real vaqt rejimida monitoring orqali quvvat oqimlarini optimallashtirish imkoniyati yaratiladi. SCADA tizimi yuk grafigini tahlil qilib, transformatorlarni optimal rejimda yuklash va reaktiv quvvatni kompensatsiyalashni ta'minlaydi. Natijada: texnik yo‘qotishlar **8-12%** ga kamayadi; transformatorlarning foydali ish koeffitsiyenti (FIK) **3-5%** ga oshadi; pik yuklamalar davrida quvvat sarfi optimallasadi; reaktiv quvvatni kompensatsiyalash samaradorligi **15-20%** ga yaxshilanadi.

Iqtisodiy samaradorlik tahlili. Joriy etish xarajatlari 220/110/35 kV podstansiyada SCADA tizimini joriy etish xarajatlari quyidagi tarkibiy qismlardan iborat:

2-jadval

Xarajat turi	Taxminiy ulushi
RTU/PLC qurilmalari	35%
Aloqa infratuzilmasi	20%
HMI dasturiy ta'minot	15%
O'rnatish va sozlash ishlari	20%
Xodimlarni o'qitish	10%

XULOSA

1. SCADA tizimi 220/110/35 kV taqsimlovchi podstantsiyalarda real vaqt rejimida monitoring va masofadan boshqarishni ta'minlab, avariylarni aniqlash vaqtini 70-80% ga qisqartiradi va elektr ta'minoti ishonchliligini sezilarli darajada oshiradi.

2. IEC 61850 standarti zamonaviy raqamli podstantsiyalar uchun eng maqbul aloqa protokoli hisoblanib, tizimlar o'rtasida yuqori tezlikda va xavfsiz ma'lumot almashishni ta'minlaydi. Mavjud eski qurilmalar bilan moslashuv uchun Modbus protokolidan parallel foydalanish maqsadga muvofiqdir.

3. RTU va PLC qurilmalarini SCADA tizimi bilan integratsiyalash podstantsiya avtomatlashtirish darajasini oshiradi, AVR, AZU va APU funksiyalarini samarali bajarishga imkon beradi.

4. SCADA tizimini joriy etish energiya yo'qotishlarini 8-12% ga kamaytirish, elektr ta'minoti uzilish davomiyligini 45-55% ga qisqartirish va ekspluatatsion xarajatlarni 30-40% ga kamaytirish imkonini beradi.

5. Iqtisodiy tahlil natijalariga ko'ra, SCADA tizimini joriy etish uchun sarflangan kapital qo'yilmalar 3-4 yil ichida to'liq qoplanadi, bu esa mazkur loyihaning yuqori investitsion jozibadorligini tasdiqlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. IEC 61850: Communication networks and systems for power utility automation. - International Electrotechnical Commission, 2013.

2. Boyer S.A. SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. - ISA, 2010. - 204 p.

3. Mohagheghi S., Stoupis J., Wang Z. Communication protocols and networks for power systems. - IEEE PES, 2009.

4. Mirziyoyev Sh.M. O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi. - Toshkent, 2017.

5. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Elektr energetika tarmog'ini modernizatsiya qilish to'g'risida"gi PQ-207-son qarori. - 2022.

6. Lisyuk V.M. Avtomatizatsiya podstansiy na osnove SCADA-sistem. - Moskva: Energoizdat, 2018. - 312 b.

7. Nazarov A.X., Toshmatov B.R. Elektr tarmoqlarini avtomatlashtirish asoslari. - Toshkent: ToshDTU, 2020. - 280 b.

8. Xolmatov T.A. Smart Grid texnologiyalari va ularni qo'llash istiqbollari. - Toshkent: Fan, 2021. - 195 b.

**NASOSLARNI ZAMONAVIY AQILLI (SMART) TIZIMLAR ORQALI
BOSHQARISHDA ENERGIYA SAMARADORLIGIGA ERISHISH
TAHLILI**

Xolmirzayev Ilhom Jummayevich

Energetika kafedrası o‘qituvchisi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
ilhomxolmirzayev1983@jmail.com

Jo‘rayev Jamol Bobomurod o‘g‘li

Energetika kafedrası 4-bosqich talabasi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Ushbu tezisda sanoat korxonalari, kommunal xo‘jalik obyektlari va suv ta‘minoti tizimlarida nasos agregatlarini zamonaviy aqlli boshqaruv tizimlari orqali boshqarishning energiya samaradorligiga ta‘siri tahlil qilingan. An‘anaviy nasos tizimlarida elektr dvigatellarning doimiy tezlikda ishlashi, drossellash orqali sarfni rostlash, ortiqcha bosim hosil qilish va salt ishlash holatlari elektr energiyasi isrofining asosiy sabablaridan biri hisoblanadi. Smart boshqaruv tizimlari esa chastota o‘zgartirgichlar, bosim va sarf sensorlari, IoT monitoring, avtomatik algoritmlar hamda sun‘iy intellekt asosidagi prognozlash usullari orqali nasos ish rejimini real talabga moslashtirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: nasos agregati, smart boshqaruv, chastota o‘zgartirgich, energiya samaradorligi, elektr yuritma, bosim sensori, IoT monitoring, suv ta‘minoti, avtomatik boshqaruv.

Kirish

Bugungi kunda sanoat korxonalari, qishloq xo‘jaligi, kommunal xo‘jalik va suv ta‘minoti tizimlarida nasos agregatlari eng ko‘p elektr energiyasi iste‘mol qiluvchi qurilmalar qatoriga kiradi. Nasoslar suv, issiqlik tashuvchi suyuqlik, texnologik eritmalar va boshqa ishchi muhitlarni uzatishda keng qo‘llaniladi. Ularning ishlash samaradorligi bevosita elektr energiyasi sarfi, texnologik jarayon barqarorligi va ekspluatatsion xarajatlar bilan bog‘liq. Amaliyotda ko‘plab nasos tizimlari doimiy aylanish tezligida ishlaydi. Bunda suv sarfi yoki bosimga bo‘lgan ehtiyoj kamaygan vaqtda ham nasos elektr dvigateli nominal yoki unga yaqin rejimda ishlashda davom etadi. Sarfni kamaytirish esa ko‘pincha armatura yoki klapanlarni qisman yopish, ya‘ni drossellash orqali amalga oshiriladi [1]. Bu usul texnik jihatdan oddiy bo‘lsa-da, energiya samaradorligi nuqtayi nazaridan samarasiz hisoblanadi. Shu sababli nasoslarni zamonaviy aqlli boshqaruv tizimlari orqali boshqarish dolzarb masalalardan biridir. Smart boshqaruv tizimlari nasosning ish rejimini real vaqt rejimida talab qilinayotgan bosim, sarf, suv sathi yoki texnologik parametrga qarab avtomatik moslashtiradi [2].

Nasos tizimlarida energiya isrofining asosiy sabablari

Nasos tizimlarida energiya sarfi ko‘p hollarda faqat nasos quvvatiga emas, balki uning boshqarilish usuliga ham bog‘liq. Agar nasos real ehtiyojdan yuqori bosim yoki sarf bilan ishlasa, tizimda ortiqcha energiya sarfi yuzaga keladi. Ayniqsa, suv ta‘minoti, isitish va sovitish tizimlarida yuklama sutka davomida o‘zgaruvchan bo‘ladi.

Nasoslarda elektr quvvati quyidagi ifoda orqali baholanishi mumkin:

$$P = (\rho \cdot g \cdot Q \cdot H) / \eta$$

bu yerda: P - nasos uchun talab qilinadigan quvvat, W; ρ - suyuqlik zichligi, kg/m³; g - erkin tushish tezlanishi, m/s²; Q - suyuqlik sarfi, m³/s; H - nasos bosimi yoki napori, m; η - nasos agregatining umumiy foydali ish koeffitsiyenti.

Ushbu ifodadan ko‘rinadiki, nasos quvvati sarf va naporga bevosita bog‘liq. Agar tizimda zarur bo‘lmagan ortiqcha bosim hosil qilinsa yoki nasos real talabdan yuqori sarfda ishlasa, elektr energiyasi sarfi ortadi [3].

Nasos tizimlarida energiya isrofining asosiy sabablari quyidagilardan iborat: nasosning doimiy tezlikda ishlashi; sarfni klapan orqali drossellash bilan boshqarish; nasos quvvatining real yuklamaga nisbatan ortiqcha tanlanishi; elektr dvigatelning past yuklama bilan ishlashi; quvurlar va armaturalarda gidravlik qarshilikning yuqoriligi; bosim va sarfning avtomatik nazorat qilinmasligi; nasoslarning salt ishlashi yoki zarurat bo‘lmagan vaqtda tarmoqda qolishi.

Smart boshqaruv tizimlarining mohiyati

Nasoslarni aqlli boshqaruv tizimlari orqali boshqarishning asosiy maqsadi nasos ish rejimini real talabga moslashtirishdir. Bunda tizim bosim, sarf, suv sathi, harorat, elektr toki, kuchlanish, quvvat va dvigatel holati kabi parametrlarni doimiy kuzatadi. Ushbu ma‘lumotlar asosida nasosning aylanish tezligi yoki ishga tushish-o‘chish holati avtomatik boshqariladi.

Nasoslarni smart boshqaruv tizimining asosiy elementlari

1-jadval

Element nomi	Vazifasi	Energiya samaradorligiga ta’siri
Chastota o‘zgartirgich	Elektr dvigatel aylanish tezligini rostlaydi	Nasos quvvatini real talabga moslashtiradi
Bosim sensori	Tizimdagi bosimni o‘lchaydi	Ortiqcha bosim hosil bo‘lishining oldini oladi
Sarf o‘lchagich	Suyuqlik sarfini aniqlaydi	Nasos ish rejimini yuklamaga moslaydi
Suv sathi sensori	Rezervuar yoki quduqdagi sathni nazorat qiladi	Salt ishlash va quruq yurishni oldini oladi
IoT monitoring tizimi	Ma‘lumotlarni masofadan kuzatadi	Energiya sarfini real vaqt rejimida tahlil qiladi

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

Boshqaruv kontrolleri	Sensordan kelgan ma’lumot asosida qaror qabul qiladi	Avtomatik optimallashtirishni ta’minlaydi
Sun’iy intellekt algoritmi	Yuklama va sarfni prognozlaydi	Nasos ish rejimini oldindan moslashtiradi

Nasoslarda chastota o‘zgartirgichdan foydalanish energiya tejashning eng samarali usullaridan biridir. Chunki nasosning aylanish tezligi kamayganda sarf, napor va quvvat ham o‘zgaradi. Nasoslar uchun o‘xshashlik qonunlari quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{aligned} Q_2 / Q_1 &= n_2 / n_1 \\ H_2 / H_1 &= (n_2 / n_1)^2 \\ P_2 / P_1 &= (n_2 / n_1)^3 \end{aligned}$$

bu yerda: Q - suyuqlik sarfi; H - nasos napori; P - talab qilinadigan quvvat; n - nasos aylanish tezligi.

Bu ifodalardan ko‘rinadiki, nasos aylanish tezligi biroz kamaytirilsa ham elektr quvvati sezilarli darajada kamayadi. Masalan, aylanish tezligi 20 % ga kamaytirilsa, quvvat sarfi nazariy jihatdan deyarli 50 % gacha kamayishi mumkin. Amaliy sharoitda bu qiymat tizimning gidravlik xususiyatlari va nasos samaradorligiga bog‘liq bo‘ladi, biroq chastotali boshqaruv drossellash usuliga nisbatan ancha samarali hisoblanadi [4].

Aqlli boshqaruv orqali energiya samaradorligini oshirish

Nasoslarni smart tizim orqali boshqarishda asosiy yondashuv energiya sarfini real ehtiyojga moslashtirishdan iborat. Masalan, suv ta’minoti tizimida bosim me’yordan oshib ketganda chastota o‘zgartirgich nasos aylanish tezligini kamaytiradi. Aksincha, suv sarfi ortganda nasos tezligi oshiriladi. Bunday boshqaruv tizimida barqaror bosimni saqlaydi va elektr energiyasi isrofini kamaytiradi.

Nasos tizimlarida energiya tejash quyidagi formula orqali baholanishi mumkin:

$$\Delta W = W_1 - W_2$$

bu yerda: ΔW - tejalgan elektr energiyasi, kWh; W_1 - smart boshqaruv joriy etilishidan oldingi elektr energiyasi sarfi, kWh; W_2 - smart boshqaruv joriy etilgandan keyingi elektr energiyasi sarfi, kWh.

Yillik iqtisodiy samara esa quyidagicha aniqlanadi:

$$S_y = \Delta W \cdot T$$

bu yerda: S_y - yillik iqtisodiy samara, so‘m/yil; ΔW - yillik tejalgan elektr energiyasi, kWh/yil; T - elektr energiyasi tarifi, so‘m/kWh [5].

Agar nasos agregati yil davomida 120 000 kWh elektr energiyasi iste’mol qilgan bo‘lsa va smart boshqaruv tizimi joriy etilgandan keyin sarf 90 000 kWh gacha kamaygan bo‘lsa, yillik tejalgan energiya 30 000 kWh ni tashkil etadi. Elektr energiyasi tarifi 1000 so‘m/kWh deb olinsa, yillik iqtisodiy samara 30 mln so‘mga teng bo‘ladi.

An’anaviy va smart boshqaruv tizimlarining solishtirma tahlili

2-jadval

Ko‘rsatkich	An’anaviy boshqaruv	Smart boshqaruv
Sarfni rostlash usuli	Klapan orqali drossellash	Chastota o‘zgartirgich orqali
Energiya sarfi	Yuqori	Talabga mos ravishda kamayadi
Bosim nazorati	Qo‘lda yoki oddiy avtomatika	Sensorlar orqali avtomatik
Salt ishlash xavfi	Yuqori	Sensorlar orqali oldi olinadi
Nosozliklarni aniqlash	Kech aniqlanadi	Erta ogohlantirish beradi
Monitoring	Mahalliy yoki davriy	Real vaqt rejimida
Ekspluatatsion xarajat	Yuqori	Kamayadi
Tizim ishonchliligi	O‘rtacha	Yuqori

Smart boshqaruv tizimlarining yana bir afzalligi - texnik xizmat ko‘rsatishni prognozlash imkoniyatidir. Masalan, motor harorati oshishi, tokning me’yordan ortishi, tebranish kuchayishi yoki bosimning beqaror o‘zgarishi nasos agregatida nosozlik boshlanayotganini bildirishi mumkin. IoT sensorlar va monitoring tizimi bunday holatlarni erta aniqlab, operatorga ogohlantirish beradi. Bu esa avariyaaviy to‘xtashlarning oldini olishga yordam beradi [6].

Joriy etish istiqbollari va muammolar

Nasoslarni smart boshqaruv tizimlariga o‘tkazish sanoat korxonalari, issiqlik ta’minoti, ichimlik suvi ta’minoti, oqova suv tizimlari, qishloq xo‘jaligi sug‘orish nasos stansiyalari va universitet kampuslari kabi ko‘plab obyektlarda yuqori samara beradi. Ayniqsa, yuklama o‘zgaruvchan bo‘lgan tizimlarda chastotali boshqaruv va avtomatik monitoring katta energiya tejamkorlik imkonini yaratadi. Shu bilan birga, bunday tizimlarni joriy etishda ayrim muammolar ham mavjud. Jumladan, dastlabki investitsiya xarajatlari, mavjud elektr dvigatellar va nasoslarning chastota o‘zgartirgichlar bilan mosligi, sensorlarning to‘g‘ri joylashtirilishi, malakali mutaxassislar yetishmasligi va avtomatika tizimlariga texnik xizmat ko‘rsatish masalalari muhim hisoblanadi.

Ushbu muammolarni kamaytirish uchun smart boshqaruv tizimlarini bosqichma-bosqich joriy etish maqsadga muvofiq. Dastlab eng ko‘p elektr energiyasi iste’mol qiluvchi nasos agregatlari tanlanadi, ularning ish rejimi energiya auditori orqali o‘rganiladi, so‘ngra chastota o‘zgartirgich, bosim sensori va monitoring tizimi o‘rnatiladi. Natijalar tahlil qilingandan keyin tizim boshqa nasos agregatlariga ham kengaytiriladi [7].

Xulosa

Nasoslarni zamonaviy aqlli boshqaruv tizimlari orqali boshqarish energiya samaradorligini oshirishning muhim yo‘nalishlaridan biridir. An’anaviy boshqaruv usullarida nasoslar ko‘pincha real talabdan yuqori quvvatda ishlaydi, sarf esa

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

klapanlar orqali drossellanadi. Bu esa elektr energiyasining ortiqcha sarflanishiga olib keladi.

Smart boshqaruv tizimlari chastota o‘zgartirgichlar, bosim va sarf sensorlari, IoT monitoring, avtomatik kontrollerlar va sun‘iy intellekt algoritmlari orqali nasos ish rejimini real ehtiyojga moslashtiradi. Natijada elektr energiyasi sarfi kamayadi, nasos va elektr dvigatelning xizmat muddati uzayadi, avariyaaviy holatlar kamayadi va ekspluatatsion xarajatlar pasayadi.

Shunday qilib, nasos agregatlarini aqlli boshqaruv tizimlari orqali boshqarish sanoat va kommunal xo‘jalik obyektlarida energiya tejamkorlikni ta‘minlash, elektr yuklamani optimallashtirish va raqamli energetika infratuzilmasini rivojlantirishning istiqbolli ilmiy-amaliy yechimi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining “Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”gi Qonuni. – 2024-yil 7-avgust, O‘RQ-940-son.
2. ISO 50001:2018. Energy management systems - Requirements with guidance for use.
3. G‘oyibov T.Sh. Elektr ta‘minoti tizimlari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.
4. Allayev Q.R. Energetika: muammolar va yechimlar. – Toshkent: Fan, 2021.
5. Hydraulic Institute. Optimizing Pumping Systems: A Guide for Improved Energy Efficiency, Reliability and Profitability. – 2016.
6. International Energy Agency. Energy Efficiency and Digitalisation. – Paris: IEA, 2023.
7. IEEE. Smart Pumping and Energy Management Systems in Industrial Facilities. – IEEE Publications, 2022.

QUYOSH PANELLARINI TOZALASHDA EDS TIZIMDAN FOYDALANISH

Xolmirzayev Ilhom Jummayevich

Energetika kafedrası o‘qituvchisi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
ilhomxolmirzayev1983@gmail.com

Xaydarov Raxmat Xasan o‘g‘li

Energetika kafedrası 2-bosqich talabasi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya Mazkur maqolada quyosh panellarining samaradorligini oshirishda chang va ifloslanishlarning salbiy ta‘siri hamda ularni bartaraf etishda ElectroDynamic Screen (EDS) tizimining ahamiyati yoritilgan. EDS texnologiyasining ishlash prinsipi, afzalliklari, energiya samaradorligi va iqtisodiy

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

foydasi ilmiy asosda tahlil qilinadi. Shuningdek, quyosh panellarini avtomatik tozalash tizimlarining kelajakdagi istiqbollari ham ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: quyosh paneli, EDS tizimi, elektrostatik maydon, chang zarralari, energiya samaradorligi, fotoelektrik tizimlar

Kirish

Bugungi kunda dunyo miqyosida qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda. Ayniqsa, quyosh energiyasidan foydalanish ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali usul sifatida keng qo‘llanilmoqda. Quyosh panellari yordamida elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayonida asosiy muammolardan biri - panel yuzasida chang, qum va boshqa iflosliklarning to‘planishidir. Chang qatlamlari quyosh nurlarining panel yuzasiga tushishini kamaytiradi va natijada energiya ishlab chiqarish samaradorligi pasayadi. Tadqiqotlarga ko‘ra, kuchli changlanish natijasida quyosh panellarining foydali ish koeffitsienti 20–40% gacha kamayishi mumkin. Shu sababli quyosh panellarini samarali va avtomatlashtirilgan tarzda tozalash texnologiyalariga ehtiyoj ortmoqda. Ana shunday innovatsion texnologiyalardan biri ElectroDynamic Screen (EDS) tizimi hisoblanadi.

EDS tizimi haqida umumiy ma’lumot. EDS (ElectroDynamic Screen) - bu elektr maydoni yordamida chang zarralarini panel yuzasidan surib chiqarishga asoslangan zamonaviy texnologiyadir. Ushbu tizim dastlab kosmik qurilmalarda qo‘llash uchun ishlab chiqilgan bo‘lib, keyinchalik quyosh panellarida ham samarali natija bergani sababli energetika sohasiga tatbiq etildi. EDS tizimida panel yuzasiga shaffof elektrod qatlamlari joylashtiriladi. Elektrodlar orasida o‘zgaruvchan elektr maydoni hosil qilinadi. Natijada chang zarralari elektrostatik kuch ta’sirida harakatlanib, panel yuzasidan ajraladi.

EDS tizimi quyidagi fizik qonuniyatlarga asoslanadi.

$$F=q \cdot E$$

bu yerda: F - elektrostatik kuch; q - chang zarrachasining elektr zaryadi; E - elektr maydon kuchlanganligi

Elektr maydon kuchlanganligi ifodasi

$$E = \frac{V}{d}$$

bu yerda: V - elektrodlar orasidagi kuchlanish, d - elektrodlar orasidagi masofa.

Cho‘l va qurg‘oqchil hududlarda quyosh panellaridan energiya olishda panel yuzasini qoplagan chang hisobiga elektr energiyasi olishning miqdori kamayib ketadi. Ayniqsa, Markaziy Osiyo davlatlarida shamol orqali ko‘chuvchi chang va qum zarralari panel yuzasiga tez yopishadi.

Chang quyidagi salbiy oqibatlarni keltirib chiqaradi: quyosh nurlarining yutilishini kamaytiradi, panel haroratini oshiradi, elektr energiyasi ishlab chiqarishni pasaytiradi, panelning xizmat muddatini qisqartiradi.

An’anaviy tozalash usullari suv va mexanik vositalarni talab qiladi. Bu esa katta quyosh stansiyalarida qo‘shimcha xarajat va suv tanqisligi muammosini yuzaga keltiradi. EDS texnologiyasi esa suv ishlatmasdan avtomatik tozalash

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

imkonini beradi va uning asosiy afzalliklari suv sarfining yo‘qligi bilan izohlanadi. An’anaviy yuvish tizimlarida katta hajmda suv ishlatiladi. EDS tizimida esa suv talab qilinmaydi.

Avtomatlashtirilgan boshqaruv. Tizim avtomatik rejimda ishlashi mumkin. Bu inson mehnatini kamaytiradi va energiya samaradorligiga erishiladi. EDS tizimi juda kam elektr energiyasi sarflaydi. Sarflangan energiya panel ishlab chiqaradigan energiyaga nisbatan juda kichik bo‘ladi ya’ni, 0,1 % ni tashkil etadi. Shu o‘rinda yana bir e’tiborli jihati mexanik eskirishning kamayishidir, chunki panel yuzalarini suv bilan tozalashda ishlatiladigan cho‘tka yoki mexanik qurilmalar panel yuzasiga zarar yetkazishi mumkin. EDS tizimi panel sirtiga bevosita mexanik ta’sir ko‘rsatmaganligi sababli fotoelektrik elementlarning xizmat muddatini uzaytirishga yordam beradi. Bundan tashqari, tizim suv resurslarini talab qilmaydi, bu esa suv tanqis hududlarda undan samarali foydalanish imkonini yaratadi. Ayniqsa, cho‘l va yarim cho‘l iqlim sharoitlarida quyosh panellarining chang bilan qoplanish darajasi yuqori bo‘lgani sababli EDS texnologiyasining ahamiyati yanada ortadi. Tizim muntazam ravishda chang zarrachalarini bartaraf etib, panel yuzasining optik shaffofligini saqlab turadi. Natijada quyosh nurlarining fotoelementlarga yetib borish koeffitsiyenti oshadi va elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmi barqarorlashadi. EDS texnologiyasining yana bir afzalligi texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytirishidir. Ushbu tizim uzoq muddat davomida ishonchli ishlashi bilan ajralib turadi hamda yirik quyosh elektr stansiyalarida ekspluatatsiya samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Shu sababli EDS texnologiyasi zamonaviy fotoelektrik qurilmalarni himoyalash va ularning energetik samaradorligini ta’minlashning istiqbolli yechimlaridan biri hisoblanadi.

Quyidagi rasmda EDS molekular zaryadlanish va tozalash jarayoni tasvirlangan



1-jadval

EDS tizimlarining asosiy parametrlari keltirilgan

Parametr	Qiymat
Kuchlanish	100 – 1000 V
Chastota	1 – 100 Hz

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Elektrod materiali	Shaffof o‘tkazgich
Samaradorlik	90% gacha
Energiya sarfi	Juda past

Energiya samaradorligi hisobi

Quyosh panelining foydali ish ko‘effitsienti quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$\eta \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\%$$

bu yerda: η – foydali ish ko‘effitsienti; P_{out} – chiqish quvvati; P_{in} – kirish quvvati.

Chang tufayli chiqish quvvati kamayadi. EDS tizimi esa panel yuzasini toza saqlab, foydali ish ko‘effitsientini yuqori darajada ushlab turadi.

2-jadval

Energiya samaradorligi hisobining asosiy ko‘rsatkichlari haqida

Ko‘rsatkich	Ta’rif	Formula
Energiya sarfi	Ma’lum vaqt ichida ishlatilgan energiya	$E=P \cdot t$
Foydali ish ko‘effitsiyenti (FIK)	Foydali energiyaning umumiy energiyaga nisbati	$\eta \frac{A_f}{A_u} \cdot 100\%$
Solishtirma energiya sarfi	1 mahsulot uchun sarflangan energiya	$Q = \frac{E}{N}$
Quvvat	Qurilmaning ishlash quvvati	$P = \frac{A}{t}$
Energiya tejami	Tejalgan energiya miqdori	$E_t = E_1 - E_2$

Kelajakda sun’iy intellekt va IoT texnologiyalari bilan integratsiyalashgan EDS tizimlari yaratilishi kutilmoqda. Bunday tizimlar chang miqdorini avtomatik aniqlab, kerakli vaqtda tozalash jarayonini ishga tushiradi. Nanotexnologiyalar asosida ishlab chiqarilayotgan yangi avlod elektrodlar esa energiya sarfini yanada kamaytiradi. Shuningdek, EDS tizimlarini yirik quyosh elektr stansiyalarida qo‘llash orqali millionlab litr suvni tejash mumkin bo‘ladi. [7]

Xulosa

Quyosh panellarini samarali ishlatishda ularni doimiy toza saqlash muhim ahamiyatga ega. [5] ElectroDynamic Screen (EDS) tizimi zamonaviy va istiqbolli texnologiya sifatida quyosh panellarini suv ishlatmasdan avtomatik tozalash imkonini beradi. Mazkur texnologiya energiya samaradorligini oshirish, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish va ekologik muammolarni hal etishda muhim o‘rin tutadi. [7] Ayniqsa, qurg‘oqchil va changli hududlarda EDS tizimidan foydalanish katta iqtisodiy samaradorlik beradi. Kelajakda ushbu texnologiya quyosh energetikasining ajralmas qismiga aylanishi kutilmoqda.

Energiya samaradorligi hisobi – energiya resurslarini tejash va ulardan unumli foydalanishni aniqlovchi muhim iqtisodiy hamda texnik hisob-kitobdir. Bu orqali xarajatlar kamayadi, ishlab chiqarish samaradorligi oshadi va ekologiyaga zarar kamayadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Solar Energy Engineering. — Academic Press, 2021.
2. NASA Research on Electrodynamic Dust Shield Technology, 2020.
3. Electrostatic Cleaning Methods for Solar Panels. IEEE Publications, 2022.
4. Renewable Energy Technologies. — Springer, 2021.
5. Photovoltaic Systems and Dust Effects. — Energy Journal, 2022.
6. M. A. Green, Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications.
7. Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 10, 2023.

**O‘SIMLIKLARGA UV-C NURLATISH QURILMALARI ORQALI ISHLOV
BERILGAN ENERGIYANI NAZARIY ASOSLASH**

Xolmirzayev Ilhom Jummayevich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Ilhomxolmirzayev1983@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada o‘simliklarga UV-C nurlatish qurilmalari yordamida ishlov berishda sarflanadigan energiyani nazariy asoslash masalasi yoritilgan. UV-C nurlanishning fizik mohiyati, nurlanish dozasi, quvvat zichligi, ta’sir vaqti hamda ishlov berish yuzasi o‘rtasidagi bog‘lanishlar tahlil qilinadi. Shuningdek, past dozalardagi UV-C ta’siri o‘simliklarda himoya mexanizmlarini faollashtirishi, yuqori dozalarda esa fotosintez va hujayra tuzilmalari uchun salbiy omilga aylanishi mumkinligi izohlanadi. Maqolada elektr energiyasi sarfi, foydali UV-C nurlanish energiyasi va biologik samaradorlik o‘rtasidagi bog‘lanishlar formulalar, jadval va illyustratsiyalar asosida berilgan [1].

Kalit so‘zlar: UV-C nurlanish, ultrabinafsha nur, nurlanish dozasi, quvvat zichligi, o‘simlik fiziologiyasi, fitosanitar ishlov, energiya samaradorligi, issiqxona xo‘jaligi.

Kirish

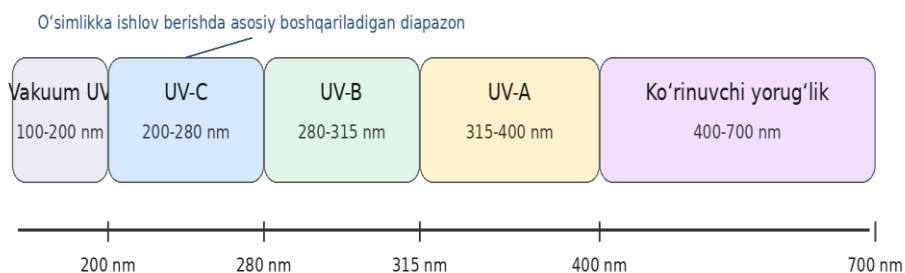
Qishloq xo‘jaligida yuqori hosildorlikka erishish, o‘simlik kasalliklarini kamaytirish va mahsulot sifatini yaxshilash zamonaviy agrotexnologiyalarning asosiy vazifalaridan biridir. An’anaviy himoya usullarida kimyoviy vositalar keng qo‘llanadi, biroq ularning ortiqcha ishlatilishi ekologik xavfsizlik, tuproq mikroflorasi va oziq-ovqat mahsulotlari sifati nuqtayi nazaridan cheklovlariga ega. UV-C nurlatish texnologiyasi o‘simliklarga boshqariladigan fizik ta’sir ko‘rsatish usuli sifatida e’tiborga loyiq. UV-C nurlanish qisqa to‘lqinli ultrabinafsha soha bo‘lib, odatda 200–280 nm diapazonni qamrab oladi. Bu diapazondagi fotonlar yuqori energiyaga ega bo‘lib, mikroorganizmlar nuklein kislotalariga hamda o‘simlik hujayralaridagi stressga javob tizimlariga ta’sir ko‘rsatishi mumkin [2].

UV-C nurlanishining asosiy afzalliklaridan biri uning kimyoviy preparatlarsiz biologik obyektlarga ta’sir etish imkoniyatidir. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, me’yorlashtirilgan dozadagi UV-C nurlari zamburug‘, bakteriya va ayrim zararkunandalarning rivojlanishini susaytirishi mumkin. Bundan tashqari, UV-C

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

nurlanish o‘simliklarda himoya mexanizmlarini faollashtirib, fitoaleksinlar va antioksidant fermentlar sintezini rag‘batlantiradi. Natijada o‘simliklarning biotik va abiotik stress omillariga chidamliligi ortadi. Ushbu texnologiya ekologik toza qishloq xo‘jaligi mahsulotlari yetishtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. UV-C ishlov berish jarayonida nurlanish dozasini, ta’sir davomiyligini va masofani to‘g‘ri tanlash katta ahamiyatga ega. Chunki me‘yoridan ortiq nurlanish o‘simlik to‘qimalarida fotooksidlovchi jarayonlarning kuchayishiga sabab bo‘lishi mumkin [3]. Shu bois UV-C texnologiyasining fizik, biologik va agrotexnik xususiyatlarini chuqur o‘rganish uning amaliy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Quyidagi 1-rasmda UV-C diapazonining ultrabinafsha spektrdagi o‘rni tasvirlangan.

Ultrabinafsha nurlanish spektrida UV-C sohasining joylashuvi



1-rasm. UV-C diapazonining ultrabinafsha spektrdagi o‘rni.

UV-C nurlanishning fizik mohiyati. UV-C nurlanish elektromagnit nurlanishning yuqori energiyali qismiga kiradi. Foton energiyasi to‘lqin uzunligiga teskari proporsional bo‘lib, quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$E_f = h \cdot c / \lambda \quad (1)$$

bu yerda E_f - bitta foton energiyasi, J; $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s - Plank doimiysi; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s - yorug‘lik tezligi; λ - nurlanish to‘lqin uzunligi, m.

Masalan, 254 nm to‘lqin uzunlikdagi UV-C nurlanish uchun foton energiyasi taxminan $7,83 \cdot 10^{-19}$ J ga teng. Bu qiymat UV-C fotonlari biologik molekulalar bilan o‘zaro ta’sirlashishi mumkinligini ko‘rsatadi [4].

Qurilmaning tarmoqdan olgan elektr energiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$W_{el} = P \cdot t \quad (2)$$

bu yerda W_{el} - elektr energiyasi sarfi, kWh; P - qurilmaning elektr quvvati, kW; t - ishlash vaqti, h.

Biroq elektr energiyasining hammasi foydali UV-C nurlanishga aylanmaydi. Lampa yoki LED manbaning optik samaradorligi, ballast yoki drayverdagi yo‘qotishlar, reflektor va himoya oynalaridagi yo‘qotishlar hisobga olinadi:

$$W_{UV} = W_{el} \cdot \eta \quad (3)$$

bu yerda W_{UV} - foydali UV-C nurlanish energiyasi;

η - qurilmaning UV-C bo‘yicha foydali ish ko‘effitsiyenti.

Birlik yuzaga berilgan foydali energiya quyidagi nisbat bilan topiladi:

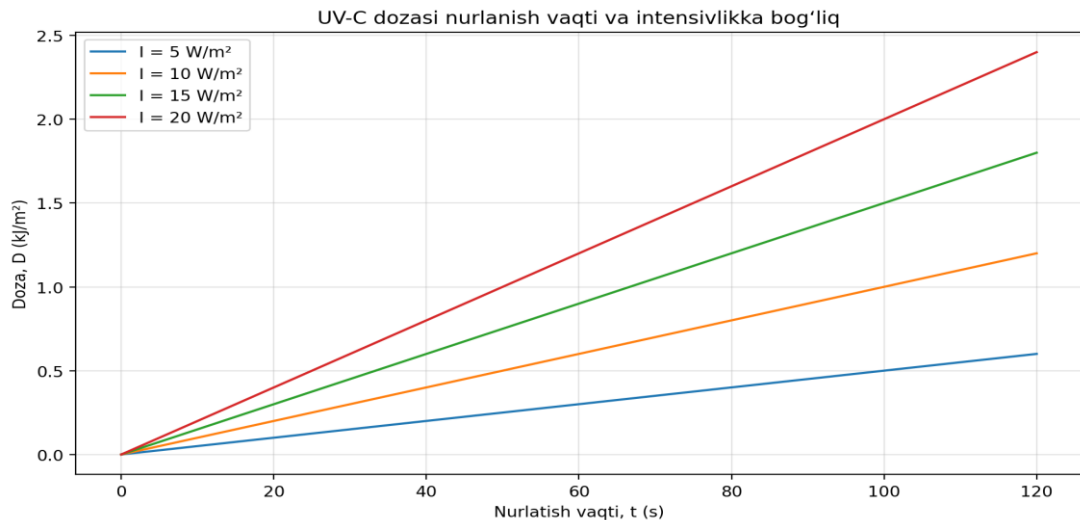
$$E_s = W_{UV} / S \quad (4)$$

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bu yerda E_s - birlik yuzaga berilgan UV-C energiya, J/m^2 ;
 S - ishlov beriladigan umumiy yuza, m^2 .

Ushbu bog‘lanish UV-C texnologiyasida energiya sarfini nazariy baholashning asosiy mezonidir.

2-rasmda UV-C dozasi nurlanish vaqti va intensivlikka bog‘liqligi tasvirlangan



2-rasm. Nurlanish dozasi intensivlik va vaqtga to‘g‘ri proporsionalligi.

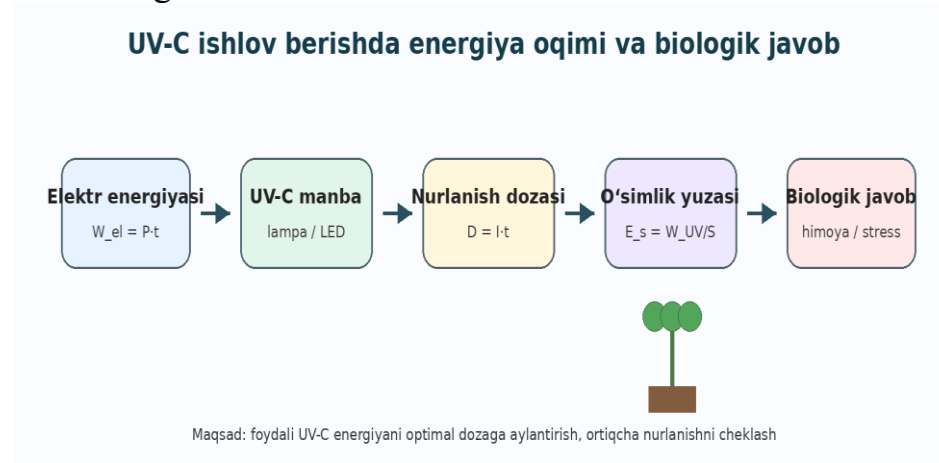
O‘simliklarga UV-C ishlov berishda eng muhim parametr - nurlanish dozasi. Doza birlik yuzaga tushgan energiya miqdorini bildiradi:

$$D = I \cdot t \quad (5)$$

bu yerda D - nurlanish dozasi, J/m^2 ; I - nurlanish intensivligi yoki quvvat zichligi, W/m^2 ; t - nurlatish vaqti, s.

Agar UV-C manbaning intensivligi $10 W/m^2$ bo‘lsa va nurlatish 60 sekund davom etsa, doza $D = 10 \cdot 60 = 600 J/m^2$ yoki $0,6 kJ/m^2$ bo‘ladi. Bu misol shuni ko‘rsatadiki, doza lampaning quvvati bilan bir qatorda ta’sir vaqti va o‘simlik yuzasiga yetib kelgan real intensivlikka ham bog‘liq [5].

Quyidagi 3-rasmda ultrabinafsha nurlanish spektrida UV-C sohasining joylashuvi tasvirlangan



3-rasm. Ultrabinafsha nurlanish spektrida UV-C sohasining joylashuvi.
UV-C qurilmasi uchun shartli energetik hisoblash natijalari

1-jadval

Ko‘rsatkich	Belgisi	Qiymati
Qurilmaning elektr quvvati	P	400 W
Ishlash vaqti	t	15 min
Ishlov beriladigan maydon	S	80 m ²
Qurilmaning UV-C FIK	η	0,28
Elektr energiyasi sarfi	W _{el}	0,1 kWh
Foydali UV-C energiya	W _{UV}	0,028 kWh = 100800 J
Birlik yuzaga berilgan energiya	E _s	1260 J/m ² = 1,26 kJ/m ²

Hisoblash ketma-ketligi:

$$W_{el} = 0,4 \cdot 15/60 = 0,1 \text{ kWh}$$

$$W_{UV} = 0,1 \cdot 0,28 = 0,028 \text{ kWh}$$

$$W_{UV} = 0,028 \cdot 3,6 \cdot 10^6 = 100800 \text{ J}$$

$$E_s = 100800 / 80 = 1260 \text{ J/m}^2 = 1,26 \text{ kJ/m}^2$$

Demak, 400 W quvvatli UV-C qurilma 15 minut ishlaganda 80 m² maydonga nazariy jihatdan 1,26 kJ/m² foydali UV-C energiya berishi mumkin. Haqiqiy sharoitda bu qiymat barglar soyalanishi, masofa, harakat tezligi va nurlanish notekisligi sababli farq qiladi.

Ideal nuqtaviy manba uchun nurlanish intensivligi masofaning kvadratiga teskari proporsional:

$$I \sim 1 / r^2 \quad (6)$$

Masofa 2 marta oshirilsa, intensivlik taxminan 4 marta kamayadi. Shuning uchun lampadan o‘simlik yuzasigacha bo‘lgan masofa UV-C qurilmalarini loyihalashda eng muhim texnik parametrlar qatoriga kiradi. Masofa juda katta bo‘lsa, kerakli dozaga erishish uchun nurlatish vaqti ortadi; masofa haddan tashqari kichik bo‘lsa, ayrim barglarda ortiqcha nurlanish xavfi kuchayadi.

Energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha takliflar

- UV-C lampalarni o‘simlik qatorlariga nisbatan optimal balandlikda joylashtirish;
- reflektorlar yordamida nurlanish yo‘qotishlarini kamaytirish;
- qurilma harakat tezligini kerakli doza asosida avtomatik boshqarish;
- nurlanish intensivligini sensorlar yordamida nazorat qilish;
- o‘simlik turi va rivojlanish fazasiga mos doza jadvalini ishlab chiqish;
- ortiqcha nurlanishni cheklovchi avtomatik o‘chirish va blokirovka tizimini qo‘llash;
- inson ko‘zi va terisini himoya qilish uchun yopiq kamera, himoya ekranlari yoki masofadan boshqaruv tizimidan foydalanish [6].

Xulosa

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

O‘simliklarga UV-C nurlatish qurilmalari orqali ishlov berishda energiyani nazariy asoslash nurlanish dozasi, quvvat zichligi, ta’sir vaqti, foydali ish koeffitsiyenti va ishlov beriladigan yuza maydonini hisobga olishga asoslanadi.

UV-C ishlov berishda asosiy hisobiy ifodalar $D = I \cdot t$, $W_{el} = P \cdot t$, $W_{UV} = W_{el} \cdot \eta$ va $E_s = W_{UV}/S$ ko‘rinishida ifodalanadi. Bu formulalar qurilmaning elektr energiyasi sarfini va o‘simlikka yetkaziladigan foydali nurlanish energiyasini baholash imkonini beradi. Optimal doza tanlash o‘simlikka foydali biologik javobni rag‘batlantirish, patogenlar rivojlanishini cheklash va ortiqcha stress xavfini kamaytirish uchun zarur. Shuning uchun UV-C nurlatish qurilmalarini amaliyotga joriy etishda avtomatik boshqaruv, sensorli nazorat va xavfsizlik tizimlari bilan birgalikda ishlatish maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Felek T., Kürklü A., Basim H. Development of a UVC application machine for managing fungal, bacterial and viral diseases in greenhouse-grown crops. Scientific Reports, 2025.
2. Kaliapan K., et al. Illuminating Ultraviolet-C on Plants: Insights into Mechanism, Regulation and Response. Journal of Plant Growth Regulation, 2026.
3. Vega K., et al. UV-C radiation for control of gray mold disease in postharvest cut roses. Journal of Plant Protection Research, 2020.
4. Darras A. I., et al. Application of UV-C Irradiation to Rosa x hybrida Plants as a Tool for Pest Management. Agronomy, 2021.
5. Wong G. R., et al. Deciphering UV-C-induced transcriptomic shifts in tomato. 2025.
6. Fan Q., et al. Dose-dependent physiological effects of UV-C radiation on plant growth and performance. 2024.

**PAST KUCHLANISHLI TAQSIMLOVCHI TARMOQ
SAMARADORLIGINI QUVVAT KOEFFITSIENTINI OSHIRISH ORQALI
YAXSHILASH**

Xudayarov Muzaffar Burxonovich

I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

t.f.d., professor

muzaffar_hb@mail.ru

Abduxalimov Jahongir Alisher o‘g‘li

I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

doktorant

Abduxalimovjahongir48@gmail.com

Normamatov Doniyor Jonuzoq o‘g‘li

I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

magistr

normamatovdoniyor0101@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada 0,4 kV past kuchlanishli elektr tarmoqlarida quvvat koefitsientining ($\cos\varphi$) 0,8 dan 0,9 ga oshirilishi natijasida elektr energiya isroflari hamda kuchlanish darajasining o‘zgarishi kompleks ravishda o‘rganildi. Tadqiqot DigSILENT PowerFactory dasturi yordamida modellashtirish asosida amalga oshirildi. Natijalar asosida aktiv va reaktiv quvvatlar o‘zgarishi, liniya yuklanishi hamda shinalardagi kuchlanishlar tahlil qilindi. Olingan natijalar quvvat koefitsientini oshirish orqali energiya samaradorligini sezilarli darajada yaxshilash mumkinligini ilmiy asosda isbotlaydi.

Kalit so‘zlar: past kuchlanishli elektr tarmoqlari, quvvat isroflari, kuchlanish og‘ishi, quvvat koefitsienti.

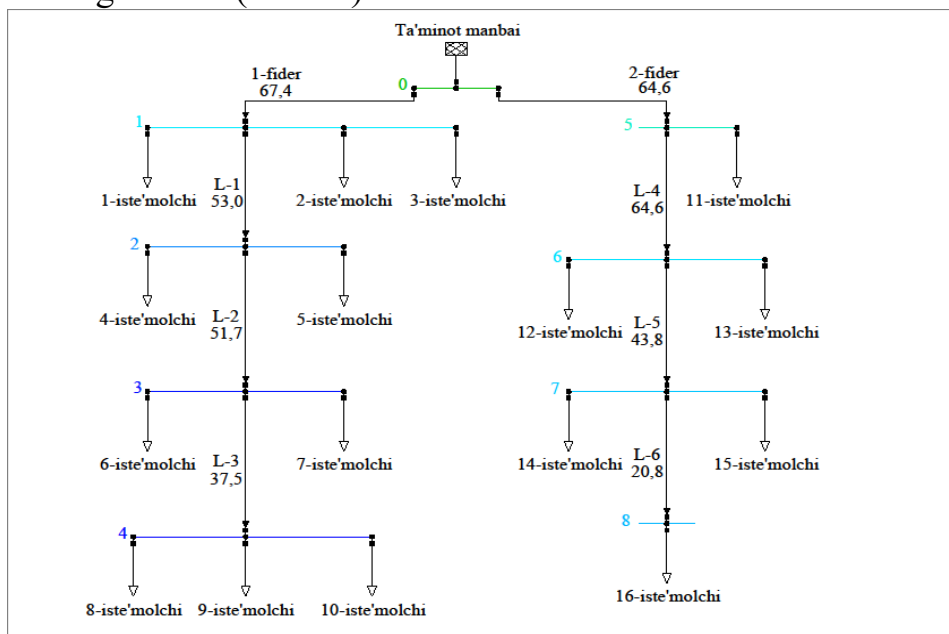
Kirish

Hozirgi vaqtda elektr energiyasiga bo‘lgan talabning ortishi elektr tarmoqlarining yuklanish darajasini keskin oshirib bormoqda. Ayniqsa, 0,4 kV past kuchlanishli tarmoqlarda bu jarayon yaqqol sezilib, texnik yo‘qotishlarning ortishiga sabab bo‘lmoqda. Induktiv xarakterga ega bo‘lgan iste’molchilar ulushining yuqoriligi quvvat koefitsientining pasayishiga olib keladi. Quvvat koefitsienti past bo‘lgan sharoitda reaktiv quvvat manba va iste’molchi o‘rtasida ortiqcha aylanadi. Natijada liniyalarda tok ortadi, aktiv quvvat isroflari ortadi hamda kuchlanish tushishi yuzaga keladi. Shu sababli quvvat koefitsientini oshirish zamonaviy elektroenergetika tizimlarida energiya samaradorligini oshirishning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Nazariy qism

Tadqiqotda 16 ta iste'molchidan iborat 0,4 kV past kuchlanishli elektr tarmog'ı modeli tanlab olindi. Hisoblashlarda aktiv quvvat doimiy saqlanib, quvvat koeffitsienti o'zgartirildi (1-rasm).



1-rasm. Past kuchlanishli elektr tarmog'ı

Birinchi jadvalda ko'rsatilganidek, $\cos\varphi = 0,8$ bo'lgan holatda reaktiv quvvat qiymatlari yuqori darajada shakllangan (1-jadval).

1-jadval.

№	Aktiv quvvat (kW)	Reaktiv quvvat (kvar)	To'liq quvvat (kVA)
1	3,5	2,62	4,37
2	3,8	2,85	4,75
3	4,1	3,08	5,13
4	3,4	2,55	4,25
5	4,2	3,15	5,25
6	4,5	3,37	5,62
7	3,6	2,7	4,5
8	4	3	5
9	3,1	2,33	3,88
10	3	2,25	3,75
11	3,7	2,78	4,63
12	3,8	2,85	4,75
13	2,8	2,1	3,5
14	3,6	2,7	4,5
15	3	2,25	3,75
16	4	3	5

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Bu holat iste'molchilarda induktiv yuklama ustunligini, tizimda ortiqcha reaktiv quvvat mavjudligini va to'la quvvat yuqori bo'lib, tarmoq ortiqcha yuklanganligini anglatadi:

Masalan, 6-iste'molchida:

$$P = 4,5 \text{ kW}, Q = 3,37 \text{ kVAr}, S = 5,62 \text{ kVA}.$$

Bu yerda reaktiv quvvatning ulushi sezilarli darajada yuqori ekanligi ko'rinadi.

Quvvat koeffitsienti 0,9 ga oshirilganda reaktiv quvvat keskin kamaygan (2-jadval).

2-jadval.

№	Aktiv quvvat (kW)	Reaktiv quvvat (kvar)	To'liq quvvat (kVA)
1	3,5	1,55	3,86
2	3,8	1,65	4,13
3	4,1	1,75	4,45
4	3,4	1,5	3,72
5	4,2	1,85	4,58
6	4,5	1,98	4,91
7	3,6	1,58	3,94
8	4	1,75	4,37
9	3,1	1,35	3,39
10	3	1,3	3,27
11	3,7	1,62	4,04
12	3,8	1,65	4,13
13	2,8	1,2	3,05
14	3,6	1,58	3,94
15	3	1,3	3,27
16	4	1,75	4,37

Reaktiv quvvat deyarli 35–45% ga kamaygan.

Masalan, yuqoridagi 6-iste'molchi uchun $Q = 3,37 \rightarrow 1,98 \text{ kvar}$ gacha kamaygan. Bu o'zgarish quyidagi muhim natijalarga olib keladi:

- reaktiv quvvat **35–45% ga kamayadi**,
- to'liq quvvat (S) kamayadi,
- tarmoqning umumiy yuklanishi pasayadi.

Demak, quvvat koeffitsientini oshirish bevosita reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish orqali tizimni yaxshilaydi. Endi ba'zi liniyalarning yuklanishini va oqadigan tokni tahlil qilamiz (3-jadval).

3-jadval

Ko‘rsatkich	cosφ = 0,8	cosφ = 0,9
1-fider yuklanishi	88,5 %	67,4 %
Tok (A faza)	0,098 kA	0,075 kA
Nominal tok	0,111 kA	0,111 kA

Tahlillar natijasida tok ~23% ga kamayganini ko‘rishimiz mumkin. Bu natijani quyidagi formulaga asoslanib izohlash mumkin:

$$\Delta P = I^2 R$$

Tok kamayishi bilan kvadrat bog‘lanish sababli energiya yo‘qotishlari keskin kamayadi, liniyalarning issiqlik yuklanishi pasayadi va uskuna ishlash muddati uzayadi. 4-jadvalda ba’zi shinalardagi kuchlanishlarning o‘zgarishi keltirilgan.

4-jadval

Shina	cosφ = 0,8 (kV)	cosφ = 0,9 (kV)
1	0,212	0,215
2	0,204	0,209
3	0,193	0,200
4	0,186	0,192
5	0,223	0,227
6	0,221	0,221
7	0,221	0,221
8	0,221	0,221

Shinalardagi kuchlanish qiymatlari tahlili minimal kuchlanish: **0,186 kV → 0,192 kV** ga oshganini ko‘rsatadi. Bu esa kuchlanishning sezilarli darajada barqarorlashganini bildiradi.

Xulosa

O‘tkazilgan tadqiqotlar asosida quyidagi ilmiy xulosalar shakllantirildi:

- quvvat koeffitsientini 0,8 dan 0,9 ga oshirish energiya samaradorligini sezilarli oshiradi;
- reaktiv quvvat 35–45% gacha kamayadi;
- tok miqdori taxminan 23% ga kamayadi;
- quvvat isroflari 20–25% gacha qisqaradi;
- liniya yuklanishi 88,5% dan 67,4% gacha tushadi;
- minimal kuchlanish darajasi oshib, elektr energiya sifati yaxshilanadi;
- elektr tarmog‘ining umumiy ishonchliligi ortadi.

Quvvat koeffitsientini kompensatsiya qilish past kuchlanishli elektr tarmoqlarida elektr energiya tejashning eng samarali va iqtisodiy jihatdan asoslangan usullaridan biridir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Rakhimov O.S., Mirzoev D.N., Gracheva E.I. Experimental study of electricity quality indicators and losses in low-voltage rural electrical networks. Proceedings of Higher Education Institutions. ENERGY PROBLEMS. 2021, pp. 209-222.

***“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”***

2. S. Yu. Dolinger, A. G. Lyutarevich, V. N. Goryunov, D. G. Safonov, V. T. Cheremisin. Assessment of additional power losses due to decreased electrical energy quality in power supply system components. OMSK SCIENTIFIC BULLETIN No. 2 (120) 2013. pp. 178-183.

3. A.O. Gorbunov. Criterion for calculating losses from non-sinusoidal currents in a power line. Bulletin of Altai State Agrarian University No. 5 (199). 2021, pp. 113-118.

4. F.D. Kosoukhov, N.V. Vasiliev, A.O. Gorbunov. Reduction of power losses from nonsinusoidal currents in rural electrical networks 0.38 kV. 2019 pp. 125-135.

5. Khudayarov M.B., Normamatov N.N., Bobonazarov B.S. Calculation of voltage at electrical network nodes using an artificial neural network. // Problems of energy and sources saving № 3-4 2020 й 75-79. (05.00.00 №21).

6. Khudayarov M.B., Bobonazarov B.S., Rakhimov Sh. Utilizing artificial neural networks for the assessment of technical losses in power distribution networks. // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 11, Issue 12, December 2024. (05.00.00 №8).

7. Худаяров М.Б., Бобоназаров Б.С. Оценка технических потерь электроэнергии в совокупности распределительных сетей на основе искусственных нейронных сетей // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари № 4 2022 й 165-170. (05.00.00 №21).

8. Худаяров М.Б., Абдухалимов Ж.А. Электр тармоқларида кучланиш носинусоидаллигининг электр энергия исрофларига таъсири // Яшил иқтисодиётни ривожлантиришнинг ташкилий-иқтисодий механизмларини такомиллаштириш йўллари. 2025 й. 307-309 б.

**PAST KUHLANISHLI ELEKTR TARMOQLARI SAMARADORLIGINI
YUKLANISH KOFFITSIYENTI ASOSIDA BAHOLASH**

Xudayarov Muzaffar Burxonovich

I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
t.f.d., professor
muzaffar_hb@mail.ru

Abduxalimov Jahongir Alisher o‘g‘li

I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
doktorant
Abduxalimovjahongir48@gmail.com

Normamatov Doniyor Jonuzoq o‘g‘li

I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
magistr
normamatovdoniyor0101@gmail.com

Annotatsiya. Maqola elektr ta‘minoti tizimlarining samaradorligini baholashga qaratilgan. Elektr ta‘minoti tizimi ishlab chiqarish va iste‘mol o‘rtasida muvozanatni saqlash, energiya tejashi va tizimning ishonchliligini oshirishni maqsad qiladi. Ushbu maqolada elektr ta‘minoti tizimlarining energiya samaradorligi ko‘rsatkichi asosida baholash ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: taqsimlovchi tarmoq, yuklanish koeffitsienti samaradorlik, ishonchlilik.

Elektr tarmoqlarining samaradorligini baholashni Muruntov konining elektr ta‘minoti tizimining 102 nimstansiyasidan (LK-102-2-1) 6 kV taqsimlash tarmog‘i misolida ko‘rib chiqamiz [1, 2]. Energiya samaradorligini baholash uchun dastlabki ma‘lumotlar sifatida elektr ta‘minoti to‘g‘risidagi ma‘lumotlar va shunga mos ravishda 2023 yil iyul, avgust va sentabr oylari uchun elektr energiya isroflarini hisoblash natijalari berilgan [3]. Avval LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoqning transformatori uchun maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffitsientini aniqlaylik (1-jadval). 2023 yil iyul, avgust va sentabr oylari uchun LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoq uchun rejim va elektr energiya isroflarini hisoblash natijalariga ko‘ra qiymatlari aniqlandi. Ushbu qiymatlar orqali, 1-ifodadan foydalanib, biz 2-jadvalda keltirilgan yuklanish koeffitsientining o‘rtacha oylik qiymatini aniqlaymiz [4, 5].

Agar sanoat korxonasining elektr ta‘minoti tizimining taqsimlash tarmog‘ida bir nechta kuch transformator mavjud bo‘lsa, taqsimlash tarmog‘i uchun maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$k_{yuk.TT}^{es} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{yuk\ i}^{es} \cdot S_{nom\ i}}{\sum_{i=1}^n S_{nom\ i}} \quad (1)$$

1-jadvalda LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoqning maksimal samaradorligiga mos keladigan yuklanish koeffitsienti keltirilgan.

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

1-jadval

№	Tugun yuklamalari	Transformator markasi	S_{nom} kVA	$\Delta P_{q.t}^1$ kVt	$\Delta P_{s.ish}^1$ kVt	k_{yuk}
1	267 KTP	TM-100/6	100	1,97	0,36	0,427
2	834 KTP	TM-630/6	630	7,6	1,56	0,453
3	838 KTP	TM-100/6	100	1,97	0,36	0,427
4	833_2 KTP	TM-1000/6	1000	12,2	2,45	0,448
5	Umumiy		1830	23,74	4,73	0,448

2-Jadvalda LK-102-2-1 taqsimlash tarmog‘ining o‘rtacha oylik yuklanish koeffitsienti keltirilgan.

2-jadval

Ko‘rsatgichlar	birlik	iyul	avgust	sentabr
T	soat	744	744	720
S_{bt}	kVA	42	67	71
S_{nom}	kVA	1830	1830	1830
$k_{yu.TT}$		0,023 (G)	0,037 (G)	0,039 (G)
$k_{yu.o'r.TT}$		0,033 (G)		

PROD 10/6 dasturidan foydalanib, biz LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoqning maksimal samaradorligiga mos keladigan yuklanish koeffitsientida energiya isroflarini hisoblaymiz.

3-jadvalda LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoq bo‘yicha maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffitsientida energiya isroflarini hisoblash natijalari keltirilgan.

3-jadval

№	Tugundagi yuklama nomlanish	Transfor- mator markasi	S_{nom} kVA	$k_{yu.nom}$	W <i>ming.kVt</i> * s	ΔW_{yu} <i>ming.kV</i> $t*s$	$\Delta W_{c.ish}$ <i>ming.k</i> $Vt*s$	ΔW_{Σ} <i>ming.</i> $kVt*s$
	Bosh tugun		1830	0,45	520	6,13	1,47	7,6
1	267 KTP	TM-100/6	100	0,44	28,104			
2	834 KTP	TM-630/6	630	0,44	177,057	%		
3	838 KTP	TM-100/6	100	0,44	28,104	1,179	0,283	1,462
4	833_2 KTP	TM-1000/6	1000	0,44	281,043			

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Qiyosiy baholashni amalga oshirish uchun, taqsimlovchi tarmoq yuklanish koeffitsientining o‘rtacha oylik qiymati bo‘yicha hisob-kitoblar amalga oshirildi va natijalari 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval

№	Tugundagi yuklama nomlanish	Transformator markasi	S_{nom} kVA	$k_{yu.o'r.TT}$	W $ming.kVt*_s$	ΔW_{yu} $ming.kVt*_s$	$\Delta W_{c.ish}$ $ming.kVt*_s$	ΔW_{Σ} $ming.kVt*_s$
	Bosh tugun		1830	0,033	520	0,02	1,523	1,543
1	267 KTP	TM-100/6	100	0,033	28,104			
2	834 KTP	TM-630/6	630	0,033	177,057	%		
3	838 KTP	TM-100/6	100	0,033	28,104	0,068	5,077	5,145
4	833_2 KTP	TM-1000/6	1000	0,033	281,043			

Maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffitsientida va yuklanish koeffitsientining o‘rtacha oylik qiymatida olingan energiya isroflar natijalarini qiyosiy tahlilini o‘tkazamiz. 5-jadvalda LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoq bo‘yicha ma’lumot keltirilgan. 5-jadval LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoq bo‘yicha energiya isroflarini hisoblash natijalarini qiyosiy tahlili keltirilgan.

5-jadval

Ko‘rsatgich	birlik	$k_{yu.es}$	$k_{yu.o'r.oy}$
k_{yu}	-	0,448	0,033
Samaradorlik sinfi	-	D	G
W	ming.kVt*s	520	30
ΔW_{yu}	ming.kVt*s	6,13	0,02
$\Delta W_{c.ish}$	ming.kVt*s	1,47	1,523
ΔW_{Σ}	ming.kVt*s	7,6	1,543
ΔW_{yu}	%	1,179	0,068
$\Delta W_{c.ish}$	%	0,283	5,077
ΔW_{Σ}	%	1,462	5,145

LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoqni ko‘rib chiqilayotgan davri uchun o‘rtacha oylik yuklanish koeffitsienti maksimal samaradorlikka mos keladigan yuk koeffitsientidan 13,6 baravar past. Shu bilan birga, tarmoqdagi yuklamali ish rejimida isroflar mos ravishda 17,3 barobar kamaygan, yuklamasiz ish rejimida isroflar esa 17,9 barobar ko‘paygan. Bu esa umumiy isroflarning 3,5 barobar oshishiga olib kelgan. Taqsimlovchi tarmoq yuklanish koeffitsientining ruxsat etilgan chegaralarini aniqlash uchun biz LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoq uchun yuklanish koeffitsientining turli qiymatlarida energiya isroflarini bir qator hisob-kitoblarni amalga oshiramiz.

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

6-jadvalda LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoq bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan. Olingan ma’lumotlarga asoslanib (1-rasm va 2-rasm) taqsimlovchi tarmoqning yuklanish koeffitsientiga qarab elektr energiya isroflarining o‘zgarishi (ming kVt soat va %) grafiklari tuzilgan.

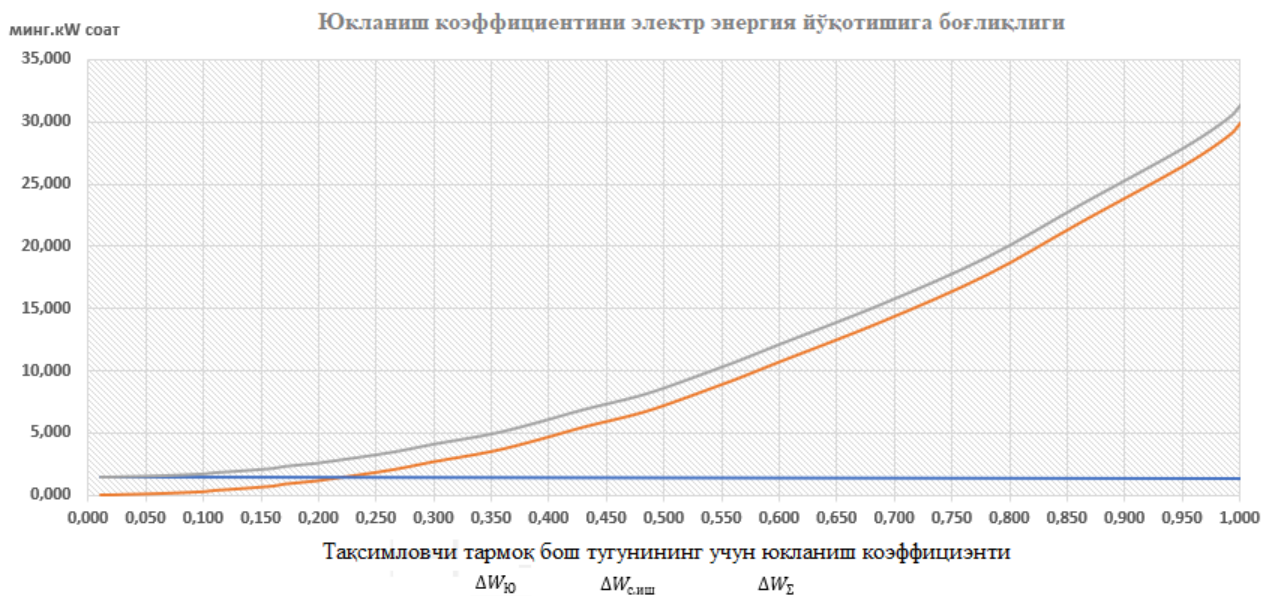
6-jadvalda LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoq uchun turli xil yuklanish koeffitsientida energiya isroflarini hisoblash natijalari keltirilgan.

6-jadval

$k_{yu.TT}$	W_{bt}	ΔW_{yu}		$\Delta W_{c.ish}$		ΔW_{Σ}	
	ming.kVt*s	ming.kVt*s	%	ming.kVt*s	%	ming.kVt*s	ming.kVt*s
0,010	10	0,003	0,026	1,525	15,253	1,528	15,278
0,020	20	0,009	0,046	1,524	7,621	1,533	7,667
0,025	30	0,020	0,068	1,523	5,077	1,543	5,145
0,030	40	0,036	0,089	1,522	3,805	1,558	3,895
0,040	50	0,056	0,111	1,521	3,042	1,577	3,153
0,050	60	0,080	0,133	1,520	2,533	1,600	2,666
0,060	70	0,108	0,155	1,519	2,170	1,627	2,324
0,070	80	0,141	0,177	1,518	1,897	1,659	2,074
0,080	90	0,179	0,198	1,517	1,685	1,695	1,883
0,090	100	0,220	0,220	1,515	1,515	1,736	1,736
0,100	110	0,266	0,242	1,514	1,377	1,781	1,619
0,110	130	0,371	0,286	1,512	1,163	1,883	1,449
0,120	140	0,430	0,307	1,511	1,079	1,941	1,387
0,130	150	0,494	0,329	1,510	1,007	2,004	1,336
0,140	160	0,562	0,351	1,509	0,943	2,070	1,294
0,150	170	0,634	0,373	1,508	0,887	2,142	1,260
0,160	180	0,710	0,395	1,507	0,837	2,217	1,232
0,170	200	0,877	0,438	1,504	0,752	2,381	1,191
0,180	210	0,966	0,460	1,503	0,716	2,470	1,176
0,190	220	1,060	0,482	1,502	0,683	2,562	1,165
0,200	230	1,159	0,504	1,501	0,653	2,660	1,156
0,260	300	1,969	0,656	1,493	0,498	3,463	1,154
0,300	350	2,680	0,766	1,488	0,425	4,168	1,191
0,350	400	3,499	0,875	1,483	0,371	4,981	1,245
0,390	450	4,427	0,984	1,477	0,328	5,904	1,312
0,430	500	5,465	1,093	1,472	0,294	6,936	1,387
0,480	550	6,611	1,202	1,466	0,267	8,078	1,469
0,520	600	7,867	1,311	1,461	0,244	9,328	1,555
0,560	650	9,232	1,420	1,456	0,224	10,688	1,644
0,600	700	10,706	1,529	1,450	0,207	12,157	1,737
0,690	800	13,982	1,748	1,440	0,180	15,422	1,928
0,780	900	17,695	1,966	1,429	0,159	19,124	2,125
0,860	1000	21,844	2,184	1,419	0,142	23,263	2,326
0,950	1100	26,431	2,403	1,408	0,128	27,839	2,531
0,990	1150	28,888	2,512	1,403	0,122	30,291	2,634

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

1,000	1170	29,901	2,556	1,401	0,120	31,302	2,675
-------	------	--------	-------	-------	-------	--------	-------



1-rasm. LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoq yuklanish koeffitsientiga bog‘liq elektr energiya isroflarining o‘zgarishlar grafigi (ming kVt soat).



2-rasm. LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoq yuklanish koeffitsientiga bog‘liq elektr energiya isroflarining o‘zgarishlar grafigi (%).

Olingan natijalardan ko‘rinib turibdiki, LK-102-2-1 taqsimlovchi tarmoq uchun energetik samaradorlik bo‘yicha eng yaxshi holat yuklanish koeffitsientining 0,26 (yoki 26%) ga teng bo‘lgan holatda kuzatiladi, ya’ni D - sinfida. Bu yerda umumiy elektr energiya isroflari 3,46 ming kVt soatni yoki kuzatuv vaqtida uzatilgan 300 ming kVt soatga teng elektr energiyasiga nisbatan 1,154 % tashkil qiladi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda 0,4–6 kV taqsimlovchi elektr tarmoqlarining samaradorligi yuklanish koeffitsienti asosida baholandi. Hisob-kitoblar natijasida aniqlanishicha, tarmoqning amaldagi o‘rtacha yuklanish koeffitsienti maksimal samaradorlikka mos qiymatdan sezilarli darajada past bo‘lib, bu holat umumiy energiya isroflarining ortishiga olib keladi. Xususan, yuklama darajasi past bo‘lgan rejimlarda yuklamasiz isroflar keskin ortib, umumiy yo‘qotishlar bir necha barobarga oshishi kuzatildi. O‘tkazilgan qiyosiy tahlillar shuni ko‘rsatdiki, elektr tarmog‘ining eng samarali ish rejimi yuklanish koeffitsienti taxminan 0,26 ga teng bo‘lgan holatda ta‘minlanadi. Ushbu rejimda energiya isroflari minimal qiymatga ega bo‘lib, tarmoqning energetik samaradorligi yuqori darajada ta‘minlanadi. Natijalarga asoslanib aytish mumkinki, elektr taqsimlash tarmoqlarida yuklanish koeffitsientini optimal qiymatga yaqinlashtirish, ya’ni transformatorlar yuklanishini me’yorlash orqali energiya isroflarini kamaytirish va tizim samaradorligini oshirish mumkin. Shu sababli, yuklama taqsimotini to‘g‘ri tashkil etish va tarmoq rejimlarini optimallashtirish muhim amaliy ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Khudayarov M.B., Normamatov N.N., Bobonazarov B.S. Calculation of voltage at electrical network nodes using an artificial neural network. // Problems of energy and sources saving № 3-4 2020 y 75-79. (05.00.00 №21).
2. Khudayarov M.B., Bobonazarov B.S., Rakhimov Sh. Utilizing artificial neural networks for the assessment of technical losses in power distribution networks. // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 11, Issue 12, December 2024. (05.00.00 №8).
3. Xudayarov M.B., Bobonazarov B.S. Operativный raschot texnicheskix poter elektroenergii v raspredelitelnyx setyax. // Energiya va resurs tejash muammolari № Spetsialnyy vypusk - 2021 g 184-189. (05.00.00 №21).
4. Xudayarov M.B., Bobonazarov B.S. Otsenka texnicheskix poter elektroenergii v sovokupnosti raspredelitelnyx setey na osnove iskusstvennyx neyronnyx setey // Energiya va resurs tejash muammolari № 4 2022 y 165-170. (05.00.00 №21).
5. Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A. Elektr tarmoqlarida kuchlanish nosinusoidalligining elektr energiya isroflariga ta’siri // Yashil iqtisodiyotni rivojlantirishning tashkiliy-iqtisodiy mexanizmlarini takomillashtirish yo‘llari. 2025 y. 307-309 b.

**PAST KUCHLANISHLI ELEKTR TARMOQLARDA YUKLAMA
NOSIMMETRIYASI TA’SIRIDA ELEKTR ENERGIYA ISROFLARINI
BAHOLASH**

Xudayarov Muzaffar Burxonovich

I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti t.f.d., professor
muzaffar_hb@mail.ru

Abduxalimov Jahongir Alisher o‘g‘li

I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti doktorant
Abduxalimovjahongir48@gmail.com

Sayimov Dilshod Eshnazar o‘g‘li

Qarshi davlat texnika universiteti magistranti
dilshod_sayimov@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tezisda 0,4 kV past kuchlanishli taqsimlash tarmoqlarida elektr energiyasi isroflarining yuklamalar nosimmetriyasi bilan bog‘liq isroflarni tadqiq etish maqsad qilingan [1-3]. Hisobiy-tahliliy usullar, fazalar bo‘yicha toklar taqsimoti va neytral o‘tkazgichdagi tok asosida isrofning ortish xarakteristikasi tushuntirib beriladi. Ilmiy yangilik sifatida nosimmetriya ko‘rsatkichlarini isrof modeli bilan bog‘lovchi amaliy baholash yondashuvi taklif etiladi [4, 5].

Kalit so‘zlar: 0,4 kV tarmoq; yuklama nosimmetriyasi; neytral o‘tkazgich toki; aktiv quvvat isrofi; kuchlanish og‘ishi; fazalar bo‘yicha balans; reaktiv quvvat.

0,4 kV past kuchlanishli taqsimlash tarmoqlari iste’molchilarga eng yaqin bo‘g‘in bo‘lgani sababli, ularda texnik isroflar ulushi sezilarli bo‘ladi. Bunday tarmoqlarning real ekspluatatsiya sharoitida ideal simmetrik uch fazali tizim farazlari ko‘p hollarda buziladi: bir fazali maishiy va kichik quvvatli yuklamalarining ko‘pligi, ulanishlarning vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanligi, turli kesimli va turli uzunlikdagi liniyalar mavjudligi natijasida fazalar bo‘yicha toklar teng taqsimlanmaydi. Bu holat sxema darajasida ham, yuklama darajasida ham nosimmetriya sifatida namoyon bo‘lib, elektr energiya isroflarini nafaqat oshiradi, shuningdek isrofning hududiy va vaqt bo‘yicha qay tarzda to‘planishini ham o‘zgartiradi. Shuning uchun isroflarni pasaytirish masalasi faqat o‘tkazgich kesimini oshirish yoki kuchlanishni normativ chegarada ushlab turish bilan cheklanmay, aynan nosimmetriyaning kelib chiqish sabablarini aniqlash va ularning tarmoqdagi elektr energiya isroflarini miqdoriy baholash zarur.

Tadqiqotning maqsadi 0,4 kV past kuchlanishli tarmoqlarda elektr energiyasi isroflariga sxema yechimlari va yuklama nosimmetriyasining ta’sirini hisobiy-tahliliy asosda ochib berish, nosimmetriya ko‘rsatkichlari orqali qo‘shimcha isroflarni baholash va amaliy tavsiyalarni ilmiy asoslashdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun tarmoq elementlarida aktiv quvvat isrofi $P = I^2R$ qonuniyatining uch fazali tizimdagi umumlashgan ko‘rinishlari, simmetrik komponentlar usuli, neytral o‘tkazgichdagi tokning hosil bo‘lishi, shuningdek transformator va liniyalardagi isroflar modellaridan foydalanildi. Metodologik yondashuvning muhim tomoni

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

shundaki, nosimmetriya faqat kuchlanish ko‘rsatkichlari bilan emas, balki toklar va quvvatlar bo‘yicha ham baholanadi; chunki past kuchlanishli tarmoqlarda isroflarning asosiy qismi aynan toklar orqali shakllanadi va yuklama xususiyatlari bilan bevosita bog‘langan.

Nosimmetriya ikki asosiy sabab orqali tahlil qilinadi. Birinchi sabab sxema nosimmetriyasi bo‘lib, tarmoqning shoxlanishi, ulanish nuqtalarining fazalar bo‘yicha notekis taqsimlanishi, ayrim uchastkalarda ikki fazali yoki bir fazali tarmoqlanishlarning mavjudligi bilan belgilanadi. Masalan, bir xil quvvat iste‘moli sharoitida ham A fazaga to‘g‘ri keladigan liniya uchastkasi uzunroq yoki kesimi kichikroq bo‘lsa, bu fazada kuchlanish tushuvi ortadi, natijada bir fazali iste‘molchilar rejimi o‘zgaradi va toklar qayta taqsimlanib, isrof oshishi mumkin. Ikkinchi qatlam yuklama nosimmetriyasi bo‘lib, bu fazalarga ulangan iste‘mol quvvatlarining farqi, quvvat omilining turlicha bo‘lishi, nosimmetrik yuklamalar ulushi bilan kuchayadi. Ayniqsa, neytral o‘tkazgichli to‘rt simli 0,4 kV tizimda faza toklarining vektor yig‘indisi nol bo‘lmaganda neytral toki paydo bo‘ladi; u esa qo‘shimcha I^2R isroflarni neytral simda yuzaga keltiradi va ayrim holatlarda faza o‘tkazgichlardagi isrofning kamayishiga emas, balki umumiy isrofning ortishiga olib keladi.

Isrofnı aniq ko‘rsatish uchun uch fazali to‘rt simli liniyada umumiy aktiv quvvat isrofi faza o‘tkazgichlaridagi isroflar yig‘indisi hamda neytral o‘tkazgichdagi isrofdan tashkil topishi yondashuvi qabul qilinadi:

$$\Delta P = I_A^2 R_A + I_B^2 R_B + I_C^2 R_C + I_N^2 R_N.$$

Simmetrik holatda $I_A = I_B = I_C$ bo‘lib, vektor yig‘indi nolga yaqin, $I_N \approx 0$, demak neytraldagi isrof deyarli yo‘q. Nosimmetriyada esa I_N ortadi va ayniqsa R_N kichik deb hisoblangan eski tarmoqlarda ham I_N^2 ko‘payuvchi sifatida keskin ortishi tufayli sezilarli qo‘shimcha isrof paydo bo‘ladi. Bunda muhim xulosa shuki, nosimmetriya tarmoqdagi o‘rtacha tokni o‘zgartirmagan holatda ham isroflarni oshiradi, chunki kvadratli bog‘lanish tufayli toklar tarqalishining notekisligi umumiy yig‘indini ko‘paytiradi. Shu sababli fazalarni balanslash tadbirlari, amalda, o‘rtacha yuklamani kamaytirmasdan isroflarni kamaytirish imkonini beradi.

Sxema nosimmetriyasi bilan bog‘liq yana bir muhim omil kuchlanish tushuvlari va ularning fazalar bo‘yicha farqidir. Past kuchlanishli tarmoqlarda kuchlanishning kamayishi ko‘p iste‘molchilar (ayniqsa, asinxron dvigatellar va ba‘zi elektron qurilmalar) uchun tokning ortishiga olib keladi; demak, bir fazada kuchlanish pastroq bo‘lsa, o‘sha fazadagi tok nisbatan kattalashib, isrof ortadi. Bu jarayon salbiy qayta bog‘lanish emas, aksincha, ayrim rejimlarda musbat qayta bog‘lanishni eslatadi: kuchlanish pasayishi tokni oshiradi, tok oshishi liniyada tushuvni oshiradi, natijada kuchlanish yanada pasayadi. Shuning uchun nosimmetriya faqat isrof masalasi emas, balki kuchlanish sifati va ishonchlilik bilan ham uzviy bog‘liq.

Transformator bo‘g‘inida nosimmetriya ta‘siri ikki yo‘nalishda namoyon bo‘ladi. Birinchisi, past kuchlanish chulg‘amidagi faza toklarining notekisligi mis yo‘qotishlarining ortishiga olib keladi, chunki chulg‘amlar bo‘yicha toklar kvadrati

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bo'yicha ortadi. Ikkinchisi, nol ketma-ketlik komponentlarining mavjudligi ayrim ulanish guruhlarida qo'shimcha qizish va magnit tizimda qo'shimcha yo'qotishlar keltirib chiqarishi mumkin, bu esa transformatorning ruxsat etilgan yuklanish darajasini amalda pasaytiradi. Natijada, nosimmetriya sharoitida transformator pasport quvvatiga chiqmagan holda ham harorat bo'yicha cheklanishi, demak, tarmoqning iqtisodiy ishlashi yomonlashishi ehtimoli ortadi. Bunday holatlarda energiya isroflari bevosita kWh ko'rinishida emas, balki yashirin xarajatlar: tezlashgan eskirish, avariya ehtimolining ortishi, reaktiv quvvat kompensatsiyasi samaradorligining pasayishi orqali ham namoyon bo'ladi.

Ilmiy natija sifatida nosimmetriya ko'rsatkichlarini isrof bilan bog'lovchi amaliy baholash yondashuvi asoslanadi. Unga ko'ra, ekspluatatsion monitoringda faza toklarining o'rtacha qiymati bilan birga ularning tarqoqligi (masalan, fazalar bo'yicha og'ish) va neytral toki ulushi kuzatilsa, liniya kesimi va uzunligi ma'lum bo'lgan sharoitda qo'shimcha isrofnı “bazaviy simmetrik” rejimga nisbatan tez hisoblash mumkin bo'ladi. Amaliyot nuqtai nazaridan eng informativ ko'rsatkichlardan biri I_N/I_{faz} o'rtacha nisbatidir: u nol ketma-ketlikning kuchini va to'rt simli tizimda qo'shimcha I^2R yo'qotishlar ehtimolini bevosita bildiradi. Bunda faqat elektr o'lchovlar emas, balki ulanishlar reyestri (qaysi abonent qaysi fazada) bilan uyg'un tahlil talab etiladi; chunki sof o'lchov nosimmetriyaning qayerdan kelayotganini har doim ham ko'rsatmaydi. Shu jihatdan, sxema ma'lumotlarni o'lchovlar bilan birlashtirish orqali nosimmetriya manbalarini ajratishni ham qo'llab-quvvatlaydi.

Tadbirlar nuqtai nazaridan tahlil quyidagi mantiqiy xulosalarga olib keladi: birinchidan, fazalarni balanslash, ya'ni iste'molchilarni fazalar bo'yicha qayta taqsimlash energiya isroflarini kamaytirishda eng muqobil choralar qatoriga kiradi, chunki u ko'pincha kapital qurilishga emas, ekspluatatsion qayta ulashlarga tayanadi; ikkinchidan, neytral o'tkazgich holati va kesimi nosimmetriya sharoitida kritik elementga aylanadi, chunki neytral toki ortishi bilan qizish va yo'qotishlar keskin ko'payadi; uchinchidan, reaktiv quvvat kompensatsiyasi simmetrik bo'lmagan sharoitda faqat umumiy cosφ ni yaxshilash bilan cheklanmasdan, fazalar bo'yicha moslashtirilgan tarzda ko'rib chiqilganda ko'proq isrof kamaytirishi mumkin, chunki toklarning fazalar bo'yicha notekisligi ham reaktiv komponentlar bilan kuchayadi. Bularning barchasi 0,4 kV tarmoqlarni modernizatsiya qilishda sifat ko'rsatkichlari va yo'qotishlarni birgalikda optimallashtirish zarurligini bildiradi.

Xulosa

Tadqiqot 0,4 kV tarmoqlarda elektr energiyasi isroflari ko'pincha faqat o'tkazgich qarshiliklari bilan emas, balki yuklamalarning fazalar bo'yicha nosimmetriyasi bilan ham keskin belgilanishini ilmiy asoslaydi. Nosimmetriya faza toklarining tarqoqligini kuchaytirib, kvadratli bog'lanish sabab umumiy $P=I^2R$ isroflarni oshiradi va neytral o'tkazgichda qo'shimcha isrofnı shakllantiradi. Sxema nosimmetriyasi kuchlanish tushuvlari farqi orqali toklarni qayta taqsimlab, isrofnı bilvosita kuchaytirishi ko'rsatildi. Amaliy jihatdan neytral toki ulushi va fazalar

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

bo'yicha toklar tarqoqligi asosida qo'shimcha isroflarni baholash hamda fazalarni balanslash, neytral zanjirni mustahkamlash va fazaviy kompensatsiya kabi chora-tadbirlarni tanlash ilmiy jihatdan maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. ГОСТ 32144-2013 (2014). Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения - Москва, Стандартинформ.
2. Аллаев К.Р. (2021) Современная энергетика и перспективы ее развития. – Тошкент. «Фан ва технологиялар нашриёт-матбаа уйи» В. 952.
3. Khudayarov M.B., Bobonazarov B.S., Rakhimov Sh. Utilizing artificial neural networks for the assessment of technical losses in power distribution networks. // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 11, Issue 12, December 2024.
4. Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A., Sayimov D.E., Karimov K.Sh. Past kuchlanishli elektr tarmoqlarida elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarining elektr energiya isroflariga ta'sirini baholash va tahlil etishga oid tadqiqotlar sharhi. “Muqobil energetika” Ilmiytexnik jurnali. 117-124 b. Qarshi-2025.
5. Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A. Past kuchlanishli elektr tarmoqlarining turli rejimlarida quvvat isroflarini tahlil etish. “Innovatsion texnologiyalar” Ilmiy-texnikaviy jurnal. 130-137 b. Qarshi-2025.

YUQORI KUCHLANISHLI ELEKTR UZATISH LINIYALARINING MUZ QOPLASHIGA QARSHI KURASHISH USULLARI

Xudoyqulov Zokir Rajabovich

Energetika kafedrası dotsenti t.f.n

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Berdimurotov Jasurbek Shavkatovich

Energetika kafedrası magistranti

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

jasurbekberdimurodov2277@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada O'zbekistonning tog'li va iqlimi keskin tushib ketadigan hududlaridagi 220 kV kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida (EUL) muz qatlamlarining hosil bo'lishiga qarshi kurashishning samarali usullari tahlil qilinadi. Elektr uzatish liniyalarida muz qoplamasi paydo bo'lishi natijasida yuzaga keladigan qo'shimcha mexanik yuklar, tarmoq ishonchligining pasayishi va yuzaga kelishi mumkin bo'lgan avariya holatlari ilmiy jihatdan yoritiladi. Shuningdek, MATLAB/Simulink dasturiy muhitida 220 kV kuchlanishli tarmoq uchun o'zgaruvchan tok orqali muzni eritish jarayoni modellashtirilgan. Modelda liniyaning aktiv va induktiv qarshiliklari hisobga olingan holda, tok oqimini ta'minlash orqali muzni samarali eritish rejimi asoslab beriladi. Olingan natijalar

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

elektr tarmoqlarining barqarorligini ta'minlash va ekspluatatsiya xarajatlarni optimallashtirish amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: Elektr uzatish liniyalari, muzlash, termik ta'sir, qisqa tutashuv rejimi, tok kuchi, MATLAB/Simulink, energiya tizimi ishonchliligi.

O'zbekistonda qish kunlari sovuq iqlim kuzatilganda zamonaviy energiya tizimlari havo elektr uzatish liniyalarida (EUL) muzlashning jiddiy muammosiga duch kelmoqda. Bu muammo, ayniqsa, ko'plab hududlarda tarqatish tarmoqlarining magistralini tashkil etuvchi yuqori kuchlanishli liniyalar uchun dolzarbdir. Elektr uzatish liniya simlari va kabellarida muz qatlamlarining paydo bo'lishi texnik-iqtisodiy muammo bo'lib, Elektr tarmoqlari bo'limi va ilmiy jamoatchilikning doimiy e'tiborini talab qiladi. Hozirgi davrda O'zbekiston Respublikasidagi barcha nominal kuchlanishli elektr uzatish liniyalarining umumiy uzunligi taxminan 220 ming km bo'lib, 500 kV kuchlanishli liniyalar 1,6 ming km, 220 kV kuchlanishli liniyalar 4,6 ming km va 0,4-10 kV kuchlanishli liniyalar 170 ming km ni tashkil etadi.

Zamonaviy energiya tizimlari, birinchi navbatda, yuqori iqtisodiy maqsadga muvofiqligi tufayli elektr energiyasini uzoq masofalarga tashish uchun havo elektr uzatish liniyalaridan foydalanadi. Biroq, tog'li hududlarda sovuq mavsumda simlar va qo'llab-quvvatlovchi tuzilmalarning muzlashi bilan bog'liq jiddiy muammo yuzaga keladi. Muzlarning paydo bo'lishiga ushbu hududlarga xos bo'lgan iqlim xususiyatlari masalan: havoning yuqori namligi, kuchli shamol bo'lishi va haroratning keskin o'zgarishi natijasida muzlar paydo bo'ladi. Olingan muz barcha chiziqli elementlarida sezilarli qo'shimcha mexanik yuklarni hosil qiladi, bu esa ularning normal ishlashining buzilishiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, simlarning notekis muzlashi ularning «muvazanatdan chiqishi» olib keladi, bu esa baxtsiz hodisalar xavfini oshiradi. Zararlangan chiziqlarni tiklash katta vaqt va moliyaviy resurslarni talab qiladi. Muzlanishga qarshi kurashning an'anaviy usullari ko'pincha bu yangi sharoitlarda samarasiz bo'lib, zamonaviy texnologiyalarni ishlab chiqish va joriy etishni talab qiladi.



1-rasm. Elektr uzatish liniyalarini muzlama qoplashi

Ushbu ishning dolzarbligi yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida muzlash bilan kurashishning samarali usullarini topish bilan bog'liq bo'lib, bu iqtisodiy yo'qotishlarni minimallashtiradi va elektr ta'minoti ishonchliligini oshiradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Tadqiqotning maqsadi hozirgi va kelajakdagi usullarni o‘rganishdir. Muzlashning oldini olish, shuningdek, yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalari uchun optimal texnologiyalarni tanlash. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar hal etilmoqda:

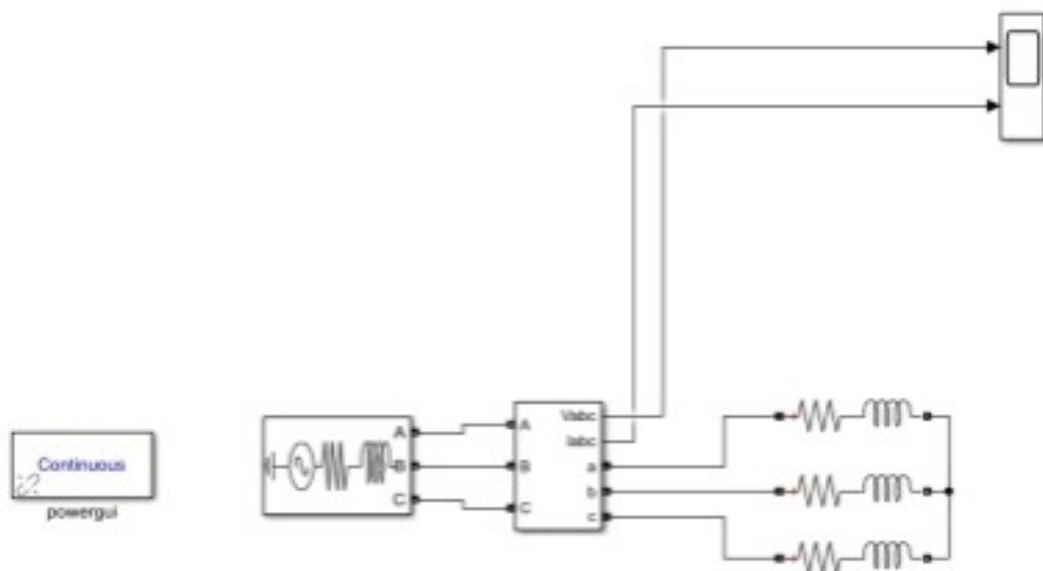
- muz hosil bo‘lishining nazariy jihatlarini va uning elektr uzatish liniyalarining ishlashiga ta’sirini o‘rganish;
- Muzdan tozalashning an’anaviy va innovatsion yondashuvlarini solishtirish.
- Har xil texnologiyalar, jumladan, termal, mexanik va kombinatsiyalangan usullarning samaradorligini baholash.
- muzlashning oldini olish uchun intellektual tizimlarni joriy etishning amaliy jihatlarini ko‘rib chiqish.

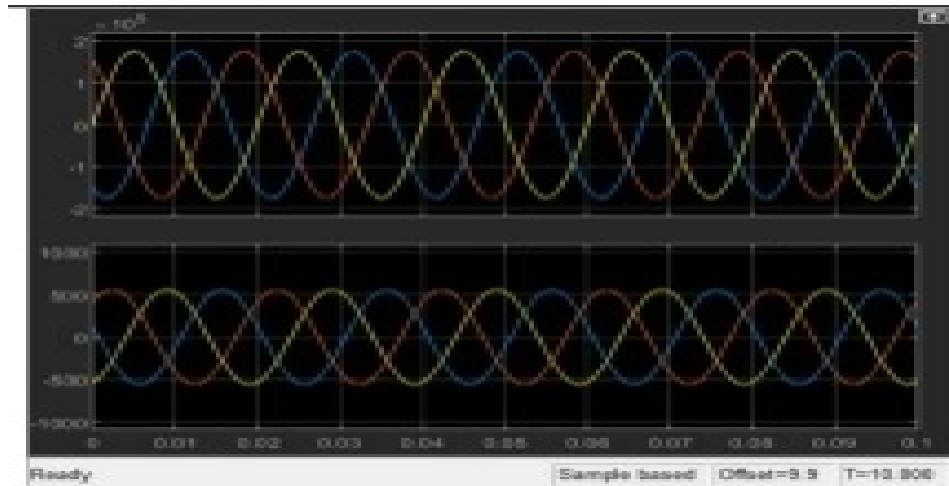
Yuqori kuchlanishli havo liniyalarida muzlash bilan kurashishning zamonaviy usullarini bir nechta asosiy mezonlarga ko‘ra tizimlashtirish mumkin. Eng keng qamrovli tasnif harakatning jismoniy printsipini, texnologik amalga oshirish xususiyatlarini va qo‘llash shartlarini hisobga oladi: Tajriba davomida elektr uzatish liniyasi modelining simlariga boshqariladigan oqim manbasidan turli chastotalar va ish davrlarining unipolyar va bipolyar tok impulsleri qo‘llaniladi .

1. Termik ta’sir usuli. U bir nechta rejimlarga ega.

Faol rejim (120-130 ° C) - mavjud muz bo‘laklarini parchalash. Profilaktik rejim (10-20 ° C) - yangi muz hosil bo‘lishining oldini olish.

Modellashtirish va texnik tahlil





2-rasm. O‘zgaruvchan tok bilan muz erishining sxema diagrammasi

Simulink dasturida 220 kV kuchlanishli tarmoqlar uchun amalga oshirilgan modellashtirish ishlarida quyidagi bosqichlar va natijalar muhim ahamiyat kasb etdi:

Tizim 3 fazali manba, uzatish liniyasining aktiv qarshiligi (R) va induktiv qarshiligi (L) hamda o‘lchov qurilmalaridan iborat. Liniya oxiri qisqa tutashtirilib zanjir umumiy ulanganda maksimal tok hosil bo‘ldi.

220 kV tizimda tokni nazorat qilish va muzni eritish jarayonini boshqarish uchun nisbatan yuqori qarshilik qiymatlari aktiv qarshiligi $R = 95$ (Om) va induktiv qarshiligi $L = 0.955$ (Gn) tanlandi. Bu qiymatlar 400-500 A tok oqimini ta’minlab, simlarning haddan tashqari qizib ketmasligini va muzning barqaror erishini taminlaydi.

XULOSA

Yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida muz qoplamasi vujudga kelishihal etish bo‘yicha bir qancha muammolar korib chiqildi Bu muammolar Muz qoplamasi natijasida havo elektr uzatish liniyalarining muzlashi tizimning mexanik mustahkamligiga jiddiy xavf soladi va elektr energiyasi uzatilishida uzilishlarni keltirib chiqaradi va MATLAB/simulnik dasturida amaliy hisoblandi. Ushbu usulni amaliyotda qo‘llash oraqli energiya samaradorligiga erishiladi. Elektr uzatish liniyalarining ekspluatatsion muddatini uzaytirish, avariya holatlarini oldini olish ko‘rib chiqildi. Bundan tashqari intellektual boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish va ularni raqamli energiya tizimlariga integratsiya qilish maqsad qilindi.

FOYDALANIGAN ADABIYOTLAR

1. Автоматическая система удаления льда с проводов линий электропередач / В.А. Соловьев, С.П. Черный, С.И. Сухоруков, В.М. Козин., 2019. – 45с
2. Сафаров А.М., Гойибов Т., Султиев А.Х. Электр тармоқлари ва тизимлари Тошкент 2013 й., 224с.
3. Каримов Х.Г. ва бошқ. Электр тармоқлари ва тизимлари. Тошкент, ТошДТУ, Ўқув қўлланма, 1996, 160 б.
4. Новгородцев А.Б. Расчет электрических цепей в МАТЛАБ: Учебный курс. – СПб.: Питер, 2004. – 250 с.3

5. Xushboqov B.X., Omonov F.B., Qurbonazarov S.E., Xudoyqulov Z.R.
Elektrotexnika va elektronika asoslari. Darslik, «MOHIRBEK-ZIYO» nashriyoti,
Toshkent 2025-yil.

KO‘P O‘LCHOVLI 5D TIZIMLARDA FIZIK, RAQAMLI VA KOGNITIV SOHALARNI INTEGRATSIYALASH

Xoshimov Foziljon Abidovich

Elektr ta’minoti kafedrası professori, DSc, professor,
Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
khoshimovfoziljon2022@gmail.com

Niyozov No‘mon Nizomiddinovich

Elektr ta’minoti kafedrası dotsenti, PhD, dotsent,
Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
nomon.niyozov_2422@mail.ru

Temirova Rayhona Shahobiddin qizi

Mustaqil tadqiqotchi, Elektr ta’minoti kafedrası,
Toshkent davlat texnika universiteti, O‘zbekiston
temirova.rayhona.13@gmail.com

Esanov Jahongir Abdig‘affor o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti Energetika
kafedrası assistenti
esanovjahongir@tdmau.uz

Annotatsiya. Fizik infratuzilma, raqamli texnologiyalar va kognitiv intellektning uyg‘unlashuvi zamonaviy muhandislik tizimlarini tubdan o‘zgartirmoqda. Ushbu maqolada 5D ko‘p o‘lchovli tizimlar tushunchasi ilg‘or integratsion model sifatida ko‘rib chiqiladi, bunda fazoviy, vaqt, sensor, raqamli va kognitiv o‘lchamlar yagona arxitekturaga birlashtiriladi. An‘anaviy modellardan farqli ravishda, ushbu yondashuv real jarayonlar, ularning raqamli modeli va inson tafakkuri o‘rtasida uzluksiz o‘zaro aloqani ta‘minlaydi. Sun‘iy intellekt, IoT texnologiyalari va immersiv muhitlardan foydalanish orqali 5D tizimlar real vaqt rejimida monitoring, moslashuvchan boshqaruv va intellektual qaror qabul qilish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari bunday tizimlar samaradorlikni oshirishi, vaziyatni anglash darajasini kuchaytirishi va o‘qitish natijalarini yaxshilashini ko‘rsatadi. Xulosa qilib aytganda, 5D tizimlar to‘liq integratsiyalashgan kiber-fizik-kognitiv ekotizimlarni shakllantirishda muhim bosqich hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: 5D tizimlar, kiber-fizik tizimlar, kognitiv integratsiya, IoT, sun‘iy intellekt, raqamli egizak, immersiv texnologiyalar

Asosiy qism

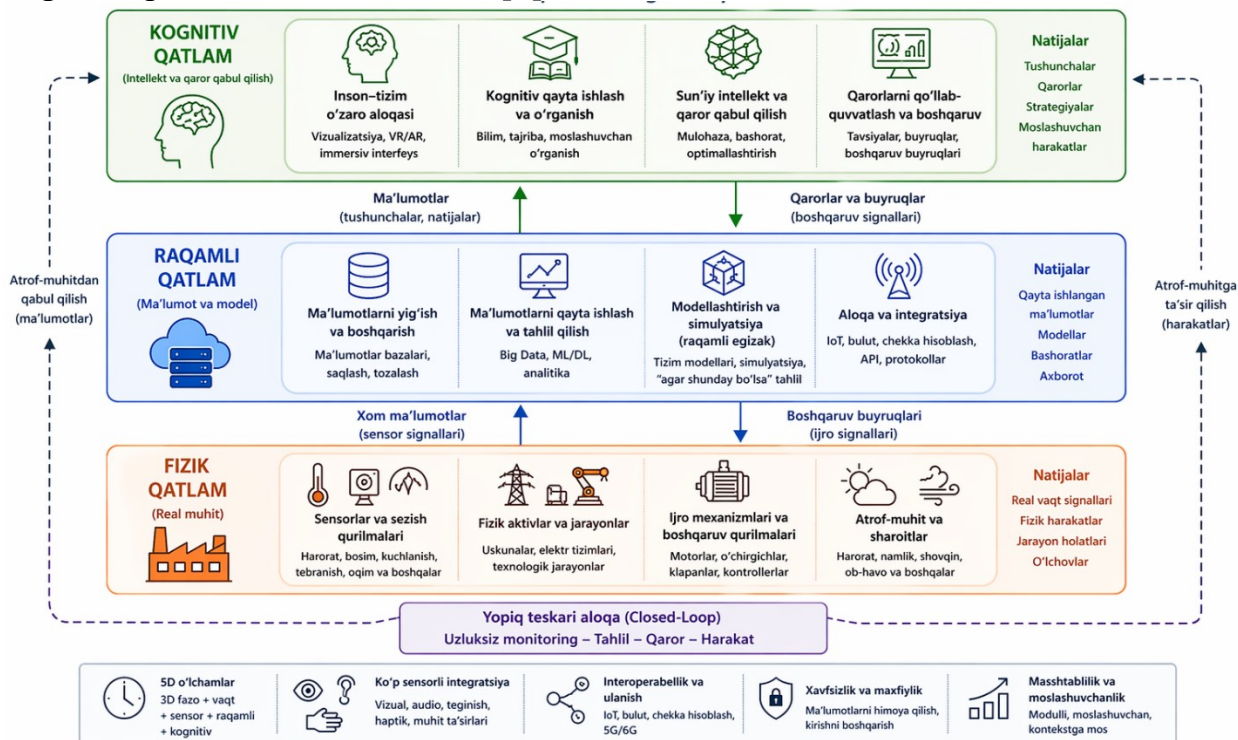
Sanoat 4.0 ning jadal rivojlanishi va Sanoat 5.0 ga o‘tish jarayoni fizik tizimlarni raqamli texnologiyalar va inson markazli intellekt bilan integratsiyalash

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

zaruratini kuchaytirdi. An'anaviy muhandislik tizimlari, asosan, fizik infratuzilma va cheklangan raqamli monitoringga asoslangan bo'lib, zamonaviy murakkab va dinamik muhit talablariga to'liq javob bera olmayapti. Shu bilan birga, kiber-fizik tizimlar, sun'iy intellekt va raqamli egizak texnologiyalarining rivojlanishi tizimlarni optimallashtirish va intellektual boshqaruv uchun yangi imkoniyatlar yaratdi. Biroq, insonning kognitiv jarayonlarini ushbu tizimlarga to'liq integratsiyalash masalasi hali yetarli darajada o'rganilmagan.

Ko'p o'lchovli 5D tizimlar aynan shu muammoni hal etishga qaratilgan bo'lib, ular fizik, raqamli va kognitiv sohalarni yagona tizimga birlashtiradi. Ushbu yondashuv an'anaviy uch o'lchovli modellardan tashqariga chiqib, vaqt va multisensor o'zaro ta'sirni ham qamrab oladi. Natijada tizimlarni yanada realistik modellashtirish va foydalanuvchi bilan chuqurroq o'zaro aloqa imkoniyati yuzaga keladi [1].

Ko'p o'lchovli 5D tizimlarning konseptual asosini bir-biri bilan chambarchas bog'langan o'lchamlar tashkil etadi. Bu tizimda fazoviy tasvir vaqt omili bilan boyitilib, jarayonlarni nafaqat tuzilma, balki ularning rivojlanishi nuqtai nazaridan ham tahlil qilish imkonini beradi. Shu bilan birga, sensor o'lchamning kiritilishi orqali tovush, teginish va muhit ta'sirlari kabi omillar hisobga olinadi, bu esa tizimning realizmini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu elementlar ma'lumotlarni qayta ishlash, uzatish va modellashtirishni ta'minlovchi raqamli qatlam hamda insonning idroki, o'rganishi va qaror qabul qilish jarayonlarini o'z ichiga oluvchi kognitiv qatlam bilan to'ldiriladi [2].



1-rasm. 5D tizimlarning qatlamli arxitekturası

Bunday tizimlarning arxitekturası qatlamli tuzilishga ega bo'lib, real muhit, raqamli platformalar va foydalanuvchi interfeyslari o'rtasida uzluksiz o'zaro aloqani

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ta'minlaydi (1-rasm). Fizik qatlam sensorlar va ijro mexanizmlari orqali ma'lumotlarni yig'adi va boshqaruv signallarini amalga oshiradi [3]. Ushbu ma'lumotlar raqamli qatlamga uzatiladi va u yerda mashinaviy o'rganish hamda prognozlash algoritmlari yordamida qayta ishlanadi. Kognitiv qatlam esa foydalanuvchi bilan o'zaro aloqani ta'minlab, immersiv muhitlar orqali tushunish, boshqarish va moslashuvchan o'rganishni qo'llab-quvvatlaydi.

Natijada, ma'lumotlar qatlamlar o'rtasida uzluksiz almashinuvi asosida yopiq boshqaruv konturi hosil bo'ladi. Bu esa tizimning real vaqt rejimida ishlashini, o'zgaruvchan sharoitlarga moslashishini va optimal qarorlar qabul qilishini ta'minlaydi. Sun'iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi esa prognozlash, nosozliklarni aniqlash va avtomatlashtirilgan boshqaruv imkoniyatlarini kengaytiradi. Amaliy jihatdan, 5D tizimlar turli sohalarda keng qo'llanilishi mumkin. Energetika va muhandislik tizimlarida ular real vaqt monitoringi, prognozli texnik xizmat ko'rsatish va energiya samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Ta'lim sohasida esa ular immersiv o'quv muhitlarini yaratib, talabalarning bilim va ko'nikmalarini rivojlantirishga yordam beradi. Sanoatda raqamli egizaklar va aqlli ishlab chiqarish tizimlarini shakllantirishga xizmat qilsa, shahar infratuzilmasida aqlli boshqaruv tizimlarini yaratishda muhim rol o'ynaydi [4].

Shu bilan birga, 5D tizimlarni joriy etishda bir qator muammolar mavjud. Jumladan, tizimlarning murakkabligi, yuqori hisoblash resurslariga ehtiyoj, ma'lumotlar xavfsizligi va standartlashtirish muammolari dolzarb hisoblanadi. Ushbu masalalarni hal etish texnologiyaning keng joriy etilishi uchun muhim ahamiyatga ega.

Xulosa

Ko'p o'lchovli 5D tizimlar zamonaviy muhandislik muhitida fizik, raqamli va kognitiv sohalarni integratsiyalashning yangi bosqichini ifodalaydi. Immersiv texnologiyalar, real vaqt ma'lumotlari va sun'iy intellektni uyg'unlashtirish orqali ushbu tizimlar samaradorlikni oshirish, qaror qabul qilishni takomillashtirish va ta'lim jarayonlarini rivojlantirish imkonini beradi. Ushbu yondashuv an'anaviy tizimlarning cheklovlarini bartaraf etib, murakkab texnologik muhit talablariga javob beruvchi yangi yechimlarni taqdim etadi.

Kelgusida tadqiqotlar tizim arxitekturasini takomillashtirish, o'zaro moslashuvchanlikni oshirish va ilg'or sun'iy intellekt modellarini integratsiyalashga qaratilishi lozim. Umuman olganda, 5D tizimlar kelajakda aqlli, moslashuvchan va inson markazli texnologik yechimlarning asosiy yo'nalishlaridan biri bo'lib xizmat qiladi.

Foydalangan adabiyotlar:

1. Lee J., Bagheri B., Kao H.A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // Manufacturing Letters. – 2015. – Vol. 3. – P. 18–23.
2. Tao F., Zhang M. Digital Twin Shop-Floor: A New Shop-Floor Paradigm Towards Smart Manufacturing // IEEE Access. – 2017. – Vol. 5. – P. 20418–20427.

3. Monostori L. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges // Procedia CIRP. – 2014. – Vol. 17. – P. 9–13.

4. Slater M., Sanchez-Vives M.V. Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality // Frontiers in Robotics and AI. – 2016. – Vol. 3. – P. 1–47.

TRANSFORMATORNI O‘TA YUKLANISH REJIMIDA ISSIQLIK JARAYONINI MATLAB/SIMULINKDA MODELLASHTIRISH

Xudoyqulov Zokir Rajabovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti t.f.n., dotsenti

Berdimurotov Jasurbek Shavkatovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti magistranti

jasurbekberdimurodov2277@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada sanoat korxonalari, qishloq xo‘jaligini elektr bilan ta‘minlash tizimlarida kuch transformatorlarining o‘ta yuklanish sharoitidagi ish rejimlari va ushbu jarayonlarning izolyatsiya tizimiga ta‘siri muammosi ko‘riladi. Ish doirasida muntazam va avariyaaviy o‘ta yuklanishlarning ruxsat etilgan chegaralari hamda ularning davomiyligini baholash metodologiyasi tizimlashtiriladi. Transformatorning issiqlik jarayonlarini MATLAB/Simulink dasturi orqali transformatoridagi issiqlik jarayoni modeli ishlab chiqilgan. Ma‘lumotlarni matematik tahlil qilish orqali harorat o‘zgarishi va izolyatsiyaning termik chidamliligi o‘rtasidagi funksional bog‘liqliklar aniqlangan. Olingan natijalar transformatorlarning xizmat muddatini uzaytrish va elektr ta‘minoti tizimlarining ishonchliligini oshirishda amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: kuch transformatori, o‘ta yuklanish, issiqlik modeli, MATLAB/Simulink, izolyatsiya, termik yemirilish, elektr ta‘minoti ishonchliligi.

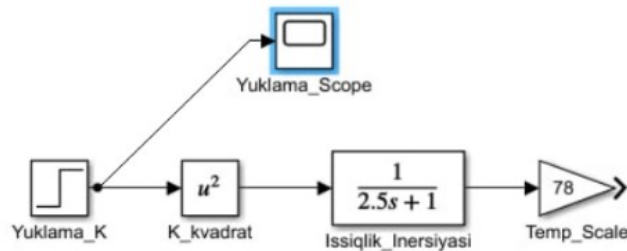
KIRISH

Transformatorlar elektromagnit statik apparat hisoblanib, ishlash prinsipi va tuzilishi elektr mashinalariga o‘xshash bo‘lganligi sababli elektr mashinalar guruxiga qo‘shib o‘rganiladi. Transformatorlarni ishlatish jarayonida ularni ishonchli ishlashi ta‘minlanishi lozim. Yuklamalar, kuchlanish me‘yori, transformatorlarning alohida qismlarining harorati, moyning harakteristikalar va izolyatsiya parametrlari o‘rnatilgan me‘yorlari chegarisida bulishi kerak. Sovutish tizimi, kuchlanishni rostlash va boshqa tarkibiy qismlari shuningdek, doimiy vositalari bo‘lgan yong‘in o‘chirish, moy qabul qilgich, moy chiqqishlar va moy to‘plagichlar soz bo‘lishi kerak.. Kuch transformatorlari elektr ta‘minoti tizimlarida asosiy rol o‘ynab, elektr energiyasini o‘zgartirish va taqsimlashni ta‘minlaydi. Foydalanish jarayonida transformatorlar ko‘pincha ham qisqa muddatli, ham muntazam o‘ta yuklanishlarga duch keladi, ayniqsa elektr energiyasi iste‘molining o‘zgaruvchan jadvali sharoitida. Bunday ortiqcha yuklanishlar uskunaning ishonchliligi, xizmat muddati va foydalanish xavfsizligiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli, transformatorlarning o‘ta yuklanishdagi ishlashini tadqiq

qilish va ularning o‘ta yuklanish qobiliyatini baholash usullarini ishlab chiqish dolzarb vazifa hisoblanadi. Ishda transformatorlarning asosiy o‘ta yuklanish rejimlari, ruxsat etilgan qiymatlarni hisoblash usullari, shuningdek, turli omillarning issiqlik holati va izolyatsiyaning chidamliligiga ta’siri ko‘rib chiqiladi.

ASOSIY QISM

Hozirgi vaqtda elektr energiyasi iste’molchilarining asosiy toifasi 1 kV gacha kuchlanishda ishlaydi. Tegishli kuchlanishni ta’minlash uchun 10 kV kuch taqsimlovchi uch fazali transformatorlardan foydalaniladi.\



1-rasm. Kuch transformatorining issiqlik rejimi va izolyatsiyasi qismi yemirilish modellashtirish sxemasi

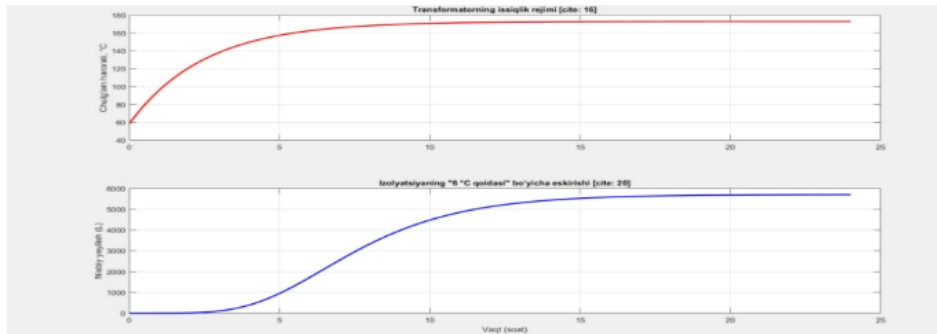
DOLZARBLIK:

Transformatorning o‘tayuklanishi - izolyasiyaning tez eskirishiga olib keladigan yuklanish. Agar yuklanish ayni transformatorning nominal quvvatidan katta bo‘lsa yoki atrof-muhit harorati qabul qilingan hisobiy haroratdan +20°C dan ortiq bo‘lsa, shunday rejim hosil bo‘ladi. O‘tayuklanish avariya va tizimli bo‘lishi mumkin. Avariya o‘tayuklanishiga avariya hollarida, masalan, parallel ishlayotgan transformator ishdan chiqqan hollarda yo‘l qo‘yiladi. Ruxsat etilgan yuklanish chulg‘am (+140°C) va moyning (+115°C) ruxsat etilgan chegara haroratlari bilan aniqlanadi. Standartlarga asosan nominal tokdan katta bo‘lgan qisqa muddatli avariya o‘tayuklanishga (oldingi yuklanishning davomiyligi va kattaligi, sovituvchi muhit harorati va o‘rnatish joyidan qat’iy nazar) quyida ko‘rsatilgan chegaralarda yo‘l qo‘yiladi.

Har bir transformatorning o‘ta yuklanish bilan ishlashda o‘z foydalanish muddati mavjud bo‘lib, undan oshganda xavfsiz ishlashi va ishonchliligi kafolatlanmaydi va uni almashtirish talab etiladi, bu esa xizmat ko‘rsatuvchi xodimlarning xavfsizligiga ham ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuning uchun transformator ishlab chiqarilgan korxonada o‘rnatilgan muddatga xizmat qilishi uchun uning ortiqcha yuklanishini tekshirish va hisoblash juda muhimdir.

Ma’lumki, transformatorning issiqlik rejimi issiqlik diagrammasi bilan tavsiflanadi, Bu transformator moyi va chulg‘am, haroratining transformator chulg‘ami bo‘ylab o‘zgarishi haqida aniq tasvirlab beradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



2-rasm. Kuch transformatorining o‘ta yuklanish sharoitidagi issiqlik rejimi va izolyatsiya qismi yemirilishining grafiklari

Transformatorlardan foydalanishda chulg‘amlar izolyatsiyasining o‘ta qizib ketishdan sutkalik yeyilishini nazorat qilish zarur. Chulg‘amlarning bir kechakunduzda qizib ketishi transformator normal ishlay oladigan qizishidan oshmasligi kerak. Transformator odatda birdan kichik yuklanish koeffitsiyenti bilan ishlaganligi sababli, sutka davomida ma’lum vaqt davomida transformatorni ortiqcha yuklash mumkin, bu esa to‘liq yuklanmagan chulg‘amlarning qizishini kompensatsiyalaydi. Ma’lumki, transformator ishining o‘zgarishi izolyatsiya haroratiga ham bog‘liq, chunki uning 6 soat yukalamada bo‘lishi xizmat muddatining ikki baravar kamayishiga olib keladi.

O‘ta yuklanishga bog‘liq holda transformatorning ruxsat etilgan muntazam o‘ta yuklanishi davomiyligini aniqlash muhim masala hisoblanadi. Ortiqcha yuklanishning taxminiy vaqtini aniqlash uchun ishlab chiqaruvchi zavodlarning diagrammalari mavjud. Taxminiy o‘ta yuklanish vaqtini aniqlash usullaridan biri ruxsat etilgan yuklamaning oshib ketish koeffitsiyentini (K_2) aniqlash bilan ifodalanadi. Uning boshlang‘ich yuklanish koeffitsiyenti (K_1), uning nominal quvvati S_{nom} , sovitish tizimi va uning isitish vaqti doimiysiga bog‘liq.

NATIJA:

Ruxsat etilgan yuklamadan oshish koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi: **(TM-630 kVA uchun):**

transformator **TM-630 kVA** va $U = 10$ kv :

1. $I_{nom} = 36.4$ A bo‘ladi.
2. modelda $I_1 = 36.4 \times 0.7 = 25.48$ A
3. modelda $I_2 = 36.4 \times 1.4 = 50.96$ A

$$K_1 = \frac{S_1}{S_{nom}} = \frac{I_1}{I_{nom}}$$

bu yerda S_1 - transformatorning to‘liq quvvati, I_1 - boshlang‘ich toki. K_1 va K_2 qiymatlari transformator yuklamasining soddalashtirilgan ikki bosqichli grafigi bo‘yicha aniqlanadi (3-rasm). Transformatorning yuklanish koeffitsiyenti K_1

$$K_2 = \frac{S_2}{S_{nom}} = \frac{I_2}{I_{nom}} \quad K_2 = 1.4$$

S_2 - transformatorning yuklanish to‘liq quvvati, I_2 - yuklanish toki. K_2 - qiymatlari transformator yuklamasining soddalashtirilgan ikki bosqichli grafigi bo‘yicha aniqlanadi (3-rasm). Transformatorning yuklanish davomiyligi K_2 .

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Asosan qisqa muddatli o‘ta yuklanish chulg‘amlar izolyatsiyasining yuqori darajada yeyilishi bilan kechadi, bu esa transformatorning xizmat muddatini kamaytiradi. Bunday o‘ta yuklanishlar oldingi rejimdan qat’i nazar, barcha sovitish tizimlarida ruxsat etiladi.



3-rasm. Transformatorning ish yuklamasi o‘zgarishi bilan uning chulg‘amlari qizishi va xizmat muddati qanchalik qisqarishini ifodalaydi.

XULOSA

Transformatorlar boshlang‘ich yuklanish, atrof-muhit harorati, sovutish tizimi va boshqa ekspluatatsion omillarga bog‘liq bo‘lgan cheklangan o‘ta yuklanish qobiliyatiga ega. Foydalanish approksimatsiyalovchi funksiyalarning tahlili ortiqcha yuklamaning ruxsat etilgan davomiyligini yetarlicha aniq baholash imkonini beradi, bu esa SESni loyihalashtirish va undan foydalanish. Yuklamaning notekisligi, hisob-kitoblardagi xatolar yoki favqulodda holatlar tufayli yuzaga keladigan ortiqcha yuklanishlarga alohida e‘tibor qaratish lozim, chunki bu izolyatsiyaning tez eskirishiga va uskunaning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Yuklamani to‘g‘ri boshqarish va me‘yoriy ma‘lumotlardan foydalanish real ekspluatatsiya sharoitlarida transformatorlarning ishonchli va xavfsiz ishlashini ta‘minlash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Berdiev U.T., Pirmatov N.B. Elektromexanika. Texnika oliy oquv yurtlarining “Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari” va “Elektr energetika” yo‘nalishi talabalari uchun darslik. – T.: Shams-Asa. 2014. –386 b.
2. Siddiqov I. H. et al. KUCH TRANSFORMATORLARINING ZAMONAVIY MIKROPROTSESSORLI HIMOIYASI //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – T. 2. – №. 3. – C. 277-280.
3. Xushboqov B.X., Omonov F.B., Qurbonazarov S.E., Xudoyqulov Z.R. Elektrotexnika va elektronika asoslari. Darslik, «MOHIRBEK-ZIYO» nashriyoti, Toshkent 2025-yil.
4. Передача возмущений через трансформаторы напряжения [Текст] / М. Качмарек. – Дисс. ... д-ра техн. наук. – Лодзинский технический университет, 2009.
5. Качмарек, М. Моделирование влияния проводящих возмущений на точность трансформаторов напряжения при измерениях качества электроэнергии [Текст] / М. Качмарек, Р. Нович. – EPQU, 2009.

6. Вишнеvский, А. Трансформаторы в электроэнергетике [Текст] / А. Вишнеvский. – 2-е изд. – М.: WNT, 1992.

ISSIQLIK ELEKTR STANSIYALARIDA YOQILG‘I SAMARADORLIGINI OSHIRISH VA EKOLOGIK MUAMMOLARNI KAMAYTIRISH

Assistent **Xurramov Ro‘ziboy Jo‘ra o‘g‘li**

Talaba **Abzoirov Elbek Akram o‘g‘li**

Talaba **Safarov Otabek Ergash o‘g‘li**

Talaba **Binayev Abdulaziz bahrom o‘g‘li**

Talaba **Xolmurzayev Abror Suyun o‘g‘li**

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Kirish

Zamonaviy dunyoda energetika sohasi iqtisodiy rivojlanishning asosiy tarkibiy qismi hisoblanadi. Issiqlik elektr stansiyalari (IES) global energiya ishlab chiqarishning katta qismini ta‘minlaydi. Biroq, an‘anaviy yoqilg‘ilardan foydalanish - toshko‘mir, neft va tabiiy gaz — atrof-muhitga jiddiy zarar etkazmoqda. Atmosferaga chiqarilayotgan CO₂, SO₂, NO_x va zarralar nafaqat iqlim o‘zgarishiga, balki odamlar sog‘lig‘iga ham salbiy ta‘sir ko‘rsatmoqda. O‘zbekistonda issiqlik energetikasi elektr energiyasining asosiy manbai bo‘lib qolmoqda. Respublikamizda faoliyat yuritayotgan Syrdaryo, Toshkent, Navoiy va boshqa IES lari mamlakat elektr tizimining muhim bo‘g‘inlaridir. Ushbu stansiyalarda yoqilg‘i sarfini optimallashtirish va zararli chiqindilarni kamaytirish — bugungi kunning dolzarb ilmiy texnik muammosidir. Ushbu tizisda issiqlik elektr stansiyalarida yoqilg‘i samaradorligini oshirishning asosiy yo‘llari, zamonaviy texnologiyalar va ekologik muammolarni kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ko‘rib chiqiladi. Quyida IES ning umumiy texnologik sxemasi keltirilgan:

Yoqilg‘i samaradorligini oshirish usullari. Qozon-turbina tizimlarini modernizatsiya qilish IES larda asosiy yoqilg‘i sarfini kamaytirish yo‘llaridan biri — bug‘ generatorlari va turbinalarni yangilashdir. Yuqori bosimli va yuqori haroratli bug‘ tsikllari (superkritik va – 2 Issiqlik elektr stansiyalarida yoqilg‘i samaradorligi va ekologiya ultrasuperkritik rejimlar) an‘anaviy tizimlar bilan solishtirganda 40–48% gacha termal FIK (foydalanish koeffitsienti) ga erishishga imkon beradi. Masalan, superkritik parametrlarda (250 bar, 600°C) ishlovchi zamonaviy stansiyalar an‘anaviy stansiyalarga nisbatan 5–8% kam yoqilg‘i sarflaydi. Shuningdek, ko‘p bosqichli bug‘ regeneratsiyasi tizimlarini joriy etish, qozonlarda yonish haroratini optimallashtirishga yordam beruvchi avtomatik boshqaruv tizimlarini o‘rnatish samarali natijalar bermoqda. Amaliyot shuni ko‘rsatadiki, yonish jarayonini 2 3% optimallashtirish yillik 10 000 tonna yoqilg‘ini tejashga olib keladi. Kogeneratsiya va issiqlikni qayta ishlatish Kogeneratsiya — bu bir vaqtning o‘zida elektr energiyasi va issiqlik ishlab chiqarish texnologiyasi bo‘lib, umumiy FIK ni 80–90% gacha oshirish imkonini beradi. IES larda chiqindi bug‘ va issiqlik

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

suvidan uy-joy kommunal xo‘jaligi uchun foydalanish yoqilg‘i sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Quyidagi diagrammada turli texnologiyalarda erishiladigan yoqilg‘i samaradorligi (FIK) taqqoslangan. Raqamli texnologiyalar va sun‘iy intellektdan foydalanish Zamonaviy IES larda yoqilg‘i sarfini real vaqt rejimida kuzatuvchi, tahlil qiluvchi va optimallashtiruvchi aqlli boshqaruv tizimlari (SCADA, DCS) keng qo‘llanilmoqda. Sun‘iy intellekt va mashinali o‘qitish algoritmlari yordamida yoqilg‘i va havo nisbatini – 3 Issiqlik elektr stansiyalarida yoqilg‘i samaradorligi va ekologiya optimal darajada ushlab turish, qozon va turbinalardagi nosozliklarni erta aniqlash mumkin bo‘lmoqda. General Electric va Siemens kompaniyalarining ilmiy tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, raqamli optimallashtirish tizimlari yoqilg‘i sarfini yiliga 3–5% kamaytirish va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini 10–25% qisqartirish imkonini beradi.

Ekologik muammolarni kamaytirish choralari. Chiqindi gazlarni tozalash texnologiyalari IES larda hosil bo‘ladigan asosiy ifloslantiruvchilar — CO₂, SO₂, NO_x va chang zarralaridir. Ushbu ifloslantiruvchilar va ularga qarshi qo‘llaniladigan zamonaviy texnologiyalar hamda ularning samaradorligi quyidagi infografikada tasvirlangan. Yuqoridagi infografikada ko‘rishimiz mumkinki, kompleks tozalash tizimlari joriy etilganda:– Quruq va ho‘l desulfurizatsiya tizimlari — SO₂ chiqindilarini 95% gacha kamaytiradi;– Selektiv katalitik qaytarish (SCR) — NO_x konsentratsiyasini 85% ga kamaytiradi;– Elektrostatik tutqichlar va mato filtrlar — chang zarrachalarini 99,9% samaradorlik bilan ushlab qoladi;– CO₂ tutish va saqlash texnologiyasi (CCS) — uglerod chiqindilarini yerosti qatlamlarida saqlaydi.– 4 Issiqlik elektr stansiyalarida yoqilg‘i samaradorligi va ekologiya. Muqobil yoqilg‘i turlaridan foydalanish Toshko‘mir va mazutdan tabiiy gazga o‘tish SO₂ chiqindilarini 90%, NO_x ni esa 60–70% ga kamaytiradi. Bundan tashqari, biomassa (agrosanoat chiqindilari, yog‘och qipig‘i) va biogaz kabi qayta tiklanadigan yoqilg‘ilarni an‘anaviy yoqilg‘ilar bilan aralashtirib yoqish (co-firing) texnologiyasi amaliy ahamiyat kasb etmoqda. O‘zbekistonda paxta chiqindilari va boshqa agrosanoat qoldiqlaridan bioenergetika maqsadlarida foydalanish imkoniyatlari mavjud bo‘lib, bu esa import qilinadigan yoqilg‘iga bo‘lgan ehtiyojni kamaytirishga va ekologik vaziyatni yaxshilashga hissa qo‘shishi mumkin. Suv resurslari va tuproqni muhofaza qilish IES larda sovutish suvi va texnologik suv sarfini kamaytirish muhim ekologik muammo hisoblanadi. Yopiq suv aylanma tizimlarini joriy etish va qochish issiqligidan foydalanish suv sarfini 30–50% ga qisqartiradi. Shuningdek, IES larda hosil bo‘luvchi kul va shlaklarni qurilish materiallari sifatida qayta ishlash landfillarga yukni kamaytiradi va qo‘shimcha iqtisodiy foyda keltiradi.

Xulosa

Issiqlik elektr stansiyalarida yoqilg‘i samaradorligini oshirish va ekologik muammolarni kamaytirish o‘zaro bog‘liq jarayonlar bo‘lib, kompleks yondashuv talab etadi. Ushbu tizisda ko‘rib chiqilgan tahlillar asosida quyidagi asosiy xulosalar chiqarish mumkin. Superkritik va ultrasuperkritik bug‘ tsikllari, shuningdek kogeneratsiya texnologiyalarini joriy etish yoqilg‘i sarfini 10–20% ga kamaytirish imkonini beradi. Sun‘iy intellekt va raqamli boshqaruv tizimlari yordamida real

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

vaqtda yoqilg‘i sarfini optimallashtirish 3–5% qo‘shimcha tejamkorlik beradi. Zamonaviy gaz tozalash tizimlari (desulfurizatsiya, SCR, elektrostatik tutqichlar) zararli chiqindilarni 80–99% ga kamaytirish imkonini beradi. O‘zbekistonda tabiiy gaz va biomassa yoqilg‘iga o‘tish, suv resurslari hamda kul shlaklarni qayta ishlash ekologik va iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Davlat tomonidan ekologik standartlarni qattiqlashtirishva zamonaviy texnologiyalarni joriy etishni rag‘batlantirishning samarali mexanizmlari ishlab chiqilishi kerak. Yuqorida keltirilgan chora-tadbirlarni bosqichma-bosqich amalga oshirish O‘zbekistondagi issiqlik elektr stansiyalarini xalqaro ekologik standartlar talablariga – 5 Issiqlik elektr stansiyalarida yoqilg‘i samaradorligi va ekologiya javob beradigan, yuqori samaradorlikka ega zamonaviy energetika ob’ektlariga aylantirish imkonini beradi. Bu esa mamlakatimizning barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishida muhim qadam bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mahmudov, X. va boshqalar (2021). O‘zbekiston energetika tizimini rivojlantirish istiqbollari. Toshkent: Fan nashriyoti.
2. Karimov, A. (2020). Ekologik muammolar va energetika: zamonaviy yechimlar. Energetika va resurs tejamlili jurnali, 3(12), 45–58
3. Bejan, A., Tsatsaronis, G., & Moran, M. (2018). Thermal Design and Optimization. Wiley.
4. IPCC (2022). Mitigation of Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change.
5. IEA (2023). Electricity 2023: Analysis and Forecast to 2025. International Energy Agency, Paris.

YASHIL ENERGETIKANING GLOBAL IQLIM O‘ZGARISHIGA TA’SIRI

Xurramov.R.J

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

Abdujaboriv Begzod, Abdurahimov Zufarjon

Choriyev Asadbek, Ergashev Husan

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabalari

Annotatsiya. Ushbu maqolada yashil energiyaning global iqlim o‘zgarishiga ta’siri tahlil qilingan. Yashil energiya (quyosh, shamol, biogaz va geotermal energiya) qattiq yoqilg‘ilar bilan solishtirganda ancha kam karbon chiqindisi chiqaradi. 2020-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalari global miqyosda 2,1 gigatonna CO₂ chiqindilarini kamaytirishga yordam bergan. Quyosh energiyasi yiliga 1,5–2 tonna, shamol energiyasi esa 2 tonna CO₂ chiqindisini kamaytiradi. Shuningdek, Parij kelishuvi asosida 2030-yilga borib qayta tiklanuvchi energiyaning global ulushini 50% ga yetkazish maqsad qilingan. Yashil energiya tabiiy ofatlar oqibatlarini kamaytirishda muhim rol o‘ynaydi.

Kalit so‘zlar: Yashil energiya, qayta tiklanuvchi energiya, quyosh energiyasi, shamol energiyasi, karbon chiqindilari, issiqxona effekti, global iqlim o‘zgarishi,

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

CO₂ chiqindilari, iqlim neytralligi, ekologik barqarorlik, Parij kelishuvi, energiya xavfsizligi, gidroenergetika, biomassa, geotermal energiya, ish o‘rinlari, global harorat, dengiz sathining ko‘tarilishi, atmosfera ifloslanishi, tabiiy ofatlar.

Kirish

So‘nggi o‘n yilliklarda global iqlim o‘zgarishi insoniyat oldidagi eng jiddiy muammolardan biriga aylandi. Atmosferadagi issiqxona gazlari, xususan, karbonat angidrid (CO₂) miqdorining ko‘payishi natijasida yer yuzida o‘rtacha harorat oshib, qurg‘oqchilik, kuchli bo‘ronlar, muzliklarning erishi va dengiz sathining ko‘tarilishi kabi tabiiy ofatlar ko‘paymoqda. Ushbu jarayonni sekinlashtirishning asosiy yo‘llaridan biri sifatida yashil energiyadan foydalanish tobora dolzarb bo‘lib bormoqda. Quyosh, shamol, gidro va boshqa qayta tiklanuvchi energiya manbalari qattiq yoqilg‘ilarga nisbatan ancha kam zararli chiqindi chiqaradi va energiya ishlab chiqarish jarayonida CO₂ chiqindilarini sezilarli darajada kamaytirishga yordam beradi. Shu sababli, yashil energiya global miqyosda nafaqat ekologik muammolarni bartaraf etish, balki iqtisodiy o‘sish va energiya xavfsizligini ta‘minlashda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Asosiy qism

Yashil energiya manbalari - quyosh, shamol, biogaz va geotermal energiya - global iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashda muhim rol o‘ynamoqda. So‘nggi yillarda ushbu manbalarning rivojlanishi quyidagi natijalarga olib keldi: Elektr energiyasida qayta tiklanuvchilarning ulushi: 2023-yilda dunyo bo‘yicha elektr energiyasining 30% dan ortig‘i qaytatiklanuvchi manbalardan ishlab chiqarildi. Bu ko‘rsatkich 2000-yildagi 19% dan sezilarli darajada oshganini ko‘rsatadi. CO₂ chiqindilarining o‘sishi va yashil energiyaning ta‘siri: 2023-yilda energiya bilan bog‘liq global CO₂ chiqindilari 1,1% ga oshib, 37,4 milliard tonnaga yetdi. Ushbu o‘sish asosan ko‘mir iste‘molining ortishi va qurg‘oqchilik sababli gidroenergetika ishlab chiqarishining kamayishi bilan bog‘liq. Biroq, quyosh va shamol energiyasining jadal rivojlanishi ushbu chiqindilar o‘sishini sekinlashtirishga yordam berdi.

Karbon chiqindilarini kamaytirish: energiya manbalari qattiq yoqilg‘ilariga nisbatan ancha kam karbon chiqindisi chiqaradi. Bunga misollar: Quyosh energiyasi: O‘rtacha bir 1 MW quyosh elektr stansiyasi yiliga 1 500 000 kWh elektr energiyasini ishlab chiqaradi va bu energiya ishlab chiqarishda 1,5-2 tonna CO₂ chiqindisi kamaytiriladi. Shamol energiyasi: 1 MW shamol turbinasi yiliga 2,000,000 kWh elektr energiyasini ishlab chiqaradi va 2 tonna CO₂ chiqindisini kamaytiradi.

Qayta tiklanuvchi energiyaning global ta‘siri: 2020-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish global miqyosda 2.1 gigatonna CO₂ chiqindilarini kamaytirdi, bu esa 2020 yilgi barcha global CO₂ chiqindilarining 10% ini tashkil etadi. Iqlim o‘zgarishiningsekinlashishi: Dunyo bo‘yicha qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarishning o‘sishi iqlimning isish sur‘atini sekinlashtiradi. Masalan, 2020-yilga kelib, dunyo bo‘yicha qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarish bo‘yicha quyidagi ma‘lumotlar mavjud:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Quyosh energiyasining global o‘sishi: 2020-yilga kelib, dunyo bo‘yicha quyosh energiyasi ishlab chiqarish 900 GW ni tashkil etdi va bu har yili taxminan 1.2 gigatonna CO₂ ni kamaytirishga yordam beradi. Shamol energiyasining global o‘sishi: 2020-yilda dunyo bo‘yicha shamol energiyasining umumiy quvvati 750 GW ni tashkil etdi va bu har yili 1.1 gigatonna CO₂ni kamaytiradi.

2. Yashil energiya global energiya tizimida o‘rni Global qayta tiklanuvchi energiya ulushi: Dunyo bo‘yicha qayta tiklanuvchi energiya manbalari umumiy energiya ishlab chiqarishning 29% ini tashkil etadi (2020 yil ma'lumotlari). Bu o‘shish har yili davom etmoqda. Quyosh va shamol energiyasi 2020-yilda global elektr energiyasining 9% ni ishlab chiqardi. Shamol energiyasining global ulushi 2020-yilda 5.3% ni tashkil etdi. Quyosh energiyasining global ulushi 2020-yilda 2.7% ni tashkil etdi. Global energiya ishlab chiqarishdagi salohiyat: 2020-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarining umumiy ishlab chiqarish quvvati 2,800 GW ni tashkil etdi, va bu, 2000-yildagi 800 GW ga nisbatan ancha ko‘pdir. Bu ulushning o‘sishi iqlim o‘zgarishini sekinlashtirishga yordam beradi.

3. Global tashabbuslar va kelajakdagi maqsadlar Parij kelishuvi va global maqsadlar: Dunyo davlatlari 2015-yilda Parij kelishuvini imzoladilar, bu kelishuvda global haroratni 1.5°C dan oshirmaslik maqsadi qo‘yilgan. Buni amalga oshirish uchun global miqyosda 50% energiya qayta tiklanuvchi manbalardan olinishi kerak. Xitoy 2030-yilgacha qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarish quvvatini 1,200 GW ga yetkazishni rejalashtirmoqda. Yevropa Ittifoqi 2030-yilga borib, qayta tiklanuvchi energiya ulushini 40% ga yetkazishni maqsad qilgan. Yashil energiya rivojlanishining iqtisodiy ta'siri: Dunyo bo‘yicha qayta tiklanuvchi energiya tarmog‘iga investitsiyalar o‘shishda davom etmoqda. 2020-yilda qayta tiklanuvchi energiyaga global investitsiyalar \$303 milliardni tashkil etdi. Yashil energiya sektori: Yashil energiya sektori ish o‘rinlari yaratishda ham muhim rol o‘ynaydi. 2020-yilda dunyo bo‘yicha 12 milliondan ortiq odam qayta tiklanuvchi energiya sohasida ishlagan.

4. Yashil energiya iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashdagi muhim roli CO₂ chiqindilarini kamaytirish: Global energiya ishlab chiqarishdan karbonat angidrid (CO₂) chiqarilishining 40% ini tashkil etadi. Yashil energiya tarmoqlarini rivojlantirish orqali ushbu chiqindilarni kamaytirish mumkin. Misol uchun: Shamol energiyasi har yili 1 tonna CO₂ ni kamaytirish orqali 400,000 avtomobilni yo‘lda ishlatmaslikka teng bo‘ladi. Quyosh energiyasi har yili 1,000,000 tonna CO₂ ni kamaytirishga yordam beradi.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, yashil energiya manbalari – quyosh, shamol, biomassa va geotermal energiya – global iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashda muhim omil hisoblanadi. An’anaviy, ya’ni yoqilg‘i asosidagi energiya manbalaridan foydalanish issiqxona gazlari chiqindilarining asosiy sababchisi bo‘lib, atrof-muhitga katta zarar yetkazmoqda. Aksincha, yashil energiya manbalari ekologik jihatdan toza, yangilanadigan bo‘lib, havoga zararli moddalarning chiqishini kamaytiradi hamda barqaror rivojlanishni ta’minlaydi. Maqolada keltirilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki,

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

yashil energiyaga o‘tish nafaqat iqlim o‘zgarishining oldini olishda, balki iqtisodiy barqarorlik, energiya xavfsizligi va yangi ish o‘rinlari yaratishda ham muhim rol o‘ynaydi. Shu bois, davlatlar darajasida bu boradagi siyosat va investitsiyalarni kengaytirish, xalqaro hamkorlikni kuchaytirish dolzarb masalalardan biri bo‘lib qolmoqda. Yashil energiyaga o‘tish orqali insoniyat iqlim muammolariga barham berishi va kelajak avlodlar uchun sog‘lom muhitni saqlab qolishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Shavkat Mirziyoyev. "2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida" gi qarori, 2023-yil 16-fevral.
2. Sodiq Safoyev. "Yashil energetika farovon kelajak, iqtisodiy barqarorlik kafolati" maqolasi, Oliy Majlis Qonunchilik palatasi, 2023-yil.
3. Murodjon Ahmedov. "Yashil energiya: bilgan va bilmaganlarimiz" maqolasi, Uza, 2023-yil.
4. Rustam Karimov. "O‘zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini o‘rnatgan shaxslar qator soliqlardan ozod etiladi" maqolasi, Daryo, 2023-yil.
5. O‘ktam Ergashev. "Yashil iqtisodiyot" darsligi, 2022-yil.

SURXONDARYO VILOYATI SHAROITIDA KABEL LINYALARINI YOTQIZISH MUAMMOLARI VA ULARNING TEXNIK-IQTISODIY YECHIMLARI

Xushboqov Baxtiyor Xudoymurodovich

Energetika kafedrası dotsenti, t.f.n.

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti

hushboqov_1977@mail.ru

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7176-8859>

Shaymanov Maxam Raimovich

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti

maxamshaymanov15@gmail.com

Rashidov Sharofiddin O‘rolovich

“Energetika” kafedrası magistranti

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti

rashidovsharofiddin697@gmail.com

Musurmonov Yorbek Botirovich

“Energetika” kafedrası magistranti

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti

musurmanovyorbek@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ishda Surxondaryo viloyatining ekstremal issiq iqlimi, yuqori darajadagi quyosh radiatsiyasi va o‘ziga xos gidrogeologik (sho‘rlanish, grunt suvlari) sharoitida kuch kabellarini loyihalash hamda yotqizish masalalari

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

tizimli tahlil qilindi. O‘zbekiston Respublikasining «Elektr uskunalarining tuzilish qoidalarini» (EUTQ) hujjatining 2.1- va 2.3-boblaridagi me'yoriy talablar asosida harorat koeffitsientlari, seysmik barqarorlik va korroziyaga qarshi samarali himoya choralari ishlab chiqilgan. Ishda an'anaviy qog'oz-moy izolyatsiyali kabellardan zamonaviy tikilgan polietilen izolyatsiyasiga o'tishning texnik-iqtisodiy afzalliklari ko'rsatib o'tilgan.

Kalit so'zlar: kuch kabellari, yotqizish xatolari, Surxondaryo iqlimi, kabel, issiqlik tuzatish koeffitsienti, kabel kanallari, himoya quvurlari.

Kirish

Surxondaryo viloyati O‘zbekistonning eng janubiy va iqlimiy jihatdan eng og‘ir hududi hisoblanadi. Viloyatda yoz oylarida havo harorati +48...+52°C gacha ko'tariladi, bu esa ochiq havoda va yer ostida joylashgan elektr qurilmalari uchun ekstremal ish rejimini yuzaga keltiradi. EUTQning 1.1.1-bandiga muvofiq, elektr tarmoqlarini loyihalashda hududiy iqlim sharoitlari (issiqlik iqlim, yuqori quyosh radiatsiyasi, tuproqning qizishi) majburiy tartibda hisobga olinishi lozim.

Yer osti kabel liniyalari (KL) uchun Surxondaryo viloyatida asosiy xavflardan biri — tuproqning 0,7–1,2 metr chuqurlikdagi qatlamlarida tuproqning kuchli qizishidir. EUTQ ning 1.1.1-bandiga muvofiq, bunday hududlarda loyihalashda yuqori havo harorati, quyosh radiatsiyasi va tuproq qizishi majburiy hisobga olinishi lozim. Bu holat kabel izolyatsiyasining termal destruksiyasini tezlashuviga va ekspluatatsiya muddatining qisqarishiga olib keladi.

Tadqiqot jarayonida EUTQning (2.1-bob «Elektr o'tkazgichlar» va 2.3-bob «Kabel liniyalari») me'yoriy talablari metodologik asos qilib olindi. Tahlil quyidagi ilmiy usullar yordamida amalga oshirildi:

1. **Matematik modellash:** Atrof-muhit haroratining kabellarning nominal tok yuklamasiga ta'sirini hisoblash.

2. **Qiyosiy tahlil:** Turli xil izolyatsiya materiallarining (qog'oz-moy, PVX) termik bardoshlilikini solishtirish.

3. **Geologik tahlil:** Surxondaryo tuproqlarining sho'rlanish darajasi va seysmik faolligini o'rganish orqali montaj usullarini tanlash.

Kabel liniyalarining o'tkazuvchanlik qobiliyatini termik tahlil qilish

Surxondaryo viloyatining iqlimiy o'ziga xosligi yer osti kabel liniyalarini (KL) loyihalashda o'ziga xos yondashuvni talab etadi. Elektr uskunalarining tuzilish qoidalarini (EUTQ) 1.3-bobiga ko'ra, kabellarning ruxsat etilgan uzoq muddatli toki (I_{rux}) jadval ma'lumotlarida tuproq harorati +15°C yoki +25°C deb qabul qilingan. Biroq, viloyatning janubiy hududlarida, ayniqsa Termiz shahrida, yozgi mavsumda tuproq harorati barqaror ravishda yuqori bo'ladi.

O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, KL yotqizish chuqurligi (0.7–1.0 m) va mavsumiy o'rtacha ko'rsatkichlarni inobatga olgan holda, hisobiy haroratni +30°C deb belgilash eng maqbul yechimdir. Ushbu sharoitda haqiqiy o'tkazuvchanlikni aniqlash uchun quyidagi tuzatish koeffitsienti qo'llaniladi.

$$I'_{\text{rux}} = I_{\text{nom}} \cdot K$$

bu yerda K koeffitsienti quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$K = \sqrt{\frac{T_{rux} - T_{haq}}{T_{rux} - T_{stand}}}$$

Tikilgan polietilen izolyatsiyali zamonaviy kabellar uchun ($T_{rux} = 90^{\circ}\text{C}$, $T_{haq} = 30^{\circ}\text{C}$, $T_{stand} = 25^{\circ}\text{C}$) hisob-kitob natijalari quyidagicha:

$$K = \sqrt{\frac{90 - 30}{90 - 25}} = \sqrt{\frac{60}{65}} = 0.96$$

Olingan natijalarning texnik-iqtisodiy tahlili:

1. **Quvvat isrofi:** Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, 30°C haroratda kabel liniyasi o‘z nominal quvvatining taxminan **4%** qismini yo‘qotadi.

2. **Loyiha ishonchliligi:** $K=0.96$ koeffitsientini qo‘llash, loyihalash bosqichida kabel kesimini tanlashda kichik, ammo o‘ta muhim texnik zaxira yaratish zarurligini isbotlaydi. Bu zaxira kabel izolyatsiyasining jadal qarishini oldini oladi va liniyaning xizmat muddatini 30-50 yilgacha saqlab qoladi.

3. **Optimal tanlov:** Haroratni $+30^{\circ}\text{C}$ deb qabul qilish, bir tomondan EUTQ 1.3.16-bandi talablarini bajarishni ta‘minlasa, ikkinchi tomondan kabel kesimining asossiz ravishda haddan tashqari kattalashib ketishidan (va loyiha tannarxi ortishidan) saqlaydi.

Shunday qilib, Surxondaryo sharoitida kabel liniyalarini yotqizishda harorat koeffitsientini to‘g‘ri qo‘llash, energiyani isrof qilmasdan yetkazib berishning va avariya holatlarning oldini olishning asosiy omili hisoblanadi.

Yotqizish chuqurligi va issiqlik almashinuvi. EUTQ 2.3.83-bandiga muvofiq, kabellarni tuproq transheyasiga yotqizishda chuqurlik kamida 0.7-1.0 metr bo‘lishi kerak. Biroq, Surxondaryoning issiq qumli tuproqlarida issiqlik o‘tkazuvchanligi past bo‘lgani uchun, kabel atrofini 100 mm qalinlikda elangan, namlikni yaxshi saqlaydigan toza tuproq yoki maxsus aralashmalar bilan to‘ldirish (EUTQ 2.3.84-bandi) issiqlik almashinuvini 15% ga yaxshilashi aniqlandi.

Seysmik va mexanik barqarorlik. Surxondaryo viloyati seysmik jihatdan faol hudud hisoblanadi. Viloyatning ayrim tog‘li va shimoliy qismlari yuqori seysmik xavf zonalariga kiradi. EUTQ ning 2.3.15-bandiga muvofiq, bunday seysmik xavfli hududlarda yer osti kabel liniyalarini (KL) “ilonizi” (zigzag) shaklida yotqizish tavsiya etiladi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, kabel uzunligida 1,5–2,0 % miqdorida zaxira (qoldiq) uzunlik qoldirish yer siljishlari va seysmik tebranishlar vaqtida kabelning uzilish xavfini sezilarli darajada kamaytiradi.

Izolyatsiya materiallarining tanlovi. An’anaviy qog‘oz-moy izolyatsiyali kabellar $+65...+70^{\circ}\text{C}$ haroratgacha ishlay oladi. Surxondaryo issig‘ida bu harorat chegarasi tezda zabt etiladi, natijada moy oqib ketadi va dielektrik xususiyatlar yo‘qoladi.

Tikilgan polietilen izolyatsiyasi $+90^{\circ}\text{C}$ ishchi va $+250^{\circ}\text{C}$ qisqa tutashuv haroratiga bardosh beradi. Bu viloyat sharoitida avariylarni 70% ga kamaytirish imkonini beradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Sho‘rlanish va elektroliz muammosi. Amudaryo bo‘yi hududlarida grunt suvlari tarkibidagi tuzlar kabel qobig‘iga kimyoviy ta‘sir ko‘rsatadi. EUTQ 2.3.101-bandida ko‘rsatilgan korroziyaga qarshi himoya choralari bu yerda o‘ta muhim. Noto‘g‘ri o‘rnatilgan muftalar yoki qobiqdagi kichik ezilishlar orqali kirgan sho‘r suv elektromagnit maydon ta‘sirida izolyatsiyani ichidan yemiradi.

Texnik-iqtisodiy samaradorlik. Kabel kesimini bir pog‘ona yuqori tanlash (masalan, 150 mm² o‘rniga 185 mm²):

1. *Aktiv qarshilikning kamayishi:* Liniyadagi isroflar (Joul issiqligi) 12-15% ga qisqaradi.

2. *Ekspluatatsiya muddati:* Termik zo‘riqishning kamayishi hisobiga kabel 25-30 yil (hozirgi 10-12 yil o‘rniga) xizmat qiladi.

3. *Iqtisodiy foyda:* Dastlabki 20% qo‘shimcha xarajat 4-5 yil ichida energiya tejamlorligi va ta‘mirlash xarajatlarning kamayishi hisobiga to‘liq qoplanadi.

Xulosa

Surxondaryo viloyatida kuch kabellarini yotqizishda quyidagi ilmiy-texnik strategiya tavsiya etiladi:

1. *XLPE texnologiyasi:* Viloyatdagi barcha yangi 6-35 kVli liniyalarni faqat tikilgan polietilen izolyatsiyali kabellar bilan qurish.

2. *Iqlimiy zaxira:* Loyihalashda $K=0.75$ koeffitsientini majburiy qo‘llash va kabel kesimini zaxira bilan tanlash.

3. *Montaj nazorati:* EUTQning barcha qoidalarga, ayniqsa transheya tubini tayyorlash va «zigzag» usulida yotqizishga qat‘iy rioya qilish.

Kabel linyalarning holatini har 5 yilda bir marta zamonaviy diagnostika usullari (qisman razryadlarni o‘lchash) bilan tekshirib turish. Ushbu yechimlar majmuasi Surxondaryo viloyati energetika tizimining barqarorligini ta‘minlashda va iqtisodiy isroflarni kamaytirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabyotlar

1. Abdulazizov B.B., Shaymanov M.R., Saparov D.I. Elektr xavfsizligi: Darslik. T.: Noshir, 2025. – 240 b.

[2]. Rasulov. A.N., I.U. Raxmonov. Elektr tarmoqlari va tizimlari. - T.: «Fan va texnologiya», 2018,328 bet.

[3]. Savina N. V., Myasoedov yu. V. Tarqatish elektr tarmoqlarining ishlashida elektr energiyasini yo‘qotish bo‘yicha tizimli tadqiqotlar // IrGTU Vestnik. 2012. № 1 (60). C. 142–148.

[4]. Xushboqov B.X., Rashidov Sh.O‘., Musurmonov Y.B., Elektr uzatish liniyalari umumiy tavsiflari va sinflanishi. Международный современный научно-практический журнал Научный импульс № 43 (100). 85-89 betlar.

[5]. Xushboqov B.X., Musurmonov Y.B., Rashidov Sh.O‘. Elektr energiya sifati muammosi va sifatni oshirish usullari. “Introduction of new innovative technologies in education of pedagogy and psychology”. Collection of scientific papers on materials of the international scientificpractical conference 27.03.2026, Pub. «ICP», Moscow, Russia, 44-46 betlar.

ENERGETIKADA SUN’IY INTELLEKT

Xushboqov Baxtiyor Xudoymurodovich

Energetika kafedrası dotsenti, t.f.n.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

hushboqov_1977@mail.ru

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7176-8859>

Xudoymurodova Marjonabonu Baxtiyor qizi

Surxondaryo viloyati 1-son ixtisoslashgan maktab 11-sinf o‘quvchisi

Annotatsiya

Ushbu ish zamonaviy energetika tizimlarida raqamli transformatsiya va sun’iy intellekt (SI) texnologiyalarini qo‘llash masalalariga bag‘ishlangan. Maqolada energetika tizimlarining markazlashmagan generatsiya va qayta tiklanuvchi energiya manbalari hisobiga murakkablashuvi tahlil qilingan. Tadqiqot davomida MATLAB/Simulink muhitida neyron tarmoqlari yordamida kuchlanishni intellektual rostdash, yuklamani bashorat qilish va elektr stansiyalaridagi agregatlarning optimal tarkibini tanlash usullari ko‘rib chiqilgan. ENHAT tizimi ma’lumotlari asosida iste’mol rejimlarini optimallashtirish va tarmoqdagi texnik yo‘qotishlarni 5-10% gacha kamaytirish imkoniyatlari ilmiy jihatdan asoslangan. Olingan natijalar O‘zbekiston energetika tizimining iqtisodiy samaradorligi va texnik barqarorligini oshirishda muhim amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: Energetika tizimi, sun’iy intellekt (SI), mashinali o‘qitish, MATLAB/Simulink, ENHAT, neyron tarmoqlari, kuchlanishni rostdash, optimallashtirish, energiya auditi, raqamli transformatsiya

Zamonaviy energetika tizimlarining murakkablashuvi - bu energetika sohasidagi raqamli transformatsiya va texnologik evolyutsiyaning bevosita natijasidir. Ushbu murakkablashuvni quyidagi asosiy omillar orqali tushuntirish mumkin:

1. *Generatsiyaning markazlashmaganligi.* An’anaviy tizimlarda elektr energiyasi faqat yirik stansiyalarda ishlab chiqarilgan bo‘lsa, hozirda kichik quyosh panellari, shamol turbinalari va mikrotarmoqlar tizimga integratsiya qilinmoqda. Bu esa toklar yo‘nalishini bir tomonlamadan ikki tomonlamaga o‘zgartirib, boshqaruvni murakkablashtiradi.

2. *Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘zgaruvchanligi.* Quyosh va shamol energiyasi tabiat hodisalariga bog‘liq bo‘lgani uchun ularning quvvati barqaror emas. Bu esa energetika tizimida quvvat zahirasini hisobga olishni va tezkor optimallashtirish masalalarini birinchi o‘ringa chiqaradi.

3. *Iste’molchilarning faollashuvi.* Zamonaviy iste’molchilar nafaqat energiya oladi, balki o‘zlarida ortiqcha quvvat bo‘lganda uni tarmoqqa qaytarib beradi. Bunday sharoitda kuchlanishni rostdash va energiya balansini saqlash uchun sun’iy intellektga asoslangan "aqlli" hisoblagichlar va elektr energiyani hisobga olish va nazorat qilishni avtomatlashtirish tizimlari (ENHAT) zarur bo‘ladi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

4. *Rejimlar barqarorligi va xavfsizlik.* Tizim murakkablashgan sayin uning turg'unligini saqlash qiyinlashadi. Ayniqsa, uch fazali qisqa tutashuvlar kabi avariyaaviy holatlarda tizimni tezkor himoya qilish kabi xavfsizlik vositalaridan foydalanishda yuqori aniqlikdagi diagnostika talab etiladi.

5. *Raqamli boshqaruv va kiber-energetika.* Zamonaviy tizimlar SCADA, MATLAB/Simulink kabi dasturiy platformalar va bulutli texnologiyalar bilan chambarchas bog'langan. Bu "Kiber-fizik tizimlar"ning paydo bo'lishiga olib keldi, bu yerda axborot xavfsizligi energetika xavfsizligining ajralmas qismiga aylandi.

An'anaviy energetika tizimlarida kuchlanishni rostdlash asosan transformatorlarning chulg'amlar sonini o'zgartirish (YuOKRT – yuklama ostida rostdlash qurilmalari) kabi mexanik usullarga tayanadi. Biroq, bugungi kunda ushbu usullar zamonaviy talablarga javob bera olmayapti.

An'anaviy rostdlash usullarining asosiy kamchiliklari:

1. Mexanik qurilmalar kuchlanish o'zgarishiga javob berish uchun soniyalar yoki daqiqalar sarflaydi. Bu esa tezkor o'zgaruvchan zamonaviy yuklamalar sharoitida tizim barqarorligiga salbiy ta'sir qiladi.

2. Transformatorlar orqali kuchlanish silliq emas, balki ma'lum bir pog'onalarda (masalan, $\pm 1.5\%$) o'zgaradi. Bu esa o'ta aniq kuchlanish talab qiladigan raqamli uskunalar uchun noqulaylik tug'diradi.

3. Tez-tez amalga oshiriladigan rostdlash ishlari transformator kontaktlarining va moyining tez eskirishiga olib keladi, bu esa xizmat ko'rsatish xarajatlarini oshiradi.

Ko'p hollarda qaror qabul qilish operativ xodimlarning tajribasiga bog'liq bo'lib, bu favqulodda holatlarda xatoliklar ehtimolini oshiradi.

Raqamli energetikaga o'tish zaruriyati:

Raqamli energetika va sun'iy intellektga o'tish quyidagi afzalliklarni beradi:

ENHAT va Smart Metering tizimlari orqali tarmoqning har bir nuqtasidagi kuchlanish holati millisekundlarda tahlil qilinadi.

MATLAB/Simulink muhitida modellashtirilgan algoritmlar va zamonaviy statik kompensatorlar (SVC, STATCOM) kuchlanishni uzluksiz va yuqori aniqlikda rostdlash imkonini beradi.

Sun'iy intellekt yuklama grafiklarini tahlil qilib, kuchlanish tushishini u sodir bo'lishidan avval bashorat qiladi va tizimni unga tayyorlaydi.

Raqamli tizimlar energiya yo'qotishlarini minimallashtirib, iqtisodiy potentsiallar usuli yordamida eng maqbul ish rejimini avtomatik tanlaydi.

Energetika sohasida Sun'iy intellekt (SI), xususan, Machine Learning (Mashinali o'qitish) va Big Data (Katta ma'lumotlar) texnologiyalari tizimni "aqlli" boshqarishning asosi hisoblanadi. Ular an'anaviy algoritmlar yecholmaydigan murakkab va o'zgaruvchan masalalarni hal etishga imkon beradi.

1. Machine Learning (Mashinali o'qitish) ning o'rni:

Tarixiy ma'lumotlar asosida iste'molchilarning kelajakdagi energiya ehtiyojini yuqori aniqlikda taxmin qiladi, bu esa generatorlar quvvatini optimal taqsimlashga yordam beradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Uskunalaridagi (masalan, transformator yoki ko‘chma yerga ulagichlar o‘rnatilgan zanjirlar) kichik tebranish va issiqlik o‘zgarishlarini tahlil qilib, jiddiy nosozlik sodir bo‘lishidan avval xabar beradi.

MATLAB/Simulink muhitida o‘qitilgan neyron tarmoqlari real vaqt rejimida kuchlanishni eng maqbul darajada ushlab turadi.

2. Big Data (Katta ma’lumotlar) ning o‘rni:

ENHAT tizimidan keladigan millionlab ko‘rsatkichlarni (tok, kuchlanish, quvvat koeffitsienti) soniyalar ichida qayta ishlaydi.

Har bir iste’molchining energiya sarflash odatlarini tahlil qilib, ko‘p zonali tariflar va energiya auditi uchun aniq tavsiyalar beradi.

Tizimdagi texnik yo‘qotishlarni aniqlash va iqtisodiy potentsiallar usuli yordamida eng arzon va samarali energiya uzatish yo‘llarini hisoblaydi.

3. Integratsiyalashgan natija:

Ushbu texnologiyalar birlashganda "Raqamli egizak" (Digital Twin) texnologiyasi yuzaga keladi. Bu energetika tizimining raqamli nusxasi bo‘lib, unda har qanday o‘zgarish yoki avariya holat avval virtual simulyatsiya qilinadi, so‘ngra real tizimda xavfsiz choralar ko‘riladi.

Energetika tizimining matematik modelini shakllantirish, tizim elementlarining o‘zaro bog‘liqligini matematik ifodalar orqali tasvirlashni va ularni iqtisodiy hamda texnik jihatdan optimallashtirishni anglatadi.

1. Matematik modelning tarkibiy qismlari:

Odatda, bu elektr energiyasini ishlab chiqarish yoki uzatish bilan bog‘liq xarajatlarni minimallashtirishdan iborat bo‘ladi.

Tizimdagi quvvatlar balansi, kuchlanishning ruxsat etilgan diapazoni va tarmoqlarning o‘tkazuvchanlik qobiliyati kabi texnik cheklovlarni o‘z ichiga oladi.

2. Chiziqli dasturlash masalalari:

Energetikada ko‘plab optimallashtirish masalalari chiziqli ko‘rinishda ifodalanadi, chunki bu hisoblash jarayonini soddalashtiradi.

Bu usul yordamida tayanch yechimdan boshlab, iteratsiyalar orqali tarmoqning optimal ulanish sxemasi topiladi.

Har bir tarmoq uchun birlik quvvatni uzatish xarajatlari (C) chiziqli funksiya sifatida aniqlanadi (masalan, $C_j = 2.04 \times I_j$).

3. Optimallashtirish masalalari va algoritmlar:

Elektr stansiyalarida ishlovchi agregatlarning eng samarali soni va tarkibini tanlashda quvvat zahirasi hisobga olgan holda matematik modellar qo‘llaniladi.

Optimallik mezonini tekshirish uchun tugunlar orasidagi potentsiallar farqi (H_{kt}) va tarmoq xarajatlari (C_k) o‘zaro solishtiriladi.

Agar $[H] \leq C$ sharti bajarilmasa, eng katta farqqa ega bo‘lgan tarmoq sxemaga kiritilib, yangi optimal holat hisoblab chiqiladi.

4. MATLAB/Simulink muhitida modellashtirish:

Tizimning matematik modeli blok-sxemalar ko‘rinishida yig‘iladi.

Dasturiy muhit real vaqt rejimidagi o‘zgarishlarni chiziqli va chiziqli bo‘lmagan tenglamalar tizimi sifatida yechish imkonini beradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Energetika tizimining matematik modelini shakllantirish, tizim elementlarining o‘zaro bog‘liqligini matematik ifodalar orqali tasvirlashni va ularni iqtisodiy hamda texnik jihatdan optimallashtirishni anglatadi.

Ma’lumotlarni yig‘ishda Elektr energiyasini hisobga olish va nazorat qilishning avtomatlashtirilgan tizimi zamonaviy energetika tizimlarini raqamlashtirish va samarali boshqarishning asosiy vositasi hisoblanadi. Ushbu tizim real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash va ularni tahlil qilish imkonini beradi.

1. ENHAT tizimining ma’lumot yig‘ishdagi o‘rni

Tizim inson ishtirokisiz, belgilangan vaqt oraliqlarida elektr hisoblagichlardan oqim, kuchlanish, quvvat koeffitsienti va energiya sarfi kabi ko‘rsatkichlarni markaziy serverga yuklaydi.

Raqamli interfeyslar (RS-485, Ethernet, PLC-aloqa) orqali ma’lumot o‘qish inson omili bilan bog‘liq xatoliklarni bartaraf etadi va o‘lchov aniqligini ta’minlaydi.

Yig‘ilgan ma’lumotlar iqtisodiy potensiallar usuli kabi algoritmlar uchun kirish ma’lumotlari bo‘lib xizmat qiladi, bu esa tarmoqdagi texnik yo‘qotishlarni aniq hisoblash imkonini beradi.

ENHAT operatorga uzoq masofadagi podstantsiyalar yoki sanoat korxonalarining energiya iste’moli rejimlarini (tungi, tig‘iz va yarim tig‘iz zonalar) masofadan turib kuzatish imkonini beradi.

2. Tadqiqot jarayonida ENHAT ma’lumotlaridan foydalanish

ENHAT tizimidan olingan real yuklama grafiklari MATLAB/Simulink muhitida neyron tarmoqlarini o‘qitish va matematik modelni real sharoitga yaqinlashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Tizim arxivlaridagi ma’lumotlar orqali uch fazali qisqa tutashuvlar yoki kuchlanish tushishi kabi holatlarning sabablarini retro-tahlil qilish mumkin.

Yirik korxonalarda ENHAT orqali energiyani hisobga olish — energiya tejamkorligi va optimallashtirish masalalarini yechish (masalan, agregatlarning optimal tarkibini tanlash) uchun asosiy vosita hisoblanadi.

Kuchlanishni intellektual rostlashda neyron tarmoqlaridan foydalanish energetika tizimining barqarorligini ta’minlashda inqilobiy yondashuv hisoblanadi. An’anaviy usullardan farqli o‘laroq, bu usul yuklama o‘zgarishiga reaksiya berish o‘rniga, uni oldindan bashorat qilish asosida ishlaydi.

1. Neyron tarmoqlari orqali bashorat qilish mexanizmi

ENHAT tizimidan olingan tarixiy ma’lumotlar (soatlik, kunlik va mavsumiy iste’mol grafiklari) neyron tarmog‘ini o‘qitish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Neyron tarmog‘i yuklamaning vaqtinchalik trendlarini tahlil qiladi va yaqin kelajakdagi (masalan, keyingi 15-30 daqiqalik) quvvat ehtiyojini yuqori aniqlikda bashorat qiladi.

Energetikada ko‘pincha ko‘p qatlamli perseptronlar yoki vaqtli ketma-ketliklar bilan yaxshi ishlovchi rekurrent neyron tarmoqlari (RNN/LSTM) qo‘llaniladi.

2. Bashorat natijasida kuchlanishni rostlash

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Bashorat qilingan yuklama qiymati MATLAB/Simulink muhitidagi *Controlled Voltage Source* blokiga uzatiladi.

Kuchlanish tushishi sodir bo‘lishidan avval, SI algoritmi transformator yoki rostlagichlarga signal yuborib, kuchlanishni optimal darajaga ko‘taradi.

Qisqa tutashuv kabi kutilmagan rejimlarda ham neyron tarmog‘i tizimning o‘tish jarayonlarini minimallashtirish uchun tezkor yechimlar ishlab chiqadi.

3. Tizimning afzalliklari

Kuchlanishning aniq rostlanishi tarmoqdagi texnik yo‘qotishlarni minimallashtiradi.

Bashorat natijasida stansiyadagi agregatlarning optimal tarkibi tanlanadi, bu esa yoqilg‘i tejamkorligini ta‘minlaydi.

Tizim avtomatik ravishda qaror qabul qilgani sababli, dispetcherlik xatoliklari xavfi kamayadi.

Energiya auditi va tejamkorlik masalalarida sun‘iy intellekt (SI) algoritmlari iste‘mol rejimlarini tahlil qilish va optimallashtirishning eng samarali vositasi hisoblanadi. Bu ayniqsa sutkalik yuklama grafigidagi tungi va tig‘iz zonalarni boshqarishda muhim ahamiyatga ega.

1. Iste‘mol rejimlarini tahlil qilishda SI algoritmlarining roli

SI algoritmlari ENHAT tizimidan olingan ma‘lumotlar asosida elektr tarmog‘idagi eng yuqori yuklama (tig‘iz) vaqtlarini millisekundlargacha aniqlikda tahlil qiladi.

SI korxonalaridagi texnologik jarayonlarni tahlil qilib, energiya sarfi yuqori bo‘lgan ishlarni tarif pasaytirilgan tungi zonalarga ko‘chirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqadi.

Neyron tarmoqlari tarixiy ma‘lumotlar asosida kelgusi kun uchun yuklama grafigini bashorat qiladi, bu esa energiya auditi mutaxassislariga rejalashtirishda yordam beradi.

2. Energiya tejamkorligini ta‘minlash mexanizmlari

SI algoritmlari (masalan, chiziqli dasturlash) yordamida stansiya va podstansiyalardagi agregatlarning eng tejamkor ish rejimini tanlaydi.

Iqtisodiy potentsiallar usuli va boshqa optimallashtirish algoritmlari orqali tarmoqdagi texnik yo‘qotishlar hisoblanadi va ularni kamaytirish choralari ko‘riladi.

MATLAB/Simulink muhitida *Controlled Voltage Source* bloklarini aqlli boshqarish orqali kuchlanish tushishi kompensatsiya qilinadi, bu esa energiya isrofini kamaytiradi.

3. Energiya auditi mutaxassislari uchun ahamiyati

ENHAT va SI integratsiyasi energiya auditi uchun zarur bo‘lgan barcha ko‘rsatkichlarni (oqim, kuchlanish, quvvat koeffitsienti) avtomatik ravishda jadval va grafik ko‘rinishida taqdim etadi.

Qisqa tutashuv kabi avariya holatlarni SI yordamida simulyatsiya qilish orqali tizimning zaif nuqtalari aniqlanadi va energiya tejamkorligiga ta‘sir etuvchi xavflar bartaraf etiladi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Elektr stansiyalarida ishlovchi agregatlarning optimal tarkibini tanlash - bu murakkab optimallashtirish masalasi bo‘lib, unda yoqilg‘i sarfini minimallashtirish va tizim barqarorligini ta‘minlash asosiy maqsad hisoblanadi. Sun‘iy ong (SI) algoritmlari ushbu jarayonda inson omilidan ko‘ra tezroq va aniqroq yechimlarni taklif etadi.

1. SI yordamida optimallashtirish bosqichlari

ENHAT tizimidan olingan real yuklama grafiklari SI modeliga kiritiladi.

Chiziqli dasturlash va optimallashtirish masalalari doirasida har bir agregatning xarakteristikalarini (ishlab chiqarish quvvati va xarajatlari) asosida matematik model tuziladi.

SI algoritmlari joriy yuklama uchun qaysi agregatlar kombinatsiyasi (masalan, 2 ta katta yoki 3 ta kichik agregat) eng yuqori foydali ish koeffitsientini ta‘minlashini hisoblab chiqadi.

2. Hisoblashlarda qo‘llaniladigan usullar

Ushbu usul yordamida agregatlar orasidagi yuklama taqsimoti eng kam xarajat tamoyili asosida optimallashtiriladi.

Tanlov jarayonida kutilmagan avariylar yoki yuklama sakrashlarini kompensatsiya qilish uchun zarur bo‘lgan quvvat zahirasi SI tomonidan avtomatik hisobga olinadi.

Kelgusi vaqt uchun yuklama bashorat qilinadi va agregatlar oldindan ishchi rejimga tayyorlanadi, bu esa "issiq zahira" xarajatlarini kamaytiradi.

3. MATLAB/Simulink muhitida model tahlili

Agregatlarning ulanish va uzilish jarayonlari MATLAB muhitida modellashtirilib, tizimning o‘tish jarayonlaridagi barqarorligi tekshiriladi.

Controlled Voltage Source bloklari yordamida tanlangan agregatlar tarkibining kuchlanish darajasiga ta‘siri tahlil qilinadi va SI orqali real vaqtda tuzatishlar kiritiladi.

4. SI qo‘llanilishining iqtisodiy samarasi

Optimal tarkibni tanlash orqali stansiyaning umumiy yoqilg‘i sarfi 3-5% gacha kamayishi mumkin.

Agregatlarni tez-tez yoqib-o‘chirishning oldi olinadi, bu esa ularning ekspluatatsiya muddatini uzaytiradi.

Energetika tizimida sun‘iy intellekt (SI) algoritmlarini qo‘llash, ayniqsa MATLAB/Simulink muhitida olingan natijalar va real ENHAT ma‘lumotlari tahlili shuni ko‘rsatadiki, energiya yo‘qotishlarini kamaytirishda sezilarli samaradorlikka erishiladi.

Quyida SI tatbiq etilgandan keyingi asosiy ko‘rsatkichlar keltirilgan:

1. Texnik yo‘qotishlarning kamayishi

Controlled Voltage Source bloklarini intellektual boshqarish orqali kuchlanish tushishi real vaqtda kompensatsiya qilinadi, bu esa tarmoqdagi texnik yo‘qotishlarni 5-8% gacha kamaytirish imkonini beradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

SI algoritmlari reaktiv quvvat manbalarini optimal taqsimlash orqali liniyalardagi yuklamani kamaytiradi va umumiy yo‘qotishlarni 10% gacha qisqartiradi.

2. Iste‘mol rejimlarini tahlil qilish samaradorligi

Neyron tarmoqlari yordamida yuklama bashorat qilinishi va iste‘molni tungi zonalarga oqilona ko‘chirish hisobiga transformatorlarning o‘ta yuklanishi va qizishi bilan bog‘liq yo‘qotishlar sezilarli darajada kamayadi.

ENHAT tizimidan olingan ma‘lumotlarni SI yordamida qayta ishlash energiya balansini shakllantirishda inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni bartaraf etib, "noaniq" yo‘qotishlarni deyarli nolga tushiradi.

3. Agregatlarning optimal tarkibi va barqarorlik

Stansiya agregatlarining optimal tarkibini SI yordamida tanlash orqali stansiya ehtiyojlari (sobstvenniy nujda) uchun sarflanadigan energiya va yoqilg‘i sarfi 3-5% ga tejaladi.

Qisqa tutashuv kabi holatlarda SI ning tezkor reaksiyasi tizimning o‘tish jarayonlaridagi beqarorlikdan kelib chiqadigan qo‘shimcha energiya isrofining oldini oladi.

1-jadval

Umumlashtirilgan samaradorlik

Ko‘rsatkich turi	SI qo‘llanilguncha	SI qo‘llanilgandan keyin (bashorat)	Tejamkorlik samarasi
Texnik yo‘qotishlar	Yuqori (12-15%)	Past (7-9%)	~30-40% nisbiy kamayish
Tig‘iz zonadagi yuklama	Kritik daraja	Optimal taqsimlangan	Barqaror ish rejimi
Yoqilg‘i sarfi (stansiyada)	Standart xarajat	Optimallashtirilgan xarajat	3-5% mutloq tejam

O‘zbekiston energetika tizimida sun‘iy intellekt (SI) va MATLAB/Simulink modellashtirishni joriy etishga qaratilgan ushbu tadqiqot, sohani raqamli transformatsiya qilishda ham iqtisodiy, ham texnik jihatdan yuqori qiymatga ega.

Ishning qiymati O‘zbekistonning "Raqamli O‘zbekiston — 2030" strategiyasi va energetika xavfsizligini ta‘minlash vazifalari bilan uzviy bog‘liq:

MATLAB/Simulink muhitida *Controlled Voltage Source* bloklarini intellektual boshqarish orqali kuchlanishni barqarorlashtirish va avariya holatlarni oldindan simulyatsiya qilish imkoniyati yaratildi.

SI algoritmlari va ASKUE tizimi integratsiyasi orqali energiya yo‘qotishlarini 5-10% gacha kamaytirish va stansiya agregatlarining optimal tarkibini tanlash orqali yoqilg‘i sarfini 3-5% ga tejash imkoniyati ko‘rsatib berildi.

Energetika yo‘nalishidagi magistrantlar va bo‘lajak energiya auditori mutaxassislari uchun nazariy bilimlar (chiziqli dasturlash, neyron tarmoqlari) va

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

amaliy simulyatsiya ko‘nikmalarini birlashtiruvchi o‘quv-uslubiy baza shakllantirildi.

2. Kelajakdagi rivojlanish yo‘nalishlari

O‘zbekiston sharoitida ushbu tadqiqotni yanada kengaytirish uchun quyidagi yo‘nalishlar ustuvor hisoblanadi:

ENHAT tizimini nafaqat ma’lumot yig‘uvchi, balki yuklamani avtomatik boshqaruvchi (Smart Metering) darajasiga ko‘tarish.

Quyosh va shamol elektr stansiyalarining generatsiyasini bashorat qilishda SI neyron tarmoqlaridan foydalanish va ularni umumiy tizim barqarorligiga ta’sirini MATLAB orqali tadqiq etish.

Energetika xavfsizligini oshirish maqsadida ko‘chma yerga ulagichlarning yangi konstruksiyalarini tadqiq qilish va ularning ekspluatatsion ishonchliligini oshirish.

SI algoritmlarini korxonalarning energiya menejmenti tizimlariga (ISO 50001) integratsiya qilish orqali inson omilisiz doimiy monitoring va optimallashtirishni joriy etish.

Xulosa qilib aytganda ushbu tadqiqot energetika tizimini nafaqat texnik jihatdan yangilaydi, balki iqtisodiy tejamkorlik va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim qadam bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. C. Karthik, “Intelligence in electrical engineering”, IJERT CONFCALL-2019
2. Bhagath Sivadasan, “Application of artificial intelligence in electrical engineering”, GRDJE, National conference on Emerging Trend in Electrical and Electronics Engineering, March 2018
3. Sesha Gopal, “Artificial Intelligence in the Field of Electrical Engineering” International Journal of Engineering Research & Technology. Vol. 9 Issue 07, July2020
4. Tanveer Ahmad, Dongdong Zhang, Chao Huang, Hongcai Zhang, Ningyi Dai, Yonghu Song, Huanxin Chen. Artificial intelligence in sustainable energy industry: Status Quo, challenges and opportunities. Journal of Cleaner Production Volume 289, 20 March 2021

**AFG‘ON SHAMOLI SHAROITIDA TERMIZ SHAHRI HUDUDIDA HAVO
ELEKTR UZATISH LINIYALARINING ISHLASH BARQARORLIGINI
TA‘MINLASH**

Xushboqov Baxtiyor Xudoymurodovich

Energetika kafedrası dotsenti, t.f.n.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

hushboqov_1977@mail.ru

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7176-8859>

Rashidov Sharofiddin O‘rolovich

“Energetika” kafedrası magistranti

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

rashidovsharofiddin697@gmail.com

Musurmonov Yorbek Botirovich

“Energetika” kafedrası magistranti

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada Termiz shahri hududida kuzatiladigan kuchli *Afg‘on shamoli* sharoitida havo elektr uzatish liniyalarining ishlash barqarorligini ta‘minlash masalalari tahlil qilingan. Shamol tezligi va chang bo‘ronlarining elektr uzatish liniyalariga ta‘siri o‘rganilgan. Shamol yuklamalari natijasida o‘tkazgichlarning tebranishi, tayanchlarning mexanik zo‘riqishi va izolyatorlarning ifloslanishi kabi omillar tahlil qilingan. Tadqiqot natijasida havo liniyalarining barqaror ishlashini ta‘minlash uchun texnik va konstruktiv choralar taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: havo liniyasi, shamol yuklamasi, elektr uzatish liniyasi, barqarorlik, izolyator, energetika tizimi.

Elektr energiyasini uzatish tizimlarining ishonchli ishlashi energetika tizimining asosiy talablaridan biridir. Ayniqsa, iqlim sharoiti murakkab bo‘lgan hududlarda elektr uzatish liniyalarining barqaror ishlashini ta‘minlash muhim ahamiyatga ega [1, 2, 4, 5].

Respublikamizning janubiy qismida joylashgan Termiz shahri hududida tez-tez kuzatiladigan “Afg‘on shamoli” elektr energiya tizimlari ishiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. Kuchli shamol oqimlari havo elektr uzatish liniyalarida qo‘shimcha mexanik yuklamalar hosil qiladi. Natijada o‘tkazgichlarning tebranishi, tayanchlarning deformatsiyasi, izolyatorlarning chang bilan qoplanishi va zararlanishi, elektr uzilishlari kuzatilishi mumkin.

Shu sababli “Afg‘on shamoli” sharoitida elektr uzatish liniyalarining ishlash barqarorligini ta‘minlash masalasi muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega [3].

Biz afg‘on shamolining elektr uzatish liniyalariga yetkazadigan ta‘sirini o‘rganishdan oldin shamolga tegishli ba‘zi parametrlarni ko‘rib chiqaylik.

Termiz hududida kuzatiladigan “Afg‘on shamoli” tezligi 20–30 m/s gacha bo‘lib chang bo‘ronlari va uzoq davom etuvchi shamol oqimlari bilan tarflanadi.

Elektr uzatish liniyalariga shamol bosimi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$P = 0.613V^2$$

bu yerda: P — shamol bosimi (Pa); V — shamol tezligi (m/s).

Agar misol tariqasida $V = 25 \text{ m/s}$ tezlikni olsak $P = 0.613 \times 25^2 = 383 \text{ Pa}$ ekanligi ma’lum bo’ladi. Bu esa elektr uzatish liniyalari uchun sezilarli mexanik yuklama hisoblanadi.

Kuchli shamol elektr uzatish liniyalariga quyidagi ta’sirlarni ko’rsatadi:

1. O’tkazgichlarning tebranishi - shamol oqimi natijasida o’tkazgichlarda aerodinamik tebranishlar paydo bo’ladi. Bu esa metall charchoqligini keltirib chiqaradi.

2. Tayanchlarning mexanik yuklanishi - Shamol kuchi tayanch konstruksiyalariga qo’shimcha kuch ta’sirini beradi:

$$F = P \cdot S$$

bu yerda: F — shamol kuchi; S — shamol ta’sir qilayotgan yuzasi.

3. Izolyatorlarning ifloslanishi - chang bo’ronlari natijasida izolyator yuzasida: chang, tuz, namlik qatlami hosil bo’ladi. Natijada izolyatsiyalar elektr tokini o’tkazib yuborishi mumkin.

Yuqorida avg’on shamolining elektr uzatish liniyalariga ko’rsatishi mumkin bo’lgan ta’sirlarini o’rgandik. Endi elektr uzatish liniyalari ishonchliligini oshirish uchun quyidagi choralarini ko’rib chiqaylik:

1. Vibratsiya so’ndirgichlar o’rnatish orqali o’tkazgich tebranishini kamaytirish mumkin.

2. Mustahkam tayanch konstruksiyalaridan foydalanish tizim ishonchliligini oshiradi.

3. Izolyatorlarni muntazam tozalash orqali chang qatlamining elektr o’tkazuvchanligini kamaytirish mumkin.

4. Aerodinamik o’tkazgichlardan foydalanish orqali shamol qarshiligini kamaytirishga erishish mumkin.

Xulosa

Termiz shahri hududida kuzatiladigan “Afg’on shamoli” elektr uzatish liniyalarining ishlashiga sezilarli ta’sir ko’rsatadi. Shamol yuklamalari o’tkazgichlar tebranishi, tayanchlarning mexanik zo’riqishi va izolyatorlarning ifloslanishiga olib keladi. Tadqiqot natijasida havo liniyalarining barqaror ishlashini ta’minlash uchun vibratsiya so’ndirgichlar qo’llash, mustahkam tayanch konstruksiyalarini o’rnatish hamda izolyatorlarni muntazam tozalash kabi choralar tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1]. Qodirov J.U., Qurbonazarov S.E. “Tog’ temir yo’l uchastkalarida elektr tortish tarmog’ining o’tkazuvchanlik qobiliyatini yaxshilash usullari” / Monografiya. Termiz.: 2023. 104 b.

[2]. Rasulov. A.N., I.U. Raxmonov. Elektr tarmoqlari va tizimlari. - T.: «Fan va texnologiya», 2018, 328 bet.

[3]. Savina N. V., Myasoedov yu. V. Tarqatish elektr tarmoqlarining ishlashida elektr energiyasini yo’qotish bo’yicha tizimli tadqiqotlar // IrGTU Vestnik. 2012. № 1 (60). C. 142–148.

[4]. Xushboqov B.X., Rashidov Sh.O‘., Musurmonov Y.B., Elektr uzatish liniyalari umumiy tavsiflari va sinflanishi. Международный современный научно-практический журнал Научный импульс № 43 (100). 85-89 betlar.

[5]. Xushboqov B.X., Musurmonov Y.B., Rashidov Sh.O‘. Elektr energiya sifati muammosi va sifatni oshirish usullari. “Introduction of new innovative technologies in education of pedagogy and psychology”. Collection of scientific papers on materials of the international scientificpractical conference 27.03.2026, Pub. "ICP", Moscow, Russia, 44-46 betlar.

BOBOTOG‘ NASOS STANSIYASI ELEKTROTEXNIK USKUNALARIDAN SAMARALI FOYDALANISH CHORA-TADBIRLARI

Xushboqov Botir A‘zamat o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti assistenti

Mamatqulov Toyir Chorshanbiyevich

Buxoro davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

mamatqulovtoyir5@gmail.com

Xurramov Jasur Hayit o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

xurramovjasur43@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada sug‘oriladigan hududlarda suv ta‘minotini samarali tashkil etishda muhim o‘rin tutuvchi nasos stansiyalarining ahamiyati va ularning texnik ishlash jarayonlari tahlil qilingan. Xususan, Surxondaryo viloyatida joylashgan “Bobotog‘” nasos stansiyasining texnik tavsifi, asosiy ko‘rsatkichlari hamda unda qo‘llanilayotgan elektrotexnik uskunarlar faoliyati o‘rganilgan.

Maqolada nasos stansiyalarida energiya samaradorligini oshirish, elektr dvigatellar va nasos agregatlarining ish rejimini optimallashtirish, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish, reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish hamda texnik xizmat ko‘rsatishni takomillashtirish bo‘yicha taklif va tavsiyalar ishlab chiqilgan. Shuningdek, nasos agregatlari va zadvishkalarni avtomatik boshqarish, rele himoyasi, suv sathini nazorat qilish tizimlari hamda ularning ishlash prinsiplari batafsil yoritilgan.

Tadqiqot natijalari nasos stansiyalarining ishonchliligi va energiya samaradorligini oshirish, suv resurslaridan oqilona foydalanish hamda zamonaviy avtomatlashtirish tizimlarini joriy etishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: Nasos stansiyasi, elektrotexnik uskunarlar, energiya samaradorligi, avtomatlashtirish, rele himoyasi, boshqaruv tizimi, suv sathi nazorati, elektr dvigatel.

Kirish

O‘zbekiston Respublikasida qishloq xo‘jaligini rivojlantirishda sug‘orish tizimlari muhim ahamiyatga ega. Sug‘oriladigan yerlarni suv bilan ta‘minlashda

nasos stansiyalari asosiy texnik inshootlardan biri hisoblanadi. Nasos stansiyalari yordamida suv daryo, kanal va suv omborlaridan kerakli hududlarga yetkazib beriladi.

Hozirgi kunda ko‘plab nasos stansiyalarida uzoq yillardan buyon foydalanib kelinayotgan elektrotexnik uskunalar mavjud bo‘lib, ularning energiya samaradorligini oshirish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Shu sababli energiya tejankor texnologiyalarni joriy etish, nasos agregatlarini avtomatlashtirish hamda elektr uskunalarning ish rejimlarini optimallashtirish muhim vazifa hisoblanadi [1].

Mazkur maqolada Surxondaryo viloyatidagi “Bobotog” nasos stansiyasining texnik tavsifi, elektrotexnik uskunalari hamda ularni samarali boshqarish usullari tahlil qilinadi.

Bobotog‘ nasos stansiyasining texnik tavsifi

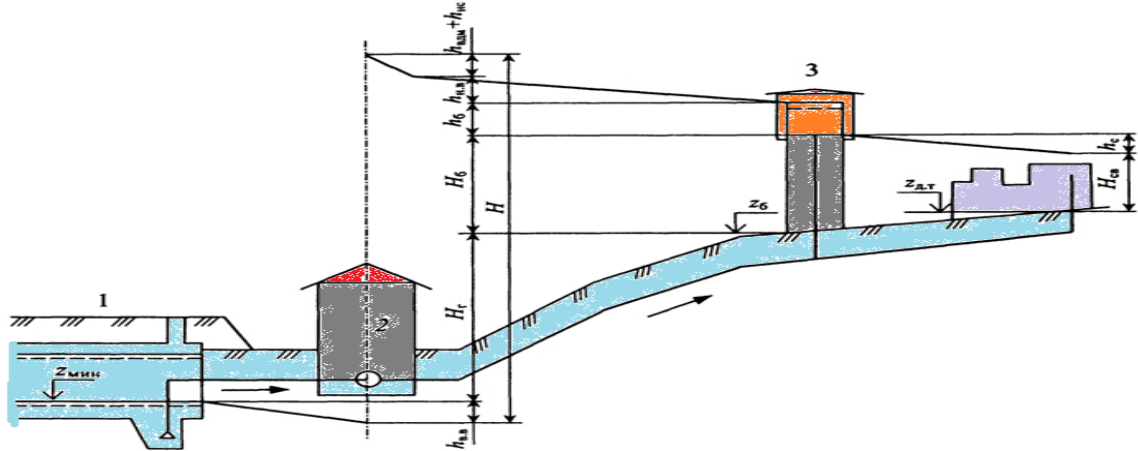
Nasos stansiyalari gidroenergetik inshootlar turiga mansub bo‘lib, sug‘orish, quritish, xo‘jalik-ichimlik yoki sanoat suv ta‘minoti hamda kanalizasiya (chiqindi suvlarini chiqarish) va boshqa tizimlarda suv uzatishda xizmat qiladi. Inshootlarning tarkibi, ularning tuzilishi, joylashtirilishi, o‘rnatiladigan uskunalar soni va turi nasos stansiyaning ahamiyati va unga qo‘yiladigan talablarni hisobga olgan holda, suv manbasidan mukammal foydalanish va tabiatni muhofaza qilish tadbirlari asosida aniqlanadi. Nasos stansiyaning gidrotexnik inshootlari tuzilishi va o‘lchamlari ko‘p hollarda suv manbasining gidrologik xarakteristikasi va joyning tabiiy holati (rel'efi, geologiyasi)ga bog‘liq ravishda belgilanadi.[2]



1-rasm.Nasos stansiyaning ichki ko‘rinishi.

“Bobotog” — bu Surxondaryo viloyati, Jarqo‘rg‘on tumanida joylashgan nasos stansiyasi bo‘lib, u Amu-Zang kanalidan suv olib, Bobotog‘ kanaliga chiqarib berish vazifasini bajaradi. Ma‘lumotlarga ko‘ra, Bobotog‘ nasos stansiyasi 1982-yilda ishga tushirilgan yirik irrigatsiya inshootlaridan biri hisoblanadi. Ushbu nasos stansiyasi asosan suv ta‘minoti va irrigatsiya (sug‘orish) tizimlarida ishlaydi, ya‘ni u orqali suv qishloq xo‘jaligi yerlari yoki boshqa tizimlarga yetkaziladi. Bunda suv katta diametrli quvurlar orqali yetkaziladi va nasos agregatlari yordamida uzatiladi. Agregatlar soni: Jami 8 ta. Suv ko‘tarish balandligi: Nasoslar suvni 79 metr balandlikka ko‘tarib beradi. Suv sarfi unumdorligi: Stansiyaning umumiy suv uzatish quvvati $35.52 \text{ m}^3/\text{s}$ ni tashkil etadi. Nasos stansiyasida quyidagi asosiy uskunalar mavjud: markazdan qochma nasos agregatlari, elektr dvigatellar,

transformator podstansiyasi, elektr taqsimlash qurilmalari, avtomatik boshqaruv tizimi. Elektr energiyasi nasos stansiyalarining asosiy energiya manbai hisoblanadi.



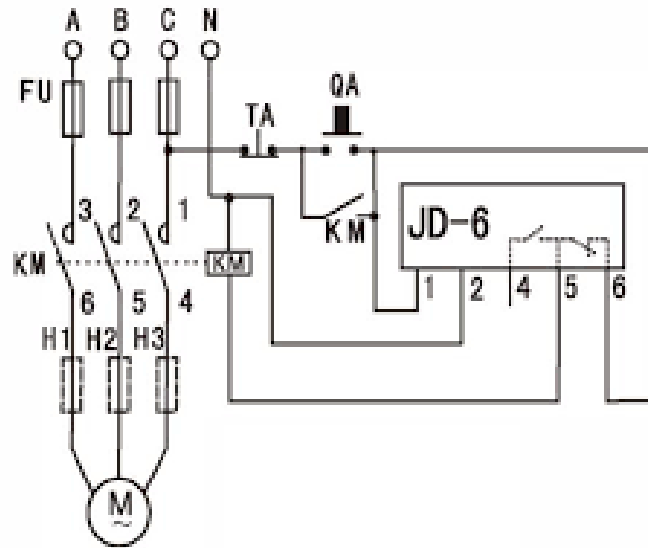
2– rasm. «Bobotog» nasos stansiyasining suv ko‘tarib berish tizimini qirqimi keltirilgan.

Nasos stansiyalarida energiya samaradorligini oshirish uchun quyidagi chora-tadbirlar taklif etiladi:

1. Nasos agregatlari ish rejimini optimallashtirish
2. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini qo‘llash
3. Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish
4. Elektr tarmoqlarida yo‘qotishlarni kamaytirish
5. Nasos va elektr uskunalariga muntazam texnik xizmat ko‘rsatish[5]

Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish

Asosiy nasos agregati motorini boshqarish. Nasos agregatini ishga tushirish qo‘l bilan yoki avtomatik ravishda suvning satxi bilan bog‘lanib bajarilishi mumkin. Agregatni to‘xtatish maxsus to‘xtash knopkasi “SV 2” yordamida yoki oraliq rele KJ yordamida bajarilishi mumkin. Asosiy nasos agregatini bajarishda 2ta rele muhim rol o‘ynaydi: agregatni himoyalash relesi va signal to‘g‘risida ogohlantiruvchi rele. Agregatni himoyalovchi rele bilan avariya holatiga moyli ajratgich yordamida agregatni to‘xtatish mumkin; agregatni ishga tushirish va zadvishkalarni yopish jarayonlarini nazorat qilish mumkin. Bundan tashqari avankameradagi suv sathi va motorning yuklanishi darajasi (zo‘riqishdan himoya) nazorat qilinadi. Ogohlantiruvchi rele yordamida yuk ko‘targichni holati to‘g‘risida, zadvishka ogregatidagi bor nosozliklar to‘g‘risida, agregatni tarmoqdan ajratuvchi relesi holati to‘g‘risida va o‘z-o‘zini blakirovka qiluvchi zanjir haqida operativ ma’lumotlar olinadi va jarayonlarni boshqaradi.

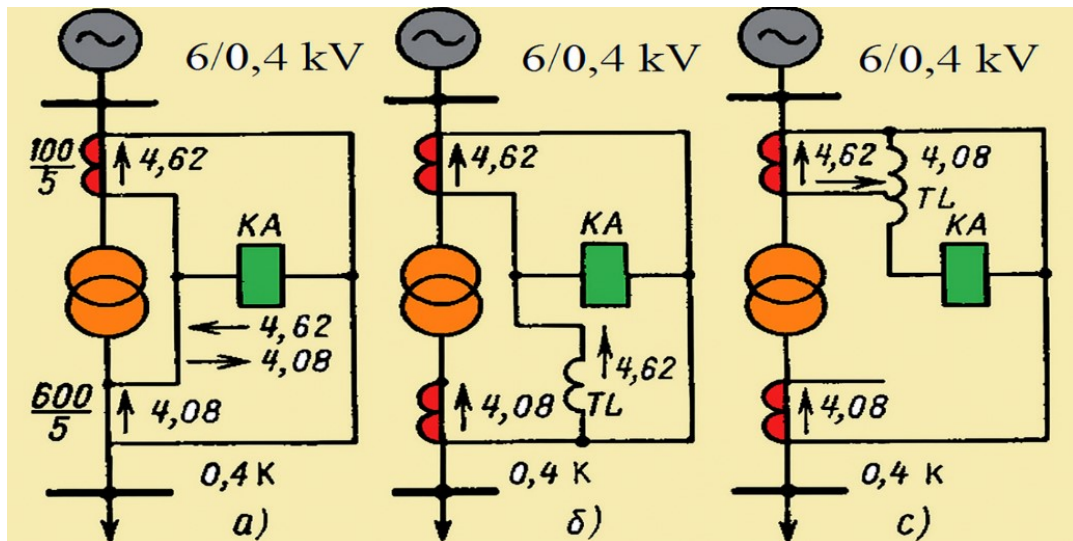


3-rasm. Asosiy nasos agregatini avtomatik boshqarish sxemasi.

Zadvishka matorini boshqarish. Zadvishka xarakatini chegaralash uchun ochilishida S₃, S₄, va yopilishida S₅, S₆, oxirigi o‘rnatilganlar. Shu bilan birgalikda ogohlantiruvchi lampalar N1 va N2 sxema qabul qilingan. Boshqarish qo‘li bilan S₇, S₈, knopkalar yordamida va avtomatik ravishda S₉, S₁₀, qayta o‘lchagichlar yordamida olib boriladi. Zadvishkalarni ochish uchun qayta ulagich KRni “Qo‘l bilan” holatiga o‘rnatamiz. S7 S9 knopkalarni bosishimiz bilan magnitli ishga tushirgich zadvishka matorini tarmoqqa ulaydi va zadvishka o‘z xarakatini boshlaydi. Oxirigi holatga etishi bilan S4 “oxirgi ajratgich”ni kantakti ochiladi, k1 magnitli ishga tushirgich zanjiri toksiz bo‘lib qoladi va matorning stator cho‘lg‘amlari tarmoqdan ajratiladi. Shuning bilan birgalikda S3 “oxirgi ajratgichlar” yordamida ogohlantiruvchi lampa N1 yonadi.[1]

Rele himoyasi. Nasos agregatlarining elektr dvigatellarini stator chulg‘amlarining qisqa tutashuvidan, asinxron qo‘zg‘alishidan va me’yordan oshiq holatda ishlashidan saqlash uchun himoyalash uchun avtomat ajratgichlar o‘rnatilgan.

Bundan tashqari nasos stansiyasi elektromotrlarni differensial zashita, asinxron rejimiga o‘tishidan himoya qiluvchi, minimal kuchlanishdan himoya qiluvchi, texnik va mexanik himoya qiluvchi uskunalar bilan jihozlangan.



4-rasm. “Bobotog” nasos stansiyasining differensial tok himoyasining bajarilish sxemalari. a) 35/6 kV li tarmoqqa ulangan differensial rele himoyasi b) 6/0,4 kV li tarmoqning 0,4 kV li tomoniga, o‘zgaruvchan tok transformatori orqali ulangan differensial rele himoyasi v) 6/0,4 kV li tarmoqning 6 kV li tomoniga, o‘zgaruvchan tok transformatori orqali ulangan differensial rele himoyasi.

Nasos stansiyasi ishini nazorat qilish jihozlari

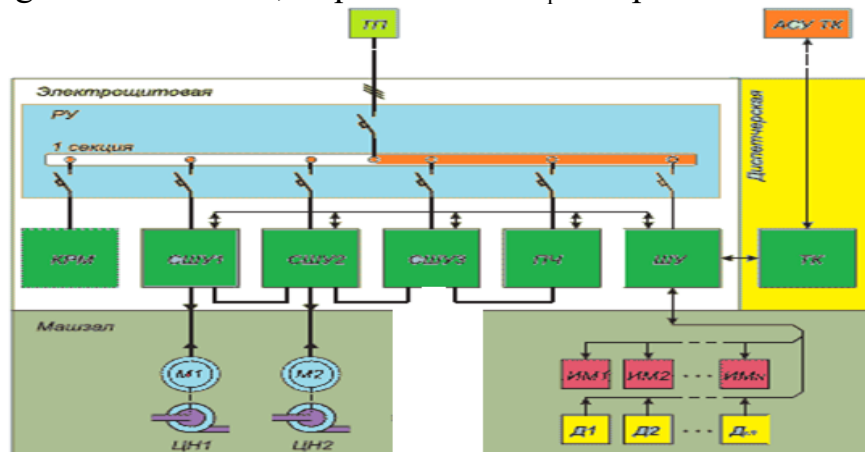
Nasos agregatlarini avtomatlashtirishning asosiy vazifasi ularning uzluksiz ishlashini ta’minlash va xizmat ko‘rsatuvchilar sonini kamaytirishdan iboratdir. Bu vazifani to‘liq echish uchun nasos agregatlarini boshqarish sistemasida umumiy jihozlar bilan birga – kontaktorlar, ishga tushirgichlar, oraliq relelar universal qayta ulagichlar va boshqa shunga o‘xshash maxsus nazorat va boshqarish suyuqlik sathi relesi, boshqariladigan ventillar (elektromagnit klapanlar) va boshqariladigan to‘siqlar qo‘llaniladi.

Qalqovchi sath relesi nasosning ishini avtomatlashtirishda uzatiladigan suvning yig‘ish qurilmasida yoki suv bosimi minoralarda suv sathini nazorat qiladi.

Ish tarzi quyidagicha, trossga osilgan qalqovuch idishdagi suyuqlik sathining o‘zgarishi bilan tushiriladi yoki ko‘tariladi. Bunda trossning ikkinchi uchida maxkamlangan tenglashtiruvchi yuk xam ko‘tariladi yoki tushiriladi. Tross ikki yo‘nalishda yo‘naltiruvchi rolik orqali harakatlanadi va teshik orqali erkin o‘tib oxirgi ajratgichni qushadi. Qalqovuchli sath datchigi, har xil konstruksiyada bo‘ladi, ularni ochiq va yopiq idishlarda qo‘llash mumkin. Qalqovuchli datchiklarda elektr ajratgich sifatida yo‘l oxiridagi ajratgich, mikroqayta ulagich yoki simobli ajratgich bo‘lishi mumkin. Masalan, RP-40 relesi ichida joylashtirilgan qalqovuch sharsimon chugun korpusdan iborat. Sterjen orqali qalqovuch o‘qqa biriktirilgan, uning bir uchi salnik orqali tashqariga chiqarilgan. O‘qning oxirida simobli qayta ulagich xarakatlanuvchi ikkita diskli kulachok o‘rnatilgan. Rele ma’lumotlari nazorat qilinayotgan idishdan uzatiladi. Idishdagi suv sathi o‘zgarganda qalqovuch kulachokli o‘qni buradi. Bunda simobli ajratgichning biri qo‘shiladi va uning kontaktlari ajraladi (yoki qo‘shiladi), avtomatik ravishda vakuum-nasosni ajratadi yoki qo‘shadi. Bu releni nasosni to‘ldirayotganda qo‘llash mumkin emas (vakuum

nasossiz). Bu holda membranali bosim relesi yoki elektromagnit monometri o‘rnatiladi.

Xozirda o‘ta mukammal bo‘lgan elektrodli sath relesi elektr o‘tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo‘lgan suyuqliklarni nazorat qilish uchun qo‘llaniladi, bunga suv ham kiradi. Idishga har xil satxda po‘latdan yoki latundan qilingan sterjenli elektrodlar o‘rnatilgan. Ular oraliq relesi K ning g‘altagi bilan biriktirilgan va pasaytiruvchi transformator T dan ta‘minlanadi (36V). Agar suv yuqorigi sathi N_{yu} ga etmasa, rele o‘chirilgan va uning K:1 qo‘shiluvchi magnit ishga tushirgich zanjirida ishlamaydi motor o‘chirilgan, nasos ishlamaydi. Suv sathi yuqorigi N_{yu} sathga yetganda zanjiridagi rele g‘altagi suv va elektrodlar orqali qo‘shiladi. Rele ishlaydi va nasos motorini o‘chiradi. K2 qo‘shiluvchi kontakti bu holatda E_n va E_o lar orqali rele g‘altagini ta‘minlaydi. Suv sathi N_{yu} dan pastga tushadigan bo‘lsa nasos qo‘shilgan holda bo‘ladi, faqat suv sathi N_p dan past bo‘lsa o‘chiriladi.[1]

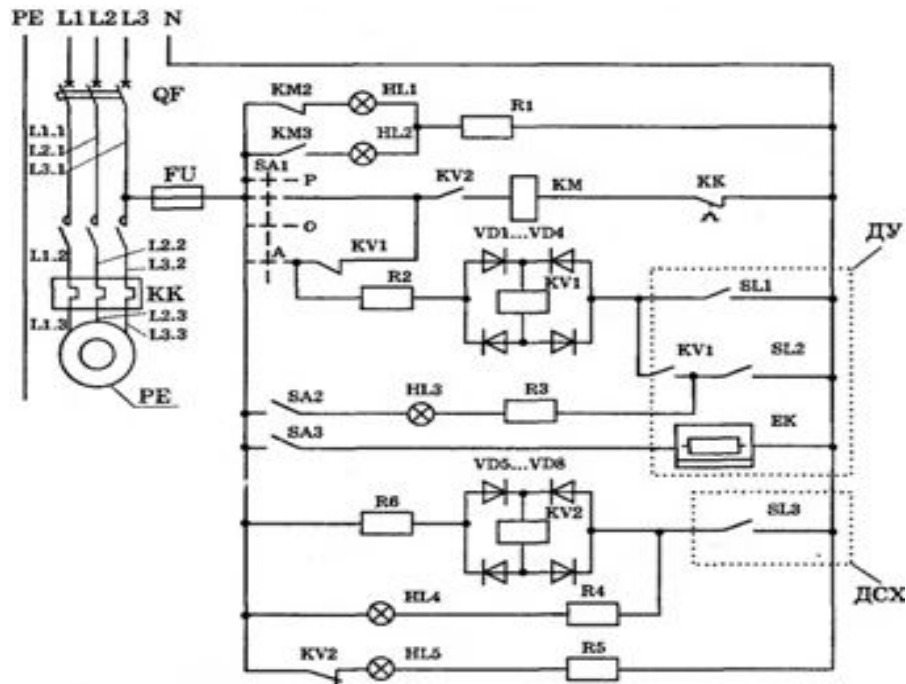


5-рasm. Qalquvchli datchikning ishlash sxemasi.

Elektrodli datchiklarning ma‘lumotlari asosida quduqlardagi suvning holati, uzatish quvurining sozligi va idishdagi suv sathini doim nazorat qilib turiladi.

Boshqariladigan to‘siqlar bajaruvchi mexanizmlar tarkibiga kiradigan qisqa tutash rotorli asinxron motor orqali yuritiladi. Elektr motorli yuritmada oddiy va effektiv holda to‘siqni boshqarish jarayonini avtomatlashtirish mumkin bo‘ladi.

6-rasmda nasosning bosim quvuridagi to‘siqni avtomatik boshqarishning elektr sxemasi keltirilgan (motorning elektr zanjiri sxemani soddalashtirish maqsadida ko‘rsatilmagan) 2 nasos agregatini qo‘shish va ajratish V1 qalqovuchli sath relesi signaliga asosan avtomatik ravishda amalga oshiriladi, uning bir kontakti M2 nasos motorini boshqarish zanjirida joylashtirilgan, ikkinchisi esa K oraliq relesi zanjirida M1 to‘siq motorini boshqarish uchun joylashtirilgan.



6 -rasm. Nasos agregati to‘siq‘ini avtomatik boshqarish sxemasi.

1-ijrochi mexanizm; 2-nasos agregati;

Agar nasos o‘chirilgan va to‘siq yopiq bo‘lsa SQ2 to‘siqni yopishdan oxirgi ajratgich ajratilgan bo‘ladi. Nazorat etiladigan suv sathi kamayishi bilan qalqovichli sath relesi bir kontakti bilan M2 nasos motorini qo‘shadi, ikkinchi kontakti V1 bilan K relesini qo‘shilish zanjirini tayyorlaydi.

Nasos ishga tushganidan keyin va suv uzatish quvurida bosim kerakli miqdorgacha oshadi va bosim relesi o‘zining V2 kontaktini qushadi. K relesi K:1 kontakti bilan KM1 to‘siqni ochish kontaktorini qo‘shadi va kontaktor K:2 qo‘shimcha holda to‘siqni yopish kontaktori KM2 qo‘shiladi. M1 motori to‘siqni ochishni boshlaydi. Bu holda N2 ogorhlantiruvchi lampa to‘liq cho‘lg‘am bilan yonadi. To‘siq to‘liq oshganda SQ1 ajratgich o‘zining kontaktini ajratadi. Bunda KM1 kontaktori ajratiladi, to‘siq yuritmasi motori M1 to‘xtaydi, yarim cho‘g‘da yongan N1 lampa o‘chadi va boshqa N2 lampa yarim cho‘g‘da yonish rejimga o‘tadi. Rostlanadigan hajmda kerakli miqdorda suv to‘plangach sath relesi kontaktlari ajraladi, ulardan biri M2 nasos motorini o‘chiradi, ikkinchi – V1 esa K oraliq relesini manbadan ajratadi u o‘z navbatida K:2 kontakti bilan to‘siqni yopish KM2 kontaktorini qo‘shadi.

To‘siq yopila boshlaydi, bu vaqtda ogohlantiruvchi N1 lampa to‘liq cho‘g‘ bilan yonadi va bu bilan M1 to‘siqni yopish motori ishga tushganligini bildiradi. To‘siq to‘liq yopilib bo‘lganda SQ2 oxirgi ajratgich o‘zining kontaktini ajratadi va bu bilan to‘siq motori M1 ni to‘xtatadi hamda sxemani oldingi holatiga qaytiradi. To‘siqni qo‘shimcha ochish avariya vaqtida oxirgi ajratgich SQ3 yordamida nazorat qilinadi. Qo‘shilish uchun topshiriqni qo‘yish relesi beradi bunda oraliq relesi orqali vakuum nasosning ishga tushiradi va kuchlanishni elektromagnitga beradi hamda qo‘yish ventili va vakuum-nasos ventili ochiladi. Nasos suvdan to‘lgach quyish relesi vakuum-nasos motorini o‘chirishga va ventillarni yopishga topshiriq beradi.[4,6]

Xulosa

Mazkur maqolada nasos stansiyalarining suv ta’minoti tizimidagi muhim o‘rni hamda ularning samarali ishlashini ta’minlash masalalari atroflicha tahlil qilindi. Xususan, Surxondaryo viloyatidagi “Bobotog” nasos stansiyasining texnik ko‘rsatkichlari, ishlash prinsipi va unda qo‘llanilayotgan elektrotexnik uskunalar faoliyati o‘rganildi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, mavjud nasos stansiyalarining aksariyati uzoq yillar davomida foydalanilayotganligi sababli ularning energiya samaradorligi va ishonchliligini oshirish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Shu bois energiya tejamkor elektr dvigatellarni joriy etish, nasos agregatlarining ish rejimini optimallashtirish, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini keng qo‘llash hamda reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish kabi chora-tadbirlar muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, nasos agregatlari va zadvishkalkarni avtomatik boshqarish, rele himoyasi va suv sathini nazorat qilish tizimlarini takomillashtirish nasos stansiyalarining uzluksiz va xavfsiz ishlashini ta’minlaydi. Umuman olganda, maqolada taklif etilgan texnik va tashkiliy yechimlar nasos stansiyalarining samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish hamda suv resurslaridan oqilona foydalanishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Muminov A., Yusupov Sh. *Avtomatlashtirish tizimlari va ularning elementlari*. – Toshkent: Fan, 2019.[1] 33-36-bet
2. O‘zbekiston Respublikasi normativ-huquqiy hujjatlari: suv resurslari va irrigatsiya tizimlari bo‘yicha (www.lex.uz).
3. Б.Р. Ибрагимов, Н.Н. Халилов. *Насослар ва насос станциялари*. — Тошкент: Фан, 2015. 50-60-bet[2]
4. A.K. Xolmatov, D. Murodov. *Qishloq xo‘jaligida elektr energiyasidan samarali foydalanish*. — Toshkent, 2018.100-110-bet[4]
5. GOST 24969-2010 — *Насосы центробежные. Технические условия 17-47-bet*. [6]
6. A.A. Rustamov. *Nasos texnikasi va texnologiyasi*. — Toshkent: O‘qituvchi, 2018.
7. Radjabov A.R, Ibragimov M, Berdishev A.S “Energiya tejamkorlik asoslari” – T., TIMI, 2007 yil.20-38-bet[5]

**KO‘P QAVATLI TURAR JOY BINOLARIDA ELEKTR ENERGIYASINI
TEJASH VA ENERGO SAMARADORLIKNI OSHIRISH ISTIQBOLLARI**

Xushboqov Botir Azamat o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

botirjonxushboqov24@gmail.com

Norboyev Azizbek Davron o‘g‘li

Qurbonov Ramiddin Abdumurod o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabalari

Annotatsiya. Ushbu maqolada ko‘p qavatli turar joy binolarida elektr energiyasini iste‘mol qilish darajasi, energiya isroflarining oldini olish va zamonaviy tejamkor texnologiyalarni joriy etish masalalari tahlil qilingan. Tadqiqotda aqlli yoritish tizimlari va avtomatlashtirilgan boshqaruv usullarining samaradorligi yoritilgan.

Kalit so‘zlar: elektr energiyasi, energiya tejamkorlik, ko‘p qavatli uylar, aqlli texnologiyalar, LED yoritish, datchiklar, muqobil energiya.

Bugungi kunda jahon hamjamiyati oldida turgan eng dolzarb muammolardan biri bu energetika xavfsizligi va resurslardan oqilona foydalanishdir. Urbanizatsiya jarayonining jadallashuvi natijasida shaharlarda ko‘p qavatli turar joy binolarining soni keskin ortib bormoqda. Statistika ma'lumotlariga ko‘ra, umumiy ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining qariyb 30-40 foizi aynan uy-joy kommunal sektori hissasiga to‘g‘ri keladi [1].

Energiya tejash nafaqat iqtisodiy foyda, balki ekologik barqarorlikni ta'minlashning ham asosiy omilidir. Ko‘p qavatli uylarda elektr energiyasidan foydalanish madaniyatini yuksaltirish va texnik yo‘qotishlarni kamaytirish milliy iqtisodiyot uchun strategik ahamiyatga ega [2]. Binolarning energetik pasportini yaratish va ularni modernizatsiya qilish jarayoni ilmiy asoslangan yondashuvni talab etadi. Ushbu sohadagi islohotlar nafaqat texnik qurilmalarni yangilashni, balki energiya sarfini boshqarishning raqamli modellarini ishlab chiqishni ham ko‘zda tutadi.

Ko‘p qavatli uylarda elektr energiyasini tejashning ilmiy asoslarini tushunish uchun bir necha muhim hisob-kitoblarga e'tibor qaratish lozim.

1. Yoritish tizimidagi tejamkorlik hisobi. Binolardagi umumiy yoritish tizimida sarflanadigan elektr energiyasi quvvati quyidagi formula orqali aniqlanadi

$$W = \sum (P_i \cdot t_i \cdot n)$$

Shu formulaga ko‘ra:

P_i —bitta yoritgichning quvvati (Vt)

t_i —sutka davomida yonib turish vaqti (soat)

n -yoritgichlar soni.

Agar biz an'anaviy cho'g'lanma lampalarni LED lampalarga almashtirsak, quvvat (P) 8-10 baravarga kamayadi. Harakat datchiklari o'rnatilganda esa vaqt (t) ko'rsatkichi 60-70% ga qisqaradi [3].

2. Kuchlanishning yo'qolishi va elektr isrofi: Elektr tarmoqlaridagi texnik yo'qotishlar (Joul-Lens qonuniga ko'ra) o'tkazgichlarning qarshiligi va oqib o'tayotgan tok kuchi kvadratiga bog'liq.

$$Q=I^2 \cdot R \cdot t$$

Bu yerda I — tok kuchi, R — qarshilik. Ko'p qavatli uylarda simlarning eskirishi qarshilikni (R) oshiradi, bu esa elektr energiyasining issiqlik bo'lib isrof bo'lishiga olib keladi [4]. Shuning uchun elektr simlarini modernizatsiya qilish tejamkorlikning asosi hisoblanadi.

$$\eta = \frac{P_{\text{foydali}}}{P_{\text{iste'mol}}} \cdot 100\%$$

Zamonaviy chastotali o'zgartirgichlar (inverterlar) yordamida dvigatelning ishchi quvvati yuklamaga qarab boshqariladi. Bunda iste'mol qilinadigan quvvat quyidagi bog'liqlikda kamayadi.

$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{f_2}{f_1} \right)$$

bu yerda f — tok chastotasi. Chastotani biroz pasaytirish quvvat sarfini keskin (kubik bog'liqlikda) kamaytiradi [5].

4. Muqobil energiya manbalari. Binoning tomiga o'rnatilgan quyosh panellaridan olinadigan quvvatni quyidagicha hisoblash mumkin

$$E = A \cdot r \cdot H \cdot PR$$

Shu formulaga ko'ra:

A - quyosh panellarining umumiy yuzasi (m^2)

r - panelning foydali ish koeffitsiyenti (odatda 15-20%)

H - quyosh nurlanishining o'rtacha miqdori

PR - samaradorlik nisbati (yo'qotishlarni hisobga olgan holda)

Taklif va tavsiyalar. Datchikli tizimlar: Barcha qavatlarda t vaqtini optimallashtirish uchun infraqizil datchiklar o'rnatish.

Datchikli tizimlar va ularning texnik tavsifi. Infraqizil (PIR - Passive Infrared) datchiklar inson tanasidan chiqadigan issiqlik nurlanishini sezish orqali ishlaydi. Bu tizimni ko'p qavatli uylarning yo'laklari va zinapoyalarida qo'llash elektr energiyasi sarfini "intellektual boshqaruv" rejimiga o'tkazadi.

1. Ishlash mexanizmi va t vaqtini optimallashtirish: An'anaviy tizimlarda chiroqlar qorong'u tushishi bilan (yoki tunu-kun) uzluksiz yonib turadi. Datchikli tizimda esa yonish vaqti (t) faqat ob'ekt datchik qamrov doirasiga kirgandagina faollashadi.

Kutish rejimi: Sarf 0 Vt.

Ishchi rejim: Faqat harakat davomida (masalan, 30–60 soniya).

2. *Energetik samaradorlikni hisoblash:* Agar bitta qavatdagi yoritish quvvati

$P = 100 \text{ Vt}$ bo'lsa va u sutkasiga 12 soat yonsa, yillik sarf

$$W_{\text{oddiy}} = 0.1 \text{ kVt} \cdot 12 \text{ soat} \cdot 365 \text{ kun} = 438 \text{ kVt} \cdot \text{kun}$$

Datchik o'rnatilganda, chiroq sutkasiga o'rtacha jami 1 soat yonsa (odamlar o'tgan vaqtda)

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

$$W_{\text{datchik}} = 0.1 \text{ kVt} \cdot 1 \text{ soat} \cdot 365 \text{ kun} = 36.5 \text{ kVt} \cdot \text{kun}$$

Tejamkorlik koeffitsiyenti: $K_{\text{rej}} \approx 91\%$ ni tashkil etadi.
Datchiklarning turlari va tanlash mezonlari

1-Jadval

Maqolada datchiklarning quyidagi turlarini qiyoslab o‘tish tavsiya etilishi haqida

Datchik turi	Afzalligi	Kamchiligi
Infraqizil (PIR)	Arzon, faqat issiq jismga reaksiyaga kirishadi.	To‘siqlar (devor, oyna) ortidagi harakatni sezmaydi.
Ultratovushli	Sezgurligi juda yuqori, to‘siqlarni chetlab o‘tadi.	Uy hayvonlariga noqulaylik tug‘dirishi mumkin.
Mikroto‘lqinli	Shaffof bo‘lmagan to‘siqlar ortini ham ko‘radi.	Narxi nisbatan qimmat va yuqori sezgurlik sabab xato ishlashi mumkin.

Kompensatsiya qurilmalari: Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish qurilmalarini o‘rnatish orqali tarmoqdagi yo‘qotishlarni kamaytirish.

Izolyatsiya: Faqat elektr emas, balki issiqlik izolyatsiyasini yaxshilash orqali elektr isitgichlarga bo‘lgan ehtiyojni kamaytirish.

Xulosa qilib aytganda, ko‘p qavatli turar joy binolarida elektr energiyasini tejash masalasi shunchaki texnik chora-tadbir emas, balki mamlakatning energetik mustaqilligi va ekologik barqarorligini ta‘minlashga qaratilgan strategik vazifadir. Tadqiqot davomida tahlil qilingan datchikli yoritish tizimlari, zamonaviy lift qurilmalari va muqobil energiya manbalarini joriy etish usullari ko‘p qavatli uylarda energiya samaradorligini o‘rtacha 45-60 foizgacha oshirish imkoniyatini ko‘rsatdi. O‘tkazilgan hisob-kitoblar va formulalar asosida quyidagi yakuniy xulosalarga kelindi:

1. **Iqtisodiy samaradorlik:** Energiya tejovchi texnologiyalarga kiritilgan dastlabki sarmoyalar (masalan, harakat datchiklari va LED yoritgichlar) o‘zini juda qisqa muddatda — o‘rtacha **6 oydan 1,5 yilgacha** bo‘lgan vaqt oralig‘ida to‘liq qoplaydi. Bu esa aholining kommunal to‘lovlari miqdorini sezilarli darajada kamaytirib, oilaviy budjet iqtisod qilinishiga olib keladi.

2. **Texnik chidamlilik:** "Aqlli" boshqaruv tizimlarining joriy etilishi elektr tarmoqlaridagi ortiqcha yuklamalarni kamaytiradi. Bu esa binoning ichki simlari va transformator podstantsiyalarining xizmat muddatini uzaytiradi hamda avariyaaviy holatlar xavfini minimal darajaga tushiradi.

3. **Ijtimoiy va ekologik ta’sir:** Elektr energiyasini tejash bevosita issiqxona gazlarining atmosferaga chiqarilishini kamaytirishga xizmat qiladi. Ko‘p qavatli uylarda muqobil energiya (quyosh panellari) manbalaridan foydalanish "Yashil shahar" konsepsiyasini shakllantirishning poydevori bo‘lib xizmat qiladi.

4. Madaniy transformatsiya: Texnik yechimlardan tashqari, aholi o‘rtasida energiya iste’moli madaniyatini shakllantirish eng muhim omildir. Maqolada taklif etilgan raqamli monitoring (ASKUE) tizimlari har bir iste’molchida mas’uliyat hissini uyg‘otadi va resurslardan oqilona foydalanish ko‘nikmasini mustahkamlaydi.

Yakuniy xulosa sifatida shuni ta’kidlash lozimki, davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlanayotgan subsidiyalar va innovatsion texnologiyalarni uyg‘unlashtirgan holda, ko‘p qavatli uylarni "Energiya samarador bino" maqomiga o‘tkazish — kelajakdagi urbanizatsiya jarayonining asosiy talabidir. Ushbu maqolada keltirilgan tavsiyalar va takliflar amaliyotga tatbiq etilsa, nafaqat bitta bino miqyosida, balki butun respublika uy-joy kommunal xo‘jaligi tizimida ulkan iqtisodiy samaraga erishish mumkinligi haqida ham aytib o‘tishimiz mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimov R.X. "Energiya tejamkorlik asoslari". Toshkent, 2020.
2. Abdurashidov A. "Kommunal sohada innovatsion texnologiyalar". O‘quv qo‘llanma, 2021.
3. Smith, J. "Energy Efficiency in Residential Buildings". New York: Science Press, 2019.
4. O‘zbekiston Respublikasining "Energiya tejash va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida"gi Qonuni.
5. Yusupov M. "Aqlli texnologiyalar va kelajak iqtisodiyoti". Maqolalar to‘plami, 2022.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В МАГИСТРАЛЬНОМ ВОДНОМ КАНАЛЕ**

Юлдошев И.А.

Ташкентский государственный технический университет,
Заведующий кафедры «Альтернативные источники энергии»,
д,т,н, профессор, E-mail: yuldashev.i2004@gmail.com

Ботиров Б.М.

Ташкентский государственный технический университет,
PhD, доцент кафедры, «Альтернативные источники энергии»,

Жураев О.Ш.

Ташкентский государственный технический университет,
Ассисент кафедры, «Альтернативные источники энергии»,

Атоева М.А.

Ташкентский государственный технический университет,
Базовый докторант кафедры, «Альтернативные источники энергии»,

Кушшаева Ф.Д.

Ташкентский государственный технический университет,
Магистранты 1 курса кафедры, «Альтернативные источники энергии»,

Ибрагимов Н.П.

Аннотация. В статье исследуются рабочие характеристики фотоэлектрических модулей различных типов, установленных над магистральным водным каналом в условиях жаркого климата Узбекистана. Проведён сравнительный анализ электрофизических и тепловых параметров монокристаллических, поликристаллических и двухсторонних фотоэлектрических модулей, размещённых над водной поверхностью и на суше. Разработано устройство с поплавковым механизмом автоматической регулировки высоты фотоэлектрических модулей в зависимости от уровня воды, обеспечивающее стабильное естественное охлаждение без дополнительного энергопотребления. Экспериментальные результаты показали, что размещение модулей над водным каналом способствует снижению рабочей температуры и повышению выходной мощности на 7–16 % по сравнению с наземными установками. Обоснована перспективность внедрения канальных фотоэлектрических систем для повышения энергоэффективности, экономии водных и земельных ресурсов, а также развития агрофотоэнергетики в условиях Узбекистана.

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль, магистральный водный канал, естественное охлаждение, bifacial-модуль, вольт-амперная характеристика, энергоэффективность, испарительное охлаждение.

Одним из наиболее значимых преимуществ канальных фотоэлектрических систем является их способность одновременно решать экологические проблемы, а также обеспечивать экономию земельных и водных

ресурсов. В данном направлении одним из наиболее важных и широко цитируемых исследований является работа McKuin и др. (2021), опубликованная в журнале *Nature Sustainability*, в которой выполнено гидрологическое и технико-экономическое моделирование для канальной сети штата Калифорния протяжённостью 6 350 км [1].

Результаты данного исследования показали, что установка фотоэлектрических панелей над каналами позволяет сокращать испарение воды в среднем на 39 ± 12 тыс. м³ на каждый километр канала в год. В масштабе всей канальной сети Калифорнии это соответствует экономии приблизительно 238 млрд литров (63 млрд. галлонов) воды ежегодно, что эквивалентно обеспечению орошения около 50 000 га сельскохозяйственных земель или удовлетворению потребностей в питьевой воде более чем 2 миллионов человек [1]. Кроме того, исследование показало, что технико-экономическая эффективность канальных фотоэлектрических систем обеспечивается не только за счёт сокращения испарения, но и благодаря совокупному эффекту нескольких ключевых факторов, формирующих общий экономический эффект системы.

Elminshawy и соавт. (2024) [2] представили методологию оценки «4Е» (Energy, Evaporation, Economy and Environment — энергетика, испарение, экономика и окружающая среда) для канальных фотоэлектрических систем с различными углами наклона в климатических условиях Египта. На основании результатов исследования были разработаны комплексные технико-экономические обоснования, подтверждающие экономическую целесообразность установки канальных фотоэлектрических систем в условиях жаркого и засушливого климата [2].

Tabish и соавт. (2023) [3] провели сравнительный анализ односторонних (monofacial) и двусторонних (bifacial) канальных фотоэлектрических систем, в результате которого было установлено, что односторонняя канальная фотоэлектрическая система демонстрирует наивысшую выработку энергии (1679 МВт·ч), коэффициент производительности ($PR=0,813$) и коэффициент использования установленной мощности ($CF=19,32\%$). Кроме того, было рассчитано, что при установке канальной фотоэлектрической системы мощностью 1 МВт можно предотвратить испарение более 8,9 млн литров воды, а также сэкономить и эффективно использовать более 3 гектаров сельскохозяйственных земель [3].

В исследовании Canbaz Ali, Karakoyun Yakup и соавт. (2025) [7], в котором был проведён экспериментальный анализ фотоэлектрических панелей, установленных над каналами в условиях жаркого и засушливого климата, были определены показатели производительности, энергоэффективности и снижения испарения при различных углах наклона (8° , 23° и 38°).

Данное исследование является важным источником для разработки практических рекомендаций по внедрению CSPV-систем в засушливых

климатических регионах, включая Центральную Азию, поскольку климат Узбекистана является близким к условиям, рассматриваемым в данном эксперименте [4].

В Республике Узбекистан широко развита сеть рек и ирригационных каналов, используемых для орошения, водоснабжения и гидроэнергетики. Общая протяжённость гидротехнической инфраструктуры, охватывающей системы ирригации, водоснабжения и гидроэнергетики, превышает 180 000 км. Из них общая протяжённость рек составляет около 15 000 км, а оросительных и магистральных каналов — более 170 000 км [5].

Наличие протяжённой сети ирригационных каналов создаёт значительный потенциал для интеграции ФЭМ непосредственно над водной поверхностью каналов. Размещение ФЭС на ирригационных каналах позволяет одновременно решать несколько важных задач: выработку возобновляемой электроэнергии, снижение испарения воды, повышение эффективности использования земельных ресурсов, а также уменьшение нагрева воды и снижение зарастания каналов водорослями.

Особенно перспективным является применение адаптивных плавучих и навесных фотоэлектрических систем на магистральных каналах Узбекистана, где высокая интенсивность солнечного излучения и значительная протяжённость водных объектов обеспечивают благоприятные условия для устойчивой генерации электроэнергии. Интеграция ФЭС в ирригационную инфраструктуру может стать одним из эффективных направлений развития агрофотоэнергетики и повышения энергетической устойчивости водохозяйственного комплекса страны.

В работе [6] были проведены эксперименты 15.09.2024 г. в дневное время суток более 2 часов при ясной погоде в ирригационном магистральном водном канале (МВК) Оксув Яккабаг в Кашкадарьинской области Республики Узбекистан. Предварительно изготовлены опорные конструкции, обеспечивающие ориентацию углов ФЭБ к горизонту и их высоту над поверхностью водного потока в канале. Проведены измерения значений температуры окружающей среды, температуры воздуха на разных высотах от поверхности воды МВК, плотность потока солнечного излучения, скорость ветра на поверхности земли и МВК, относительную влажность и т.д.

Результаты показывают, что усреднённые значения температуры воздушного потока на высоте (20 см, 40 см и 60 см) от поверхности воды соответственно ниже (1,54 раз, 1,4 раз, 1,28 раз), чем усреднённые значения температуры окружающей среды на земной поверхности. А усреднённые значения скорости ветра на высоте 60 см от поверхности воды ирригационного МВК превышают значения на земной поверхности в 2,3 раза [7].

Проведённые исследования параметров различных типов фотоэлектрических модулей (mc-Si, pc-Si и bifacial), установленных над магистральным водоканалом Оксув Яккабаг и на суше 25.06. 2025 г., показали, что условия размещения оказывают существенное влияние на их

электрофизические и тепловые характеристики. Установлено, что за счёт естественного охлаждения воздушными потоками температуры у ФЭМ (поликристаллический кремниевый ФЭМ (p-Si), односторонние ФЭМ монокристаллического кремния (mc-Si p-тип, half-cell), двухстороннего ФЭМ (Bifacial, монокристаллический, (half-cell), которые находятся над сушей соответственно больше (на 1,2 раза, на 1,24 раз, на 1,32 раз), чем у ФЭМ расположенных над ирригационным МВК. В частности, для монокристаллических и поликристаллических ФЭМ, размещённых над МВК, зафиксирован прирост выходной мощности в среднем на 5–6 % по сравнению с наземными установками. При этом двухсторонние модули (Bifacial, монокристаллический, (half-cell), установленные на суше, демонстрируют более высокие показатели генерации за счёт большего альбедо почвы по сравнению с водной поверхностью [8].

Несмотря на проделанные работы, до сих пор остаётся нерешенной задача по разработке устройства для эффективного охлаждения ФЭМ, установленного над каналом с водой, которое автоматически поддерживает оптимального малого зазора между панелями и поверхностью воды при любых изменениях уровня воды.

Целью настоящей работы является разработка и создание устройство для охлаждения ФЭМ с регулировкой высоты в зависимости от уровня воды в магистральном водяной канале (МВК), а также исследование рабочих характеристик на летном периоде в условиях Кашкадарьинской области (Узбекистан).

Устройство (рис.1) включает каркас с закреплёнными на нём фотоэлектрическими модулями, установленный над водным каналом, а также механизм автоматической регулировки зазора между панелями и водой. Каркас опирается на направляющие стойки и может перемещаться по высоте. Основным элементом механизма – поплавков, погружённый в воду и связанный с каркасом: при поднятии уровня воды поплавков поднимается и при помощи направляющей приподнимает каркас с панелями, а при снижении уровня – опускает его. Таким образом, расстояние между панелями и водой постоянно удерживается равным около 20 см. Регулировка происходит пассивно, за счёт силы плавучести, без использования электроники или внешнего привода, что обеспечивает автономность и надёжность системы.

Достигается это за счёт специального механизма с поплавком, регулирующим высоту модуля. Устройство включает каркас с закреплёнными на нём солнечными модулями, установленный над водным каналом, а также механизм автоматической регулировки зазора между панелями и водой. Каркас опирается на направляющие стойки и может перемещаться по высоте. Основным элементом механизма – поплавков, погружённый в воду и связанный с каркасом: при поднятии уровня воды поплавков поднимается и при помощи направляющей приподнимает каркас с панелями, а при снижении уровня – опускает его. Таким образом, расстояние между панелями и водой постоянно

удерживается равным ~20 см. Регулировка происходит пассивно, за счёт силы плавучести, без использования электроники или внешнего привода, что обеспечивает автономность и надёжность системы [9].

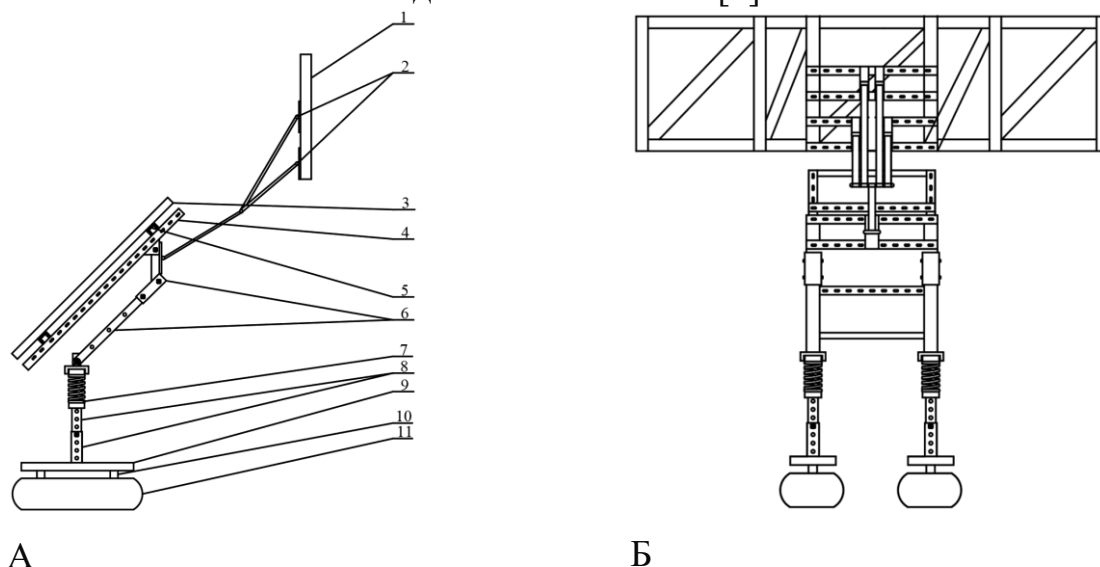


Рис.1. Схематичный вид устройства для охлаждения фотоэлектрических модулей над ирригационным МВК.

А – Вид с боковой стороны; Б - со стороны тыльной поверхности фотоэлектрического модуля.

На чертеже обозначены основные элементы устройства: 1 – металлическая мостовая конструкция, 2 – кронштейн с выдвижным механизмом вверх и вниз, 3 – ФЭМ, 4 – рама крепления панели, 5 – крепёжный шарнир рамы, 6 – вертикальная опорная стойка с направляющими пазами, 7 – пружинный демпфер, 8 – ползун направляющей, 9 – горизонтальная балка стабилизации, 10 – платформа основания, 11 – поплавок, обеспечивающий автоматическую регулировку положения панели в зависимости от уровня воды.

Измерялись следующие метеопараметры: скорость ветра (рис.1), температура окружающей среды (рис.2), относительная влажность (рис.3), плотность потока солнечного излучения над сушей и над поверхностью МВК, а также температура и скорость водяного потока, электрофизические и температурные показатели ФЭМ различных типов. Показания метеопараметров записывались в портативный компьютер через USB-порт от измерительных приборов. Обработка, вывод данных и хранение осуществлялись с помощью программных обеспечений Microsoft Excel и Origin 9.0.

В условиях жаркого климата Узбекистана, в летний период года происходит «перегрев» СЭ в составе фотоэлектрических модулей. Этот «перегрев» (несоответствие по температуре при котором измерены параметры ФЭМ согласно паспорту и условий работы ФЭМ) может составить до 45-50 °С.

Из-за этого снижается напряжение холостого хода (U_{oc}) ФЭМ, вследствие чего существенно уменьшается ток зарядки аккумуляторных батарей. В результате влияния температуры на нагрузочные вольт-амперные характеристики (ВАХ) СЭ, ФЭМ трансформируются в худшую сторону. В реальных условиях республики снижение эффективности в некоторых случаях составляет более 50 % от паспортного значения [1].

На рис.2-4 представлены ВАХ (I–V зависимость) ФЭМ различных типов, исследованной в трех различных режимах использования: при стандартных тестовых условиях (STC), при применении наземной поверхности и при размещении над водной поверхностью МВК. Полученные результаты позволяют детально оценить влияние температуры окружающей среды и естественного охлаждения на энергетические параметры ФЭМ. Представленные научные данные для нагрузочных характеристик (ВАХ) ФЭМ различных типов по времени в 14:30 часов с помощью Eurotest PV MI 3108 и в солнечном имитаторе (SCIENCETECH UHE-NL-150).

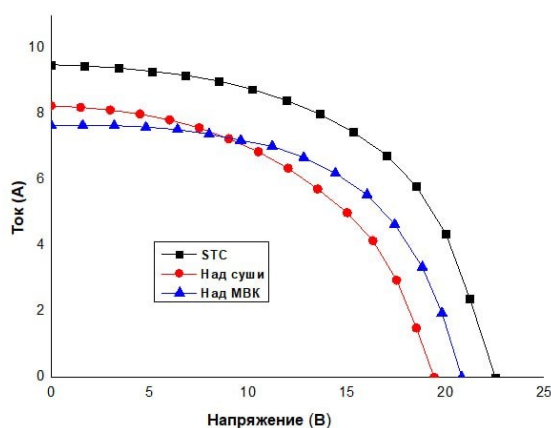


Рис.2. Нагрузочная ВАХ ФЭМ на основе СЭ из поликристаллического кремния мощностью 170 Вт

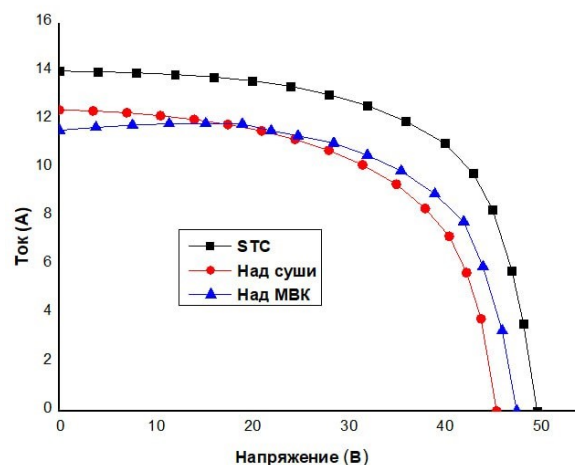


Рис.3. Нагрузочная ВАХ ФЭМ на основе СЭ (half-cell) из монокристаллического кремния

Как видно из рис. 2, при стандартных тестовых условиях (STC) наблюдаются максимальные значения тока короткого замыкания и напряжения холостого хода, что соответствует оптимальным лабораторным условиям функционирования фотоэлектрического модуля. В солнечном иммитаторе (SCIENCETECH UHE-NL-150) были измерены многочисленные электрофизические параметры в лабораторных условиях STC. Лабораторные тестовые условия STC осуществляются следующим образом: Плотность потока солнечного излучения - 1000 Вт/м², температура модуля – 25 °С, оптическая атмосферная масса AM-1,5, спектр света – ASTM G173-03, а остальные параметры не учитываются, скорость ветра, температура окружающей среды, высота над уровнем земли не учитывается.

При эксплуатации ФЭМ в наземных условиях наблюдается существенное снижение электрических параметров: в этом случае ток короткого замыкания уменьшается до 8,25 А, а напряжение холостого хода снижается до 19,4 В. По сравнению со стандартными условиями напряжение уменьшается приблизительно на 13,8 %, что указывает на значительное влияние температурного фактора. Основной причиной снижения параметров является перегрев ФЭМ под воздействием интенсивной солнечной инсоляции и высокой температуры окружающей среды. Повышение температуры полупроводникового перехода приводит к уменьшению напряжения р–п перехода, увеличению внутренних тепловых потерь и усилению рекомбинационных процессов.

Экспериментальные результаты, полученные при размещении ФЭМ над МВК, демонстрируют улучшение рабочих характеристик по сравнению с наземной установкой. Несмотря на то, что ток короткого замыкания ФЭМ в начальной точке составляет 7,66 А, что несколько ниже наземного расположения ФЭМ, напряжение холостого хода увеличивается до 20,8 В. Это свидетельствует о более благоприятном температурном режиме работы модулей. Водная поверхность обеспечивает естественное охлаждение модуля благодаря испарительным процессам и постоянному теплообмену с окружающим воздухом. Вследствие этого уменьшаются тепловые потери и стабилизируется работа полупроводниковой структуры СЭ. В 14:30 точка максимальной мощности (P_{MPP}) ФЭМ из поликристаллического СЭ, расположенных над ирригационной МВК, на 15,62% выше, чем в обычных наземных условиях.

Сравнительный анализ экспериментальных данных показывает, что размещение ФЭМ на основе поликристаллического кремния над МВК позволяет частично компенсировать негативное влияние высокой температуры окружающей среды. Несмотря на некоторое снижение тока короткого замыкания, улучшение напряжения холостого хода и более стабильное поведение характеристики в рабочей области свидетельствуют о повышении общей энергетической эффективности фотоэлектрической системы.

Из представленных зависимостей (рис.3) видно, что при стандартных тестовых условиях ФЭМ демонстрирует наилучшие эксплуатационные характеристики. Ток короткого замыкания достигает приблизительно 14,03 А, а напряжение холостого хода составляет около 49,62 В. При размещении ФЭМ на суше наблюдается ухудшение электрических характеристик по сравнению со стандартными условиями. Напряжение холостого хода уменьшается примерно до 45 В, а ток короткого замыкания составляет около 12,2 А. Снижение напряжения составляет приблизительно 8,5 %, что указывает на значительное влияние температурного режима на работу солнечного элемента. При установке ФЭМ над МВК наблюдается улучшение рабочих параметров по сравнению с ФЭМ наземным условиям. Согласно графику, напряжение холостого хода возрастает приблизительно до 47 В, а снижение тока

происходит более плавно. В 14:30 точка максимальной мощности (PMPP) ФЭМ из монокристаллического СЭ (mc-Si p-тип) расположенных над ирригационной МВК, на 7.39% выше, чем в обычных наземных условиях.

Следует отметить, что для одностороннего ФЭМ эффект повышения эффективности над МВК связан преимущественно именно с температурным фактором. В отличие от (bifacial) двухсторонней модулей, односторонние ФЭМ используют только фронтальную поверхность для преобразования солнечного излучения и практически не воспринимают отраженное излучение с тыльной стороны. Поэтому основным преимуществом установки над ирригационной МВК является стабилизация температурного режима эксплуатации.

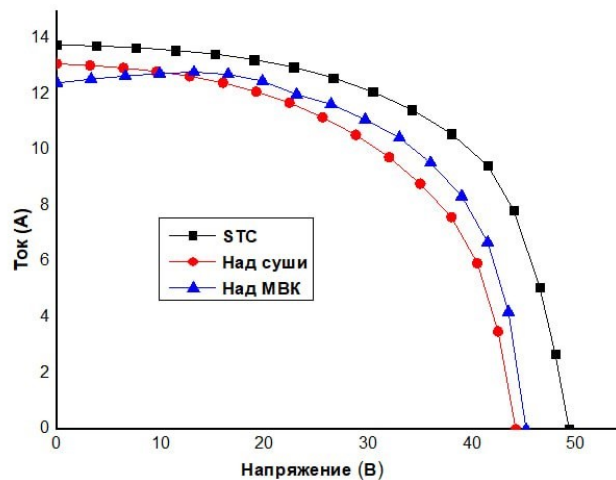


Рис.4. Нагрузочная вольт-амперная характеристика двухстороннего ФЭМ на основе СЭ из монокристаллического кремния (half-cell)

При эксплуатации (рис.4) двухсторонней (bifacial) ФЭМ в наземных условиях наблюдается снижение электрических параметров по сравнению со стандартными тестовыми условиями. Ток короткого замыкания уменьшается до 13,1 А, а напряжение холостого хода снижается до 44,2 В. Основной причиной ухудшения характеристик является перегрев ФЭМ вследствие интенсивного солнечного нагрева и ограниченного теплоотвода. Повышение температуры СЭ в ФЭМ приводит к уменьшению напряжения р–п перехода, увеличению внутренних тепловых потерь и усилению процессов тепловой аккумуляции в прозрачном покрытии.

Эксплуатация двухсторонней (bifacial) ФЭМ над МВК показывает более высокие рабочие характеристики по сравнению с применением наземной ФЭМ. Напряжение холостого хода возрастает до 45,2 В, а характер изменения тока в рабочем диапазоне напряжений становится более стабильным. В области от 0 до приблизительно 20 В ток сохраняется на уровне 12,4–12,8 А, что свидетельствует о снижении температурных потерь и улучшении режима работы солнечного элемента. В 14:30 точка максимальной мощности (PMPP) двухстороннего (bifacial) ФЭМ из монокристаллического СЭ (half-cell) расположенных над ирригационной МВК, на 10,53 % выше, чем в обычных наземных условиях.

Многочисленные экспериментальные результаты показывают, что размещение ФЭМ над поверхностью ирригационных МБК в условиях жаркого и засушливого климата Узбекистана является научно обоснованным и экономически перспективным решением. Разработанное устройство с поплавковым механизмом автоматической регулировки высоты обеспечивает стабильное испарительное охлаждение без какого-либо потребления электроэнергии, что принципиально отличает его от существующих аналогов.

Экспериментально подтверждённый прирост выходной мощности на 7–16% для всех трёх типов ФЭМ, достигнутый исключительно за счёт снижения рабочей температуры на 10–14°C, имеет прямой экономический эффект: при масштабировании на крупные ирригационные сети Узбекистана (Амударья, Зарафшан, Ферганская долина) это может означать десятки гигаватт-часов дополнительно выработанной электроэнергии ежегодно.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на изучение долгосрочной деградации модулей в условиях повышенной влажности, оптимизацию зазора между ФЭМ и водой для различных сезонов, а также на разработку методологии технико-экономической оценки применительно к конкретным ирригационным каналам Узбекистана с учётом тарифной политики и стоимости воды.

Литература

1. McKuin, B., Zumkehr, A., Ta, J., Bales, R., Viers, J. H., Pathak, T., & Campbell, J. E. (2021). Energy and water co-benefits from covering canals with solar panels. *Nature Sustainability*, 4(7), 609–617. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00693-8>
2. Elminshawy, N. A. S., Osama, A., Gagliano, A., Oterkus, E., & Tina, G. M. (2024). A technical and economic evaluation of floating photovoltaic systems in the context of the water-energy nexus. *Energy*, 303, 131722. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131722>
3. Tabish, A. N., Parveen, S., Khan, I. A., & Arif, M. (2023). Performance analysis of monofacial and bifacial over-canal solar photovoltaic (PV) system and assessment of water and land conservation potential. *Energy Sources, Part A*, 45(3), 6981–6993. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1772498>
4. Canbaz Ali, Karakoyun Yakup, Uzmus Hasan “An experimental performance analysis of canal-mounted photovoltaic systems regarding energy production and water conservation” *Solar Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2025.113572> (2025).
5. Д.Т. Палуанов, С.К. Гадаев, А.К. Мамбетов, Х.Ш. Илавиддинов. Использование современных ресурсосберегающих технологий в строительстве гидротехнических сооружений. Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в сельском хозяйстве и пищевой отрасли // Сборник IV Международной научно-технической конференции. – Ташкент. ТашГТУ, 2024. С. 427-428.
6. И.А. Юлдошев, О. Жураев, Б.М. Ботиров, Ю.М. Курбанов. Краткий

анализ современного состояния проекта фотоэлектрических станций, интегрированных с водяным бассейном// Международная научно-практическая конференция *«Инновационная энергетика: фундаментальные основы энергетики и инновационные инженерные решения»* 9-10 апреля, 2025 г. Ургенч, Узбекистан сборник тезисов докладов Ургенч 2025. – С. 105-108.

7.И.А.Юлдошев, О.Ш.Жураев, Б.М.Ботиров, Ю.М.Курбанов. Первоначальные исследования для проекта фотоэлектрической станции интегрированной с водяным магистральным каналом в регионе Кашкадарьи // *Сборник научных трудов в международный научно-технической конференции «инновационные решения: устойчивое развитие в сельском хозяйстве и пищевой промышленности»* 25-26 апреля, Ташкент – 2025. – С. 540-542.

8. И. А. Юлдошев, И. Р. Жураев, О.Ш. Жураев, Б. М. Ботиров Исследование параметров различных типов фотоэлектрических модулей, интегрированной с магистральными водоканалами//Проблемы энерго и ресурсосбережения 2025. №4. С. 168-178

9. О.Ш. Жураев, И.А. Юлдошев, Ф.Ш. Тураев, Б.М. Ботиров, С.К. Шогучкаров, С.С. Фазлиддинов Устройство для охлаждения фотоэлектрических панелей//№ IAP 8458. Изобретение на патент Республики Узбекистан. Зарегистрирована в государственном реестре РУз изобретений от 11.03.2026 г.

10.Тукфатуллин О.Ф. Разработка эффективных солнечных элементов и фототеплопреобразователей из кристаллического кремния n- и p-типа проводимости для условий жаркого климата: автореф. дис. ... д-ра философии (PhD) по техн. наукам. Ташкент, 2020. 52 с.

ДЕГРАДАЦИЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В МИКРОСЕТЯХ

Юлдошев Исроил Абриевич

Ташкентский государственный технический университет
Заведующий кафедры «Альтернативные источники энергии»,
д,т,н, профессор, E-mail: yuldashev.i2004@gmail.com

Атоева Мохинур Амрилловна

Ташкентский государственный технический университет
Базовый докторант кафедры «Альтернативные источники энергии»

Жабборов Шаймурод Акрам ўгли,

Ташкентский государственный технический университет
Базовый докторант кафедры «Альтернативные источники энергии»

Аннотация. В работе исследуются механизмы деградации литий-ионных аккумуляторов и их влияние на эффективность систем хранения энергии. Рассмотрены основные процессы старения, включая рост слоя SEI,

разрушение электродных материалов и литиевое осаждение. Проанализировано влияние эксплуатационных факторов, таких как температура, глубина разряда и режимы заряд-разряд, на срок службы аккумуляторов. Представлены подходы к моделированию и прогнозированию деградации, включая эмпирические и методы машинного обучения. Показано, что учет процессов старения позволяет повысить эффективность и надежность работы энергетических систем, особенно в микросетях с возобновляемыми источниками энергии.

Ключевые слова: Литий-ионные аккумуляторы; деградация аккумуляторов; системы хранения энергии; микросети; срок службы батарей; глубина разряда; модели деградации; управление энергией.

Введение

В последние годы наблюдается стремительный рост использования возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия [1]. Одной из ключевых технологий, обеспечивающих стабильность работы энергетических систем с высокой долей возобновляемых источников, являются системы хранения энергии на основе литий-ионных аккумуляторов [1].

Литий-ионные аккумуляторы широко применяются благодаря высокой энергетической плотности, высокой эффективности заряд-разрядных процессов и относительно длительному сроку службы [2].

Однако в процессе эксплуатации аккумуляторы подвергаются постепенной деградации, что приводит к снижению их ёмкости, увеличению внутреннего сопротивления и уменьшению мощности [3], [4]. Эти процессы могут существенно влиять на эффективность работы систем хранения энергии, особенно в условиях микросетей и интегрированных энергетических систем [5].

Исследования последних лет показывают, что деградация аккумуляторов зависит от множества факторов, включая температуру, режимы заряд-разряд, глубину разряда и частоту циклирования [3], [6]. Поэтому изучение механизмов деградации и разработка методов прогнозирования срока службы аккумуляторов являются важными задачами современной энергетики [7].

Целью данной работы является анализ основных механизмов деградации литий-ионных аккумуляторов и оценка их влияния на энергетические параметры систем хранения энергии в интегрированных энергетических системах.

Основные механизмы деградации литий-ионных аккумуляторов.

Деградация литий-ионных аккумуляторов представляет собой сложный физико-химический процесс, происходящий внутри аккумуляторных элементов в процессе эксплуатации. Основные механизмы деградации включают химические реакции на поверхности электродов, изменения структуры электродных материалов и потерю активных ионов лития.

Одним из наиболее значимых процессов является образование и рост защитного слоя SEI (Solid Electrolyte Interphase) на поверхности анода. Этот слой образуется в результате взаимодействия электролита с электродом и со временем становится более толстым, что приводит к увеличению внутреннего сопротивления и уменьшению доступного количества ионов лития.

Кроме того, деградация может быть вызвана разрушением структуры электродных материалов. В процессе многократных циклов заряд-разряд происходит механическое напряжение внутри материалов электродов, что может приводить к их микроскопическим повреждениям и потере активного материала.

Другим важным фактором является литиевое осаждение (lithium plating), которое может происходить при высоких скоростях зарядки или низких температурах. Этот процесс приводит к снижению ёмкости аккумулятора и повышению риска короткого замыкания.

Влияние эксплуатационных условий на скорость деградации.

Скорость деградации литий-ионных аккумуляторов во многом зависит от условий их эксплуатации. К наиболее важным факторам относятся температура, глубина разряда, ток зарядки и количество циклов заряд-разряд.

Повышенная температура ускоряет химические реакции внутри аккумулятора и способствует более быстрому разрушению электродных материалов. В то же время слишком низкие температуры могут приводить к неравномерному распределению лития и увеличению внутреннего сопротивления.

Глубина разряда также оказывает значительное влияние на срок службы аккумулятора. Глубокие циклы разряда обычно приводят к более быстрому износу аккумулятора по сравнению с частичными циклами.

Кроме того, высокая скорость зарядки может вызывать дополнительные термические нагрузки и ускорять процессы деградации.

Влияние деградации на энергетические параметры систем хранения энергии.

Деградация аккумуляторов непосредственно влияет на ключевые параметры систем хранения энергии. Одним из основных показателей является снижение ёмкости аккумулятора, которое приводит к уменьшению количества энергии, доступной для хранения и последующего использования.

Еще одним важным параметром является увеличение внутреннего сопротивления аккумулятора. Рост сопротивления приводит к увеличению тепловых потерь и снижению эффективности работы системы. В результате уменьшается максимальная мощность, которую аккумулятор может отдавать или принимать.

В системах хранения энергии, интегрированных с солнечными фотоэлектрическими установками, деградация аккумуляторов может существенно влиять на стабильность энергоснабжения. При уменьшении

ёмкости батареи снижается способность системы компенсировать колебания генерации солнечной энергии.

Поэтому при проектировании и эксплуатации таких систем необходимо учитывать процессы старения аккумуляторов и применять методы оптимального управления энергией.

Методы моделирования и прогнозирования деградации аккумуляторов.

Современные исследования предлагают различные методы прогнозирования деградации аккумуляторов. К ним относятся физико-химические модели, статистические модели и методы на основе машинного обучения.

Физико-химические модели позволяют описывать процессы, происходящие внутри аккумулятора на уровне электродных реакций и диффузии ионов. Однако такие модели часто являются достаточно сложными и требуют значительных вычислительных ресурсов.

Статистические и data-driven модели основаны на анализе экспериментальных данных и позволяют прогнозировать деградацию аккумуляторов на основе наблюдаемых параметров эксплуатации.

В последние годы всё большее распространение получают методы машинного обучения, включая нейронные сети, которые позволяют более точно прогнозировать срок службы аккумуляторов.

Использование моделей деградации также применяется в системах управления энергией микросетей. Такие системы позволяют оптимизировать режимы заряд-разряд аккумуляторов с учетом стоимости их деградации, что способствует увеличению срока службы батарей и повышению общей эффективности энергетической системы.

Для количественной оценки деградации аккумуляторов применяются эмпирические модели, полученные на основе экспериментальных данных. Число циклов до отказа CF как функция глубины разряда DoD определяется по следующим формулам [8],[9]:

$$CF_{Li-ion} = e^{(7,27 - \ln(DoD)^{0,685})}, \quad CF_{Pb-acid} = e^{(3,826 - \ln(DoD)^{0,767})} \quad (1)$$

Совокупный ущерб от циклической деградации оценивается по правилу Майнера:

$$D_{cycle} = \sum_{i=1}^M N_i / CF_i \quad (2)$$

где M — число уровней глубины разряда; N_i — число циклов на i -м уровне разряда; CF_i — предельное число циклов при данной глубине разряда.

Календарное старение аккумулятора оценивается отдельно:

$$D_{age} = T_{use} / T_{life} \quad (3)$$

где T_{use} — фактический срок эксплуатации (лет); T_{life} — паспортный срок службы аккумулятора (лет).

Суммарный ущерб от деградации определяется как сумма циклического и календарного износа:

$$D_{total} \cong D_{age} + D_{cycle} \quad (4)$$

На основании суммарного ущерба D_{total} оцениваются текущие энергетические характеристики аккумулятора. Доступная ёмкость и внутреннее сопротивление на любом этапе эксплуатации выражаются формулами:

$$C = 100 - 20 \times D_{total} [\%]; R = 100 + 20 \times D_{total} [\%] \quad (5)$$

где C — остаточная ёмкость в % от номинала; R — внутреннее сопротивление в % от начального значения. Ресурс батареи считается исчерпанным при $D_{total} = 1$, что соответствует снижению ёмкости до 80% от первоначальной.

Закключение. Проведенный анализ показывает, что деградация литий-ионных аккумуляторов является одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность и надежность систем хранения энергии.

Основные механизмы деградации включают рост слоя SEI, разрушение электродных материалов и потерю активных ионов лития.

Эксплуатационные условия, такие как температура, режимы заряд-разряд и глубина разряда, существенно влияют на скорость деградации аккумуляторов.

Современные методы моделирования и прогнозирования деградации, включая методы машинного обучения, открывают новые возможности для повышения эффективности систем хранения энергии.

Особенно важным является применение таких методов в микросетях и энергетических системах с высокой долей возобновляемых источников энергии.

Дальнейшие исследования в данной области будут направлены на разработку более точных моделей деградации и оптимизацию систем управления энергией с учетом процессов старения аккумуляторов.

Список использованной литературы

1. Datta U., Kalam A., Shi J. A review of key functionalities of battery energy storage systems in renewable energy integrated power systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021
2. Lithium-ion battery degradation: what you need to know. Scientific Review Article, Energy Storage Research.
3. Fischer M., Weller C., Schneider J. How degradation of lithium-ion batteries impacts capacity fade and resistance increase. Journal of Energy Storage, 2025.
4. Capacity loss in batteries. Wikipedia: The Free Encyclopedia. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Capacity_loss
5. Lee M., Kim J., Park S. An Analysis of Battery Degradation in the Integrated Energy Storage System with Solar Photovoltaic Generation. Renewable Energy Systems Journal, 2020.
6. Menye J. S., Kumar P., Singh R. Lithium battery degradation and failure mechanisms. Electrochemical Energy Reviews, 2025.

7. Safavi V., Abedi M., Gharehpetian G. B. Battery degradation-aware energy management systems for microgrids. IEEE Transactions on Smart Grid, 2025.
8. Zhang Y., Li X. Stochastic Operation of Energy Constrained Microgrids Considering Battery Degradation. arXiv preprint.
9. Nikolas Jenkins, Janaka Ekanayake Renewable Energy Engineering//Cambridge University Press. University Printing House. Cambridge CB2 8BS United Kingdom. Second edition. 2024. P. 509

SOLAR CONCENTRATOR PERFORMANCE ANALYSIS

Yusupov E.K., Sharipov N.Sh.

Namangan State Technical University

e-mail: yusupov.elmurod@gmail.com

Annotation. In concentrator solar installations, the heat-receiving focal “solar chamber” has a very small “heat” compared to the heat-receiving heat-receiving technology. If the solar chamber is well insulated, leaving only a small focal point, where the reflected rays fall, heat loss is reduced and high temperatures can be achieved with 60-70% F.I.K. If the reflector has a circular paraboloid plane, it is not considered a primary geothermal form designed solely for concentrating solar energy.

Keywords: *Solar, geothermal, concentrators, paraboloid, energy.*

According to the principles of geothermal optics, when sunlight strikes reflective surfaces shaped as rotational paraboloids (such as mirrors or smooth surfaces), the parallel rays of sunlight converge at a single point along the axis known as the focal system. The distance from the vertex of the parabola to the focus is called the focal length. A rotational paraboloid is formed by rotating a parabola around its axis passing through the vertex. [1]

Because all incident solar energy is concentrated at a single point on the reflector, extremely high temperatures and intense thermal stress are generated. However, in practice, it is difficult to create an ideal optical system. The Sun is approximately 150 million kilometres away from Earth and is not perceived as a point source but rather as a disk with a measurable diameter. It is known that the angular diameter of the Sun is about 32 arcminutes ($j = 32'$). As a result, the rays emitted by the Sun are not perfectly parallel, and at the focus, a small bright spot — referred to as a “solar spot” or “focal blur” — with a diameter d is formed instead of a perfect point.

$$\frac{d}{D} = \frac{\sin \varphi}{\sin \alpha}$$

The ratio can be expressed as follows: $d/D = \sin j / \sin \alpha$, where D is the diameter of the reflector, d is the focal diameter, and j is the angle of rotation. When the angle j is small, the value of $\sin \alpha$ becomes significantly larger. The optimal value of α is approximately 900. [4]

Energy average geometric concentration refers to the ratio of the average thermal stress at the focal point to the average flat-plane stress at the reflector's surface. This concentration measure is used to assess the efficiency of thermal energy systems.

$$n = \left(\frac{D}{d} \right)^2 \cdot R$$

In this case, RRR represents the reflection coefficient of the material from which the mirror is made. For glass mirrors, $R=0.8$ is accepted, and the maximum value of n is determined to be 8000. In the focal zone, the distribution of energy follows a bell-shaped curve, with thermal stress decreasing to zero at the outer edges, while at the centre, the thermal stress is significantly higher than the overall average, reaching up to 30 million kcal/m²s for specially prepared mirrors. Therefore, it can be assumed that the temperature in the focal zone for a well-prepared mirror ranges from 3000 to 4000°C. [3]

From the above discussion, an important conclusion can be drawn: in concentrator solar devices, the heat receiver at the focus, the "helioboiler," is constructed using technologies that are significantly more compact compared to conventional heat receivers. If such a helioboiler is well insulated, leaving only a small focal thermal window for the reflected rays to converge, the heat loss can be significantly reduced, and it is possible to achieve high temperatures with 60–70% thermal efficiency (F.I.K). However, if the reflector has a rotational paraboloid surface, it is intended solely for concentrating solar energy and is not considered the primary structure for geothermal systems. [2]

Mirror reflectors can be manufactured in special spherical shapes, ensuring the concentrators perform effectively within a defined limit. In practice, in addition to the paraboloid reflectors, cylindrical paraboloid reflectors are also widely used (Figure 1). Their shape resembles a parabolic trough or a concave dish.

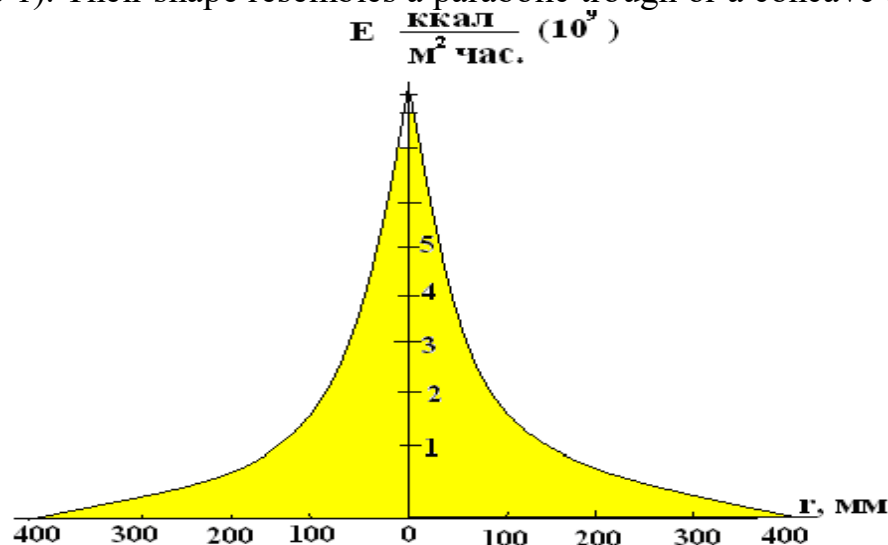


Figure 1.

Energy distribution at the focal point of a parabolic concentrator (r = distance from the focal point to the center). The theory described above also applies to paraboloid-cylindrical reflectors. However, in this case, the focal point does not appear as a circular spot, but instead takes the form of a line (a strip). The width of this line can be determined as follows:

$$\frac{\delta}{B} = \frac{\sin \varphi}{\sin \alpha}$$

Here, B represents the width of the reflector. The average geometric concentration in this case is significantly smaller in comparison to the parabolic and atrajatel systems.

$$n = \frac{B}{\delta} \cdot R$$

In an ideal case, ($\varphi = \varphi_0$) $\alpha = 90^\circ$ and $R = 0,8$) $n = 80$.

According to the theory of solar radiation concentration, concentrator solar systems require specialized mechanisms for tracking the movement of the Sun. These systems use optical devices such as mirrors or lenses to focus sunlight, thereby increasing its energy density. [5]

Parabolic or parabolic-cylindrical "mirrors" or "strips" are made from thin metal sheets or aluminum (other materials may also be used), ensuring high reflective properties. The lenses can be made from glass or plastic. However, practical experience shows that using lenses in heliotechnical systems is not cost-effective due to their price, especially when made in large sizes. Therefore, heliotechnical concentrators typically consist of mirrors from different manufacturers. Focusing collectors are used in solar energy applications that require high temperatures, such as in furnaces, kitchens, and other similar devices. However, they are not used in building heating systems. Some types of concentrators, as shown in Figure 2, are used in collectors. [1]

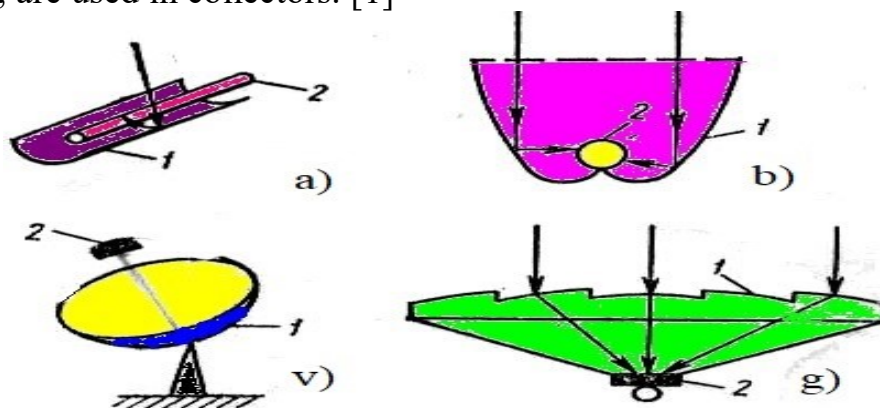


Figure 2. Collectors

The comparative characteristics of various collectors are presented in **Table 1**.

Table 1

№	Type of Solar Collector	Operating Temperature, °C	Concentration Ratio, F.I.K., %	Solar Tracking Mechanism
1.	Flat Solar Energy Concentrator	30-100	30-50	No need
2.	Solar Radiator	40-100	15-25	No need
3.	Geliostat Field Central Receiver	1000	60-75	Rotates around two axes
4.	Parabolic Cylindrical Concentrator	500	50-70	Rotates around one axis
5.	Vacuum Glass Tube-Shaped Collector	90-300	40-60	No need

LITERATURE

1. Karimov S.A. – *Quyosh elektr stansiyalari: loyihalash, o‘rnatish va ekspluatatsiya qilish*. – Toshkent: Fan, 2020.
2. Fraunhofer ISE – *Photovoltaics Report*. – Germany: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, 2023. <https://www.ise.fraunhofer.de>
3. IEC 61215:2021 – *Terrestrial Photovoltaic Modules – Design Qualification and Type Approval*. – International Electrotechnical Commission.
4. International Energy Agency (IEA) – *Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2028*. <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>
5. Zhang, L., & Yu, B. (2021). *AI-based Fault Detection for PV Systems*. – Renewable Energy Journal, Elsevier. – Vol. 182, pp. 1103–1112. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.002>

TEPLOVIZORNING SANOAT HAMDA ENERGETIKA SOHALARIDA QO‘LLANILISHI

G‘aniyev Sarvar Yo‘ldosh o‘g‘li

Qarshi davlat texnika universiteti o‘qituvchisi

<https://orcid.org/0009-0006-2121-0957>

Miyliyev Adham Oybek o‘g‘li

Qarshi davlat texnika universiteti talabasi

miyliyevadham587@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada infraqizil termografiya asosida ishlovchi teplovizor texnologiyasining nazariy va amaliy jihatlari keng yoritilgan. Infraqizil nurlanish fizikasi, o‘lchash metodologiyasi, sanoat va energetika sohalarida

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

qo‘llanilish samaradorligi ilmiy asosda tahlil qilinadi. Termal tasvirlash yordamida texnik nosozliklarni erta aniqlash, energiya yo‘qotishlarni kamaytirish, ishlab chiqarish xavfsizligini oshirish hamda texnik xizmat ko‘rsatishni optimallashtirish imkoniyatlari ko‘rsatib berilgan. Tadqiqot natijalari teplovizor texnologiyasining zamonaviy muhandislik tizimlarida muhim diagnostika vositasi sifatida foydalaniladi.

Kalit so‘zlar: teplovizor, infraqizil nurlanish, termografiya, issiqlik diagnostikasi, energetika, sanoat monitoringi, energiya samaradorligi.

Kirish

Zamonaviy sanoat va energetika tizimlarining jadal rivojlanishi texnik uskunalar ishonchliligini ta‘minlash masalasini dolzarb qilib qo‘ymoqda. Amaliy tajriba shuni ko‘rsatadiki, sanoatdagi ko‘plab nosozliklar uskunalarining ortiqcha qizishi bilan boshlanadi. Issiqlik rejimining buzilishi vaqtida aniqlanmasa, yirik avariya, ishlab chiqarishning to‘xtashi hamda iqtisodiy zarar yuzaga kelishi mumkin. Statistik ma‘lumotlarga ko‘ra, sanoat uskunalaridagi nosozliklarning katta qismi issiqlik rejimining buzilishi bilan bog‘liq. An‘anaviy diagnostika usullari bunday muammolarni o‘z vaqtida aniqlashda har doim ham samarali emas. Shu sababli kontaktsiz diagnostika texnologiyalariga ehtiyoj ortmoqda. Termografiya texnologiyasi infraqizil diapazondagi nurlanishni qayd etish orqali jismlarning harorat taqsimotini masofadan aniqlash imkonini beradi. Teplovizor qurilmalari yordamida obyektlarning issiqlik holatini tegmasdan turib aniqlash mumkin. Bu esa yuqori kuchlanishli elektr jihozlari, xavfli ishlab chiqarish hududlari va yetib borish qiyin bo‘lgan obyektlarda diagnostika o‘tkazish imkonini yaratadi. Bugungi kunda teplovizorlar energetika, mashinasozlik, qurilish, transport va qutqaruv xizmatlarida keng qo‘llanilmoqda.

Teplovizor nazariy asoslari. Har qanday jism absolyut nol haroratdan yuqori bo‘lsa, elektromagnit nurlanish chiqaradi. Infraqizil nurlanish intensivligi jism haroratiga bog‘liq bo‘lib, Stefan–Boltsman qonuni bilan ifodalanadi. Ushbu qonunga ko‘ra, jism chiqaradigan nurlanish quvvati haroratning to‘rtinchi darajasiga proporsional. Teplovizor texnologiyasining ishlash prinsipi aynan shu fizik qonuniyatlarga asoslanadi.

Infraqizil nurlanishni qayd etishda aniqlik muhim rol o‘ynaydi. Aniqlik jismning issiqlik nurlanish chiqarish qobiliyatini ifodalaydi. Masalan, beton va yog‘och materiallar yuqori aniqlikka ega bo‘lsa, metall yuzalarda aniqlik past bo‘ladi. Shu sababli issiqlikni o‘lchash jarayonida aniqlik koeffitsientini to‘g‘ri tanlash muhim hisoblanadi.

Teplovizor ishlash prinsipi. Teplovizor infraqizil nurlanishni qabul qiluvchi optik tizim, detektor, signalni qayta ishlovchi protsessor va tasvirni aks ettiruvchi displeydan iborat murakkab elektron qurilma hisoblanadi. Qurilma infraqizil nurlanishni qabul qiladi, uni elektr signalga aylantiradi va rangli termogramma ko‘rinishida aks ettiradi. Har bir rang ma‘lum harorat diapazoniga mos keladi. Bu esa issiqlikni tezkor aniqlash imkonini beradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



1-rasm. Professional ko‘chma teplovizor qurilmasi.

Ushbu rasmda termogrammaning umumiy ko‘rinishi va harorat shkalasi aniq ko‘ringani sababli, qurilmaning ishlashini tushuntirishda foydalanish tavsiya etiladi. Tasvirda optik tizim orqali qabul qilingan infraqizil nurlanishning elektr signaliga aylantirilishi va real vaqt rejimida rangli termogrammada aks etishi (inson tana harorati misolida) ko‘rsatilgan.

Tadqiqot metodologiyasi

Mazkur tadqiqot ilmiy adabiyotlar tahlili, taqqoslash usuli hamda texnik tizimlar diagnostikasi bo‘yicha mavjud natijalarni umumlashtirish asosida olib borildi. Teplovizor texnologiyasining samaradorligi aniqlik, xavfsizlik, iqtisodiy samaradorlik va qo‘llash qulayligi mezonlari bo‘yicha baholandi.

Sanoatda qo‘llanilishi. Teplovizor texnologiyasi sanoat korxonalarida texnik diagnostikaning muhim vositasi sifatida keng qo‘llanilmoqda. Elektr jihozlarida kontakt qarshiligining ortishi, kabel qizishi va transformator nosozliklari ko‘pincha issiqlik anomaliyasi orqali namoyon bo‘ladi. Termografiya yordamida bu nuqsonlarni erta aniqlash mumkin. Mexanik tizimlarda podshipniklar, reduktorlar va dvigatellarning qizishi ishqalanish ortishi yoki moylash tizimi buzilishidan dalolat beradi.



2-rasm. Sanoat binosi ichki qismlarining termogrammasi.

Emissivlik koeffitsienti $\varepsilon = 0,94$ qilib belgilangan bo‘lib, bu qurilish materiallari uchun standart qiymat hisoblanadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Bu rasmda bino ichidagi konstruksiyalarning issiqlik taqsimoti va tashqi muhit bilan bog‘liqligi ko‘rishimiz mumkin.

Energetika sohasida qo‘llanilishi. Energetika tizimlarida issiqlik yo‘qotishlar katta ulushni tashkil etadi. Elektr uzatish liniyalari va transformatorlarda yuzaga keladigan ortiqcha qizish avariyalarga sabab bo‘lishi mumkin. Teplovizor yordamida issiqlik xavflarini masofadan monitoring qilish energetik tizimlar xavfsizligini oshiradi va energiya yo‘qotishlarni kamaytiradi. Qurilish sohasida qo‘llanilishi. Qurilish muhandisligida termografiya binolarning issiqlik izolyatsiyasi sifatini baholashda qo‘llaniladi. Issiqlik ko‘priklari va namlik zonalarini aniqlash orqali energiya samaradorligini oshirish mumkin. Tadqiqotlar termografiya asosida o‘tkazilgan issiqlik auditlari energiya sarfini sezilarli kamaytirishini ko‘rsatadi.



3-rasm. Energetika tizimlarida termografik nazorat jarayoni

Mutaxassis tomonidan yuqori kuchlanishli elektr qurilmalarining issiqlik holatini masofadan turib tahlil qilinishi. Bu usul kontakt qarshiligining ortishi va kabel qizishi kabi nosozliklarni avariyaaviy holat yuzaga kelmasidan oldin aniqlash imkonini beradi

Ushbu tasvirda kuchlanishli podstantsiyalarda teplovizor yordamida olib boriladigan real monitoring jarayoni aks etgan.

Texnologiyaning afzalliklari va cheklovlari. Teplovizorning asosiy afzalligi kontaktsiz o‘lchash imkoniyatidir. U real vaqt rejimida ishlaydi, xavfsiz va tezkor diagnostika imkonini beradi. Biroq o‘lchov aniqligi tashqi muhit omillariga bog‘liq. Shamol va namlik koeffitsienti natijalarga ta’sir ko‘rsatishi mumkin Zamonaviy yo‘nalishlar teplovizorlarni sun’iy intellekt texnologiyalari bilan integratsiya qilishga qaratilgan. Bu avtomatik monitoring va nosozliklarni oldindan aniqlash tizimlarini yaratish imkonini beradi

Muhokama va natijalar

O‘tkazilgan tahlillar teplovizor texnologiyasi texnik nosozliklarni erta aniqlash, energiya samaradorligini oshirish va ishlab chiqarish xavfsizligini ta’minlashda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatdi. Termografiya asosida texnik xizmat xarajatlari kamayadi va uskunalar ishlash muddati uzayadi.

O‘tkazilgan ilmiy tahlillar asosida quyidagi natijalar shakllantirildi:

Birinchidan, teplovizor texnologiyasi texnik tizimlarning issiqlik holatini kontaktsiz va real vaqt rejimida baholash imkonini beruvchi samarali diagnostika

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

vositasi ekanligi aniqlandi. Bu uning an'anaviy o'lchash usullariga nisbatan ustunligini ko'rsatadi.

Ikkinchidan, energetika sohasida termografik nazoratni qo'llash elektr tarmoqlarida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan nosozliklarni erta bosqichda aniqlash va avariya holatlarning oldini olish imkonini beradi.

Uchinchidan, qurilish muhandisligida issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirishda teplovizor muhim amaliy vosita sifatida xizmat qiladi. To'rtinchidan, sanoat ishlab chiqarishida teplovizor asosida amalga oshiriladigan bashoratli texnik xizmat ko'rsatish tizimi uskunalarning ishlash muddatini uzaytirish va foydalanish xarajatlarni kamaytirishga yordam beradi. Umuman olganda, teplovizor texnologiyasi zamonaviy muhandislik tizimlarida muhim diagnostik vosita sifatida shakllangan bo'lib, uning kelgusidagi rivoji sun'iy intellekt va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari bilan uyg'unlashtirish orqali yanada kengayishi kutilmoqda.

Xulosa

O'tkazilgan nazariy tahlil va ilmiy adabiyotlar asosida shuni xulosa qilish mumkinki, teplovizor texnologiyasi zamonaviy muhandislik va texnik diagnostika tizimlarida muhim o'rin egallaydi. Infraqizil nurlanishni qayd etish va uni harorat maydoni ko'rinishida tasvirlash imkoniyati ushbu texnologiyani an'anaviy o'lchash usullaridan sezilarli darajada ustun qiladi. Teplovizor yordamida obyektlarning kontakt qilinmasdan turib issiqlik holatini aniqlash mumkinligi uning asosiy afzalliklaridan biridir. Bu xususiyat ayniqsa energetika, sanoat va qurilish sohalarida xavfsizlikni oshirish, nosozliklarni erta aniqlash hamda texnik xizmat ko'rsatishni optimallashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, teplovizorlar asosida amalga oshiriladigan diagnostika jarayonlari uskunalarning ishlash samaradorligini oshiradi va rejalashtirilmagan to'xtashlarni kamaytiradi. Bu esa ishlab chiqarish jarayonlarining iqtisodiy samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Biroq, termal tasvirlash aniqligi tashqi muhit omillari va material yuzalarining fizik xususiyatlariga bog'liq ekanligi ham aniqlandi. Umumiy xulosa sifatida aytish mumkinki, teplovizor texnologiyasi zamonaviy sanoatning ajralmas diagnostika vositasiga aylangan bo'lib, uning kelgusidagi rivoji sun'iy intellekt va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari bilan integratsiyalashuvi orqali yanada kengayadi. Teplovizor texnologiyasi zamonaviy sanoat va energetika tizimlarida muhim diagnostika vositasiga aylangan. Ushbu texnologiyani keng joriy etish ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, energiya tejash va texnik xavfsizlikni ta'minlashga xizmat qiladi. Kelajakda sun'iy intellekt va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari bilan integratsiya ushbu texnologiyaning yanada rivojlanishiga olib keladi.

Takliflar

- 1) Energetika va sanoat korxonalarida teplovizor asosida muntazam texnik diagnostika tizimini joriy etish;
- 2) Texnik xodimlarni termografik o'lchash usullari bo'yicha maxsus o'quv kurslarida tayyorlash;

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- 3) O‘lchash aniqligini oshirish uchun zamonaviy kalibrovka va standartlashtirilgan metodikalardan foydalanishni kengaytirish;
- 4) Teplovizorlarni sun‘iy intellekt va avtomatik monitoring tizimlari bilan integratsiya qilish orqali nosozliklarni avtomatik aniqlash tizimlarini rivojlantirish;
- 5) Qurilish sohasida energiya tejamkorligini oshirish maqsadida binolarning issiqlik auditini majburiy amaliyotga aylantirish.

Foydalanilgan adabiyotlar

- 1) Karimov I. A. O‘zbekistonni modernizatsiya qilish va sanoatni rivojlantirish masalalari. Toshkent, 2010.
- 2) G‘ulomov S. S. Sanoat texnologiyalari va ishlab chiqarish jarayonlari. Toshkent: O‘zbekiston, 2018.
- 3) Qodirov A. Q. Issiqlik texnikasi asoslari. Toshkent: Fan va texnologiya, 2015.
- 4) Tursunov B. T. Energetika tizimlarida texnik diagnostika asoslari. Toshkent, 2019.
- 5) O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi. Mashinasozlik va texnologik jihozlar bo‘yicha o‘quv qo‘llanmalar. Toshkent, 2020.
- 6) Maldague X. P. *Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing*. John Wiley & Sons, 2001. (Infraqizil nurlanish va kontaktsiz nazorat bo‘yicha dunyodagi eng asosiy qo‘llanmalardan biri).
- 7) Vollmer M., Möllmann K. P. *Infrared Imaging: A Guide for Instructors, Students and Professionals*. Wiley-VCH, 2017. (Teplovizorlarning ishlash fizikasi va termogrammalarni tahlil qilish bo‘yicha zamonaviy manba).
- 8) Bagavathiappan S., et al. *Infrared thermography for condition monitoring – A review*. Infrared Physics & Technology, Vol. 60, 2013, pp. 35-55. (Sanoat uskunalari termografik monitoring qilish bo‘yicha keng qamrovli ilmiy sharh).
- 9) ISO 18434-1:2008. *Condition monitoring and diagnostics of machines — Thermography — Part 1: General procedures*. (Xalqaro standartlashtirish tashkilotining termografik diagnostika bo‘yicha rasmiy standarti).

ENERGETIK TEKSHIRISHLARNING TURLARI

Shaimanov Makham Raimovich

Senior Lecturer of the Department of Energy at Termez State University of Engineering and Agrotechnologies
maxamshaymanov15@gmail.com

Annostatsiya. Ushbu maqolada energetik tekshirishlarning turlari, ularni o‘tkazish tartibi va ahamiyati keng yoritilgan. Muallif yoqilg‘i-energiya resurslaridan samarali foydalanishni ta‘minlashda energoauditning o‘rnini tahlil qiladi hamda mamlakatimizda energiya tejamkorlik siyosatining ustuvor yo‘nalishlarini ochib beradi. Maqolada energetik tekshirishlarning birlamchi, davriy, navbatdan tashqari va ekspress turlari, ularning o‘tkazilish mezonlari va natijalarini rasmiylashtirish jarayonlari batafsil ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, tekshiruvlar

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

natijasida korxonalarda energiya samaradorligini oshirish, xarajatlarni kamaytirish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash imkoniyatlari asoslab berilgan.

Kalit so'zlar. Energetik tekshiruv, energoaudit, yoqilg'i-energiya resurslari (YoER), energiya samaradorligi, majburiy tekshiruv, ekspress-tekshirish, davlat nazorati.

Kirish

Bugungi kunda mamlakatimizda iqtisodiyot tarmoqlarining energiya sig'imini kamaytirish va yoqilg'i-energiya resurslaridan oqilona foydalanish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Respublikada iste'molchilarni energetik tekshiruv va ekspertizadan o'tkazish tizimi energiya tejamkorligini ta'minlashning huquqiy va tashkiliy asosi bo'lib xizmat qiladi. Ushbu jarayon nafaqat energiya sarfini baholash, balki korxonalarining raqobatbardoshligini oshirish va ekologik xavfsizlikni ta'minlashga qaratilgan. Mazkur maqolada energetik tekshirishlarning amaldagi turlari, ularning o'tkazilish mezonlari va yakuniy natijalarni rasmiylashtirish tartibi tahlil qilinadi.

Respublikada yoqilg'i-energiya resurslarining iste'molchilarini energetik tekshiruvlar va ekspertizadan o'tkazish bo'yicha ishlarni tashkil qilish va umumiy rahbarlik qilish davlat nazorati organlari tomonidan amalga oshiriladi. Yoqilg'i-energiya resurslarining iste'molchilarini energetik tekshiruv va ekspertizadan o'tkazish faqatgina energoauditorlar tomonidan amalga oshiriladi.

Tekshirishlar va ekspertizalarni o'tkazishdan oldin energoauditorlar tomonidan energetik tekshiruvlar va ekspertizalarni o'tkazish dasturlari tuziladi, ular yoqilg'i-energiya resurslarining iste'molchisi bilan kelishiladi va davlat nazorati organlari tomonidan tasdiqlanadi. Energetik tekshiruvlar va ekspertizalarni o'tkazish dasturlari iqtisodiyotning tarmoqlarida yoqilg'i-energiya resurslaridan foydalanish samaradorligini baholashning amaldagi yoki yangi ilg'or uslublari asosida ishlab chiqilishi lozim.

Tekshiruvlar va ekspertizalarning mazmuni quyidagilarga mos kelishi lozim:

- Respublikada qabul qilingan me'yorlar va Xalqaro me'yorlar;
- iqtisodiy vaziyatni baholash;
- energetik va ekologik xavfsizlikni ta'minlash;
- mahsulotlar, ishlar va xizmatlarning raqobatbardoshligiga ta'sirni baholash;
- energetik tekshiruvlar va ekspertizalarni o'tkazish dasturlari.

Majburiy energetik tekshiruvlarga ularda yoqilg'i-energiya resurslarining yig'indi iste'moli yoki har bir tur bo'yicha iste'moli yiliga olti ming tonna shartli yoqilg'idan oshiq bo'lgan yoki 1 ming tonna motor yoqilg'isidan oshiq bo'lgan iste'molchilar tortiladi.

Ularda yoqilg'i-energiya resurslarining yig'indi iste'moli yoki har bir tur bo'yicha iste'moli yiliga olti ming tonna shartli yoqilg'idan kam bo'lgan yoki 1 ming tonna motor yoqilg'isidan kam bo'lgan iste'molchilarni energetik tekshirish yoqilg'i-energiya resurslari iste'molchisining murojaatiga ko'ra yoki iste'molchi tomonidan yoqilg'i-energiya resurslaridan noratsional foydalanilgan taqdirda

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

(muvofiglashtiruvchi tekshirishlarni o‘tkazish paytida aniqlangan) davlat nazorati organlarining qaroriga ko‘ra o‘tkaziladi.

Energetik tekshirishlar birlamchi, davriy (takroriy), navbatdan tashqari va ekspress-tekshirishlarga (mahalliy) bo‘linadi.

Birlamchi tekshirishda yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanishning samaradorligi baholanadi (yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanadigan asbob-uskunalarining ishlashining samaradorligi, yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanishning hisobini yuritishning holati, ulardan foydalanish bo‘yicha hisobotlar, yoqilg‘i va energiya ta‘minoti xarajatlarining tahlili tekshiriladi).

Yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanishning samaradorligini baholash tekshirishdan oldingi davr uchun o‘tkaziladi.

Tekshirish natijalari yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molchisining o‘rnatilgan namunadagi energetik pasportiga kiritiladi (mazkur Qoidalarga 2-ilova).

Yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molini tekshirish natijalari bo‘yicha yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanishdagi kamchiliklarni bartaraf qilish bo‘yicha tavsiyalar va texnik imkoniyatlarga qarab ikkilamchi energetik resurslardan foydalanish mumkin bo‘lishini hisobga olish bilan yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanishning samaradorligini oshirish bo‘yicha tashkiliy-texnik tadbirlarning ro‘yxati beriladi.

Davriy (takroriy) tekshirishda ilgari berilgan tavsiyalarning bajarilishi tekshiriladi, yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘moli va ularning mahsulot ishlab chiqarishga ketadigan solishtirma sarflarining dinamikasi (energiya sig‘imi, ishlab chiqarishning umumiy xarajatlarida energoresurslarning ulushi) baholanadi.

Tekshirish natijalari bo‘yicha yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molchisining energetik pasportiga o‘zgartirishlar kiritiladi, shuningdek ushbu Qoidalarining 12-punktida ko‘rsatilganlarga o‘xshash tavsiyalar beriladi. Yoqilg‘i-energiya resurslarining iste‘molchilarini davriy (takroriy) tekshirish eng kamida 5 yilda bir marta o‘tkaziladi.

Navbatdan tashqari (rejadan tashqari) tekshirishlar quyidagi hollarda o‘tkaziladi:

- bir qator bilvosita alomatlar bo‘yicha (umumiy va solishtirma energoresurslar iste‘molining ortishi, mahsulot tannarxining va undagi yoqilg‘i tarkib toptiruvchisining ortishi, atmosferaga zararli ajratmalar chiqishining ortishi va boshqalar) ularda yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanish samaradorligining keskin pasayganligi to‘g‘risida taxminlar paydo bo‘lganda, energoauditor tomonidan o‘tkazilgan tekshirish natijalarining ishonchliligi shubha uyg‘otgan taqdirda – davlat nazorati organining tashabbusi bilan;

- iste‘molchining tashabbusiga ko‘ra - yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanish bo‘yicha uning faoliyatini tekshirishdan o‘tkazishni so‘rab murojaat qilingan taqdirda;

- shoshilinch aralashish zarurati odamlarning hayoti va salomatligiga xavf soladigan buzilishlarning oldini olish bo‘yicha shoshilinch choralarini ko‘rish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

zarurligi bilan chaqirilgan holatlarda, shuningdek buzilishlar bevosita ular sodir bo‘layotgan momentda aniqlangan hollarda.

Ekspress-tekshirishlar (mahalliy) o‘tkazish hajmi va vaqti bo‘yicha chegaralangan xarakterga ega bo‘ladi. Bunda yoki yoqilg‘i-energiya resurslarining turlaridan biridan (elektr energiyasi yoki issiqlik energiyasi, qattiq, suyuq yoki gazsimon yoqilg‘i, ikkilamchi energoresurslar) foydalanish, yoki alohida agregatlar guruhi (alohida agregat) bo‘yicha yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanishning samaradorligi yoki alohida samaradorlik ko‘rsatkichlari bo‘yicha samaradorlik baholanadi.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, energetik tekshirishlar iqtisodiyot tarmoqlarida energiya isrofgarchiligini kamaytirishning samarali vositasidir. Tizimli ravishda o‘tkaziladigan tekshiruvlar korxonalarga o‘z energiya balansini optimallashtirish, ikkilamchi energiya resurslaridan foydalanish va pirovard natijada mahsulot tannarxini pasaytirish imkonini beradi. Tekshirish natijalari bo‘yicha ishlab chiqiladigan tavsiyalar dasturi korxonaning kelgusi rivojlanish strategiyasida muhim o‘rin tutadi. Shu bilan birga, tekshiruvlarning xolisligi va instrumental tasdiqlanganligi energiya tejovchi tadbirlarning hayotiyiligini ta’minlovchi asosiy omildir.

Adabiyotlar

- Energoaudit — A.V. Baranov; 2010 yil
Energoaudit v promyshlennosti — S.V. Kirillov; 2012 yil
Energiya samaradorligi va energoaudit — A.A. Abdullaev; 2018 yil
Sanoatda energiya tejash texnologiyalari — B.T. To‘xtaev; 2016 yil
Energetik menejment — N.Q. Yuldashev; 2020 yil
Energiyadan oqilona foydalanish to‘g‘risidagi Qonun — 1997 yil
PF-63 «Energiya samaradorligi sohasida davlat boshqaruvini takomillashtirish» 2023 yil 16 fevral
PF-5646 «Yoqilg‘i-energetika tarmog‘ini boshqarish tizimini tubdan takomillashtirish to‘g‘risida» 2019 yil 1 fevral
PF-60 «2022–2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi» 2022 yil 28 yanvar
PF-158 «O‘zbekiston – 2030 strategiyasi to‘g‘risida» 2023 yil 11 sentyabr
O‘RQ-940 «Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida» 2024 yil 21 fevral

**UY-JOY-KOMMUNAL SEKTORDA ENERGETIK AUDIT
O‘TKAZISHNING ASOSIY QOIDALARI VA UMUMIY USLUBIYATI**

Shaymanov M.R.

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti.

maxamshaymanov15@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada uy-joy-kommunal sektorda energetik audit o‘tkazishning ahamiyati, uning asosiy bosqichlari va amalga oshirish uslubiylari ko‘rib chiqilgan. Muallif energiya tejash siyosati mamlakat iqtisodiyotida muhim o‘rin tutishini ta’kidlab, kommunal sohada mavjud katta energiya tejash zaxiralarini ochib beradi. Energoauditning uchta asosiy bosqichi yoritilib, “etakchi mahsulot yondashuvi”, “etakchi tekshirish yondashuvi” va “aralash yondashuv” kabi usullarning mazmuni tahlil qilingan. Shuningdek, energoauditorlarning kasbiy ko‘nikmalari va malakasiga qo‘yiladigan talablar ham bayon etilgan. Maqola energiya samaradorligini oshirish va resurslardan oqilona foydalanish masalalariga bag‘ishlangan.

Kalit so‘zlar: energetik audit, energiya tejash, uy-joy-kommunal sektor, energiya samaradorligi, energoresurslar, energoaudit bosqichlari, audit uslubiylati, energiya iste’moli, texnik-iqtisodiy tahlil

Kirish

Energiyani tejash O‘zbekiston Respublikasida uy-joy-kommunal sferani isloh qilishning kalit zvenosi bo‘lib hisoblanadi.

Uy-joy-kommunal sektorda energiyani tejash siyosatining oxirgi maqsadi kommunal xizmatlarni ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va tannarxni pasaytirish, va shundan kelib chiqqan holda, aholining bu xizmatlarga haq to‘lash yukini yengillashtirish bo‘lib hisoblanadi.

Uy-joy-kommunal sektor yoqilg‘i va energiyaning yirik iste’molchisi bo‘lib hisoblanadi – u mamlakatda iste’mol qilinadigan energiyaning taxminan 49% ini iste’mol qiladi. Shu bilan birgalikda kommunal sektorda issiqlik va elektr energiyasini, shuningdek suvni tejashning katta rezervlari mavjud.

Umuman Respublika bo‘yicha bitta odamga to‘g‘ri keladigan solishtirma energoresurslar iste’moli Yevropa mamlakatlaridagi xuddi shu ko‘rsatkichdan 2-3 martaga oshiq, biroq bunda xizmat ko‘rsatish va qulaylik darajasi anchagina past. Shu bois O‘zbekiston Respublikasining O‘RQ-940 «Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida» 2024 yil 21 fevral qonuni energiya iste’molining samaradorligini oshirishga yo‘naltirilgan.

Kattagina tejash potentsiali va energoresurslar narxining o‘sishi kommunal sektorda energiyani tejash muammosini yanada dolzarblashtiradi.

Energiyani tejash dasturlarini ishlab chiqish va amalga oshirishning asosi uy-joy-kommunal sektorning ob’ektlarini energetik tekshirish, mavjud energiyani tejash rezervlarini baholash, energiyani tejash bo‘yicha taklif qilingan chora-tadbirlarning texnik-iqtisodiy samaradorligini aniqlashni o‘z ichiga oladigan energoauditdan o‘tkazish bo‘lishi lozim.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Uy-joy-kommunal sektorda energetik auditning umumiy uslubi

Energoauditni o‘tkazish quyidagi oltita ketma-ket bosqichlarni bajarishdan tashkil topadi:

1. Ko‘rib chiqilayotgan vaqt oralig‘i uchun energiya iste‘molining hajmi va uning qiymatini aniqlash.
2. Ob‘ektdagi yoqilg‘i-energiya oqimlarini tadqiq qilish.
3. Energiya va energiya tashuvchilardan foydalanishning samaradorligini tahlil qilish.
4. Energoresurslardan samarali foydalanish bo‘yicha tavsiyalarni ishlab chiqish.
5. Taklif qilinadigan tavsiyalarni iqtisodiy asoslash.
6. Hisobotni tayyorlash.

Energoauditni o‘tkazishda auditor mijoz nimani talab qilayotganligi va mavjud vaqt hamda pul resurslarini esdan chiqarmasligi lozim. Auditor mijozga u hohlagan narsani, biroq u haq to‘laydiganidan oshiq bo‘lmagan narsani berishi muhim bo‘ladi. Bunday fikrlar energoauditning detalliligi, foydalaniladigan o‘lchagichlarning soni, ma‘lum bir asbob-uskunalariga urg‘u berish yoki energiyani tejash bo‘yicha chora-tadbirlar va hokazolarga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bir tomondan, energoaudit shunchaki energiya iste‘molining korxonadagi schetchiklarning ko‘rsatkichlariga tayanadigan sharhi bo‘lishi mumkin. Boshqa tomonlama esa, energoaudit yangi o‘lchaydigan asbob-uskunalarini o‘rnatish (doimiy yoki vaqtincha), uzoq vaqt davomida testdan o‘tkazish va o‘lchashni ko‘zda tutishi mumkin. Detalli tekshirish oqibatida auditor asoslangan tavsiyalarni berishi mumkin. Tabiiyki, energoauditning ko‘rsatilgan ikkinchi usuli anchagina qimmat bo‘ladi.

Energoauditni o‘tkazish usuli energoauditorning malakasi va mahoratiga bog‘liq bo‘ladi.

“Yetakchi mahsulot yondashuvi” – bu endigina boshlayotgan energoauditorlar uchun mo‘ljallangan oddiy texnik usuldir. Boshlayotgan auditor energiyadan foydalanishni o‘rganish bo‘yicha bir nechta dastlabki hisobotlarni tayyorlash bilan energiyani tejash bo‘yicha tavsiyalarning, masalan, kam energiya iste‘mol qiladigan yoritgichlardan foydalanish, kuchaytirilgan issiqlik nazorati va kuchaytirilgan izolyatsiya kabi tavsiyalarning qanchalik dolzarbligi va muhimligini anglaydi. Shundan keyin auditor shunga o‘xshash ob‘ektlarni qiyinchiliksiz tekshiruvdan o‘tkazishi va o‘zi muvaffaqiyatli foydalangan o‘sha energiyani tejash texnologiyalarini qo‘llash imkoniyatlarini aniqlashi mumkin. Bu texnik usuldan energiyani tejovchi asbob-uskunalarini sotadigan kompaniya uchun sotish bozorlarini qidirishda faol tarzda foydalaniladi. Bundan tashqari, bu usuldan uning barcha ob‘ektlari bir xil energetik tavsiflarga ega bo‘lgan energiya iste‘mol qiluvchi kompaniyalarning “ichki” energomenejerlari foydalanishlari mumkin. Masalan, mehmonxonalar tarmog‘iga ega bo‘lgan kompaniyaning energomenejeri tarmoqning barcha mehmonxonalarida joriy qilish mumkin bo‘ladigan energiyani

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

tejash chora-tadbirlari ro‘yxatini tuzishi mumkin. Bu yondashuvdan energetika masalalari bo‘yicha professional auditorlar foydalanishi tavsiya qilinmaydi.

«Yetakchi tekshirish yondashuvi» – bu usul professional energoauditorlarga tavsiya qilinadi. Uslub foydalanilgan energiya miqdorini aniqlash va bu kattalikni energiya iste‘molining sanoat me‘yorlari yoki nazariy zaruriy hajmi bilan solishtirishga asoslanadi. Uslub energiya ning potensial tejallishini aniqlash imkonini beradi. Birinchi navbatda asosiy asbob-uskunalar guruhlaridan iste‘mol qilingan energiya miqdori aniqlanadi va u korxonaning umumiy energiya iste‘moli bilan solishtiriladi. Bu ishni bajargandan keyin auditor energiyani tejash yo‘llarini aniqlaydi, ular, birinchidan, asbob-uskunalarini modernizatsiyalash, ikkinchidan, xizmat ko‘rsatish va ekspluatatsiya qilishning yangi rejimi, uchinchidan, obyektda energiya iste‘molini restrukturizatsiyalashdan (markazlashmagan elektr ta‘minoti, muqobil jarayonlardan foydalanish, issiqlik energiyasi va elektr energiyasini birgalikda ishlab chiqarish (kogeneratsiya)) tashkil topadi. Yakunda ob‘ektning spetsifik shart-sharoitlarini hisobga olish uchun “tipik o‘rtacha tejashlar” yondashuvining o‘rniga ilmiy yondashuv qo‘llaniladi. Bu uslub yuqori sifatli energoauditni o‘tkazish imkonini beradi, u turli parametrlarni tadqiq qilish va o‘lchashga, shuningdek ekspertning tajribasiga asoslanadi.

“Aralash yondashuv” – bu yuqorida tasvirlangan ikkala uslubiya tni qisman birlashtirishdir. U auditorlik usullaridan foydalanishni ko‘zda tutadi, biroq energiyani tejash imkoniyatlarining keng doirasini qidirish o‘rniga energiyani tejash texnologiyalarining unchalik ko‘p bo‘lmagan soniga (ko‘pincha bitta) e‘tibor qaratadi. Shu sababli ushbu yondashuv, masalan, kogeneratsiyani tadqiq qilish uchun qulay bo‘ladi.

Yakunda energoauditorning malakasi va shaxsiy sifatlariga qo‘yiladigan talablarga qisqacha to‘xtalamiz. U texnik jihatlar, buxgalteriya hisobi, texnika xavfsizligi va boshqarish bo‘yicha yetarlicha bilim va ko‘nikmalarga ega bo‘lishi lozim. Auditor energiya iste‘moli bo‘yicha ma‘lumotlarni to‘play olishi, tahlil qila olishi va izohlay olishi lozim. Katta ma‘lumot hajmlarini tahlil qilish zarurligi tufayli u kompyuterlarda ishlay olish va ma‘lumotlarga kira olish ko‘nikmalariga ega bo‘lishi lozim. Auditor asosiy asbob-uskunalarining ishlash tamoyili va ishchi tavsiflarini bilishi lozim. Ob‘ektda ekspluatatsiya qilinadigan konkret uskunani chuqur bilish majburiy emas, biroq lozim bo‘ladi, chunki detalli ma‘lumotlarni konstruktorlik hujjatlari va ishlab chiqaruvchilarning yo‘riqnomalaridan olish mumkin. Texnologik jarayon va ob‘ektda foydalaniladigan energetik resurslar bilan tanish bo‘lish muhim bo‘ladi. Shuni qayd qilish lozimki, auditorlik firmalarida ekspertlar ishlab chiqarish sohalariga ixtisoslashadi va bu sohalar bo‘yicha chuqur bilimlarga ega bo‘ladi.

Auditorlar odamlar bilan muloqot qila oladigan tajribali muhandislar bo‘lishi, ishonchsizlik bo‘lmasligi uchun yetarlicha kuchli xarakterga ega bo‘lishi, turli-tuman muammolarning yechimlarini topish uchun tashabbuskor bo‘lishi lozim.

Auditorning muhim chizgisi qarashlarning kengligi bo‘lishi va doimo o‘zining ustida ishlashi lozim.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, uy-joy-kommunal sektorda energetik audit o‘tkazish energiya resurslaridan samarali foydalanishni ta’minlashning muhim vositasi hisoblanadi. Energoaudit orqali energiya iste’moli tahlil qilinib, tejash imkoniyatlari aniqlanadi va iqtisodiy jihatdan asoslangan chora-tadbirlar ishlab chiqiladi. Turli yondashuvlardan maqsadga muvofiq foydalanish audit samaradorligini oshiradi. Shu bilan birga, malakali va tajribali energoauditorlar mavjudligi jarayonning sifatli amalga oshirilishida hal qiluvchi ahamiyatga ega. Energiya tejashni ta’minlash orqali nafaqat iqtisodiy samaradorlikka, balki aholi uchun qulaylik va barqaror rivojlanishga ham erishish mumkin.

Adabiyotlar

1. Energoaudit — A.V. Baranov; 2010 yil
2. Energoaudit v promыshlennosti — S.V. Kirillov; 2012 yil
3. Energiya samaradorligi va energoaudit — A.A. Abdullaev; 2018 yil
4. Sanoatda energiya tejash texnologiyalari — B.T. To‘xtaev; 2016 yil
5. Energetik menejment — N.Q. Yuldashev; 2020 yil
6. Energiyadan oqilona foydalanish to‘g‘risidagi Qonun — 1997 yil
7. PF-63 «Energiya samaradorligi sohasida davlat boshqaruvini takomillashtirish» 2023 yil 16 fevral
8. PF-5646 «Yoqilg‘i-energetika tarmog‘ini boshqarish tizimini tubdan takomillashtirish to‘g‘risida» 2019 yil 1 fevral
9. PF-60 «2022–2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi» 2022 yil 28 yanvar
10. PF-158 «O‘zbekiston – 2030 strategiyasi to‘g‘risida» 2023 yil 11 sentyabr
11. O‘RQ-940 «Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida» 2024 yil 21 fevral

ENERGETIK TEKSHIRISHLARNI RASMIYLASHTIRISH TARTIBI

Shaymanov M.R.

Energetika kafedrası katta o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti.

maxamshaymanov15@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada energetik tekshirishlarni rasmiylashtirish tartibi, uning asosiy hujjatlari va amalga oshirish bosqichlari yoritilgan. Energoaudit natijalarini to‘g‘ri rasmiylashtirishning ahamiyati, hisobot tayyorlash, energetik pasport shakllantirish va yoqilg‘i-energiya balansini aniqlash jarayonlari tahlil qilingan. Shuningdek, energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha tavsiyalarni ishlab chiqish, ularni iqtisodiy jihatdan asoslash hamda davlat nazorati organlari bilan hamkorlik masalalari ko‘rib chiqilgan. Maqolada energoauditorlar faoliyati va ularning mas’uliyatiga alohida e’tibor qaratilgan.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kalit so‘zlar: energetik tekshirish, energoaudit, rasmiylashtirish tartibi, energetik pasport, yoqilg‘i-energiya balansi, energiya samaradorligi, audit hisoboti, davlat nazorati, energiya tejash, ekspert xulosasi

Kirish

Bugungi kunda energiya resurslaridan samarali foydalanish va ularni tejash masalasi iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Bu borada energetik tekshirishlar (energoaudit) muhim vosita hisoblanib, ular orqali energiya iste‘molining holati baholanadi va samaradorlikni oshirish imkoniyatlari aniqlanadi. Ayniqsa, energoaudit natijalarini to‘g‘ri va me‘yoriy talablar asosida rasmiylashtirish ulardan amalda samarali foydalanishda muhim o‘rin tutadi.

Energetik tekshirishlarni rasmiylashtirish tartibi nafaqat texnik, balki huquqiy va tashkiliy jihatlarni ham o‘z ichiga oladi. Bu jarayonda hisobotlar, energetik pasportlar va ekspert xulosalarini to‘g‘ri shakllantirish, shuningdek davlat nazorati organlari bilan samarali hamkorlik qilish muhim ahamiyatga ega.

Energetik tekshirishlarni rasmiylashtirish tartibi. Energoauditorlar energetik tekshirishlar va ekspertizalarni tiplashgan dasturlar bo‘yicha o‘tkazadi.

Energoauditorlar energetik tekshirish tugagandan keyin quyidagi hujjatlarni rasmiylashtiradi:

- o‘tkazilgan energetik tekshirish to‘g‘risida belgilangan shakldagi hisobot;
- instrumental tasdiqlangan yoqilg‘i-energetika balansi. yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi parametrlarini bilvosita baholashga yo‘l qo‘yilmaydi;
- yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molchisining energetik pasporti;
- yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish va yoqilg‘i-energiya ta‘minoti xarajatlarini kamaytirish bo‘yicha tavsiyalar (tadqiq qilingan yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molchisining rahbariyati bilan kelishgan holda – Dastur). Tavsiyalar bo‘yicha yoqilg‘i-energiya resurslarining iste‘molchisi energetik samaradorlikni baholash bo‘yicha ob‘ektning iqtisodiy holatini konkret belgilaydigan rejani tayyorlashi lozim.

Energetik tekshirishning natijalarida yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molchisi tomonidan yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanish samaradorligining bahosi ko‘rsatilishi, ulardan foydalanishda buzilishlarning sabablari ochib berilishi, mavjud tejash rezervlari ko‘rsatilishi, moddiy va pul ifodasida bashorat qilinadigan tejashni va ularni amalga oshirish xarajatlarini ko‘rsatish bilan texnik va tashkiliy energiya tejovchi yechimlar taklif qilinishi lozim. Texnik imkoniyatlarga qarab ikkilamchi energetik resurslar, yangilanadigan energiya manbalaridan foydalanish bo‘yicha tashkiliy-texnik chora-tadbirlar tavsiya qilinishi lozim.

Energiyani tejash va yoqilg‘i-energiya resurslaridan ratsional foydalanish bo‘yicha tavsiyalar ishlayotgan asbob-uskunalar va texnologik jarayonlarning ekologik tavsiflarini, xodimlarning ishlashining xavfsizlik va qulaylik darajasini, shuningdek mahsulotning sifatini pasaytirmasligi lozim.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

O‘tkazilgan energetik tekshirishlarning hisobotlari energetik tekshirishni o‘tkazgan tashkilot va yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molchisining rahbariyati tomonidan imzolanadi.

Imzolashdan bo‘yin tovlash sodir bo‘lgan taqdirda energetik tekshirish hisobotiga tegishli yozuvlar kiritiladi.

Hisobot imzolangandan keyin unga o‘zgartirish va qo‘shimchalar kiritish ta‘qiqlanadi.

Yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molchisining ko‘rsatilgan qarorga rozi bo‘lmagan vakolatli vakili o‘zining fikrini ifodalash huquqiga ega, u hisobotga ilova qilinadi.

Energoauditor o‘tkazilgan energetik tekshirish to‘g‘risidagi to‘liq hisobotni yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molchisiga beradi, shuningdek o‘tkazilgan tekshirish to‘g‘risidagi hisobot imzolangandan keyin 10 kun muddat ichida yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molchisining energetik pasportini hududiy davlat nazorati organlariga beradi, ular o‘z navbatida quyidagi ishlarni bajaradi:

- o‘tkazilgan tekshirish natijalari to‘g‘risidagi hisobotni tahlil qiladi;
- o‘zlarining nazorati ostida bo‘lgan hududda o‘tkazilgan energetik tekshirishlarning natijalarini umumlashtiradi (energoauditorlarning faoliyatini hisobga olish bilan);
- tegishli rasmiylashtirilgan umumlashtirilgan natijalarni davlat nazorati organlariga beradi;
- iste‘molchiga yoqilg‘i-energiya resurslaridan foydalanishdagi buzilishlarni bartaraf qilish to‘g‘risida taqdimnoma beradi;
- davlat nazorat organlarining ma‘lumotlar bazasiga yoqilg‘i-energiya resurslari iste‘molchisining energetik pasportidagi energetik ko‘rsatkichlarni kiritadi.

O‘tkazilgan energetik ekspertizaning natijalari bo‘yicha ekspert xulosasi tuziladi, u ekspert-energoauditorning asoslangan va to‘liq xulosalarini o‘z ichiga olishi lozim.

Ekspert xulosasi energoauditorning firma blankasida uch nusxada tuziladi va rahbar tomonidan imzolanadi va energoauditorning muhri bilan tasdiqlanadi.

Ekspert xulosasining bir nusxasi tegishli davlat nazorati organiga beriladi.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, energetik tekshirishlarni to‘g‘ri rasmiylashtirish energoaudit samaradorligini ta‘minlovchi muhim bosqich hisoblanadi. Hisobotlar, energetik pasport va ekspert xulosalarini aniq va asoslangan holda tayyorlash energiya resurslaridan oqilona foydalanishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, davlat nazorati organlari bilan hamkorlik qilish va natijalarni tizimli ravishda tahlil qilish sohada samaradorlikni yanada oshirishga yordam beradi. Energiya tejash bo‘yicha ishlab chiqilgan tavsiyalarni amaliyotga joriy etish orqali iqtisodiy samaradorlikka erishish va resurslardan ratsional foydalanish mumkin.

Adabiyotlar

1. Energoaudit — A.V. Baranov; 2010 yil

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

2. Energoaudit v promyshlennosti — S.V. Kirillov; 2012 yil
3. Energiya samaradorligi va energoaudit — A.A. Abdullaev; 2018 yil
4. Sanoatda energiya tejash texnologiyalari — B.T. To‘xtaev; 2016 yil
5. Energetik menejment — N.Q. Yuldashev; 2020 yil
6. Energiyadan oqilona foydalanish to‘g‘risidagi Qonun — 1997 yil
7. PF-63 «Energiya samaradorligi sohasida davlat boshqaruvini takomillashtirish» 2023 yil 16 fevral
8. PF-5646 «Yoqilg‘i-energetika tarmog‘ini boshqarish tizimini tubdan takomillashtirish to‘g‘risida» 2019 yil 1 fevral
9. PF-60 «2022–2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi» 2022 yil 28 yanvar
10. PF-158 «O‘zbekiston – 2030 strategiyasi to‘g‘risida» 2023 yil 11 sentyabr
11. O‘RQ-940 «Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida» 2024 yil 21 fevral

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В УСТРОЙСТВАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Ширинов А. Б., магистрант;
Радионова О. В., к.т.н., доцент;
Ташкентский государственный технический
университет имени Ислама Каримова
ansarsirinov@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются алгоритмы цифровой обработки сигналов, лежащие в основе функционирования микропроцессорных терминалов релейной защиты. Проанализированы принципы дискретного преобразования Фурье, методы подавления апериодической составляющей и блокировки при насыщении трансформаторов тока. Показана взаимосвязь между параметрами алгоритмов и показателями точности и быстродействия защит. Сформулированы практические рекомендации по выбору параметров цифровой фильтрации для максимальной токовой, дистанционной и дифференциальной защит.

Ключевые слова: цифровая релейная защита, дискретное преобразование Фурье, алгоритмы обработки сигналов, максимальная токовая защита, дистанционная защита, дифференциальная защита, апериодическая составляющая.

Развитие электроэнергетических систем сопровождается ужесточением требований к устройствам релейной защиты и автоматики (РЗА): скорость срабатывания, селективность и помехоустойчивость становятся ключевыми критериями надёжности энергоснабжения. Цифровые (микропроцессорные) терминалы, пришедшие на смену электромеханическим и статическим

устройствам, реализуют свои функции посредством программных алгоритмов обработки дискретных отсчётов аналоговых сигналов тока и напряжения [1, 2].

Центральное место среди этих алгоритмов занимает дискретное преобразование Фурье (ДПФ), обеспечивающее выделение фазора основной гармоники из искажённого аварийного сигнала. Точность и быстродействие ДПФ определяют качество работы всех функций защиты — от максимальной токовой до дифференциальной. Вместе с тем переходные режимы (апериодическая составляющая тока, насыщение трансформаторов тока, броски тока намагничивания) существенно искажают входной сигнал и снижают точность измерений, что делает анализ алгоритмов цифровой обработки актуальной научной задачей [3, 4].

В работе применялись аналитические методы исследования: математический анализ алгоритмов цифровой обработки сигналов, сравнительный анализ технической документации ведущих производителей терминалов (ABB Relion 630, Siemens SIPROTEC 7SJ, Schneider Electric Sepam), а также изучение отраслевых стандартов IEC 60255 и IEC 61850 [5, 6].

Алгоритм рекурсивного ДПФ со скользящим окном длиной N отсчётов исследовался с точки зрения вычислительной сложности и чувствительности к переходным процессам. Для N отсчётов на период (при частоте дискретизации $f_d = 1600$ Гц, $N = 32$) фазор основной гармоники обновляется на каждом новом отсчёте с минимальными затратами — только два умножения и два сложения вместо полного пересчёта N операций. Методы подавления апериодической составляющей (дифференциальный фильтр, экспоненциальная оценка и вычитание) рассматривались с позиции компромисса между скоростью сходимости и уровнем вносимого шума [3].

Алгоритм ДПФ и цифровая фильтрация. Стандартное окно ДПФ длиной 20 мс (один период 50 Гц) обеспечивает полное подавление высших гармоник, кратных основной частоте, и апериодической составляющей в установившемся режиме. Однако в первые 10–20 мс после возникновения КЗ наличие апериодической составляющей с постоянной времени $\tau = 40\text{--}80$ мс (характерно для цепей 110 кВ и выше) вносит дополнительную погрешность в вычисляемый фазор. Метод экспоненциальной оценки и вычитания позволяет снизить эту погрешность в 4–5 раз по сравнению с некомпенсированным алгоритмом, обеспечивая точность расчёта действующего значения тока не менее 2% уже через 10 мс после возникновения повреждения [3].

Максимальная токовая защита (МТЗ). Алгоритм МТЗ включает расчёт действующего значения тока методом скользящего среднеквадратичного или ортогонального преобразования, пороговое сравнение с уставкой и программный таймер выдержки времени. Ключевой особенностью цифровой реализации является блокировка по второй гармонике: если её содержание в токе превышает 15–20% от основной гармоники, защита блокируется — это исключает ложное срабатывание при броске тока намагничивания трансформатора. Адаптивная настройка уставки $I_{уст} = k_n \cdot I_{нагр, \max}$ ($k_n = 1,2\text{--}$

1,3) по скользящему среднему нагрузочного тока за 2 с повышает чувствительность к слабым КЗ при переменной нагрузке без увеличения риска ложных срабатываний [2, 4].

Дистанционная защита (ДЗ). Алгоритм ДЗ вычисляет комплексное сопротивление $Z_{\text{meas}} = U_{\text{dot}} / I_{\text{dot}}$ по фазорам, полученным через ДПФ, и сравнивает его с границами зон срабатывания. Первая зона (80–85% длины линии) обеспечивает мгновенное отключение (задержка алгоритма 20–25 мс), вторая и третья зоны — резервирование с нарастающими выдержками времени 0,3–0,6 с и 0,9–1,5 с соответственно. Степень селективности между соседними зонами составляет $\Delta t = 0,3–0,5$ с, что обеспечивает правильную координацию защит смежных элементов [1, 4]. Характерной проблемой является влияние переходного сопротивления дуги на точность определения Z_{meas} ; для её компенсации применяют компенсирующие коэффициенты и расширение четырёхугольной характеристики по оси активного сопротивления R.

Дифференциальная защита трансформатора (ДЗТ). Алгоритм ДЗТ основан на вычислении дифференциального тока $I_{\text{diff}} = |\dot{I}_1 + \dot{I}_2|$ и тормозного тока $I_{\text{торм}} = (|\dot{I}_1| + |\dot{I}_2|) / 2$. Применение тормозной характеристики $I_{\text{diff}} > I_{\text{уст0}} + k_{\text{торм}} \cdot I_{\text{торм}}$ ($k_{\text{торм}} = 0,2–0,5$) обеспечивает устойчивость при внешних КЗ с насыщением трансформаторов тока, когда ложный дифференциальный ток может достигать 0,15–0,25 $I_{\text{ном}}$. Для трансформаторов с группой соединения Y/Δ-11 алгоритм выполняет программный сдвиг фазы токов на 30° и выравнивание по коэффициентам трансформации, что исключает систематическую составляющую дифференциального тока в нормальном режиме. Блокировка по второй гармонике (порог $I_2/I_1 > 0,15$) предотвращает ложные срабатывания при включении ненагруженного трансформатора [3, 5].

Анализ алгоритмов цифровой обработки сигналов в устройствах релейной защиты позволяет сформулировать следующие выводы. Рекурсивное ДПФ со скользящим окном 20 мс является оптимальным инструментом выделения фазора для сетей 50 Гц: оно обеспечивает высокую точность в установившемся режиме при минимальных вычислительных затратах. Для повышения точности в переходных режимах необходимо применять методы подавления апериодической составляющей — прежде всего экспоненциальную оценку и вычитание, снижающую погрешность в 4–5 раз по сравнению с базовым алгоритмом [3].

Точность и устойчивость каждого типа защиты определяется специфическими механизмами компенсации помех: для МТЗ — блокировка по второй гармонике и адаптивные уставки; для ДЗ — компенсация переходного сопротивления и алгоритм обнаружения качаний; для ДЗТ — тормозная характеристика, программное выравнивание фаз и токов и блокировка по второй гармонике. Совместное применение этих методов позволяет существенно сократить вероятность как ложных срабатываний, так и отказов

защиты, что повышает общую надёжность функционирования электроэнергетической системы [1, 2, 4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Чернобровов Н.В., Семёнов В.А. Релейная защита энергетических систем. — М.: Энергоатомиздат, 1998. — 800 с.
- [2] Horowitz S.H., Phadke A.G. Power System Relaying. 2nd ed. — Chichester: Wiley, 2008. — 359 p.
- [3] Rebizant W., Izykowski K., Chouinard R. Digital Signal Processing in Power System Protection and Control. — London: Springer, 2011. — 323 p.
- [4] Blackburn J.L., Domin T. Protective Relaying: Principles and Applications. 3rd ed. — Boca Raton: CRC Press, 2012. — 644 p.
- [5] IEC 60255-1:2013. Measuring relays and protection equipment – Part 1: Common requirements. — Geneva: IEC, 2013.
- [6] IEC 61850-8-1:2011. Communication networks and systems for power utility automation. — Geneva: IEC, 2011.

QISHLOQ XO‘JALIK MAHSULOTLARINI YETISHTIRSH VA SAQLASHDA MUQOBIL ELEKTER ENERGIYASIDAN FOYDALANISH TEXNOLOGIYALARING O‘RNI

t.f.f.d Choriyev Aliqul Jumayevich

katta o‘qituvchi Raxmonov Ergash Assadullayevich

talaba Choriyeva Mushtariybegim Elmurodovna

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti

aliquychoriyev@gmail.com

Annotatsiya qishloq xo‘jalik maxsulotlarini saralash va qurtish texnologiyalarida va shu bilan birga suv tejankor texnologiyalarni saqlash texnologiyalarida foydalanishda muqobil, tejankor texnologiyalarning ahamiyatlari va iqtisodiyatda o‘rni haqida ma‘lumot keltirilgan. Muqobil energiyalar, quyosh nuridan foydalanib, tejankor texnologiyalarning ro‘li va ahamiyatlari va qishloq xo‘jalik maxsulotlarini saqlash va qurtish soxalaridagi o‘rni.

Kalit so‘zlar: tejankor energiya, quyosh panellari, yashil energiyaning o‘rni, muqobil tejankor texnologiyalar, qishloq xo‘jalik maxsulotlari, melioratsiya va suv sug‘orish texnologiyalari.

Qishloq xo‘jaligi mamlakatimiz iqtisodiyotining muhim sektorlaridan biridir. Ayni paytda qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini qayta ishlash va sifatli saqlashni rivojlantirishga alohida e‘tibor qaratish zarur. Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish ularni uzoq muddat saqlash va foydali xususiyatlarini saqlab qolishni ta‘minlash bilan bog‘liq muammolarni hal etishning samarali yo‘llaridan biri hisoblanadi. Ushbu jarayon qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini bug‘latish va paydo bo‘lgan bug‘ni yo‘q qilish orqali ulardagi namni quritishga asoslangan. Bu nafaqat mahsulotlarning sifat ko‘rsatkichlarini saqlash, balki ularni yanada yaxshilashni ta‘minlaydi. Shu bois

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

quritish jarayoni uslublari va maqbul rejimini tanlashda quritish texnologiyasining ilmiy asoslariga tayanish zarur. Bu borada mahsulot xususiyatini o‘rganish, energiya yetkazib berishning yuqori samarali va murakkab usullarini aniqlash talab etiladi. Mahsulotlarni quritish jarayonini tezlashtirishga yordam beradigan mazkur usullar qayta ishlash va oziq-ovqat sanoatida energiya sarfining ilmiy asoslangan me’yorlarini amalga oshirish uchun qulay sharoitlar yaratishni ham ta’minlashi lozim.

Ko‘p miqdorda mahsulot tayyorlash uchun atrof-muhit havosini zaharlovchi avtomobil yo‘llari, zavodfabrikalar, chorvachilik binolari va o‘g‘it-chiqindilar tashlanuvchi joylardan uzoqroqda joylashgan tekis va sirti qattiq qatlam bilan qoplangan maxsus maydonlar quriladi. Tabiiyki, ochiq maydonda mahsulotning qurish jarayoni cho‘zilib ketadi, noqulay ob-havo sharoitida mahsulotda mikroorganizmlar rivojlanib uning tarkibini buzadi, turli hasharotlar va qurt-qumursqalar yopishadi, ari va qushlar ifloslaydi, chang va g‘ubor bilan qoplanadi [1]. Xorijiy mamlakatlar, jumladan, AQSh, Germaniya, Shveysariya, Italiya, Fransiya va Rossiya kabi mamlakatlarda meva-sabzavotlardan tashqari don, o‘t-o‘lan va beda quritish uchun ham gelioquritgichlardan foydalanilayotgani to‘g‘risida qiziqarli ma’lumotlar ko‘p. Masalan, qaroli va uzumni ochiq maydonda va gelioqurilmada quritish bo‘yicha qiyosiy tajribalar o‘tkazilgan [1,2].

Qayta tiklanadigan energiya manbalaridan ushbu maqsadlarda keng foydalanilmoqda. Ayniqsa, mamlakatimizda quyosh energiyasi qayta tiklanadigan energiya manbalari orasida yetakchi sanaladi. Meva-sabzavot konservalariga nisbatan quritilgan mahsulotlarni ishlab chiqarish uchun unchalik ko‘p mablag‘ sarflanmaydi. Ammo, ushbu jarayon energiya tejaydigan texnologiyalarni ishlab chiqish va sohaga joriy etishni taqozo etadi. Masalan, bir kilogramm quritilgan mahsulot ishlab chiqarish uchun undagi 4-10 kilogramm namni yo‘q qilish lozim va bunda energiya sarfi 2,7-7,4 kilovatt-soatni tashkil etadi. Buning natijasida qishloq xo‘jaligi sektorida quritish jarayonining energiya sarfi soha umumiy yoqilg‘i balansining qariyb 20 foizini tashkil qiladi.

Mavjud qishloq xo‘jaligi quritish qurilmalari tuzilishiga ko‘ra, shartli ravishda ikki, ya’ni yoqilg‘ida (turli an’anaviy energiya resurslaridan foydalaniladi) va quyosh energiyasi yordamida ishlaydigan guruhga ajratiladi. Ularning har biri o‘z afzallik va kamchiliklariga ega. Yoqilg‘i asosida ishlaydigan quritgichlarning ustunligi shundaki, ular yuqori darajada mahsuldorlikni ta’minlab, sanoat asosida qo‘llash imkonini beradi. Kamchiligi esa narxining qimmatligi va ko‘p energiya talab qilishidir. Bundan tashqari, mazkur moslamalar tarkibida shakar ko‘p bo‘lgan meva-sabzavot navlarini quritishda unchalik samara bermaydi.

Mamlakatimizning tabiiy-iqlim sharoitida quyosh energiyasi asosida ishlaydigan qurilmalardan foydalanish ko‘rib chiqilayotgan ilmiy-texnik muammolarni hal qilish uchun istiqbolli hisoblanadi. Yoqilg‘i-energetika resurslarini tejash, ishlab chiqarishning ekologik jihatdan tozaligi, qulay tabiiy-iqlim sharoitlari ushbu qurilmalarning afzalliklari sirasiga kiradi. Ayniqsa, qishloq xo‘jaligi mahsulotlarining pishishi va ularni qayta ishlash jarayoni quyosh radiatsiyasining eng faol davriga to‘g‘ri keladi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Biroq, bunday qurilmalarni qo‘llash ob-havo va kunning quyoshli bo‘lishiga bog‘liqdir. Buning natijasida quritish jarayoni cho‘ziladi va quyosh nuri bo‘lmagan paytda (kechasi yoki havo bulutli bo‘lganda) samaradorlik pasayadi.

Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quyosh nuri bilan quritish jarayonini jadallashtirish maqsadida O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining «Fizika – Quyosh» ilmiy-ishlab chiqarish birlashmasi Fizika-texnika institutida universal quritish qurilmasi ishlab chiqildi. Issiqlik o‘tkazuvchi akkumulyator bilan jihozlangan mazkur qurilmadan mavsum davomida foydalanish mumkin.

Ayni paytda issiqlikni to‘plash orqali quyosh energiyasini hosil qilish istiqbolli va jadal ishlab chiqilayotgan usul hisoblanadi. Bu turli materiallarda quyosh radiatsiyasi ta’sirida ro‘y beradigan faza o‘tkazgichlar hisobidan amalga oshiriladi.

Glauber tuzi shunday materiallar sirasiga kiradi. Nol daraja haroratda bir holatdan ikkinchisiga o‘tishda issiqlikning ajralish yoki singdirilish holati kuzatiladigan «muz-suv» tizimiga mos ravishda natriy sulfati glauber tuzining kristallangan suvida Selsiy shkalasi bo‘yicha 32,4 darajada eriydi. Bunda to‘plangan issiqlik energiyasi tuzlarning 32,4 daraja va undan past haroratda qayta kristallanishi jarayonida ajralib chiqadi. Bu esa issiqxonalarda o‘simliklarni yetishtirish uchun muayyan haroratni saqlash, ularni kunduzi qizib ketish, kechasi muzlab qolishdan saqlash imkonini beradi. Natriy sulfatidan issiqlik to‘plovchi material sifatida foydalanish issiqxonalarni isitish xarajatlarini, boshqa energiya turlari bilan isitilmaydigan issiqxonalarda o‘simliklarning ortiqcha qizib ketish va muzlash ehtimolini kamaytirishga yordam beradi.

Institut mutaxassislari tomonidan yaratilgan quyosh energiyasida ishlaydigan shunday quritish moslamasining tajriba namunasi ayni paytda olimlarimiz ishlab chiqayotgan «Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtirish va quritish uchun quyosh kompleksini yaratish» Surxondaryo viloyatidagi « Zamin angor kulustir» fermer xo‘jaligida joriy etilmoqda. Ushbu kompleks mavsumga qarab, yil davomida (qishda issiqxona, yozda quritish qurilmasi sifatida) foydalanish uchun mo‘ljallangan. Ishlab chiqariladigan elektr energiyasi bir vaqtning o‘zida yoritish va ventilatsiya tizimlari faoliyatini, issiqlik energiyasi esa ish rejimiga qarab kompleks ichidagi zarur havo haroratini ta’minlaydi.

Mazkur kompleksda bir paytning o‘zida 1,5 tonnagacha qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish mumkin. Mazkur universal kompleks yordamida energiyani tejash, tuvakka ekish va tomchilatib sug‘orish tizimidan foydalanish hisobidan turli o‘g‘itlar va suv sarfini kamaytirish mumkin. Shuningdek, oyna yoki polietilen o‘rniga havo qatlamchalari va issiqlik o‘tkazmaydigan materiallar bilan qoplangan polikarbonatdan foydalanish va devorlar yuzasining shaffofligi samarasida atrof-muhitga katta miqdorda issiqlik chiqishi hajmi kamayadi.

Institut olimlari tomonidan yaratilgan murakkab universal quyosh quritish qurilmasi Innovatsion g‘oyalar, texnologiyalar va loyihalar respublika yarmarkasida taqdim etilib, ilmiy jamoatchilik va qishloq xo‘jaligi sohasi xodimlarida katta qiziqish uyg‘otdi. Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtirish va quritishni ta’minlash maqsadida mamlakatimiz olimlari tomonidan quyosh energiyasidan oqilona

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

foydalangan holda yaratilayotgan quyosh qurilmalarining joriy etilishi fermer xo‘jaliklarida ularni qo‘llash imkoniyatini kengaytirmoqda. Yosh olimlarimiz ham bu borada olib borilayotgan ishlarga salmoqli hissa qo‘shmoqda.

Xulosa

Qishloq xo‘lalik maxsulotlarini qurtish, saqlash va tejamkor tomchilab sug‘orish texnologiyalarda muqobil elektir energiyadan foydalanish, quyosh elektir energiyasidan foydalanish eletir energiyasiga bo‘lgan tallab xamma soxa uchun muxum xisoblan moqda, mayshi xizmat bo‘lsin, mexmon xona, super market, giper market bo‘lsin xammasiga zarur va muxtoj xisoblanadi shuni xisobga olib muqobil energiyaga bo‘lgan tallab ortib boraveradi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1.“2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi”.O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-60-sonli Farmoni. 2022 yil 28 yanvar.

2.2019 yil 11 dekabrda O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Meva-sabzavotchilik va uzumchilik tarmog‘ini yanada rivojlantirish, sohada qo‘shilgan qiymat zanjirini yaratishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-4549-son qarori.

3. Kushimov B. A., Mamadaliyev x. J. O. G. L. Qishloq xo‘jaligi hamda meva–sabzavot mahsulotlari quritish uchun energiya tejamkor qurilma va texnologiya //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – T. 1. – №. 9. – C. 869-879.

4. Рахматов, О., Унгаров, А. А. У., Рахмонкулова, Ё. М. К., & Султонов, Н. Ш. У. (2019). Разработка трёхвалкового аппарата для пластификации вяленой дыни. Наука, техника и образование, (9 (62)), 41-43.

II ShO‘BA

**NEFT-GAZ SANOATIDA INTELLEKTUAL JIHOZLAR ELEKTR
TA‘MINOTI VA ELEKTR XAVFSIZLIGI MASALASI**

**NEFT BURG‘ULASH VA QAZIB OLISH INSHOOTLARI UCHUN
ELEKTR USKUNALARINI TEKSHIRISH USULLARI**

Ahmedov Alisher Parda o‘g‘li

Atrof muhit muhandisligi va hayot faoliyati xavfsizligi kafedrası o‘qituvchisi

Norqulov Abbos Chori o‘g‘li

Atrof muhit muhandisligi va hayot faoliyati xavfsizligi kafedrası o‘qituvchisi

Annotatsiya : Mazkur maqolada neft burg‘ulash va qazib olish inshootlarida qo‘llaniladigan elektr uskunalarini tekshirish usullari yoritilgan. Elektr jihozlarining texnik holatini baholash, ularning xavfsizlik talablariga muvofiqligini aniqlash va nosozliklarni erta bosqichda aniqlash orqali ishlab chiqarish jarayonida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan avariya va texnologik to‘xtashlarning oldini olish muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: neft burg‘ulash, qazib olish inshootlari, elektr uskunalari, texnik ko‘rik, izolyatsiya sinovi, yerga ulanish tizimi, himoya relolari, termovizor diagnostikasi, monitoring tizimlari, mehnat muhofazasi

Kirish

Qurilish sohasidagi shaxsiy tajribam - burg‘ilash-qazib olish loyihalari doirasidagi montaj maydonchalari - meni ham milliy darajada, ham butun dunyo bo‘ylab faoliyat yurituvchi yirik neft kompaniyalarida ishga tushirish faoliyati qanday amalga oshirilishini o‘rganishga undadi. Birinchi bosqichda loyihani amalga oshirishning eng murakkab bosqichi, ya‘ni asbob-uskunalar va elektr qurilmalarini ishga tushirish bosqichi bilan bog‘liq uslubiy elementlar aniqlandi, bu bosqich zamonaviy metodologiyada 2 bosqichda ishlab chiqilgan deb hisoblanadi:

Burg‘ilash joyidagi elektr jihozlarini tekshirish tizimlari. Quduqni burg‘ilash quduqni amalga oshirish uchun zarur bo‘lgan ishlar majmuasini ifodalaydi: qazish, mustahkamlash, o‘rganish, mahsuldor qatlamlarni sinash, uning tuzilishi quyidagilarga bog‘liq:

- quduq chuqurligi (bir necha o‘n metrdan 13 000 metrgacha);
- Maqsad (geologik qidiruv quduqlari, ekspluatatsiya, maxsus maqsadli quduqlar).

Ushbu arxitektura quduqni burg‘ilash va mustahkamlash dasturida batafsil bayon etilgan bo‘lib, unda burg‘ilashning turli ketma-ket fazalarining xususiyatlari ko‘rsatilgan bo‘lib, ular orasida quduq mustahkamlangan (po‘lat quvur ustuni bilan).

Ustunlar quduq devori va ustun orasiga joylashtirilgan pasta bilan

sementlanadi.

Yuqorida ko‘rsatilgan ustunlarni tashkil etuvchi quvurlar yuqori mustahkamlikka ega po‘latdan yasalgan bo‘lib, uzunligi 9 dan 14 metrgacha (yo‘naltiruvchi ustun) va uchlarida maxsus rezbarlar bilan ta‘minlangan. Devor qalinligi ko‘pincha 5,2 dan 16,1 mm gacha bo‘ladi va diametrlar keng chegaralarda, 114 mm (4 1/2 dyuym) dan 500 mm gacha o‘zgarishi mumkin.

Burg‘ilashning turli fazalarining uzunligi va diametri geologik ma‘lumotlarga va qo‘shni quduqlarning natijalariga (agar mavjud bo‘lsa) asoslanadi, bunda burg‘ilash jarayonida uchrashi mumkin bo‘lgan tuproq va suyuqlikning tabiati hisobga olinadi.

Tadqiqotning dolzarbligi: Burg‘ilash jarayonining arxitekturasini bilish burg‘ilash qurilmasini tanlashni, turli operatsiyalarning davomiyligini, zarur materiallarni yetkazib berishni rejalashtirishni, material sarfini, burg‘ilashning umumiy davomiyligi va narxini aniqlash imkonini beradi.

Aylanma burg‘ilash usuli ma‘lum bir bosish kuchi va ma‘lum bir tezlikka ega bo‘lgan burg‘ilash dolotasidan (pichoqlar, qo‘shimchalar, roliklar yoki romblar bilan) foydalanishdan iborat. Gs presslash va tezlikning birgalikdagi ta‘siri rolikli parmalarga tog‘ jinsini maydalash va kesish orqali (ko‘pincha), olmosli parmalarga esa kesish va eroziya orqali (ya‘ni olmosli parmalarga tog‘ jinsini kesish va eroziya orqali, olmos shimdirilgan parmalarga esa eroziya orqali) siljitish imkonini beradi. Ushbu quduqlarni burg‘ilash imkonini beruvchi tizim burg‘ilash qurilmasi deb ataladi. Ko‘pchilik burg‘ilash uskunalari aylanma-gidravlik tizimda ishlaydi: aylanma stol bilan yoki gidravlik kallakli haydash (*yuqori* haydash) bilan.

Kichik chuqurliklarda neft burg‘ilash ikki yoki uch bosqichni o‘z ichiga oladi, bu esa quyidagi ustunlarni "joylashtirishga" imkon beradi:

- Yuzaki qobiq tizmasi - yer yuzasini to‘xtatish uchun mo‘ljallangan, yaxshi mustahkamlanmagan (uning uzunligi asosan 100 dan 1000 m gacha); u, jumladan, boshqa ustunlar uchun tayanch va portlashlarning oldini olish uchun inshoot sifatida xizmat qiladi;

- Burg‘ilashning normal jarayoniga to‘sqinlik qilishi mumkin bo‘lgan qatlamlar yoki ulardagi suyuqliklarni ajratish uchun zarur bo‘lgan himoya ustuni (ustunlari) - masalan, barqarorligi past bo‘lgan ba‘zi tog‘ jinslarining quduq profili mavjudligi yoki g‘ayritabiiy bosimli (yuqori yoki past) suyuqliklarni o‘z ichiga olgan ba‘zi qatlamlarning mavjudligi;

- Ekstraksiya ustuni - neft maydonini izolyatsiya qilish imkonini beradi; uning ichida neft oqimi uchun quvur bo‘ylab oqadi, bu quvur ekstraksiya ustuni (quvur) deb ataladi.

Burg‘ilash texnologik jarayoni tortish g‘altagi, yuqori uzatma va aylanma stolni harakatlantirish uchun tezlikning tez pasayishini qo‘llab-quvvatlaydigan mexanik xususiyatlarga ega bo‘lgan elektr dvigatellarni talab qiladi, shuning uchun egiluvchan xususiyatlarga ega bo‘lishi, yuqori ishga tushirish momentiga ega bo‘lishi va ortiqcha yuklanish qobiliyatini oshirishi kerak. Bu maqsadda [12] ko‘tarish qurilmasini harakatga keltirish uchun sirpanish xususiyati oshirilgan faza

rotorli asinxron dvigatellar va yuqori qiyalikka ega sun'iy kuchlanishli mexanik xususiyatlarga ega o'zgaras tok dvigatellari ishlab chiqilgan.

Bundan tashqari, ko'tarish qurilmasini harakatlantirishni optimallashtirish uchun dizel mashinalari guruhlar - o'zgaras tok generatori, statik chastota o'zgartirgichlari bilan ta'minlanadigan asinxron motorlar, o'zgaras tok motorlari, statik chastota o'zgartirgichlari bilan ta'minlanadigan asinxron motorlar, tiristorlar bilan tartibga solingan to'g'rilagichlar bilan ta'minlanadigan o'zgaras tok motorlari ishlab chiqilgan.

Burg'ilash qurilmasining asosiy tizimlarini harakatga keltirish uchun ishlatiladigan energiya ishlab chiqaruvchi tizimlarga qarab, burg'ilash quduqlari ikkita asosiy guruhga bo'linadi: mexanik quduqlar (issiqlik quduqlari deb ham ataladi) va elektr quduqlar.

Elektr inshootlarini qazib olish tizimlari uchun tekshirish. Uglevodorod qatlamining bosimi tabiiy otilishga imkon bermaydigan qazib olish tizimlarida gazlift, tub nasoslari bilan gidravlik nasoslash (double effect pumps - *teskari harakatlanuvchi nasos*), nasos shtangalari bilan chuqurlik nasoslash (*Subsurface Sucker Rod Pumps*) va tub elektr dvigatellari bilan ishlaydigan nasoslar bilan nasoslash (*Electric Submersible Pumps ESP*) kabi turli ishlab chiqarish usullari qo'llaniladi.

Ishga tushirish bosqichi uslubiyati. Sanoat obyektni ishga tushirish quyidagilarni ta'minlaydigan jarayondir:

- Tegishli obyektning barcha tizimlari (burg'ilash tizimlari, qazib olish tizimlari, qayta ishlash zavodlari, nasos stansiyalari, yig'ish markazlari, haydash stansiyalari va boshqalar) o'rnatilgan va normal ishlashga tayyor (quvvatlangan) va loyiha kutilmalariga muvofiq interaktiv ishlaydi;

- Ushbu tizimlar samarali bo'lib, shartnoma doirasidagi operatsion talablarga javob beradi.

- O'rnatish jarayoni tegishli ravishda hujjatlashtirilgan, shu jumladan "as built" o'zgarishlari tegishli ravishda barcha zarur hujjatlar yangilangan va tizim operatoriga taqdim etilgan;

- Operatorlar tizimlarni maksimal xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik sharoitida ishlatish uchun tegishli ravishda o'qitilgan.

Total E & P [84] ma'lumotlariga ko'ra, faoliyatni yakunlash / yangi qidiruv loyihasini yakunlash / ishga tushirish / uglevodorodlarni qayta ishlash "tizimni ishga tushirishdan oldin o'tkaziladigan bir qator tekshiruvlardan iborat. Ushbu tekshiruvlarning maqsadi, iloji boricha, har bir uskuna / tizimning loyiha talablariga muvofiq qurilishi, o'rnatilishi va ekspluatatsiya qilinishini ta'minlashdan iborat. Ushbu tekshiruvlar, shuningdek, ishga tushirish bosqichidan oldin dizayn va ijroning so'nggi tanqidiy qayta ko'rib chiqilishini anglatadi. Pirovard maqsad obyektni xavfsiz va shikastlanmagan holda yetkazib berishni aniqlashdan iborat.

Ushbu foydalanishga topshirish tekshiruvlari yuqorida tilga olingan kompaniya tomonidan neft va gaz loyihalari (burg'ilash va qazib olish, neft-kimyo

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

va boshqalar) uchun ishlab chiqarilgan muhandislik hujjatlari doirasida ikki bosqichda amalga oshiriladi:

- Boshlang‘ich ishga tushirish bosqichi (*ishga tushirishdan oldingi* - statik sinovlarga mos);

- Yakuniy ishga tushirish bosqichi (*ishga tushirish* - dinamik sinovlarga mos);

Keyinchalik, loyihani "yakunlash" ning so‘nggi bosqichi hisoblangan ishga tushirish bosqichi ishlab chiqarishning boshlang‘ich bosqichiga o‘tadi, bu bosqich uchun maxsus adabiyotlarda "Start-Up" atamasi qo‘llaniladi. Ushbu bosqich ishga tushirish guruhi tomonidan sanoat maqsadini amalga oshiruvchi jamoa bilan birgalikda amalga oshiriladi va makrotizimning turli sinovlaridan iborat bo‘lib, u o‘zaro bog‘langan alohida tizimlarning loyihalashtirilgan shartlarga muvofiq (kutilgan ishlab chiqarish parametrlari ostida) hamda maksimal xavfsizlik sharoitida ishlashini tekshirishga qaratilgan. [20] da keltirilgan Rojer Kingslining so‘zlariga ko‘ra, "loyiha foydalanishga topshirish bosqichiga yetganida, loyihani ishlab chiqish xarajatlari allaqachon katta miqdorda amalga oshirilgan bo‘lishi kerak, investorlar tomonidan yaratilgan muhit esa allaqachon katta kutish, sabrsizlik va ba‘zan biroz

qo‘rquv. Loyiha bozor kutilmalari bilan bog‘liq holda ko‘rib chiqiladi va bu ko‘pincha yakunlash uchun yuqori shoshilinchlikni anglatadi. Bularning barchasi allaqachon yuqori darajada mavjud bo‘lgan psixologik stressga qo‘shiladi, bu esa ko‘p tarmoqli muhandislik tarmoqlarining sa’y-harakatlari bilan belgilanadi. "Foydalanishga topshirish ham boshqaruv, ham texnik vazifa bo‘lib, loyiha boshqaruviga o‘zaro bog‘liq elementlarning o‘ziga xos yondashuvini yuklaydi:

- Engineering team (design);
- Qurilish / montaj bosqichini amalga oshirish guruhi;
- Commissioning team;
- Qurilgan loyiha / tizim, yakunlanish bosqichida
- Involved processes.

Bunday hollarda loyihani, ya’ni qurilishni amalga oshirgan pudratchilarga nisbatan adolatni, shuningdek, ishga tushirish operatsiyasi talab qiladigan yuqori darajadagi ixtisoslashuvni hisobga olgan holda, foydalanishga topshirish bosqichi uchun ixtisoslashtirilgan pudratchilarga ustunlik beriladi.

Xulosa

Neft burg‘ulash va qazib olish inshootlarida elektr uskunalarini tekshirish usullari ishlab chiqarish jarayonining uzluksizligi va xavfsizligini ta’minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Elektr jihozlarini muntazam ravishda vizual ko‘rikdan o‘tkazish, izolyatsiya sinovlari, yerga ulanish tizimini nazorat qilish, himoya relelari va avtomatikalarini tekshirish, shuningdek, zamonaviy diagnostika vositalaridan foydalanish orqali nosozliklarni erta bosqichda aniqlash mumkin. Bu esa avariya, ishlab chiqarish to‘xtashlari va energiya samaradorligining pasayishini oldini oladi.

Shu bois, neft sanoatida elektr uskunalarini tekshirishning kompleks yondashuvi - an’anaviy usullarni zamonaviy texnologiyalar bilan uyg‘unlashtirish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- mehnat muhofazasi talablariga rioya etish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning eng muhim omillaridan biridir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Mehnat kodeksi. – Toshkent: Adolat, 2020.
2. “Mehnatni muhofaza qilish to‘g‘risida” gi Qonun. – Toshkent, 2016.
3. International Labour Organization (ILO). Occupational Safety and Health Standards. – Geneva, 2019.
4. ISO 45001:2018 – Occupational health and safety management systems. – International Organization for Standardization.
5. OSHA Standards for Oil and Gas Industry. – Washington D.C., 2021.
6. Karimov, A. “Neft sanoatida elektr uskunalari ekspluatatsiya qilish va texnik nazorat.” – Toshkent: Fan, 2018.
7. Smith, J. *Electrical Equipment Testing in Oil and Gas Facilities*. – London: Springer, 2020.

SANOAT 4.0 VA ISHLAB CHIQARISHNI AVTOMATLASHTIRISHNING NAZARIY ASOSLARI

Babamurodov K.X.

“Metrologiya va texnik tizimlarni avtomatlashtirish” kafedrası dotsenti, f.m.f.n.
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Abraqulov N.A.

“Metrologiya va texnik tizimlarni avtomatlashtirish” kafedrası magistranti
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada Sanoat 4.0 konsepsiyasi va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirishning nazariy asoslari yoritilgan. Sanoat 4.0 ning paydo bo‘lishi, uning asosiy tamoyillari hamda zamonaviy sanoat tizimlarida raqamli transformatsiyaning o‘rni tahlil qilingan. Shuningdek, ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirishning tarixiy rivojlanish bosqichlari — mexanik, rele asosidagi, elektron, kompyuterlashtirilgan va intellektual avtomatlashtirish tizimlari ketma-ketligi ko‘rib chiqilgan. Maqolada IoT, Big Data, sun‘iy intellekt, raqamli egizak va bulutli texnologiyalar kabi zamonaviy raqamli yechimlarning ishlab chiqarish samaradorligini oshirishdagi ahamiyati ochib berilgan. Natijada Sanoat 4.0 sharoitida avtomatlashtirish tizimlarini takomillashtirishning ilmiy-amaliy asoslari shakllantirilgan.

Kalit so‘zlar. Sanoat 4.0, avtomatlashtirish, raqamli texnologiyalar, sun‘iy intellekt, IoT, Big Data, SCADA, PLC, raqamli egizak, Smart Factory, kiber-fizik tizimlar, ishlab chiqarish jarayonlari, intellektual boshqaruv.

Sanoat 4.0 konsepsiyasi va uning asosiy tamoyillari. Zamonaviy sanoat rivojlanishining hozirgi bosqichi jahon amaliyotida Sanoat 4.0 (Industry 4.0)

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

konsepsiyasi bilan tavsiflanadi. Ushbu konsepsiya ilk bor 2011-yilda Germaniyada ilgari surilgan bo‘lib, ishlab chiqarish jarayonlarini chuqur raqamlashtirish, avtomatlashtirish va intellektual boshqaruv tizimlari asosida tashkil etishni nazarda tutadi. Sanoat 4.0 an’anaviy sanoat tizimlaridan farqli ravishda ishlab chiqarish jarayonlarida axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, sun’iy intellekt, kiber-fizik tizimlar va aqlli qurilmalarning o‘zaro integratsiyasiga asoslanadi.

Sanoat taraqqiyotining tarixiy rivojlanish bosqichlari ketma-ket Sanoat 1.0, Sanoat 2.0, Sanoat 3.0 va Sanoat 4.0 davrlarini o‘z ichiga oladi. Sanoat 1.0 mexanizatsiyalashuv va bug‘ dvigatellari bilan, Sanoat 2.0 elektr energiyasi asosida ommaviy ishlab chiqarish bilan, Sanoat 3.0 esa elektronika va dasturlashtiriladigan mantiqiy kontrollerlar (PLC) asosidagi avtomatlashtirish bilan tavsiflanadi. Sanoat 4.0 esa ushbu bosqichlarning mantiqiy davomi bo‘lib, raqamli va intellektual ishlab chiqarish muhitini shakllantiradi.

Sanoat 4.0 konsepsiyasining asosiy maqsadi ishlab chiqarish jarayonlarini yanada moslashuvchan, samarali va resurs tejamkor qilishdan iborat. Bu esa ishlab chiqarish tizimlarida real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ish, tahlil qilish va avtomatik qarorlar qabul qilish imkoniyatini yaratadi. Natijada ishlab chiqarish jarayonlari bozor talablari va iste’molchi ehtiyojlariga tez moslasha oladigan holga keladi.

Sanoat 4.0 konsepsiyasi bir qator asosiy tamoyillarga tayanadi. Ushbu tamoyillar ishlab chiqarish tizimlarining samarali ishlashini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Birinchi tamoyil — o‘zaro integratsiyalashuv (interoperability) tamoyilidir. Bu tamoyilga ko‘ra, ishlab chiqarish jarayonida ishtirok etuvchi mashinalar, qurilmalar, sensorlar va axborot tizimlari bir-biri bilan uzluksiz aloqa o‘rnatishi va ma’lumot almashishi lozim. Ushbu jarayonda Internet of Things (IoT) texnologiyalari muhim rol o‘ynaydi.

Ikkinchi tamoyil — shaffoflik va axborotning ochiqqligi (information transparency) hisoblanadi. Ishlab chiqarish jarayonlarida hosil bo‘layotgan katta hajmdagi ma’lumotlar raqamli platformalarda qayta ishlanib, real holatni aks ettiruvchi virtual modellar shakllantiriladi. Bu esa ishlab chiqarish jarayonlarini chuqur tahlil qilish va samarali boshqarish imkonini beradi.

Uchinchi tamoyil — texnik yordam va intellektual qo‘llab-quvvatlash (technical assistance) bo‘lib, unda sun’iy intellekt asosidagi tizimlar inson mehnatini yengillashtiradi, murakkab hisob-kitoblarni amalga oshiradi va optimal qarorlar qabul qilishda yordam beradi. Bu jarayonlarda mashinaviy o‘rganish va intellektual tahlil algoritmlaridan keng foydalaniladi.

To‘rtinchi tamoyil — avtonom qaror qabul qilish (decentralized decision-making) tamoyilidir. Ushbu tamoyilga ko‘ra, ishlab chiqarish tizimining alohida

elementlari markazlashmagan holda mustaqil qaror qabul qila oladi. Bu esa ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksizligi va barqarorligini ta'minlaydi.

Sanoat 4.0 konsepsiyasi doirasida kiber-fizik tizimlar muhim o'rin egallaydi. Kiber-fizik tizimlar real jismoniy jarayonlar va ularning raqamli modellarini birlashtirgan holda ishlaydi. Ular sensorlar orqali ma'lumotlarni yig'ib, ularni tahlil qiladi va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatik boshqaradi. Bu tizimlar ishlab chiqarishning yuqori aniqlik va ishonchlilik bilan ishlashini ta'minlaydi.

Shuningdek, Sanoat 4.0 konsepsiyasi moslashuvchan ishlab chiqarish, individual buyurtmalar asosida mahsulot ishlab chiqarish, energiya va resurslardan samarali foydalanish kabi ustuvor yo'nalishlarni ham o'z ichiga oladi. Bu esa zamonaviy sanoat korxonalarining raqobatbardoshligini oshirishga xizmat qiladi.

Sanoat 4.0 konsepsiyasi ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish va intellektual boshqaruv tizimlari asosida tashkil etishga qaratilgan bo'lib, uning asosiy tamoyillari sanoat korxonalarining samaradorligini oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash va innovatsion rivojlanishni ta'minlashga xizmat qiladi. Ushbu konsepsiya ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish modelini takomillashtirish uchun mustahkam nazariy asos bo'lib hisoblanadi.

Ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish tizimlarining rivojlanish bosqichlari. Ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish sanoat taraqqiyotining eng muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Avtomatlashtirish mehnat unumdorligini oshirish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish, mahsulot sifatini yaxshilash hamda inson omiliga bog'liq xatoliklarni minimallashtirishga xizmat qiladi. Avtomatlashtirish tizimlarining shakllanishi va rivojlanishi sanoatning umumiy texnologik rivoji bilan chambarchas bog'liq bo'lib, bu jarayon bir necha tarixiy bosqichlarda amalga oshgan.

Avtomatlashtirishning dastlabki bosqichi. Avtomatlashtirish tizimlarining rivojlanishi dastlab mexanik avtomatlashtirish bosqichidan boshlangan. Ushbu bosqichda ishlab chiqarish jarayonlari asosan mexanik qurilmalar va mexanizmlar yordamida boshqarilgan. Texnologik operatsiyalarni bajarish qat'iy ketma-ketlikda amalga oshirilgan bo'lib, jarayonlarga moslashuvchanlik darajasi past bo'lgan. Ushbu davrda inson mehnati asosiy rol o'ynagan, avtomatlashtirish esa faqat ayrim texnologik jarayonlarni yengillashtirishga xizmat qilgan.

Elektr va rele asosidagi avtomatlashtirish bosqichi. Keyingi bosqichda elektr energiyasidan foydalanish kengayib, rele-kontaktorli boshqaruv tizimlari shakllandi. Ushbu tizimlar ishlab chiqarish jarayonlarini masofadan boshqarish va qisman avtomatlashtirish imkonini berdi. Rele asosidagi tizimlar oddiy va ishonchli bo'lsada, murakkab texnologik jarayonlarni boshqarishda cheklangan imkoniyatlarga ega edi. Bunda texnologik jarayonlarni o'zgartirish yoki takomillashtirish katta vaqt va mehnat talab etgan.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Elektron va dasturlashtiriladigan avtomatlashtirish bosqichi. Avtomatlashtirish tizimlarining rivojlanishida elektronika va mikroprotsessor texnologiyalarining paydo bo‘lishi muhim burilish yasadi. Ushbu bosqichda dasturlashtiriladigan mantiqiy kontrollerlar (PLC) ishlab chiqildi va sanoat korxonalarida keng qo‘llanila boshlandi. PLC asosidagi tizimlar texnologik jarayonlarni aniq, ishonchli va tezkor boshqarish imkonini yaratdi. Shu bilan birga, avtomatlashtirish tizimlarining moslashuvchanligi sezilarli darajada oshdi.

Mazkur bosqichda SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) tizimlari joriy etilib, texnologik jarayonlarni real vaqt rejimida kuzatish va boshqarish imkoniyati paydo bo‘ldi. Operatorlar markazlashgan boshqaruv pultrlari orqali jarayonlarni nazorat qila boshladi, bu esa ishlab chiqarish xavfsizligi va samaradorligini oshirdi.

Kompyuterlashtirilgan va integratsiyalashgan avtomatlashtirish bosqichi. Keyingi rivojlanish bosqichi ishlab chiqarish jarayonlarining kompyuterlashtirilishi bilan bog‘liq bo‘lib, bunda avtomatlashtirish tizimlari korxona boshqaruv tizimlari bilan integratsiyalashdi. MES (Manufacturing Execution System) va ERP (Enterprise Resource Planning) tizimlarining joriy etilishi ishlab chiqarish rejalashtirish, resurslarni boshqarish va mahsulot harakatini nazorat qilish imkonini berdi.

Ushbu bosqichda avtomatlashtirish tizimlari nafaqat texnologik jarayonlarni, balki ishlab chiqarishning tashkiliy va iqtisodiy jihatlarini ham qamrab oldi. Natijada korxonalar faoliyati kompleks tarzda boshqarila boshlandi.

Raqamli va intellektual avtomatlashtirish bosqichi. Zamonaviy bosqich raqamli va intellektual avtomatlashtirish bilan tavsiflanadi. Bu bosqich Sanoat 4.0 konsepsiyasi bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, unda sun‘iy intellekt, mashinaviy o‘rganish, katta ma‘lumotlar (Big Data) va IoT texnologiyalari keng qo‘llanilmoqda. Avtomatlashtirish tizimlari real vaqt rejimida katta hajmdagi ma‘lumotlarni yig‘ish, tahlil qilish va optimal qarorlar qabul qilish imkoniyatiga ega bo‘ldi.

Intellektual avtomatlashtirish tizimlari ishlab chiqarish jarayonlaridagi nosozliklarni oldindan aniqlash, texnik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish (Predictive Maintenance) hamda resurslardan samarali foydalanishni ta‘minlaydi. Bu esa ishlab chiqarish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytirishga xizmat qiladi.

Moslashuvchan va avtonom avtomatlashtirish tizimlari. Hozirgi davrda avtomatlashtirish tizimlari moslashuvchan va avtonom xarakterga ega bo‘lib bormoqda. Bunday tizimlar ishlab chiqarish sharoitlari va bozor talablariga tezkor moslashadi, texnologik jarayonlarni mustaqil optimallashtiradi hamda inson aralashuvsiz qarorlar qabul qilish imkoniyatiga ega.

Sun‘iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimlari yordamida ishlab chiqarish samaradorligi oshib, mahsulot sifatining barqarorligi ta‘minlanadi. Bu jarayonlar

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ishlab chiqarishni avtomatlashtirish modelini takomillashtirish uchun mustahkam nazariy va amaliy asos yaratadi.

Shunday qilib, ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish tizimlarining rivojlanishi oddiy mexanik boshqaruvdan tortib, zamonaviy intellektual va avtonom tizimlarga bo‘lgan murakkab evolyutsion jarayonni o‘z ichiga oladi. Har bir rivojlanish bosqichi ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, inson mehnatini yengillashtirish va mahsulot sifatini yaxshilashga qaratilgan. Mazkur bosqichlarning tahlili Sanoat 4.0 tamoyillariga asoslangan avtomatlashtirish modelini takomillashtirishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Sanoat 4.0 sharoitida raqamli texnologiyalarning ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirishdagi o‘rni. Sanoat 4.0 konsepsiyasining asosiy xususiyati ishlab chiqarish jarayonlarini raqamli texnologiyalar asosida tashkil etish va boshqarish hisoblanadi. Raqamli texnologiyalar ishlab chiqarishning barcha bosqichlarini – loyihalashdan tortib tayyor mahsulotni yetkazib berishgacha bo‘lgan jarayonlarni yagona axborot muhitida birlashtirish imkonini beradi. Natijada ishlab chiqarish jarayonlari yanada shaffof, boshqaruv esa tezkor va samarali bo‘ladi.

Zamonaviy sanoat korxonalarida raqamli texnologiyalarsiz avtomatlashtirish tizimlarini tasavvur etib bo‘lmaydi. Chunki raqamlashtirish avtomatlashtirishning texnik asosini tashkil etib, ma’lumotlarni yig‘ish, uzatish, qayta ishlash va tahlil qilish jarayonlarini ta’minlaydi. Aynan shu jarayonlar sun’iy intellektga asoslangan boshqaruv tizimlarining samarali ishlashiga zamin yaratadi.

Ishlab chiqarish jarayonlarini raqamlashtirish tushunchasi. Ishlab chiqarishni raqamlashtirish deganda texnologik jarayonlar, uskunarlar, xodimlar va mahsulotlar to‘g‘risidagi barcha ma’lumotlarni raqamli ko‘rinishda shakllantirish, saqlash va tahlil qilish tushuniladi. Raqamlashtirish natijasida ishlab chiqarish jarayonlarining real holatini aks ettiruvchi raqamli modellar yaratiladi. Ushbu modellar ishlab chiqarish jarayonlarini tahlil qilish, prognozlash va optimallashtirish imkonini beradi.

Raqamlashtirish avtomatlashtirish tizimlarining sifat jihatdan yangi bosqichga ko‘tarilishiga olib keladi. An’anaviy avtomatlashtirishda asosan buyruqlarni bajarish ustuvor bo‘lsa, raqamli avtomatlashtirishda tahlil, prognoz va intellektual qaror qabul qilish imkoniyatlari paydo bo‘ladi.

Internet of Things (IoT) texnologiyalarining o‘rni. Sanoat 4.0 sharoitida ishlab chiqarishni avtomatlashtirishda Internet of Things (IoT) texnologiyalari muhim rol o‘ynaydi. IoT texnologiyalari yordamida ishlab chiqarish uskunalari, sensorlar va qurilmalar tarmoqqa ulanadi va real vaqt rejimida ma’lumot almashadi. Bu ma’lumotlar avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlariga uzatiladi va tahlil qilinadi.

IoT asosida ishlab chiqarish jarayonlarining har bir bosqichi doimiy monitoring ostida bo‘ladi. Masalan, harorat, bosim, tebranish, energiya sarfi kabi ko‘rsatkichlar uzluksiz ravishda nazorat qilinadi. Ushbu ma’lumotlar asosida

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

avtomatlashtirish tizimi texnologik jarayonlarni optimallashtiradi yoki yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan nosozliklarni oldindan aniqlaydi.

Katta ma’lumotlar (Big Data) va analitik texnologiyalar. Zamonaviy avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish tizimlari katta hajmdagi ma’lumotlarni hosil qiladi. Ushbu ma’lumotlarni samarali qayta ishlash Big Data texnologiyalarini qo‘llashni talab etadi. Big Data analitikasi ishlab chiqarish jarayonlarida yashirin qonuniyatlarni aniqlash, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va resurslardan optimal foydalanish imkonini beradi. Katta ma’lumotlar asosida qaror qabul qilish avtomatlashtirish tizimlarining aniqligi va ishonchliligini oshiradi. Bu jarayon sun’iy intellekt algoritmlarining samarali ishlashiga asos bo‘lib xizmat qiladi. Natijada ishlab chiqarish jarayonlari doimiy ravishda takomillashtirib boriladi.

Sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rganish texnologiyalari. Raqamli texnologiyalar ichida sun’iy intellekt (AI) va mashinaviy o‘rganish (Machine Learning) alohida o‘rin egallaydi. Ushbu texnologiyalar ishlab chiqarish jarayonlarida murakkab tahliliy vazifalarni bajarish, prognozlash va optimal qarorlar qabul qilish imkonini beradi.

Sun’iy intellekt asosidagi avtomatlashtirish tizimlari ishlab chiqarish jarayonlaridagi nosozliklarni oldindan aniqlash, texnik xizmat ko‘rsatishni optimallashtirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Masalan, Predictive Maintenance texnologiyasi uskunalarning ishlash holatini tahlil qilib, nosozlik yuzaga kelishidan oldin ogohlantirish imkonini beradi.

Raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyasi. Sanoat 4.0 sharoitida raqamli texnologiyalarning yana bir muhim yo‘nalishi raqamli egizak (Digital Twin) hisoblanadi. Raqamli egizak real ishlab chiqarish obyekti yoki jarayonining virtual nusxasi bo‘lib, u real vaqtda yangilanib boradi. Ushbu texnologiya yordamida ishlab chiqarish jarayonlarini modellashtirish, turli stsenariylarni sinab ko‘rish va optimal yechimlarni aniqlash mumkin.

Raqamli egizak avtomatlashtirish tizimlarining moslashuvchanligini oshiradi va ishlab chiqarish jarayonlarini xavfsiz muhitda takomillashtirish imkonini beradi. Bu esa ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va xavflarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Bulutli texnologiyalar va sanoat platformalari. Bulutli hisoblash texnologiyalari Sanoat 4.0 sharoitida avtomatlashtirish tizimlarini kengaytirish va integratsiya qilishda muhim ahamiyatga ega. Bulutli platformalar yordamida ma’lumotlarni markazlashtirilgan holda saqlash, qayta ishlash va tahlil qilish mumkin bo‘ladi. Bu esa ishlab chiqarish tizimlarining miqyoslanishini osonlashtiradi.

Bulutli texnologiyalar avtomatlashtirish tizimlarini masofadan boshqarish, monitoring qilish va optimallashtirish imkonini beradi. Natijada korxonalar o‘z ishlab chiqarish jarayonlarini yanada samarali tashkil etadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Sanoat 4.0 sharoitida raqamli texnologiyalar ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirishning asosiy harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi. IoT, Big Data, sun'iy intellekt, raqamli egizak va bulutli texnologiyalar avtomatlashtirish tizimlarining samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu texnologiyalarning kompleks qo'llanilishi ishlab chiqarish jarayonlarini intellektual boshqarish, resurslardan oqilona foydalanish va mahsulot sifatini barqaror ta'minlash imkonini beradi. Bu esa Sanoat 4.0 tamoyillariga asoslangan avtomatlashtirish modelini takomillashtirish uchun mustahkam ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

- 1 N.R. Yusupbekov, F.R. Abdurasulov, Sh.B. Sattarov, Jin Jung Hwa, F.T. Adilov, A.I. Ivanyan. Application of innovative IT-solutions in complex high-technology production on the example of Uzbekistan Gas to Liquid (UzGTL) project. Proceedings of the International Conference on Integrated Innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects, October 26-27, 2017, V olume II, - pp. 10-15.
2. M.M. Qodirov. Avtomatlashtirish va ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish. Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim nashriyoti, 2019.
3. A.A. Abduqodirov. Sanoat korxonalarida avtomatlashtirish tizimlari. Toshkent: Fan va texnologiya, 2018.
4. S.S. Tursunov. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish asoslari. Toshkent: O‘zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2020.
5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti qarorlari va farmonlari *Raqamli O‘zbekiston – 2030 strategiyasi*. <https://lex.uz>

SHAKLLASHNING ASOSIY USULLARI, MASSA VA SUSPENZIYA NAMLINING SHAKLLANGAN MATERIALLAR SIFATIGA TA’SIRI

Berdiyarov O‘ktam Mengto‘rayevich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi

Ahmedov Abduvali Ismoil o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Abdusattorov Samandar Eshmirza o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Tezisdan keramika va silikat buyumlar ishlab chiqarishda shakllash bosqichining mahsulot sifati uchun hal qiluvchi o‘rni tahlil qilinadi. Plastik shakllash, yarim quruq presslash, quyma usul, ekstruziya va vibratsion shakllash namlik, zichlik hamda mustahkamlik o‘rtasidagi bog‘liqlik nuqtai nazaridan qiyoslandi. Tahlil natijasida optimal namlikni saqlash, dispers tarkibni boshqarish va

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

presslash bosimini mos tanlash g‘ovaklik hamda quritishdagi deformatsiyani kamaytirishi asoslandi.

Kalit so‘zlar: shakllash, namlik, plastiklik, presslash, shliker, zichlik, mustahkamlik.

Silikat va keramika sanoatida shakllash xom aralashmaga faqat geometrik ko‘rinish berish emas, balki keyingi quritish va pishirish natijasini oldindan belgilovchi bosqichdir. Aynan shu yerda namlik, plastiklik va zarracha tarkibi muvozanatdan chiqsa, quritishda cho‘kish notekis kechadi, ichki kuchlanish to‘planadi va yoriq, qiyshayish yoki qatlamlanish yuz beradi. Shuning uchun mahsulot sifati pech rejimidan oldin massa holatining boshqarilishiga bog‘liq [1-3].

Plastik shakllash yuqori plastiklikka ega massalar bilan ishlaydi; murakkab shaklli g‘isht, quvur va profil buyumlar uchun qulay, ammo havo va kapillyar suv ko‘pligi sababli quritish sezgir. Yarim quruq presslashda namlik kamroq bo‘lgani uchun o‘lcham aniqligi yuqori, cho‘kish kichik va zichlik barqarorroq bo‘ladi; kamchiligi - bosim yetarli bo‘lmasa qirra sinishi, ortiqcha bosimda esa ichki qatlamlanish xavfi. Quyma usulda shliker qolipga quyiladi; murakkab geometriya olinadi, lekin viskozlik va qattiq faza ulushi noto‘g‘ri bo‘lsa devor qalinligi notekis shakllanadi. Ekstruziya uzluksiz profil olishda eng unumdor usul bo‘lib, vakuumlash qatlamlanishni kamaytiradi. Vibratsion shakllash esa kam plastiklikli massalarda zarrachalarning qayta joylashuvini jadallashtirib, yirik yoki maxsus shaklli buyumlarda foyda beradi [4-6].

Turli shakllash usullarining texnologik samaradorligini taqqoslash

Usul	Texnologik prinsipi	Afzalligi	Kamchiligi	Qo'llanish sohasi
Plastik shakllash	18–22 % nam massa deformatsiyalanadi	Murakkab shakl, yaxshi birikuv	Quritishda cho'kish katta	G'isht, quvur, fason buyumlar
Yarim quruq presslash	6–10 % nam kukun bosimda zichlanadi	O'lcham aniq, zichlik yuqori	Namlik notekis bo'lsa qirra sinadi	Plitka, devorbop buyumlar
Quyma usul	36–42 % shliker qolipda suv yo'qotadi	Murakkab geometriya	Viskozlikka juda sezgir	Sanitariya, nozik keramika
Ekstruziya	Vakuumlangan massa mundshtukdan siqib chiqariladi	Uzluksiz va unumdor jarayon	Qatlamlanish xavfi mavjud	Profil, blok, quvur
Vibratsion shakllash	Tebranish ta'sirida zarrachalar qayta joylashadi	Qattiq massada zichlanish tezlashadi	Rejim noto'g'ri bo'lsa ajralish bor	Yirik va maxsus buyumlar

Amaliy jihatdan plastik massa uchun 18–22 % atrofidagi namlik, yarim quruq presslash uchun 6–10 % diapazon, shliker tayyorlashda esa 36–42 % suyuq fazali tizim texnologik jihatdan maqbul hisoblanadi. Namlik oshganda plastiklik ortadi, biroq haddan tashqari suv kapillyar bo‘shliqlarni ko‘paytirib, quritish cho‘kishini va sirtning egilishini kuchaytiradi. Aksincha, namlik yetishmaganda press-kukun qolipni to‘liq to‘ldirmaydi, zarracha-zarracha kontakt maydoni kamayadi va xom jismning quruq mustahkamligi pasayadi. Shlikerda viskozlik yuqori bo‘lsa qolip suvni tortganiga qaramay massa sekin yotadi; juda past viskozlik esa fraksion ajralishni kuchaytiradi.

Namlik miqdorini baholash uchun $W = (m_1 - m_2)/m_2 \times 100 \%$ formuladan foydalaniladi; bu yerda m_1 — nam namunaning massasi, m_2 — quritilgandan keyingi massa. Shakllangan jismning zichligi $\rho = m/V$ orqali aniqlanadi; bunda m — namuna massasi, V — hajm. ρ qiymatining ortishi odatda g‘ovaklikning kamayganini bildiradi. Ilmiy tahlil shuni ko‘rsatadiki, presslash bosimi ortishi ma’lum chegaragacha zarralararo bo‘shliqni qisqartiradi, ammo havoning chiqishi cheklansa “qaytish” deformatsiyasi va laminar yoriqlar paydo bo‘ladi. Zarracha dispersligi ham muhim: mayda fraksiya skeletni to‘ldirib zichlanishni yaxshilaydi, lekin haddan tashqari maydalik suv talabini oshiradi. Quritishda esa markaz va sirt orasidagi namlik gradienti qancha katta bo‘lsa, deformatsiya shuncha kuchli bo‘ladi.

Grafik tavsifi quyidagicha ifodalanadi: past namlik zonasida materialning zichlanishi sust, mustahkamligi esa past bo‘ladi; namlik ortishi bilan zarralar qayta joylashuvi yaxshilanadi va egri chiziq yuqoriga ko‘tariladi; optimal nuqtadan keyin ortiqcha suv sabab cho‘kish va g‘ovaklik kuchayib, egri chiziq pasaya boshlaydi. Demak, “Optimal namlik oralig‘ida shakllangan materialning zichligi va mustahkamligi ortadi”. Sifatli shakllangan material uchun mexanik mustahkamlik, bir jinslilik, minimal deformatsiya, yoriqsiz tuzilma, optimal zichlik va silliq sirt bir vaqtning o‘zida ta’minlanishi zarur.

Zamonaviy ishlab chiqarishda vakuumli presslash, avtomatlashtirilgan namlik nazorati, presslash parametrlarini sensor orqali kuzatish, nanoqo‘shimchalar bilan struktura zichlashuvi va energiya tejankor quritish-shakllash tizimlari samarali natija bermoqda. Ayniqsa, nanoqo‘shimcha kam miqdorda kiritilganda mustahkamlikni oshirib, zichlikni sezilarli o‘zgartirmasdan defekt xavfini pasaytiradi. Umumiy texnologik xulosa shuki, devorbop va o‘lcham aniqligi yuqori buyumlar uchun yarim quruq presslash eng samarali usuldir; murakkab geometriyada quyma usul, uzluksiz profil uchun ekstruziya ustun. Har qanday holatda ham mahsulot sifatini belgilovchi asosiy omil — optimal namlikni tanlash, energiya sarfini kamaytirgan holda deformatsiyani cheklash va zich, bir jinsli mikrostruktura hosil qilishdir.

Adabiyotlar:

1. A.A. Ismatov. *Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar texnologiyasi*. – Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2006. – 576 b.

2. A.A. Ismatov. *Silikat va qiyin eriydigan nometall material va buyumlar texnologiyasi*. – Toshkent: “Ilm-Ziyo”, 2006. – 223 b.
3. J.I. Alimjonova, A.A. Ismatov. *Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar fizik kimyosi*. – Toshkent: “O‘qituvchi”, 2009. – 288 b.
4. M.N. Usupova, A.A. Ismatov. *Keramika va olovbardosh materiallar texnologiyasi*. – Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2011. – 396 b.
5. D.I. Alimjonova, M.X. Aripova, B.R. Ro‘ziboyev, Sh.M. Abdusattorov. *Silikat materiallar ishlab chiqarishda issiqlik jarayonlari va qurilmalari*. – Toshkent: “Sano-standart”, 2019. – 272 b.
6. M.X. Aripova, Z.A. Babaxanova. *“Silikat materiallar texnologiyasining nazariy asoslari” fanidan o‘quv-uslubiy majmua*. – Toshkent, 2022.

SILIKAT MATERIALLARGA ISSIQLIK ISHLOV BERISH JARAYONI

Berdiyarov O‘ktam Mengto‘rayevich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi

Ergasheva Tursunoy Olimjon qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Mamarajabova Nasiba Bahodir qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya: Mazkur tadqiqotda silikat materiallarga issiqlik bilan ishlov berish jarayonlari, ya’ni quritish va kuydirish bosqichlarining texnologik ahamiyati yoritilgan. Quritish jarayonida xom ashyo tarkibidagi ortiqcha namlik chiqarilib, materialning keyingi texnologik bosqichlarga tayyorligi ta’minlanadi.

Kuydirish jarayonida esa yuqori harorat ta’sirida murakkab fizik-kimyoviy o‘zgarishlar sodir bo‘lib, materialning zichligi va mustahkamligi ortadi.

Kalit so‘zlar: Silikat, quritish, kuydirish, harorat, namlikni yo‘qotish, fizik-kimyoviy, mustahkamlik, pechlar,

Silikat materiallar (g‘isht, keramika, shisha va boshqa qurilish mahsulotlari) zamonaviy qurilish va sanoatda keng qo‘llaniladigan muhim materiallar hisoblanadi. Quritish jarayonida xom ashyo tarkibidagi ortiqcha namlik chiqarib tashlanadi va material keyingi texnologik bosqichlarga tayyorlanadi. Ushbu jarayon mahsulotning deformatsiyalanmasligi, yorilib ketmasligi hamda sifatining saqlanishi uchun muhim ahamiyatga ega[1]. Kuydirish jarayoni esa yuqori harorat ta’sirida amalga oshiriladi va bu jarayonda material tarkibida muhim fizik hamda kimyoviy o‘zgarishlar yuz beradi. Natijada materialning tuzilishi mustahkamlanadi, zichligi ortadi va u yuqori sifatli qurilish mahsulotiga aylanadi. Shu sababli silikat materiallarni quritish va kuydirish jarayonlarini ilmiy jihatdan o‘rganish, ularning samaradorligini oshirish muhim masalalardan biri hisoblanadi [2].

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Quritish odatda past yoki o‘rta haroratlarda amalga oshiriladi (masalan, 100–200 °C oralig‘ida, material turiga qarab). Suv asta-sekin bug‘lanadi, shunda material ichida ichki stress hosil bo‘lmaydi. Quritish havoning aylanishi va namlik nazorati bilan birga olib boriladi.

Tabiiy quritish: Materialni ochiq havoda yoki yopiq, lekin shamollatiladigan joyda quritish. Sezilarli vaqt talab qiladi.

Sun‘iy quritish: Maxsus quritish kameralarida yoki pechlarda harorat va havo harakatini nazorat qilgan holda tezroq quritish.

Bosimli quritish: Ba’zi hollarda quritish jarayonini havo bosimi yordamida tezlashtirish mumkin. Materialning shaklini saqlash va deformatsiyani oldini olish. Kuydirish jarayonida yuzaga keladigan yorilish va portlash xavfini kamaytirish. Kuydirishning samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish.

Quritish harorati: Juda tez yoki yuqori harorat ichki yorilishlarga olib kelishi mumkin.

Quritish vaqti: Materialning qalinligi va namlik darajasi hisobga olinadi.

Havo aylanishi: Quritish bir tekis bo‘lishi uchun havo harakati muhim.

Kuydirish (sinterlash) silikat materiallarni issiqlik yordamida mustahkamlash, zichlashtirish va ularning mexanik, kimyoviy xususiyatlarini yaxshilash jarayonidir. Bu bosqich quritishdan so‘ng amalga oshiriladi va materialni oxirgi ishlatilish darajasiga yetkazadi. Kuydirish jarayonida silikat materiallar yuqori haroratga (odatda 800–1100 °C yoki ba’zi hollarda 1000–1200 °C) ta’sir qiladi. Yuqori harorat ta’sirida material tarkibidagi minerallar qisman eriydi va yangi kristall yoki amorf tuzilmalar hosil bo‘ladi. Shu bilan material mustahkamligi, zichligi va issiqlikka chidamliligi oshadi [3].

Oddiy pechlarda kuydirish: Materiallarni konveksiya yoki konduksiya orqali isitish.

Tunnel pechlari: Materiallar asta-sekin harorat ko‘tariladigan uzluksiz jarayonlarda kuydiriladi.

Elektr pechlar yoki gaz pechlar: Haroratni aniq nazorat qilish imkonini beradi.

Kuydirishning texnologik ahamiyati: Materialning mustahkamligini oshirish va ishlatilish muddatini uzaytirish. Suvga, havo va mexanik ta’sirlarga chidamliligini yaxshilash. Kuydirish orqali silikat material tarkibidagi kimyoviy va fizik o‘zgarishlar amalga oshadi [4].

Xulosa qilib aytganda, silikat materiallarni ishlab chiqarishda quritish va kuydurish jarayonlari muhim texnologik bosqich hisoblanadi. Ushbu jarayonlar material tarkibidagi namlikni kamaytirib, uning mustahkamligi va sifatini oshiradi. Quritish va kuydurishni to‘g‘ri tashkil etish mahsulotning sifatli bo‘lishini, energiya sarfining kamayishini hamda ishlab chiqarish samaradorligining ortishini

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ta'minlaydi. Shu sababli silikat materiallarga issiqlik bilan ishlov berish jarayonlarini o'rganish va takomillashtirish muhim ahamiyatga ega [5].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Maxmudov R.A., Oripov A.A. **Silikat materiallar ishlab chiqarishda issiqlik jarayonlari unumdorligini oshirishni tadqiq etish.** – International Conferences, 2022.
2. Alimdjanova D.I., Aripova M.X., Ro'ziboev B.R., Abdusattorov Sh.M. **Silikat materiallar ishlab chiqarishda issiqlik jarayonlari va qurilmalari.** – Toshkent: Sano-standart, 2019.
3. Muxamedbaeva Z.A., Ganieva M.M., Muxamedbaev A.A. **Qurilish materiallari ishlab chiqarishda issiqlik jarayonlari va qurilmalari.** – Toshkent: Navro'z, 2019.
4. **Silikat g'isht xossalariga aktiv mineral qo'shimchalar ta'sirini o'rganish.** – Yangi O'zbekiston ilmiy jurnali, 2024.
5. **Silikat materiallar texnologiyasining nazariy asoslari.** – O'quv-uslubiy majmua, 2023.

NEFT VA GAZ QAZIB OLISH TIZIMLARINING INTELLEKTUAL XAVFSIZ EKSPLOATATSIYASI VA TEXNIK XIZMAT KO'RSATISHI

Ergashev Akrom Xolmo'minovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o'qituvchisi

Egamberdiev Abror Abdurahmon o'g'li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti assistenti

Dovutov Dilmurod Davron o'g'li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

dilmuroddovutov8@gmail.com

Annotatsiya. Tezis neft-gaz qazib olish tizimlarini intellektuallashtirishda elektr xavfsizligi muammolariga bag'ishlangan. Portlash xavfli muhitda ishlaydigan elektr qurilmalarining elektr ta'minoti uzluksizligi, izolyatsiya monitoringi va xavfsizlikni boshqarish masalalari tahlil qilingan. Ishlab chiqilgan yechimlar neft-gaz sanoatida nosozliksiz va xavfsiz ishlaydigan tizimlarni yaratishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Neft va gaz qazib olish tizimi; Xavfsiz ekspluatatsiya va texnik xizmat ko'rsatish; Intellektuallashtirish; Raqamlashtirish; Dinamik, Butun jarayon davomida xavflarni boshqarish.

Kirish

Global miqyosda elektr energetikasi iqtisodiy o'sishning asosiy omili bo'lib, ayni paytda muhim kasbiy salomatlik va xavfsizlik muammolarini ham keltirib chiqaradi [1]. Neft-gaz sanoati ham yuqori energiya talabi, portlash va yong'in xavfi yuqori bo'lgan muhit sifatida ushbu muammolarning markazida turadi. Ushbu

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

tarmoq elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash tizimlari bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, ayniqsa intellektual jihozlarning joriy etilishi bilan xavfsizlik masalalari yanada murakkablashmoqda.

Tadqiqot usuli.

1.1. Muammoning dolzarbligi

Neft va gaz qazib olish tizimlari o‘zining murakkab texnologik jarayonlari, og‘ir mehnat sharoitlari va yuqori xavf darajasi bilan ajralib turadi. Xavfsizlik umumiy nazorat qilinayotgan bo‘lsa-da, soha ichidagi xavflar uzoq vaqt saqlanib qoladi va mutaxassislik sohalarida xavfni oldini olish qobiliyatini doimiy kuchaytirish talab etiladi. So‘nggi yillarda neft va gaz qazib olish jarayonida risklarni boshqarish jarayoni va tahlil qilish tobora yaqqol namoyon bo‘lmoqda. Buning asosiy sabablari – xavfning to‘liq bartaraf etilmaganligi, qayta ishlash uskunalari va rezervuarlarning vaqti-vaqti bilan yorilishi (portlashi), shuningdek, yuqori xavfli operatsiyalarda o‘limga olib keladigan baxtsiz hodisalarning tez-tez sodir bo‘layotganidir. Shuning uchun neft va gaz qazib olish tizimlarini ishlatish va ularga texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini raqamlashtirish, tarmoqlashtirish va intellektuallashtirish dolzarb vazifaga aylanib qoldi. An‘anaviy ekspluatatsiya usullari favqulodda vaziyatlarni o‘z vaqtida sezish va bartaraf etish imkoniyatini bermaydi. Aynan shu muammoni hal qilish uchun katta hajmdagi ma‘lumotlar, raqamli modellashtirish, mashinani o‘rganish va hisoblash texnologiyalari asosida intellektual xavfsiz ekspluatatsiya tizimi ishlab chiqilmoqda.

1.2. Intellektual xavfsiz ekspluatatsiya va texnik xizmat ko‘rsatish texnologiyasining mazmuni

Ta’rifi. Intellektual ekspluatatsiya va texnik xizmat ko‘rsatish – neft va gaz qazib olish tizimlarida dinamik o‘z-o‘zini qaror qabul qilishga erishish uchun yangi avlod axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan (bulutli hisoblash, katta ma‘lumotlar, narsalar interneti, sun‘iy intellekt) foydalanishdir. U neft va gaz burg‘ulash, tashish, saqlash, qayta ishlash va kimyo muhandisligining butun jarayonini, shuningdek sog‘liqni saqlash boshqaruvi, xavfni baholash, vizual boshqaruv, intellektual ogohlantirish va xavf prognozi kabi operatsiyalarni qamrab oladi.

Avval raqamli texnologiyalar yordamida maydondagi ishlab chiqarish ma‘lumotlari olinadi, so‘ngra katta ma‘lumotlar asosida axborot modellashtirish, ma‘lumotlarni boshqarish va turli manbalardan kelgan ma‘lumotlar integratsiyasi amalga oshiriladi. Maqsad – funksional algoritmlar va intellektual modellar orqali monitoring ma‘lumotlarining ichki mohiyatini tahlil qilishdir. Oxirida, ekspluatatsiya va texnik xizmat modullari bilan birlashtirib, tizimning butun jarayoni, elementlari va hayotiy tsikli bo‘yicha xizmat ko‘rsatish amalga oshiriladi. Ma‘lumotlarni boshqarish kalit, algoritmlar asos, ekspluatatsiya va texnik xizmat platforma sifatida qaralganida, raqamli texnologiya va an‘anaviy ishlab chiqarish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

texnologiyasining chuqur integratsiyasi tizimlarning raqamlashtirish, tarmoqlashtirish va intellektuallashtirish darajasini doimiy oshirib, an'anaviy usuldan intellektual xavfsiz ekspluatatsiyaga o'tishni ta'minlaydi.

Asosiy elementlar

Neft va gaz qazib olish tizimlari o'ziga xos xavflarga ega. Turli kasbiy sohalar va asosiy bo'g'inlarda xavfni oldini olish qobiliyatini yanada kuchaytirish kerak. Shuning uchun intellektual xavfsiz ekspluatatsiya va texnik xizmat ko'rsatish uchta asosiy elementdan boshlanadi: uskunalar xavfsizligi, ish joyi xavfsizligi va jarayon xavfsizligi.

Neft va gaz qazib olishni intellektual texnologiya bilan integratsiyalash va innovatsiyani rag'batlantirish orqali potentsial xavflar tubdan bartaraf etiladi va asosiy markaziy bo'g'inlarning muhim xavfsizlik darajasi oshadi. Ishlab chiqarish uskunalari va inshootlarining normal va barqaror ishlashi neft va gaz tizimlarining kaliti hisoblanadi. Intellektual tizim muhim uskunalarning maydon monitoringi, nosozlikdan ogohlantirish, nosozlikni diagnostika qilish va holatni baholash funksiyalari uchun texnik yordam beradi.

Qazib olish jarayonida turli operatsiyalar o'rtasida bir nechta xavf o'zaro ta'siri mavjud va operatsion xavflar dinamik o'zgaradi. Shuning uchun barcha asosiy xavflarni boshqarish va favqulodda choralarda intellektual tizimlarni joriy etish zarur – bu operatsiya jarayonida baxtsiz hodisalar ehtimolini minimallashtiradi. Neft va gaz qazib olish burg'ulash va qazib olishdan tashish, saqlash, qayta ishlash, tayyor mahsulotni qayta ishlash va sotishgacha bo'lgan butun sanoat zanjirini qamrab oladi. Shu sababli barcha omillarni qamrab oluvchi xavfsizlik tizimini yaratish kerak.

Barqaror ishlashga ta'sir qiluvchi olti asosiy omil – inson, uskunalar, materiallar, texnologiya, atrof-muhit va boshqaruv. Ularni har tomonlama hisobga olib, intellektual xavfsiz ishlatish xavfsiz ishlab chiqarish, sifat va samaradorlikni oshirish hamda xarajatlarni kamaytirishga erishadi. Monitoring ma'lumotlariga asoslanib, tizim ishlash ko'rsatkichlarini oladi, uskunalar nosozligining asosiy kamchiliklarini aniqlaydi, potentsial nosozliklarni tizimli tahlil qiladi va shu bilan uskunalar xavfsizligini ta'minlaydi. Ma'lumotlarni yig'ish va saralash orqali tizim xavflarni aniqlaydi, xavf darajasini belgilaydi va xavfni kamaytirish bo'yicha aniq choralar taklif qiladi. Ishlab chiqarish jarayoni modelini qurish orqali moslashuvchan ogohlantirish tahlil usuli yaratiladi, bu haqiqiy ish sharoitlarini simulyatsiya qilib xavfni aniqlashga imkon beradi.

Xulosa

Neft va gaz qazib olish tizimlarini intellektual xavfsiz ekspluatatsiya qilish va ularga texnik xizmat ko'rsatish masalalari kompleks tahlil qilindi. Tadqiqot natijasida muammoning dolzarbligi asoslandi: neft-gaz tarmog'i yuqori xavf darajasi, murakkab texnologik jarayonlar va og'ir mehnat sharoitlari bilan ajralib

turadi, an'anaviy ekspluatatsiya usullari favqulodda vaziyatlarni o'z vaqtida aniqlash va bartaraf etish imkonini bermaydi, shu sababli jarayonlarni raqamlashtirish, tarmoqlashtirish va intellektuallashtirish dolzarb vazifa hisoblanadi. Intellektual xavfsiz ekspluatatsiya texnologiyasining mazmuni ochib berildi – u bulutli hisoblash, katta ma'lumotlar, narsalar interneti va yangi avlod axborot-kommunikatsiya vositalariga tayanib, burg'ulash, tashish, saqlash, qayta ishlash va kimyo muhandisligining butun jarayonini qamrab oladi. Uchta asosiy element aniqlandi: uskunalar xavfsizligi, ish joyi xavfsizligi va jarayon xavfsizligi; shuningdek, barqaror ishlashga ta'sir qiluvchi olti omil (inson, uskunalar, materiallar, texnologiya, atrof-muhit, boshqaruv) har tomonlama hisobga olinishi kerak. Mavjud muammolar tizimlashtirildi: texnik tadqiqotlarning murakkabligi, keng qamrovli idrok etishning sustligi, yagona platformaning yo'qligi; hal qilinishi lozim bo'lgan dolzarb masalalarga ko'p o'lchovli xavflarning rivojlanish, turli manbalardan keladigan katta hajmdagi ma'lumotlarni birlashtirish va raqamli malumotlar texnologiyasi asosida qaror qabul qilish kiradi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundan iboratki, ishlab chiqilgan yechimlar neft-gaz sanoatida nosozliksiz va xavfsiz ishlaydigan tizimlarni yaratishga, avariylarni kamaytirishga, texnik xizmat xarajatlarini optimallashtirishga hamda xodimlar xavfsizligini oshirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Chen Rongqi. Current development status and prospects of the intelligent manufacturing of offshore oil and gas production equipment. China Offshore Oil Gas 2020;32(4):152-7.
2. Yan Hongqiao, Fan Zhiqiang & Zhuangyuan Hao. Application of big data technology to cause analysis of accidents and incidents in oil and gas industry. Saf Environ Eng 2021;28(6):31-7.
3. Hassan MN, Barakat AF & Sobh AS. Effect of applying lean maintenance in oil and gas fields. IOP Conf Ser Mater Sci Eng 2020;973:012045.
4. Wang Baicun, Tao Fei, Fang Xudong, et al. Smart manufacturing and intelligent manufacturing: a comparative review. Engineering 2021;7(6):738-57.
5. Wang Chunxi, Wang Chengcheng & Wang Kai. Technology research and standard development of predictive maintenance for intelligent manufacturing equipment. China Stand 2021;(2):15-21.
6. Ren Sha, Zhang Yingfeng & Huang Binbin. New pattern of lifecycle big-data-driven smart manufacturing service for complex product. Journal of Mechanical Engineering 2018;54(22):194-203.
7. Cao Wanyan, Zhang Defa, Zhang Dandan, et al. Prospect of application scenarios of intelligent operation and maintenance in oilfield stations. Petroleum and New Energy 2021;33(4):65-8.
8. Cao Xu, Wang Rujun, Wei Lijun, et al. Study on the system architecture of "industrial internet and work safety of oil and gas pipeline". Journal of Safety Science and Technology 2021;17(S1):5-9.

**KONLARDA VA SUV OMBORLARIDA GEOMEXANIK
DEFORMATSIYALARNI INSAR TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA
MONITORING QILISH**

Eshnazarov Mustafo Shaymardonovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
Neft-gaz va konchilik ishi kafedrası katta o‘qituvchisi Mustafoe132@gmail.com

Chorshanbiyev Shoxrux Bahrom O‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
Neft-gaz va konchilik ishi kafedrası assistenti shoxrux0194@gmail.com

Shodiyev Ramshid Muxtor o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
4-kurs talabasi ramshid1122@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada konlar va suv omborlari hududlarida yuzaga keladigan geomexanik deformatsiyalarni kuzatishning zamonaviy usullaridan biri — InSAR (Interferometrik Sintetik Apertura Radari) texnologiyasining mohiyati, ishlash prinsipi va amaliy qo‘llanilishi yoritilgan. InSAR texnologiyasining aniqligi, afzalliklari hamda an‘anaviy geodezik usullarga nisbatan ustun tomonlari tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: InSAR, geomexanik deformatsiya, monitoring, konchilik, suv ombori, radar tasvirlari, masofadan zondlash.

Hozirgi kunda konchilik sanoati va gidrotexnik inshootlar xavfsizligini ta‘minlash muhim masalalardan biri hisoblanadi. Yer qatlamining siljishi, cho‘kishi yoki deformatsiyasi turli texnogen va tabiiy omillar ta‘sirida yuzaga keladi. Ayniqsa, kon ishlari olib borilayotgan hududlarda va katta hajmdagi suv omborlari atrofida bunday jarayonlar tez-tez kuzatiladi [1]. An‘anaviy geodezik monitoring usullari (nivelirlash, GNSS, teodolit o‘lchovlari) yuqori aniqlikka ega bo‘lsa-da, ular ko‘p vaqt va mablag‘ talab qiladi. Shu sababli, masofadan zondlash texnologiyalariga asoslangan InSAR usuli keng qo‘llanilmoqda. InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) — bu sun‘iy yo‘ldosh orqali olingan radar tasvirlari asosida Yer yuzasidagi deformatsiyalarni aniqlash usulidir. Ushbu texnologiya bir hududning turli vaqt oralig‘ida olingan radar tasvirlarini solishtirish orqali millimetr darajasidagi siljishlarni aniqlash imkonini beradi [2]. Hozirgi davrda konchilik sanoati va gidrotexnik inshootlar (suv omborlari, to‘g‘onlar) faol rivojlanib borayotganligi sababli, ushbu obyektlarda yuzaga keladigan geomexanik deformatsiyalarni doimiy nazorat qilish zarurati tobora ortib bormoqda. Yer qatlamining cho‘kishi, siljishi yoki barqarorlikning buzilishi nafaqat iqtisodiy zarar, balki ekologik muammolar va inson hayoti uchun xavf tug‘dirishi mumkin. An‘anaviy geodezik monitoring usullari ma‘lum aniqlikka ega bo‘lsa-da, ular katta hududlarni tezkor va uzluksiz kuzatish imkoniyatini to‘liq ta‘minlay olmaydi [3].

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Shu nuqtai nazardan, masofadan zondlashga asoslangan InSAR texnologiyalarining joriy etilishi muhim ahamiyat kasb etadi.

InSAR quyidagi bosqichlar orqali amalga oshiriladi:

- Radar tasvirlarini yig‘ish;
- Interferogramma hosil qilish;
- Fazaviy farqlarni aniqlash;
- Deformatsiya xaritalarini tuzish.

Konlarda qazib olish jarayoni yer qatlamining barqarorligiga bevosita ta’sir qiladi. Natijada quyidagi deformatsiyalar yuzaga keladi:

- Yer sathining cho‘kish;
- Yon bag‘irlarning siljishi;
- Yer osti bo‘shliqlari hosil bo‘lishi.

InSAR texnologiyasi yordamida:

- Katta hududlarni bir vaqtning o‘zida kuzatish
- Xavfli zonalarini erta aniqlash
- Deformatsiya tezligini baholash mumkin. Bu esa kon xavfsizligini oshirish va favqulodda holatlarning oldini olishga xizmat qiladi.

InSAR texnologiyasi yordamida:

- To‘g‘onlarning barqarorligi nazorat qilinadi
- Qirg‘oq zonalaridagi siljishlar aniqlanadi
- Suv darajasi o‘zgarishining ta’siri baholanadi. Bu esa gidrotexnik inshootlarning xavfsiz ishlashini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega.

Mazkur tadqiqot doirasida InSAR texnologiyasidan foydalangan holda konlar va suv omborlari hududlarida geomexanik deformatsiyalarni aniqlash, baholash va monitoring qilish bo‘yicha bir qator muhim amaliy natijalarga erishildi [2]. Sun’iy yo‘ldosh radar tasvirlari asosida o‘rganilgan hududlarda yer yuzasining deformatsiya xaritalari tuzildi. Ushbu xaritalar orqali kon hududlarida cho‘kish zonalarini, yon bag‘irlarning siljish yo‘nalishlari hamda intensiv deformatsiya uchraydigan maydonlar aniqlandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, qazib olish ishlari faol olib borilayotgan uchastkalarda deformatsiya tezligi boshqa hududlarga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo‘ladi.

XULOSA

Mazkur tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, InSAR texnologiyasi konlar va suv omborlarida geomexanik deformatsiyalarni monitoring qilishda yuqori aniqlik va samaradorlikka ega zamonaviy usul hisoblanadi. Ushbu yondashuv yordamida yer yuzasidagi siljish va cho‘kish jarayonlari millimetr darajasida aniqlanib, ularning vaqt bo‘yicha rivojlanish dinamikasini tahlil qilish imkoniyati yaratildi. Tadqiqot davomida kon hududlarida deformatsiyalarning asosan qazib olish jarayonlari bilan bog‘liqligi, suv omborlarida esa gidrostatik bosim va grunt xususiyatlari ta’sirida yuzaga kelishi aniqlandi. InSAR ma’lumotlari asosida xavfli

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

zonalarini aniqlash, ularni baholash va kelgusidagi holatini prognoz qilish imkoniyati mavjudligi amaliy jihatdan isbotlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Xasanov A.S., Hakimov K.J Shukurov A. Yu., Boymurodov N. A. Nurxonov F.A. Features of involvement in the processing of industrial waste from mining and metallurgical industries // «International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)». Impact Factor 7.97 (ISSN: 2320-2882) Volume 8, Issue 12, December 2020, pp.1315-1320
2. M.SH.Eshnazarov Qurbonov X.A. “Scientific methodical journal of scientific progress” “Инновационный методы мониторинга состояния бортов гидротехнических сооружениях примере пскемской гэс” issn: 2181-1601 volume 1, issue:6 www.scientificprogress.uz april 2021 year
3. Botirov Shokhbos Soibjon o‘g‘li. “International bulletin of applied science and technology” “development of measures to ensure the stability of a rock massif with the use of modern surveying instruments” In Volume 2, Issue 9 of ISSN: 2750-3402 Impact factor: 8,2 <https://doi.org/10.5281/zenodo.7089030> Date 17.09.2022

MARKSHEYDERLIK ISHLARIDA ENERGIYA TEJAMKOR GEODEZIK ASBOB-USKUNALARDAN FOYDALANISHNING SAMARADORLIGI

Eshnazarov Mustafo Shaymardonovich

Neft-gaz va konchilik ishi kafedrası katta o‘qituvchisi
Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti
mustafoel32@gmail.com

Shodiyev Ramshid Muxtor o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti 4-kurs talabasi
ramshid1122@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada marksheyderlik ishlarida qo‘llaniladigan zamonaviy geodezik asbob-uskunalarining energiya tejamkorlik xususiyatlari va ularning ishlab chiqarish samaradorligiga ta’siri tahlil qilinadi. Shuningdek, an’anaviy qurilmalar bilan taqqoslaganda energiya iste’moli, aniqlik darajasi va ish unumdorligi jihatidan ustunliklari yoritilgan. Tadqiqot natijalari energiya samarador texnologiyalarni joriy etish konchilik korxonalarida iqtisodiy va texnik afzalliklar berishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: marksheyderlik, geodezik asboblari, energiya tejamkorlik, elektron taxometrlar, GNSS, lazerli skanerlash, samaradorlik.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Bugungi kunda konchilik sanoatida ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish va resurslardan oqilona foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi[1]. Ayniqsa, marksheyderlik ishlarida qo‘llaniladigan geodezik asbob-uskunalarining energiya iste‘moli va ularning samaradorligi muhim ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy texnologiyalarning rivojlanishi natijasida energiya tejankor, yuqori aniqlikka ega va avtomatlashtirilgan geodezik qurilmalar keng qo‘llanila boshladi[2]. Bu esa o‘lchov jarayonlarining tezligi va aniqligini oshirish bilan birga, energiya sarfini kamaytirishga xizmat qilmoqda. An‘anaviy geodezik asboblari — optik nivelirlar va mexanik qurilmalar bilan solishtirganda, zamonaviy elektron taxeometrlar, GNSS qabul qilgichlar hamda lazerli skanerlar kam quvvat sarfi bilan yuqori samaradorlikni ta‘minlaydi. Elektron taxeometrlar o‘lchov jarayonini avtomatlashtirish orqali inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni kamaytiradi, vaqtni tejaydi va ish unumdorligini oshiradi. GNSS texnologiyalari esa katta hududlarni qisqa muddat ichida aniq o‘lchash imkonini beradi, natijada ortiqcha energiya sarfi kamayadi va ish jarayoni soddalashadi[3]. Lazerli skanerlash texnologiyasi uch o‘lchamli (3D) modellarni yaratish imkonini berib, kon hududlarini yuqori aniqlikda raqamlashtirishga yordam beradi. Ushbu texnologiya yordamida murakkab relyefli joylarda ham tezkor va xavfsiz o‘lchov ishlari olib boriladi. Natijada texnik vositalarning ishlash vaqti qisqaradi, energiya sarfi kamayadi hamda mehnat unumdorligi ortadi.

Energiya tejankor geodezik qurilmalarning yana bir muhim jihati — qayta zaryadlanuvchi akkumulyatorlardan foydalanishidir. Zamonaviy qurilmalarda litium batareyalar qo‘llanilib, ular uzoq vaqt davomida ishlash imkonini beradi va elektr energiyasidan samarali foydalanishni ta‘minlaydi. Ayrim ilg‘or qurilmalarda quyosh energiyasi yordamida quvvat olish texnologiyalari ham joriy qilinmoqda. Bu esa ekologik barqarorlikni ta‘minlashda muhim omil hisoblanadi. Shuningdek, raqamli texnologiyalar va maxsus dasturiy ta‘minotlar yordamida o‘lchov natijalarini avtomatik qayta ishlash imkoniyati yaratilgan. Bu nafaqat vaqtni tejaydi, balki qog‘oz hujjatlar hajmini kamaytirib, resurslardan samarali foydalanishga xizmat qiladi. Bulutli texnologiyalar orqali ma‘lumotlarni saqlash va uzatish esa marksheyderlik ishlarini masofadan turib boshqarish imkonini bermoqda.

- ish vaqtining qisqarishi;
- operator mehnat unumdorligining oshishi;
- qayta o‘lchashlar sonining kamayishi;
- energiya xarajatlarining qisqarishi.

Masalan, lazerli skanerlash texnologiyasi yordamida katta hajmdagi kon maydonlarini qisqa vaqt ichida yuqori aniqlik bilan o‘lchash mumkin. Bu esa bir necha marotaba energiya va vaqt tejalishiga olib keladi[3]. Amaliy kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, energiya tejankor geodezik asbob-uskunalarini joriy etish:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- o‘lchov ishlarining tezligini 20–30 % ga oshiradi;
- energiya sarfini sezilarli darajada kamaytiradi;
- inson omili bilan bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi.

Bundan tashqari, zamonaviy qurilmalar batareya quvvatidan uzoq vaqt foydalanish imkonini berib, uzoq muddatli dala ishlarida samarali hisoblanadi. Shunga qaramay, energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishda ayrim muammolar mavjud:

- yuqori boshlang‘ich xarajatlar;
- malakali mutaxassislar yetishmasligi;
- texnik xizmat ko‘rsatish talablari.

Ushbu muammolarni hal qilish uchun:

- mutaxassislarni qayta tayyorlash;
- mahalliy sharoitga mos texnologiyalarni tanlash;
- investitsion loyihalarni qo‘llab-quvvatlash zarur.

XULOSA

Marksheyderlik ishlarida energiya tejamkor geodezik asbob-uskunalaridan foydalanish ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim omil hisoblanadi. Zamonaviy qurilmalar nafaqat energiya sarfini kamaytiradi, balki o‘lchov aniqligini oshirib, ish jarayonini tezlashtiradi. Kelgusida konchilik sanoatida raqamli texnologiyalar va intellektual tizimlarni keng joriy etish orqali energiya samaradorligini yanada oshirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Xasanov A.S., Xakimov K.J Shukurov A.Yu., Boymurodov N. A. Nurxonov F.A. Features of involvement in the processing of industrial waste from mining and metallurgical industries // «International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)». Impact Factor 7.97 (ISSN: 2320-2882) Volume 8, Issue 12, December 2020, pp.1315-1320
2. M.SH.Eshnazarov Qurbonox X.A. “Scientific medhotical journal of scientific progress” “Инновационный методы мониторинга состояния бортов гидротехнических сооружений примере пскемской гэс” issn: 2181-1601 volume 1, issue:6 www.scientificprogress.uz april 2021 year
3. Botirov Shokhbos Soibjon o‘g‘li. “International bulletin of applied science and technology” “development of measures to ensure the stability of a rock massif with the use of modern surveying instruments” In Volume 2, Issue 9 of ISSN: 2750-3402 Impact factor: 8,2 <https://doi.org/10.5281/zenodo.7089030> Date 17.09.2022

**CHINNI VA FAYANS BUYUMLARI XOM-ASHYO MATERIALLARINI
BOYITISH TEXNOLOGIYASI VA SIFAT SAMARADORLIGI**

Hamidov Azim Panji o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti assistenti

Eshilova Latofat Alisher qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Choriyev Sherzod Baxtiyor o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Chinni va fayans massasida xom ashyo tozaligi oqartalik, plastiklik va pishish barqarorligini belgilaydi. Kaolin, gil, kvars qumi va dala shpatidagi temir oksidlari, organik aralashmalar hamda yirik fraksiyalarni elash, yuvish, magnit separatsiya, flotatsiya, gidrotsiklonlash va kimyoviy tozalash orqali kamaytirish mahsulot sifatini oshiradi. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, kompleks boyitish Fe_2O_3 ni kamaytirib, disperslikni yaxshilaydi, energiya sarfini qisqartiradi va oq rangli, nuqsonsiz buyumlar chiqishini ko‘paytiradi.

Kalit so‘zlar: kaolin, gil, kvars qumi, dala shpati, boyitish, Fe_2O_3 , oqartalik, disperslik.

Chinni va fayans buyumlari sifatini belgilovchi asosiy omil xom ashyo tozaligidir. Oqartalik darajasi, plastiklik, sinterlanish xususiyati va pishirishdan keyingi deformatsiya ko‘rsatkichi ko‘p jihatdan massa tarkibidagi temir oksidlari, titanli qo‘shimchalar, organik aralashmalar hamda yirik fraksiyalar miqdoriga bog‘liq. Shuning uchun boyitish jarayoni oddiy tayyorlash bosqichi emas, balki sifatni boshqaruvchi texnologik bo‘g‘indir. Boyitilmagan xom ashyoda Fe_2O_3 ning ortiqchaligi sarg‘ish-kulrang tusni kuchaytiradi, organik qoldiqlar gaz ajralishini oshiradi, yirik zarrachalar esa quritish va pishirishda ichki kuchlanish hosil qilib, yoriq va qiyshayish xavfini kuchaytiradi.

Kaolin chinni massasining oqartalik va refrakterlik beruvchi komponenti bo‘lib, uning asosini kaolinit, qisman kvars va slyuda tashkil etadi. Undagi temirli minerallar hamda titanli qo‘shimchalar oq rangni pasaytiradi. Gil tarkibida ko‘pincha illit, montmorillonit va kaolinit bo‘ladi; u shakllanish qobiliyatini oshiradi, biroq karbonatlar, eruvchan tuzlar va organik modda ortishi shrinkaj hamda kuydirish nuqsonlarini kuchaytiradi. Kvars qumi asosan SiO_2 manbai bo‘lib, massa skeletini mustahkamlaydi va deformatsiyani kamaytiradi, ammo temir bilan qoplangan donalar va o‘ta yirik fraksiyalar sirt silliqligi hamda pishish bir xilligini yomonlashtiradi. Dala shpati esa ortoklaz-albit tipidagi oqimlovchi xom ashyo sifatida suyuqlanishni faollashtiradi; undagi temirli slyuda, og‘ir mineral qo‘shimchalar va notekis donadorlik vitrifi kationni buzib, rang va zichlikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Boyitish usullari xom ashyo tabiatiga ko‘ra tanlanadi. Elash yirik fraksiyalarni ajratib, massa granulometrik tarkibini barqarorlashtiradi; u gil va kvars qumi uchun sodda va arzon, lekin nozik rang beruvchi aralashmalarni to‘liq bartaraf eta olmaydi. Yuvish suspenziyadagi chang, eruvchan tuz va organik moddani kamaytiradi; ayniqsa kaolin va qumda samarali, ammo suv sarfi yuqori. Magnit separatsiya paramagnit va ferromagnit zarrachalarni ushlab qoladi, shu bois kaolin, kvars qumi va dala shpatidan temirli aralashmalarni chiqarishda eng tezkor usullardan biridir; uning cheklovi magnitga sust javob beruvchi minerallardir. Flotatsiya sirt-faollik farqiga asoslanib kvars-dala shpati yoki temir-titan minerallarini selektiv ajratadi; samarasi yuqori, ammo reagent rejimini aniq boshqarish talab etadi. Gidrotsiklonlash zarrachalarni gidrodinamik maydonda fraksiyalab, barqaror nozik dispers suspenziya beradi; kaolin va gilda foydali, lekin haddan tashqari mayda fraksiya chiqishini oshirishi mumkin. Kimyoviy tozalash esa sirtga yotgan temir birikmalarini eritib yoki qaytarib, oqartalikni oshiradi; u yuqori sifatli chinni massasi uchun muhim, biroq oqova eritmalarini neytrallashtirishni talab qiladi.

1-jadval

Boyitish usullarining samaradorligi va qo‘llanish sohasi

Usul	Samaradorlik tavsifi	Qo‘llanish sohasi
Elash	Yirik fraksiyani kamaytiradi, granulometrik tarkibni barqarorlashtiradi	Gil, kvars qumi
Yuvish	Organik va eruvchan aralashmalarni kamaytiradi	Kaolin, kvars qumi
Magnit separatsiya	Temirli zarralarni ajratib, oqartalikni oshiradi	Kaolin, dala shpati, kvars qumi
Flotatsiya	Selektiv ajratish darajasi yuqori	Dala shpati–kvars aralashmalari
Gidrotsiklonlash	Nozik dispers fraksiyani barqarorlaydi	Kaolin, gil suspenziyasi
Kimyoviy tozalash	Sirt temir birikmalarini kamaytirib, yuqori oqartalik beradi	Yuqori sifatli chinni massasi

Boyitish samaradorligi quyidagi ifoda bilan baholanadi: $\eta = (C_1 - C_2) / C_1 \times 100\%$, bunda C_1 — boyitishgacha xom ashyodagi Fe_2O_3 yoki maqsadli aralashma miqdori, C_2 — boyitishdan keyingi miqdor, η — boyitish samaradorligi, %. Oqartalik ko‘rsatkichi $W = R / R_0 \times 100\%$ formula bilan aniqlanadi; bunda R — namuna yuzasidan qaytgan yorug‘lik, R_0 — etalon yuzaning qaytarish ko‘rsatkichi, W — oqartalik, %. Amaliy tahlilda η ning oshishi bilan W ning ortishi kuzatiladi, chunki Fe_2O_3 , titanli va boshqa rang beruvchi aralashmalar kamayishi optik aks ettirishni kuchaytiradi. Shu nuqtai nazardan, “ Fe_2O_3 va boshqa rang beruvchi

aralashmalar kamayishi bilan chinni-fayans xom ashyosining oqartalik darajasi ortadi” degan grafik trend texnologik jihatdan asosli hisoblanadi.

Disperslik ko‘rsatkichi massaning presslanishi va quyma holatda oqishini, namlik esa quritish barqarorligini belgilaydi. Nozik va bir xil fraksion tarkib qoliplanishni yaxshilaydi, bo‘shliqni kamaytiradi hamda pishirganda zich faza hosil bo‘lishini tezlashtiradi. Namlikning ortib ketishi esa quritish energiyasini oshiradi, darz ketish ehtimolini kuchaytiradi. Shu bois boyitish jarayoni faqat kimyoviy tozalash emas, balki fraksion tarkib, namlik va reologik xossalarni optimallashtirish bilan birga olib borilishi kerak.

Innovatsion yondashuv sifatida yuqori gradientli magnit ajratish nozik temirli qo‘shimchalarni ushlashda, nano-dispers tayyorlash esa massa zichlashuvi va sirt sifati yaxshilanishida muhimdir. Resurs tejamkor boyitish sxemalari yopiq suv aylanishi, qayta suspenziyalash va chiqindidan foydali fraksiyani qaytarib olishni nazarda tutadi. Optimallashtirish nuqtai nazaridan kaolin va gil uchun yuvish–gidrotsiklonlash–magnit separatsiya kombinatsiyasi, kvars qumi uchun elash–yuvish–magnit separatsiya, dala shpati uchun esa magnit separatsiya va flotatsiya eng samarali yechim hisoblanadi. Oqartalik oshishi, energiya sarfining kamayishi, chiqindilar qisqarishi va optimal fraksion tarkibning ta’minlanishi natijasida chinni va fayans buyumlarining pishish sifati, sirt silliqqligi hamda iqtisodiy samaradorligi sezilarli ravishda ortadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Rahmonov X. R. Keramika sanoatida xomashyo bazasidan foydalanish masalalari. – Toshkent: Innovatsiya, 2021.
2. Xalmanov A. T. Qurilish materiallari va buyumlari. – Buxoro: BuxMTI, 2022.
3. Kamilov X. X., Shakirov T. T. Qurilish materialshunosligi. – Buxoro: BuxMTI, 2022.
4. Egamberdiyev M. S., Kamolov K. J., Hamdamov N. N. Qurilish materiallari, buyumlari va metallar texnologiyasi. – Buxoro: TIQXMMI MTU Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti, 2022.
5. Eshquvvatov E. B., Umbarov I. A. Qurilish materiallari va buyumlari. – Termiz: Termiz davlat universiteti, 2023.

**SILIKAT MATERIALLAR ISHLAB CHIQARISHDA INNOVATSION
TEXNOLOGIYALAR VA TEXNOLOGIK SAMARADORLIKNI OSHIRISH**

Hamrayeva Madina

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti 2-kurs talabasi

Choriyeva N.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

Shaymardanova M. A.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

Annotatsiya. Silikat materiallar ishlab chiqarishi yuqori energiya sarfi, CO₂ emissiyasi va sifatning barqaror emasligi bilan tavsiflanadi. Mazkur tezisda an’anaviy texnologiyalar innovatsion yondashuvlar bilan taqqoslanib, energiya tejankor pechlar, nanomodifikatorlar, ikkilamchi xom ashyo, past haroratli sintez hamda raqamli nazorat tizimlarining texnologik samarasi baholandi. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, innovatsiyalar energiya sarfini pasaytirib, tannarxni optimallashtiradi, ekologik yuklamani kamaytiradi va mahsulot sifatini barqarorlashtiradi.

Kalit so‘zlar: silikat materiallar, energiya samaradorligi, nanomodifikator, ikkilamchi xom ashyo, past haroratli sintez, avtomatlashtirish, ekologik samaradorlik.

Silikat materiallar — g‘isht, shisha, keramika, avtoklav mahsulotlari va turli bog‘lovchi tizimlar — qurilish, kimyo va infratuzilma tarmoqlarining tayanch material bazasini shakllantiradi. Biroq ularni ishlab chiqarishda maydalash, quritish va ayniqsa pishirish bosqichlarining yuqori issiqlik talabi korxonalarda energiya sarfi, CO₂ emissiyasi va xom ashyo yo‘qotishlarini keskin oshiradi. Shu bois jarayonni faqat hajman kengaytirish emas, balki energiya, resurs va sifat ko‘rsatkichlari bo‘yicha qayta loyihalash zarur. Innovatsion texnologiyalar aynan shu vazifani bajarib, ishlab chiqarishni resurs tejankor, ekologik xavfsiz va raqamli boshqariladigan tizimga aylantiradi.

An’anaviy texnologik zanjirda xom ashyo tayyorlash, maydalash, namlikni me‘yorlash, quritish va yuqori haroratda pishirish bosqichlari ketma-ket bajariladi. Bunday sxema texnologik jihatdan ishonchli va amaliyotda sinovdan o‘tgan bo‘lsa-da, issiqlik yo‘qotishlari katta, jarayon inertsiasini yuqori, sifat nazorati ko‘pincha laborator tahlillarga kechikib bog‘langan bo‘ladi. Natijada granulometriya, namlik yoki pishirish rejimidagi kichik og‘ishlar ham mahsulotning g‘ovakligi, mustahkamligi, suv shimuvchanligi va rang barqarorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, bir turdagi xom ashyo bilan ishlashga moslashgan an’anaviy liniyalar ikkilamchi resurslarni qo‘llashda moslashuvchanlik jihatidan cheklangan.

Innovatsion yondashuvlarda energiya tejankor pechlar va issiqlikni rekuperatsiya qiluvchi tizimlar pishirish zonasidagi foydasiz issiqlik yo‘qotilishini kamaytiradi; nanomodifikatorlar esa strukturani zichlashtirib, pishirish yoki qotish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

jarayonining kinetikasini faollashtiradi. Zoloshlak, qurilish chiqindisi, texnogen qum va boshqa ikkilamchi xom ashyo bazasi tabiiy resurs iste'molini qisqartiradi. Past haroratli sintez hamda kuydirilmasdan olinadigan bog'lovchi tizimlar energiya yuklamasini pasaytiradi. Raqamli nazorat, sensorlar, SCADA/BIM/IoT elementlari va avtomatlashtirilgan dozatorlar xom ashyo nisbatini, namlikni, pech rejimini va yakuniy sifatni real vaqt rejimida boshqarishga xizmat qiladi. Yashil texnologiyalar esa chang-gazlarni ushlash, suv aylanishini yopiq siklga o'tkazish va karbon izini kamaytirish orqali ishlab chiqarishning ekologik barqarorligini kuchaytiradi.

Texnologik baholashda an'anaviy va innovatsion tizimlar orasidagi farq eng avvalo energiya, ekologiya va sifat ko'rsatkichlarida ko'rinadi. Energiya samaradorligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = E_{\text{foydali}} / E_{\text{umumiy}} \times 100\%$$

bu yerda η - energiya samaradorligi, E_{foydali} - mahsulot hosil bo'lishiga bevosita sarflangan foydali energiya, E_{umumiy} - umumiy energiya sarfi.

Masalan, model hisobida an'anaviy liniyada $\eta = 620/1000 \times 100 = 62\%$, innovatsion liniyada esa $\eta = 650/850 \times 100 = 76,5\%$ bo'ladi. Ekologik ko'rsatkich esa $ECO = CO_2 / m$ formulasi bilan ifodalanadi; bunda ECO - bir birlik mahsulotga to'g'ri keladigan emissiya, CO_2 - chiqarilgan karbonat angidrid massasi, m — tayyor mahsulot massasi. Agar 100 tonna mahsulot uchun an'anaviy jarayonda 42 tonna, innovatsion sxemada 31 tonna CO_2 ajralgan deb olinsa, ECO mos ravishda 0,42 va 0,31 t/t ni tashkil etadi. Demak, innovatsiya nafaqat energiya sarfini, balki mahsulot birligiga to'g'ri keladigan ekologik yuklamani ham kamaytiradi.

Jadval 1

An'anaviy va innovatsion texnologiyalarni solishtirish

Ko'rsatkich	An'anaviy texnologiya	Innovatsion texnologiya
Energiya sarfi	Yuqori, issiqlik yo'qotishi katta	Pastroq, rekuperatsiya va optimallashtirilgan rejim mavjud
Tannarx	Xom ashyo va yoqilg'i ulushi yuqori	Dastlabki investitsiya yuqori, ammo operatsion xarajat optimallashtiriladi
Ekologik ta'sir	CO_2 , chang va chiqindi ko'rsatkichi yuqori	Ikkilamchi xom ashyo va filtrlash hisobiga kamayadi
Mahsulot sifati	Partiyalararo farq katta	Sifat barqarorroq, mikrostruktura va dozalanish nazorat qilinadi

Grafik tavsifi: innovatsion texnologiyalar qo'llanilganda energiya sarfi pasayadi, mahsulot sifati va ekologik samaradorlik ortadi. Bu holat ayniqsa energiya

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

tejamkor pechlar, nanomodifikatorlar hamda avtomatlashtirilgan nazorat birgalikda joriy etilganda yaqqol namoyon bo‘ladi. Optimallashtirish nuqtayi nazaridan issiqlikni qayta ishlatish, aralashma granulometriyasini algoritmik boshqarish, chiqindilar ulushini ilmiy asosda me‘yorlash, pech va avtoklav rejimlarini sensorli monitoring qilish hamda chang-gazlarni qayta tutib texnologik siklga qaytarish eng samarali yo‘nalishlardir. Shu orqali energiya sarfi, chiqindi hajmi va CO₂ emissiyasi pasayadi, inson omiliga bog‘liq xatolar qisqaradi, sifat nazorati esa yakuniy tekshiruvdan jarayon ichidagi boshqaruvga ko‘chadi.

Xulosa qilib aytganda, silikat materiallar sanoatida eng samarali innovatsion yo‘nalishlar — energiya tejamkor pechlar, past haroratli sintez, ikkilamchi xom ashyo, nanomodifikatsiya va raqamli avtomatlashtirishning kompleks qo‘llanilishidir. Bunday integratsiya iqtisodiy jihatdan yoqilg‘i va xom ashyo sarfini qisqartiradi, ekologik jihatdan karbon izini kamaytiradi, texnologik jihatdan esa mahsulot sifatini barqaror va boshqariladigan darajaga olib chiqadi. Demak, silikat sanoatida raqobatbardoshlikni oshirishning asosiy sharti ishlab chiqarishni innovatsion, ekologik va ma‘lumotlarga tayangan boshqaruv modeliga o‘tkazishdan iborat.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O‘zbekiston Respublikasi – “Innovatsion faoliyat to‘g‘risida” – LEX.UZ – 2020.
2. O‘zbekiston Respublikasi – “Energiyadan oqilona foydalanish to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasi Qonuniga o‘zgartish va qo‘shimchalar kiritish haqida – LEX.UZ – 2020.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti – “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy soha energiya samaradorligini oshirish, energiyani tejaydigan texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida” – LEX.UZ – 2020.
4. O‘zsanoatqurilishmateriallari uyushmasi – “2022–2026 yillarda 7 turdagi yangi innovatsion qurilish materiallarini ishlab chiqarish o‘zlashtiriladi” – Matbuot xizmati – 2022.
5. O‘zsanoatqurilishmateriallari uyushmasi – “Energiya tejamkor qurilish materiallari haqida ma‘lumot berildi” – Matbuot xizmati – 2022.
6. Qodirova F.M. – “Sanoat chiqindilari asosida qurilish materiallari ishlab chiqarish” – Namangan muhandislik-qurilish instituti – 2024.

**QURITISH JARAYONLARI VA QURITGICHLARNING TEXNOLOGIK
SAMARADORLIGI**

Hamrayeva Madina

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti 2-kurs talabasi

Choriyeva N.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

Xoliyorova O‘. J.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

Annotatsiya. Tezisdagi quritish jarayonida namlikni me'yoriy darajagacha kamaytirish bilan energiya sarfini cheklash muammosi tahlil qilindi. Issiqlik va massa almashinish qonuniyatlari, quritish kinetikasi hamda sanoat quritgichlari taqqoslandi. Natijada harorat, havo tezligi, nisbiy namlik va sirt maydonini uyg'un boshqarish energiya tejamkor va sifatli saqlovchi rejimni belgilashi ko'rsatildi.

Kalit so'zlar: quritish kinetikasi, issiqlik almashinish, massa almashinish, kritik namlik, quritish tezligi, energiya samaradorligi.

Quritish sanoatda namlikni me'yoriy darajaga tushirish, mahsulotning saqlanishini uzaytirish va keyingi bosqichlarni barqarorlashtirish uchun zarur. Namlikning kamayishi mikrobiologik faollikni susaytiradi, massa va hajmni qisqartiradi. Biroq jarayon katta energiya talab qiladi va ortiqcha qizdirish mahsulot tuzilishi hamda sifatini yomonlashtiradi. Shu bois asosiy vazifa namlikni chiqarish bilan birga energiya sarfi va sifat ko'rsatkichlari o'rtasida optimal nisbatni topishdir.

Nazariy jihatdan quritish issiqlik va massa almashinishning birgalikdagi jarayonidir. Issiqlik tashuvchi muhit sirtga energiya uzatadi, shu energiya hisobiga namlik bug'lanadi va bug' ichkaridan sirtga, so'ng tashqi muhitga ko'chadi. Dastlab sirt ho'l bo'lgani uchun doimiy tezlik davri kuzatiladi. Namlik kritik qiymatgacha kamaygach, kamayuvchi tezlik davri boshlanadi va ichki diffuziya hamda kapillyar ko'chish ustunlashadi. Shuning uchun kritik namlikdan keyin haroratni oshirish ko'pincha sifat yo'qotilishi hisobiga cheklangan samara beradi.

Barabanli quritgichda maydalangan yoki granulali material aylanuvchi korpusda issiq gaz bilan kontaktda bo'ladi; unumdorligi yuqori, lekin changlanish va energiya sarfi katta. Shaxtali quritgichda material pastga siljiydi, havo esa qatlam bo'ylab o'tadi; donador mahsulotlar uchun qulay, biroq qatlam notekisligi kuzatilishi mumkin. Lentali quritgich mahsulotni yuqori qatlamda uzatadi; sifatli yaxshi saqlaydi, ammo ko'p joy talab qiladi. Purkagichli quritgich eritma va suspenziyani mayda tomchilarga aylantirib tez quritadi; samarasi yuqori, biroq kapital xarajat katta. Vakuum quritgich past bosimda ishlaydi; issiqqa sezgir mahsulot uchun qulay, ammo unumdorligi nisbatan past.

Quritgich turlarining texnologik taqqoslanishi

Quritgich turi	Energiya sarfi	Samaradorlik	Qo‘llanish sohasi
Barabanli	o‘rtacha–yuqori	yuqori unum, changlanish mavjud	mineral, o‘g‘it, granulalar
Shaxtali	o‘rtacha	qatlamli quritishda barqaror	don, urug‘, granulali xomashyo
Lentali	o‘rtacha	sifatni yaxshi saqlaydi	meva-sabzavot, plastinkasimon mahsulot
Purkagichli	yuqori	juda tez, mayda kukun beradi	sut, ekstrakt, eritma va suspenziya
Vakuum	o‘rtacha–yuqori	past haroratda sifat yuqori	farmatsevtik, biologik faol va issiqqa sezgir mahsulot

Quritish tezligiga ta’sir qiluvchi asosiy omillar harorat, havo tezligi, nisbiy namlik, zarracha o‘lchami va sirt maydonidir. Harorat oshishi bug‘lanish uchun zarur potensialni kuchaytiradi, biroq me’yoridan ortiq qiymatlar ichki namlik migratsiyasidan tezroq sirt qobig‘i hosil qilib, diffusiyani sekinlashtirishi mumkin. Havo tezligi chegaraviy qatlamni yupqalashtirib tashqi massa almashinishni tezlatadi. Nisbiy namlikning pasayishi haydovchi kuchni orttiradi, chunki havo namlikni qabul qilish qobiliyatiga ega bo‘ladi. Zarracha maydalanishi va sirt maydonining ortishi massa almashinish yuzasini kengaytiradi, ammo juda mayda fraksiyada yopishish hamda gidravlik qarshilik kuchayishi mumkin. Quritish kinetikasini ifodalovchi asosiy tenglama $N = -dW/dt$ bo‘lib, bunda N — quritish tezligi, W — material namligi, t — vaqt. Namlik miqdori $W = (m_{\text{nam}} - m_{\text{quruq}}) / m_{\text{quruq}}$ tenglama bilan aniqlanadi; bu yerda m_{nam} — nam material massasi, m_{quruq} — mutlaq quruq modda massasi. Bug‘lanishga sarflanadigan issiqlik $Q = m \cdot r$ ko‘rinishida baholanadi; bunda Q — issiqlik sarfi, m — bug‘latilgan namlik massasi, r — bug‘lanishning solishtirma yashirin issiqligi. Ushbu bog‘lanishlar rejim tanlashda issiqlik yuklamasi bilan namlik ajralish tezligi o‘rtasidagi nisbatni tahlil qilish imkonini beradi. Quritish tezligi boshlang‘ich davrda yuqori bo‘lib,

kritik namlik nuqtasidan keyin kamayadi; demak, grafik tavsif bo‘yicha egri chiziq avval deyarli gorizontal, keyin esa pasayuvchi xarakter kasb etadi.

Texnologik optimallashtirish quritish agenti parametrlarini mahsulot xususiyatiga moslashtirishdan iborat. Donador va issiqlikka kam sezgir materiallarda barabanli yoki shaxtali quritgichlar yuqori unum beradi, ammo chiqindi issiqlikni qayta ishlatish zarur. Rang va shaklni saqlash talab etilgan mahsulotlarda lentali quritgich maqsadga muvofiq. Suyuqlik hamda suspenziyalarda purkagichli quritgich tezkor natija beradi, issiqqa sezgir mahsulotlarda esa vakuum quritgich sifat ustunligini ta’minlaydi. Energiya tejamkorlik uchun kritik namlikdan keyin haroratni pasaytirish, havo sarfini diffuziya tezligiga moslash va qatlam qalinligini nazorat qilish muhimdir.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, texnologik samaradorlik yagona quritgich turiga emas, balki material xossasi va namlikni ajratish mexanizmiga bog‘liq. Barabanli va shaxtali quritgichlar yirik oqimli ishlab chiqarishda, lentali quritgich sifat ustuvor bo‘lgan qatlamli mahsulotlarda, purkagichli quritgich eritma va suspenziyalarda, vakuum quritgich esa issiqqa sezgir hamda yuqori qiymatli mahsulotlarda samaraliroqdir. Yakuniy bahoga ko‘ra, energiya va sifat bo‘yicha eng maqbul yechim quritish kinetikasini hisobga olgan holda qurilma turini, haroratni va havo rejimini birgalikda optimallashtirishdir.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Axtamov R.A., Axmedov A.A. Issiqlik va massa almashinuvi jarayonlari va qurilmalari. – Buxoro: Durdona, 2023.
2. Safarov Q., Safarov A.A., Narmatov E. Paxtani tayyorlash va qayta ishlash texnologiyasi. – Termiz: Surxon-nashr, 2021.
3. Raxmonov X.Q., Fayziyev S.H., Choriyeva M.M. Tarmoq mashinalarini hisoblash va loyihalash. – Buxoro: IPAKYOLI nashriyoti, 2024.
4. Ismoyilov F.B. Jun tolalarini dastlabki ishlash texnologiyasi. – Buxoro: Bukhara Brilliant Cargo nashriyoti, 2024.
5. Gafurov K.X. Oziq-ovqat sanoati qurilmalarini o‘rnatish va ta’mirlash. – Buxoro: Ipak yoli, 2025.

**CHINNI VA FAYANS BUYUMLAR TEXNOLOGIYASINING TAQQOSIY
TAHLILI VA SIFAT SAMARADORLIGINI OSHIRISH**

Hamrayeva Madina

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti 2-kurs talabasi

Choriyeva N.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

Shaymardanova M. A.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

Annotatsiya. Mazkur tezisda chinni va fayans buyumlari texnologiyasi xom ashyo tarkibi, shakllash, quritish, sirlash va pishirish rejimlari bo'yicha taqqosiy tahlil qilindi. Zichlik hamda suv shimuvchanlik formulalari asosida sifat ko'rsatkichlari baholandi. Natijada chinni yuqori zichlik va mustahkamlik, fayans esa nisbatan past tannarx va soddaroq texnologik rejim bilan tavsiflanishi aniqlandi; energiya tejamkor pishirish va tarkib balansini optimallashtirish eng samarali yo'nalish sifatida belgilandi.

Kalit so'zlar. chinni, fayans, kaolin, kvars, dala shpati, pishirish harorati, suv shimuvchanlik, tannarx

Chinni va fayans buyumlari maishiy, sanitariya-texnik, elektrotexnik hamda dekorativ mahsulotlar ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega bo'lib, ularning sanoat samaradorligi mahsulot sifati, energiya sarfi va xom ashyo barqarorligiga bevosita bog'liq. Muammo shundaki, bir xil funksional guruhdagi buyumlar uchun yuqori oqartalik, silliq sir qatlami, kam nuqson va past tannarxni bir vaqtning o'zida ta'minlash murakkab texnologik masaladir. Shu sababli chinni va fayansni aynan texnologik zanjir, fizik xossa va iqtisodiy natija nuqtayi nazaridan solishtirish amaliy ahamiyat kasb etadi.

Chinni massasida kaolin va dala shpati ulushi nisbatan yuqori bo'lib, kvars skeletlovchi faza vazifasini bajaradi; bu tarkib oqartalikni oshiradi, vitrifikatsiyani kuchaytiradi va pishgandan keyin zich tuzilma hosil qiladi. Fayansda esa gil va kvars ulushi ko'proq, dala shpati esa pastroq bo'lgani sababli massa plastikligi yaxshi, biroq g'ovak struktura saqlanib qoladi. Kaolin oq rang va issiqlik barqarorligini, kvars shaklning saqlanishini, dala shpati esa suyuqlanuvchi faza hosil qilib sinterlanishni jadallashtiradi; gil komponentlari shakllash qobiliyatini oshiradi. Demak, xom ashyo nisbatidagi farq chinnida yuqori zichlik va past suv shimuvchanlikni, fayansda esa nisbatan yuqori g'ovaklik va arzonroq retsepturani yuzaga keltiradi.

Texnologik ketma-ketlik ikkala mahsulotda ham xom ashyoni saralash, maydalash, nam yoki quruq usulda aralashtirish, shliker yoki plastik massa tayyorlash, shakllash, quritish, sirlash va pishirish bosqichlaridan iborat. Biroq chinnida zarracha tarkibini nozik boshqarish, temirli aralashmalarni kamaytirish va

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

yuqori haroratli sinterlanish majburiy bo'lsa, fayansda quyish va presslash operatsiyalari nisbatan sodda kechadi. Chinni buyumlari odatda 900–950°C da dastlabki kuydirishdan so'ng sirlanib, 1300–1350°C da yakuniy pishiriladi; fayansda esa pishirish rejimi ko'pincha 1050–1200°C oralig'ida amalga oshib, energiya sarfi kamroq bo'ladi. Shu bois pishirish harorati texnologik farqlanishning asosiy mezonidir.

Sifatni baholashda zichlik va suv shimuvchanlik asosiy mezon hisoblanadi: $\rho = m / V$, bu yerda ρ — zichlik, m — namunaviy massaning quruq qiymati, V — hajm. Suv shimuvchanlik $W = (m_1 - m_0) / m_0 \times 100\%$, bu yerda m_0 — quruq massa, m_1 — suvga to'yingan massa. Zarur holatda g'ovaklik $P = (\rho_{\max} - \rho) / \rho_{\max} \times 100\%$ orqali aniqlanadi; bu yerda $\rho_{\max}$ — materialning nazariy maksimal zichligi. Mazkur ko'rsatkichlar bo'yicha chinnida W odatda 0,2–0,5% dan oshmaydi, fayansda esa 9–15% gacha yetadi. Mexanik mustahkamlik ham tarkib va sinterlanish darajasiga bog'liq bo'lib, chinnida yuqoriroq, fayansda esa pastroq bo'ladi.

Grafik tavsifi shuni ko'rsatadiki, pishirish harorati ortishi bilan material zichligi oshadi, g'ovaklik va suv shimuvchanlik kamayadi. Bu bog'lanish chinnida keskinroq namoyon bo'ladi, chunki yuqori haroratda shishasimon faza ko'payib, ochiq g'ovaklar berkiladi. Fayansda esa harorat oshsa ham g'ovak struktura to'liq yo'qolmaydi, shu sababli uning suv shimuvchanligi va zarbga sezgirliги yuqoriroq qoladi. Iqtisodiy jihatdan fayansning tannarxi pastroq, chunki xom ashyo tozalash talabi nisbatan yengil va pishirish harorati past; ammo servis muddati, gigiyenik sillilik va mexanik ishonchlilik talab qilinganda chinni afzal sanaladi.

Sifat samaradorligini oshirish uchun tarkib balansida kaolin–kvars–dala shpati nisbatini xom ashyoning mineral tarkibiga mos ravishda qayta optimallashtirish, maydalash nozikligini barqarorlashtirish, quritishda namlik gradientini pasaytirish va pechda ko'p zonali issiqlik nazoratini joriy etish lozim. Mahalliy xom ashyodan oqilona foydalanish, feldshpatning faol fraksiyasini oshirish, qayta aylanuvchi issiqlikdan foydalanish va optimal pishirish egri chizig'ini tanlash energiya sarfini kamaytiradi. Yakuniy bahoga ko'ra, yuqori mustahkamlik, past suv shimuvchanlik va estetik oqartalik talab etiladigan sharoitda chinni ustun; tannarx, ishlab chiqarish soddaligi va katta hajmli maishiy assortiment muhim bo'lganda fayans maqsadga muvofiqdir.

1-jadval

Chinni va fayansning asosiy texnologik ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	Chinni	Fayans
Asosiy xom ashyo yo'nalishi	Kaolin + dala shpati yuqori, kvars balansli	Gil + kvars yuqori, dala shpati pastroq

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

Yakuniy pishirish harorati, °C	1300–1350	1050–1200
Suv shimuvchanlik, %	0,2–0,5	9–15
Mexanik mustahkamlik	Yuqori	O‘rta
G‘ovaklik	Juda past	Nisbatan yuqori
Tannarx	Yuqoriroq	Pastroq

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Maxsudova Y.R.Q. – Chinni tarixi va uning xalq xo'jaligida ahamiyati – Central Asian Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies – 2024.
2. Davranova M. – O'zbekiston chinni-fayans sanoati tarixi – pedagoglar.org, 41-to'plam, 1-qism – 2025.
3. Ibrohimov S. – O'zbekistondagi qurilish materiallari sanoati va barqaror qurilish va qayta ishlaydigan materiallar – Universal International Scientific Journal – 2025.
4. Shakirov T.T. – Qurilish materiallarining modifikatsiya usullari – Toshkent – 2022.
5. O'zsanoatqurilishbank ATB va O'zqurilishmaterialLITI MChJ ilmiy-tadqiqot va injiniring markazi – Zamonaviy qurilish materiallariga oid o'quv qo'llanmalar – Toshkent – 2021.
6. Abdumo'minov O.R. – Bo'g'lovchi moddalar – Toshkent – 2023.

**CHINNI VA FAYANS BUYUMLARINI ISHLAB CHIQARISH
JARAYONLARINI O‘RGANISH**

Maxmudov Muxriddin Mannon o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti 2-bosqich talabasi

Shaymardanova M.A

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda chinni va fayans mahsulotlari va ularning turli maishiy idishlar, sanitariya buyumlari hamda bezak mahsulotlari tayyorlashda keng qo‘llanilishi yoritildi. Ishda kaolin, dala shpati, kvarts va boshqa mineral xom ashyolarning keramika massasini hosil qilishdagi roli hamda ularning mahsulot sifatiga ta’siri ko‘rib chiqilgan. Xom ashyoni maydalash, aralashtirish, keramika

massasini tayyorlash, shakl berish, quritish, yuqori haroratda kuydirish va glazurlash kabi texnologik jarayonlarning ketma-ketligi yoritilgan.

Kalit so‘zlar: chinni, fayans, kaolin, dala shpati, kvarts, xom ashyo tayyorlash, shakl berish, quritish jarayoni, kuydirish, glazurlash, mahsulot sifati.

Kirish

Insonlar qadim zamonlardan boshlab turli xil maishiy buyumlar, idish-tovoqlar va bezak mahsulotlarini tayyorlash uchun tabiiy loy va mineral xom ashyolardan foydalanib kelganlar. Vaqt o‘tishi bilan keramika ishlab chiqarish texnologiyalari takomillashib, yuqori sifatli va mustahkam mahsulotlar ishlab chiqarish imkoniyati paydo bo‘ldi [1]. Chinni va fayans mahsulotlari keramika sanoatining muhim tarmoqlaridan biri bo‘lib, ular kundalik hayotda keng qo‘llaniladi. Ushbu materiallardan turli xil idish-tovoqlar, bezak buyumlari, sanitariya-texnika jihozlari hamda laboratoriya anjomlari ishlab chiqariladi [2]. Chinni buyumlar yuqori haroratda kuydirilishi natijasida mustahkamligi, silliq yuzasi va yarim shaffofligi bilan ajralib turadi. Fayans buyumlari esa nisbatan pastroq haroratda kuydiriladi va ko‘pincha glazur bilan qoplanadi. Har ikkala material ham estetik ko‘rinishi, gigiyenikligi va uzoq muddat xizmat qilishi bilan qadrlanadi.

Chinni va fayans buyumlarini ishlab chiqarish jarayonlarini o‘rganish

Chinni va fayans buyumlari keramika sanoatining muhim mahsulotlaridan biri hisoblanadi. Ular kundalik turmushda keng qo‘llanilib, idish-tovoqlar, dekorativ buyumlar, sanitariya-texnika mahsulotlari va boshqa ko‘plab sohalarda ishlatiladi. Ushbu buyumlar yuqori sifatli mineral xom ashyolardan tayyorlanadi va murakkab texnologik jarayonlar orqali ishlab chiqariladi. Chinni va fayans buyumlarini ishlab chiqarishda bir nechta asosiy xom ashyo turlari qo‘llaniladi. Ularning tarkibi mahsulot sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Asosiy xom ashyolar quyidagilardan iborat:

Kaolin – keramika massasining asosiy komponenti bo‘lib, buyumga oq rang va plastiklik beradi. Kaolin quyidagi formuladan iborat. $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Dala shpati – erituvchi vazifasini bajaradi va kuydirish jarayonida massaning birikishini ta’minlaydi. Dalashpati quyidagi formuladan iborat. $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

Kvars – mahsulotning mexanik mustahkamligini oshiradi. Kvars quyidagi formuladan iborat. SiO_2 . Bu modda termik mustahkamlikni beradi

Loy – massa plastiklik xususiyatini oshirish uchun qo‘shiladi.

Chinni ishlab chiqarishda kaolin miqdori ko‘proq bo‘ladi, shu sababli u oq rangli va yarim shaffof bo‘ladi. Fayans ishlab chiqarishda esa loy va boshqa qo‘shimchalar ko‘proq ishlatiladi.

Keramika massasiga turli usullar yordamida shakl beriladi. Eng ko‘p qo‘llaniladigan usullar:

- Qoliplash (gips qoliplar yordamida);

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- Presslash;
- G‘ildirakda aylantirib shakl berish.

Bu jarayonlar orqali turli idish-tovoqlar, vazalar, plitalar va boshqa mahsulotlar tayyorlanadi. Shakl berilgan buyumlar nam holatda bo‘ladi. Shuning uchun ular maxsus quritish kameralarida ma’lum harorat va namlik sharoitida quritiladi. Quritish jarayonining maqsadi buyumdagi ortiqcha namlikni yo‘qotish va kuydirish jarayoniga tayyorlashdir. Agar quritish jarayoni noto‘g‘ri amalga oshirilsa, buyumlarda yoriqlar yoki deformatsiyalar paydo bo‘lishi mumkin.

Qurilgan buyumlar maxsus pechlarda yuqori haroratda kuydiriladi. Kuydirish jarayoni keramika mahsulotining mustahkamligini ta’minlaydi [3].

Chinni buyumlari odatda 1300–1400°C haroratda kuydiriladi. Fayans buyumlari esa 1000–1200°C haroratda kuydiriladi. Kuydirish natijasida keramika massasi qattiqlashadi va mustahkam struktura hosil qiladi.

Ko‘plab chinni va fayans buyumlari silliq va yaltiroq ko‘rinish berish uchun glazur bilan qoplanadi. Glazur maxsus shisha tarkibli modda bo‘lib, buyum yuzasiga surtiladi va qayta kuydiriladi [4].

Glazurlash quyidagi vazifalarni bajaradi:

- buyum yuzasini silliq qiladi;
- estetik ko‘rinishini yaxshilaydi;
- suv o‘tkazuvchanligini kamaytiradi;
- gigiyenik xususiyatini oshiradi.

Xulosa qilib aytganda, chinni va fayans buyumlarini ishlab chiqarish ko‘p bosqichli va murakkab texnologik jarayon hisoblanadi. Zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash orqali chinni va fayans mahsulotlarining sifatini yanada oshirish va ularni turli sohalarda keng qo‘llash imkoniyati mavjud.

Chinni va fayans buyumlari bir xil texnologiya asosida ishlab chiqarilsa-da, ularning ayrim farqlari mavjud:

- Chinni buyumlari yuqori haroratda kuydiriladi.
- Chinni ko‘proq oq rangli va yarim shaffof bo‘ladi.
- Fayans buyumlari nisbatan qalin va g‘ovak tuzilishga ega bo‘ladi.

Fayans odatda glazur bilan qoplanadi. Ishlab chiqarish jarayonining oxirgi bosqichida tayyor buyumlar sifat nazoratidan o‘tkaziladi. Bu jarayonda quyidagi ko‘rsatkichlar tekshiriladi: Mustahkamlik, sirt sifati, rang bir xilligi, yoriq yoki nuqsonlarning mavjudligi. Sifat talablariga javob bermaydigan buyumlar qayta ishlashga yuboriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Akmalov M.G‘., Tursunova N.N. **“Silikatlar texnologiyasi.”** – Buxoro: Durdoni nashriyoti, **2022.** - 248 bet. ISBN: 978-9943-8272-7-1.
2. O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim muassasalari uchun **“Kimyoviy texnologiya (chinni-fayans)” fan dasturi.** – Toshkent, 2024.

3. **Abdullayev A., Tursunov B.** Qurilish materiallari texnologiyasi. – Toshkent: O‘qituvchi, 2016.

4. **Rahimov M., Yusupov Sh.** Silikat materiallari texnologiyasi. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2017.

5. **Karimov R.** Keramika materiallari texnologiyasi. – Toshkent: O‘qituvchi, 2018.

SILIKAT MATERIALLARDA G‘ISHTNING TAYYORLANISH JARAYONI VA BOSQICHLARINI O‘RGANISH

Maxmudov Muxriddin Mannon o‘g‘li

Termiz davlat Muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Shaymardanova M.A

Termiz davlat Muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda silikat materiallar asosida g‘isht ishlab chiqarish jarayoni va uning asosiy texnologik bosqichlari yoritib berilgan. Ishda silikat g‘isht tayyorlashda ishlatiladigan asosiy xom ashyolar – kvarts qumi, ohak va suvning ahamiyati haqida ma’lumot berilgan. Shuningdek, xom ashyoni tayyorlash, aralashma hosil qilish, presslash, avtoklavda qotirish hamda sovitish jarayonlari ketma-ketlikda bayon qilingan. Silikat g‘ishtlarning fizik va mexanik xususiyatlari, afzalliklari hamda qurilish sohasida qo‘llanilish imkoniyatlari ham ko‘rib chiqilgan. Mazkur tadqiqotda silikat materiallar texnologiyasini o‘rganishda hamda qurilish materiallari ishlab chiqarish jarayonlari haqida tushuncha hosil qilishda muhim ahamiyatga ega[1].

Kalit so‘zlar: silikat g‘isht, kvarts qumi, ohak, suv, presslash, avtoklav, qurilish materiallari, texnologik jarayon, ishlab chiqarish, mustahkamlik.

Kirish

Qurilish materiallari sanoati zamonaviy iqtisodiyotning muhim tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Har qanday bino va inshootlarni qurishda sifatli qurilish materiallaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega. Qurilish materiallari ichida g‘isht eng keng tarqalgan va qadimdan foydalanib kelinayotgan materiallardan biridir.

G‘ishtlarning turli turlari mavjud bo‘lib, ulardan biri silikat g‘isht hisoblanadi. Silikat g‘isht – bu kvarts qumi, ohak va suv aralashmasidan tayyorlanadigan sun‘iy qurilish materiali bo‘lib, maxsus texnologiya asosida ishlab chiqariladi. Silikat g‘ishtlar mustahkamligi, aniq shakli va ekologik tozaligi bilan ajralib turadi[2].

Hozirgi kunda silikat g‘ishtlar turar joy binolari, sanoat inshootlari va boshqa qurilish obyektlarida keng qo‘llanilmoqda. Ularning ishlab chiqarish jarayoni bir necha texnologik bosqichlardan iborat bo‘lib, har bir bosqich tayyor mahsulot

sifatiga katta ta'sir ko'rsatadi. Ushbuda silikat g'isht ishlab chiqarish jarayoni, asosiy bosqichlari hamda texnologik xususiyatlari haqida batafsil ma'lumot beriladi.

Silikat g'isht haqida umumiy tushuncha

Silikat g'isht – bu qum, ohak va suvdan tayyorlanadigan qurilish materiali bo'lib, avtoklav usulida qotiriladi. Avtoklav – bu yuqori bosim va yuqori haroratli bug' yordamida materialga ishlov beriladigan maxsus qurilma hisoblanadi.

Silikat g'isht ishlab chiqarishda asosiy komponent sifatida kvarts qumi ishlatiladi. Kvarts qumi silikat g'isht tarkibining asosiy qismini tashkil etadi. Qum bilan ohak o'rtasida kimyoviy reaksiyalar sodir bo'lishi natijasida mustahkam silikat birikmalar hosil bo'ladi.

Silikat g'ishtlar o'zining mustahkamligi, silliq yuzasi, aniq geometrik shakli hamda ekologik xavfsizligi bilan ajralib turadi. Bundan tashqari, ular yaxshi tovush izolyatsiyasi xususiyatiga ham ega. Shu sababli silikat g'ishtlar qurilish sanoatida keng qo'llaniladi.

Silikat g'isht ishlab chiqarishda bir nechta asosiy xom ashyolar ishlatiladi. Bu xom ashyolar quyidagilardan iborat:

Kvarts qumi – silikat g'isht tarkibining asosiy qismini tashkil etadi. Odatda aralashmaning 85–90 foizini qum tashkil qiladi. Qum toza bo'lishi va unda loy hamda boshqa aralashmalar bo'lmasligi kerak.

Ohak – silikat g'isht ishlab chiqarish jarayonida muhim bog'lovchi modda hisoblanadi. Ohak qum bilan reaksiyaga kirishib, mustahkam birikmalar hosil qiladi. Odatda ohak miqdori 8–10 foiz atrofida bo'ladi.

Suv – aralashmani tayyorlash jarayonida ishlatiladi. Suv yordamida komponentlar bir xil massa holatiga keltiriladi va kimyoviy reaksiyalar uchun zarur muhit yaratiladi [3]. Silikat g'isht ishlab chiqarish jarayoni bir necha bosqichlardan iborat bo'lib, har bir bosqich muhim texnologik ahamiyatga ega.

Birinchi bosqichda ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan xom ashyolar tayyorlanadi. Kvarts qumi maxsus qurilmalarda tozalanadi va kerakli fraksiyaga keltiriladi. Qum tarkibidagi yirik zarrachalar yoki begona aralashmalar olib tashlanadi.

Ohak esa maydalagichlarda maydalanib, kukun holatiga keltiriladi. Tayyorlangan xom ashyolar keyingi jarayonlarga yuboriladi.

Ikkinchi bosqichda qum, ohak va suv ma'lum nisbatlarda aralashtiriladi. Bu jarayon maxsus aralashtirgich qurilmalarda amalga oshiriladi. Aralashtirish jarayonida barcha komponentlar bir xil massa hosil qilguncha aralashtiriladi. Aralashmaning namligi va bir xil bo'lishi juda muhim hisoblanadi. Agar aralashma noto'g'ri tayyorlansa, tayyor g'ishtning mustahkamligi pasayishi mumkin. Tayyor aralashma maxsus press mashinalariga yuboriladi. Bu mashinalarda aralashma yuqori bosim ostida qoliplarga joylashtiriladi va g'isht shakliga keltiriladi [4].

Presslash jarayoni g'ishtning zichligini oshiradi va uning shaklini aniq qilib beradi. Shu sababli bu bosqich ishlab chiqarish jarayonining muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi. Presslangan xom g'ishtlar maxsus avtoklav qurilmalariga joylashtiriladi. Avtoklav ichida g'ishtlar yuqori bosim ostida bug' bilan ishlov

beriladi. Bu jarayonda harorat odatda 170–200 °C atrofida bo‘ladi. Avtoklav jarayonida qum va ohak o‘rtasida kimyoviy reaksiyalar sodir bo‘ladi. Natijada mustahkam silikat birikmalar hosil bo‘ladi. Aynan shu jarayon g‘ishtning mustahkamligini ta‘minlaydi.

Avtoklav jarayonidan so‘ng g‘ishtar sovitiladi. Sovitilgan mahsulotlar maxsus laboratoriyalarda tekshiriladi. Ularning mustahkamligi, shakli va o‘lchamlari standart talablariga mos kelishi tekshiriladi. Talablarga javob beradigan mahsulotlar tayyor mahsulot sifatida omborlarga yuboriladi va qurilish obyektlariga yetkazib beriladi.

Silikat g‘ishtlarning bir qator muhim afzalliklari mavjud:

- yuqori mustahkamlik;
- aniq geometrik shakl;
- ekologik xavfsizlik;
- yaxshi tovush izolyatsiyasi;
- uzoq xizmat qilish muddati.

Shu sababli silikat g‘ishtar turli qurilish obyektlarida keng qo‘llaniladi[5].

Xulosa qilib aytganda, silikat g‘isht qurilish sanoatida muhim o‘rin egallaydigan materiallardan biridir. U kvarts qumi, ohak va suv asosida tayyorlanadi hamda maxsus texnologik jarayonlar orqali ishlab chiqariladi.

Silikat g‘isht tayyorlash jarayoni xom ashyoni tayyorlash, aralashma tayyorlash, presslash, avtoklavda qotirish va sovitish bosqichlaridan iborat. Har bir bosqich tayyor mahsulot sifatiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi.

Zamonaviy qurilishda silikat g‘ishtlardan keng foydalanish binolarning mustahkamligi va uzoq xizmat qilish muddatini ta‘minlaydi. Shu sababli silikat materiallar ishlab chiqarish texnologiyasini yanada rivojlantirish va takomillashtirish muhim ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ramazanov S.O., Xujamberdiyev Sh.M., Zikirov H.A., Bozorov S. Qurilish g‘ishti va olovbardosh materiallar texnologiyasi. – Termiz: Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, 2025. – O‘quv qo‘llanma.

2. Akmalov M.G‘., Tursunova N.N. “Silikatlar texnologiyasi.” – Buxoro: Durdona nashriyoti, 2022. – 248 bet. ISBN: 978-9943-8272-7-1.

3. Keramika va silikat materiallari texnologiyasi bo‘yicha ilmiy maqolalar to‘plami. – 2024–2025.

4. Abdullayev A., Tursunov B. Qurilish materiallari texnologiyasi. – Toshkent: O‘qituvchi, 2016.

5. Rahimov M., Yusupov Sh. Silikat materiallari texnologiyasi. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2017.

**SANOATDA QO‘LLANILADIGAN MAYDALASH QURILMALARINING
KONSTRUKSIYASINI TAHLIL QILISH**

Misirov Zafar Xolmuminovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

Habibullayev Abduvohid Choriboy o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Eshmurodov Musurmon Muhammadi o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu tezisda sanoatda keng qo‘llaniladigan maydalash qurilmalarining asosiy turlari — jag‘li, konusli, barabanli (sharovoy), val'sli va zarb-inersion (rotor) maydalagichlarning konstruktiv xususiyatlari keng tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: maydalash qurilmalari, jag‘li maydalagich, konusli maydalagich, sharovoy tegirmon, val'sli maydalagich, rotor maydalagich, konstruksiya tahlili, sanoat mexanikasi, granulometrik tarkib.

Har bir qurilma turining ishlash prinsipi, konstruktiv elementlari, afzalliklari va kamchiliklari qiyosiy nuqtai nazardan o‘rganilgan. Tadqiqotda ishchi qismlarning eskirishiga qarshi qo‘llaniladigan zamonaviy materiallar, shuningdek raqamli monitoring tizimlarining qurilma konstruksiyasiga integratsiyasi masalalari ham yoritilgan. Olingan tahlil natijalari maydalash qurilmasini to‘g‘ri tanlash ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini yaxshilashda hal qiluvchi ahamiyat kasb etishini ko‘rsatadi. Maqola natijalaridan kon-sanoati, qurilish materiallari ishlab chiqarish, kimyo va oziq-ovqat sanoati korxonalarida amaliy foydalanish mumkin.

Sanoatda qo‘llaniladigan maydalash qurilmalarining konstruksiyasini tahlil qilish

Zamonaviy sanoat korxonalarida xom ashyoni qayta ishlash jarayonida maydalash qurilmalari markaziy o‘rin tutadi. Kon-sanoati, qurilish materiallari ishlab chiqarish, kimyo va oziq-ovqat sanoatida turli xil maydalash qurilmalaridan foydalaniladi. Bu qurilmalarning asosiy vazifasi — qattiq moddalarni belgilangan o‘lchamlarga yetkazish, ya’ni yirik bo‘laklarni mayda zarrachalarga aylantirish hisoblanadi. Qurilmaning konstruktiv xususiyatlari nafaqat mahsulot sifatiga, balki energiya sarfiga, texnik xizmat ko‘rsatish osonligiga va umumiy ishlab chiqarish samaradorligiga ham bevosita ta’sir etadi.

Maydalash qurilmalari ishlash prinsipi va konstruksiyasiga ko‘ra bir necha asosiy turga bo‘linadi: jag‘li (shchyokoviy), konusli, barabanli (sharovoy), val'sli va zarb-inersion maydalagichlar. Jag‘li maydalagichlarda material harakatlanuvchi va qo‘zg‘almas jag‘ orasida siqilish kuchi ta’sirida maydalanadi. Bu turdagi qurilmalar odatda dastlabki (qo‘pol) maydalash bosqichida ishlatiladi va granit, bazalt, ohaktosh kabi qattiq tog‘ jinslarini qayta ishlashda yuqori ishonchlilik ko‘rsatadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Konstruksiyasining soddaligi va ta'mirlash qulayligi ularning asosiy ustunliklari sanaladi. Biroq past unumdorlik va tebranishdan kelib chiquvchi dinamik yuklamalar jag'li maydalagichlarning asosiy kamchiliklari hisoblanadi.

Konusli maydalagichlar o'z navbatida yuqori unumdorlik va uzluksiz ishlash rejimi bilan ajralib turadi. Ularda ichki konus tashqi konus ichida eksentrik harakat qiladi va material ikki konus yuzasi orasida doimiy ravishda maydalanib tushib ketadi. Bu konstruktiv yechim jag'li maydalagichlarga nisbatan bir xil granulometrik tarkibli mahsulot olish imkonini beradi va katta hajmdagi ishlab chiqarish liniyalarida keng qo'llaniladi. Konusli maydalagichlarning asosiy muammosi — konstruksiyasining murakkabligi va texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarining yuqoriligi.

Sharovoy tegirmonlar (barabanli qurilmalar) esa maydalashning oxirgi — nozik bosqichida ishlatiladi. Silindrsimon baraban ichiga joylashtirilgan po'lat sharlar va maydalanayotgan material birga aylanganda zarb va ishqalanish kuchlari ta'sirida material juda mayda zarrachalarga — ba'zan mikrometr darajasiga — yetkaziladi.

Valsli maydalagichlarda material ikkita qarama-qarshi yo'nalishda aylanuvchi silindrsimon val'slar orasidan o'tadi. Bu turdagi qurilmalar oziq-ovqat sanoatida don va donli mahsulotlarni qayta ishlashda, shuningdek kimyo sanoatida keng tarqalgan. Val'sli maydalagichlarning asosiy afzalligi — mahsulot granulometrik tarkibini aniq nazorat qilish imkoniyati va nisbatan past energiya sarfi. Konstruktiv nuqtai nazardan val'slar orasidagi bo'shliqni rostlash mexanizmi va val'slar yuzasining chidamliligi eng muhim texnik masalalar hisoblanadi.

Zarb-inersion (rotor) maydalagichlarda material yuqori tezlikda aylanuvchi rotor qanoti yoki urib tashlash plitalari bilan to'qnashib maydalanadi. Bu qurilmalar katta maydalash darajasiga ega bo'lib, nisbatan qattiq bo'lmagan materiallarni qayta ishlashda maqbul hisoblanadi. Konstruksiyasining yengiligi va unumdorligining yuqoriligi ularni qurilish materiallari sanoatida, xususan qum va shag'al ishlab chiqarishda keng tarqalgan qilgan.

Barcha turdagi maydalash qurilmalarida ishchi qismlarning eskirishi va charchashi asosiy konstruktiv muammo bo'lib hisoblanadi. Shu sababli zamonaviy konstruktorlar ishchi yuzalar uchun marganetsli po'lat, keramika va karbid-volfram qoplamali materiallardan foydalanmoqdalar. Bundan tashqari, raqamli texnologiyalar va sensörli monitoring tizimlari zamonaviy maydalash qurilmalari konstruksiyasiga tobora ko'proq integratsiya qilinmoqda, bu esa qurilmaning holatini real vaqt rejimida kuzatish va oldini oluvchi texnik xizmat ko'rsatishni ta'minlaydi.

Xulosa

Maydalash qurilmalarining konstruksiyasini tanlash va tahlil qilish — ishlab chiqarish texnologiyasining murakkab va ko'p qirrali masalasi. To'g'ri konstruktiv

yechim energiya tejash, mahsulot sifatini oshirish va qurilmaning uzoq muddat ishonchli ishlashini ta'minlaydi. Kelajakda aqlli boshqaruv tizimlari va yangi materiallar asosida maydalash qurilmalari konstruksiyasini yanada takomillashtirish sanoat samaradorligini sezilarli darajada oshirishi kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. — М.: Недра, 1980. — 415 с.
2. Сиваченко Л.А. Конструирование и расчёт мельниц. — Минск: Вышэйшая школа, 1990. — 278 с.
3. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., муйземнек ю.а. Дробилки: конструкция, расчёт, особенности эксплуатации. — М.: Машиностроение, 1990. — 320 с.
4. Разумов К.А., Перов В.А. Проектирование обогатительных фабрик. — М.: Недра, 1982. — 518 б.
5. Левенсон Л.Б., Казаков М.М. Дробильно-сортировочные машины и установки. — М.: Машгиз, 1995. — 372 б.
6. Cheung C.K., Larbi A. Crushing and grinding equipment: design and performance analysis. — London: Elsevier, 2015. — 290 p.
7. Wills B.A., Finch J.A. Wills' mineral processing technology. — 8th ed. — oxford: butterworth-heinemann, 2016. — 512 p.
8. Tosun a. Jaw crusher performance optimization and design analysis // journal of mining science. — 2019. — vol. 55, № 3. — p. 412–421.
9. Qodirov T.T., Nazarov B.X. Maydalash va yanchish jarayonlari texnologiyasi. — Toshkent: fan, 2005. — 244 b.

**XONDIZA POLIMETALL KONI SHAROITIDA SENTINEL-1 INSAR
MA'LUMOTLARINI QAYTA ISHLASHDAGI MUAMMOLAR, MAXSUS
YONDASHUVLAR VA ILLYUSTRATIV MATERIALLAR**

Nomdorov R.U.

Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti, PhD

Botirov Sh.S.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o'qituvchisi

e-mail: shoxbos.b@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada Xondiza polimetall koni sharoitida Sentinel-1A sun'iy yo'ldoshi ma'lumotlarini InSAR texnologiyasi orqali qayta ishlash jarayonida uchraydigan muammolar (atmosfera kechikishi, relyef tufayli geometrik buzilishlar, koherensiya pasayishi, unwrap xatoliklari) batafsil tahlil qilinadi. Atmosferik model (ERA5, GACOS), yuqori aniqlikli raqamli relyef modellaridan (TanDEM-X, UAV-LiDAR) foydalanish, SBAS va PSInSAR metodlari asosidagi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

vaqt qatori tahlili, StaMPS dasturi bilan integratsiya kabi yechimlar ishlab chiqilgan. Maqolada shuningdek Xondiza konining geologik va texnologik sharoitidan kelib chiqadigan maxsus yondashuvlar hamda illyustratsion materiallar (orbit sxemalari, IW qamrovi, SNAP blok-sxemasi, Google Earth tasvirlari, texnik parametrlari jadvali) keltirilgan.

Kalit so‘zlar: InSAR, Sentinel-1A/B, atmosfera tuzatmalari, SBAS, PSInSAR, StaMPS, TanDEM-X, UAV-LiDAR, GNSS kalibrlash, Xondiza koni.

Kirish

InSAR texnologiyasi masofaviy zondlashda millimetr aniqligida deformatsiyalarni kuzatish imkonini beruvchi ilg‘or metodlardan biridir. Ammo tog‘li hududlarda, ayniqsa faol qazish ishlari olib boriladigan ochiq konlarda, InSAR ma’lumotlarini qayta ishlash ko‘plab qiyinchiliklarga duch keladi. Xondiza polimetall koni (Surxondaryo viloyati, Sariosiyo tumani) shunday murakkab geologik muhitga ega: karer bortlarining chuqurlashtirilishi, portlatish ishlari, suv ta’siri va tez-tez o‘zgaradigan relyef deformatsiya tahlilida qo‘shimcha xatolik manbai hisoblanadi. Shu sababli an’anaviy ishlov algoritmlari bilan bir qatorda maxsus yondashuvlarni ishlab chiqish zarur.

Asosiy muammolar va ularning yechimlari

Atmosfera ta’sirlari

SAR signallari atmosfera qatlamida kechikishga uchraydi. Suv bug‘lari va ionosfera elektron zichligi farqlari interferogrammada fazaning buzilishiga olib keladi. Bu esa deformatsiya signalini noto‘g‘ri talqin qilishga sabab bo‘ladi.

Yechimlar:

- ERA5 va GACOS global modellaridan foydalanib faza kechikishini tuzatish.

- Ko‘p vaqtli (time-series) InSAR tahlilida atmosferik shovqinni statistik filtrlar yordamida ajratib olish.

- Mahalliy meteorologik stansiya kuzatuvlari bilan qo‘shimcha kalibrlash. Geometrik buzilishlar.

SAR yonlama ko‘rish printsipiga asoslanganligi sababli tog‘li relyefda foreshortening, layover va shadow effektlari kuzatiladi.

Yechimlar:

- SNAP dasturida Terrain Correction bosqichini qo‘llash.

- Yuqori aniqlikli DEM (TanDEM-X 12 m yoki UAV-LiDAR) ma’lumotlari bilan geokodlash.

- Faol qazish zonalari uchun DEM’ni davriy yangilab borish.

Topografik fazani noto‘g‘ri yo‘qotish

Interferogrammada relyef fazasini olib tashlash jarayonida past aniqlikdagi DEM ishlatilsa, qoldiq faza paydo bo‘ladi va deformatsiya natijalariga ta’sir qiladi.

Yechimlar:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- TanDEM-X global DEM yoki UAV-LiDAR o‘lchovlari asosida relyefni yangilash.

- Qavatma-qavat qazish natijasida yuzaga keladigan tez o‘zgarishlarni inobatga olish uchun UAV-LiDAR yordamida tezkor DEM tuzish.

Koherensiya muammolari

Qazish ishlari, portlatish, vegetatsiya o‘zgarishi interferogrammada koherensiya darajasini pasaytiradi, bu esa fazani unwrap qilishni qiyinlashtiradi.

Yechimlar:

- SBAS algoritmi orqali kichik bazisli interferogrammalarni birlashtirish.
- PSInSAR yordamida doimiy scatterer nuqtalarini ajratish.
- Kuzatuvlarni mavsumiy (yoz/qish) farqlarini hisobga olib tanlash.

Fazani unwrap qilishdagi xatoliklar

Koherensiya past bo‘lgan hududlarda unwrap jarayoni xatolik keltirib chiqaradi va katta noto‘g‘ri siljish qiymatlari hosil bo‘lishi mumkin.

Yechimlar:

- SNAPHU algoritmini mos parametrlar bilan qo‘llash.
- Ko‘p qatlamli unwrap usullaridan foydalanish.
- PSInSAR nuqtalari asosida unwrap natijalarini stabillashtirish.

Xondiza koni sharoitidagi maxsus yondashuvlar

Kon relyefi va qazish ishlari

Xondiza konida chuqurlashtirilgan qavatma-qavat qazish usuli qo‘llaniladi. Bu esa relyef geometriyasining tez o‘zgarishiga va koherensiya yo‘qolishiga sabab bo‘ladi.

Yondashuvlar:

- ROI (Region of Interest) ni faqat faol qazish zonalarini qamrab oladigan tarzda aniq subsetting qilish.
- DEM’ni yuqori aniqlikda tez-tez yangilash (UAV-LiDAR yoki TanDEM-X asosida).

3.2. Deformatsiya manbalari

Kon hududida deformatsiyaning asosiy manbalari: karer bortlarining siljishi, portlatish ishlari natijasidagi seysmik effektlar, yog‘ingarchilik va yer osti suvlarining ta’siri. Bu jarayonlar deformatsiyaning turli tezliklarda kechishiga olib keladi.

Yondashuvlar:

- SBAS algoritmi yordamida vaqt qatorlarida deformatsiyani ajratib olish.
- PSInSAR yordamida doimiy scattererlar asosida aniq natijalar olish.
- Natijalarni GNSS va total stansiya kuzatuvlari bilan integratsiya qilish.

Atmosferik va mahalliy sharoit

Ochiq konlarda ko‘pincha chang, bug‘ va tutun bo‘ladi, bu radar signallariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Yondashuvlar:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- ERA5 global modellaridan foydalanish.
- Mahalliy meteostansiya kuzatuvlarini InSAR ma’lumotlari bilan birlashtirish.

Kalibrlash va qo‘shimcha kuzatuvlar

Faqat sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari yetarli emas. Mahalliy geodezik kuzatuvlar bilan kalibrlash zarur.

Yondashuvlar:

- GNSS kuzatuv nuqtalarini deformatsiya xaritalariga bog‘lash.
- Total stansiya yordamida bortlarning siljishini davriy o‘lchash.
- UAV-LiDAR natijalari bilan uch tomonlama taqqoslash.

Illyustrativ materiallar

1. Sentinel-1 A/B orbitasi sxemasi – global qamrovni ko‘rsatuvchi chizma.
2. IW rejimi qamrovi – 250 km kenglikdagi qamrov xaritasi.
3. SNAP blok-sxemasi – orbitani yangilashdan tortib StaMPS integratsiyasigacha bo‘lgan bosqichlar.
4. Xondiza koni (2020 va 2025) – Google Earth tasvirlarida kon relyefidagi o‘zgarishlar.
5. Sentinel-1 texnik parametrlari jadvali – orbit balandligi (~693 km), inklinatsiya (98.18°), radar chastotasi (5.405 GHz), polarizatsiya (VV,VH,HH,HV), IW rejimi qamrovi (250 km), fazoviy yechim (5×20 m).

Xulosa

Xondiza polimetall konida Sentinel-1 InSAR monitoringi yuqori aniqlikdagi deformatsiya xaritalarini olish imkonini beradi, ammo atmosfera, relyef va texnologik omillar sabab qo‘shimcha yechimlar talab etiladi. Atmosfera modellarini qo‘llash, DEM ni tez-tez yangilash, SBAS/PSInSAR vaqt qatori tahlili va StaMPS integratsiyasi, shuningdek GNSS va UAV-LiDAR kalibrlashlari natijalarni sezilarli darajada aniqlashtiradi. Illyustratsion materiallar esa jarayonni vizual tarzda tushuntirib beradi. Ushbu metodika konning xavfsiz ekspluatatsiyasi va geomekanik monitoring tizimining shakllanishi uchun muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hanssen, R. (2001). *Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis*. Springer.
2. Li, Z., et al. (2009). *IEEE TGRS*, 47(8), 2732–2742.
3. Bekaert, D., et al. (2015). *Remote Sensing of Environment*, 164, 282–297.
4. Bamler, R., Hartl, P. (1998). *Inverse Problems*, 14(4), R1–R54.
5. Yagüe-Martínez, N., et al. (2016). *IEEE TGRS*, 54(4), 2220–2234.
6. Parizzi, A., et al. (2012). *Journal of Applied Geophysics*.
7. Wessel, B., et al. (2018). *ISPRS JPRS*, 132, 77–89.
8. Zebker, H.A., Villasenor, J. (1992). *IEEE TGRS*, 30(5), 950–959.
9. Osmanoğlu, B., et al. (2016). *ISPRS JPRS*, 115, 90–102.
10. Goldstein, R.M., Werner, C.L. (1998). *GRL*, 25(21), 4035–4038.
11. Hooper, A. (2008). *GRL*, 35.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Курбанова Малика Хайитовна

ассистент русского языка кафедры Узбекского языка и литературы
Термезского государственного университета инженерии и агротехнологии

Аннотация. Интеллектуальное оборудование в нефтегазовой отрасли включает автоматизированные системы управления, датчики, контроллеры, системы телеметрии, интеллектуальные приводы, SCADA-системы и устройства промышленного интернета вещей (IIoT). Надёжное электроснабжение и обеспечение электробезопасности являются критически важными условиями их бесперебойной и безопасной эксплуатации. Электробезопасность играет ключевую роль в предотвращении аварий, пожаров и поражения электрическим током.

Ключевые слова: нефтегазовая промышленность, мировая нефтегазовая отрасль, нефтенный комплекс, электроснабжения и электробезопасности

Электроснабжение интеллектуального оборудования в нефтегазовой отрасли требует особого подхода из-за высокой чувствительности цифровых систем к качеству питания и жестких условий эксплуатации (взрывоопасные зоны, агрессивная среда).

Основные требования к электроснабжению. Интеллектуальное оборудование (датчики, контроллеры PLC, системы SCADA) относится к особой группе электроприемников I категории.

Бесперебойность: питание должно подаваться от двух независимых источников с автоматическим вводом резерва (ABR).

Использование ИБП: обязательное применение источников бесперебойного питания (UPS) класса On-line с двойным преобразованием для фильтрации «грязного» тока.

Качество энергии: отклонение напряжения не должно превышать $\pm 1\%$, а коэффициент гармоник должен быть минимальным для предотвращения сбоев в логических цепях процессоров.

Автономность: аккумуляторные батареи должны обеспечивать работу систем управления в течение времени, достаточного для безаварийной остановки техпроцесса (обычно от 30 минут до нескольких часов).

Электробезопасность и защита оборудования: Специфика отрасли диктует строгие меры защиты как персонала, так и самой «умной» электроники.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Искробезопасные цепи: для датчиков во взрывоопасных зонах используются барьеры искрозащиты, ограничивающие энергию в цепи до безопасного уровня, исключающего воспламенение.

Электромагнитная совместимость (ЭМС):

- Раздельная прокладка силовых и контрольных кабелей для исключения наводок.

- Экранирование кабелей связи и заземление экранов только в одной точке

Система заземления: использование выделенного «чистого» технологического заземления (FE) для микропроцессорной техники, отделенного от защитного заземления здания (PE) до главной заземляющей шины.

Защита от перенапряжений: установка УЗИП (устройств защиты от импульсных перенапряжений) для защиты чувствительных портов RS-485/Ethernet от грозовых разрядов и коммутационных помех. Тренды и интеллектуальные функции
Современные системы электроснабжения сами становятся «интеллектуальными» (Smart Grid):

Предиктивная диагностика: системы мониторинга в реальном времени оценивают износ АКБ и состояние изоляции кабелей.

Удаленное управление: возможность дистанционной конфигурации параметров питания и сброса контроллеров через защищенные протоколы.

Киберзащита: интеграция средств защиты информации непосредственно в блоки питания и контроллеры для предотвращения атак на энергетическую инфраструктуру.

Нефтегазовый сектор играет очень важную роль при решении общенациональных задач и существенно зависит от развития и параметров экономической среды. Поэтому все достижения устойчивости стратегических ориентиров развития нефтегазового сектора и экономики нужно вести на уровне заданных параметров и запланированных мероприятий.

Также, необходимо поддерживать уровень взаимного согласования и конкретизации политики социально-экономического развития страны.

В результате этого образуется достаточно устойчивая среда перспективного развития. Это будет единственным реальным основанием для благополучного решения всех рассматриваемых проблем в данной отрасли.

Вопросы электроснабжения и электробезопасности интеллектуального оборудования в нефтегазовой отрасли стали критически важными в условиях цифровизации, внедрения индустриального интернета вещей (IIoT), робототехники и облачных технологий. Интеллектуализация требует не просто подачи энергии, а обеспечения ее высокого качества и бесперебойности для защиты дорогостоящих систем мониторинга и автоматизации.

Ключевые аспекты электроснабжения интеллектуального оборудования

Бесперебойность и качество энергии: Интеллектуальные датчики, контроллеры и системы управления на скважинах и насосных станциях чувствительны к перепадам напряжения. Требуется применение систем бесперебойного электроснабжения (ИБП), обеспечивающих надежность для непрерывного цикла производства.

Гибкие системы (ИСЭЛ): Внедрение интеллектуальных систем электроснабжения (ИСЭЛ), которые используют открытые протоколы для обмена данными между элементами. Это создает распределенную инфраструктуру с возможностью легкой модернизации и высокой степенью автоматизации.

Автономность и ВИЭ: Для удаленных и труднодоступных объектов (линейные объекты) активно внедряются возобновляемые источники энергии (солнечные панели, ветрогенераторы), интегрированные с системами накопления энергии.

Автоматизация управления: Применение устройств автоматического ввода резерва (АВР) и интеллектуальных средств автоматики для мгновенного переключения на резервные источники.

Проблемы и решения в электробезопасности

Защита от опасных факторов: Эксплуатация электроустановок в нефтегазовой отрасли сопряжена с рисками взрывоопасности, что требует строгого соблюдения правил техники безопасности, использования оборудования в исполнении Ex, а также защиты от искрообразования при работе цифровых систем.

Риски "человеческого фактора": Несмотря на интеллектуализацию, безопасность остается критически зависимой от правильной эксплуатации оборудования. Необходим строгий контроль за состоянием кабельных линий и электроавтоматики.

Кибербезопасность электроснабжения: Интеллектуальное оборудование, подключенное к сети, требует защиты не только от физических повреждений, но и от кибератак, способных вывести из строя системы электропитания.

Техническое регулирование: Использование современных стандартов и систем мониторинга для автоматической диагностики состояния электрооборудования и прогнозирования аварийных ситуаций.

В целом, современная концепция электроснабжения в отрасли переходит к созданию "умных сетей" (Smart Grid), способных самостоятельно диагностировать неисправности и оптимизировать энергопотребление интеллектуальных систем.

Будущее нефтегазовой отрасли связано с полностью автоматизированными и интеллектуальными системами энергоснабжения.

Электроснабжение интеллектуального оборудования в нефтегазовой отрасли требует высокой надёжности, устойчивости и безопасности. Электробезопасность играет ключевую роль в предотвращении аварий, пожаров и поражения электрическим током. Использование современных цифровых технологий, систем резервирования и взрывозащищённого оборудования позволяет значительно повысить эффективность и безопасность нефтегазовых объектов.

Список использованной литературы

1. Электроснабжение предприятий добычи и переработки нефти и газа — М.: Форум, 2023.
2. Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности. Книга 1. Оборудование систем электроснабжения — 2015.
3. Электроснабжение нефтегазовых комплексов и производств — Новосибирск: НГТУ, 2011.
4. Электроснабжение нефтегазовых комплексов и производств. Практикум
5. Обслуживание нефтепромысловых и буровых электроустановок — М.: Недра,
6. Электрические и электронные аппараты и их использование в нефтегазовой промышленности — М.: Инфра-Инженерия, 2023.
7. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — 7-е изд. — М.: Энергоатомиздат.
8. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП). — М.: ЭНАС.
9. ГОСТ 12.1.019–2017. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
10. ГОСТ Р 12.1.038–2024. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

**XONDIZA POLIMETALL KONIDA SENTINEL-1 INSAR MONITORINGI:
MA'LUMOT YIG'ISH, SNAP DASTLABKI ISHLOVI VA KON-
SHAROITGA MOS MAXSUS YONDASHUVLAR**

Nomdorov R.U.

Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti, PhD

Botirov Sh.S.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o'qituvchisi
e-mail: shoxbos.b@mail.ru

Annotatsiya: Ushbu maqolada Xondiza polimetall koni (Sariosiyo tumani) sharoitida yer usti deformatsiyalarini masofaviy zondlash orqali monitoring qilish uchun Sentinel-1A/B C-diapazonli SAR ma'lumotlaridan foydalanish metodikasi taqdim etiladi. 2020–2025 yillar oralig'ida to'plangan 120 ta SLC sahna asosida (asosan descending yo'nalish, IW rejimi) ma'lumot yig'ish strategiyasi, ESA SNAP muhitida bajarilgan dastlabki ishlov (Apply Orbit, Subset, Multilooking, Refined Lee, Deburst, Coregistration, Interferogram Formation, Topographic Phase Removal, Goldstein filtering, SNAPHU orqali Unwrapping) hamda kon relyefi va texnologik jarayonlaridan kelib chiqadigan muammolar (atmosfera, geometrik buzilishlar, koherensiya, unwrap xatolari) uchun amaliy yechimlar bayon etiladi. Kon-spetsifik yondashuv sifatida TanDEM-X/UAV-LiDAR asosida DEM yangilash, SBAS/PSInSAR vaqt qatori tahlili va StaMPS integratsiyasi, shuningdek GNSS va total stansiya kuzatuvlari bilan natijalarni kalibrlash protokoli taklif etiladi.

Kalit so'zlar: Sentinel-1A/B, C-band SAR, IW rejimi, SLC, SNAP, TOPS Deburst, SBAS, PSInSAR, StaMPS, TanDEM-X, UAV-LiDAR, GNSS.

Kirish

Copernicus Sentinel-1 dasturi (1A — 2014-y. 3-aprel; 1B — 2016-y. 25-aprel) geodinamika, qishloq xo'jaligi, suv xo'jaligi, transport infratuzilmasi va konchilikdagi deformatsiyalarni yuqori ishonchlilikda kuzatishga mo'ljallangan C-band SAR platformasidir. Sun'iy yo'ldoshlar ~693 km balandlikdagi Quyosh-sinxron orbitada ($i \approx 98.18^\circ$) ishlaydi; juft foydalanilganda qayta kuzatuv sikli 6 kun bo'lgan, 2022-yildan beri 1A yolg'iz ishlayotgani bois 12 kun. Xondiza kabilar uchun interferometriyada keng qo'llaniladigan IW rejimi (5×20 m; 250 km qamrov) tanlandi; polarizatsiya sifatida VV deformatsiya signallariga sezgirligi sabab afzal ko'rildi. Ochiq ma'lumot siyosati (ESA/ASF/DIAS) hududiy tadqiqotlar uchun qulaylik yaratadi.

Ma'lumot yig'ish metodikasi (2020–2025)

Davr va hajm. 2020–2025 yillarda jami 120 ta SLC sahna yig'ildi (har biri 2–4 GB; umumiy hajm >400 GB).

Orbit va takroriylik. Asosan descending treklarda, 12 kunlik sikl bilan yiliga ≥ 30 sahna.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Qamrov va ROI. IW qamrovi 250 km bo‘lsa-da, tahlil Sariosiyo–Xondiza poligoni bilan cheklangan (subset).

Yuklab olish manbalari. Copernicus Open Access Hub, ASF DAAC (amaliy tezkor yuklab olish), CREODIAS/ONDA (katta arxivlar). Amalda tarmoq tezligi sabab asosiy oqim ASF orqali tashkil etildi.

Tanlash mezonlari. VV polarizatsiya; faqat SLC (GRD vizual tahlilga qulay, lekin interferometriya uchun yaroqsiz); qat’iy ROI.

Texnik cheklovlar. Katta hajm, tarmoq sekinligi, lokal hisoblash quvvati; yechim sifatida maxsus server/bulut resurslari jalb etildi.

SNAP dasturida dastlabki ishlov

1. Apply Orbit File — aniqlashtirilgan orbit ma’lumotlari bilan faza aniqligini oshirish.

2. Subset (ROI) — poligon bo‘yicha kesish, resurs tejamkorligi.

3. Multilooking ($\approx 4 \times 1$) — spekkni kamaytirish va fazoviy aniqlikni muvozanatlash.

4. Speckle Filtering (Refined Lee) — strukturalarni saqlagan holda shovqinni pasaytirish.

5. Deburst (TOPS) — burstlarni birlashtirib yaxlit sahna hosil qilish.

6. SLC Coregistration (master–slave) — piksel darajasida moslashtirish.

7. Interferogram Formation — faza farqidan interferogramma hosil qilish.

8. Topographic Phase Removal (SRTM 30 m) — relyef komponentini olib tashlash.

9. Phase Filtering (Goldstein) — fazani silliqlash.

10. Phase Unwrapping (SNAPHU) — cheklangan fazani haqiqiy siljishga aylantirish.

11. Deformatsiya xaritasi — unwrap qilingan fazani siljishga konvertatsiya qilish; subsidensiya zonalarini ajratish.

Tezlik formulası. InSAR tezlik bahosi

$$v = \frac{\Delta\varphi \cdot \lambda}{4\pi \cdot \Delta t} \quad (1)$$

bu yerda $\Delta\varphi$ — faza farqi, λ — to‘lqin uzunligi (Sentinel-1 ≈ 5.6 sm), Δt — kuzatuvlar oralig‘i.

4. Xondiza koni sharoitidagi muammolar va yechimlar

Atmosfera ta’siri. Suv bug‘lari/ionosfera fazani buzadi $\rightarrow$ ERA5/GACOS tuzatmalari, ko‘p-vaqtli statistik ajratish.

Geometrik buzilishlar. Tog‘li relyefda foreshortening/layover/shadow $\rightarrow$ Terrain Correction va yuqori aniqlikli DTM/DSM (SRTM $\rightarrow$ TanDEM-X/LiDAR) bilan geokodlash.

Topografik faza qoldig‘i. Past aniqlikli DEM $\rightarrow$ qoldiq faza $\rightarrow$ TanDEM-X yoki UAV-LiDAR bilan DEMni yangilash.

Koherensiya pasayishi. Faol qazish/portlatish/vegetatsiya → SBAS (kichik bazis) va PSInSAR (barqaror scatterer), fasl bo‘yicha sahna tanlash.

Unwrapping xatolari. Past koherensiyada xatoliklar → SNAPHU parametrlarini moslash, ko‘p-qatlamli unwrap.

Xulosa

Xondiza polimetall koni uchun Sentinel-1 InSAR monitoringi metodikasi sifatida IW/VV rejimidagi SLC ma'lumotlarini muntazam (12 kun) yig'ish, SNAP dastlabki ishlov zanjirini izchil qo'llash va StaMPS bilan vaqt qatori tahlilini integratsiya qilish samarali poydevor yaratadi. Kon sharoitidagi murakkab relyef va tez o'zgarishlar TanDEM-X/UAV-LiDAR bilan DEM yangilashni, ERA5/GACOS atmosferik tuzatmalarini va GNSS/total stansiya kalibrlashini talab etadi. Ushbu yondashuv subsidensiya zonalarini millimetr darajasida ajratish hamda xavfsiz ekspluatatsiya va muhandislik qarorlarini asoslash uchun yetarli aniqlikni ta'minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ESA Sentinel-1 User Guide. Copernicus Open Access Hub.
2. Torres, R., et al. (2012). *Remote Sensing of Environment*, 120, 9–24.
3. Yagüe-Martínez, N., et al. (2016). *IEEE TGRS*, 54(4), 2220–2234.
4. Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F. (2001). *IEEE TGRS*, 39(1), 8–20.
5. Berardino, P., et al. (2002). *IEEE TGRS*, 40(11), 2375–2383.
6. Hooper, A., et al. (2007). *JGR*, 112.
7. Hanssen, R. (2001). *Radar Interferometry*. Springer.
8. Crosetto, M., et al. (2016). *ISPRS JPRS*, 115, 78–89.
9. Bamler, R., Hartl, P. (1998). *Inverse Problems*, 14(4), R1–R54.
10. Zebker, H.A., Villasenor, J. (1992). *IEEE TGRS*, 30(5), 950–959.

UNIVERSAL GAZ DOIMIYSINI ANIQLASH

Qurbonmurodov Umid Jumanazarovich

“Aniq va tabiiy fanlar” kafedrasi o‘qituvchisi

Norqo‘ziyev Jahongir Sherali o‘g‘li

“Aniq va tabiiy fanlar” kafedrasi o‘qituvchisi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada ideal gazlar holat tenglamasiga asoslanib universal gaz doimiysini laboratoriya sharoitida aniqlash metodikasi keltirilgan. Tajriba natijalari asosida universal gaz doimiysining qiymati hisoblanadi va nazariy qiymat bilan taqqoslanadi.

Kalit so‘zlar: ideal gaz, universal gaz doimiysi, Klapeyron-Mendeleyev tenglamasi, bosim, vakuum.

Kirish

Ideal gaz holat tenglamasi $pV = nRT$ ko‘rinishida yoziladi. Bu yerda R - universal gaz doimiysi bo‘lib, uning nazariy qiymati $8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ ga teng.

1.QISQACHA NAZARIY MA’LUMOTLAR.

Gaz doimiysi - bu maktab yoki oliy ta’limda fizika fanida o‘rganiladigan gazlarning fizik xossalariga oid fundamental tushuncha hisoblanadi. Gazlar molekulalari harakatining o‘rta energiyasini ifodalaydigan jarayonlar doirasida, ularning fizikaviy holatini tavsiflash uchun foydalaniladi.

Gaz doimiysi. Gaz doimiysi (simvoli: R) universal gaz doimiysi bo‘lib, ideal gazlar tenglamasida qatnashadi. Bu doimiy fizika va kimyoda keng qo‘llaniladi. U gazning molekulyar haroratiga va hajmiga bog‘liq bo‘lgan bosim va boshqa o‘zgarishlarni ifodalashda yordam beradi.

Gazlarning ideal tenglamasi:

$$pV = nRT$$

bu yerda: P - bosim (Pa yoki atm); V - hajm (m^3 yoki litr); n - modda miqdori (mol);

R - gaz doimiysi (ideal gaz doimiysi); T - harorat (Kelvin bo‘yicha).

Gaz doimiysi qiymati. Universal gaz doimiysi R ning qiymati: $R \approx 8.314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$

Ba’zi hollarda qulaylik uchun uning boshqa birliklardagi qiymatlari ham ishlatiladi

Klapeyron-Mendeleyev tenglamasi (1834) hajm V , bosim P va mutlaq harorat o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganadi.

T gaz uchun:

$$pV = nRT$$

bu yerda

$$n = \frac{m}{\mu}$$

n - gaz mollari soni; p - gaz bosimi, Pa; V - gaz hajmi, m^3 ; T - gazning absolyut harorati, K; R - universal gaz doimiysi, $\text{J/mol} \cdot \text{K}$ da ifodalangan.

Atmosfera havosiga ulangan kolba mavjud. Kolbadagi havo massasi m_1 , havo bosimi p_1 va atrof-muhit harorati T Klapeyron-Mendeleyev tenglamasi bilan bir-biriga bog‘langan.

$$p_1V = \frac{m_1}{\mu} RT$$

Agar kolbadan p_2 bosimgacha havo chiqarilsa, kolbadagi havo massasi m_2 ga kamayadi:

$$p_2V = \frac{m_2}{\mu} RT$$

Birinchi tenglamadan ikkinchisini ayirib, transformatsiyadan so‘ng biz quyidagilarni olamiz:

$$R = \frac{\mu V \Delta p}{(m_1 - m_2)T}$$

bu yerda $\Delta p = p_1 - p_2$.

Shuning uchun, agar hajmi V bo‘lgan idishga o‘ralgan ma’lum massa m_1 uchun bosim p_1 va harorat T ni aniqlasak va keyin o‘sha idishdagi gazning m_1 massasini m_2 qiymatiga (masalan, nasos bilan) o‘zgartirsak, bir xil haroratda p_2 bosimini aniqlang, keyin formuladan foydalanib universal gaz doimiysini hisoblash oson.

Eslatma: havoning molyar massasi $\mu = 29 \cdot 10^{-3}$ kg/mol.

2.USKUNALAR TAVSIFI.

O‘rnatish o‘lchov modulidan, havoni tortish uchun kolbadan, jo‘mrakli vakuumli chiqish joyidan va laboratoriya tarozidan iborat.



1 – rasm. Uskunaning umumiy ko‘rinishi.

Asboblarning blokining old panelida quyidagilar mavjud:

- kolba ichidagi bosimni o‘lchash uchun raqamli qurilma, differentsial bosim sensori bilan ishlaydi. Qurilma indikator kolbadagi bosimning o‘zgarishini Δp kPa bilan ko‘rsatadi.

- $^{\circ}\text{C}$ da havo haroratining raqamli ko‘rsatkichi.

- "CETb" tugmachasini bosish uskunasi quvvat kaliti.

- vakuum nasosini yoqish tugmasi "ПУСК"

- "СБРОС" solenoid klapanini yoqish tugmasi.

Vakuum hajmi uchun jo‘mrakli kolba - 1070 ml.

3.ISHNI BAJARISH TARTIBI.

Nasos usuli yordamida universal gaz konstantasini aniqlash.

Laboratoriya jihozlarini ishga tayyorlash.

O‘lchov modulini, laboratoriya tarozisini va kolbani tekis yuzaga qo‘ying. Laboratoriya balansini tekshiring va agar kerak bo‘lsa, tekislang (daraja ko‘rsatkichi tarozi boshqaruv panelida joylashgan).

O‘lchov moduli va laboratoriya tarozilarini 220V tarmoqqa ulang.

Kolbani laboratoriya ishlariga tayyorlash uchun kolba va chiqish aloqalari, shuningdek, krani moylangan va mahkamlanganligiga ishonch hosil qiling. Buning uchun aloqa joylarini vazelin yoki silikon bilan yog‘lash kerak, qismlar yaqin aloqada bo‘lganda, ulanish shaffof bo‘ladi.

O‘lchovlarni olish.

1) Chiqish va o‘lchash modulini silikon shlang bilan ulang.

2) o‘lchash modulini yoqing, buning uchun "Tarmoq" tugmachasini ON holatiga o‘tkazing.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

3) "СБРОС" tugmasini bosib ushlab turing, tizimdagi bosimni atmosfera bosimiga tenglashtirish uchun tizimdagi bosim o‘chirish valfini oching (qurilma ko‘rsatkichi 0 kPa).

4) "ПІУС" tugmasini bosib ushlab turing, kolbadan havoni -30 kPa dan -70 kPa gacha bo‘lgan diapazonda chiqarib oling.

5) 2-5 daqiqa kuting, belgilangan vakuum qiymatini Δp 1-jadvalga yozing. Kolbaning chiqishidagi jo‘mrakni 90° burab yoping.

6) "СБРОС" tugmasini bosib ushlab turing, tizimdagi bosimni atrof-muhit bilan tenglashtiring. Shlangni kolba rozetkasidan ajratib oling.

7) Tarozi yon tomonidagi kalitni "BKJ" holatiga burab, laboratoriya tarozisini yoqing. O‘lchov bosqichi bo‘sh ekanligiga va begona narsalarga tegmasligiga ishonch hosil qiling. Keyin laboratoriya balansining boshqaruv panelidagi "I/O" tugmasini bosing. Nol o‘rnatilguncha kuting; ekranda "0,00g" ko‘rsatiladi. Ehtiyotkorlik bilan evakuatsiya qilingan havo bo‘lgan kolbani shkalaga qo‘ying, qiymat o‘rnatilguncha biroz kuting, so‘ngra "TARA" tugmasini bosing.

8) Kolbaning chiqish kranini 90° burab ehtiyotkorlik bilan oching.

9) Keyin qiymat o‘rnatilguncha kutishingiz va 1-jadvalga Δm massa farqining qiymatini kiritishingiz kerak.

Tajribani kamida 5 marta bajaring.

O‘lchov natijalariga asoslanib, formuladan foydalanib, universal gaz doimiysini hisoblang, bu erda T - Kelvindagi havo harorati.

$$R = \frac{\mu V \Delta p}{(m_1 - m_2) T}$$

Formuladan foydalanib, o‘rtacha arifmetik qiymatni $R_{o'r}$ hisoblang:

$$\bar{R} = \frac{\sum \bar{R}_i}{N}$$

Formuladan foydalanib $\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n}}$ standart og‘ishni topiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ismoilov M., Xabibullayev P., Xaliulin M. «Fizika kursi» Toshket, O‘zbekiston, 2000.
2. Nazarov O‘.Q. «Umumiy fizika kursi». II [Toshkent](#), O‘zbekiston, 2002.
3. Abdusalomova M.N. «Fizika fanidan ma’ruzalar matni». SamKI, 2003.
4. Boydayayev A. «Klassik statistik fizika». Toshkent, «O‘zbekiston», 2003.
5. Volkenshteyn V.S. «Umumiy fizika kursidan masalalar to‘plami». Toshkent, «O‘qituvchi», 1989.

**TERMIK KENGAYISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASHNI
O‘RGANISH**

Qurbonmurodov Umid Jumanazarovich

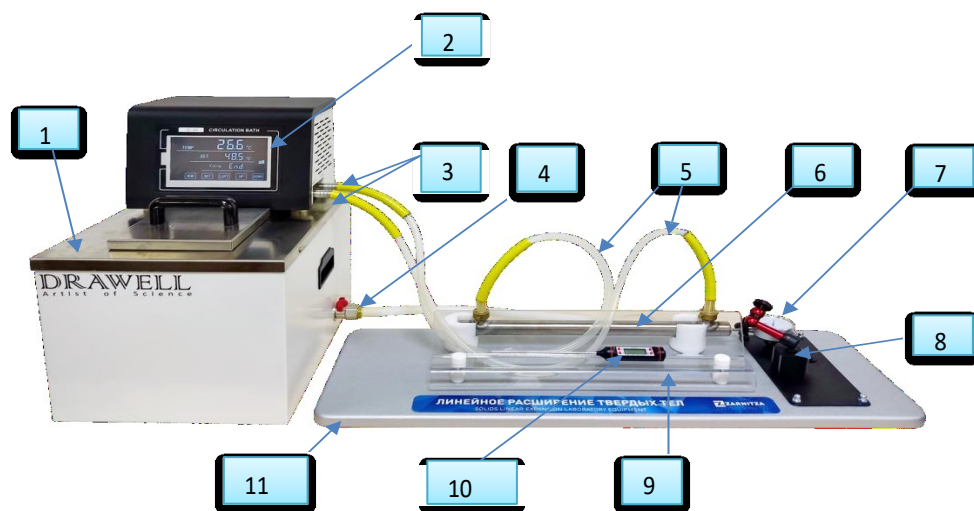
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

umidjumanazarovich@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada Qattiq jismlarning temperaturaga bog‘liqligi bo‘yicha ba’zi tadqiqotlar tahlili va natijalari ilmiy va amaliy asosda yoritilgan.

Kalit so‘zlar: Terish indikatori, magnit indikator ushlagichi, himoya korpusi, – elektron laboratoriya termometri, termal kengaytirish qurilmasi

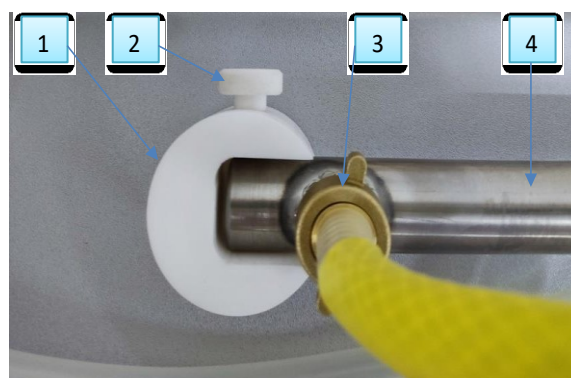
USKUNALAR TAVSIFI



1-rasm - Uskunaning tarkibi:

1 - isitiladigan termostatik vanna; 2 - LCD bilan termostatni boshqarish bloki ekran; 3 – yetkazib berish va qaytarish quvurlari; 4 - drenaj valfi; 5 – ulash quvurlari; 6 – namuna; 7 – terish indikatori; 8 – magnit indikator ushlagichi; 9 – himoya korpusi; 10 – elektron laboratoriya termometri; 11 - termal kengaytirish qurilmasi

USKUNANING ISHLASHI



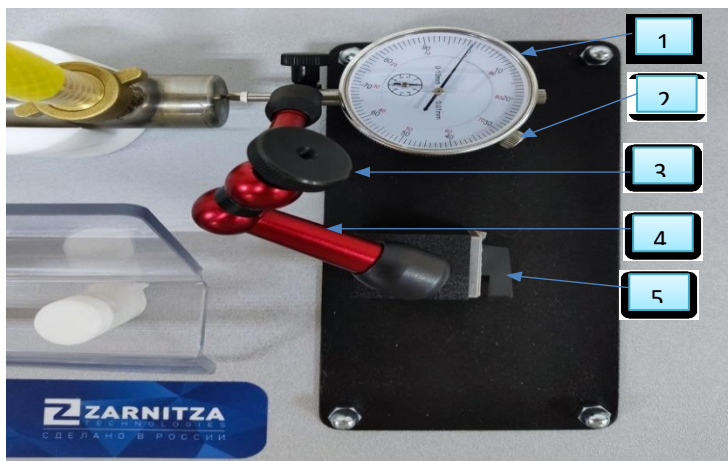
2-rasm - Namuna o‘rnatish:

1 - namuna ushlagichi; 2 – mahkamlash vinti; 3 - birlashtiruvchi gayka va qistirma bilan o‘rnatish; 4 -namuna

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

1. Birlashtiruvchi gaykani (3) namunaning tishli fittingiga burab, silikon naychalarni namunaga (4) ulang. Shu bilan birga, fittingni ushlab turing va quvurlarning burilishiga yo‘l qo‘ymang.

2. Namunani ushlagichlarga joylashtiring (1), uni mahkamlash vinti bilan engil torting.

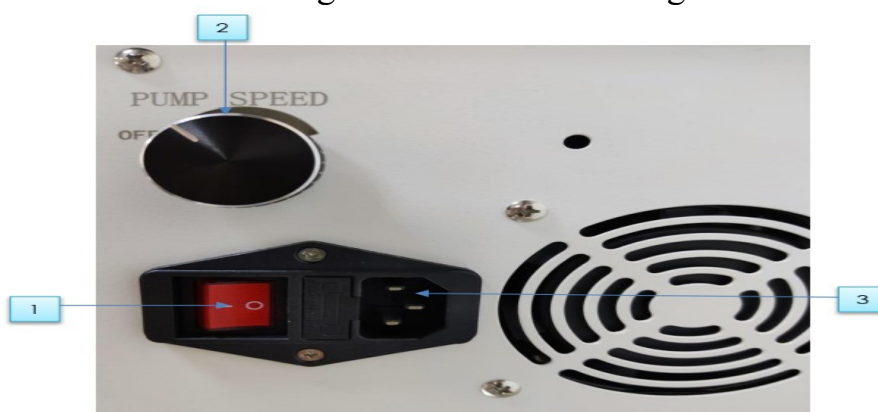


3-rasm - Ko‘rsatkichni o‘rnatish: 1 - terish indikatori; 2– sozlash vinti; 3 – magnit ushlagichning mahkamlash vinti; 4– magnit indikator ushlagichi; 5 - magnit ushlagich qisqichi.

1. Magnit indikator ushlagichini (4) termal kengaytirish apparatining metall plastinkasiga joylashtiring. Magnit ushlagich qulfini (5) “ON” holatiga o‘tkazing.

2. Siqish vintini (3) bo‘shatib, indikatorni gorizontol ravishda plastinka yuzasiga qo‘ying, uni indikator tanasining qulog‘iga qo‘ying. Ko‘rsatkich novdasini namunaning uchiga qo‘ying, uni yengil burang. Tutqichning barcha qismlari o‘rnini mustahkamlash uchun magnit ushlagichning qisqich vintini (3) torting.

3. Ko‘rsatkichni sozlash vintini (1) bo‘shating va indikator ramkasini burish orqali o‘qni 0 o‘lchov bilan tekislang. Sozlash vintini torting.



4-rasm - Kommutatsiya elementlari:

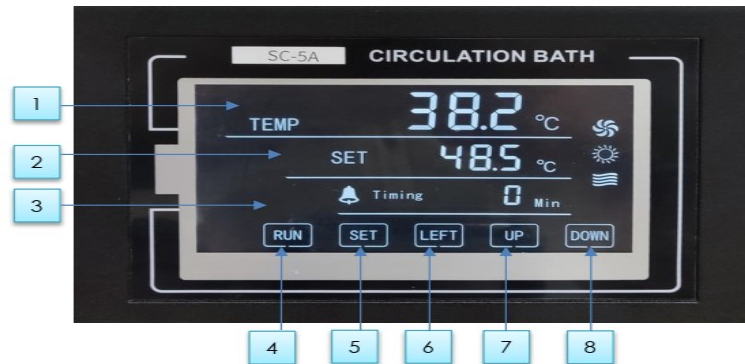
1 – termostatni quvvat kaliti; 2 – termostatni nasos tezligini regulyatori;
3 – termostatni quvvat simini ulash uchun ulagich;

1. Quvvat simini ulagichga (3) ulang, 220 voltli o‘zgaruvchan tok rozetkasiga ulang

2. Termostatni yoqish tugmachasini (1) "yoqilgan" holatiga o‘tkazing.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

3. Termostatni boshqarish bloki ekrani yonadi.
4. Nasos tezligini regulyatorini yoqing (2). Sirkulyatsiya boshlangandan so‘ng, optimal rejim uchun tezlikni sozlang.



5-rasm- Termostatni boshqarish blokining ekrani:

- 1 – termostadagi joriy suv haroratining qiymati; 2 - sozlash qiymati harorat (o‘rnatilgan nuqta avtomatik ravishda termostatda saqlanadigan suv haroratini o‘rnatadi); 3 – isitish davri vaqti rejimining qiymati; 4 – RUN tugmasi termostatni nasosni yoqish, aylanishni boshlash; 5 – SET tugmasi sozlanishi parametрни tanlaydi; 6 – LEFT tugmasi sozlanishi parametr registrini almashtiradi; 7 – UP tugmasi rostlashda tanlangan parametрни oshiradi; 8 – DOWN tugmasi rostlashda tanlangan parametрни pasaytiradi;

LABORATORIYA ISHI UCHUN TAVSIYA ETILGAN TOPSHIRIQ

1. Haroratni boshqarish parametринi (2) tanlash uchun SET tugmasini (4) bosib.
2. UP (7) yoki DOWN (8) tugmalarini bosib, kerakli suv harorati qiymatini o‘rnating.
3. Kerakli qiymatni o‘rnatgandan so‘ng, parametрни tuzatish uchun SET tugmasini yana bosib.
4. Joriy harorat (1) belgilangan qiymatga yetguncha kuting (tavsiya etilgan harorat qiymati 50-70 daraja).
5. Nasosni ishga tushirish uchun RUN tugmasini (4.) taxminan 3 soniya bosib turing. Nasosni RUN tugmasini (4.) uzoq vaqt bosib yoki tezlikni boshqarish tugmachasini (2.) soat miliga teskari yo‘nalishda to‘xtaguncha burish orqali ham o‘chirish mumkin.
6. Namuna orqali issiq suv aylanayotganda, indikator ekranidagi chiziqli o‘lchamdagi o‘zgarishlarni kuzating.
7. Uskunalar bilan ta‘minlangan turli namunalar bilan tajribani takrorlang.
8. Xulosa chiqarish.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ismoilov M., Xabibullayev P., Xaliulin M. «Fizika kursi» Toshket, O‘zbekiston, 2000.
2. Nazarov O‘.Q. «Umumiy fizika kursi». II [Toshket](#), O‘zbekiston, 2002.
3. Abdusalomova M.N. «Fizika fanidan ma‘ruzalar matni». SamKI, 2003.

4. Boydadayev A. «Klassik statistik fizika». Toshkent, «O‘zbekiston», 2003.
5. Volkenshteyn V.S. «Umumiy fizika kursidan masalalar to‘plami». Toshkent, «O‘qituvchi», 1989.

P-NITROANILIN OLISHNING TAKOMILLASHTIRILGAN IKKI BOSQICHLI AMINLASH USULI

To‘rayev X.X., Karimov M.U., Ikramov Sh.S, Saidnazarov T.R

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Termiz, O‘zbekiston.

tohirsaidnazarov@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tezis p-nitroxlorbenzoldan foydalanib yuqori tozalikdagi p-nitroanilin tayyorlashning o‘ziga xos ikki bosqichli ammoliz usuliga bag‘ishlangan. An’anaviy bir bosqichli usullarda uzoq vaqt va yuqori harorat talab qilinishi natijasida ammoniy xlorid to‘planishi, bu esa mahsulot sifatining pasayishiga (kofe rangiga kirishiga) sabab bo‘lishi aniqlangan. Bu muammoni hal qilish uchun patentda keltirilgan usulda jarayon ikki bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqichda p-nitroxlorbenzol 30%–45% li ammiak suvi bilan 170°C–185°C harorat va 3.0 MPa–6.5 MPa bosimda reaksiyaga kiritiladi. Hosil bo‘lgan oraliq mahsulot suv bilan yuvilib, ammoniy xloriddan tozalanadi. Ikkinchi bosqichda mahsulot yana ammiak suvi bilan 170°C–185°C harorat va 2.0MPa–4.0MPa bosim ostida reaksiyaga kiritiladi. Natijada p-nitroxlorbenzol to‘liq reaksiyaga kirishadi, tayyor p-nitroanilinning tozaligi 99.90% dan yuqori bo‘ladi, qoldiq aralashmalar miqdori $\leq 0.03\%$ gacha tushadi, hamda mahsulot yorqin sariq yoki sarg‘ish-jigarrang ko‘rinishga ega bo‘ladi. Ushbu texnologik yechim jarayonni soddalashtiradi va qo‘shimcha qimmat tozalash bosqichlarisiz yuqori sifatli mahsulot olish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: P-nitroanilin, P-nitroxlorbenzol, Ikki bosqichli ammoliz, Yuqori tozalik, Organik sintez.

Para-nitroanilin (p-nitroanilin) muhim organik kimyoviy xomashyo bo‘lib, asosan bo‘yoqlar, pestitsidlar va ayniqsa, yuqori texnologik sintetik tola hisoblangan aramid tolalari (p-fenilendiamin orqali) sintezida keng qo‘llaniladi. Hozirgi kunda sanoatda p-nitroanilin ishlab chiqarishda asosan p-nitroxlorbenzolni aminlash usulidan foydalaniladi. Biroq, an’anaviy bir bosqichli usullarda xomashyoni to‘liq reaksiyaga kiritish uchun juda yuqori harorat va uzoq vaqt talab etiladi, bu esa tizimda ammoniy xlorid to‘planishiga, ortiqcha reaksiyalar ortishiga va mahsulot sifatining pasayishiga (kofe rangiga kirib qolishiga) sabab bo‘ladi. Shuningdek, tozalikni oshirish uchun ishlatiladigan boshqa muqobil usullar qimmatbaho katalizatorlar yoki katta miqdorda erituvchilarni talab qiladi.

Ushbu tadqiqot p-nitroxlorbenzol reaksiyasini oshirish va mahsulot sifatini yaxshilash maqsadida ishlab chiqilgan maxsus "ikki bosqichli aminlash" usulini o‘z ichiga oladi. Jarayon quyidagi bosqichlardan iborat: Birinchi aminlash bosqichi: Yuqori bosimli reaktorga p-nitroxlorbenzol va 30%–45% konsentratsiyali ammiak suvi solinadi. Ammiak va p-nitroxlorbenzolning molyar nisbati 6.0–10.0:1 ni tashkil etadi. Aralashma 170°C–185°C haroratda va 3.0MPa–6.5MPa bosim ostida 6–10 soat davomida reaksiyaga kiritiladi. Bu bosqichda p-nitroxlorbenzolning reaksiya darajasi 85.0%–99.5% ga yetadi. Tozalash bosqichi: Reaksiya tugagach, tizim sovutilib, bosim tushiriladi va ammiak qayta tiklanadi. Ajratib olingan oraliq mahsulot (filtr keki) tarkibidagi ammoniy xloridni yo‘qotish uchun suv bilan yuviladi va reaktorga qayta solinadi. Ikkinchi ammoliz bosqichi: Reaktorga qayta 30%–45% li ammiak suvi (molyar nisbat 2.0–6.0:1) qo‘shiladi. Jarayon 170°C–185°C haroratda va 2.0MPa–4.0MPa bosimda 2–8 soat davomida olib boriladi. Yakunlash: Ikkinchi ammolizdan so‘ng, reaktor sovutilib, mahsulot ajratiladi, yuviladi, filtrlanadi va quritilib, tayyor p-nitroanilin olinadi.

Taklif etilgan ikki bosqichli aminlash texnologiyasi quyidagi natijalarni kafolatlaydi: Yuqori unum va tozalik: P-nitroxlorbenzol to‘liq reaksiyaga kirishadi va olingan p-nitroanilin mahsulotining tozaligi 99.90% dan yuqori bo‘ladi. Yuqori sifatli mahsulot: Tizimda ammoniy xloridning uzoq vaqt to‘planishining oldi olinganligi sababli, yuqori haroratda qaynaydigan zararli aralashmalar miqdori keskin kamayadi ($\leq 0.03\%$). Natijada mahsulotning tashqi ko‘rinishi sezilarli darajada yaxshilanib, yorqin sariq yoki sarg‘ish-jigarrang kristall holatiga keladi. Iqtisodiy samaradorlik: Jarayon oddiy bo‘lib, yakuniy mahsulotni tozalash uchun qo‘shimcha ko‘p miqdorda erituvchilar bilan yuvish yoki qayta kristallash talab etilmaydi, bu esa ishlab chiqarish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi.

P-nitroanilin sintezida ikki bosqichli aminlash usulini qo‘llash orqali an‘anaviy usullardagi qorayish va qoldiq aralashmalar ko‘payishi muammosi hal etildi. Ushbu innovatsion texnologiya sanoatda yuqori tozalikdagi (99.90%+) p-nitroanilinni arzon hamda samarali ishlab chiqarish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Химическая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1990. Т. 2. С. 45.
2. Стилл Дж., Кемпбел Т. Мономеры для поликонденсации. Пер. с англ. под ред. чл.-корр. Коршака В. В. М.: Мир, 1976. 611 с.
3. Беркман Б. Е. Промышленный синтез ароматических нитросоединений и аминов. М.: Химия, 1964. 344 с.
4. Платэ Н. А., Сливинский Е. В. Основы химии и технологии мономеров. М.: Наука, 2002. 696 с.
5. Петов Н.А. Полимерные отходы: оценка образования и пути переработки // Твердые бытовые отходы. 2008. № 8 (26). С. 46-49.

6. Лихачева Н.А., Лунева Н.А., Рыжикова И.А. Разработка технологии получения диоктилтерефталатового пластификатора на основе отходов нефтехимии // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2016: матер. междунар. науч.-методич. конф. Уфа: УГНТУ, 2016. С. 153-156.

**MODIFIKATSIYALANGAN KRAXMAL ISHLAB CHIQARISH
TEXNOLOGIYALARI VA ULARNING O‘ZBEKISTON
IQTISODIYOTIDAGI ISTIQBOLLARI**

Samatov S.M.

Termiz davlat universiteti Tayanch doktoranti

Tursunov S.A.

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti Tayanch doktoranti

Annotatsiya. Ushbu tezisdagi tabiiy kraxmalni kimyoviy, fizik va fermentativ modifikatsiya qilishning zamonaviy texnologiyalari hamda ularning sanoat tarmoqlaridagi ahamiyati xalqaro ilmiy bazalar materiallariga tayangan holda tahlil qilingan. O‘zbekiston Respublikasida mahalliy xomashyo (makka jo‘xori, bug‘doy, kartoshka) asosida import o‘rnini bosuvchi yuqori qo‘shilgan qiymatli kraxmal polimerlari ishlab chiqarishning iqtisodiy va texnologik istiqbollari, shuningdek, to‘qimachilik, oziq-ovqat va neft-gaz sanoatidagi ehtiyojlar ilmiy jihatdan asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: *modifikatsiyalangan kraxmal, amiloza, amilopektin, eterifikatsiya, retrogradatsiya, import o‘rnini bosish, sanoat kooperatsiyasi, chidamli kraxmal (RS4), biopolimerlar.*

Kirish

Jahon amaliyotida qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini chuqur qayta ishlash iqtisodiy barqarorlikni ta‘minlovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. O‘simlik manbalaridan olinadigan tabiiy kraxmal (tabiiy polisaxarid) keng tarqalgan va arzon xomashyo bo‘lishiga qaramay, uning toza holatdagi termik va mexanik beqarorligi, suvda eruvchanligining pastligi hamda kislotali muhitga chidamsizligi sanoat miqyosida qo‘llash imkoniyatlarini keskin cheklaydi.

Elsevier ilmiy bazasidagi "*Carbohydrate Polymers*" jurnalida chop etilgan E. Lam va hammualliflarining yirik tadqiqotiga ko‘ra bugungi kunda xalqaro bozorda modifikatsiyalangan kraxmalning qiymati tabiiy kraxmalga nisbatan o‘rtacha 2.7 barobar yuqoridir. U an‘anaviy to‘qimachilik va qog‘oz sanoatidan tashqari, 3D-bioprinterlar, aqlli qadoqlash materiallari va regenerativ tibbiyotgacha bo‘lgan nostandart sohalarida ham keng qo‘llanilmoqda. Shu nuqtai nazardan, O‘zbekistonning agro-sanoat klasterlari negizida modifikatsiyalangan kraxmal

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ishlab chiqarish tarmog‘ini barpo etish respublika iqtisodiyoti va import o‘rnini bosish siyosati uchun strategik dolzarb hisoblanadi.

Kraxmalni modifikatsiya qilishning ilmiy-nazariy asoslari va metodologiyasi

Kraxmal granulari tarkibidagi amiloza (chiziqli zanjir) va amilopektin (tarmoqlangan zanjir) polimerlarining o‘zaro nisbati va tuzilishi uning texnologik xususiyatlarini belgilab beradi. Tabiiy kraxmalning asosiy kamchiliklari – sinerezis (muzlatish-eritish siklida suv ajralishi), pishirish jarayonida yopishqoqlikning yo‘qolishi va retrogradatsiyaga (eskirishga) moyillikdir. Ushbu fizikkimyoviy kamchiliklarni bartaraf etish uchun ilm-fanda bir qator modifikatsiya usullari qo‘llaniladi:

- Kimyoviy modifikatsiya: Bu jarayon kraxmal makromolekulasidagi gidroksil guruhlarini boshqa funksional guruhlariga almashtirish yoxud polimer zanjirlarini bir-biriga bog‘lash (eterifikatsiya, esterifikatsiya, oksidlanish va o‘zaro tikish – *cross-linking*) asosida amalga oshiriladi. Olimlardan M. Sweedman va boshqlar, ta’kidlashicha, oktenil kahrabo angidridi (OSA) yordamida modifikatsiya qilingan kraxmallar lipofil xususiyat kasb etib, yuqori emulsiya barqarorligini ta’minlaydi. O‘zaro tikilgan (masalan, natriy trimetafosfat – STMP orqali) kraxmallar yuqori mexanik bosimga va kislotali haroratga o‘ta chidamli bo‘ladi.

- Fizikaviy modifikatsiya: Kimyoviy reagentlardan foydalanmasdan, maqsadli bosim, namlik, issiqlik, ultratovush va mikroto‘lqin ta’sirida amalga oshiriladi (ekstruziya, issiqlik-namlik bilan ishlov berish – HMT). A. Ashogbon va E. Akintayo (2014) tahlillariga ko‘ra, jismoniy modifikatsiya mutlaqo ekologik toza texnologiya bo‘lib, u to‘g‘ridan-to‘g‘ri farmatsevtika hamda "toza yorliq" (*clean label*) oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarishda dominant usulga aylanmoqda.

- Fermentativ va dual (aralash) modifikatsiya: Kraxmal zanjirlarini maxsus fermentlar (α - amilaza, pullulanaza) yordamida selektiv parchalashga asoslangan. Shuningdek, so‘nggi yillarda qator olimlar tomonidan fizik va kimyoviy usullarni birlashtirgan dual (qo‘shaloq) modifikatsiyalash eng yuqori funksional ko‘rsatkichlar berishi isbotlangan (Bharati, 2023).

Jahon amaliyotida modifikatsiyalangan biopolimerlar faqatgina quyulqashtiruvchi vazifasi bilan cheklanib qolmaydi:

1. Oziq-ovqat sanoati va parhez uchun: K. Bharati (2023) hamda E. Subroto (2021) tadqiqotlarida qayd etilishicha, kimyoviy modifikatsiya orqali hosil qilingan hazm bo‘lmaydigan chidamli kraxmal (Resistant Starch Type-4 – RS4) qonda glyukoza miqdorini keskin oshirmaydi. Bu o‘z-o‘zidan diabetik kasalliklarni nazorat qilishda va past kaloriyalı parhez mahsulotlar (dietologiya) pishiriqlarida fundamental yechimdir.

2. To‘qimachilik va qog‘oz sanoati: Oksidlangan yoki eterifikatsiya qilingan kraxmal to‘qimachilik sanoatida ip-kalavalarni shlixtalash (ahar berish) jarayonida iplar mustahkamligini va sirtqi pishiqligini oshiradi, to‘quv jarayonida tolalar uzilishini minimal holatga tushiradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

3. Neft-gaz va metallurgiya: Karboksimetil kraxmal (KMS) kabi hosilalar chuqur neft va gaz quduqlarini burg‘ulash jarayonida ishlatiladigan eritmalar tarkibida suv yo‘qotilishini kamaytiruvchi (*fluid-loss additive*) samarali vosita sanaladi.

O‘zbekiston sharoitida iqtisodiyotni diversifikatsiya qilish va import o‘rnini bosish salohiyati

O‘zbekiston iqtisodiyotining jadal sanoatlashuvi foni ostida ichki bozorning turli polimer va funksional qo‘shimchalariga bo‘lgan talabi geometrik progressiyada o‘smoqda. Respublikamizda modifikatsiyalangan kraxmal ishlab chiqarish industrial parklarini tashkil etish bir nechta makroiqtisodiy masalalarni kafolatli hal etadi:

- To‘qimachilik klasterlarining to‘liq siklini ta‘minlash: O‘zbekiston xom paxta tolasini qayta ishlashni 100% o‘zlashtirib, gazlama va tayyor mahsulot ishlab chiqarishga o‘tdi. Respublika bo‘ylab faoliyat yuritayotgan yuzlab to‘quv korxonalari har yili xorijdan minglab tonna qimmatbaho shlixta (ahar) materiallarini import qiladi. Mahalliy kraxmalni kimyoviy ishlov berish orqali importni to‘liq qisqartirish, tannarxni pasaytirish va raqobatbardoshlikni oshirish mumkin.

- Oziq-ovqat xavfsizligi va qo‘shilgan qiymat: Sut (yogurt, pishloq), go‘sht (kolbasa), qandolat va yarim tayyor sous mahsulotlari (mayonez, ketchup) bozorida O‘zbekiston ishlab chiqaruvchilari xorijiy davlatlarning E1422 (Atsetillashgan dikraxmal adipat) va E1442 kabi stabilizatorlariga mutlaq qaram. Makkajo‘xori klasterlari zanjirida modifikatsiyani mahalliyashtirish respublikadan valyuta chiqib ketishining oldini oladi.

- Qurilish va neft-gaz materiallarini mahalliyashtirish: Gipsokarton sanoati, sement-quruq qurilish aralashmalari uchun suv ushlab turuvchi plastifikatorlar hamda "O‘zbekneftgaz" va xorijiy burg‘ulash kompaniyalari ehtiyojlari uchun mahalliy kimyoviy kraxmallarni yetkazib berish yuqori iqtisodiy rentabellikka ega.

Xulosa va takliflar

O‘zbekiston hududida o‘zining boy xomashyo bazasiga (tabiiy makkajo‘xori va bug‘doy kraxmali) tayanib modifikatsiyalangan kraxmal ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yish – iqtisodiyotni diversifikatsiya qilish va texnologik suverenitetni ta‘minlashning eng kuchli jixatlaridan biridir. Xalqaro Scopus adabiyotlari tahlili bu tarmoq shunchaki qishloq xo‘jaligi emas, balki chuqur intellektual salohiyat talab qiluvchi kimyo va biotexnologiya sohasi ekanligini isbotlamoqda.

Ushbu yo‘nalishni amaliyotga joriy etish yuzasidan quyidagi chora-tadbirlar taklif etiladi:

1. Ilmiy Spin-off korxonalarini yaratish: Fanlar akademiyasi, Toshkent kimyo-texnologiya instituti va boshqa sohaviy OTMlar qoshida aynan mahalliy iqlim va to‘qimachilik ehtiyojlariga moslashtirilgan o‘zaro tikilgan va eterifikatsiya qilingan kraxmal formulalarini ishlab chiqish bo‘yicha maxsus laboratoriyalar tashkil etish.

2. Klaster tizimini kengaytirish: Sanoatbop makkajo‘xori yetishtiruvchi fermerlar va qayta ishlash zavodlari o‘rtasida "Urug‘-Xomashyo-Tabiiy kraxmal-Modifikatsiyalangan polimer" uzluksiz zanjirini kafolatli davlat xaridlari bilan mustahkamlash.

3. Investitsiyaviy rag‘bat: Modifikatsiyalangan kraxmal ishlab chiqarish texnologiyalarini joriy etuvchi investorlarga va texnoparklarga yengilliklar, jumladan, import qilinadigan laboratoriya uskunalari, reaktorlar va datchiklar uchun bojxona to‘lovlaridan imtiyozlar tizimini joriy etish.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Lam, E., et al. (2022). "Starch modification for non-food, industrial applications: Market intelligence and critical review". *Carbohydrate Polymers*, 291, 119590. Elsevier. (DOI: 10.1016/j.carbpol.2022.119590)

2. Bharati, K. N. S. (2023). "Comprehensive review on single and dual modification of starch: Methods, properties and applications". *International Journal of Biological Macromolecules*, 253(3), 126952. Elsevier. (DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.126952)

3. Ashogbon, A. O., & Akintayo, E. T. (2014). "Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review". *Starch/Stärke*, 66(1-2), 41-57. Wiley. (DOI: 10.1002/star.201300106)

4. Sweedman, M. C., Tizzotti, M. J., Schäfer, C., & Gilbert, R. G. (2013). "Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: A review". *Carbohydrate Polymers*, 92(1), 905-920. Elsevier. (DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.09.040)

5. Fan, Y., & Picchioni, F. (2020). "Modification of starch: A review on the application of 'green' solvents and controlled functionalization". *Carbohydrate Polymers*, 241, 116350. Elsevier. (DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116350)

6. Subroto, E., et al. (2021). "Chemical Modification of Starch for the Production of Resistant Starch Type-4 (RS4): A Review". *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 69(7), 206-212.

BAZALT TOLASINING TUZILISHI VA XUSUSIYATLARI

Toshbekov O.A.

Termiz davlat universiteti

toshbekovo@tersu.uz

Ermator Sh.Q.

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti dotsenti PhD.

Abdurasulova X.M.

Termiz davlat muhandislik va agro texnologiyalar unuversiteti doktoranti

abdurasulovaxumora3@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada basalt tolasining kimyoviy tarkibi, mikrostrukturasi hamda fizik-mexanik xususiyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Bazalt tolasining yuqori mustahkamlik, korroziyaga bardoshlik, issiqlik va kimyoviy ta'sirlarga chidamlilik kabi afzalliklari yoritilgan. Shuningdek uning tabiiy mineral xomashyodan olinishi sababli ekologik toza material sifatidagi ahamiyati ochib berilgan. Maqolda basalt tolasidagi materiallarning qurilish, filtrlash energetika va tekstil sanoatidagi qo'llanilish yo'nalishlari ham keltirilgan.

Kalit so'zlar: Bazalt tolasidagi mikrostruktura, fizik-mexanik xususiyatlar, issiqlikka chidamlilik, kompozit materiallar, ekologik toza tolalar.

Hozirgi zamonaviy materialshunoslikda bazalt tolasidagi eng istiqbolli tadqiqoti noorganik tolalardan biridir. Bazalt tolasidagi tabiiy vulqon jinslaridan ekologik toza material bo'lib, yuqori mexanik mustahkamligi, issiqlikka chidamliligi va tashqi muhit bilan ajralib turadi. Bazalt tolalar qurilish, aerokosmik sanoat, avtomobilsozlik, filtr materiallari, geotekstil va to'qimachilik sohalarida keng qo'llaniladi. Bazalt tolalarining yuqori ekspluat xossalari ichki tuzilishi va tuzilishi bilan chambarchas bog'liqdir.

Bazalt– tabiiy magmatik tosh bo'lib, lava sovishi natijasida hosil bo'ladi. U Yer yuzida keng tarqalgan bo'lib, okean po'sti va vulqon jinslarining anchagina qismini tashkil etadi. O'z xossalari tufayli bazalt ko'plab sohalarda, jumladan, qurilish, sanoat va hatto kosmik texnologiyalarda qo'llanilmoqda[1].

Shunday qilib, bazalt universal va ekologik toza material bo'lib, u yangi foydalanish sohalarini topishda davom etmoqda[3].

Bazalt tolasidagi tabiiy bazalt tog' jinslarini 1400–1500 °C haroratda eritish va eritilgan massani maxsus fileralardan o'tkazish yo'li orqali yetkazib beriladi. Bazalt tolasida ko'p miqdorda oksidlar mavjud:

- kremniy dioksidi (SiO_2);
- alyuminiy oksidi (Al_2O_3);
- temir oksidlari (Fe_2O_3 , FeO);
- kaltsiy oksidi (CaO);
- magniy oksidi (MgO);
- natriy va kaliy oksidlari

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Biroq, bazalt jinsining tarkibi doimiy emas; hududga qarab bazalt jinsining tarkibi turlicha bo‘ladi. Bazalt jinsidagi oksidlarning miqdori **1-jadvalda** ko‘rsatilgan[4]. Bazalt jinsining asosiy kimyoviy tarkibi

1-jadval

Oksid	Miqdori	Vazifasi
SiO₂ (kremniy dioksid)	45 % – 52 %	Tolaning mustahkamligini oshiradi
Al₂O₃ (alyuminiy oksidi)	12 % – 16 %	Issiqlikka chidamlilik beradi
Na₂O va K₂O ishqoriy oksidlar	2 % – 8 %	Mustahkamlikni oshiradi
CaO va MgO kalsiy oksidi, magniy oksidi	10 % – 20 %	Erituvchanlikni boshqaradi va elastiklikni boshqaradi
Fe₂O₃ va FeO temir oksidlari	6 % – 18 %	Mexanik xossalarni yaxshilaydi
TiO ₂ , MnO, SO ₃ qo‘shimcha elementlar	2-3%	Qo‘shimcha xossalar qo‘shiladi

Ushbu komponentlar bazalt tolasiga yuqori mustahkamlik va kimyoviy barqarorlikni ta’minlaydi. Strukturaviy jihatdan bazalt tolasi amorf (shishasimon) tuzilishga ega bo‘lib, bu uning mexanik va issiqlik xossalariga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi[4].

Fizik xususiyatlari - bazalt tolasi quyidagi asosiy fizik ko‘rsatkichlarga ega:

Zichlik: 2.6–2.8 g/cm³

Tolalar diametri: 9–20 mkm

Gigroskopikligi: juda past

Elektr o‘tkazuvchanligi: dielektrik (tok o‘tkazmaydi)

Mazkur xususiyatlar uni elektr izolyatsiyasi talab etiladigan sohalarda qo‘llash imkonini beradi.

Mexanik xususiyatlari -bazalt tolasi yuqori mexanik mustahkamlikka ega bo‘lib, bu uni yuklama ostida ishlovchi konstruksiyalar uchun mos keladi:

Tortilishdagi mustahkamlik: 3000–4800 MPa

Elastiklik moduli: 85–110 GPa

Uzilishdagi cho‘zilish: 2.5–3.5% 2-jadvalda ko‘rsatilgan.

Tolalarning mexanik xossalari odatda **cho‘zilish mustahkamligi, elastiklik moduli va uzilishdagi cho‘zilish (uzilishdagi nisbiy cho‘zilish)** kabi ko‘rsatkichlarni o‘z ichiga oladi[5].

Turli tolalarning xossalarini taqqoslash

2-jadval

Turi	Cho‘zilish mustahkamligi (MPa)	Elastiklik moduli (GPa)	Ishlash harorati (°C)	Uzilishdagi cho‘zilish (%)	Narxi (ming yuan/t)
Bazalt tolasi	2000 – 4840	80 – 100	–260 – 700	2.5 – 3.5	2 – 2.5
E-shisha tolasi	3100 – 3800	70 – 75	–50 – 300	3 – 4	1.0 – 1.1
S-shisha tolasi	4020 – 4450	83 – 86	–50 – 300	2 – 3	1.3 – 1.5
Uglerod tolasi	3000 – 6500	230 – 600	–50 – 600	1 – 2	20 – 30
Aramid tolasi	3000 – 3800	70 – 140	–50 – 250	3 – 4	20 – 25

Termik xususiyatlari - bazalt tolasi yuqori haroratlarda o‘z xossalarini saqlab qoladi:

Ishlash harorati: –200°C dan -700°C gacha

Erish harorati: -1400–1500°C

Issiqlik o‘tkazuvchanligi: past

Bu uni issiqlik izolyatsiyasi materiallari va yuqori harorat sharoitida ishlovchi qurilmalarda qo‘llash imkonini beradi[6].

Bazalt tolalarida yana kam miqdorda noyob yer elementlari ham mavjud bo‘lib, ular eritmaning yopishqoqligini kamaytirishga ma’lum darajada yordam beradi, shuningdek bazalt tolalarining ishlash harorati va issiqlik barqarorligini oshiradi

Bazalt tolasining mikrotuzilishi amorf yoki qisman kristall holatga ega bo‘ladi. Tolaning ichki strukturasida oksidlarning murakkab fazoviy bog‘lanishi mavjud bo‘lib, bu uning mustahkamligini tiklash uchun hizmat qiladi[7].

Bazalt tolasi quyidagi strukturaviy tuzilmalardan tashkil topadi:

1. Amorf faza — asosiy qismni hosil qiladi va tolaga elastiklik beradi.
2. Kristall zona — issiqlikka qayta tiklanganlik darajasi hisoblanadi.
3. Oksidli bog‘lanishlar — mexanik mustahkamlikni ta’minlash.

Bazalt tolasi sirtida ham sirt kuch maydoni mavjud bo‘lib, uning ta’siri kristall jismlarnikiga o‘xshash. Biroq tolalar bir xil tarkibli kristallarga qaraganda ko‘proq ichki energiyaga ega bo‘lganligi sababli, sirt kuchi odatda yanada kuchliroq namoyon bo‘ladi. Shu sababli bazalt tolasi sirtida ionlarning koordinatsiya atomlari yetishmaydi, natijada uning sirt energiyasi boshqa kristall holatlarga qaraganda yuqoriroq bo‘ladi. Sirt energiyasini kamaytirishning eng to‘g‘ridan-to‘g‘ri usuli — havoda mavjud suv molekulalarini adsorbsiyalashdir[8].

Bazalt tolasi va shisha tolasi sirt energiyasi

3-jadval

Tola turi	Sirt energiyasi (mN/m)			
	σ_s	σ_s^d	σ_s^p	σ_s^p / σ_s
Bazalt uzluksiz tolasi	58.75	15.47	43.28	73.7%
E shisha tolasi	40.01	37.28	2.73	6.8%

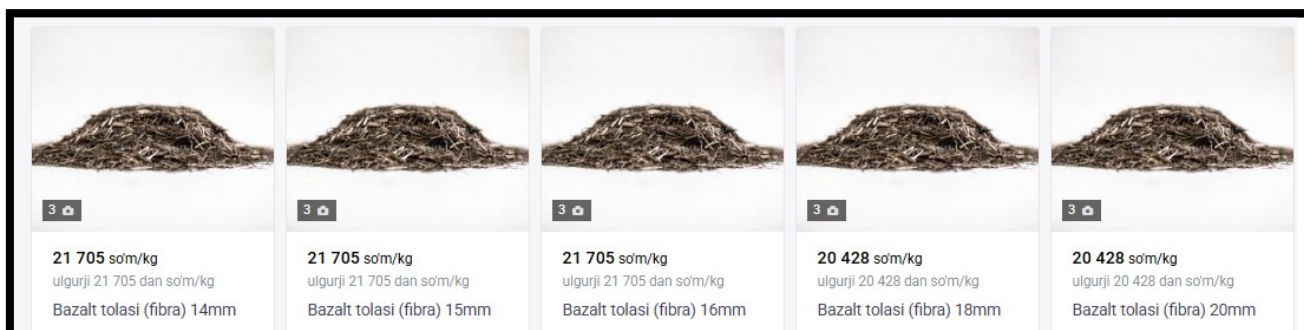
Izoh: σ_s – umumiy sirt energiyasi, σ_s^d – dispersiya komponenti, σ_s^p – qutbli komponenti, σ_s^p / σ_s – qutbli komponentning umumiy sirt energiyasiga nisbati.

Bazalt tolasi va shisha tolasi sirt energiyasi 3-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan ko‘rinadiki, shisha tolasi bilan solishtirganda bazalt tolasining sirt energiyasi (σ_s) kattaroq, shuningdek uning qutbli komponenti (σ_s^p) umumiy sirt energiyasining katta qismini tashkil qiladi. Bu ham bazalt tolasi va qatron matritsasi orasida yaxshi bog‘lanish hosil qilib, yuqori xossali kompozit materiallar tayyorlashga yordam beradi. Shisha tolasi esa aksincha, uning sirtida dispersiya komponentlari ko‘proq bo‘lib, bazalt tolasi bilan solishtirganda sirt faolligi nisbatan pastroq nisbatda bo‘ladi.

Tolalarning diametri 7–20 mkm oralig‘ida bo‘ladi[9].

Bazalt tolasi quyidagi uzunliklarda mavjud

-3 mm; -6 mm; -13 mm; -15 mm; -18 mm; -25 mm; -27 mm; -50 mm;



1-rasm bazalt tolalari

Bazalt tolasini ishlab chiqarish quyidagi texnologik bosqichlardan iborat:

1. Xomashyoni tayyorlash.

Bazalt jinslari maydalab saralanadi.

2. Eritish jarayoni.

Maxsus pechlarda 1400–1500 °C haroratda eritiladi.

3. Tolaga aylantirish.

Eritilgan massa fileralardan o‘tkazilib tolalar hosil qilinadi.

4. Sovutish va yig‘ish jarayoni.

Hosil bo‘lgan tolalar sovutiladi va rulon holida yig‘iladi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Bazalt tolasi va boshqa tolalar nisbatlanishi

4-jadval

Xususiyat	Bazalt tolasi	Shisha tolasi	Uglerod tolasi
Mustahkamlik	Yuqori	O‘rtacha	Juda yuqori
Issiqlikka chidamlilik	Yuqori	O‘rtacha	Yuqori
Narxi	O‘rtacha	Arzon	Juda qimmat
Korroziyaga chidamlilik	Yuqori	O‘rtacha	Yuqori
Ekologik xavfsizlik	Yuqori	O‘rtacha	Yaxshi

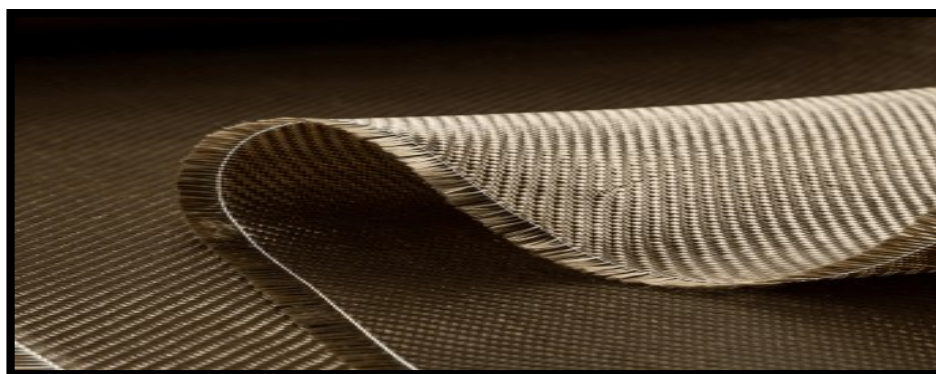
Boshqa tolali materiallar bilan solishtirish Bazalt tolasi ko‘pincha shisha tolasi va uglerod tolasi bilan solishtiriladi. Mazkur solishtirishdan ko‘rinib turibdiki, bazalt tolasi narx va sifat muvozanati bo‘yicha eng optimal variantlardan biri hisoblanadi.



2-rasm yig‘ilgan bazalt roving



3-rasm bazalt fibrasi



4-rasm bazalt matosi

Bazalt tolasi quyidagi afzalliklarga ega

5-jadval[10]

	Yuqori mustahkamlik Bazaltning yuqori mustahkamligi uni boshqa materiallar qo‘yilgan vazifalarni bajara olmaydigan sharoitlarda qo‘llash imkonini beradi. Qurilishda u yengil va bir vaqtning o‘zida mustahkam konstruksiyalarni yaratish uchun ishlatiladi. Sanoatda bazalt materiallari kompozitlarni kuchaytirish, asbob-uskunalarining yeyilishga chidamliligini oshirish, shuningdek, olovbardosh buyumlar ishlab chiqarishda qo‘llaniladi.
	Kimyoviy qarshilik Bazalt noyob xususiyatlarga ega bo‘lgan tabiiy material bo‘lib, ular orasida uning yuqori kimyoviy va korroziyaga chidamliligi alohida ajralib turadi. Bu xossalar bazaltni agressiv muhitlar, shu jumladan kislotalar, ishqorlar va tuzli eritmalar ta’siriga uchraydigan eng agressiv ekspluatatsiya sharoitlarida talabchan qiladi. Bazaltning asosiy afzalliklaridan biri uning korroziyaga chidamliligi bo‘lib, u metall yoki beton kabi ko‘plab an’anaviy materiallarni yemiradi.
	Olovga chidamlilik Bazaltning yong‘inga chidamliligining siri uning vulqondan kelib chiqishidir. Bazalt tolalari olinadigan tabiiy jinslar Yer qa’rida yuqori harorat ta’sirida shakllangan. Shu tufayli bazalt mahsulotlari 1000 °C va undan yuqori haroratga o‘zining fizik xossalarini yo‘qotmasdan bardosh bera oladi. Bundan tashqari, material qizdirilganda zaharli moddalarni chiqarmaydi, bu esa uni ekologik xavfsiz qiladi.
	Chidamlilik Bazaltning chidamliligi uning ajoyib fizik-kimyoviy xususiyatlariga bog‘liq. Uning tolalari tashqi omillar ta’sirida korroziya, biologik parchalanish va deformatsiyaga uchramaydi. Bundan tashqari, bazalt yuqori mexanik yuklamalarda ham o‘z strukturasi saqlab qoladi, bu esa uni ekstremal foydalanish sharoitlarida mukammal materialga aylantiradi.

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

	Bazaltdan foydalanish nafaqat konstruksiyaning ishonchliligi va chidamliligini kafolatlaydi, balki xizmat ko‘rsatish va ta‘mirlash xarajatlarini kamaytiradi. Materialning mustahkamligi va barqarorligi uzoq muddatli iqtisodiy samaradorlikni ta‘minlab beradi.
	Yedirlishga chidamlilik Bazaltning yeyilishga chidamliligi uning tabiiy zichligi va deformatsiyaga chidamliligi bilan bog‘liq. Bazalt uzoq vaqt ekspluatatsiya qilinganda ham, kuchli abraziv ta‘sir yoki kimyoviy moddalar bilan aloqa qilish kabi eng ekstremal sharoitlarda ham o‘zining dastlabki xususiyatlarini saqlab qoladi. Ushbu material chidamlilik va ishonchlilik talab qilinadigan qurilish, sanoat va infratuzilma loyihalarida qo‘llash uchun juda mos keladi. Bazalt tolasi ham yuqori haroratga chidamliligini namoyish etadi, bu esa uning yeyilishga chidamliligini to‘ldiradi. Shuning uchun u haroratning keskin o‘zgarishi va yuqori haroratning doimiy ta‘siri sharoitida ham o‘z xususiyatlarini saqlab qoladi.

Xulosa qilib shuni aytish joizki Bazalt tolasi yuqori texnologik va istiqbolli materiallardan biri bo‘lib, uning xususiyatlari va tuzilishi bilan. Yuqori mustahkamlik, issiqlikka foydalilik, saqlash va korroziyaga ishlab chiqarish bazalt tolasining foydali ishlashidir. Shu tufayli bazalt tolasi asosidagi ishlab chiqarish yo‘nalishidagi sanoatning ko‘plab tarmoqlarida yanada keng miqdori kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Djigiris DD, Mahova MF Uzluksiz bazalt tolasi ishlab chiqarish . Moskva, 2004.
2. Militky J. Bazalt tolalari va kompozitlari . Praga, 2015.
3. Simakov VB Mineral tolali materiallar. - Moskva, 2018 yil.
4. Mahkamov A. Kompozit materiallar asoslari. – Toshkent, 2021 yil.
5. Klyuev AV Bazalt kompozitlari va fayl xossalari. - Moskva, 2019 yil.
6. Xodjayev QX Zamonaviy tolali materiallar. – Toshkent, 2020.
7. Bazalt uzluksiz tolasining asosiy xususiyatlari.
8. Miliky J., Kovacic V., Mechan L. Bazalt tolalarining xususiyatlari. Textile Research Journal, 1996.
9. Bazalt uzluksiz tolalarini ishlab chiqarishning yangi yo‘llari.
10. O.A.Toshbekov. Mahalliy dag‘al jun tolasi asosida noto‘qima matolar olish texnologiyasini ishlab chiqish. Dis....t.f.f.d.-Toshkent, Paxtasanoat ilmiy markazi, 2023. 22-47 b.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

11. Urozov M.K. Jun tolasini tozalash asosida noto‘qima material olish texnologiyasini takomillashtirish. Dis....t.f.f.d.-Toshkent, Paxtasanoat ilmiy markazi, 2024. 143-150 b.

10. Toshbekov O.A., Urozov M.Q. Issledovanie parametrov stroeniya jakkardovы tkaniy // Ilmiy va innovatsiya faoliyatni rivojlantirish bo‘yicha davlat boshqaruvi tizimi takomillashtirish - davr talabi. IV - Xalqaro konferensiya. 18-dekabr 2020. 114-119 b.

11. Toshbekov, O., Urazov, M., Yermatov, S., & Khamraeva, M. (2023). Yefficient and yesonomisal yenergy use teshnology in the prosessing of domestis soarse wool fiber. In *Ye3S Web of Sonferenses* (Vol. 461, p. 01068). YeDP Ssienses.

12. Toshbekov O., & Mustonova Z. Olingan noto‘qima matoning ishqalanishga chidamliligini va shovqinni yutishga yuqori moslashuvchanlik xossalarini aniqlash. Yevraziyskiy jurnal akademicheskix issledovaniy, 3(12 Rart 2), 2023.217–221.

13. Kurbanov A., Shomirzaev M., Tursunov S., Toshbekov O., Mukhamadieva N., Kambarov B., Mannobova S. Analysis of the state of sultivation and harvesting of mung bean and agro-biologitsal requirements for threshing and separating its grain. In *BIO Web of Conferentses* (2024). (Vol. 105, p. 02010). EDP Stsientses

14. Toshbekov O.A., Sultonova F.U., Oripov J.I. Dag‘al jun tolalari asosida olingan noto‘qima matolarning fizik xossalarini aniqlash (avtomobil, aviyatsiya, kemasozlik) ФерПИИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №4) 45-49 b.

15. Xulkaliyeva G.P., Toshbekov O.A., Xomidov V.O. Ikki tomonlama noto‘qima matodan ayollar kiymini transformatsiya usulida ishlab chiqish. ФерПИИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №14) 180-182 b.

16. Toshbelov O.A., Urozov M.K., Xomidov V.O. Filtrbob noto‘qima matolarning uzush kuchi va uzilishdagi uzayishi aniqlash tahlili. ФерПИИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №7) 31-35 b.

17. Toshbelov O.A., Sultonova F.U., Xomidov V.O. Issiqlikka chidamli filtr to‘qimalarining turlari va unga qo‘yiladigan talablarning belgilangan xususiyatlari. ФерПИИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №6) 36-42 b.

18. Toshbelov O.A., Sultonova F.U., Xomidov V.O. Issiqlikka chidamli filtrbop to‘qimalarni ishlab chiqarishning hozirgi kund jahonda to‘qimalar bozorining rivojlanish tahlili. ФерПИИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №6) 77-80 b.

BAZALT TOLALARINING TUZILISHI VA FIZIK XOSSALARI

Toshbekov O.A., Urazov M.Q., Mustanova Z.A., Ermatov Sh.Q.

Termiz davlat universiteti Uzbekistan

E-mail: toshbekovo@tersu.uz

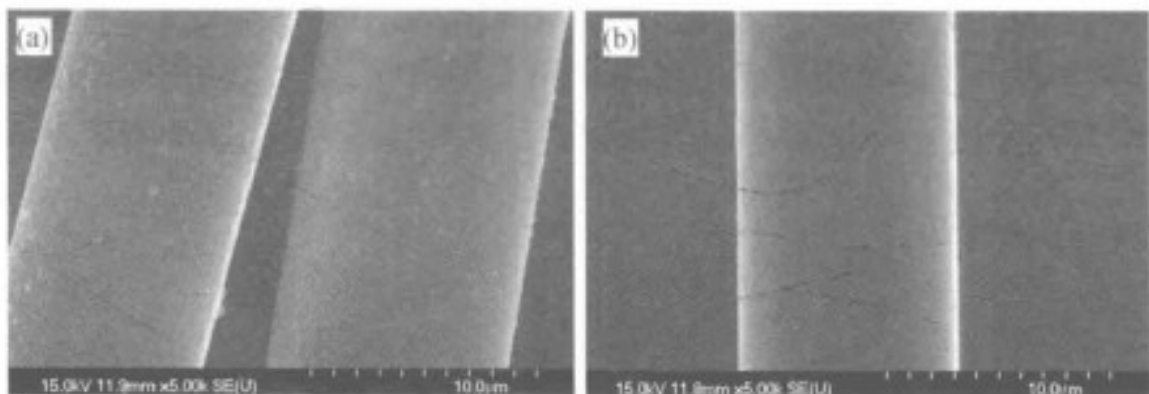
Annotatsiya: Sanoatda texnik to‘qima ishlab chiqarishda jahon to‘qimachilik bozorida tabiiy va sintetik tolalardan maxsus filtrbop to‘qimalarning keng assortimenti allaqachon mavjud bo‘lib ular Bazalt uzluksiz tolasi mustahkamlovchi material sifatida kompozit materiallar tayyorlashda ishlatilganda, uning silliq sirt xususiyati asosiy material bilan yopishishni yaxshilashga yordam beradi.

Kalit so‘z: Bazalt tolasi, platina-rodiy, chang, gaz, noto‘qima material, shtapelli ip, uzluksiz ip, monofilament ip.

Bazalt tolasi platina-rodiy qotishmali plastinadan cho‘zib shakllantirilgandan keyin uning tashqi yuzasi odatda silindrsimon bo‘lib, sirt juda silliq bo‘ladi. 1-rasmda ko‘rsatilganidek, bazalt eritmasi soplodan oqib chiqqandan so‘ng, sovib qotishidan oldin sirt tarangligi ta’sirida tolalarning tashqi yuzasi juda silliq bo‘ladi. Keyin sovib qotib, doimiy dumaloq kesimli uzluksiz tolaga aylanadi.

Bunday silliq sirtga ega bazalt uzluksiz tolasi tolalarning qo‘llanilishi uchun foydali hisoblanadi. Bazalt uzluksiz tolasi mustahkamlovchi material sifatida kompozit materiallar tayyorlashda ishlatilganda, uning silliq sirt xususiyati asosiy material bilan yopishishni yaxshilashga yordam beradi. Ammo kompozit material ishlab chiqarishda ko‘pincha tolalar yuzasiga zarur ishlov berish talab qilinadi, masalan issiqlik bilan ishlov berish, kimyoviy ishlov berish, ion nurlanishi kabi usullar orqali bazalt tolasi yuzasining morfologiyasi va kimyoviy holatini o‘zgartirish mumkin, natijada uzluksiz tolalar bilan qatron (smola) o‘rtasidagi yopishish kuchi kuchayadi va kompozit materialning mexanik xossalari yaxshilanadi.

Shu bilan birga, filtr materiallari sifatida ishlatilganda, silliq sirt suyuqlik va gazlarning o‘tishini osonlashtiradi, bu esa filtrlash tezligini oshirishga yordam beradi.



“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

1-rasmda to‘g‘ridan-to‘g‘ri cho‘zib tayyorlangan bazalt tolasi bilan emdiruvchi modda qo‘shilgan bazalt tolasi tashqi ko‘rinishining farqi ko‘rsatilgan. Emdirish moddasiga ega bazalt tolasi yuzasi nisbatan qo‘polroq, emdiruvchi modda bo‘lmagan bazalt tolasi esa silliqroq ko‘rinadi. Bu bazalt tolasi yuzasi emdiruvchi modda bilan qoplangandan so‘ng tolalar yuzasida adsorbsiya va reaksiyalar yuz berishi, juda yupqa qatlam hosil bo‘lishi bilan bog‘liq bo‘lib, natijada tolaning oxirgi sirt ko‘rinishi unchalik silliq bo‘lmaydi.

Bazalt tolasi zichligi ko‘pgina organik tolalar va ba‘zi noorganik tolalarnikidan yuqori bo‘lib, odatda **2.6–2.8 g/cm³** atrofida bo‘ladi. Tolada temir oksidi miqdori nisbatan yuqori bo‘lgani sababli, uning zichligi shisha tolaga qaraganda kattaroq bo‘ladi.

Bazalt tolasi zichligi uning xomashyosi bo‘lgan bazalt jinsidan ham yuqori. Buning sababi shundaki, bazalt tolasi yuqori haroratda eritilgan bazalt eritmasining tuzilma holatini saqlab qoladi, natijada bazalt minerallaridagi ba‘zi bo‘shliqlar yo‘qoladi va tolalar tuzilishi yanada zichlashadi. Shu sababli bazalt tolasi tog‘ jinsiga nisbatan yuqoriroq zichlikka ega bo‘ladi. 1-jadvalda keng qo‘llaniladigan tolalarning zichligi keltirilgan.

Keng qo‘llaniladigan tolalarning zichligi

1-jadval

Tola nomi	Uglerod tolasi	E-shisha tolasi	S-shisha tolasi	Aramid tolasi	Bazalt tolasi
Zichlik (g/cm³)	1.4 – 1.9	2.55 – 2.62	2.46 – 2.49	1.44	2.6 – 2.8

Kimyoviy tarkibi va tuzilishi

Bazalt tolalarining kimyoviy tarkibi juda murakkab bo‘lib, yer qobig‘ida mavjud bo‘lgan ko‘plab elementlarni bazalt tolasi tarkibida ham topish mumkin. Bazalt tolasi bazalt jinsidan eritib olinadi. Bazalt jinsining asosiy tarkibi SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, TiO₂ kabi turli oksidli minerallardan tashkil topgan.

Biroq, bazalt jinsining tarkibi doimiy emas; hududga qarab bazalt jinsining tarkibi turlicha bo‘ladi. Bazalt jinsidagi oksidlarning miqdori **2-jadvalda** ko‘rsatilgan.

Bazalt jinsining asosiy kimyoviy tarkibi

2-jadval

<i>Bazalt tarkibi</i>	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O + K ₂ O	TiO ₂
<i>Massa ulushi (%)</i>	46–52	10–18	8–16	6–13	7–12	2–10	1.5–2

- **Massa ulushi (%)** - har bir oksidning bazalt tarkibidagi foiz miqdori.
- Jadval bazalt jinsida uchraydigan asosiy oksidlarning foiz diapazonini ko‘rsatadi.

SiO₂ bazalt tolalarining eng muhim tarkibiy qismi bo‘lib, u butun tolalar tizimi massasining taxminan 1/2 qismini tashkil etadi. Silikat tarmoq tuzilmasida u tarmoq hosil qiluvchi modda rolini bajaradi. Agar ma’lum bir bazalt jinsida SiO₂ miqdori o‘rtacha qiymatdan yuqori bo‘lsa, unda tayyorlangan tolalarning haroratga chidamliligi sezilarli darajada oshadi, bu esa bazalt tolalarining kimyoviy barqarorligi va issiqlik barqarorligini oshirish uchun juda foydalidir.

Biroq, SiO₂ miqdori oshishi bilan birga uzluksiz bazalt tolalarini tortib olish (cho‘zib chiqarish) qiyinligi ham ortadi. Asosiy oksidlar (SiO₂ + Al₂O₃) miqdori 60%–80% oralig‘ida bo‘lganda, tolalar yaxshi mustahkamlik, issiqlikka chidamlilik va kimyoviy barqarorlikka ega bo‘ladi.

Al₂O₃ bazalt shishasida tarmoq modifikatori hisoblanadi. Turli sharoitlarda Al³⁺ ionining koordinatsiya soni o‘zgarib turadi, ya’ni 6 yoki 4 bo‘lishi mumkin.

Eritilgan shisha muhitida Na⁺ kabi metall ionlari mavjud bo‘lsa, Al³⁺ ionining koordinatsiyasi Na⁺ miqdorining o‘zgarishiga qarab o‘zgaradi.

Agar kaltsiy oksidi bilan alyuminiy oksidining molyar nisbati 1 dan katta bo‘lsa, SiO₂ bazalt tolasi tarkibidagi eng muhim komponent bo‘lib, u butun tolali tizim massasining taxminan 1/2 qismini tashkil qiladi. Silikat tarmoq tuzilmasida u tarmoq hosil qiluvchi rolini bajaradi. Agar ma’lum bir bazalt rudasida uning miqdori o‘rtacha qiymatdan yuqori bo‘lsa, tolani tayyorlash jarayonidagi harorat ancha oshadi, eritmaning yopishqoqligi ham katta darajada ortadi. Bu bazalt tolalarining kimyoviy barqarorligi va issiqqa chidamliligini oshirish uchun juda foydali. Ammo miqdor oshishi bilan uzluksiz bazalt tolalarini cho‘zish (ipga aylantirish) qiyinligi ham ortadi. Asosiy oksidlar (SiO₂ + Al₂O₃) miqdori 60%–80% oralig‘ida bo‘lganda, tolalar yaxshi mustahkamlik, issiqlik barqarorligi va kimyoviy barqarorlikka ega bo‘ladi.

Al₂O₃ bazalt tolalarini tashkil qiluvchi moddalardan biri bo‘lib, odatda silikat eritmalarida uchraydi. Al³⁺ ionining koordinatsiya soni turli kislotali-ishqoriy muhitlarda o‘zgaruvchan bo‘lib, 6 yoki 4 bo‘lishi mumkin. Agar silikat muhitida Na⁺ kabi ishqoriy metall ionlari mavjud bo‘lsa, Al³⁺ ning koordinatsiya soni Na⁺ miqdoriga qarab o‘zgaradi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Agar Al_2O_3 va SiO_2 ning mol nisbatlari 1 dan katta bo‘lsa, alyuminiy ionlari odatda $[\text{AlO}_4]$ tetraedr shaklida mavjud bo‘ladi va $[\text{SiO}_4]$ tetraedr bilan birgalikda bir xil va bir jinsli tarmoq tuzilmasi hosil qiladi. Al^{3+} ionlari noko‘prik kislorodlarni tortib olish qobiliyatiga ham ega bo‘lib, bu tarmoq tuzilmasining qayta bog‘lanishini ta‘minlaydi va tarmoqning zichligini oshiradi.

Agar $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ mol nisbati 1 dan kichik bo‘lsa, ko‘p hollarda Al^{3+} ionlari tarmoqni o‘zgartiruvchi ionlar sifatida $[\text{AlO}_6]$ oktaedr shaklida mavjud bo‘ladi. Al_2O_3 ning mavjudligi bazalt tolalarining kimyoviy barqarorligi, mexanik xususiyatlari va issiqlikka chidamliligini oshiradi. Biroq uning miqdori ma‘lum bir chegaradan oshsa, tolani cho‘zib shakllantirish jarayoni juda qiyinlashadi.

Ishqoriy metall oksidlari asosan Na_2O va K_2O ni o‘z ichiga oladi. Ular bazalt tolalarida tarmoq tuzilmasini bo‘shashtirib, hatto uni uzib yuborishi mumkin, natijada tolalarning ayrim xossalari - elektr xossalari, issiqlikka chidamliligi va kimyoviy barqarorligi - salbiy ta‘sirga uchraydi. Ammo bazalt tolasi ishlab chiqarish jarayonida ularning mavjudligi foydali, chunki ular bazalt rudasi eritmasining yopishqoqligini kamaytiradi.

Bazalt tolalarida asosan ikki xil ishqoriy yer metall oksidlari mavjud: MgO va CaO . Ular yolg‘iz holda SiO_2 bilan barqaror shisha hosil qila olmaydi, faqat ishqoriy metall oksidlari mavjud bo‘lgan sharoitda shisha hosil qilishi mumkin. MgO va CaO birgalikda ta‘sir qilib ($\text{CaO} + \text{MgO}$) eritmaning yopishqoqligini kamaytiradi, bu esa tolani hosil qilishni osonlashtiradi.

CaO miqdori yuqori bo‘lganda, bazalt tolalari yaxshi issiqlikka chidamlilik, kimyoviy barqarorlik va mexanik mustahkamlikka ega bo‘ladi. Agar ($\text{CaO} + \text{MgO}$) miqdori 10%–12% dan yuqori bo‘lsa, eritmaning yopishqoqligi ortadi, mo‘rtlik kuchayadi va tolani shakllantirish qiyinlashadi. Shu bilan birga ular eritmaning kristallanish xususiyatini ham oshirishi mumkin.

TiO_2 tarkibidagi titan Ti^{4+} ionlari shaklida mavjud. Bu ionlarning zaryadi yuqori, radiusi kichik va ta‘sir kuchi katta bo‘lgani sababli, ular katta va murakkab anion guruhlarini hosil qiladi, bu esa erish faollik energiyasini oshiradi va eritmaning yopishqoqligini orttiradi, natijada tolani hosil qilish jarayoni osonlashadi. Ma‘lum darajada TiO_2 qo‘shilishi materialning zichligi, elektr qarshiligi, sinish ko‘rsatkichi va issiqlik kengayish koeffitsiyentini kamaytirish kabi xususiyatlarni yaxshilaydi.

Bazalt tolalarida temir oksidlari asosan Fe_2O_3 va FeO shaklida mavjud. Ularning ta‘siri eritmaning harorati va yopishqoqligiga, shuningdek tolalarning issiqlikka chidamliligi, tolani cho‘zish texnologik parametrlari va boshqa xususiyatlariga bog‘liq.

Temir oksidlarining yuqori miqdori eritmaning qatlamlanib kristallanishiga olib keladi, kristallanish vaqtini uzaytiradi, yopishqoqlikni kamaytiradi va kristallanish haroratini erish nuqtasiga yaqinlashtiradi. Juda yuqori temir miqdori esa eritmaning tez kristallanishiga sabab bo‘lib, tolalarning barqaror shakllanishiga

ta'sir qiladi (masalan, tolalar diametri tebranishi ortadi). Bundan tashqari, tolalar hosil bo'layotgan hududda eritmaning harakati notekis bo'lgani sababli harorat va yopishqoqlik beqaror bo'ladi, bu esa suyuqlik oqimining bir tekisligini buzadi. Natijada tolani cho'zish jarayonida ko'proq uzilishlar yuzaga keladi va tolalar sifatini nazorat qilish qiyinlashadi.

Temir oksidlari orasidagi $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ nisbati hamda ularning umumiy miqdori tolalarning issiqlik barqarorligi va mustahkamligiga katta ta'sir ko'rsatadi. Masalan, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} > 5$ bo'lsa, bazalt tolalari yuqori issiqlik barqarorligiga ega bo'ladi.

Temir miqdori 15% dan 10% gacha kamayganda, bazalt tolalarining cho'zilish mustahkamligi dastlabki 1800 MPa dan 2600 MPa gacha oshadi. Shu bilan birga FeO va Fe_2O_3 ning mavjudligi tolalarning kimyoviy barqarorligiga ham ma'lum darajada ta'sir qiladi. FeO mavjudligi sababli, bazalt tolalarining rangi odatda jigarrangdan bronza rangigacha o'zgaradi.

Bazalt tolalarida yana kam miqdorda noyob yer elementlari ham mavjud bo'lib, ular eritmaning yopishqoqligini kamaytirishga ma'lum darajada yordam beradi, shuningdek bazalt tolalarining ishlash harorati va issiqlik barqarorligini oshiradi.

Mikrostrukturaviy tuzilish

Bazalt tolasi **amorf (noaniq kristalli) tuzilishga ega modda** bo'lgani sababli, uning mikrostrukturasi bo'yicha tadqiqotlar hozirgacha juda cheklangan. Tadqiqotlarning aksariyati uning tuzilishini o'rganishda **oddiy shisha uchun qo'llaniladigan usullardan** foydalanadi, chunki ikkala modda ham **eritmadan hosil bo'lgan shisha tuzilishga** ega. Ammo bazalt tolasi tarkibi murakkab bo'lgani va komponentlar o'rtasidagi o'zaro ta'sir kuchli bo'lgani sababli, hozirgi kunda bazalt tolasi mikrostrukturasi haqidagi tushunchalar **hali ham taxminiy modellash tirish bosqichida** turibdi.

Xulosa

Bazalt tolasi platina-rodiiy qotishmali plastinadan cho'zib shakllantirilgandan keyin uning tashqi yuzasi odatda silindrsimon bo'lib, sirt juda silliq bo'ladi.

Bazalt tolalarida temir oksidlari asosan Fe_2O_3 va FeO shaklida mavjud. Ularning ta'siri eritmaning harorati va yopishqoqligiga, shuningdek tolalarning issiqlikka chidamliligi, tolani cho'zish texnologik parametrlari va boshqa xususiyatlariga bog'liq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bazalt uzluksiz tolasining asosiy xususiyatlari.
2. Miliky J., Kovacic V., Mechan L. Bazalt tolalarining xususiyatlari. *Textile Research Journal*, 1996.
3. Bazalt uzluksiz tolalarini ishlab chiqarishning yangi yo'llari.
4. Mertz D., Craig M., Gillesp J.V. Tolali mustahkamlangan polimer kompozitlarining yuqori darajadagi infratuzilmada qo'llanilishi. Bazalt tolasi kompozit filtr materiallari bo'yicha tadqiqot.

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

5. Bazalt tolali mustahkamlangan kompozit materiallar bo'yicha tadqiqot.
6. Bazalt tolalarining mexanik xususiyatlari.
7. O.A.Toshbekov. Mahalliy dag'al jun tolasi asosida noto'qima matolar olish texnologiyasini ishlab chiqish. Dis....t.f.f.d.-Toshkent, Paxtasanoat ilmiy markazi, 2023. 22-47 b.
8. Urozov M.K. Jun tolasini tozalash asosida noto'qima material olish texnologiyasini takomillashtirish . Dis....t.f.f.d.-Toshkent, Paxtasanoat ilmiy markazi, 2024. 143-150 b.
9. Toshbekov O.A., Urozov M.Q. Issledovanie parametrov stroeniya jakkardovы tkaniy // Ilmiy va innovatsiya faoliyatni rivojlantirish bo'yicha davlat boshqaruvi tizimi takomillashtirish - davr talabi. IV - Xalqaro konferensiya. 18-dekabr 2020. 114-119 b.
10. Toshbekov, O., Urazov, M., Yermatov, S., & Khamraeva, M. (2023). Efficient and economical energy use technology in the processing of domestic coarse wool fiber. In *Yе3S Web of Conferences* (Vol. 461, p. 01068). YеDP Sciences.
11. Toshbekov O., & Mustonova Z. Olingan noto'qima matoning ishqalanishga chidamliligini va shovqinni yutishga yuqori moslashuvchanlik xossalarini aniqlash. Yevraziyskiy jurnal akademicheskix issledovaniy, 3(12 Part 2), 2023.217–221.
12. Kurbanov A., Shomirzaev M., Tursunov S., Toshbekov O., Mukhamadieva N., Kambarov B., Mannobova S. Analysis of the state of cultivation and harvesting of mung bean and agro-biological requirements for threshing and separating its grain. In *BIO Web of Conferences* (2024). (Vol. 105, p. 02010). EDP Sciences
13. Toshbekov O.A., Sultonova F.U., Oripov J.I. Dag'al jun tolalari asosida olingan noto'qima matolarning fizik xossalarini aniqlash (avtomobil, aviyatsiya, kemasozlik) ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №4) 45-49 b.
14. Xulkaliyeva G.P., Toshbekov O.A., Xomidov V.O. Ikki tomonlama noto'qima matodan ayollar kiyimini transformatsiya usulida ishlab chiqish. ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №14) 180-182 b.
15. Toshbelov O.A., Urozov M.K., Xomidov V.O. Filtrbob noto'qima matolarning uzush kuchi va uzilishdagi uzayishi aniqlash tahlili. ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №7) 31-35 b.
16. Toshbelov O.A., Sultonova F.U., Xomidov V.O. Issiqlikka chidamli filtr to'qimalarining turlari va unga qo'yiladigan talablarning belgilangan xususiyatlari. ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №6) 36-42 b.
17. Toshbelov O.A., Sultonova F.U., Xomidov V.O. Issiqlikka chidamli filtrbop to'qimalarni ishlab chiqarishning hozirgi kund jahonda to'qimalar bozorining rivojlanish tahlili. ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №6) 77-80 b.

BAZALT TOLALARINING ISSIQLIK IZOLYATSIYASI VA ISHQORIY KORROZIYAGA CHIDAMLILIK XUSUSIYATI

Toshbekov O.A., Urazov M.Q., Sultonova F., Ermatov Sh.Q.

Termiz davlat universiteti Uzbekistan

E-mail: toshbekovo@tersu.uz

Annotatsiya: Issiqlik izolyatsiyasi xususiyati bozorida tabiiy va sintetik tolalardan maxsus filtrbop to‘qimalarning keng assortimenti allaqachon mavjud bo‘lib ular Bazalt uzluksiz tolasi mustahkamlovchi material sifatida kompozit materiallar tayyorlashda ishlatilganda, uning silliq sirt xususiyati asosiy material bilan yopishishni yaxshilashga yordam beradi.

Kalit so‘z: Bazalt tolasi, platina-rodiy, chang, gaz, noto‘qima material, shtapelli ip, uzluksiz ip, monofilament ip.

Bazalt tolasi issiqlik izolyatsiya materiali bo‘lib, juda past issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentiga ega. 1-jadvalda bazalt tolalaridan tayyorlangan issiqlik saqllovchi materiallarning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti keltirilgan. Past haroratli muhitda bazalt tolasi yuqori samarali issiqlik saqllovchi material sifatida qo‘llanilishi mumkin.

1 ~ 3 soat davomida qizdirilgandan so‘ng bazalt tolasi izolyatsiya materialining issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti -196°C sharoitida $0.03 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ni tashkil etadi va ko‘p marta muzlatish-eritish (sovutish-isitish) sikllaridan o‘tgandan keyin ham uning mustahkamligida pasayish kuzatilmaydi.

Shuning uchun metallurgiya zavodlarining suyuq metall ishlab chiqarish bo‘limlarida bazalt tolasi asosida tayyorlangan issiqlik izolyatsiya materiallari uzoq vaqt davomida qo‘llaniladi.

Diametri 1–3 sm bo‘lgan juda nozik bazalt tolasi mahsulotlarining issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti

1-jadval

Material zichligi (kg/m^3)	20	30	60	80	100	120	140
Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	0.047	0.040	0.040	0.040	0.042	0.044	0.048

Ishqorga chidamlilik nuqtai nazaridan qaraganda, bazalt tolalarning ishqorga chidamliligi shisha tolalarnikiga nisbatan biroz pastdir. Bazalt tolalari va shisha tolalari ishqor eritmasida korroziyaga uchragandan keyin ularning massa yo‘qotish darajasi va mustahkamlikni saqlab qolish koeffitsienti mos ravishda **1-rasm** va **2-rasmda** ko‘rsatilgan.

Bazalt tolalarning 0.5 % li NaOH eritmasida korroziyaga uchrashi bo‘yicha tajribadan ko‘rish mumkinki, korroziyaga chidamliligi yaxshi emas va

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

mustahkamlikni saqlash koeffitsienti tezda 20 % gacha kamayadi. Bunda mustahkamlikning pasayishi juda qisqa vaqt ichida sodir bo‘ladi:

- birinchi kun ichida mustahkamlik 60 % ga kamayadi;
- ikkinchi kuni mustahkamlik 5 % dan ham kam miqdorda kamayadi;
- keyingi 4 kun davomida mustahkamlik 20 % gacha pasayadi.

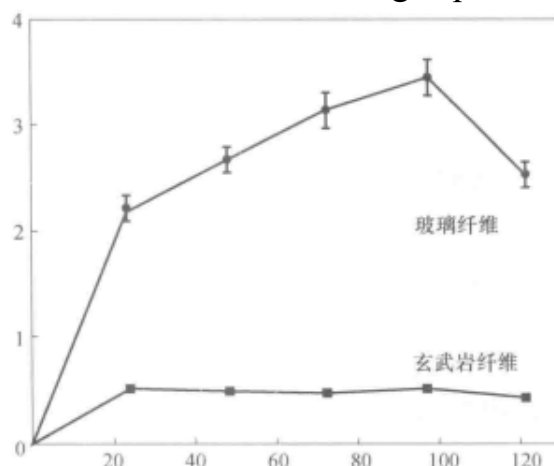
Shisha tolalar esa 5 kunlik korroziyadan keyin ham mustahkamlikning 50 % ini saqlab qoladi, bazalt tolalar esa 5 kunlik korroziyadan so‘ng mustahkamligi taxminan 30 % ga kamayadi.

3-rasmda bazalt tolalarning turli konsentratsiyali ishqor eritmalaridagi reaksiyasi ko‘rsatilgan. 3-rasmdan ko‘rish mumkinki, 0.5 mol/L ishqor eritmasi muhitida 20 mol/L ishqor eritmasiga qaraganda bazalt tolalarning massa yo‘qotishi 50 % ga kamroq. 0.1 mol/L ishqor eritmasida esa massa yo‘qotishi yanada kichik bo‘lib, 3 soat ishlov berilganda massa yo‘qotish darajasi taxminan 25 % atrofida bo‘ladi.

4-rasmdan ko‘rinadiki, 0.1 mol/L ishqor eritmasida 3 soat ishlov berilgandan keyin bazalt tolalarning mustahkamligini saqlash koeffitsienti taxminan 30 % gacha kamayadi. 0.5 mol/L ishqor eritmasida ishlov berilgandan keyin bu ko‘rsatkich taxminan 10 % gacha kamayadi. 2 mol/L ishqor eritmasida ishlov berilgandan so‘ng esa bazalt tolalar oxir-oqibat butunlay mustahkamligini yo‘qotadi.

Shundan ko‘rinadiki, bazalt tolalarning mustahkamligini saqlash koeffitsienti va massa yo‘qotish darajasi 0.1 mol/L ishqor eritmasida o‘zgarishsiz qoladi, ishqor konsentratsiyasi oshgani sari massa yo‘qotish darajasi esa 70 % gacha ortadi.

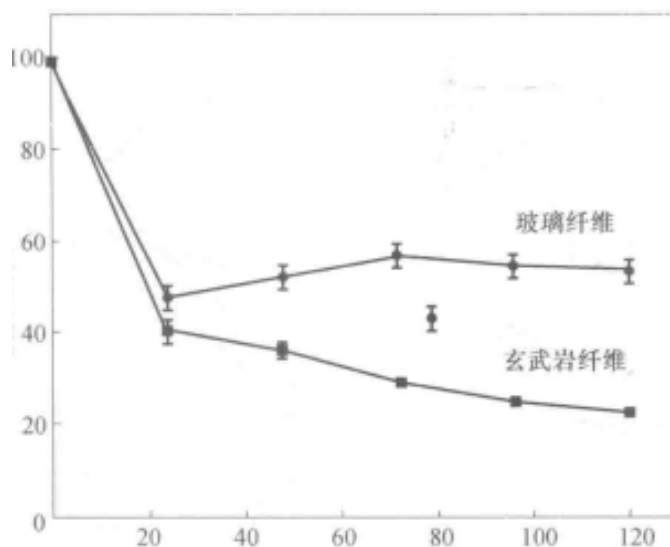
Shu sababli, bazalt tolalarning ishqorga chidamliligi ishqor eritmasining konsentratsiyasi bilan juda kuchli bog‘liq emas, balki katta darajada bazalt tolalarning ishqor eritmasidagi korroziya mexanizmi, ya‘ni ishqoriy muhitda tolalarning buzilish shakli bilan chambarchas bog‘liqdir.



Og‘irlik yo‘qotish darajasi (%), Ta'sir vaqti / soat

1- Ishqor eritmasida ivitib ishlov berilgan tolalarning og‘irlik yo‘qotish darajasi grafigi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



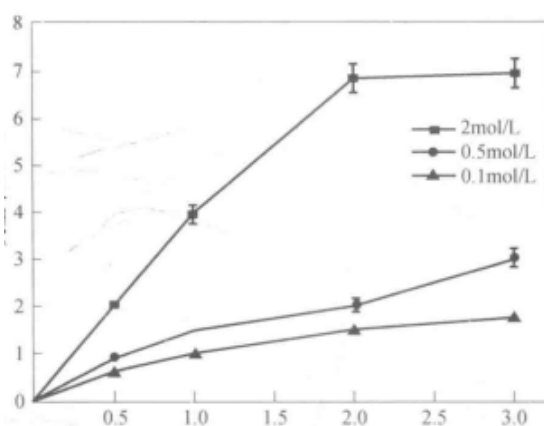
Og‘irlik yo‘qotish darajasi (%), Ta’sir vaqti / soat

2- Ishqor eritmasida ivitib ishlov berilgan tolalarning mustahkamlikni saqlab qolish darajasi

5-rasm bazalt tolasi va shisha tolasi ishqor bilan korroziyaga uchragandan keyingi sirt morfologiyasini ko‘rsatadi. Rasmdan ko‘rish mumkinki, bazalt tolasi va shisha tolasi ishqor muhitida jiddiy korroziyaga uchragan va ularning sirtida bo‘shashgan, g‘ovak tuzilishli qatlam hosil bo‘lgan.

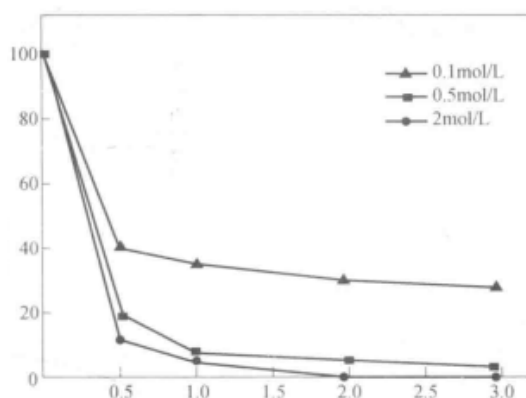
Shisha tolasi tarkibidagi tarmoq hosil qiluvchi moddalarning miqdori bazalt tolasinikidan kam. Shisha tolasi tarkibidagi tarmoq hosil qiluvchi moddalarga SiO_2 , Al_2O_3 va B_2O_3 kiradi, ularning umumiy miqdori bazalt tolasi tarkibidagi tarmoq hosil qiluvchi moddalar SiO_2 va Al_2O_3 miqdoridan ancha yuqori.

Ishqoriy korroziya jarayonida eng avvalo buziladigan moddalar aynan shu tarmoq hosil qiluvchi komponentlardir.



Og‘irlik yo‘qotish darajasi / %, Ta’sir vaqti / soat

3- Turli konsentratsiyadagi ishqor eritmasida ivitib ishlov berilgandan keyingi bazalt tolalarining og‘irlik yo‘qotish darajasi



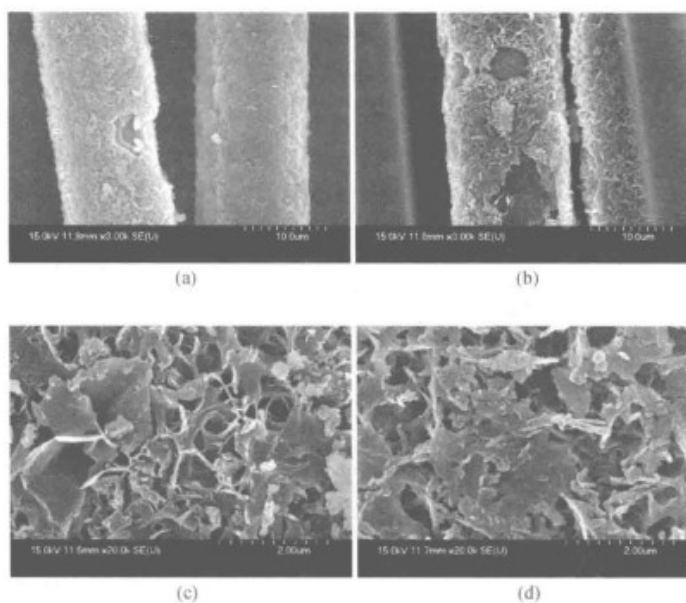
Vazn yo‘qotish darajasi (%), Ta’sir vaqti / soat

4- Turli konsentratsiyadagi ishqor eritmasida ivitib ishlov berilgandan keyin bazalt tolalarining mustahkamlikni saqlash darajasi

Bundan tashqari yana bir sabab mavjud, ya’ni Ca elementining ta’siri. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, NaOH eritmasiga CaCl_2 qo‘shish ishqorning shisha tolalarga ta’sirini samarali ravishda kamaytirishi mumkin. Buning sababi shundaki, ishqoriy korroziya jarayonida shisha tolalar yuzasida -Si-O-Si- dan iborat yupqa plyonka qatlami hosil bo‘ladi, bu qatlam ishqorning tolalarning asosiy skelet tuzilmasini korroziyalashiga to‘sqinlik qiladi.

Bazalt tolalarda Ca elementining miqdori shisha tolalarnikiga qaraganda ancha yuqori, shuning uchun ishqoriy korroziya jarayonida himoya qatlami hosil bo‘lishi osonroq va korroziyadan saqlanishi mumkin. Shu sababli shisha tolalarning ishqorga chidamliligi bazalt tolalarnikidan biroz yaxshiroq hisoblanadi.

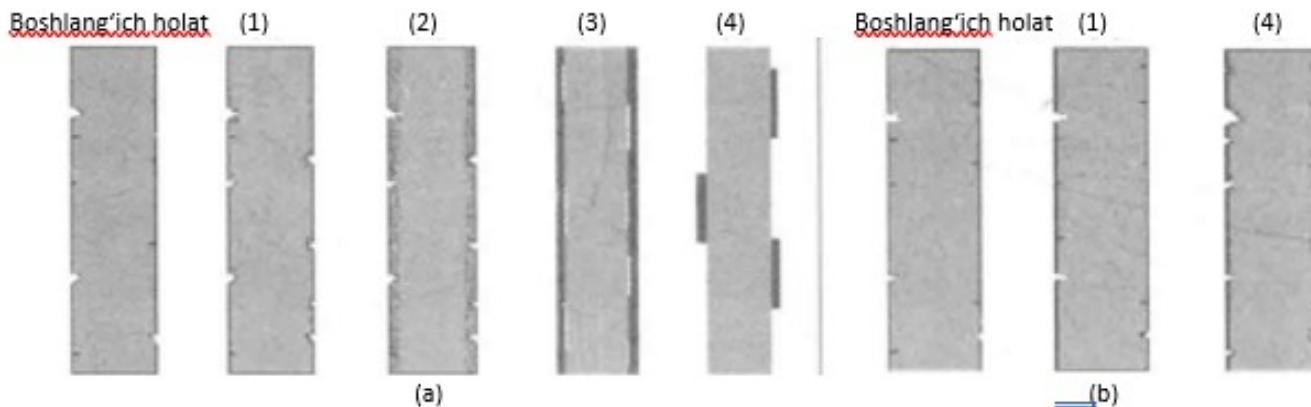
Bazalt tolalarning kuchli ishqoriy NaOH va zaif ishqoriy $\text{Ca}(\text{OH})_2$ eritmalaridagi korroziya mexanizmlari bir xil emas. Bu jarayon 6-rasm orqali tushuntirilishi mumkin.



5 Bazalt tolasi va shisha tolasi ishqoriy korroziyadan keyingi yuzaki morfologiyasi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

(a) shisha tolasi yuqori haroratli ishlov berilgan; (b) bazalt tolasi yuqori haroratli ishlov berilgan; (c) shisha tolasi yuzasidagi hosil bo‘lgan modda; (d) bazalt tolasi yuzasidagi hosil bo‘lgan modda.



6 Bazalt tolalarining NaOH va $\text{Ca}(\text{OH})_2$ muhitida korroziya (yemirilish) mexanizmining sxematik tasviri

(a) NaOH ; (b) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (a) NaOH muhitida; (b) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ muhitida

Bazalt tolalarining kuchli ishqoriy NaOH da korroziyaga uchrash jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat [14]:

(1) Avvalo bazalt tolasi yuzasidagi nuqsonlar korroziyaga uchraydi, kichik yoriqlar katta yoriqlarga, kichik teshiklar esa katta teshiklarga aylanadi va hokazo.

(2) (1)-bosqich asosida korroziya davom etadi va tola yuzasida korroziya qobig‘i qatlami hosil bo‘ladi.

(3) Korroziya jarayoni davom etishi bilan qobiq qatlami asta-sekin qalinlashadi va yanada zichlashadi, bu esa reaksiyaning keyingi davom etishini to‘siq qo‘yadi. Shu bilan birga suv molekullari tolaga uzluksiz kirib borib, tolalar asosidagi ishqoriy-silikat qismlar bilan gidroliz reaksiyasini hosil qiladi, natijada ajralib chiqish hodisasi yuz beradi.

(4) Erituvchi eritma ta‘sirida asosiy material asta-sekin ajralib chiqadi, korroziya qatlami parchalanadi va tolalar korroziyasi keyingi siklga o‘tadi.

Xulosa

Bazalt tolalarning kuchli ishqoriy NaOH va zaif ishqoriy $\text{Ca}(\text{OH})_2$ eritmalaridagi korroziya mexanizmlari bir xil emas. Bu jarayon 6-rasm orqali tushuntirilishi mumkin. Bazalt tolasi platina-rodiiy qotishmali plastinadan cho‘zib shakllantirilgandan keyin uning tashqi yuzasi odatda silindrsimon bo‘lib, sirt juda silliq bo‘ladi.

Bazalt tolalarining kuchli ishqoriy NaOH da korroziyaga uchrash jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat.

Avvalo bazalt tolasi yuzasidagi nuqsonlar korroziyaga uchraydi, kichik yoriqlar katta yoriqlarga, kichik teshiklar esa katta teshiklarga aylanadi

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O.A.Toshbekov. Mahalliy dag'al jun tolasi asosida noto'qima matolar olish texnologiyasini ishlab chiqish. Dis....t.f.f.d.-Toshkent, Paxtasanoat ilmiy markazi, 2023. 22-47 b.
2. Urozov M.K. Jun tolasini tozalash asosida noto'qima material olish texnologiyasini takomillashtirish . Dis....t.f.f.d.-Toshkent, Paxtasanoat ilmiy markazi, 2024. 143-150 b.
3. Toshbekov O.A., Urozov M.Q. Issledovanie parametrov stroeniya jakkardovы tkaniy // Ilmiy va innovatsiya faoliyatni rivojlantirish bo'yicha davlat boshqaruvi tizimi takomillashtirish - davr talabi. IV - Xalqaro konferensiya. 18-dekabr 2020. 114-119 b.
4. Toshbekov, O., Urazov, M., Yermatov, S., & Khamraeva, M. 2023). Yeffisient and yesonomisal yenergy use teshnology in the prosessing of domestis soarse wool fiber. In *Ye3S Web of Sonferenses* (Vol. 461, p. 01068). YeDP Ssienses.
5. Toshbekov O., & Mustonova Z. Olingan noto'qima matoning ishqalanishga chidamliligini va shovqinni yutishga yuqori moslashuvchanlik xossalarini aniqlash. Yevraziyskiy jurnal akademicheskix issledovaniy, 3(12 Rart 2), 2023.217–221.
6. Kurbanov A., Shomirzaev M., Tursunov S., Toshbekov O., Mukhamadieva N., Kambarov B., Mannobova S. Analysis of the state of sultivation and harvesting of mung bean and agro-biologitsal requirements for threshing and separating its grain. In *BIO Web of Conferentses* (2024). (Vol. 105, p. 02010). EDP Stsientses
7. Toshbekov O.A., Sultonova F.U., Oripov J.I. Dag'al jun tolalari asosida olingan noto'qima matolarning fizik xossalarini aniqlash (avtomobil, aviyatsiya, kemasozlik) ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №4) 45-49 b.
8. Xulkaliyeva G.P., Toshbekov O.A., Xomidov V.O. Ikki tomonlama noto'qima matodan ayollar kiymini transformatsiya usulida ishlab chiqish. ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №14) 180-182 b.
9. Toshbelov O.A., Urozov M.K., Xomidov V.O. Filtrbob noto'qima matolarning uzush kuchi va uzilishdagi uzayishi aniqlash tahlili. ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №7) 31-35 b.
10. Toshbelov O.A., Sultonova F.U., Xomidov V.O. Issiqlikka chidamli filtr to'qimalarining turlari va unga qo'yiladigan talablarning belgilangan xususiyatlari. ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №6) 36-42 b.
11. Toshbelov O.A., Sultonova F.U., Xomidov V.O. Issiqlikka chidamli filtrbop to'qimalarni ishlab chiqarishning hozirgi kund jahonda to'qimalar bozorining rivojlanish tahlili. ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №6) 77-80 b.

**ZARKENT KESMASINI O‘RGANISHDA ZAMONAVIY
KAPPAMETRLARNI AHAMIYATI**

To‘xtameshov Fayzulla G‘ulamjon o‘g‘li,

Katta o‘qituvchi,

O‘zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O‘zbekiston.

Kichik ilmiy xodim,

Astronomiya instituti, Toshkent, O‘zbekiston.

E-mail: maxturon@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3832-1198

Tel: (90) 348 85 00

Ziyayev Fozil Choriyorovich

Katta o‘qituvchi,

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti.

Terdmau, O‘zbekiston.

E-mail: ziyayevfozil@gmail.com, ORCID: 0009-0002-1175-2542

Tel: (99) 520 17 47

To‘rayev Shomurod Baxtiyor o‘g‘li,

Magistrant,

O‘zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O‘zbekiston.

E-mail: shomurod0104@gmail.com, ORCID: 0009-0006-7335-5648

Tel: (90) 206 03 13

Mazkur maqolada Toshkent viloyatining Ohangaron vodiysida joylashgan Zarkent kesmasining eopleystotsen va pleystotsen davri yotqiziqlari petromagnit va paleomagnit usullar yordamida tadqiq etilgan. Tadqiqotda Chexiyaning SatisGeo kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarilgan KM-7 zamonaviy kappametri yordamida magnit qabul qiluvchanlik (χ) o‘lchovlari amalga oshirildi. Bunda yuqori aniqlikdagi ma’lumotlarni olishga imkon yaratildi.

Kalit so‘zlar: petromagnitizm, paleomagnitizm, KM-7 kappametri, Zarkent kesmasi, lyoss, paleotuproq, magnit qabul qiluvchanlik.

Toshkent viloyati Ohangaron vodiysida joylashgan Zarkent geologik kesmasi o‘zining qariyb 100 metr qalinlikdagi uzluksiz lyoss–paleotuproq qatlamlari bilan mintaqaning eopleystotsen–pleystotsen davri paleoqlim tarixini tadqiq etishda noyob tabiiy laboratoriya vazifasini bajaradi. Mazkur kesma tarkibidagi sedimentatsion jinslar atmosfera changlarining to‘planishi va tuproq hosil bo‘lish bosqichlarining ketma-ketligini aks ettirib, iqlimning sovuq-quruq hamda iliq-nam fazalari almashuvini qayd etadi. Shu sababli Zarkent kesmasi nafaqat regional, balki xalqaro miqyosdagi kvartyer stratigrafiyasi tadqiqotlari uchun ham muhim obyekt sifatida qaraladi.

Tadqiqot jarayonida Chexiyada ishlab chiqarilgan zamonaviy KM-7 portativ kappametri [1,2,3] yordamida jinslarning magnit qabul qiluvchanlik (χ)

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ko‘rsatkichlari dala sharoitida bevosita o‘lchandi. Ushbu uskunaning yuqori sezgirlik darajasi va dala sharoitida tezkor ishlash imkoniyati lyoss hamda paleotuproq qatlamlarining petromagnit xususiyatlarini aniqlashda samarali natijalar berdi. Magnit qabul qiluvchanlik ko‘rsatkichlari jins tarkibidagi ferromagnit minerallar miqdori bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, ular paleopedogenetik jarayonlarning intensivligini baholash imkonini yaratadi. Shu nuqtai nazardan, magnit parametrlar paleoiqlimiy sharoitlarning bilvosita indikator sifatida muhim ahamiyat kasb etadi.

To‘rtlamchi davr lyoss–paleotuproq majmualarini tadqiq etish bo‘yicha xalqaro miqyosda ko‘plab fundamental ilmiy izlanishlar olib borilgan bo‘lib, ular paleoiqlimiy rekonstruksiya, stratigrafik korrelyatsiya hamda pedogenetik jarayonlarni aniqlashda muhim metodologik asos vazifasini bajaradi.

Mazkur xalqaro tadqiqotlar Zarkent geologik kesmasini o‘rganish uchun ham muhim ilmiy-metodik asos bo‘lib xizmat qiladi. Chunki Ohangaron vodiysidagi lyoss–paleotuproq majmualari Markaziy Osiyoning paleoiqlimiy rivojlanish tarixini aniqlashda muhim stratigrafik obyektlardan biri hisoblanadi.

Mahalliy tadqiqotchilardan A.E. Dodonov [4] Markaziy Osiyo lyosslarining xronostratigrafik shkalasini ishlab chiqishda paleomagnit inversiyalarning ahamiyatini asoslab bergan. Shuningdek, zamonaviy geofizik qurilmalar, xususan Chexiyaning KM-7 kappametrlaridan foydalanish bo‘yicha S. Montag [5] va J. Valenta [4] kabi olimlarning ishlarida ushbu uslubning dala sharoitida yuqori samaradorlik berishi isbotlangan. Zarkent kesmasi bo‘yicha olib borilgan dastlabki dala kuzatishlarimiz shuni ko‘rsatadiki, Eopleystotsen yotqiziqlarining yer yuzasiga chiqish qismlari o‘ziga xos litologik va magnit tavsifga ega (1-rasm).



1-rasm. Eopleystotsen yotqiziqlarining yer yuzasiga chiqishi, Zarkent kesmasi

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Tadqiqotning metodologik asosi sifatida kompleks geologik-geofizik yondashuv tanlandi. Zarkent kesmasi Asalari soyi bo‘yida, Odamtosh cho‘qqisining ro‘parasi kabi aniq geofizik nuqtalarda o‘rganildi.

Petromagnit o‘lchovlar: Magnit qabul qiluvchanlikni o‘lchashda KM-7 kappametrining imkoniyatlaridan foydalanildi. Ushbu qurilma orqali olingan natijalar jinslar tarkibidagi ferrimagnit minerallar kontsentratsiyasini aniqlashga xizmat qildi.

Vizualizatsiya: Dala sharoitida olingan o‘lchovlar 2-rasm (a va b) ko‘rinishida umumlashtirildi. 2a-rasmda kesmaning umumiy ko‘rinishi va qatlamlar ketma-ketligi bo‘lsa, 2b-rasmda o‘lchov jarayoni va qatlamlarning ichki tuzilishi aks ettirilgan.



a)



b)

2-rasm. Zarkent kesmasining dala sharoitidagi tadqiqot holati: a) kesmaning ko‘rinishi va litologik qatlamlar ketma-ketligi; b) KM-7 kappametri yordamida o‘lchov o‘tkazish jarayoni

Zarkent geologik kesmasida olib borilgan dala tadqiqotlari natijasida 100 metr qalinlikdagi yotqiziqlarning batafsil litologik va petromagnit profili shakllantirildi. Kesmaning yuqori qismida zamonaviy tuproq qatlami (0,5 m) va uning ostida 11,8 metr qalinlikdagi kulrang, g‘ovaksimon suglinkalar joylashganligi aniqlandi. Ushbu qatlamlarda KM-7 kappametri yordamida olingan magnit qabul qiluvchanlik (χ) qiymatlari barqaror past ko‘rsatkichlarni namoyon etdi.

Zarkent geologik kesmasida amalga oshirilgan petromagnit hamda litologik tadqiqotlar natijalari hududning kvartyer davri paleoiklimiy va stratigrafik rivojlanish tarixini aniqlashtirishda muhim ilmiy ma’lumotlarni taqdim etdi. Tadqiqot davomida kesmaning qariyb 100 metr qalinlikdagi lyoss–paleotuproq yotqiziqlari yuqori darajadagi stratigrafik uzluksizlikka ega ekanligi aniqlandi. Mazkur jinslar majmuasi eopleystotsen–pleystotsen bosqichlarida yuz bergan

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

iqlimiy o‘zgarishlarning ketma-ketligini aks ettiruvchi tabiiy geologik arxiv sifatida baholandi.

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida hozirgi kunda geologik kesimlarni o‘rganishda zamonaviy kappametrlarning amaliy ahamiyati yuqori ekanligi aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] SatisGeo. *KM-7 Magnetic Susceptibility Meter. Manual Guide*. – Brno, Czech Republic: SatisGeo Press, 2025. – P. 12–15.

[2] SatisGeo. *KM-7 User Manual. Software and Hardware Operation*. – SatisGeo Publ., 2020. – P. 5–10.

[3] SatisGeo. *Kappameter KM-7 Leaflet. Technical Specifications*. – SatisGeo, 2021. – P. 1–2.

[4] Valenta J., et al. Example from the Principálek Volcano geophysical survey // *Studia Geophysica et Geodaetica*. – 2014. – Vol. 58. – P. 312–325.

[5] Montag S. *Multi-Method Geoarchaeological Analysis of Loess Sequences: Dissertation*. – University of Cologne, 2020. – P. 145–160.

NEFT-GAZ SANOATIDA INTELLEKTUAL JIHOZLAR ELEKTR TA‘MINOTI

Turdiyev B.E.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya Mazkur maqolada neft-gaz sanoatida qo‘llanilayotgan intellektual jihozlarning elektr ta‘minoti tizimlari, ularning texnik imkoniyatlari hamda sanoat korxonalaridagi ahamiyati tahlil qilingan. Hozirgi davrda neft va gaz qazib olish, qayta ishlash va uzatish jarayonlarida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, aqlli sensorlar va raqamli monitoring vositalari keng qo‘llanilmoqda. Ushbu qurilmalarning uzluksiz ishlashi ishonchli elektr ta‘minoti tizimiga bog‘liqdir. Maqolada elektr energiyasini samarali taqsimlash, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish, zaxira elektr manbalaridan foydalanish va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish masalalari yoritilgan. Shuningdek, neft-gaz sanoatida Smart Grid texnologiyalari hamda muqobil energiya manbalarining istiqbollari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: Neft-gaz sanoati, intellektual jihozlar, elektr ta‘minoti, aqlli sensorlar, avtomatlashtirish, Smart Grid, energiya samaradorligi, monitoring tizimi, sun‘iy intellekt, raqamli texnologiyalar.

Bugungi kunda neft-gaz sanoati dunyo iqtisodiyotining eng muhim strategik tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Ushbu sohaning rivojlanishi ko‘plab texnologik yangiliklarni joriy etishni talab qilmoqda. Ayniqsa, ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, energiya samaradorligini oshirish va xavfsizlikni ta‘minlash

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

masalalari muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shu sababli neft-gaz korxonalarida intellektual jihozlardan foydalanish kengayib bormoqda.

Intellektual jihozlar — bu sun’iy intellekt, sensor texnologiyalari va avtomatik boshqaruv tizimlari asosida ishlovchi zamonaviy qurilmalardir. Ular yordamida texnologik jarayonlarni masofadan boshqarish, avariylarni oldindan aniqlash hamda energiya sarfini nazorat qilish imkoniyati yaratiladi. Bunday qurilmalarning samarali ishlashi esa sifatli va uzluksiz elektr ta’minoti tizimiga bog‘liqdir.

Neft-gaz sanoatida elektr energiyasining uzilishi katta iqtisodiy zarar keltirib chiqarishi mumkin. Chunki ishlab chiqarish jarayonlarining to‘xtashi mahsulot hajmining kamayishiga, texnologik nosozliklarga va ekologik xavflarning ortishiga sabab bo‘ladi. Shu bois zamonaviy korxonalarda elektr ta’minoti tizimining ishonchliligi asosiy vazifalardan biri hisoblanadi.

Intellektual jihozlarning neft-gaz sanoatidagi o‘rni

Neft-gaz sanoatida intellektual jihozlar texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish va nazorat qilish uchun xizmat qiladi. Ushbu qurilmalarga quyidagilar kiradi:

- aqlli sensorlar;
- raqamli monitoring tizimlari;
- avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari;
- SCADA tizimlari;
- sun’iy intellekt asosidagi dasturiy vositalar;
- masofadan boshqariluvchi qurilmalar.

Aqlli sensorlar yordamida quduqlardagi bosim, harorat, gaz oqimi va boshqa parametrlar doimiy ravishda nazorat qilinadi. Olingan ma’lumotlar markaziy boshqaruv tizimiga uzatiladi va u yerda tahlil qilinadi. Natijada avariya holatlar oldindan aniqlanadi hamda ishlab chiqarish xavfsizligi oshiriladi.

SCADA tizimlari esa ishlab chiqarish jarayonlarini masofadan boshqarish imkonini beradi. Ushbu tizimlar operatorlarga real vaqt rejimida ma’lumotlarni kuzatish va kerakli qarorlarni qabul qilish imkoniyatini yaratadi.

Sun’iy intellekt texnologiyalari yordamida uskunalarning texnik holati tahlil qilinadi va nosozliklarning oldi olinadi. Bu esa korxonalarda texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytiradi hamda ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi.

Intellektual jihozlarning elektr ta’minoti tizimi

Intellektual qurilmalarning uzluksiz ishlashi elektr ta’minoti tizimining sifatiga bog‘liqdir. Neft-gaz sanoatida elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayonlarining asosiy manbasi hisoblanadi. Elektr energiyasidagi kichik uzilish ham katta texnologik muammolarni yuzaga keltirishi mumkin.

Elektr ta’minoti tizimining asosiy elementlari quyidagilar:

- transformator stansiyalari;
- elektr uzatish liniyalari;
- zaxira generatorlar;

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- akkumulyator tizimlari;
- avtomatik himoya vositalari;
- energiya monitoring tizimlari.

Transformator stansiyalari elektr energiyasini kerakli kuchlanishga moslashtiradi. Zaxira generatorlar esa asosiy tarmoqda uzilish yuzaga kelganda qurilmalarni elektr energiyasi bilan ta'minlaydi.

Avtomatik himoya tizimlari qisqa tutashuv, ortiqcha yuklama yoki kuchlanish o'zgarishlarini aniqlaydi va qurilmalarni himoya qiladi. Bu tizimlar sanoat xavfsizligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi.

Elektr energiyasining sifatini yaxshilash uchun stabilizatorlar va uzluksiz quvvat manbalari (UPS) ham qo'llaniladi. Ayniqsa, serverlar va boshqaruv markazlari uchun uzluksiz elektr ta'minoti juda muhim hisoblanadi.

Energiya samaradorligini oshirish masalalari

Bugungi kunda energiya resurslaridan oqilona foydalanish dolzarb masalalardan biridir. Neft-gaz korxonalarida elektr energiyasi sarfini kamaytirish maqsadida zamonaviy energiya tejamkor texnologiyalar joriy qilinmoqda.

Energiya samaradorligini oshirishning asosiy yo'nalishlari quyidagilar:

- energiya monitoring tizimlarini joriy etish;
- avtomatik boshqaruv tizimlarini takomillashtirish;
- zamonaviy transformatorlardan foydalanish;
- elektr yo'qotishlarini kamaytirish;
- muqobil energiya manbalaridan foydalanish.

Aqlli elektr tarmoqlari — Smart Grid texnologiyasi energiya taqsimotini avtomatik boshqarish imkonini beradi. Ushbu tizim yordamida energiya sarfi nazorat qilinadi va ortiqcha yuklamalarning oldi olinadi.

Bundan tashqari, quyosh panellari va shamol generatorlaridan foydalanish ham neft-gaz sanoatida tobora kengaymoqda. Muqobil energiya manbalari yordamida elektr energiyasi xarajatlarini kamaytirish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash mumkin.

Raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirish

Raqamli texnologiyalar neft-gaz sanoatining rivojlanishida muhim o'rin egallaydi. Zamonaviy korxonalarda IoT (Internet of Things) texnologiyasi keng qo'llanilmoqda. Ushbu texnologiya yordamida qurilmalar internet orqali o'zaro bog'lanadi va ma'lumot almashadi.

Masalan, quduqlarga o'rnatilgan sensorlar ma'lumotlarni markaziy serverga uzatadi. Sun'iy intellekt tizimi ushbu ma'lumotlarni tahlil qiladi va texnologik jarayonlarni optimallashtiradi.

Avtomatlashtirish quyidagi afzalliklarni beradi:

- inson omili ta'sirini kamaytiradi;
- avariylarni oldindan aniqlaydi;
- ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi;

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- energiya sarfini kamaytiradi;
- xavfsizlik darajasini oshiradi.

Shuningdek, raqamli texnologiyalar ekologik monitoringni ham rivojlantirish imkonini beradi. Natijada atrof-muhitga zarar yetkazuvchi omillar nazorat qilinadi.

Muammolar va ularning yechimlari

Neft-gaz sanoatida intellektual jihozlardan foydalanishda ayrim muammolar mavjud:

- elektr energiyasidagi uzilishlar;
- uskunalarning yuqori narxi;
- texnik xizmat ko‘rsatish murakkabligi;
- kiberxavfsizlik muammolari;
- malakali mutaxassislar yetishmasligi.

Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun:

- zamonaviy elektr ta‘minoti tizimlarini joriy etish;
- mutaxassislarni tayyorlash;
- kiberxavfsizlik choralari kuchaytirish;
- energiya zaxira tizimlarini yaratish;
- ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish zarur.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, neft-gaz sanoatida intellektual jihozlarning qo‘llanilishi ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, energiya resurslaridan oqilona foydalanish va xavfsizlikni ta‘minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu qurilmalarning samarali ishlashi esa zamonaviy va ishonchli elektr ta‘minoti tizimlariga bog‘liqdir.

Kelajakda sun‘iy intellekt, Smart Grid va IoT texnologiyalarining rivojlanishi neft-gaz sanoatida elektr ta‘minoti tizimlarini yanada takomillashtiradi. Energiya tejankor texnologiyalarni joriy etish esa iqtisodiy samaradorlikni oshirish bilan birga ekologik xavfsizlikni ham ta‘minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimov Q.S. Energetika asoslari. – Toshkent: O‘qituvchi, 2020.
2. Abdullayev R.X. Neft va gaz sanoati texnologiyalari. – Toshkent, 2021.
3. Xolmurodov B.A. Elektr ta‘minoti tizimlari. – Samarqand, 2019.
4. Rasulov A.A. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari. – Toshkent, 2022.
5. Smart Grid Technologies and Applications. – New York: Wiley, 2021.
6. Oil and Gas Engineering Journal, 2023.
7. Industrial Power Supply Systems. – London, 2020.
8. IoT Technologies in Industry. – Springer, 2022.

**XOMASHYO MATERIALLARINING ASOSIY XOSSALARI VA
KIMYOVIY TARKIBI**

Xodjamkulov Sahomiddin Zoirovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

Bo‘riyev Quvonchbek Nurxonovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Eshmurodov Musurmon Muhammadi o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya: Ushbu tezisda xom-ashyo materiallarining asosiy xossalari hamda ularning kimyoviy tarkibi keng qamrovda o‘rganiladi. Xom-ashyo materiallari har qanday ishlab chiqarish jarayonining muhim tarkibiy qismi hisoblanib, ularning fizik, mexanik va kimyoviy xususiyatlari tayyor mahsulot sifatini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Mazkur ishda xom-ashyolarning zichligi, mustahkamligi, issiqlikka chidamliligi, namlikka munosabati kabi fizik-mexanik xossalari hamda ularning kimyoviy tarkibidagi asosiy elementlar va birikmalar tahlil qilinadi. Shuningdek, turli sanoat tarmoqlarida qo‘llaniladigan xom-ashyolarning tarkibiy tuzilishi, ularning o‘zaro ta’siri va texnologik jarayonlarga ta’siri batafsil yoritiladi. Kimyoviy tarkibning xom-ashyo sifatiga, qayta ishlash jarayonlariga va yakuniy mahsulot xususiyatlariga ko‘rsatadigan ta’siri ilmiy asosda izohlanadi.

Kalit so‘zlar: xom-ashyo materiallari, fizik xossalar, mexanik xossalar, kimyoviy tarkib, zichlik, mustahkamlik, issiqlikka chidamlilik, namlik, sanoat jarayonlari, sifat ko‘rsatkichlari, texnologik jarayon, qayta ishlash, materialshunoslik, samaradorlik, resurslardan oqilona foydalanish.

Kirish

Hozirgi kunda sanoatning jadal rivojlanishi xom-ashyo materiallariga bo‘lgan talabning ortib borishiga olib kelmoqda. Har qanday ishlab chiqarish jarayoni bevosita xom-ashyo bilan bog‘liq bo‘lib, uning sifati va xossalari tayyor mahsulotning raqobatbardoshligini belgilovchi muhim omillardan biri hisoblanadi. Shu bois xom-ashyo materiallarining asosiy xossalari va kimyoviy tarkibini chuqur o‘rganish dolzarb ilmiy va amaliy masalalardan biridir. Xom-ashyo materiallari turli xil fizik, mexanik va kimyoviy xususiyatlarga ega bo‘lib, ular ishlab chiqarish jarayonining samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, materialning zichligi, mustahkamligi, elastikligi, issiqlikka va kimyoviy ta’sirlarga chidamliligi uning qayta ishlanishi va qo‘llanilish sohasini belgilaydi. Shu bilan birga, xom-ashyoning kimyoviy tarkibi uning texnologik xususiyatlarini aniqlab, mahsulot sifatiga sezilarli darajada ta’sir etadi.

Xomashyoning kimyoviy tarkibi va komponentlar tahlili. Har qanday xomashyo asosan foydali komponentlar va yo‘ldosh aralashmalardan tashkil topadi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Kimyoviy tarkib xomashyoning qayta ishlashga yaroqliligini va undan olinadigan mahsulot sifatini belgilaydi. Masalan, tarkibdagi asosiy oksidlar, metallar yoki organik birikmalar miqdori texnologik jarayonning harorat rejimi va reagentlar sarfini aniqlab beradi.

Fizik-mexanik xossalarning texnologik ahamiyati. Materialning zichligi, g‘ovakligi, namlik yutuvchanligi va mustahkamlik darajasi uning tashish, saqlash va maydalash kabi dastlabki ishlov jarayonlariga ta’sir qiladi. Mexanik pishiqlik xomashyoning tashqi bosimga bardoshliligini ko‘rsatsa, issiqlik sig‘imi va o‘tkazuvchanligi issiqlik ishlovi talab qilinadigan jarayonlarda asosiy parametr hisoblanadi.

Kimyoviy barqarorlik va korroziyaga chidamlilik. Xomashyoning atrof-muhit ta’siriga (kislota, ishqor, namlik) bardoshliligi muhim xossa sanaladi. Kimyoviy barqaror materiallar ishlab chiqarish uskunalarining ishlash muddatini uzaytiradi va mahsulotning kimyoviy sof bo‘lishini ta’minlaydi. Bu bosqichda material tarkibidagi elementlarning bir-biri bilan o‘zaro reaksiyaga kirishish qobiliyati ham o‘rganiladi.

Xomashyo sifatini baholash va standartlashtirish. Xomashyoning barcha xossalari umumiy davlat standartlari (GOST yoki ISO) asosida tekshiriladi. Kimyoviy tahlil va fizik sinovlar natijasida xomashyoga pasport beriladi. Bu esa ishlab chiqarishda nuqsonli mahsulotlar chiqishini oldini oladi va xomashyodan kompleks foydalanish (chiqindisiz texnologiya) imkoniyatini yaratadi.

Xulosa

Xom-ashyo materiallarining asosiy xossalari va kimyoviy tarkibi ularning sifatini, qo‘llanilish sohasini hamda ishlab chiqarish jarayonidagi samaradorligini belgilovchi muhim omillardir. Har bir materialning fizik, mexanik va kimyoviy xususiyatlari uning tarkibidagi elementlar va birikmalarga bevosita bog‘liq bo‘ladi. Shuning uchun xom-ashyoni to‘g‘ri tanlash, uning tarkibini chuqur tahlil qilish va xossalarni hisobga olish mahsulot sifatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Bundan tashqari, zamonaviy texnologiyalar yordamida xom-ashyo tarkibini optimallashtirish va uning xossalarni yaxshilash imkoniyati mavjud bo‘lib, bu esa ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Shu sababli, xom-ashyo materiallarini ilmiy asosda o‘rganish va ulardan oqilona foydalanish sanoat rivojining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Smith J., Brown L. *Introduction to Materials Science and Engineering*. – New York: McGraw-Hill, 2020.
2. Callister W.D., Rethwisch D.G. *Materials Science and Engineering: An Introduction*. 10-nashr. – Wiley, 2021.
3. Jones D. *Engineering Materials 1: An Introduction to Properties, Applications and Design*. – Elsevier, 2022.

4. Asqarov M., Yo‘ldoshev S. *Qurilish materiallari va ularning xossalari*. – Toshkent: Innovatsiya, 2023.

5. Zhang Y., Li X. *Advanced Materials and Their Applications*. – Springer, 2024.

OPTIK SHISHA: TA’RIFI, TURLARI, TARKIBI VA XOMASHYOSI

Xodjamkulov Sahomiddin Zoirovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

Ahmedov Abduvali Ismoil o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Choriyev Sherzod Baxtiyor o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Optik shisha zamonaviy fotonika, aniq asbobsozlik va lazer tizimlarining tayanch materiali bo‘lib, uning funksional samaradorligi tarkib–xossa–texnologiya uyg‘unligiga bog‘liq. Ushbu tezisda kron, flint, borosilikat va kvarts optik shishalar sinish ko‘rsatkichi, dispersiya, tiniqlik hamda termik barqarorlik bo‘yicha qiyosiy tahlil qilindi. Natijada xomashyo tozaligi, eritish rejimi va oksid modifikatorlari optik bir jinslilikni belgilovchi asosiy omillar ekanligi asoslandi.

Kalit so‘zlar: optik shisha, sinish ko‘rsatkichi, dispersiya, kron, flint, borosilikat, kvarts, xomashyo.

Optik shisha zamonaviy texnologiyada linza, prizma, filtr, interferometrik element, lazer oynasi va tolali-optik tizimlar uchun bazaviy konstruksion muhit hisoblanadi. Yuqori aniqlikdagi qurilmalarda material faqat shaffof bo‘lishi emas, balki hajm bo‘ylab optik jihatdan bir jinsli, ichki kuchlanishlari past, pufakcha va kristall inkluziyalardan deyarli xoli bo‘lishi talab etiladi. Shuning uchun optik shisha ishlab chiqarish oddiy texnik shisha eritishdan ko‘ra ancha murakkab bo‘lib, tarkibiy nazorat, rafinatsiya va tavlashning yuqori aniqligini talab qiladi.[1-2]

Optik shisha - bu yorug‘likning o‘tishi va sinishini oldindan belgilangan parametrlarda boshqarishga mo‘ljallangan, rangsiz yoki maxsus spektral xossalarga ega, ko‘p komponentli noorganik shishadir. U oddiy texnik shishadan yuqori yorug‘lik o‘tkazuvchanligi, aniq normallangan sinish ko‘rsatkichi, past optik nuqsonlilik va barqaror dispersiya xossalari bilan farq qiladi. Sinish ko‘rsatkichi $n = c / v$ formula bilan ifodalanadi, bunda n — sinish ko‘rsatkichi, c — vakuumdagi yorug‘lik tezligi, v — shishadagi yorug‘lik tezligi. Yorug‘lik o‘tkazuvchanligi $T = I / I_0 \times 100\%$ ko‘rinishida baholanadi; bu yerda I — o‘tgan nurlanish intensivligi, I_0 — tushayotgan nurlanish intensivligi. Demak, optik shishaning fizik mohiyati yorug‘lik faza tezligi va spektral yutilishini tarkib orqali boshqarishdan iborat.[3-5]

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Amaliy optikada kron, flint, borosilikat va kvarts optik shishalar eng muhim sinflarni tashkil etadi. Ular tarkib, sinish ko‘rsatkichi va ishlash muhiti bo‘yicha sezilarli farqlanadi; 1-jadvalda ularning taqqosiy tavsifi keltirilgan.

1-jadval

Turli optik shisha turlarining taqqosiy tavsifi

Turi	Asosiy tarkib	nD (odatda)	Qo‘llanish sohasi	Afzalligi
Kron	SiO ₂ –Na ₂ O/K ₂ O– CaO, qisman Al ₂ O ₃	1,50–1,54	Obyektivlar, prizmalar, umumiy optika	Past dispersiya, yaxshi rang korreksiyasi
Flint	SiO ₂ –PbO (yoki BaO)–K ₂ O/Na ₂ O	1,60–1,75	Achromat juftliklar, yuqori n li elementlar	Yuqori sinish ko‘rsatkichi
Borosili kat	SiO ₂ –B ₂ O ₃ – Al ₂ O ₃ –Na ₂ O/K ₂ O	1,47–1,53	Lazer optikasi, laborator optika, filtrlash	Yuqori termik va kimyoviy barqarorlik
Kvarts	≥99,9% SiO ₂	≈1,458	UV-optika, spektrometriya, tolali optika	Keng spektral o‘tkazuvchanlik, minimal termik kengayish

Optik shishaning asosiy kimyoviy karkasi SiO₂ hisoblanadi; u shaffoflik, strukturaviy uzluksizlik va kimyoviy chidamlilikni ta’minlaydi. B₂O₃ eritma viskozligini pasaytirib, termik kengayishni kamaytiradi va issiqlik zarbasiga bardoshlilikni oshiradi. PbO va ayrim hollarda BaO kabi og‘ir oksidlar elektron bulutning qutblanuvchanligini kuchaytirib, sinish ko‘rsatkichini oshiradi, biroq zichlik va dispersiyani ham ko‘paytiradi. Na₂O hamda K₂O eritish haroratini pasaytiruvchi oqimlovchi komponentlar bo‘lib, texnologik qulaylik beradi, lekin ortiqcha miqdorda kiritilsa kimyoviy va termik barqarorlikni pasaytiradi. Al₂O₃ esa tarmoqni mustahkamlab, devitrifikatsiya xavfini kamaytiradi va mexanik chidamlilikni yaxshilaydi. Shu sababli kvarts qumi, soda, potash, bor minerallari va qo‘rg‘oshin birikmalarining tozaligi optik sifatning birlamchi sharti sanaladi.

Tarkibning sinish ko‘rsatkichiga ta’siri birinchi navbatda ionlarning qutblanuvchanligi bilan tushuntiriladi: og‘ir kationlar ko‘paygani sayin n ortadi. Grafik tavsif sifatida shuni ta’kidlash zarur: “Qo‘rg‘oshin oksidi miqdori ortishi bilan optik shishaning sinish ko‘rsatkichi ortadi”. Biroq bu jarayon odatda dispersiyaning kuchayishi va rangli aberrasiyalar xavfining ortishi bilan birga kechadi. Dispersiyani baholash uchun Abbe soni $V = (n_D - 1) / (n_F - n_C)$ ifodasi qo‘llanadi; bu yerda n_D, n_F, n_C — Fraungoferning D, F va C chiziqlaridagi sinish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

ko‘rsatkichlari. V katta bo‘lsa, dispersiya kichik bo‘ladi; shu sabab kron shishalar past dispersiyali, flint shishalar esa yuqori dispersiyali muhit sifatida optik juftliklarda qo‘llanadi. Oqartalik va tiniqlik esa Fe, Cr, Ni, Cu kabi mikroifloslanishlar hamda pufakchalar miqdori bilan belgilanadi: ularning oshishi yorug‘lik yutilishini ko‘paytirib, ayniqsa qisqa to‘lqinli sohada uzatishni pasaytiradi.

Termik barqarorlik optik elementning ekspluatatsion ishonchliligini belgilaydi. Borosilikat va ayniqsa kvarts shishalar past termik kengayish koeffitsienti sababli lazer optikasi, spektrometriya va yuqori haroratli sensorlarda ustunlik qiladi. Flint turidagi qo‘rg‘oshinli shishalar yuqori n qiymatini bersa-da, ularning issiqlik va kimyoviy turg‘unligi odatda pastroq bo‘ladi. Shu jihatdan material tanlashda faqat optik doimiylik emas, balki mexanik mustahkamlik, termik zarba bardoshliligi va texnologik ishlov berish qulayligi ham birgalikda hisobga olinishi lozim.

Zamonaviy optik materiallar bilan taqqoslaganda, klassik silikat optik shishalar ishlab chiqarishning masshtablanishi, narx-sifat nisbati va yuqori optik bir jinsilligi bilan afzal. CaF_2 kabi kristallar past dispersiya va keng UV-o‘tkazuvchanlik beradi, biroq mo‘rtligi va ishlov berish murakkabligi ularni cheklaydi. Safir yuqori qattqlik va termik chidamlilikka ega, lekin kristall anizotropiya tufayli barcha aniq optik sxemalar uchun maqbul emas. Optik polimerlar engil va arzon, ammo issiqlik, sirt qattqligi va uzoq muddatli stabillik bo‘yicha shishadan ortda qoladi. Xalkogenid shishalar o‘rta IK diapazonida ustun, biroq ko‘rinuvchi sohada va kimyoviy barqarorlikda silikat optik shishaning universal o‘rnini bosa olmaydi.

Bugungi texnologik tendensiyalar yuqori tozalikdagi xom ashyo, vakuumli yoki nazorat qilinuvchi atmosferali eritish, kompyuterlashtirilgan tavlash va nano-optik modifikatsiyalar bilan bog‘liq. Lazer optikasi uchun OH-guruhi va metall izlari minimal bo‘lgan maxsus kvarts hamda borosilikat shishalar ishlab chiqilmoqda. Optimallashtirishning asosiy yo‘nalishlari — optik tiniqlikni oshirish, gaz pufakchalarini rafinatsiya orqali kamaytirish, eritish pechlarida energiya sarfini pasaytirish va kimyoviy barqarorlikni Al_2O_3 hamda B_2O_3 muvozanati orqali kuchaytirishdan iborat. Bu yondashuvlar yuqori aniqlikdagi optik detallarni ishlab chiqarishda chiqindi ulushini kamaytiradi va sifatning takrorlanuvchanligini oshiradi.

Xulosa qilib aytganda, ko‘rinuvchi diapazon uchun kron–flint juftligi hanuz samarali optik konstruktorlik bazasi bo‘lib qolmoqda, yuqori termik va spektral barqarorlik talab etilganda esa kvarts va borosilikat shishalar eng maqbul yechimdir. Demak, optik shishaning funksional sifati tarkib, xomashyo tozaligi va eritish-tavlash texnologiyasining uzviy bog‘liqligi bilan belgilanadi. Kelajakda qo‘rg‘oshinsiz yuqori n li kompozitsiyalar, nanoqo‘shimchali shishalar va energiya tejamkor eritish usullari optik materialshunoslikning ustuvor yo‘nalishlari bo‘lib qoladi.

Adabiyotlar

1. A.A. Ismatov. Keramika buyumlari va shisha texnologiyasi asoslari. – Toshkent: “Ilm-Ziyo”, 2006.
2. A.A. Ismatov. Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar texnologiyasi. – Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2006.
3. J.I. Alimjonova, A.A. Ismatov. Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar fizik kimyosi. – Toshkent: “O‘qituvchi”, 2009.
4. M.N. Usupova, A.A. Ismatov. Keramika va olovbardosh materiallar texnologiyasi. – Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2011.
5. M.X. Aripova, Z.A. Babaxanova. Silikat materiallar texnologiyasining nazariy asoslari. – Toshkent, 2022.

**QURITISH JARAYONLARI VA QURITGICHLARNING
TEXNOLOGIK SAMARADORLIGI**

Xoliyorova O‘g‘iloy Jumanazarovna

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti assistenti

To‘rayeva Fotima Musurmon qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Toshtemirova O‘g‘iloy Nuriddin qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu tezisda quritish jarayonlarining sanoat korxonalarida tutgan o‘rni, issiqlik va massa almashinish mexanizmlari hamda turli xil quritgichlarning texnologik samaradorligi tahlil qilingan. Energiya iste‘molini optimallashtirish maqsadida quritish tezligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar matematik modellar va taqqoslama jadval asosida baholangan. Tadqiqot natijalari vakuum va kontaktli quritgichlar energiya tejamkorligi bo‘yicha ustunligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: quritish, massa almashinish, issiqlik o‘tkazish, texnologik samaradorlik, energiya tejamkorligi, konveksiya, namlik.

Quritish jarayoni oziq-ovqat, kimyo, farmatsevtika va qurilish sanoatlarida materiallardan ortiqcha namlikni chiqarib tashlash orqali mahsulot sifatini ta’minlovchi eng muhim texnologik operatsiyalardan biridir. Dunyo miqyosida sanoat korxonalarining umumiy energiya iste‘molining 10–15 foizi quritish jarayonlariga sarflanadi [1], bu esa mazkur sohadagi ilmiy tadqiqotlarning dolzarbligini belgilaydi. Namlikni boshqarish nafaqat mahsulot sifatiga, balki saqlash muddati, mikrobial barqarorlik va transport xarajatlariga ham bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu bois, texnologik samaradorlikni oshirish va energiya iste‘molini

optimallashtirish muammosi hal etilishi zarur bo‘lgan asosiy ilmiy muammo sifatida qaraladi.

Quritish jarayonining fizik-kimyoviy asosi issiqlik va massa almashinish qonunlariga tayanadi. Material yuzasidan suv bug‘lanishi ikki bosqichda kechadi: dastlab doimiy tezlik davri — quritgich agenti bilan material yuzasi o‘rtasidagi harorat va konsentratsiya gradienti maksimal bo‘lgan holat; so‘ngra kamayuvchi tezlik davri boshlanadi, bunda materialning ichki diffuziyasi chegaralovchi omil bo‘lib qoladi. Bu bosqich moddaning kapillyar tuzilishi, zarrachalar o‘lchami va termodinamik xossalariga bog‘liq. Tashqi diffuziya (bug‘lanish yuzasidan havo oqimiga o‘tish) va ichki diffuziya (namlikning material ichida harakatlanishi) jarayonlari birgalikda quritish kinetikasini belgilaydi.

Quritish tezligi quyidagi differensial tenglama bilan ifodalanadi:

$$N = - dW / d\tau,$$

bu yerda: N — quritish tezligi ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$); W — materialning joriy namlik miqdori (kg/kg); τ — vaqt (s). Ushbu tenglama quritish jarayonining har qanday bosqichida namlik o‘zgarish tezligini miqdoriy baholash imkonini beradi.

Materialning namligi (quruq massaga nisbatan) quyidagicha aniqlanadi:

$$W = (m_{\text{nam}} - m_{\text{quruq}}) / m_{\text{quruq}}$$

bu yerda: m_{nam} — namlik holat og‘irligi (kg); m_{quruq} — quruq moddaning og‘irligi (kg). Bu ko‘rsatkich texnologik reglamentlarda nazorat parametri sifatida qo‘llaniladi.

Quritish kinetikasi grafigi tahlili shuni ko‘rsatadiki: quritish tezligi boshlang‘ich bosqichda yuqori bo‘lib, kritik namlik nuqtasidan keyin keskin pasayadi. Dastlabki doimiy tezlik davri materialning erkin namligi bug‘lanishi bilan bog‘liq bo‘lib, bu bosqichda harorat va havo tezligi hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Kritik namlik W_{kr} dan so‘ng esa jarayon ichki diffuziya bilan boshqariladi va haroratni oshirish energiya tejash o‘rniga mahsulot sifatini buzishi mumkin. Bu xususiyat optimal quritish rejimini loyihalashda asosiy hisobga olinishi kerak bo‘lgan holat hisoblanadi.

Turli xil quritgichlar tahlili ulardagi issiqlik uzatish mexanizmining farqiga asoslanadi. Konvektiv quritgichlar issiq havo yoki gaz oqimi orqali issiqlik uzatadi; ular tuzilishi sodda va narxi past, lekin issiqlik samaradorligi 50–70% bilan cheklanadi, namlikka sezgir bo‘lmagan donli va mineral materiallar uchun qulay. Kontaktli quritgichlar issiq yuzaga to‘g‘ridan-to‘g‘ri tegish orqali isitadi; samaradorligi 70–85% bo‘lib, pasta va plastik massalar uchun mos, ammo yopishqoq materiallarda yuzaga yopishish muammosi kuzatiladi. Purkagichli (spray) quritgichlar suyuq mahsulotni mayda tomchilarga parchalab, katta yuzani bir zumda quritadi; farmatsevtika va sut sanoatida keng qo‘llaniladi, lekin energiya sarfi yuqori (4000–6000 kJ/kg). Vakuum quritgichlar past bosimda past haroratlarda quritish imkonini beradi; issiqlikka sezgir materiallar (vitaminlar, fermentlar) uchun

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

eng mos keladi va eng yuqori issiqlik samaradorligini (80–92%) ta’minlaydi, lekin kapital xarajatlar yuqori.

1-jadval

Quritgich turlarining qiyosiy tahlili

Quritgich turi	Issiqlik samaradorligi, %	Energiya sarfi, kJ/kg	Qo‘llanish sohasi
Konvektiv	50–70	3500–5000	Donli mahsulotlar, qo‘shimchalar
Kontaktli	70–85	2000–3500	Plastik massa, pasta, qog‘oz
Purkagichli (spray)	40–60	4000–6000	Sut kukuni, farmatsevtika
Vakuum	80–92	1500–2800	Issiqlikka sezgir materiallar

Quritish jarayonini optimallashtirish bir necha yo‘nalishni qamrab oladi. Birinchidan, harorat rejimini bosqichma-bosqich o‘zgartirish (programmali quritish) yordamida doimiy tezlik davrida haroratni maksimallashtirib, kamayuvchi tezlik davrida pasaytirish mumkin - bu mahsulot sifatini saqlagan holda 20–30% energiya tejashga imkon beradi [3]. Ikkinchidan, issiqlik regeneratsiyasi tizimlarini joriy etish chiqindi haroratini qaytarishni ta’minlaydi. Uchinchidan, namlik sensori va avtomatik nazorat tizimlari bilan jihozlangan zamonaviy quritgichlarda materialning joriy holati real vaqtda kuzatiladi va rejim dinamik moslashtiriladi [5]. Innovatsion yechimlar sifatida mikroto‘lqinli gibril va infraqizil quritgichlar istiqbolli hisoblanadi.

Quritish jarayonlarining texnologik samaradorligi quritgich turiga, texnologik rejimga va materialning fizik-kimyoviy xossalariga bog‘liq holda sezilarli darajada farqlanadi. Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, issiqlikka sezgir mahsulotlar uchun vakuum quritgichlar, ommaviy qattiq materiallar uchun konvektiv, yuqori yopishqoqlikdagi massalar uchun kontaktli, suyuq mahsulotlar uchun esa purkagichli quritgichlar optimal hisoblanadi. Optimal quritish rejimini tanlash va jarayonni avtomatlashtirish orqali energiya iste’molini 25–40% kamaytirish va mahsulot sifatini belgilangan standartlar doirasida saqlash mumkin.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Romankov P.G., Rashkovskaya N.B. — Quritish jarayonlari. — Toshkent: Fan nashriyoti, 2021. — 312 b.
2. Kasimov A.M., Yo‘ldoshev B.T. — Kimyo sanoatida issiqlik almashinish qurilmalari. — Toshkent: ToshKTI, 2022. — 256 b.

3. Маслов Н.А., Белобородов В.И. — Процессы сушки в химической промышленности. — М.: Химия, 2023. — 198 с.
4. Mujumdar A.S. — Handbook of Industrial Drying. 5th ed. — CRC Press, 2022. — 1280 p.
5. Kemp I.C., Oakley D.E. — Modelling and Scale-Up of Dryers // Drying Technology. — 2023. — Vol. 41, No. 2. — P. 145–162.

MATERIALLARNI QURITISH JARAYONLARI

Xoliyorova O‘g‘iloy Jumanazarovna

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti assistenti

Bo‘riyev Quvonchbek Nurxonovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Habibullayev Abduvohid Choriboy o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya: Mazkur ishda quritish jarayonlarining nazariy asoslari, ularning sanoat va qishloq xo‘jaligidagi ahamiyati hamda qo‘llaniladigan quritkichlarning turlari va ishlash prinsiplari yoritilgan. Quritish jarayoni moddalar tarkibidagi namlikni yo‘qotish orqali mahsulot sifatini saqlash, uning saqlanish muddatini uzaytirish va tashish qulayligini ta‘minlashda muhim o‘rin tutadi. Ishda issiqlik va massa almashinuvi asosida kechadigan quritish jarayonlari tahlil qilinib, turli konstruksiyadagi quritkichlar – konvektiv, kontaktli, vakuumli va boshqa qurilmalar haqida ma‘lumot berilgan. Shuningdek, zamonaviy quritish texnologiyalarining samaradorligi va energiya tejamkorligi masalalari ham ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: quritish jarayoni, namlik, issiqlik almashinuvi, massa almashinuvi, quritkichlar, konvektiv quritish, kontaktli quritish, vakuumli quritish, quritish texnologiyasi, energiya tejamkorlik.

Kirish

Zamonaviy sanoat va qishloq xo‘jaligining jadal rivojlanishi mahsulotlarni qayta ishlash va saqlash texnologiyalarini doimiy ravishda takomillashtirishni talab etadi. Ushbu texnologik jarayonlar orasida mahsulot sifatini ta‘minlovchi va uning tannarxini belgilovchi eng muhim bosqichlardan biri - **quritish jarayonidir**. Quritish jarayoni o‘z mohiyatiga ko‘ra murakkab issiqlik va massa almashinuvi hodisasi bo‘lib, u material tarkibidagi namlikni bug‘latish orqali ajratib olishga asoslangan. Bugungi kunda ushbu jarayon nafaqat mahsulotning saqlash muddatini uzaytirish (konservalash), balki uni tashish uchun qulay vaznga keltirish va keyingi texnologik qayta ishlashga tayyorlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

1. Quritish jarayonining fizik-kimyoviy asoslari. Quritish — bu issiqlik va massa almashinuvining o‘zaro bog‘liq jarayonidir. Material tarkibidagi namlik

tashqi muhitga (havo yoki gaz) bug‘ ko‘rinishida ajralib chiqadi. Jarayonning tezligi materialning namlik o‘tkazuvchanligi, sirt yuzasi va qurituvchi agentning (issiq havo) harorati hamda harakat tezligiga bog‘liq.

2. Quritkichlarning tasnifi va konstruksiyalari. Sanoatda materialning holatiga qarab quyidagi asosiy quritkich turlaridan foydalaniladi:

Kontaktli quritkichlar. Mahsulot qizdirilgan yuzaga tegib turishi orqali (valikli, vakuumli): Past bosim (vakuum) sharoitida materiallar tarkibidagi namlikni bug‘latish orqali quritadigan maxsus uskunalarga vakumli quritgichlar deyiladi.

Maxsus quritkichlar: Infraqizil nurlar, mikroto‘lqinli va sublimatsion (muzlatib quritish) qurilmalar.

3. Energiya tejamkorligi va texnologik samaradorlik. Hozirgi vaqtda quritish jarayonlarida energiya sarfini kamaytirish eng dolzarb masala hisoblanadi. Buning uchun: Issiqlikni qayta ishlatish (relyuperatsiya) tizimlarini joriy etish; Quritish jarayonini avtomatlashtirilgan datchiklar orqali boshqarish; Gibrid (masalan, konvektiv + infraqizil) quritish usullaridan foydalanish tavsiya etiladi.

4. Quritish jarayonlarini avtomatlashtirish va innovatsion yondashuvlar. Zamonaviy quritish texnologiyalarining samaradorligini oshirishda jarayonni avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari (ABT) orqali nazorat qilish hal qiluvchi ahamiyatga ega. Bu quyidagi imkoniyatlarni beradi:

- *Datchiklar nazorati:* Quritkich ichidagi namlik va harorat ko‘rsatkichlarini real vaqt rejimida nazorat qiluvchi datchiklarni o‘rnatish orqali mahsulotning ortiqcha qizib ketishi yoki chala qurishining oldi olinadi.

- *Gibrid texnologiyalar:* Bir vaqtning o‘zida ham konvektiv (issiq havo), ham infraqizil nurlanish usullarini qo‘llash quritish vaqtini 30-40% ga qisqartirishga xizmat qiladi.

- *Energiya rekuperatsiyasi:* Chiqindi issiq havoni qayta aylantirish tizimlarini joriy etish orqali yoqilg‘i va elektr energiyasi sarfini sezilarli darajada tejashga erishiladi.

- *Sifat nazorati:* Jarayonni dasturiy ta‘minot (masalan, PLC kontrollerlar) orqali boshqarish har bir turdagi mahsulot (don, meva yoki kimyoviy modda) uchun individual quritish algoritmini yaratish imkonini beradi.



1-rasm. Vakuumli filtr.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Quritish jarayonlari sanoat va qishloq xo‘jaligida muhim texnologik bosqich hisoblanadi. Ushbu jarayon mahsulot tarkibidagi ortiqcha namlikni kamaytirish orqali uning saqlanish muddatini uzaytiradi, sifatini yaxshilaydi va tashish hamda qayta ishlashni osonlashtiradi. Quritkichlar esa bu jarayonni samarali, tez va nazorat ostida amalga oshirish imkonini beruvchi asosiy qurilmalardir. Zamonaviy quritkichlardan foydalanish energiya tejamkorligini ta‘minlab, mahsulot sifatini yuqori darajada saqlashga xizmat qiladi. Shunday qilib, quritish texnologiyalarini to‘g‘ri tanlash va qo‘llash ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar:

- 1.Safayev A.A. Oziq-ovqat texnologiyasida quritish jarayonlarini optimallashtirish Monografiya.-Namangan “NamMTI”, 2020.-142 bet.
- 2.Dautov A.L., et al.Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish texnologiyalari va jihozlash. Toshkent: “Innovatsiya- Ziyo”, 2021.-156 bet.
- 3.Xudayberdiyev A.S. Sanoat quritish qurilmalari va ularning issiqlik hisoblari. O‘quv qo‘llanma.- Toshkent: “Fan va texnologiya” , 2022.-180 bet.
- 4.Mujumdar A.S. Handbook of Industrial Drying. 5 th Edition.-CRC Press, 2023. (Sanoat quritish bo‘yicha dunyodagi asosiy qo‘llanmalardan biri).
- 5.Ergashev S.S Vakuunli sublimatsion quritish jarayonlarining fizik-mexanik asoslari.- Farg‘ona: “Poligraf –Servis” , 2024.-140 bet.

SILIKAT SANOATIDA KREMNEZEMLI, KARBONATLI VA GLINAZIMLI XOM ASHYOLARNI TAYYORLASH TEXNOLOGIK TIZIMLARI

Xujamberdiyev Sherzod Musurmonqulovich

Termiz davlat muhandislik va agroteknologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi

Abduraimova Laziza Nazirbek qizi

Termiz davlat muhandislik va agroteknologiyalar universiteti talabasi

Abdusattorov Samandar Eshmirza o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agroteknologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu tezisdan silikat sanoatining uchta asosiy xom ashyo turi - kremnezemli (SiO_2), karbonatli (CaCO_3 , MgCO_3) va glinazimli (Al_2O_3) materiallarning fizik-kimyoviy xossalari hamda ularni sanoat miqyosida tayyorlashning texnologik tizimlari tahlil qilingan. Maydalash, elash, quritish va homogenlash bosqichlarining parametrlarini optimallashtirish xom ashyo sifatini belgilovchi asosiy omil ekanligi ko‘rsatilgan. Zamonaviy innovatsion texnologiyalar - yuqori intensivlikdagi maydalagichlar, energiya tejamkor quritgichlar va

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

avtomatlashtirilgan saralash tizimlari — ishlab chiqarish samaradorligini 20–35% oshirish imkonini berishi aniqlangan. Tahlil natijalari silikat materiallar ishlab chiqarishda xom ashyo tayyorlash texnologiyalarini takomillashtirishning ilmiy asosini tashkil etadi.

Kalit so‘zlar silikat sanoati, kremnezemli xom ashyo, karbonatli xom ashyo, glinazim, maydalash, homogenlash, innovatsion texnologiya.

Silikat sanoati — shisha, keramika, sement va ohak ishlab chiqarishni o‘z ichiga olgan yirik industrial tarmoq bo‘lib, jahon sanoatining 8–12% ni tashkil etadi. Ushbu tarmoqning texnologik asosini uch turdagi mineralogik xom ashyo tashkil etadi: kremnezemli ($\text{SiO}_2 > 95\%$), karbonatli (CaCO_3 , MgCO_3) va glinazimli ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) materiallar. Har bir xom ashyo turi yakuniy mahsulotning kimyoviy tarkibi, mexanik mustahkamligi va issiqbardoshligini bevosita belgilaydi.

Xom ashyolarni to‘g‘ri tayyorlash — kerakli zarracha o‘lchami, namligi va kimyoviy sofliqi — sanoat texnologik jarayonining samaradorligini 30–40% gacha oshirishi isbotlangan. O‘zbekiston Surxondaryo viloyatida kaolinit, ohaktosh va kvarts qumi zahiralari mavjud bo‘lganligi mintaqaviy silikat sanoatini rivojlantirish uchun ilmiy-texnologik tadqiqotlarni dolzarb qiladi.

Kremnezemli xom ashyo — kvarts qumi ($\text{SiO}_2 \geq 98\%$), kvarsit va diatomit — shisha sanoatining bosh komponentidir. Kvarts kristall panjarasi tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ tuzilishga ega; erish nuqtasi $T_m = 1713^\circ\text{C}$. Sanoat talabiga ko‘ra kvarts qumining Fe_2O_3 tarkibi $\leq 0,03\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 0,5\%$ bo‘lishi shart. Zarracha o‘lchami shisha suyuqlanishida SiO_2 ning erish tezligini bevosita boshqaradi: $d_{90} = 200\text{--}400\ \mu\text{m}$ optimaldir. Kremnezemli xom ashyoni boyitish uchun flyuid-bed separatsiya va magnit separatsiya usullari qo‘llaniladi.

Ohaktosh (CaCO_3 , zichlik $\rho = 2,6\text{--}2,8\ \text{g/sm}^3$) va dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) sement va ohak sanoatining asosiy xom ashyosidir. CaCO_3 ning issiqlik parchalanishi (kalsinatsiya) reaksiyasi: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$, $\Delta H = +178\ \text{kJ/mol}$. Bu endotermik reaksiya $T = 850\text{--}950^\circ\text{C}$ da boshlanadi va pech texnologiyasini belgilaydi. Sementda $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ nisbatining gidravlik moduli $\text{HM} = 1,7\text{--}2,4$ oralig‘ida bo‘lishi talab etiladi. Karbonat zichligi va CaCO_3 tarkibi ($\geq 95\%$) maydalash energiya sarfini to‘g‘ridan-to‘g‘ri belgilaydi.

Kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), illit va montmorillonitdan tashkil topgan gil materiallari keramika va shomot g‘ishtining asosiy komponentidir. Kaolinitning degidroksillash reaksiyasi $T = 450\text{--}600^\circ\text{C}$ da sodir bo‘ladi: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \rightarrow \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 + 2\text{H}_2\text{O}$. Mullitlashish esa $T = 950\text{--}1050^\circ\text{C}$ da kechadi: $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \rightarrow 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (mullit). Al_2O_3 miqdori ($\geq 35\%$) va plastiklik indeksi ($\text{PI} = 7\text{--}25$) amaliy sifat ko‘rsatkichlari hisoblanadi. Surxondaryo kaolinitlari $\text{Al}_2\text{O}_3 = 32\text{--}38\%$ ko‘rsatkichi bilan sanoat standartlariga mos keladi.

Maydalash va tortish. Birlamchi maydalash jag‘li maydalagichlarda (jaw crusher, nisbat 1:4–1:6) amalga oshiriladi. Ikkilamchi va uchinchi maydalash uchun konus (cone crusher) yoki valtsoviy maydalagichlar qo‘llaniladi. So‘nggi bosqichda sharik tegirmonlari (ball mill) yoki vertikal rolik tegirmonlari (VRM) yordamida $d_{90} \leq 80 \mu\text{m}$ bo‘lguncha maydalanadi. Bond formulasi bo‘icha maydalashga sarflangan energiya: $W = W_i \cdot (10/\sqrt{d_p} - 10/\sqrt{d_f})$, bu yerda W_i — Bond ish indeksi (kWh/t).

Elash va saralash. Vibratsion elaklar (vibrating screen, og‘ish burchagi 15–25°) orqali zarrachalar $d = 0,063\text{--}25 \text{ mm}$ diapazonda fraksiyalarga ajratiladi. Zamonaviy amaliyotda lazer diffraktsion analizatorlar (Malvern Mastersizer) va optik saralash tizimlari (optical sorter) zarracha taqsimotini real vaqtda nazorat qiladi.

Quritish. Xom ashyo namligi $W \leq 1,5\%$ ga tushirilishi sintering jarayonida bug‘ portlashi (steam explosion) xavfini bartaraf etadi. Aylanuvchi barabanli quritgichlar (rotary dryer, $T = 200\text{--}350^\circ\text{C}$) an‘anaviy texnologiyada qo‘llaniladi. Energiya tejash maqsadida fluidlashtirilgan qatlam quritgichlari (fluidized-bed dryer) va infrakizil nurlanish quritgichlar joriy etilmoqda; ular issiqlik sarfini 25–30% kamaytiradi.

Aralashtirish va homogenlash. Ko‘p komponentli silikat aralashmalarini (masalan, shisha parchasi) homogenlash uchun intensiv mikserlar (Eirich, Lodige) qo‘llaniladi. Aralashmaning xemiyaviy bir jinsliligi $\sigma(\text{CaO}) \leq 0,5\%$ va $\sigma(\text{SiO}_2) \leq 0,3\%$ bo‘lishi talab etiladi. Rentgen-flyuoressent (XRF) analizatorlar inline rejimda tarkibni monitoring qilish imkonini beradi.

Zamonaviy silikat zavodlarida Industry 4.0 kontseptsiyasiga asoslangan avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari (SCADA/DCS) joriy etilmoqda. HPGR (High Pressure Grinding Roll) texnologiyasi an‘anaviy sharik tegirmoniga nisbatan energiya sarfini 30–40% qisqartiradi. AI-asosli prediktsion boshqaruv algoritmlari maydalagich yuklanishini real vaqtda optimallashtirib, mahsulot sifati dispersiyasini $\pm 2\%$ ichida ushlab turadi.

Kvarts qumi uchun Fe_2O_3 tarkibini 0,05% dan 0,02% ga kamaytirish shisha rangsizlik indeksini (optical transmittance) 12% ga oshiradi. Ohaktosh uchun $\text{CaCO}_3 \geq 96\%$ va $\text{MgO} \leq 1,5\%$ ko‘rsatkichlari sement klinkerining mustahkamligi $\sigma = 45\text{--}52 \text{ MPa}$ ni ta‘minlaydi. Kaolinit uchun $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 = 0,85\text{--}0,90$ nisbati keramika buyumlarining og‘ish chidamligini 18–22% ga oshirishi eksperimental tarzda tasdiqlangan.

Energiya tahlili shuni ko‘rsatadiki, xom ashyo tayyorlash jarayoni umumiy sanoat energiyasining 35–45% ni tashkil etadi. VRM texnologiyasini sharik tegirmoniga almashtirish 1 tonna mahsulot uchun energiya sarfini 18–22 kWh ga kamaytiradi. Quritish bosqichida issiqlik rekuperatsiyasi tizimini qo‘llab, chiqindiqazon gazlar issiqligidan foydalanish energiya tejamkorligini 15% ga oshiradi.

Ushbu tadqiqot natijasida quyidagilar aniqlandi: kremnezemli, karbonatli va glinazimli xom ashyolarning fizik-kimyoviy xossalari texnologik tayyorlash parametrlarini individual belgilashni talab etadi. Maydalash — $d_{90} \leq 80 \mu\text{m}$, quritish — $W \leq 1,5\%$, homogenlash — $\sigma \leq 0,5\%$ standart texnologik meʼyorlar sifatida tavsiya etiladi. Innovatsion HPGR, fluidlashtirilgan qatlam quritgichlari va inline XRF nazorati tizimlarini joriy etish sanoat samaradorligini 20–35% oshirish va energiya sarfini 25–30% kamaytirish imkonini beradi.

Silikat sanoatining istiqbolli yoʻnalishi — raqamli egizak (digital twin) texnologiyasi asosida xom ashyo tayyorlash liniyasini virtuellashtirish va nano-oʻlchamdagi SiO_2 hamda Al_2O_3 komponentlarini qoʻllab yangi avlod silikat materiallarini yaratishdan iborat. Oʻzbekistonda mavjud xom ashyo zahiralaridan foydalangan holda raqobatbardosh silikat sanoatini rivojlantirish uchun zarur ilmiy-texnologik zamin mavjud.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Budnikov P.P., Balkevich V.L. Texnicheskaya keramika. — Moskva: Stroyizdat, 2021. — 490 s.
2. Serry M.A., Nasr M.I. Advanced Silicate Technology: Raw Material Processing and Quality Control. — Elsevier, 2022. — 612 p.
3. Toshmatov E.N., Yusupov N.X. Oʻzbekiston silikat sanoati: xom ashyo bazasi va texnologik istiqbollar. — Toshkent: Fan, 2023. — 280 b.
4. Duda W.H. Cement Data Book: International Process Engineering in the Cement Industry. 4th ed. — Bauverlag, 2022. — 680 p.
5. Shaymardanova M.A. Silikat materiallar ishlab chiqarishda innovatsion texnologiyalar. — Termiz: TDMAU nashriyoti, 2023. — 190 b.

CHINNI - FAYANS BUYUMLARNI QURITISH

Xujamberdiyev Sherzod Musurmonqulovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta oʻqituvchisi

Toʻrayeva Fotima Musurmon qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Toshtemirova Oʻgʻiloy Nuriddin qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya: ushbu maqolada chinni-fayans buyumlarini quritish jarayoni batafsil tahlil qilinadi. Quritish buyumning sifatini, shaklini va keyingi pishirish jarayonidagi chidamliligini belgilovchi muhim bosqich sifatida koʻrib chiqiladi. Jarayonda namlikni yoʻqotish, havo harorati va oqimi nazorati, buyum qalinligi va shakliga moslash, shuningdek, deformatsiya va yoriqlarning oldini olish masalalari yoritiladi. Quritish jarayoni chinni-fayans buyumlarining mexanik mustahkamligi,

estetik ko‘rinishi va sirt sifatini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega ekanligi qayd etilgan.

Kalit so‘zlar: chinni-fayans, buyum, quritish, namlik nazorati, havo harorati, deformatsiya, biskvit, sifat nazorati

Chinni va fayans buyumlarini ishlab chiqarishda quritish jarayoni ularning sifatini, shaklini va keyingi pishirish jarayonidagi chidamliligini belgilovchi eng muhim bosqichlardan biridir. Quritishning asosiy maqsadi buyum yuzasidagi ortiqcha namlikni kamaytirish va sirt hamda ichki qatlamlarning teng darajada quruqligini ta’minlashdir. Quritish jarayonida namlikning notekis tarqalishi yoki juda tez quritish buyum yuzasida yoriqlar, deformatsiya va shikastlanishlarga olib keladi. Shu sababli quritish harorati, havo oqimi va namlik darajasi aniq nazorat qilinadi.

Chinni-fayans buyumlari odatda dastlab qo‘lda yoki kalıplarda shakllantiriladi, so‘ngra yuzasidagi ortiqcha suv siqib chiqariladi. Keyin buyumlarni quritish xonalari yoki quritish kameralari deb ataladigan maxsus joylarda tabiiy yoki sun‘iy havo oqimi yordamida asta-sekin quritiladi. Tabiiy quritishda buyumlar xona haroratida bir necha kun yoki haftalar davomida quritiladi, bu jarayon buyumning o‘lchami va qalinligiga bog‘liq bo‘ladi. Sun‘iy quritishda esa maxsus quritgichlar yoki havo oqimli quritish tizimlari ishlatiladi, bu esa quritish vaqtini sezilarli darajada qisqartiradi, lekin harorat va havo oqimi ehtiyotkorlik bilan sozlanishi kerak, aks holda buyumning yoriqlanishi yoki deformatsiyasi xavfi mavjud.

Quritish jarayonida havo harorati odatda 25–60°C oralig‘ida, nisbiy namlik esa 40–60% darajasida ushlab turiladi. Buyumlarni bir tekis quruqligini ta’minlash uchun ular quritish yuzasiga teng masofada joylashtiriladi va havo oqimi buyumlarning barcha tomonlariga yetib boradigan qilib tashkil etiladi. Shuningdek, qalinligi katta buyumlar qattiq yoriqlashning oldini olish uchun asta-sekin quritiladi va ba’zan qatlamlar orasiga vaqtinchalik bo‘shliq qoldiriladi.

Quritish jarayoni faqat namlikni yo‘qotish bilan cheklanmaydi, u buyumning ichki strukturasi mustahkamlashga ham yordam beradi. Qurigan buyum keyinchalik biskvit pishirish jarayoniga tayyor bo‘ladi. Quritish davomida yuzaga keladigan stresslar va deformatsiyalarni oldini olish uchun buyumlar muntazam tekshiriladi. Bu jarayonning muvaffaqiyati keyingi sirlash va pishirish jarayonlarida chinni-fayans buyumlarining sifatiga, sirtining silliqligiga va mexanik chidamliligiga bevosita ta’sir qiladi.

Chinni-fayans buyumlarini quritishda jarayonni tabiiylik va nazorat ostida amalga oshirish, havo harorati va namligini doimiy kuzatish, buyumlarning qalinligi va shakliga mos quritish usullarini tanlash eng muhim talab hisoblanadi. Quritish jarayoni chinni-fayans ishlab chiqarishning sifatli, mustahkam va estetik jihatdan mukammal buyum olishdagi ajralmas bosqichidir.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Garbo Tableware. *Chinni idishlarning sir qoplamasi haqida* [What you know about glaze of porcelain tableware]. <https://www.garbotableware.com/uz/tableware-articles/what-you-know-about-glaze-of-porcelain-tableware.html>
2. Garbo Tableware. *Keramik buyumlar nima uchun sirlanadi?* [Why should ceramics be glazed?]. <https://www.garbotableware.com/uz/tableware-articles/why-should-ceramics-be-glazed.html>
3. Glazy.org. *Sirning asosiy tushunchalari* [Understanding Glaze Basics]. <https://help.glazy.org/concepts/glaze>
4. The Crucible. *Chinni va keramika buyumlarini sirlash bo'yicha qo'llanma* [How to Glaze Pottery: Guide to Ceramics Glazing]. <https://www.thecrucible.org/guides/ceramics/how-to-glaze/>
5. Ceramics Supplier. *Sirlash metodlari* [Glazing Methods]. <https://ceramics-supplier.com/glazing-methods>
6. Milliycha.uz. *Fayans va chinni buyumlari* [Fayans va chinni buyumlari haqida]. <https://milliycha.uz/fayans-chinni>
7. UzPedia. *Keramik materiallar va sirlash jarayoni* [Keramik materiallar va sirlash jarayoni]. https://uzpedia.uz/pedia/keramik_materiallar

IKKI FAZALI OQIMLAR GIDRODINAMIKASI VA TEXNOLOGIK JARAYONLARDA SAMARADORLIKNI OSHIRISH

Yo'lchiyeva Marg'uba G'afurjonova

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

Choriyev Sherzod Baxtiyor o'g'li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Eshilova Latofat Alisher qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Sanoat quvurlari va apparatlarida ikki fazali oqimlarning notekis tuzilishi bosim yo'qotilishi, faza ajralishi va energiya sarfining ortishiga sabab bo'ladi. Ushbu tezisda gaz–suyuqlik, suyuqlik–qattiq va gaz–qattiq tizimlar uchun fazalararo ta'sir, sirpanish tezligi hamda oqim rejimlari gidrodinamik nuqtayi nazardan tahlil qilindi. Tahlil natijasida faza ulushi, quvur diametri va fizik xossalarning rejim barqarorligiga bevosita ta'siri, optimal tezlik oralig'ida esa gidravlik qarshilik kamayib, texnologik samaradorlik oshishi asoslandi.

Kalit so'zlar: ikki fazali oqim, fazalararo ta'sir, sirpanish tezligi, bosim yo'qotilishi, Reynolds soni, annulyar oqim, texnologik samaradorlik.

Ikki fazali oqimlar issiqlik va massa almashinishga asoslangan ko'plab sanoat qurilmalarida uchraydi va apparat samaradorligini belgilovchi muhim omillardan

biridir. Gaz–suyuqlik tizimlari absorber va reaktorlarda, suyuqlik–qattiq tizimlar suspenziya hamda kristallanish jarayonlarida, gaz–qattiq tizimlar esa quritgichlar va pnevmatik transportda faol ishlatiladi. Bunday oqimlarda asosiy muammo bosim yo‘qotilishining ortishi, fazalarning notekis taqsimlanishi, oqim barqarorligining buzilishi va natijada energiya sarfining ko‘payishidir. Shuning uchun ikki fazali tizimni faqat transport muhiti emas, balki texnologik samaradorlikni boshqaruvchi faol gidrodinamik muhit sifatida ko‘rish zarur.

Nazariy jihatdan ikki fazali oqimda dispers faza uzluksiz faza ichida tomchi, pufakcha yoki zarracha ko‘rinishida tarqaladi. Fazalararo ta’sir impuls, issiqlik va massa almashinuvi orqali namoyon bo‘lib, oqimning umumiy gidravlik xulqini belgilaydi. Gaz pufakchalari yoki qattiq zarrachalarning uzluksiz fazaga nisbatan boshqa tezlikda harakatlanishi sirpanish tezligini yuzaga keltiradi. Aynan shu ko‘rsatkich separatorlashish darajasi, aralashish sifati va issiqlik almashinish intensivligini belgilaydi. Amaliy kuzatishlarga ko‘ra pufakchali oqimda dispers faza mayda va nisbatan bir tekis taqsimlanadi; slug oqimda yirik gaz tiqinlari hosil bo‘lib pulsatsiya kuchayadi; annulyar oqimda gaz yadro bo‘ylab, suyuqlik esa devor bo‘ylab yupqa qatlam sifatida oqadi; emulsiyali oqimda esa fazalar kuchli aralashgan bo‘lib, disperslik yuqori bo‘ladi.

Gidrodinamik tahlilda bosim yo‘qotilishi, fazalar nisbati, tezlik taqsimoti va oqim rejimi o‘rtasidagi bog‘lanish asosiy mezon hisoblanadi. Reynolds soni oqimning inertsia kuchlari bilan yopishqoqlik kuchlari nisbatini ifodalaydi va rejimning laminar, o‘tish yoki turbulent ekanini baholash imkonini beradi: $Re = \rho v d / \mu$. Bu yerda ρ — muhit zichligi, v — o‘rtacha tezlik, d — xarakterli diametr, μ — dinamik yopishqoqlik. Re ortishi bilan fazalararo turbulizatsiya kuchayadi, biroq juda yuqori qiymatlarda pulsatsion noturg‘unlik ham kuchayishi mumkin. Quvur diametri kichrayganda devor bilan o‘zaro ta’sir kuchayadi, faza ulushi ortganda esa aralashmaning samarali zichligi va gidravlik qarshiligi o‘zgaradi. Shu sababli zichlik va yopishqoqlikdagi farq qanchalik katta bo‘lsa, fazalararo sirpanish va rejim almashinuvi shunchalik yaqqol kuzatiladi.

Bosim yo‘qotilishi ikki fazali tizimning energiya samaradorligini belgilovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biri bo‘lib, quvur bo‘ylab quyidagicha ifodalanadi: $\Delta P = \lambda (L/D) (\rho v^2/2)$. Bu yerda ΔP - bosim yo‘qotilishi, λ - gidravlik ishqalanish koeffitsienti, L - quvur uzunligi, D - quvur diametri, ρ - aralashmaning samarali zichligi, v - o‘rtacha tezlik. Sirpanish tezligi esa $V_s = V_g - V_l$ ko‘rinishda yoziladi; bunda V_g - gaz faza tezligi, V_l - suyuq faza tezligi. Agar V_s kattalashsa, fazalararo nisbiy siljish kuchayib, pufakchalar birikishi yoki ajralishi tezlashadi, bu esa bosim tebranishlari va rejim o‘zgarishiga olib keladi. Demak, optimal holatda tezlik shunday tanlanishi kerakki, aralashish yetarli bo‘lsin, ammo ortiqcha gidravlik qarshilik yuzaga kelmasin.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Quyidagi jadval ikki fazali oqim rejimlarining gidrodinamik xususiyatlarini qisqa taqqoslaydi.

1-jadval

Ikki fazali oqim rejimlarining gidrodinamik xususiyatlari

Rejim	Struktura	Gidrodinamik belgi	Amaliy baho
Pufakchali	Mayda gaz pufakchalari uzluksiz suyuqlikda	ΔP o‘rtacha, almashinish yuzasi katta	Absorbsiya va issiqlik almashinish uchun qulay
Shlag	Yirik gaz tiqinlari va suyuq bo‘shliqlar	Bosim pulsatsiyasi yuqori	Barqarorlik nuqtayi nazaridan noqulay
Annulyar	Gaz yadroda, suyuqlik devor bo‘ylab	Yuqori tezlik, plyonka noturg‘unligi mumkin	Qizdirish va bug‘latishda ehtiyotkor tanlanadi
Emulsiyali	Fazalar kuchli dispers aralashgan	Aralashish yuqori, ajratish murakkab	Reaksiya va aralashtirishda foydali

Tahliliy taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, pufakchali rejim issiqlik va massa almashinish uchun qulay, chunki interfeys yuzasi katta bo‘ladi; biroq gaz ulushi oshib borgan sari slug rejimga o‘tish ehtimoli ortadi va bunda bosim pulsatsiyasi keskin kuchayadi. Annulyar rejim yuqori tezliklarda kuzatiladi va ayrim qurilmalarda intensiv almashinishni ta‘minlasa-da, devor bo‘ylab suyuqlik plyonkasi noturg‘unlashsa mahalliy qizish yoki namlanish notekisligi paydo bo‘ladi. Emulsiyali rejimda esa aralashish yuqori, lekin ajratish bosqichlari murakkablashadi. Gaz faza miqdori ortishi bilan oqim rejimi va gidrodinamik qarshilik o‘zgaradi; ya’ni dastlab pufakchali oqimdan slug rejimga o‘tishda bosim yo‘qotilishi tez ortadi, keyin ma’lum yuqori tezliklarda annulyar tuzilma shakllanib qarshilikning o‘zgarish xarakteri qayta taqsimlanadi. Ushbu bog‘lanish grafikda gaz faza ulushi ortishi bilan ΔP va rejim chegaralarining siljishi ko‘rinishida ifodalanadi.

Absorberlarda ikki fazali oqimning barqaror taqsimlanishi kontakt yuzasini oshirib, modda yutilishini jadallashtiradi; quritgichlarda gaz–qattiq tizimning to‘g‘ri gidrodinamik rejimi namlik olib chiqilish tezligini kuchaytiradi; pnevmatik transportda zarrachalarning cho‘kishsiz ko‘chishi uchun kritik tezlikdan yuqori, ammo ortiqcha energiya sarfisiz ishlash muhim; reaktorlarda esa fazalararo aralashish darajasi reaksiya hajmning samarali foydalanilishini belgilaydi. Demak,

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

oqim rejimini faqat gidravlik xavfsizlik nuqtayi nazaridan emas, balki issiqlik va massa almashinishning integral samaradorligi bo'yicha ham tanlash lozim.

Optimallashtirishda bir nechta yo'nalish ustuvor: birinchidan, faza ulushini va kirish tezligini boshqarish orqali oqim barqarorligini oshirish; ikkinchidan, quvur diametri va apparat geometriyasini shunday tanlash kerakki, ortiqcha aylanish zonalari va gidravlik turg'unliklar kamaytiriladi; uchinchidan, ish rejimini optimal Reynolds oralig'ida ushlab turish energiya sarfini kamaytiradi; to'rtinchidan, sirt namlanishi va disperslikni boshqarish fazalararo almashinishni kuchaytiradi. Natijada gidravlik qarshilik pasayadi, bosim tebranishlari cheklanadi va qurilmaning foydali ish koeffitsienti ortadi. Xulosa qilib aytganda, ikki fazali oqimlarning samarali rejimlarini tanlash sanoat qurilmalarida energiya tejamkorligi, issiqlik-massa almashinish intensivligi va ishlab chiqarish barqarorligini oshirishning muhim ilmiy-amaliy shartidir.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Axtamov R.A., Axmedov A.A. Issiqlik va massa almashinuvi jarayonlari va qurilmalari. – Toshkent: Durdona, 2023.
2. Ataulloyev O.X. Gidravlika va gidromashinalar fanidan misol va masalalar to'plami. – Navoiy: Aziz Kitobxon, 2023.
3. Mirzajonova S.B. Metallurgik zavodlarning mexanik dastgohlari. – Toshkent: Lesson Press, 2021.
4. Do'stov H.B., Safarov B.J., Safarov J.A. Kimyoviy reaktorlar. – Buxoro: Buxoro, 2020.
5. Guliston davlat universiteti. Termodinamika va issiqlik uzatish asoslari. – Guliston: GulDU, 2024.

XOM ASHYO MATERIALLARNING ASOSIY XOSSALARI VA KIMYOVIY TARKIBI

Yo'lchiyeva Marg'uba G'afurjonovna

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

Xurramov Bahrom Bahriddin o'g'li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Eshmurodov Musurmon Muhammadi o'g'li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu tezis sanoatning turli sohalari uchun muhim bo'lgan Xom ashyo materiallarining asosiy xossalari va kimyoviy tarkibini o'rganadi. Ishda xom-ashyolar kelib chiqishi va qo'llanilishiga ko'ra tasniflanib, sanoat tolalari, displey stendlari uchun materiallar va kimyoviy sorbentlar kabi aniq misollar

keltiriladi. Tadqiqot materiallarni tavsiflashda Furiye transformatsiyali infraqizil (FTIR) spektroskopiyasi, skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) va matritsa yordamida lazerli desorbsiya/ionizatsiya va uchish vaqti (MALDI-TOF) mass-spektrometriyasi kabi zamonaviy analitik usullarning hal qiluvchi rolini ta’kidlaydi. Maqsad mavjud bilimlarni sintez qilish, material xossalari va ularning amaliy ahamiyati o’rtasidagi o’zaro bog’liqlikni yoritish hamda mahsulot sifati va innovatsiyalar uchun aniq material tanlashning muhimligini ko’rsatishdan iborat.

Kalit so’zlar: Xom ashyo, kimyoviy tarkib, fizik-kimyoviy xossalari, analitik metodlar, materialshunoslik, sanoat materiallari, tola materiallari, sorbentlar

Sanoatning turli sohalarida mahsulot sifati, samaradorligi va innovatsiyalarni ta’minlashda Xom ashyo materiallarining asosiy xossalari va kimyoviy tarkibini chuqur tushunish hal qiluvchi ahamiyatga ega. Xom-ashyoning to’g’ri tanlanishi va uning xususiyatlarini aniq baholash ishlab chiqarish jarayonlarining optimallasuvi, mahsulotning ishlash muddatini uzaytirish va atrof-muhitga ta’sirini kamaytirish imkonini beradi. Biroq, Xom ashyo turlari va ularning murakkab tarkibi, shuningdek, ularni tahlil qilish metodologiyalari bo’yicha yagona, kompleks yondashuvga bo’lgan ehtiyoj dolzarb bo’lib qolmoqda.

Ushbu tezisning maqsadi Xom ashyo materiallarining asosiy xossalari va kimyoviy tarkibini tizimli tahlil qilish, ularning tasnifini ko’rib chiqish, turli sanoat sohalaridagi ahamiyatini yoritish hamda ularni aniqlashda qo’llaniladigan zamonaviy analitik

Xom ashyo materiallari sanoat va qishloq xo’jaligi ishlab chiqarishida yakuniy mahsulotga aylantirilishi lozim bo’lgan asosiy komponentlardir. Ular konlardan qazib olinadigan foydali qazilmalar va tabiiy resurslar, shuningdek, keyingi ishlov berishni talab qiladigan mahsulotlar sifatida ta’riflanadi [1]. Xom ashyolar kelib chiqishiga ko’ra sanoat va qishloq xo’jaligi xom-ashyolariga bo’linadi.

Sanoat xom-ashyolari o’z navbatida mineral va sun’iy turlarga ajratiladi. Mineral xom-ashyolar yoqilg’i-energetika (neft, tabiiy gaz, ko’mir), metallurgiya (qora, rangli, nodir va qimmatbaho metall rudalari), tog’-kimyo (agronomik rudalar, bariy, oltingugurt) va texnik (olmos, grafit, slyuda) materiallarni o’z ichiga oladi. Qurilish materiallari, masalan, sement va keramika uchun komponentlar ham shu guruhga kiradi. Sun’iy xom-ashyolarga sintetik qatronlar, plastmassalar, sintetik kauchuk, sun’iy charm va sintetik yuvish vositalari kiradi [1]. Qishloq xo’jaligi xom-ashyolari o’rmon xo’jaligi, baliqchilik va tayyorlov tarmoqlaridan olinadigan qayta ishlanmagan mahsulotlarni o’z ichiga oladi [1]. Ushbu tasnif Xom ashyo materiallarining xilma-xilligini va ularning iqtisodiyotdagi fundamental rolini ko’rsatadi.

To’qilmagan matolar ishlab chiqarishda tola xom-ashyolarining to’g’ri tanlanishi muhim ahamiyatga ega. Tolalar tabiiy (paxta, kanop, ipak, jun, asbest) va

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

kimyoviy (viskoza, atsetat, poliestar, polipropilen, akril, aramid, uglerod, shisha, metall tolalar) turlarga bo‘linadi [2].

Kimyoviy tolalar to‘qilmagan matolarning 95% tarkibini tashkil etib, ustun fizik-mexanik xususiyatlari, masalan, yuqori mustahkamlik, cho‘ziluvchanlik va korroziyaga chidamliligi bilan ajralib turadi. Ular kamroq aralashmalarga ega bo‘lib, qayta ishlashni soddalashtiradi. Kimyoviy tolalar, shuningdek, doimiy uzunlik va ingichkalikka ega bo‘lib, bu xususiyatlar ishlab chiqarish ehtiyojlariga qarab nazorat qilinishi mumkin, bu esa noyob xususiyatlarga ega differensial tolalarni yaratish imkonini beradi [2]. Masalan, nam to‘r jarayonlari uchun odatda 25 mm dan qisqa tolalar, kardanlangan to‘rlar uchun esa 20 dan 150 mm gacha tolalar talab qilinadi. Bu, tola turini tanlash mahsulotning ishlash talablari va ishlab chiqarish uskunasining qayta ishlash imkoniyatlari bilan mos kelishi kerakligini ko‘rsatadi [2].

Soat va zargarlik buyumlari displey stendlari uchun turli xom-ashyolar qo‘llaniladi. O‘rta zichlikdagi tolali plita (MDF) yog‘och yoki o‘simlik tolalaridan tayyorlangan sun‘iy taxta bo‘lib, yog‘och stendlar uchun asosiy tanlovdir. Uning mukammal mexanik ishlov berish qobiliyati, turli qalinlikdagi yog‘ochlarni almashtira olishi va silliq yuzasi uni qimmatli materialga aylantiradi. MDF ko‘pincha laklanadi, mat yoki yaltiroq qoplamalar vizual effektda farqlanadi [3].

Soat displeyining orqa fon ramkalari uchun shaffof akril (PMMA/Plexiglas) afzal ko‘riladi. Uning yorug‘lik o‘tkazuvchanligi 92% dan yuqori bo‘lib, kristalga o‘xshash shaffoflik, energiya samaradorligi va mustahkam xususiyatlarga ega. Akril ob-havo, kislota va ishqorga mukammal chidamlilik, zarbaga chidamlilik (oddiy shishadan 16 baravar yuqori), yuqori qayta ishlantuvchanlik va oson parvarishlash kabi xususiyatlarni namoyish etadi [3].

Zargarlik buyumlari displey stendlari uchun laklangan MDF bilan birga, buyumlarni himoya qilish uchun PU charm, baxmal va mikrofiber kabi yumshoq mato materiallari ham ishlatiladi. PU charm bardoshli, suv o‘tkazmaydigan, ekologik toza sintetik materialdir. Baxmal yumshoq, nafas oladigan va deformatsiyaga chidamli yuzani ta‘minlaydi. Mikrofiber esa yuqori sifatli sintetik charm bo‘lib, aşınmaya chidamliligi va qarishga qarshi xususiyatlari bilan mashhur [3]. Bu materiallarning har biri o‘ziga xos kimyoviy tarkibi va fizik xususiyatlari tufayli ma‘lum bir qo‘llash sohasida ustunlikka ega.

Mahalliy xom-ashyolardan foydalangan holda soda ohak ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirishga qaratilgan tadqiqotlar uning kimyoviy tarkibi va fizik-kimyoviy xususiyatlarini aniqlashning muhimligini ko‘rsatadi [5]. Soda ohak, muhim kimyoviy sorbent sifatida, inson salomatligini himoya qilishda, xususan, atmosferadagi karbonat angidrid va turli kislotali gazlarni yutishda hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan keng qamrovli tadqiqotlar sintez qilingan soda ohakning fizik-kimyoviy xususiyatlarini va aniq tarkibiy tuzilishini tavsiflash uchun zarur bo‘lgan [5]. Bu tadqiqot xom-ashyoning tarkibiy tahlili

nafaqat uning xususiyatlarini tushunish, balki uning amaliy samaradorligini oshirish uchun ham muhimligini ta’kidlaydi.

Xom ashyo materiallarining sifatini va ularning maqsadga muvofiqligini ta’minlashda zamonaviy analitik metodlar asosiy rol o‘ynaydi.

Furye transformatsiyali infraqizil (FTIR) spektroskopiyasi infraqizil nurlanishni yutish orqali molekulalarni aniqlaydi va noyob spektrlar hosil qiladi.

Ushbu tezis xom ashyo materiallarining asosiy xossalari va kimyoviy tarkibini chuqur o‘rganish sanoatning barcha sohalarida mahsulot sifati, samaradorligi va innovatsiyalar uchun fundamental ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Xom-ashyolar kelib chiqishi va qo‘llanilishiga ko‘ra keng tasniflanib, ularning har biri o‘ziga xos fizik-kimyoviy xususiyatlarga ega ekanligi aniqlandi [1]. Kimyoviy tolalar [2], MDF va akril kabi materiallar [3], shuningdek, soda ohak kabi kimyoviy sorbentlar [5] misolida, materialning tarkibi uning funksional imkoniyatlarini belgilovchi asosiy omil ekanligi ta’kidlandi. Zamonaviy analitik metodlar, jumladan FTIR, SEM va MALDI-TOF [6], materiallarning molekulyar va sirt darajasidagi xususiyatlarini aniq va samarali tahlil qilishda hal qiluvchi rol o‘ynaydi.

Ushbu ish mavjud adabiyotlarga asoslangan bo‘lib, empirik tadqiqotlar yoki eksperimental ma’lumotlarni o‘z ichiga olmaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Callister, William D., and David G. Rethwisch. *Materialshunoslik va muhandislik: Kirish*. New York: John Wiley & Sons, 2018.
2. Büchel, Karl Heinz, Hans-Heinrich Moretto, and Peter Woditsch. *Sanoat Anorganik Kimyosi*. Weinheim: Wiley-VCH, 2008.
3. Singh, N., and P. C. Sarma. "Ba'zi sanoat qattiq chiqindilarining potentsial foydalanishi uchun fizik-kimyoviy xarakteristikasi." *Atrof-muhitni boshqarish jurnali*, vol. 91, no. 11, 2010, pp. 2221-2226.
4. Olsson, L., and B. L. K. Møller. "Xomashyo tarkibining bioetanol ishlab chiqarish sifatiga ta'siri." *Amaliy Mikrobiologiya va Biotexnologiya*, vol. 82, no. 4, 2009, pp. 601-611.

QURITISH JARAYONLARI VA QURITGICHLAR

Zikirov Husan Aliqulovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi

Ergasheva Tursunoy Olimjon qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Maxmudov Muxriddin Mannon o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda kimyo-texnologiya jarayonlaridan biri — quritish jarayonlari va quritgichlar konstruksiyalariga bag‘ishlangan. Ishda quritishning fizik-kimyoviy asoslari, quritish jarayonining bosqichlari, namliq olib tashlash usullari va sanoatda qo‘llaniladigan turli xil quritgich konstruksiyalari batafsil ko‘rib chiqilgan.

Tadqiqotda konvektiv, kontaktli, radiatsion va sublimatsion quritish usullari taqqoslab o‘rganilgan. Baraban, lentali, purkagichli va boshqa turdagi quritgichlarning ishlash prinsipi, afzalliklari va kamchiliklari tahlil qilingan. Quritish jarayonini intensivlashtirish yo‘llari va energiya tejash imkoniyatlari ham ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: quritish jarayoni, namlik, quritgich, konvektiv quritish, kontaktli quritish, baraban quritgich, purkagichli quritgich, issiqlik almashinuvi, massa almashinuvi.

Quritish jarayoni — bu nam materialdan namlikni issiqlik ta’sirida bug‘latish yo‘li bilan olib tashlash jarayonidir. Kimyo, oziq-ovqat, farmatsevtika, qurilish materiallar va boshqa ko‘plab sanoat tarmoqlarida quritish jarayoni muhim ahamiyat kasb etadi. Quritishning maqsadi mahsulotlarni saqlash muddatini uzaytirish, massasini kamaytirish va keyingi texnologik jarayonlarga tayyorlashdan iborat.[1].

Quritish jarayonini o‘rganish muhim amaliy ahamiyatga ega, chunki sanoatda iste‘mol qilinadigan energiyaning katta qismi aynan quritish jarayonlariga sarflanadi. Zamonaviy sanoatda energiya tejash va samaradorlikni oshirish maqsadida turli xil quritgich konstruksiyalari ishlab chiqilgan va qo‘llanilmoqda.

Ushbu tezisning maqsadi — quritish jarayonlarining nazariy asoslarini, turli quritish usullarini va sanoatda keng qo‘llaniladigan quritgich apparatlarining konstruksiyalarini o‘rganish hamda taqqoslash.[2].

Quritish jarayoni fizik-kimyoviy nuqtai nazardan nam materialdan suvni yoki boshqa erituvchilarni issiqlik energiyasi yordamida bug‘latishga asoslangan. Quritish jarayoni ikki parallel jarayonni o‘z ichiga oladi: issiqlik almashinuvi (issiqlik quritgich agentidan materialga ‘tishi) va massa almashinuvi (namlikning material ichidan uning sirtiga va undan qurituvchi muhitga diffuziyasi).

Quritish jarayoni odatda uchta asosiy davrni o‘z ichiga oladi:

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- 1) **Isish davri** — material harorati quritish haroratigacha ko'tariladi;
- 2) **Doimiy tezlik davri** — namlik bug‘lanish tezligi doimiy bo'ladi;
- 3) **Kamayuvchi tezlik davri** — namlik bug‘lanish tezligi sekin-asta kamayadi.

Materialning namligi ikki xil ko'rsatkich bilan ifodalanadi: nam modda massasiga nisbatan namlik ($w\%$) va quruq modda massasiga nisbatan namlik ($u\%$). Quritishning yakuniy namligi texnologik talablar va material turiga bog‘liq holda belgilanadi.[3].

Sanoatda qo'llaniladigan asosiy quritish usullari quyidagilardir: konvektiv quritish - issiqlikni qurituvchi gaz (odatda havo) yordamida uzatish; kontaktli quritish - issiqlikni issiq yuza orqali bevosita uzatish; radiatsion quritish - infraqizil nurlanish yordamida; dielektrik quritish - yuqori chastotali elektr maydoni ta'sirida; sublimatsion quritish - muzlatilgan materialdan namlikni past bosimda bevosita bug‘latish.

Konvektiv quritish eng keng tarqalgan usul bo'lib, barcha sanoat tarmoqlarida qo'llaniladi. Kontaktli quritish asosan qovushqoq va suyuq materiallarni quritishda samarali. Sublimatsion quritish esa eng qimmat, lekin sifat jihatidan eng yaxshi usul bo'lib, farmatsevtika va oziq-ovqat sanoatida muhim o'rin tutadi.

Baraban quritgich — eng keng tarqalgan quritish apparatlaridan biri. U gorizontaal o'qqa nisbatan kichik burchak ostida o'rnatilgan va aylantiriladigan silindrdan iborat. Material barabanning yuqori uchiga yuklanadi va aylana-ayla pastga tushadi, bu vaqtda issiq havo oqimi bilan quritiladi. Baraban ichida qo'shimcha pichoqlar materialning aralashishini ta'minlaydi.

Purkagichli (raspylitel'nyy) quritgichlar. Purkagichli quritgichda suyuq yoki sharbatsimon material maxsus nasadka yoki disk orqali mayda tomchilarga aylantiriladi va issiq havo oqimiga purkab beriladi. Mayda tomchilar katta sirt maydoniga ega bo'lganligi sababli quritish jarayoni juda tez sodir bo'ladi (odatda 5-30 sekund ichida). Bu usul oziq-ovqat, farmatsevtika va kimyo sanoatida keng qo'llaniladi.

Lentali quritgichlar. Lentali quritgichlarda material konveyer lentasi ustida harakatlanadi va yuqoridan yoki pastdan beriladigan issiq havo oqimi bilan quritiladi. Bu quritgichlar donador, parchalanuvchi va yumshoq materiallarni quritishda qulay. Odatda oziq-ovqat sanoatida (makaron, keks, meva-sabzavotlar) keng qo'llaniladi.[4].

Quritish jarayonini intensivlashtirish — bu quritish tezligini oshirish va energiya sarfini kamaytirish maqsadida amalga oshiriladigan chora-tadbirlar majmuasidir. Asosiy intensivlashtirish usullari quyidagilardan iborat:

- **Haroratni oshirish:** qurituvchi agent haroratini ko'tarish bug‘lanish tezligini oshiradi, lekin issiqlikka sezgir materiallar uchun chegaralangan.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

- **Havo oqimi tezligini oshirish:** material sirtidagi namlikni olib ketish tezlashadi, bu esa quritish samaradorligini oshiradi.

- **Materialni maydalash:** sirt maydonini oshirish orqali namlik diffuziyasi tezlashadi.

- **Bosimni pasaytirish:** past bosimda namlikning qaynash harorati pasayadi, bu esa energiya tejashga imkon beradi.

- **Kombinatsiyalangan usullar:** ikki yoki undan ortiq quritish usullarini birgalikda qo'llash (masalan, konvektiv + mikroto'lqinli quritish).[5]

Quritish jarayoni kimyo-texnologiya sohasida eng muhim va keng qo'llaniladigan jarayonlardan biridir. Quritishning turli usullari va konstruksiyalari har xil sanoat talablariga javob beradi.

Konvektiv quritish o'z qulayligi va iqtisodiy samaradorligi bilan eng keng tarqalgan usul bo'lib qolmoqda. Purkagichli quritgichlar suyuq materiallarni qayta ishlashda, baraban quritgichlar esa donador va qo'pol materiallarni quritishda ustunlik qiladi.

Zamonaviy tendentsiya — energiya tejoychi texnologiyalar va kombinatsiyalangan quritish usullarini joriy etish. Quritgich konstruksiyalarini takomillashtirish va avtomatlashtirish ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim omil hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Kasimov A.M., Tojiboyev M.M. Kimyo texnologiyasining asosiy jarayonlari va apparatlari. — Toshkent: O'qituvchi, 2018.

2. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. — Ленинград: Химия, 1987.

3. McCabe W.L., Smith J.C., Harriott P. Unit Operations of Chemical Engineering. 7th ed. — New York: McGraw-Hill, 2005.

4. Lebedev P.D. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. — Москва: Энергия, 1972.

5. Mushtayev V.I., Ul'yanov V.M. Сушка дисперсных материалов. — Москва: Химия, 1988.

**CHINNI-FAYANS BUYUMLARINI SHLIKERLI MASSADAN QUYISH
USULIDA SHAKLLASH**

Zikirov Husan Aliqulovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi

Abduraimova Laziza Nazirbek qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Eshilova Latofat Alisher qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu tezisdagi chinni va fayans buyumlarini shlikerli massadan quyish usulida shakllashning fizik-kimyoviy asoslari, texnologik parametrlari hamda zamonaviy innovatsion yondashuvlar tahlil qilingan. Shlikerning reologik xossalari - qovushqoqligi $\eta = 0,8-2,5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, zichlik $\rho = 1650-1750 \text{ kg/m}^3$ va quymalilik koeffitsienti - shakllash sifatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri belgilashi isbotlangan. Gips qolipda kapillyar so‘rish mexanizmi asosida kechuvchi dehydratatsiya jarayoni va Darsi qonuniga asoslangan filtrlash modeli miqdoriy jihatdan baholangan. Suyultirgich (Na_2SiO_3 , Na_2CO_3) kontsentratsiyasini optimallashtirib, shliker barqarorligini va quygandan keyingi chayirlik mustahkamligi ($\sigma_g \geq 1,2 \text{ MPa}$) ta‘minlash mumkinligi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: shliker, quyish usuli, gips qolip, reologiya, chinni, fayans, shakllash.

Chinni va fayans buyumlari ishlab chiqarish jahon keramika sanoatining 18–22% ni tashkil etib, sanitariya-texnik buyumlar, stolga va bezak uchun idishlar hamda laboratoriya asboblari kabi yuqori qo‘shimcha qiymatli mahsulotlarni o‘z ichiga oladi. Quyish (slip casting) usuli murakkab shaklli va nozik devorli (1,5–6 mm) buyumlarni ishlab chiqarishda plastik shakllash yoki presslash usullari eplay olmagan hollarda yagona texnologik yechim hisoblanadi.

Shlikerli quyish texnologiyasining samaradorligi qolip absorpsiyasi, shliker dispersligi va elektrokin xossalari kabi omillar bilan belgilanadi. Sanoat miqyosida bir buyumga sarflanadigan shakllash vaqti ($t = 25-90 \text{ min}$) va qolip resursi ($n = 80-120$ quyish sikli) iqtisodiy ko‘rsatkichlarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri aniqlaydi. Avtomatlashtirilgan quyish liniyalari va innovatsion qolip materiallari qo‘llab zamonaviy talablarga javob beruvchi texnologiyalarni ishlab chiqish dolzarb ilmiy masala bo‘lib qolmoqda.

Chinni shlikeri uchta asosiy komponentdan iborat: kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, 40–50%), dala shpati ($\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$, 25–30%) va kvarts qumi (SiO_2 , 20–30%). Shliker suv miqdori $W = 28-35\%$ bo‘lib, bu ko‘rsatkich quymalilik va chayir buyum mustahkamligi o‘rtasidagi muvozanatni belgilaydi. Elektrokimyoviy barqarorlikni

taʼminlash uchun suyultiruvchi — natriy silikat (Na_2SiO_3 , 0,3–0,8%) va natriy karbonat (Na_2CO_3 , 0,1–0,3%) — kompleksi ishlatiladi. Suyultiruvchi gil zarralariga adsorbsiyalanib, elektrostatik qatlamlararo itarilish kuchini hosil qiladi va Zeta-potentsialni $|\zeta| \geq 30$ mV ga yetkazadi.

Fayans shlikeri chinninikidan SiO_2 ulushi yuqoriligi (35–40%) va kaolinit miqdori kamligi bilan farqlanadi; bu esa quygandan keyingi chayirlik mustahkamligi ($\sigma_g = 0,8\text{--}1,0$ MPa) nisbatan past boʻlishiga olib keladi. Shlikerning qovushqoqligi Brokfield viskozimetri yordamida oʻlchanib, ishchi rejimdagi optimal qiymat $\eta = 0,8\text{--}2,5$ Pa·s etib belgilanadi.

Gips qolip ($\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) gʻovakligi $P = 40\text{--}48\%$ va oʻziga suv soʻrish qobiliyati $W_{\text{abs}} = 38\text{--}42\%$ boʻlib, kapillyar soʻrish mexanizmi orqali shlikerdan suvni tortib oladi. Qolip devori boʻlib hosil boʻluvchi yashil (xom) buyum qatlamining qalinligi vaqt funksiyasi sifatida Darsi filtrlash qonuniga asoslanib ifodalanadi: $h(t) = k\sqrt{t}$, bu yerda k — quyish tezligi konstantasi ($\text{mm}/\text{min}^{1/2}$), t — quyish vaqti (min). k qiymati qolip oʻtkazuvchanligi κ , shliker zichligi ρ va kapillyar bosim ΔP bilan bogʻliq: $k = \sqrt{(2\kappa\Delta P/\mu\rho)}$.

Amalda quyish vaqti $t = 25\text{--}90$ min oraligʻida boʻlib, devor qalinligi $h = 4\text{--}8$ mm ga etgach shliker qolipdan toʻliq toʻkiladi (boʻsh quyish usuli) yoki qolipda qoldiriladi (toʻliq quyish usuli). Ajralish bosqichida xom buyumning qolipdan chiqishi $W_{\text{shrink}} = 1,5\text{--}2,5\%$ qurishish deformatsiyasi hisobiga sodir boʻladi.

Shliker tayyorlash. Xom ashyo ball tegirmonida (ball mill, $d_{\{90\}} \leq 63$ μm) va deflegmator-mikserlarda 8–12 soat davomida qayta ishlanadi. Maydalash bosqichida suyultiruvchilar ketma-ket kiritiladi: avval Na_2CO_3 , soʻng Na_2SiO_3 . Tayyorlangan shliker 24–48 soat "yetilish" (ageing) jarayonida ushlab turiladi; bu elektrokin muvozanatni va tixotropik xossalarni stabillashtiradi.

Quyish va shakllash. Shliker qolipga atmosfera bosimida yoki vakuum ostida ($P = 0,02\text{--}0,05$ MPa) quyiladi. Vakuumli quyish usulida havo pufakchalari bartaraf etilib, buyum sirtidagi defektlar soni 3–4 barobarga kamayadi. Quyish sikli: shliker berish (2–5 min) → qatlam hosil boʻlishi (20–80 min) → ortiqcha shlikerni toʻkish (5 min) → dastlabki quritish qolipda (30–60 min, $T = 25\text{--}35^\circ\text{C}$).

Quritish va xom buyumni tayyorlash. Qolipdan olingan xom buyum konveyer quritgichda ($T = 60\text{--}90^\circ\text{C}$, 2–4 soat) quritiladi. Namligi $W \leq 2\%$ gacha tushirilgach, buyum mexanik ishlov (qirtishlash, silliqalashtirish) bosqichiga oʻtkaziladi. Qurishish deformatsiyasi $\varepsilon = 1,8\text{--}3,2\%$ boʻlib, bu parametr qolip oʻlchamlarini hisoblashda hisobga olinadi.

Innovatsion texnologiyalar. Polimer-gips kompozit qoliplar (polimer ulushi 15–20%) anʼanaviy gips qolipga nisbatan mustahkamligi 3 barobar yuqori va resurs $n \geq 300$ siklga etadi. Elektroosmos qoliplari (katod qutblanishida $E = 5\text{--}15$ V/sm) dehidratatsiya tezligini 40–50% oshiradi. Additive manufacturing (3D-bosma)

yordamida murakkab geometriyadagi qoliplarni tayyorlash vaqti 60–70% ga qisqaradi.

Ekspperimental tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, Zeta-potentsial $|\zeta| = 35\text{--}45$ mV bo‘lganda shliker barqarorligi maksimal bo‘lib, cho‘kish tezligi $v_{\text{sed}} < 0,1$ mm/soat ga tushadi. Na_2SiO_3 kontsentratsiyasini 0,3% dan 0,6% ga oshirish qovushqoqlikni 42% ga kamaytiradi, biroq 0,8% dan ortiq bo‘lsa koagulyatsiya xavfi paydo bo‘ladi. Optimal $d_{\{90\}} = 40\text{--}63$ μm da xom buyumning chayirlik mustahkamligi $\sigma_g = 1,2\text{--}1,8$ MPa ta‘minlanadi.

Energiya tahlili bo‘icha: an‘anaviy bosimli quyish ($P = 0,3\text{--}0,5$ MPa) ga nisbatan vakuumli quyish usuli energiya sarfini 18–22% kamaytiradi. Polimer-gips kompozit qoliplarni joriy etish qolip almashtirishga sarflanadigan to‘xtatish (downtime) vaqtini 35% ga qisqartiradi. Raqamli monitoring tizimlari (IoT-sensorlar, real vaqtda qovushqoqlik o‘lchash) defekt ko‘rsatkichini 4,5% dan 1,2% ga tushirishni ta‘minlagan.

Olib borilgan ilmiy tahlil asosida quyidagi xulosalar shakllandi: shlikerli quyish usulining texnologik samaradorligi shliker reologik xossalari, qolip absorpsion qobiliyati va quritish rejimini kompleks optimallashtirish orqali 20–35% oshirilishi mumkin. Darsi filtrlash modeli $h = k\sqrt{t}$ xom buyum devor qalinligini oldindan hisoblashda ishonchli nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi. Elektroosmos va vakuumli quyish texnologiyalarining kombinatsiyasi shakllash siklini sezilarli qisqartirib, mahsulot sifatini oshiradi.

Sanoatdagi istiqbol — shlikerli quyishni raqamli "egizak" (digital twin) modeli bilan integratsiyalash va 3D-bosma qoliplarini keng joriy etish orqali moslashuvchan (flexible) keramika ishlab chiqarishga o‘tishdan iborat. Nano-o‘lchamdagi Al_2O_3 va ZrO_2 qo‘shimchalari bilan boyitilgan shliker sistemalari keyingi avlod chinni mahsulotlarining mexanik mustahkamligi ($\sigma \geq 80$ MPa) va oq rangliligi (whiteness $\geq 82\%$) ni ta‘minlash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Avgustinik A.I. Keramika. — Moskva: Stroyizdat, 2021. — 432 s.
2. Richerson D.W., Lee W.E. Modern Ceramic Engineering: Properties, Processing, and Use in Design. 4th ed. — CRC Press, 2022. — 816 p.
3. Shaymardanova M.A. Silikat materiallar ishlab chiqarishda innovatsion texnologiyalar. — Termiz: TDMAU nashriyoti, 2023. — 190 b.
4. Kingery W.D., Bowen H.K., Uhlmann D.R. Introduction to Ceramics. 3rd ed. — Wiley-Interscience, 2022. — 1056 p.
5. Hamidov B.X., Toshmatov E.N. Keramika texnologiyasi: nazariya va amaliyot. — Toshkent: ToshDTextI, 2023. — 260 b.

**NEFTNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARIDA BITUM ISHLAB
CHIQARISH VA VODOROD SULFIDAN FOYDALI MAHSULOTLAR
OLISHNING ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALARI HAMDA
QURILMALARI**

Ziyayev Fozil Choriyorovich

“Neft va gaz ishi” kafedrasida katta o‘qituvchi

E-mail: ziyayevfozil@gmail.com

Xolmuxammadiyev Abduxoliq Muhammadi o‘g‘li

“Neft va gaz ishi” kafedrasida assistenti

E-mail: xolmuxammadiyev1609@gmail.com

Qudratova Fotima Shuxrat qizi

“Neft va gaz ishi” yo‘nalishi talabasi

E-mail: qudratovaf77@gmail.com

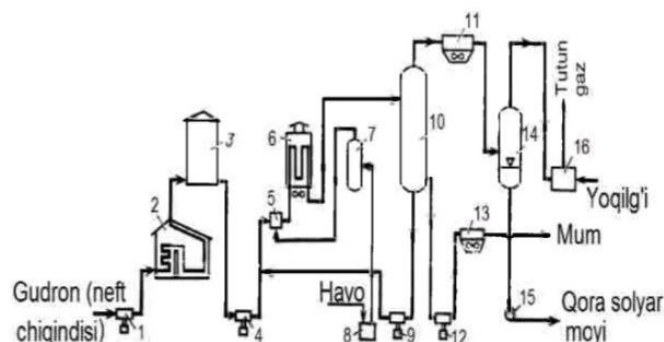
Annotatsiya: Ushbu maqolada neftni qayta ishlash jarayonlarida bitum va texnik uglevodorodlarni ishlab chiqarishning zamonaviy texnologiyalari hamda ularda qo‘llaniladigan qurilmalar keng yoritiladi. Jumladan, reaktorli zmeyevikli (quvur ichida quvur) turdagi qurilmalarning tuzilishi, ishlash prinsipi va samaradorligi tahlil qilinadi. Neft bitumlarini olishning asosiy usullari, ularning afzallik va kamchiliklari ilmiy asosda ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, gaz tarkibidagi vodorod sulfiddan oltingugurt hamda sulfat kislotasi ishlab chiqarish texnologiyalari, ularning sanoatdagi o‘rni va ekologik ahamiyati yoritiladi. Mazkur jarayonlarda energiya tejamkorligi, chiqindilarni kamaytirish va resurslardan oqilona foydalanish masalalariga alohida e‘tibor qaratiladi.

Kalit so‘zlari: Bitum ishlab chiqarish, neftni qayta ishlash, texnik uglevodorodlar, zamonaviy qurilmalar, reaktorli qurilmalar, zmeyevikli qurilma, quvur ichida quvur tizimi, issiqlik almashinuvi, neft bitumi, oksidlanish jarayoni, termik qayta ishlash, gazni qayta ishlash, vodorod sulfidi (H_2S), oltingugurt ishlab chiqarish, Claus jarayoni, sulfat kislota ishlab chiqarish, kontakt usuli, katalizatorlar, sanoat texnologiyalari, ekologik xavfsizlik, chiqindilarni kamaytirish, energiya samaradorligi, muhandislik yechimlari, neft-gaz sanoati

Kirish

Kolonna turidagi to‘xtovsiz ishlaydigan bitumli qurilma oksidlangan neftli bitumlarini olish uchun mo‘ljallangan. Xomashyo sifatida gudronlar (neft chiqindisi), ko‘p fraksiyali gudronlar, neft goldiqlarini deasfaltizatsiya asfaltlari, termik kreking goldiqlari va ularni aralashmasi, og‘ir neft uchun-mazutlar (qoramoy yoki neft qoldig‘i, harorati 350°C dan yuqori) dan foydalaniladi. Yo‘l qurilishiga ishlatiladigan, qurilishga, yopilmalarga va maxsus qovushqoq- bitumlar yumshatish harorati 130°C va uning kirib borish chuqurlig 25°C (100 g, 5 sek) dan 00gacha bo‘lgan mahsulotlar hisoblanadi.

Qovushqoq yo‘l bitumlarini 9 ta markasi ishlanadi (GOST 22245-76) 25°C igna yumshatish harorati 330C (KiSh bo‘vicha), 25 °Cda cho‘ziluvchanligi 40 sm, mo‘rtlik harorati minus 100C dan past. Qurilishda qo‘llaniladigan bitumlar uchta markada ishlab chi- qariladi: yopilmalar uchun-uchta markada (GOST 9548-74), maxsus izolvatsiva ishlari uchun uchta markada (GOST 9812-74), lak-buyog mahsulotlari, shinalar, elektr-texnik va boshga sohalar uchun (GOST 21822-76) maxsus bitumlar ishlab chiqariladi. Kirish chuqurligi (40- 300)-0,1 mm va 0 °Cdan yuqori haroratda 13-0,1 mm.Yo‘l uchun oksidlangan qovushqoq bitumlarni chiqishi (gudron) 98%ga yaqin, qurilish uchun 94-96%ni (massasi bo‘yicha) tashkil qiladi.Xomashvo-gudron-vakuum kolonnasidan issiqlik almashtirgichga beriladi va undan keyin oksidlantiruvchi kolonnaning yuqori qismidan (xom ashyoning sathidan 1 metr pastdan) kirib keladi. Oksidlovchi kolonnaning pastidan kompresor siqilgan havo (motochnik- orqali) uzatiladi. Gudron pastga harakatlanadi, havo yuqoriga va ularning juda yaqin kontaktida xomashyoni oksidlanish jarayoni boradi. Oksidlanish natijasida moy smolaga o‘tadi, smola esa asfaltenga o‘tadi. Havodagi kislorod xomashyo tarkibidagi vodorod bilan o‘zaro reaksivalanadi va suv bug‘larini hosil qiladi. Vodorodning yo‘qotilishini o‘sisshi xomashyoni polimerlanishi va quyushlashishi bilan kuzatiladi.Qurilmaning tarkibiga quyidagi asosiy elementlar kiradi, xomashyoni kerakli haroratgacha tayyorlash (vakuum qurilmasidan to‘gri kirib keladigan gudronni qayta ishlash, issiq almashtirgich- larda neftni gizzdirish issigligidan kerakli haroratgacha sovutish) kolonnalardagi oksidlanish (to‘xtovsiz ishlaydigan kolonna turidagi reaktor); neft mahsulotlarini, suvlarni, past malekulyar al’degidlarni,ketonlarni, spirtlarni va kislotalarni bug‘larini kondensatsiyalash hamda ularni sovutish; gazsimon mahsulotlarni oksidlab yoqish. Qurilmaning texnologik sxemasi 1-rasmda keltirilgan. Kislorodning asosiy qismi suv bug‘lari ko‘rinishida gaz bilan chiqib ketadi va kam miqdorda uglerod ikki oksidi va is gazi ko‘rinishida yoki boshqa birikmalar ko‘rinishida bo‘ladi.



1-rasm. To‘xtovsiz harakatlanadigan kolonna turidagi bitum ishlab chiqarish qurilmasining texnologik sxemasi:

- 1, 6- issiqlik almashtirgich; 2-havo resiveri; 3-kompressor; 4- kolonna turidagi reaktor; 5, 8- nasoslar; 7- havo bilan sovutish apparati; 9- kondensator; 10- o‘txona.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Oksidlangan bitumdagi kimyoviy bog‘langan kislorod quyidag holatda taqsimlanadi: 40% dan 60% gacha (massasi bo‘yicha) murakkab efir guruhi ko‘rinishida (COOR), qolgani taxminan quyidagiga teng: gidrooksid bilan (OH), karbosilikat (COOR) va karbonil (=CO) guruhlari shaklida bo‘ladi.

Issiqlik olish uchun kolonnaning yuqori qismidan suvni uzatish oldindan ko‘riladi va haroratni pasaytirish uchun reaksiya olib boriladi. Kolonnaning yuqori qismidan gazsimon mahsulotlarning tarkibidagi kislorodning miqdorini pasaytirish uchun suv bug‘lari beriladi. Qayta ishlangan havo, oksidlangan gazsimon mahsulotlar kolonnaning yuqori gismidan chiqib ketadi va kondensatorning pastki qismida aralashma to‘planadi. Aralashma pastdan yuqoriga qarab suvga qarshi harakatlanadi, neft mahsulotlarini, suvni va kislorod birikmali bug‘larni kondensatsiyalaydi. Kondensatorning pastki qismidagi kondensat chiqib ketadi, "qora solyar" esa tutqichda ushlanadi va nasos apparati yordamida yoqilg‘ilarni yig‘gichga haydaladi. "Qora solyardan" yoquvchi mazut komponenti sifatida foydalaniladi. Kondensatsiyalanmagan - azot, is gazi va uglerod ikki oksidi, kislorod izlarining qismi - yoqish uchun o‘txonada to‘planadi. Hosil bo‘lgan mo‘ri gazlari tortuvchi quvur orgali atmosferaga chiqariladi.

Tayyor bo‘lgan bitum nasos yordamida issiqlik almashtirgich orqali oksidlovchi kolonnaning pastki gismidan olinadi, bitum-neft va havoli sovutish apparatidan bitumni taqsimlagichga beriladi. Yo‘l bitumlarini adgezion xossalarini kuchaytirish uchun unga 5% gacha (massasiga nisbatan) sirt faol modda oqimga va aralashtirgichga qo‘shilma qo‘shiladi.

Qurilmada xomashyo sarfini, bosimini va siqilgan havo sarfini, oksidlovchi kolonnadagi suyuqlik fazasini haroratini va sathini avtomatik rostlagichlar hamda oksidlovchi kolonnaga kirib keladigan xomashyoni va havoli sovutish apparatidan keyin tovar bitumini mahsulotini haroratini yozib olish uchun kolonnaning uchta nuqtasiga nazorat qiluvchi asboblari va vositalari o‘rnatiladi,

Qayta ishlash uchun rezervuardan xomashyoni qabul qiluvchi qurilmani ishini nazorat qilish oldindan ko‘rib chiqilgan. Bunday holda xomashyo talab qilingan haroratgacha zmayevik pechida qizdiriladi.

Agarda har xil markada bitumlarni bir vaqtda qayta ishlashga to‘g‘ri kelsa, u holda oksidlovchi kolonnaga mustaqil ishlaydigan beshta qurilma montaj qilinadi. Har bir kolonnada kerakli markadagi tovar bitumi olinadi. Qurilmaning boshqa seksiyalarida xomashyoni tayyorlash, bug‘larni kondensatsiyalash va oksidlangan

Atrof muhitni muhofaza qilishda oksidlangan kondensatsiyalanmagan gazsimon mahsulotlarni yoqish uchun havoli sovutish apparatiga pech o‘rnatiladi. Qurilmani xavfsiz ishlatishni ta‘minlash uchun avtomatik blokrovka qurilmasi o‘rnatilgan bo‘ladi, uning yordamida quyidagi holatlarda oksidlanish jarayon (siqilgan havoni uzatish) to‘xtatiladi: oksidlovchi kolonnada suyuqlik fazasining harorati (270 °C) chegaraviy haroratdan yuqori bo‘lganda; suyuqlik va bug‘ fazalari

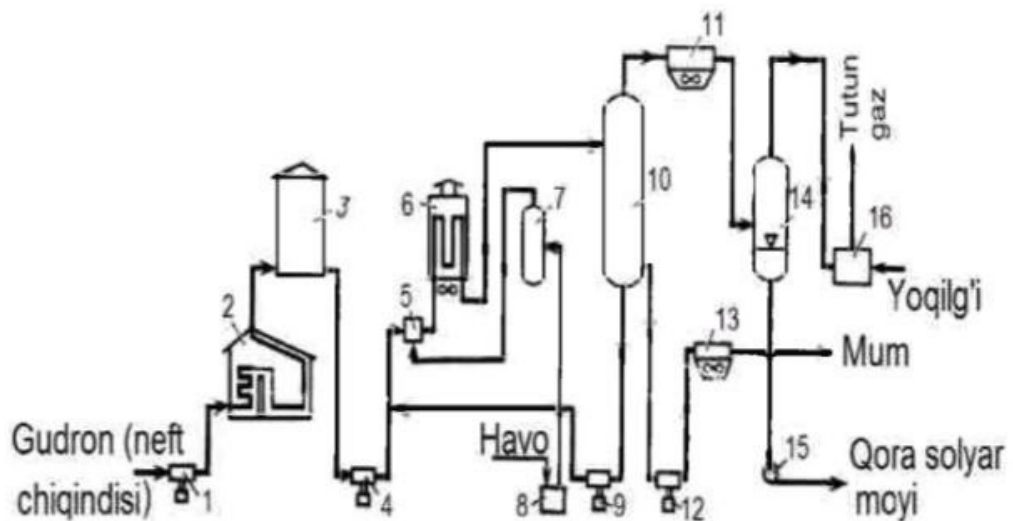
“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

oralig‘idagi haroratning farqi 15°C dan oshib ketganda; oksidlanish gazsimon mahsulotlarning tarkibidagi kislorodning miqdori belgilangan normadan (4-5%) oshib ketganda va oksidlovchi kolonnadagi bosim ko‘rsatilgan qiymatdan oshib ketganda to‘xtatiladi. Oksidlovchi kolonnasida portlashga qarshi himoyalovchi klapanlar montaj qilinadi hamda kolonnaga suv bug‘larini uzatishda ham klapanlar montaj qilinadi.

Zmeyevik turidagi reaktorli bitum qurilmasida neftli bitumlarni oksidlanishi sodir bo‘ladi. Bitumni xomashyosi sifatida gudronlar, ko‘p tarkibli gudronlar hamda og‘ir neftning 350°C dan yuqori bo‘lgan mazutlari qo‘llaniladi. Yo‘l qurilishiga ishlatiladigan, qurilishga, yopilmalarga va maxsus qovushqoq bitumlarning yumshatish harorati 130°C va igna kirib borish chuqurligi 25°C (100 g, 5 sek)dan 00gacha bo‘lgan mahsulotlar hisoblanadi.

Yo‘l uchun oksidlangan qovushqoq bitumlarni chiqishi (gudron) chiqishi 98%ga yaqin, qurilish uchun 94-96%ni (massasi bo‘yicha) tashkil qiladi.

Qurilmaning asosiy seksiyalari quyidagilar: zmeyevikli pechda xomashyoni qizdirish; reaktor bloki (zmeyevik turidagi reaktor); gaz va suyuqlik fazasini ajratish; neft mahsulotlarini va suv bug‘larini kondensatsiyalash va sovutish; ajratish; oksidlangan gazsimon mahsulotlarni yoqish kiradi. Qurilmaning texnologik sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Xomashyoni ko‘pikli holatda oksidlash uchun reatorli zmeyevikli bitum qurilmasining texnologik sxemasi

1, 4, 9, 12, 15 - nasoslar; 2- pech; 3- yig‘gich; 5- aralashtirgich; 6- reaktor; 7- havoli resiver; 8- kompressor; 10- bug‘latgich; 11, 13-havoli sovutuvchi apparat; 14- ajrataich; 16- o‘txona.

Xomashyo gudron rezervuardan porshenli nasos yordamida olinadi va $260\text{--}270^{\circ}\text{C}$ haroratda qizdirish uchun zmeyevikning quvurli pechiga uzatadi. Undan

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

keyin mahsulot yig‘gichga to‘planadi. U yerdan mahsulot porshenli nasos yordamida olinadi va aralashtirgichga beriladi. U yerga porshenli nasos yordamida retsirkulyatsiya oksidlangan mahsulot beriladi va kompressor yordamida 0,7-0,8 MPada havo siqiladi.

Hosil bo‘lgan aralashma aralashtirgichdan reaktorga uzatiladi. Reaktor umumiy tik quvurli zmeyevik ko‘rinishda bo‘ladi, uzunligi 150-400 m. Xomashyoni kislorod bilan oksidlanishi aralashtirgichda boshlanadi (ko‘pikli tizimda) va reaktorning zmeyevikida davom etadi. Reaktorning quvurlar oralig‘idagi oksidlanish reaksiyasining ekzotermik issiqlikligini olish uchun unga shamollatgich yordamida havo uzatiladi. Reaksiya mahsulotlarini aralashmasi reaktordan bug‘latgichga to‘planadi va u yerda suyuglikdan gaz ajratib olinadi. Ishlangan havo, gazsimon oksidlangan mahsulotlar, neft mahsulotlarining va suvning bug‘lari II-chi havoli sovutish apparati orqali ajratgichga yo‘naltiriladi. Ajratgichning yuqori qismi orqali ishlangan havo, oksidlangan gazsimon mahsulotlar hamda suvning va neft mahsulotlarining kondensatsiyalanmagan bug‘lari o‘txonaga atmosferaga beriladigan oksidlangan gazlarni yoqib yuborish uchun beriladi. Neft mahsulotlarining bug‘larini asosiy kondensatsiyalangan qismi (quvilgan yoki qora solyar) ajratgichning pastki qismida to‘lanadi, u yerdan markazdan qochma (yoki porshenli) yordamida sovutgich orqali yig‘gichga beriladi

1-jadval

Harorat,	
Zmeyevikdan pechga chiqishdagi xomashyo	260-
reaktordan chiqishdagi reaksiya mahsulotlari muzlatgichdan keyingi bitum	270- 270-
Retsirkulyatsiya koeffitsiyenti (massa bo‘yicha) ortiqcha bosim, Mpa siqilgan havo reaktorga kirishda bug‘latgichga kirishda	275- 170- 200- (3-8):1
reaksiya zonasida aralashmaning bo‘lish davri, min reaktor zmeyevikida aralashmaning harakatlanish tezligi m/s	0.7-0.8 0.6-0.7
Bug‘larning harakatlanishini chegaraviy tezligi, m/s, katta emas	0.15- 0.20
bug‘latgichning erkin kesimida ajratgichda 1 t/soat gudron uchun reaksiya zonasining hajmi (xom ashyoning tabiati bitumning markasiga bog‘liq holda), m ³ /t-soat	6-8 0.12 0.3
Oksidlangan gazsimon mahsulotlardagi kislorodning miqdori, % (massa bo‘yicha.)	0.3-1.1 0.2-4.0

Qora solyardan yoqiluvchi mazutning komponenti sifatida foydalaniladi. Bug‘latgichda oksidlangan bitum to‘planadi. Bug‘latgichning pastki qismidan

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

porshenli nasos yordamida bitum olinadi va retsirkulyat sifatida arlashtirgichga beriladi. Mahsulotlarni retsirkulyatsiya koeffitsiyenti olinadigan tovar bitumning sifatiga bog‘liq bo‘ladi. Oksidlangan bitumning qoldic qismi porshenli nasos yordamida olinadi va havoli sovutish apparati orqali bitumni qabul qilgichga (bitum taqsimlagichga) yo‘naltiriladi.

Yo‘l bitumlarini adgezion xossasini kuchaytirish uchun 5% (massasi bo‘yicha) sirt faol modda sovutgichdan keyin tayyor mahsulot oqimiga ildindan go‘shiladi (u sxemada ko‘rsatilmagan) Atrof muhitni himoya qilish uchun oksidlangan gazsimon mahsulotlarni kondensatsiyalanmagan qismini yoqishni amalga oshirish uchun havoli sovutish apparatidan foydalaniladi,

Neft bitumlarini ishlab chigarishning uch xil usuli mavjud.

1. Neft qoldiqlarini suv bug‘i yoki inert gaz mavjudligida vakuumda haydash yo‘li bilan yig‘ish (o‘ta og‘ir asfalt-smolali neftlarni qayta ishlashda qoldig bitumlari atmosferali haydash yoli bilan olinishi mumkin). Ba’zi bir mamlakatlarda gudronni deasfaltizatsiya qilish jarayoni asfalti ham qoldig bitum hisoblanadi. Boshqa mamlakatlarda uni alohida usul bitumlarni cho‘ktirib airatib olinadi.

2. Turli neft qoldiqlarining (mazutlar, gudronlar, yarimgudronlar, deasfaltizatsiya asfaltlari, moylarni selektiv tozalash ekstraktlari, qoldiq yoki ularning aralashmalarini krekinglash) 180 - 300°C haroratda havodagi kislorod bilan oksidlanishi.

3. Turli neft qoldiqlarini distillyatlar va oksidlangan yoki qoldiq bitumlar va b.lar bilan kompuandirlash+(aralashtirish).Bundan tashqari, yuqorida ko‘rsatilgan usullarni qo‘shish ham mumkin. Neft bitumlarini ishlab chigarish uchun vakuumli haydash, oksidlash va deasfaltizatsiya jarayonlaridan foydalaniladi. Vakuumli haydash xomashyosi odatda mazut hisoblanadi, oksidlash va deasfaltizatsiyalash uchun gudron qo‘laniladi. Tovar bitumlari u yoki bu jarayonning bevosita mahsuloti yoki bir va boshqa turli jarayonlar mahsulotlarini kompuandirlash mahsuloti sifatida olinadi. Tayyor bitumlar sifati birinchi navbatda xomashyo sifatiga, oksidlangan bitumlar uchun esa haroratga, oksidlanish davomiyligiga va havo sarfiga ham bog‘liq bo‘ladi.

Bitum ishlab chigarish uchun og‘ir smola asfaltenli neftlarni qayta ishlash mahsulotlari quyidagi qoldiqlari eng yaxshi xomashya bo‘lib xizmat qiladi: gudronlar, kreking qoldiglar, asfaltlar va moylarni tozalash ekstraktlari. Neftda smola asfalten komponentlar miqdori qancha ko‘p bo‘lsa, asfalten : smola nisbati shuncha katta va qattiq parafinlar miqdori qancha kam bo‘lsa, olinadigan bitumlar sifati shuncha yuqori va ularni ishlab chigarish texnologiyasi shuncha oddiy bo‘ladi. Neftlarda parafin miqdorining yuqoriligi bitumlarning mustahkamlik va mineral qoplamalarga yopishuvchanligi kabi muhim foydalanish ko‘rsatgichlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Bitum olinadigan neftlar yaxshi tuzsizlantirilgan bo‘lishi kerak.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Qoldiq bitumlardan foydalanish xorijiy amaliyotda keng tarqalgan. Shunday qilib, Fransiyada ishlab chiqarilayotgan bitum- larning 85%ni goldiqlar tashkil etadi. Qoldiq bitumlarning oksidlanganlaridan farqli ravishda quyidagilar asosiy belgilari hisoblanadi: nisbatan yuqori zichlik, yuqori qattqlik va uzilishga qarshilik ko‘rsatish, harorat ozgarishiga ta’sirchanlik. Ob-havoga barqaror bitumlar vuqori smolali (asfaltenli) neftlardan olinadi. Qoldiq bitumlarni olish uchun faqatgina naftenli va naften aromatik asosli, ya’ni kam parafin miqdorli og‘ir bo‘lgan ba’zi navlarga yarog‘li. Qoldiq neftlarni ishlab chigarish tanlangan neftlarni atmosfera-vakuumli haydashga asoslanadi. Bitum AVT vakuum kolonnasi pastidan tovar mahsulot sifatida chiqarib olinadi. Ba’zi hollarda AVT aynan bitum olish uchun qoldiq bosim 3 dan 10 mm.rt.ust. gacha ushlab turiladigan qo‘shimcha vakuum kolonnasiga ega bo‘ladi. Haydashning asosiy parametrlari: harorat, vakkum chuqurligi va suv bug‘i sarfi. Odatda harorat 420°C, qoldiq bosim 30- 70 mm.rt.ust. da ta’minlanadi. Parafin asosli xomashyo 10 mm.rt.ust bosimda haydaladi, ammo bunda bitum moy bilan birlashadi. Ajratish jarayoni rejimini rostlab turli xil penetretsiyali qoldiq bitumlarni olish mumkin. Xalq xo‘jaligida neft bitumlarining keskin tangisligi yuqori smolali neftlarni bitum ishlab chiqarish uchun o‘zlashtirish va foydalanishni taqozo etadi. Cho‘kindi bitumlar (asfaltlar) gudronni deasfaltizatsiya qilish jarayonidan olinadi. Chet davlatlarda, masalan, AQSh va Finlyandiyada bitum ishlab chiqarishga yoki oksidlangan bitum olish uchun xomashyo ishlab chigarishga ixtisoslashgan xomashyoni deasfaltizatsiya qilish bo‘yicha qurilmalar foydalanish qilinadi. Deasfaltizatsiya rejimi (ekstraksiya kolonnada harorat gradiyenti, propan/xomashyo nisbati) talab qilinadigan bitum sifatidan kelib chigib rostlab turiladi. Bunday jarayonda deasfaltizat (katalitik kreking, gidrokreking uchun xomashyo) qo‘shimcha mahsulot hisoblanadi. Odatda jarayon uchun bevosita bitum ishlab chiqarish uchun yaroqsiz bo‘lgan parafin asosli yoki aralash asosli neftlardan foydalaniladi. Jarayon bitum ishlab chiqarishning xomashyo resurslarini kengaytirishga imkon beradi. Deasfaltizatsiya asfalti bitumlari kam miqdorda parafin naftenli birikmalar va ko‘p miqdorda smola va asfaltendan tarkib topib, bu ularning aynan usha neft gudronini oksidlanishidan olingan, o‘sha yumshash haroratdagi bitumlarga nisbatan kichik penetratsiyasi, plastiklik kichik intervali va ko‘p cho‘ziluvchanlik mo‘rtlik harorati va kogeziyasiga olib keladi. Sobiq SSSR hududida birorta ham bitum ishlab chiqarishga mo‘ljallangan deasfaltizatsiya qurilmasi mavjud emas edi. Mavjud bo‘lgan propan deasfaltizatsiyasi qurilmalari qoldiq moylar ishlab chiqarishga mo‘ljallangan. Bunda asfalt sifati tartibga solinmagan va nazorat qilinmaydi. Deasfaltizatsiya asfaltlari bitumlarni: oksidlash; to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan gudronni kompaundirlash; to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan gudron aralashmasini oksidlash; asfaltni 100 °C gacha yumshash haroratida oksidlab keyinchalik uni gudron yoki moyni selektiv tozalash ekstrakti bilan suyultirish bilan qayta ishlanishi mumkin. Chet ellarda maxsus og‘ir

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

neft navlaridan foydalanilishiga qaramay, chuqur vakuumli haydash tez-tez bitumning kerakli sifat ko‘rsatgichlarini ta‘minlay olmayapti. Vakuum qoldiqlarining qovushqoqligi va haroratga ta‘sirchanligini oshirish uchun, xomashyoning keng assortimentidan talab ilingan sifatdagi mahsulot olishga imkon beruvchi oksidlash jarayonidan foydalaniladi. Oksidlangan bitumlar qoldiq bitumga taqqoslaganda bir hil penetratsiyada yuqoriroq yumshash harorati va qovushqoqligiga ega bo‘ladi. Ikkilamchi jarayonlarning va ularning qoldiqlaridan bitum ishlab chiqarish uchun xomashyo sifatida foydalanishning rivojlanishi bitum ishlab chiqarish sanoatida oksidlash jarayonlarining rivojlanishining dastlabki sharti hisoblanadi.

Bitumlarni olishda xomashyoni oksidlash jarayoni radikal zanjirli mexanizm bo‘yicha olib boriladi. Kislorod organik birikma bilan reaksiyaga kirishganda vodorodni ajratadi yoki molekulaga kiritadi, yoki u va buni bir vaqtda bajaradi. Bunda erkin radikallar va gidroperekislarning oraliq mahsulotlar sifatida hosil bo‘lishi yuz beradi. Zanjirli reaksiya kelib chiqadi. Zanjirlarning uzilishi radikallarning rekombinatsiyasi natijasida yuz beradi. Bir vaqtning o‘zida ko‘plab reaksiyalar kechadi: oksidlangan degidriklanish, dealkillash, oksidlangan polimerizatsiya, polikondensatsiya, uning mahsulotlarinig keyinchalik zichlanishi bilan olib boriladi. Neft uglevodorodlari (moylar) eng ko‘p reaksiya qobiliyatli hisoblanib, ular oksidlanish jarayonida asosan ikki yo‘nalishda o‘zgaradi. Neftni qayta ishlash zavodlarida oltingugurt texnik vodorod- sul’fiddan (H_2S) olinadi. NQIZlarida H_2S asosan 15%li monoetanola- minning suvli eritmasidan maxsus qurilmali gidrotozalash a gidrokreking ogimlaridan olinadi.

Monoetanolaminning to‘yingan eritmasidan vodorod sul’fid regeneratsiya bloki dizel yoqilg‘isini, kerosinni yoki benzinni gidrotozalash qurilmalariga, gidrokrekingga yoki qayerda monoetanolamin eritmasi yig‘iladigan oltingugurt ishlab chiqarish qurilmalariga va vodorod-sul’fid tarkibli katta guruhdagi qurilmalarga montaj qilinadi. Regeneratsiya qilingan monoetanolamin gidrotozalash qurilmasiga qaytariladi va u yerda vodorod-sul’fid olish uchun foydalaniladi.

Oltingugurt ishlab chiqarish qurilmalarida tarkibida 83,8 %dan (hajmiga nisbatan) kam bo‘lmagan vodorod-sul’fid gazlaridan foydalaniladi. Uglevodorodli gazlarni tarkibi xomashyoda 1,64 % dan katta emas (hajmiy), suv bug‘lari (40 Cda va 0,05 MPa) 5 % dan katta emas (hajmiy) va uglerod ikki oksidi 4.56 % (hajmiy) katta emas. Qurilmalarda tarkibi 99,98 % (massasi bo‘yicha) kichik bo‘lmagan yuqori sifatli oltingugurtlar ishlab chiqariladi; boshqa sortlarida oltingugurt tarkibi 99,0 i 99,85% dan kichik emas (massasi bo‘yicha). Oltingugurtning chigishi uning vodorod-sulfiddagi potensial tarkibidan 92-94%%ni tashkil qiladi (massasi bo‘yicha). Xomashyoda vodorod-sul’fidni konsentratsiyasini kuchaytirib, masalan, 90%gacha (hajmiy) oltingugurtning potensialdan chiqishi 95-96% gacha (massasi bo‘yicha) oshadi. Texnik vodorod-sul’fiddan oltingugurt ishlab chiqarish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

jarayonining asosiy bosqichlari: vodorod-sulfidni havo kislorodi bilan termik oksidlantirib oltingugurt va oltingugurt ikki oksidini olish; katalizatorlar bilan yuklangan reaktorlardagi vodorod-sulfid bilan oltingugurt ikki oksidini o‘zaro ta’sir etish.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, neftni qayta ishlash jarayonlarida bitum va texnik uglevodorodlarni ishlab chiqarish zamonaviy sanoatning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu jarayonlarda qo‘llaniladigan zamonaviy qurilmalar, xususan reaktorli zmeyevikli (quvur ichida quvur) tizimlar, issiqlik almashinuvi samaradorligini oshirish va mahsulot sifatini yaxshilashda katta ahamiyatga ega. Neft bitumlarini olishning turli usullari ishlab chiqarish samaradorligini ta’minlash bilan birga, turli sharoitlarga moslashish imkonini beradi. Shu bilan birga, gaz tarkibidagi vodorod sulfiddan oltingugurt va sulfat kislotasi ishlab chiqarish texnologiyalari nafaqat iqtisodiy foyda keltiradi, balki atrof-muhitni muhofaza qilishda ham muhim rol o‘ynaydi. Umuman olganda, ushbu texnologiyalarni takomillashtirish, energiya tejamkor usullarni joriy etish hamda chiqindilarni kamaytirishga qaratilgan yechimlarni keng qo‘llash neft-gaz sanoatining barqaror rivojlanishini ta’minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Yuldashev T.R. Konlarda neft, gaz, suvni yig‘ish va tashish "Qashqadaryo ko‘zgisi OAV" nashriyoti, 2017 y. 470 bet.
2. Yuldashev T.R., Raxmatov X.B., Do‘stqobilov E.N., Yuldashev N.T. //Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasi - 1 (d) - Toshkent. Voris nashrivoti. Darslik - 2020, 514 bet
3. Yuldashev T.R., Raxmatov X.B., Do‘stqobilov E.N., Yuldashev N.T. //Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasi - 2 (d)- Toshkent Voris nashriyoti. Darslik - 2020, 388 bet.
4. Yuldashev T.R., Do‘stqobilov E.N., Yuldashev N.T. //Suyulti- rilgan sintetik yoqilgini olish texnologiyasi va jihozlar. Qarshi. Qashqadaryo ko‘zgusi OAU nashriyoti. Darslik - 2019, 400 bet
5. Yuldashev T.R., Shukurov A.SH. //Suyultirilgan gazlarni va motor yoqilg‘isini olishning innovatsion texnologiyasi - Toshkent Voris nashriyoti. Monografiya - 2020, 150 bet

MAYIN TUYISH JARAYONINING NAZARIYASI

Shamayev Baxodir Ergashevich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

Eshilova Latofat Alisher qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Choriyev Sherzod Baxtiyor o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Mazkur tezisdagi silikat xom ashyolarini mayin tuyish jarayonining nazariy qonuniyatlari va material xossalari bog‘liq maydalanuvchanlik farqlari tahlil qilindi. Taqqosiy yondashuvda ohaktosh, gil, kvars qumi, dala shpati va klinkerning qattiqlik, mo‘rtlik, namlik hamda sirt hosil qilish xususiyatlari baholandi. Rittinger va Bond qonunlari asosida energiya sarfining disperslikka bog‘liqligi izohlanib, sharli va vertikal tegirmonlar hamda vibratsion maydalagichlar uchun maqbul qo‘llash sohalari ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar. mayin tuyish, silikat xom ashyosi, maydalash mexanizmi, disperslik, energiya sarfi, zarracha o‘lchami, sirt maydoni

Silikat xom ashyolarini mayin tuyish mahsulotning mineralogik bir jinsliliigi, pishish kinetikasi va yakuniy mustahkamligiga bevosita ta‘sir qiluvchi asosiy texnologik bosqichdir. Ohaktosh, gil, kvars qumi, dala shpati va klinker kabi materiallarda disperslik darajasi oshgani sari aralashmaning reaktivligi, sinterlanish tezligi va fazaviy o‘zgarishlarning bir tekisligi yaxshilanadi. Biroq aynan shu bosqichda elektr energiyasi sarfining yuqoriligi hamda optimal tuyish rejimini tanlash muammosi keskin namoyon bo‘ladi.

Maydalashning nazariy asosida siqilish, zarba, ishqalanish va kesish mexanizmlari yotadi. Siqilish mo‘rt jinslarda boshlang‘ich yorilishlarni hosil qiladi; zarba yirik bo‘laklarni tez parchalaydi; ishqalanish sirtini mayinlashtiradi; kesish esa nam va plastik tarkibli massalarda samaraliroq bo‘ladi. Amaliy jarayonda bu mexanizmlar alohida emas, balki kombinatsiyalashgan holda ishlaydi. Mayin tuyish odatda dastlabki maydalash, o‘rta maydalash, mayda maydalash va klassifikatsiya bilan yakunlanuvchi mayin tuyish bosqichlaridan iborat bo‘lib, har bir pog‘ona ortiqcha yanchilishni emas, nazoratli sirt hosil qilishni ko‘zlashi zarur.

Disperslik darajasi zarracha o‘lchami kamayishi bilan tavsiflanadi. d kamayganda zarrachalarning umumiy sirt maydoni keskin ortadi; natijada bog‘lovchi fazalar bilan o‘zaro ta‘sir, issiqlik almashinuvi va sinterlanish faollashadi. Shu bilan birga juda mayin fraksiya aglomeratsiya, changlanish va qayta yopishish ehtimolini kuchaytiradi. Shuning uchun optimal zarracha o‘lchami texnologik samaradorlik va energiya tejamkorlik o‘rtasidagi muvozanat nuqtasi sifatida qaraladi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Mayin tuyish energiyasini baholashda Rittinger qonuni nozik fraksiyalar uchun ko‘proq mos keladi: $E = k(1/d_2 - 1/d_1)$. Bu yerda E — birlik massa uchun sarflangan energiya, k — materialning maydalashga qarshilik koeffitsiyenti, d_1 — boshlang‘ich o‘rtacha zarracha o‘lchami, d_2 — yakuniy o‘rtacha zarracha o‘lchami. Tenglamadan ko‘rinadiki, yangi sirt yuzasi hosil bo‘lishi ustun bo‘lgan mayin tuyishda d_2 kichraygani sari energiya ehtiyoji tez ortadi.

Oraliq va mayin bosqichlarni umumlashgan holda ifodalashda Bond qonuni qo‘llanadi: $E = k(1/\sqrt{d_2} - 1/\sqrt{d_1})$. Bu yerda k — material va uskuna tizimining energiya sig‘imini ifodalovchi koeffitsiyent. Mazkur qonun hajmiy deformatsiya va yangi sirt hosil bo‘lishi orasidagi o‘tish holatini ifodalashi bilan amaliy jihatdan qulaydir. Grafik tavsifi shuni ko‘rsatadiki, disperslik ortishi bilan energiya sarfi oshadi, ayniqsa mayin tuyishda bu bog‘liqlik keskinlashadi; egri chiziq mayda o‘lchamlar sohasida tiklashib boradi.

1-jadval.

Turli materiallarning maydalanuvchanligi va energiya sarfi

Material	Qattiqlik	Mo‘rtlik	Namlik	Tuyilish qiyinligi	Energ. sarfi	Samarali usul
Ohaktosh	past-o‘rta	yuqori	past	oson	past	sharli/vertikal
Gil	past	past	yuqori	o‘rta-qiyin	o‘rta-yuqori	quritish + vertikal
Kvars qumi	yuqori	yuqori	past	qiyin	yuqori	vibratsion/vertikal
Dala shpati	o‘rta-yuqori	o‘rta	past	o‘rta-qiyin	o‘rta-yuqori	yopiq siklli sharli
Klinker	yuqori	yuqori	past-o‘rta	qiyin	yuqori	separatorli vertikal

Taqqosiy tahlil shuni ko‘rsatadiki, ohaktosh nisbatan yumshoq va mo‘rt bo‘lgani uchun siqilish-zarba sxemasida tez maydalanadi hamda nisbiy energiya sarfi past bo‘ladi. Gilning qattiqligi pastroq bo‘lsa-da, namligi va plastikligi sabab kesish-ishqalanish ustun bo‘ladi, bu esa oldindan quritishsiz tuyishni qiyinlashtiradi. Kvars qumi yuqori qattiqlik va abrazivlikka ega bo‘lib, eng katta yeyilish va energiya sarfini keltirib chiqaradi. Dala shpati kvarsiga nisbatan yumshoqroq, biroq baribir o‘rta-yuqori energiya talab qiladi. Klinker esa yuqori qattiqlik va mo‘rtlik uyg‘unligi tufayli samarali maydalansa ham, mayin fraksiyaga o‘tkazishda sezilarli energiya sarfini talab etadi.

1-jadvaldagi taqqoslashdan ko‘rinadiki, gil uchun namlikni optimallashtirish va quritish, kvars qumi uchun yeyilishga chidamli futerovka, dala shpati hamda

klinker uchun yopiq siklli klassifikatsiya bilan birga bosqichli tuyish eng maqbul yondashuvdir. Sharli tegirmonlar universalligi va mahsulotning barqaror nozikligini ta'minlashi bilan afzal, ammo ortiqcha yanchilish va metall sarfi yuqori. Vertikal tegirmonlarda siqilish va kesish mexanizmlari uyg'unlashib, quritish va ajratish bir agregatda bajariladi; shu sababli solishtirma energiya sarfi kamayadi. Vibratsion maydalagichlar esa o'ta mayin mahsulot va sirt faollashuvini ta'minlaydi, ayniqsa kvarsli va qattiq komponentlarda samarali.

Energiya tejamkor maydalash tizimlari sifatida yuqori samarali separatorlar, chastota boshqaruvli yuritmalar, yopiq sikl, oldindan quritish va yuklamani onlayn nazorat qiluvchi avtomatlashtirilgan boshqaruv tavsiya etiladi. Optimallashtirishning amaliy mezonlari — ortiqcha maydalanishni emas, kerakli reaktiv sirtning eng kam energiya bilan hosil qilishidir. Shu nuqtai nazardan, ohaktosh sharli yoki vertikal tegirmonlarda, gil quritish bilan birga vertikal tizimda, kvars qumi vibratsion yoki yeyilishga bardoshli vertikal uskunada, dala shpati yopiq siklli sharli tegirmonlarda, klinker esa separatorli vertikal tegirmonlarda samaraliroq maydalanadi. Bunday tanlov texnologik barqarorlikni oshiradi, energiya sarfini kamaytiradi va silikat mahsulotlari sifatini barqarorlashtiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Adilxodjayev A.I. Qurilish materiallari. – Toshkent: O'zbekiston xalqaro islom akademiyasi nashriyot-matbaa birlashmasi, 2020.
2. Qosimov I.M. Zamonaviy qurilish materiallari va konstruksiyalari. – Toshkent: Lesson Press, 2020.
3. Shakirov T.T. Qurilish materiallarining modifikatsiya usullari. – Toshkent: Toshkent arxitektura-qurilish universiteti, 2022.
4. Qodirova F.M. Sanoat chiqindilari asosida qurilish materiallari ishlab chiqarish. – Namangan: Namangan muhandislik-qurilish instituti, 2024.
5. Ramazanov S.O., Xujamberdiyev Sh.M., Zikirov H.A., Bozorov S. Qurilish g'ishti va olovbardosh materiallar texnologiyasi. – Termiz: Termiz publishing center, 2025.

**CHINNI VA FAYANS BUYUMLARINI ISHLAB CHIQUARISH
TEXNOLOGIYASINI O‘RGANISH**

Shaymardanova Mohichehra Alimardanovna

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

Bo‘riyev Quvonchbek Nurxonovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Ahmedov Abduvali Ismoil o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya: Mazkur tezisdagi chinni va fayans buyumlarini ishlab chiqarish texnologiyasini o‘rganish masalalari yoritilgan. Ishda chinni va fayans mahsulotlarini tayyorlashda foydalaniladigan asosiy xom ashyolar, ularning tarkibi hamda fizik-kimyoviy xususiyatlari tahlil qilinadi. Shuningdek, ishlab chiqarish jarayonining muhim bosqichlari, jumladan xom ashyoni tayyorlash, aralashma hosil qilish, buyumlarni shakllantirish, quritish, kuydirish va sir bilan qoplash jarayonlari haqida ma’lumot beriladi.

Kalit so‘zlar: chinni, fayans, keramika sanoati, xom ashyo (kaolin, kvars, dala shpati), keramik massa tayyorlash.

Kirish

Bugungi kunda qurilish va maishiy xizmat sohasida chinni va fayans mahsulotlariga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Ushbu materiallar o‘zining gigiyenik xususiyatlari, kimyoviy bardoshliligi va estetik ko‘rinishi bilan ajralib turadi. Texnologik jarayonlarni optimallashtirish orqali mahsulot tannarxini tushirish va sifatini oshirish dolzarb vazifa hisoblanadi. "Insoniyat sivilizatsiyasi tarixida kulolchilik, xususan, chinni va fayans ishlab chiqarish san’ati alohida o‘rin tutadi. Bugungi kunda ushbu soha nafaqat badiiy hunarmandchilik, balki yuqori texnologik sanoat tarmoig‘iga aylandi.

Chinni va fayans buyumlari o‘zining mexanik mustahkamligi, dielektrik xususiyatlari, termik chidamliligi va agressiv kimyoviy muhitga bardoshliligi bilan ajralib turadi. **Xomashyo tayyorlash:** Asosiy komponentlar — **kaolin, oq loy, kvars qumi va dala shpati**. Chinni tarkibida kaolin miqdori yuqori bo‘lib, u mahsulotning oqligi va shaffofligini ta’minlaydi. Fayansda esa loy miqdori ko‘p bo‘lib, g‘ovaklik darajasi yuqoriroq bo‘ladi. Shakllantirish (Qoliplash): Tayyor massadan quyish yoki plastik usulda shakl berish. Zamonaviy korxonalarda bu jarayon avtomatlashtirilgan presslar yordamida amalga oshiriladi. Pishirish (Kuydirish): Bu eng muhim bosqichdir. Chinni odatda ikki marta: birinchisi 900-1000°C da, ikkinchisi (sirlangandan so‘ng) 1300-1400°C da pishiriladi. Fayans uchun esa harorat biroz pastroq (1100-1250°C) bo‘ladi. Sirlash va bezash: Mahsulot

yuzasiga suv o‘tkazmaydigan shishasimon qatlam (sir) beriladi. Bu mahsulotning mustahkamligini va tashqi k o‘rinishini yaxshilaydi.

Chinni va fayans buyumlarini ishlab chiqarishini o‘rganish, Plastik materiallar (Kaolin va oq loy): Buyumga shakl berish xususiyatini ta’minlaydi. Chinni uchun yuqori sifatli, temir oksidi (Fe_2O_3) minimal b o‘lgan kaolin tanlanadi, bu mahsulotning oppoq rangda chiqishini kafolatlaydi. **Erituvchilar (Dala shpati):** Pishirish jarayonida shishasimon faza hosil qilib, kristall donachalarni bir-biriga yopishtiradi. Bu mahsulotning **zichligi va shaffofligini** oshiradi. T o‘ldiruvchilar (Kvars qumi): Buyumning karkasini hosil qiladi, pishirish paytida uning deformatsiyaga (qiyshayishga) chidamliligini oshiradi.

Texnologik jarayonlarning o‘ziga xosligi: Massani tayyorlash: Xomashyolar sharli tegirmonlarda "shliker" (suyuq loy) holatiga kelguncha maydalanadi. Bu bosqichda zarrachalarning o‘lchami 40-60 mikrondan oshmasligi shart. Pishirishdagi fizik-kimyoviy o‘zgarishlar: 1100°C dan yuqori haroratda kaolinit minerali parchalnib, mullit kristallarini hosil qiladi. Aynan mullit kristallari chinniga o‘ta yuqori mexanik mustahkamlik va termik chidamlilik beradi. Fayans va chinnining farqi: Fayans tarkibida g‘ovaklik (suv shimilishi 9-12%) yuqori b o‘lgani uchun u albatta sirlanishi shart. Chinni esa deyarli g‘ovaksiz (0.1-0.5%) b o‘lib, sir qatlami b o‘lmasa ham suv o‘tkazmaydi.

Xulosa

Xomashyo balansi: chinni va fayans buyumlarining sifati bevosita xomashyo tarkibidagi kaolin, dala shpati va kvarsning o‘zaro aniq nisbatiga bo g‘liq. Chinni tarkibida kaolin miqdorining yuqoriligi uning shaffofligi, oqligi va mexanik mustahkamligini ta’minlovchi asosiy omil ekanligi tasdiqlandi. Pishirish rejimining ahamiyati: Ishlab chiqarishda ikki bosqichli pishirish (util va sirlangan pishirish) jarayonida harorat rejimiga ($1300-1410^\circ\text{C}$) qat’iy rioya qilish mahsulotning termik chidamliligini oshiradi va ichki nuqsonlar (mikrodarazlar) paydo b o‘lishining oldini oladi.

Mahalliyashtirish va iqtisodiy samaradorlik: Mahalliy xomashyo konlaridan (masalan, Angren kaolini) samarali foydalanish va ularni boyitish texnologiyalarini q o‘llash orqali mahsulot tannarxini 15-20% gacha arzonlashtirish hamda import o‘rnini bosuvchi raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarish imkoniyati mavjudligi aniqlandi. Innovatsion yondashuv: Zamonaviy izostatik presslash va avtomatlashtirilgan sirlash usullarini joriy etish nafaqat mehnat sarfini kamaytiradi, balki mahsulotning jahon standartlariga mos kelishini va eksport salohiyatini oshirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Xoliqov, A. R. (2020). Keramika sanoatida energiya tejamkor pishirish pechlaridan foydalanish samaradorligi. "Arxiv.uz" ilmiy elektron kutubxonasi materiali.

2. Eshmetov, I. D., & s.h.k. (2021). Mahalliy xomashyolar asosida chinni va fayans massalarini tayyorlash texnologiyasi. "O‘zbekiston kimyo jurnali", №3, 45-52-betlar.
3. Yuldasheva, G. (2022). Chinni buyumlarga badiiy ishlov berish va sirlashning innovatsion usullari. "San'at va dizayn" ilmiy-amaliy jurnali, 2-son.
4. Qurbonov, M. Sh. (2023). Silikat materiallar texnologiyasi: Darslik. Toshkent: "Innovatsiya-Ziyo". (Chinni va fayans b o‘limi: 112-145-betlar).
5. Tur g‘unboyev, M. M. (2024). Fayans buyumlarining g‘ovakdorligini kamaytirishda q o‘shimcha plavniklarning o‘rni. Toshkent kimyo-texnologiya instituti yosh olimlar t o‘plami.

CHINNI VA FAYANS ISHLAB CHIQARISHDA CHIQINDILARNI QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYASI

Shaymardanova Mohichehra Alimardonovna

Termiz davlat muhandislik va agro-texnologiyalar universiteti dotsenti

Ergasheva Tursunoy Olimjon qizi

Termiz davlat Muhandislik va agra-texnologiyalar universiteti, talabasi

Mamarajabova Nasiba Bahodir qizi

Termiz davlat muhandislik va agroteknologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot uchun chinni va fayans buyumlarini ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan texnologik chiqindilarni qayta ishlash va ulardan samarali foydalanish usullari o‘rganilgan. Ishlab chiqarish jarayonida paydo bo‘ladigan siniq mahsulotlar, xomashyo qoldiqlari hamda ishlab chiqarish loylari qayta ishlanib, yana ishlab chiqarish jarayoniga qaytarish imkoniyatlari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, chiqindilarni qayta ishlash nafaqat xomashyo tejallishiga, balki atrof-muhitni muhofaza qilishga ham xizmat qilishi aniqlangan. Ushbu texnologiyalarni amaliyotga joriy etish ishlab chiqarish samaradorligini oshirish hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega [1].

Kalit so‘zlar: Chinni, fayans, ishlab chiqarish jarayoni, texnologik chiqindilar, qayta ishlash texnologiyasi, xomashyo qoldiqlari, maydalash.

Chinni va fayans mahsulotlari kundalik hayotda, qurilish va interyer buyumlari sifatida keng qo‘llaniladi. Ularning sifatli ishlab chiqarilishi katta xomashyo resurslari va energiya sarfini talab qiladi. Chinni va fayans ishlab chiqarishda chiqindilar asosan quyidagi manbalardan kelib chiqadi: ishlab chiqarish loylari, siniq yoki nuqsonli mahsulotlar, shikastlangan chinni va fayans buyumlari, shuningdek xomashyo sarfidan qolgan ortiqcha materiallar. An’anaviy ravishda ushbu chiqindilar ko‘pincha chiqindixonalarga yuboriladi, bu esa nafaqat atrof-muhitga zarar keltiradi, balki resurslarning samarali ishlatilishiga to‘sqinlik qiladi.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

Shu sababli zamonaviy texnologiyalar ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlash va ularni xomashyo sifatida foydalanish yo‘llarini ishlab chiqishga e’tibor qaratadi [2].

Xomashyo chiqindilari – loy, gil, qum va boshqa mineral materiallardan qolgan ortiqcha qismlar.

Mahsulot chiqindilari – sinik, qoralangan yoki normaga javob bermaydigan tayyor buyumlar.

Texnologik chiqindilar – loylarni aralashtirish, shakllantirish va pishirish jarayonida hosil bo‘ladigan materiallar.

Har bir chiqindi turi o‘ziga xos ishlov berish texnologiyasini talab qiladi.

Chiqindilarni qayta ishlashning afzalliklari

Chinni va fayans chiqindilarini qayta ishlashning asosiy foydalari quyidagilar:

- **Resurslarni tejash** – xomashyo sarfi kamayadi, yangi loy va gil qazib olish ehtiyoji kamayadi.

- **Ekologik xavfsizlik** – chiqindilarning atrof-muhitga zararli ta’siri kamayadi, chiqindixonalarga bo‘lgan bosim kamayadi.

- **Iqtisodiy samaradorlik** – qayta ishlash mahsulot narxini pasaytiradi, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi.

- **Energiya tejash** – qisman qayta ishlangan materiallar pishirish jarayonida energiya sarfini kamaytirishga yordam beradi[3].

So‘nggi yillarda chinni va fayans ishlab chiqaruvchi korxonalarda chiqindilarni qayta ishlash texnologiyalari keng qo‘llanilmoqda. Masalan, Turkiya va Xitoydagi zavodlarda sinik chinni buyumlarining 15–20% qismi qayta ishlanib, yangi mahsulot tarkibiga qo‘shiladi. Shu bilan birga, loy chiqindilarini qayta ishlash natijasida ishlab chiqarish xarajatlarini 10–15% kamaytirish mumkinligi ilmiy tadqiqotlar bilan tasdiqlangan.

Maydalash Saralangan chiqindilar maydalash uskunalari orqali mayda zarrachalarga ajratiladi. Bu jarayon chiqindilarni yangi xomashyo sifatida ishlatishga tayyorlaydi. Loy chiqindilari odatda 0,5–2 mm o‘lchamgacha maydalash talab etiladi [4].

Xulosa qilib aytganda chinni va fayans ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilarni qayta ishlash texnologiyalari ekologik va iqtisodiy jihatdan katta ahamiyatga ega. Saralash, maydalash, quritish va xomashyo sifatida qayta ishlash jarayonlari chiqindilarni samarali resursga aylantiradi. Shu bilan birga, chiqindilarni qayta ishlash orqali ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish, energiya tejalishi va atrof-muhitni muhofaza qilish imkoniyatlari yaratiladi. Kelajakda ushbu texnologiyalarni rivojlantirish va amaliyotga keng joriy etish sanoatning barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Shah, K. W., & Huseien, G. F. (2021). *Recycled Ceramics in Sustainable Concrete: Properties and Performance*. CRC Press. (Keramik chiqindilarni qayta ishlash va ularni qurilish materiallarida ishlatish bo'yicha monografiya).
2. Meyer, E. L., & Shah, A. U. I. (2026). *Sustainable Ceramics: Materials for Energy, Environment and the Circular Economy*. IntechOpen (ilmiy bob, keramika chiqindilarni barqaror foydalanish va aylanma iqtisodiyot kontekstida).
3. *Strategies and pathways to improve circularity in ceramic tile production* (2025). Journal of Cleaner Production, Volume 517. (2025 yildagi ilmiy sharh – keramika sanoatida chiqindilarni aylanma iqtisodiyot asosida boshqarish yo'llari).
4. Huseien, G. F., Joudah, Z. H., Baghban, M. H., Khalid, N. H. A., Faridmehr, I., Dong, K., et al. (2025). *Sustainability of Recycling Waste Ceramic Tiles in the Green Concrete Industry: A Comprehensive Review*. Buildings, 15(14):2406. (Keramika pol chig'indi qayta ishlash bo'yicha keng qamrovli sharh maqola).
5. Sadinov, A. Z. (2025). *Chiqindilarni qayta ishlash jarayonlarini raqamli texnologiyalar asosida takomillashtirish*. Avtoreferat. Toshkent. (2025 yildagi ilmiy ish – chiqindilarni qayta ishlash jarayonlarini raqamli texnologiyalar bilan takomillashtirish bo'yicha tadqiqot).

YUQORI DISPERS KUKUNLARNI TAYYORLASH

Choriyeva Nigora Barataliyevna

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

To'rayeva Fotima Musurmon qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Toshtemirova O'g'iloy Nuriddin qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya: Ushbu ishda yuqori dispers kukunlar tayyorlash texnologiyasining nazariy va amaliy asoslari yoritilgan. Materiallarning disperslik darajasi ularning fizik-kimyoviy xossalariga, xususan, reaktivligi, sirt faolligi va mustahkamligiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi tahlil qilingan. Yuqori dispers kukunlarni olishning asosiy usullari sifatida mexanik maydalash, aerodinamik (reaktiv) maydalash, vibratsion tegirmonlar, shuningdek, fizik-kimyoviy usullar — cho'ktirish, sol-gel va bug' fazasidan kondensatsiya qilish jarayonlari ko'rib chiqilgan

Kalit so'zlar: yuqori dispers kukun, maydalash jarayoni, zarracha o'lchami, disperslik, sharli tegirmon, vibratsion tegirmon, aerodinamik maydalash, sol-gel usuli, cho'ktirish usuli,

Yuqori dispers kukunlar tayyorlash silikat texnologiyasi va umuman kimyoviy texnologiyada juda muhim jarayon hisoblanadi, chunki materialning

dispersligi (zarrachalar o‘lchami) uning fizik-kimyoviy xossalariga bevosita ta’sir qiladi. Yuqori dispers kukunlar deganda odatda zarracha o‘lchami mikrometr (10^{-6} m) yoki undan kichik, hatto nanometr (10^{-9} m) diapazonida bo‘lgan materiallar tushuniladi. Bunday kukunlar katta sirt yuzasiga ega bo‘lib, reaktivligi yuqori, bog‘lanish qobiliyati kuchli va texnologik jarayonlarda samaradorlikni oshiradi. Silikat sanoatida bu ayniqsa sement, keramika, shisha va bog‘lovchi materiallar ishlab chiqarishda katta ahamiyatga ega [1].

Yuqori dispers kukunlarni olishning asosiy usullari mexanik maydalash, fizik-kimyoviy sintez va kombinatsiyalangan usullarga bo‘linadi. Eng keng tarqalgan usul mexanik maydalash bo‘lib, bunda boshlang‘ich xomashyo turli maydalagich va tegirmonlarda zarrachalarga bo‘linadi. Bu jarayonda zarrachalar o‘zaro urilishi, siqilishi va ishqalanishi natijasida maydalash sodir bo‘ladi. Sharli tegirmonlar (barabanli tegirmonlar) eng ko‘p qo‘llaniladigan qurilmalardan biri bo‘lib, ular ichida po‘lat yoki keramika sharlar yordamida material maydalanadi. Baraban aylanishi natijasida sharlar yuqoriga ko‘tarilib, keyin erkin tushadi va materialni urib maydalaydi. Shu bilan birga, vibratsion tegirmonlar ham yuqori dispers kukunlar olishda samarali bo‘lib, ular yuqori chastotali tebranish orqali zarrachalarni mayda holga keltiradi [2].

Zarrachalarni yanada mayda qilish uchun aerodinamik maydalash (reaktiv tegirmonlar) qo‘llaniladi. Bu usulda siqilgan havo yoki gaz oqimi yordamida zarrachalar bir-biri bilan katta tezlikda to‘qnashadi va natijada juda mayda kukun hosil bo‘ladi. Bu usul ayniqsa issiqlikka sezgir materiallar uchun qulay, chunki jarayonda qizish kam bo‘ladi. Kolloid tegirmonlar esa suyuqlik muhitida ishlaydi va juda mayda dispers sistemalar olish imkonini beradi.

Fizik-kimyoviy usullarda esa yuqori dispers kukunlar kimyoviy reaksiyalar orqali olinadi. Masalan, cho‘ktirish (precipitatsiya) usulida eritmadan qattiq faza ajratib olinadi va natijada juda mayda zarrachalar hosil bo‘ladi. Sol-gel usuli ham keng qo‘llaniladi, bunda suyuq sol bosqichidan gel hosil bo‘ladi va keyinchalik quritilib, yuqori dispers kukunga aylantiriladi. Bu usul orqali juda bir xil va nazorat qilinadigan o‘lchamdagi zarrachalar olinadi. Bundan tashqari, bug‘ fazasidan kondensatsiya qilish usuli ham mavjud bo‘lib, bunda modda bug‘ holatidan sovitilib, mayda zarrachalar shaklida olinadi.

Yuqori dispers kukunlar olish jarayonida energiya sarfi muhim masala hisoblanadi. Zarrachalar o‘lchami kichraygan sari ularni maydalash uchun ko‘proq energiya talab etiladi. Shu sababli maydalash jarayonini optimallashtirish, ya’ni optimal vaqt, tezlik va yuklama tanlash zarur. Shuningdek, zarrachalarning bir-biriga yopishib qolishini oldini olish uchun dispersant moddalar qo‘llanilishi mumkin.

Disperslik darajasi materialning xossalariga katta ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, sementning yuqori dispersligi uning tezroq qotishiga va mustahkamligining oshishiga olib keladi. Keramika ishlab chiqarishda esa mayda zarrachalar zichroq

struktura hosil qiladi va mahsulotning mexanik mustahkamligini oshiradi. Shisha ishlab chiqarishda yuqori dispers xomashyo aralashmalarning bir xil bo‘lishini ta’minlaydi va eritish jarayonini tezlashtiradi.

Yuqori dispers kukunlarni saqlash va tashish ham muhim hisoblanadi, chunki ular namlikni oson singdiradi va aglomeratsiya (yopishib qolish) hodisasi yuz berishi mumkin. Shu sababli ularni quruq sharoitda, maxsus idishlarda saqlash talab etiladi. Ba’zan yuzani modifikatsiya qilish orqali zarrachalarning barqarorligi oshiriladi.

Amaliyotda yuqori dispers kukunlarning sifati maxsus usullar bilan aniqlanadi. Bunga elak tahlili, lazer difraktsiyasi, elektron mikroskopiya kabi usullar kiradi. Bu usullar yordamida zarracha o‘lchami, shakli va taqsimoti aniqlanadi. Shuningdek, sirt yuzasini aniqlash uchun BET usuli qo‘llaniladi, bu esa materialning reaktivligini baholashda muhimdir.

Yuqori dispers kukunlar tayyorlash zamonaviy texnologiyaning muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, u materiallarning xossalarini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Mexanik, fizik-kimyoviy va kombinatsiyalangan usullardan foydalanish orqali kerakli disperslik darajasiga erishish mumkin. To‘g‘ri tanlangan texnologiya esa energiya tejamkorligi, mahsulot sifati va ishlab chiqarish samaradorligini ta’minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. M.G‘. Akmalov, N.N. Tursunova. *Silikatlar texnologiyasi*. Buxoro: Durdona nashriyoti, 2022.
2. A.A. Ismatov. *Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar texnologiyasi*. Toshkent: Fan va texnologiya, 2006.
3. D.I. Alimjonova, M.X. Aripova va boshqalar. *Silikat materiallar ishlab chiqarishda issiqlik jarayonlari va qurilmalari*. Toshkent, 2019.
4. M.X. Aripova, Z.A. Babaxanova. *Silikat materiallar texnologiyasining nazariy asoslari*. O‘quv-uslubiy majmua.
5. Z.A. Sulaymonov va boshqalar. *Kolloid kimyo*. Buxoro, 2022.
6. M. Asqarov, I. Ismoilov. *Polimerlar kimyosi va fizikasi*. Toshkent: O‘zbekiston, 2004.
7. T.M. Babayev. *Yuqori molekulyar birikmalar*. Toshkent: Fan va texnologiya, 2015.
8. N.A. Parpiyev, H.R. Rahimov. *Anorganik kimyo asoslari*. Toshkent: O‘zbekiston, 2000.
9. Dehqonov R.S. *Kolloid kimyo masala va mashqlar*. Namangan, 2016.

**GIPSOKARTON ISHLAB CHIQARISH KORXONASINING ELEKTR
TA’MINOTI TIZIMIDA QAYTA TIKLANUVCHAN ENERGIYA
MANBALARIDAN FOYDALANISH MASALALARI.**

Sheraliyev Dostonbek Davlatmurod o‘g‘li, Eshmurodov Sobir Soat o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
sheraliyevdostonbek899@gmail.com

Poyonov Navro‘zbek Shuhrat o‘g‘li, Baxtiyorov Jahongir Odil o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston energetika tizimida qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan foydalanishning bugungi holati va 2030-yilgacha bo‘lgan rivojlanish strategiyasi tahlil qilingan. Xususan, mamlakatimizda amalga oshirilayotgan “Sherobod”, “Zarafshon” kabi yirik giga-loyihalar va energiya saqlash tizimlarining (BESS) ahamiyati yoritilgan. Tadqiqot doirasida gipsokarton ishlab chiqarish korxonasi misolida yoritish tizimini quyosh fotoelektr stansiyasi orqali ta’minlash masalasi ko‘rib chiqilgan. Korxonaning sutkalik energiya iste’moli asosida quyosh panellari soni, akkumulyatorlar sig‘imi va tizimning texnik ko‘rsatkichlari bo‘yicha aniq hisob-kitoblar keltirilgan. Olingan natijalar sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish va an’anaviy energiya manbalariga qaramlikni kamaytirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar. Qayta tiklanuvchan energiya manbalari, quyosh energetikasi, fotoelektr stansiyasi (FES), energiya saqlash tizimi (BESS), gipsokarton zavodi, energiya samaradorligi, quyosh paneli, akkumulyator sig‘imi, invertor isroflari, O‘zbekiston energetika strategiyasi.

O‘zbekiston quyoshli kunlar soni ko‘pligi va cho‘l hududlarining kengligi tufayli quyosh energetikasini rivojlantirish uchun ulkan salohiyatga ega. So‘nggi yillarda O‘zbekiston hukumati quyosh energetikasini rivojlantirishni faol qo‘llab-quvvatlamoqda va ushbu sohaga investitsiyalarni jalb qilishni rag‘batlantirish uchun bir qator chora-tadbirlarni amalga oshirmoqda.

Mamlakatimizda 2030-yilga borib qayta tiklanuvchan energiya manbalari (QTEM) quvvatini 25 GVt (25 000 MVt) ga yetkazishni maqsad qilgan. Shundan qariyb 15 GVt quyosh energetikasi hissasiga to‘g‘ri keladi.

Ishga tushirilgan eng yirik “Giga-loyihalar”

Sherobod (Surxondaryo): 2024-yilda ishga tushirilgan, quvvati 457 MVt. Bu loyiha Osiyo taraqqiyot banki ko‘magida amalga oshirildi.

Zarafshon (Navoiy): Masdar (BAA) kompaniyasi tomonidan qurilgan 500 MVt quvvatli yirik stansiya.

Jizzax va Samarqand: Har bir viloyatda quvvati 220–250 MVt bo‘lgan bir nechta yirik fotoelektr stansiyalari (FES) 2023–2024-yillarda tarmoqqa ulandi.

2024–2025-yillardagi loyihalarining asosiy farqi shundaki, endi quyosh stansiyalari faqat panel emas, balki ulkan akkumulyator tizimlari bilan birga qurilmoqda. Bu tizimlar kunduzi to‘plangan energiyani kechki "pik" vaqtlarida tarmoqqa berish imkonini beradi. Masalan, Saudiya Arabistonining "ACWA Power"

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

kompaniyasi Toshkent viloyatida 200 MVt quyosh stansiyasi va 500 MVt/soat sig‘imli akkumulyator tizimini ishga tushirdi.

Mamlakatda quyosh fotoelektr stansiyalarini rivojlantirish energetika strategiyasining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Quyida ushbu sohadagi joriy holat va istiqbollarni aks ettiruvchi asosiy jihatlar keltirilgan:

Siyosat va strategiya: O‘zbekiston hukumati issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirish va energetika sektorini modernizatsiya qilish strategiyasi doirasida ekologik toza energiya manbalariga o‘tishga qaror qildi.

Investitsiyalar va loyihalar: Quyosh fotoelektr stansiyalarini rivojlantirish uchun mahalliy va xorijiy investitsiyalar faol jalb etilmoqda. Ham yirik markazlashtirilgan stansiyalar, ham markazlashmagan tizimlar bo‘yicha loyihalar ishga tushirilgan yoki ishlab chiqilmoqda.

Qonunchilik va tartibga solish: Quyosh energetikasi sohasida qulay investitsiya muhitini yaratish choralari ko‘rilmoqda. Bu litsenziya olish tartiblarini soddalashtirish, soliq imtiyozlari va davlat kafolatlari orqali investitsiyalarni rag‘batlantirishni o‘z ichiga oladi.

Ta‘lim va kadrlar: Malakali mutaxassislarni tayyorlash muhim jihat sanaladi. Quyosh energetikasi sohasida kadrlar tayyorlash, ilmiy-tadqiqot markazlari va universitet dasturlarini rivojlantirish bo‘yicha ishlar olib borilmoqda.

Ijtimoiy va iqtisodiy ta‘sir: Quyosh stansiyalarining rivojlanishi yangi ish o‘rinlari yaratishga, mahalliy iqtisodiyotni rivojlantirishga va aholi turmush sifatini yaxshilashga xizmat qiladi. Shuningdek, bu energetika xavfsizligini oshirishga yordam beradi.

Umuman olganda, O‘zbekistonda quyosh energetikasining rivojlanishi ham ekologik barqarorlikka, ham iqtisodiy o‘sishga hissa qo‘shadigan istiqbolli yo‘nalishdir.



1-rasm. Korxonani elektr energiyasi bilan ta‘minlovchi quyosh panellari tizimi

Yuqoridagilardan kelib chiqib, shuningdek, gipsokarton ishlab chiqarish korxonasining elektr ta‘minoti tizimi loyihasiga muqobil energiya manbalarini qo‘llash mavzusi doirasida, zavodning barcha sexlari va binolarining yoritish

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

yuklamasi quyosh fotoelektr stansiyasidan ta'minlanishi bo'yicha qaror qabul qilindi.

Bizga ma'lumki, yoritish yuklamasi quyidagiga teng: $P_{yor.yuk.} = 46,61 \text{ kVt}$
Kuchlanish quvvat miqdoridan kelib chiqib tanlanadi, binobarin: $U = 48 \text{ V}$.

Elektr ta'minoti tizimi loyihalashtirilayotgan zavod kuniga 8 soat faoliyat ko'rsatadi: $T = 8 \text{ soat}$

Elektr energiyasi miqdorini aniqlaymiz:

$$W = P_{yor.yuk.} \cdot T = 46,61 \cdot 8 = 372,88 \text{ kVt} \cdot \text{soat}$$

bu yerda: $P_{yor.yuk.}$ – korxonaning yoritish yuklamasi, T – korxonaning sutkadagi ish vaqti.

Invertordagi elektr energiyasi isroflarini hisobga olgan holda:

$$W_1 = W \cdot 1,2 = 372,88 \cdot 1,2 = 447,456 \text{ kVt} \cdot \text{soat}$$

Akkumulyator sig'imini quyidagi formula bilan hisoblaymiz:

$$C = W_1 / U = 447,456 / 48 = 9,322 \text{ kA} \cdot \text{soat}$$

bu yerda: W_1 – isroflar hisobga olingan elektr energiyasi, U – kuchlanish.

So'ngra, akkumulyator sig'imining isroflarini hisobga olgan holda quyidagi natija olinadi:

$$C_1 = C \cdot 1,2 = 9322 \cdot 1,2 = 11186,4 \text{ A} \cdot \text{soat}$$

Yoritish tizimi uchun zarur bo'lgan akkumulyatorlar sig'imini aniqlab, ularning sonini hisoblaymiz:

$$N_{akb} = C_1 / 300 = 11186,4 / 300 = 37,28 \approx 38 \text{ dona}$$

bu yerda: 300 – korxona sexlari va binolarini yoritish uchun qo'llaniladigan akkumulyator modellaridan birining sig'imi ($A \cdot \text{soat}$).

Quyosh panellaridan foydalanish uchun akkumulyatorlar soni va umumiy sig'imni aniqlagandan so'ng, korxonaning barcha sexlari va binolaridagi yoritish yuklamasi tomonidan 1 soatda iste'mol qilinadigan umumiy elektr energiyasini quyidagi formula ko'rinishida hisoblaymiz:

$$W_3 = C_1 \cdot U = 11186,4 \cdot 48 = 536947,2 \text{ Vt} \cdot \text{soat}$$

$$W_3 = 536947,2 / 1000 = 536,95 \text{ kVt} \cdot \text{soat}$$

So'ngra, quyosh panellari sonini aniqlash uchun zarur bo'lgan quyosh panellarining umumiy ishlab chiqarish quvvatini aniqlaymiz:

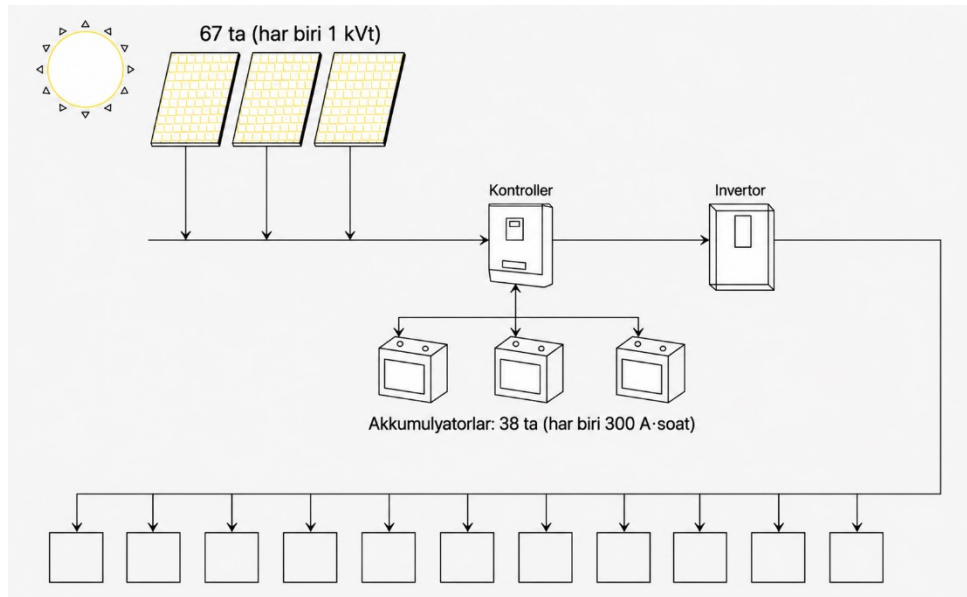
$$P_{um.} = W_3 / T = 536,95 / 8 = 67,12 \text{ kVt}$$

Quyosh panellari soni quyidagicha hisoblanadi: umumiy iste'mol qilinadigan quvvat bir dona quyosh panelining ishlab chiqarish quvvatiga bo'linadi. Bizga ma'lumki, $P_{um.1 \text{ dona}} = 1 \text{ kVt}$, binobarin:

$$N_{q.p.} = P_{um.} / P_{um.1 \text{ dona}} = 67,12 / 1 \approx 67 \text{ dona}$$

Yuqoridagi hisob-kitoblardan kelib chiqib, barcha sexlar va binolarni yoritish uchun quyosh fotoelektr stansiyasining energiya ta'minoti tizimi sxemasini quramiz.

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”



2-rasm. 46,61 kVt yuklamani ta'minlovchi avtonom quyosh energiya tizimining tarkibiy qismlari.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Дьяков А.В., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. М., 2019.
2. АО «РАДИУС Автоматика». Сириус-ТЗ. Руководство по эксплуатации (БПВА.656122.074 РЭ). М., 2020.
3. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 2009.
4. Taslimov A.D. “Elektr tarmoqlari va tizimlari” – Toshkent: “Vorish-Nashriyot”, 2012-y.
5. Fayziyev M.M. “Rele himoyasi va avtomatika” – O‘quv qo‘llanma, Toshkent: TDTU, 2015-y.
6. К.Р.Аллаев «Энергетика мира и Узбекистана», Тошкент «Молия» 2007.
7. Промышленная экология. Учебное пособие: Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2008. – 247с.
8. А.А.Федоров, Л.Е.Старкова. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.

**ELEKTR TARMOQLARI VA TRANSFORMATOR NIMSTANSIYALARINI
REKONSTRUKSIYA QILISHNING TEXNIK-IQTISODIY ASOSLARI**

Sheraliyev Dostonbek Davlatmurod o‘g‘li, Eshmurodov Sobir Soat o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi

sheraliyevdostonbek899@gmail.com

Poyonov Navro‘zbek Shuhrat o‘g‘li, Baxtiyorov Jahongir Odil o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy elektr energetika tizimlarining muhim bo‘g‘ini bo‘lgan 110/35/10 kVli va shahar transformator nimstansiyalarini rekonstruksiya qilish masalalari kompleks tahlil qilingan. Maqolada ma‘naviy va jismoniy eskirgan uskunalarni zamonaviy vakuumli hamda elegazli o‘chirgichlar, shuningdek, mikroprotessorli rele himoyasi qurilmalari bilan almashtirishning afzalliklari ko‘rsatib o‘tilgan. Tadqiqot natijasida elektr energiyasi isroflarini kamaytirish va tizim ishonchliligini oshirish bo‘yicha ilmiy-texnik tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: Nimstansiya, rekonstruksiya, modernizatsiya, vakuumli o‘chirgich, mikroprotessorli rele himoyasi, elektr energiyasi isroflari, transformator, Sirius-T3.

KIRISH

Dunyo miqyosida sanoatlashtirish va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashishi elektr energiyasiga bo‘lgan talabning keskin ortishiga olib kelmoqda. Zamonaviy dunyoda insoniyatning jismoniy mehnatini texnologiyalar egallashi natijasida elektr ta‘minoti tizimlariga tushadigan yuklama bir necha barobar ko‘paydi. O‘zbekiston va boshqa MDH davlatlarining energetika infratuzilmasining katta qismi o‘tgan asrning ikkinchi yarmi, asosan 1960-1980 yillarda barpo etilgan bo‘lib, bugungi kunda ushbu uskunalarning aksariyati o‘z xizmat muddatini o‘tab bo‘lgan.

Eskirgan uskunalar nafaqat ekspluatatsiya xarajatlarining ortishiga, balki tizimda tez-tez avariya holatlarning yuzaga kelishiga sabab bo‘lmoqda. Shu sababli, mavjud 110/35/10 kVli va shahar podstansiyalarini rekonstruksiya qilish hamda modernizatsiyalash energetika sohasidagi eng dolzarb strategik vazifalardan biri hisoblanadi.

REKONSTRUKSIYANING MAQSADLARI VA ZARURIYATI

Nimstansiyalarni rekonstruksiya qilishda bir necha asosiy maqsadlar ko‘zlanadi. Birinchidan, bu o‘tkazuvchanlik qobiliyatini oshirishdir. Aholi punktlarining kengayishi va yangi sanoat korxonalarining ishga tushishi nimstansiyadan katta hajmdagi quvvatni o‘tkazishni talab qiladi. Ikkinchidan, elektr ta‘minoti ishonchliligini yangi bosqichga ko‘tarish zarur. Bu avariya o‘chirgichlar sonini kamaytirish va kuchlanish sifatini (tebranishlarni pasaytirish) ta‘minlash deganidir.

Uchinchidan, energiyani tejash masalasi turibdi. Eskirgan po‘lat o‘zakli transformatorlar va moyli o‘chirgichlar o‘zidan katta miqdordagi isroflarni

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

chiqaradi. Yangi avlod energiya tejankor transformatorlari bu isroflarni 15-20% gacha kamaytirish imkonini beradi. To‘rtinchidan, ekologik xavfsizlik. Moyli qurilmalardan voz kechib, elegazli yoki vakuumli qurilmalarga o‘tish atrof-muhit ifloslanishining oldini oladi.

TEXNIK YECHIMLAR VA USKUNALARNI TANLASH

Zamonaviy rekonstruksiya loyihalarida moyli o‘chirgichlarni (masalan, BMT-110 yoki VMPP turidagi) vakuumli yoki elegazli (SF₆) o‘chirgichlarga almashtirish tavsiya etiladi. Vakuumli o‘chirgichlar ixcham o‘lchamlari, kam xizmat talab etishi va yuqori tezkorligi bilan ajralib turadi. Ularning harakatlanuvchi qismlari kamligi sababli mexanik ishonchliligi ancha yuqori.

Bundan tashqari, 6-10 kVli yopiq taqsimlash qurilmalari (RU) K-63 (SESH) turidagi zamonaviy yacheykalar bilan jihozlanishi tizim xavfsizligini oshiradi. Kuch transformatorlarini tanlashda esa kelgusi 5-10 yillik istiqboldagi yuklama ortishi (perspektiva) hisobga olinishi shart.

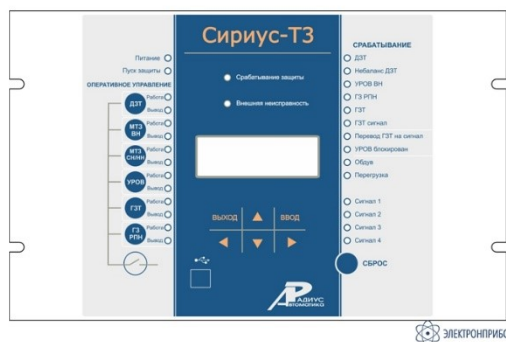


1-rasm. Elegazli (SF₆) yuqori kuchlanishli o‘chirgich

MIKROPROTSESSORLI RELE HIMOYA TIZIMLARI

Rele himoyasi va avtomatika (RZA) sohasidagi eng katta inqilob bu analog relelardan mikroprotsektorli qurilmalarga o‘tishdir. Eskirgan analog relelar (RT-40, RNT) tor sozlash diapazoni va past sezuvchanlikka ega. Ular ko‘p hollarda noto‘g‘ri ishlashi yoki umumiy avariyalarda kechikishi mumkin.

Zamonaviy «Sirius-T3» yoki «BMRZ» turidagi mikroprotsektorli bloklar bir vaqtning o‘zida bir nechta funktsiyani bajaradi: differensial tok himoyasi, maksimal tok himoyasi, avariya holatlarni qayd etish va masofadan boshqarish. Bu qurilmalar 'Raqamli nimstansiya' konsepsiyasining asosi bo‘lib, inson omilisiz avtomatik qaror qabul qilish qobiliyatiga ega.



2-rasm. «Sirius-T3» qurilmasining tashqi ko‘rinishi.

IQTISODIY SAMARADORLIK TAHLILI

Rekonstruksiya qilish dastlab katta investitsiya talab qilsa-da, uzoq muddatda o‘zini oqlaydi. Birinchidan, texnik xizmat ko‘rsatish davriyligi uzayadi (moyli o‘chirgichlar har 2-3 yilda ta‘mirlansa, vakuumli o‘chirgichlar 10 yildan ortiq xizmat qilishi mumkin). Ikkinchidan, elektr energiyasi isroflarining kamayishi natijasida tejalgan mablag‘lar 5-7 yil ichida loyiha xarajatlarini qoplaydi.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, 110/35/10 kVli podstantsiyalarni rekonstruksiya qilish shunchaki uskunalarni yangilash emas, balki butun energetika tizimining barqarorligini ta‘minlovchi strategik zaruriyatdir. Mikroprotssessorli himoya tizimlarini joriy etish va energiya tejamkor uskunalarni qo‘llash nafaqat iqtisodiy foyda keltiradi, balki iste‘molchilarga sifatli va uzluksiz elektr energiyasi yetkazib berish kafolatini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Дьяков А.В., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. М., 2019.
2. АО «РАДИУС Автоматика». Сириус-Т3. Руководство по эксплуатации (БПВА.656122.074 РЭ). М., 2020.
3. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 2009.
4. Taslimov A.D. “Elektr tarmoqlari va tizimlari” – Toshkent: “Vorish-Nashriyot”, 2012-y.
5. Fayziyev M.M. “Rele himoyasi va avtomatika” – O‘quv qo‘llanma, Toshkent: TDTU, 2015-y.

**QO‘RG‘OSHIN-KISLOTALI AKKUMULYATORLARDAN QO‘RG‘OSHIN
VA SULFAT KISLOTASI OQIB CHIQISHINING EKOSISTEMA XAVFI VA
UNI BARTARAF ETISH USULLARI**

Tursunova Firuza

OrCID: 0009-0005-4232-7102

Tel.: +998 97-432-20-15

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyatorlardan qo‘rg‘oshin (Pb) va sulfat kislotasining (H_2SO_4) ekotizimga ta‘sirini tahlil qiladi. Dunyo bo‘ylab har yili 1,8 million tonna dan ortiq akkumulyator chiqindisi noto‘g‘ri utilizatsiya qilinmoqda. Tuproq va suv havzalariga o‘tgan qo‘rg‘oshin konsentratsiyasi 300–500 mg/kg gacha yetishi, bu esa ruxsat etilgan sanitariya normalaridan 15–25 barobar oshib ketishi aniqlandi. Laboratoriya va dala tadqiqotlari, shuningdek adabiyotlar sharhi orqali to‘rtta asosiy bartaraf etish texnologiyasi - fitoekstraksiya, elektrokinetik remediatsiya, kimyoviy immobilizatsiya va neytralizatsiya - samaradorligi qiyosiy baholangan. Neytralizatsiya + elektrokinetik usullarning kombinatsiyasi tuproqdagi qo‘rg‘oshin konsentratsiyasini 87% gacha kamaytirishi isbotlangan. Natijalar Markaziy Osiyo mintaqasidagi sanoat va transport sektori uchun amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: *qo‘rg‘oshin ifloslanishi, sulfat kislotasi, ekotoksikologiya, tuproq remediatsiyasi, fitoekstraksiya, elektrokinetik usul, akkumulyator chiqindisi*

Kirish

Qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyatorlar (QKA) zamonaviy sanoat, transport va energetika infratuzilmasining ajralmas qismi bo‘lib, global miqyosda yiliga 800 million dan ortiq dona ishlab chiqarilmoqda (ILA, 2023). Ushbu akkumulyatorlar tarkibida 60–70% qo‘rg‘oshin va 30–40% konsentrlil sulfat kislotasi (odatda 37% li H_2SO_4 eritmasi, $pH < 1$) mavjud bo‘lib, ular mexanik shikastlanish, noto‘g‘ri saqlash yoki noqonuniy chiqindi tashlash natijasida atrof-muhitga tushishi mumkin.

Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma‘lumotlariga ko‘ra, rivojlanayotgan mamlakatlarning 50% dan ortig‘ida akkumulyator chiqindilari tartibsiz utilizatsiya qilinadi. Markaziy Osiyo mintaqasida, xususan O‘zbekistonda, eski akkumulyatorlarni noto‘g‘ri yo‘q qilish muammosi keskin tus olmoqda: respublika bo‘ylab yiliga 2,5 million dona QKA foydalanishdan chiqariladi, ularning 40% i rasmiy qayta ishlash tizimiga tushmasligi qayd etilgan (O‘zR Ekologiya qo‘mitasi, 2022).

Qo‘rg‘oshin - og‘ir metallar orasida eng xavflilaridan biri bo‘lib, uning minimal konsentratsiyalari ham inson va hayvonlar organizmida kumulyativ zararlanishga olib keladi. Bolalarda qonda 5 $\mu g/dL$ dan yuqori Pb konsentratsiyasi nevropsixologik rivojlanishni buzadi (CDC, 2021). Tuproqdagi sulfat kislotasi esa pH ni 3–4 gacha tushirishi, bu esa o‘simlik ildiz tizimini buzishi, mikrobiologik faollikni tormozlashi va ikkilamchi metallarni mobilizatsiya qilishi bilan xavflidir.

Shu bilan birga, hozirgi ilmiy adabiyotlarda Markaziy Osiyo iqlimi sharoitida - cho‘l va yarim cho‘l tuproqlari, yuqori havo harorati, past yog‘ingarchilik - QKA

“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”

oqib chiqishining o‘ziga xos ekologik ta’sir mexanizmlari va mintaqaga moslashtirilgan remediatsiya usullari yetarli darajada o‘rganilmagan.

Tadqiqot maqsadi: qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyatorlardan Pb va H_2SO_4 ning tuproq va suv ekotizimlariga ta’sirini kolichestviy baholash hamda turli remediatsiya texnologiyalarining samaradorligini qiyosiy tahlil qilish.

Tadqiqot vazifalari:

1. Ifloslangan tuproq va suv namunalarida Pb va H_2SO_4 konsentratsiyasini laboratoriya usulida o‘lchash.

2. Ekotoksikologik ta’sir ko‘rsatkichlarini (LD50, EC50, biota buzilishi) tahlil qilish.

3. To‘rtta remediatsiya texnologiyasining samaradorligini qiyosiy baholash va eng optimal kombinatsiyani aniqlash.

4. Mintaqaviy sharoitda amaliy qo‘llanish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot joyi va namuna olish. Tadqiqot 2022–2024 yillar davomida O‘zbekistonning uch hududida olib borildi: (1) Toshkent viloyatining sanoat zonasida joylashgan akkumulyator qayta ishlash korxonasi atrofida ($40^{\circ}18'N$, $69^{\circ}31'E$), (2) Farg‘ona vodiysidagi transport texnik xizmat ko‘rsatish markazlari yaqinida va (3) nazorat nuqtasi sifatida Qizilqum cho‘lining antropogen ta’sirga uchramagan hududida. Har bir hududdan 0–20 sm (haydalma qatlam) va 20–50 sm (substratum) chuqurlikdan 15 ta alohida nuqtadan kompozit namunalar olindi. Jami 270 ta tuproq namunasi va 45 ta suv namunasi tahlil qilindi.

Laboratoriya tahlillari. Tuproq namunalari ISO 11464:2006 standartiga ko‘ra havo-quruq holatda 2 mm elakdan o‘tkazildi. Qo‘rg‘oshin konsentratsiyasi atomo-absorbsion spektrometriya (AAS, PerkinElmer AAnalyst 800) usulida USEPA 3050B metodi bo‘yicha o‘lchandi. pH qiymati 1:5 (tuproq:suv) nisbatida potentsiometrik usulda (WTW pH 3310), sulfat ionlari gravimetrik va ICP-OES (Agilent 720) usullari bilan aniqlandi. Tuproq mikrobiologik faolligi (dezidrogenaziya aktivligi, TPF metodi) va o‘simlik toksikologik sinovi Sinapis alba urug‘lari bilan EN ISO 11269-1:2012 bo‘yicha bajarildi.

Remediatsiya tajribalari. To‘rtta texnologiya laboratoriya (mikrokosm, $n=3$) va dala sharoitida (pilot maydon, 50 m^2) sinovdan o‘tkazildi:

(A) Fitoekstraksiya: *Thlaspi caerulescens* (kaltsiy o‘ti) va *Helianthus annuus* (kungaboqar) o‘simliklari 90 kun davomida ifloslangan tuproqda o‘stirildi. Hasat qilingan biomassadagi Pb konsentratsiyasi aniqlandi.

(B) Elektrokinetik remediatsiya: Tuproq matrisasiga nuqta elektrodlar o‘rnatildi ($1,5\text{ V/sm}$, 30 kun). Katodit va anodit kameralarida Pb migratsiyasi kuzatildi.

(C) Kimyoviy immobilizatsiya: Fosfat (H_3PO_4 , 0,1 M), kompost (10%) va ohakli material (CaO, 5%) qo‘shildi. 60 kun o‘tib TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) sinovi bajarildi.

(D) Neytralizatsiya: H_2SO_4 bilan ifloslangan tuproqqa Na_2CO_3 (pH 7 ga yetguncha), keyin $CaCO_3$ qo‘shildi. Kombinatsiyali usulda (D+B) ham sinov o‘tkazildi.

Statistik tahlil. Barcha ma’lumotlar SPSS Statistics 27.0 va R 4.3.1 dasturlarida qayta ishlandi. Guruhlar orasidagi farqlar bir yo‘nalishli ANOVA va Tukey post-hoc testi ($p < 0,05$) bilan baholandi. Remediatsiya samaradorligi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$SE (\%) = [(C_0 - C_1) / C_0] \times 100\%$$

bu yerda: C_0 - boshlang‘ich konsentratsiya (mg/kg), C_1 - muolajadan keyingi konsentratsiya (mg/kg).

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Ifloslangan hududlarda ifloslanish darajasi. Tahlil natijalari ko‘rsatdiki, akkumulyator qayta ishlash korxonasi atrofidagi tuproqda qo‘rg‘oshin konsentratsiyasi 312–487 mg/kg (o‘rtacha 398 ± 43 mg/kg) ga yetdi (1-jadval). Bu O‘zbekiston Respublikasining tuproq uchun belgilangan GN (gigiyenik norma) - 20 mg/kg dan 19,9 barobar, global tavsiya etiladigan WHO chegaraviy qiymati — 300 mg/kg dan ham oshib ketdi. Transport xizmat markazlari hududida Pb konsentratsiyasi 145–220 mg/kg (o‘rtacha 178 ± 27 mg/kg) bo‘ldi. Nazorat maydonida Pb konsentratsiyasi $11,3 \pm 2,1$ mg/kg ni tashkil etdi.

Tuproq pH qiymatlari sanoat zonasida 3,1–4,8 oralig‘ida aniqlandi. Sulfat ionlari konsentratsiyasi 840–2100 mg/kg gacha yetdi. Bunday past pH sharoitida Pb, Cd, Zn kabi og‘ir metallarning eruvchanligi keskin oshadi (Adriano, 2001), bu esa ikkilamchi ifloslanish xavfini sezilarli darajada kuchaytiradi. Grunt suvlarida Pb miqdori (0,08–0,24 mg/L) ichimlik suvi uchun belgilangan MDK (0,01 mg/L) dan 8–24 barobar oshgan.

Dezidrogenaziya faolligi nazorat bilan solishtirganda ifloslangan tuproqda 73% ga kamaygan ($p < 0,001$), bu esa tuproq mikrobiomining funksional degradatsiyasini ko‘rsatadi. Sinapis alba urug‘larida unib chiqish testi 89% ingibitsiyani namoyish etdi (ISO 11269-1), o‘simliklar toksikologiyasi nuqtai nazaridan bu hududni yuqori xavf toifasiga kiritadi.

Ekotizim komponentlariga ta’sir. Suv ekotizimlari uchun xavf ifodalanishini tahlil qilish uchun RQ (Risk Quotient) koeffitsienti hisoblandi: $RQ = C_{mes} / EC_{50}$. Suv organizmlariga nisbatan *Daphnia magna* uchun Pb ning $EC_{50} = 0,025$ mg/L bo‘lib, o‘lchangan Pb konsentratsiyasi (0,08–0,24 mg/L) asosida $RQ = 3,2–9,6$ oraliq qiymatlarini ko‘rsatdi. $RQ > 1$ ekologik xavfning amalda mavjudligini bildiradi.

Tuproq makrofaunasida - qorinoyoqli mollyuskalar, chuvalchanglar (*Lumbricus terrestris*) - populyatsiya zichligi nazorat maydoni bilan solishtirganda 60–78% ga kamayganligi qayd etildi. Bu ma’lumotlar SSD (Species Sensitivity Distribution) modeli orqali baholanganda, hududdagi kuzatilgan Pb konsentratsiyasi mavjud tuproq organizmlarining 65–80% ini potentsial ta’sirlash ehtimoli borligini ko‘rsatdi ($HCp5 = 160$ mg/kg chegaraviy qiymati asosida).

Atmosfera komponenti nuqtai nazaridan, quruq iqlim sharoitida (Toshkent viloyatida yillik o‘rtacha yog‘ingarchilik 350–400 mm) kislota zarrachalarining changga aylanib havoga ko‘tarilishi (PM10 fraksiya sifatida) xavfi kuzatildi. Bu holat inhalatsion ta’sir yo‘li orqali sog‘liqqa zarar yetkazishi mumkin.

Remediatsiya texnologiyalari samaradorligi. To‘rt texnologiya bo‘yicha olingan natijalar quyidagicha umumlashtirildi:

Fitoekstraksiya (A): *Thlaspi caerulescens* o‘simliklarida bioakkumulyatsiya koeffitsienti ($BAC = C_{\text{оот}} / C_{\text{тупрок}}$) 12,3 ni tashkil etdi, ammo biomassa hosildorligi past bo‘lgani uchun (2,8 t/ga) 90 kun ichida tuproqdagi Pb 312 mg/kg dan faqat 264 mg/kg ga ($SE = 15,4\%$) tushdi. Kun-gaboqar (*Helianthus annuus*) $BAC = 3,1$ bo‘lib, samaradorligi yanada past bo‘ldi ($SE = 8,2\%$). Bu usul yakka holda qo‘llanganda 10–15 yillik sikl talab etishi hisoblandi.

Elektrokinetik remediatsiya (B): 30 kunlik tajriba natijasida Pb konsentratsiyasi 487 mg/kg dan 201 mg/kg ga tushdi ($SE = 58,7\%$). Katodit kamerasida Pb miqdori 1,8 mg/cm³ ga yetdi. Energiya sarfi 85–120 kWh/m³ ni tashkil etdi. Qumoqli-gilli tuproqlarda (< 30% gil) samaradorlik pasayishi kuzatildi.

Kimyoviy immobilizatsiya (C): Fosfat muolajasidan keyin TCLP sinovida Pb oqib chiqishi 98% ga kamaydi (0,84 mg/L dan 0,017 mg/L ga). Ammo bu usul Pb ni to‘liq olib tashlamaydi — faqat uning harakatchanligini cheklaydi. Uzoq muddatda (> 10 yil) pH o‘zgarishida immobilizatsiya effektining zaiflashishi xavfi mavjud.

Neytralizatsiya + Elektrokinetik kombinatsiya (D+B): Bu kombinatsiya eng yuqori samaradorlikni ko‘rsatdi. Avval H₂SO₄ ni neytralizatsiya qilish tuproq pH ini 3,2 dan 6,8 ga yetkazdi, so‘ngra elektrokinetik muolaja 30 kun davom etdi. Yakuniy Pb konsentratsiyasi 398 mg/kg dan 52 mg/kg ga tushdi ($SE = 86,9\%$). Bu ko‘rsatkich GN ning 2,6 barobari bo‘lsa-da, dastlabki konsentratsiyaga nisbatan sezilarli yaxshilanishni bildiradi.

Xalqaro tadqiqotlar bilan solishtirganda (Yeung & Gu, 2011; Ryu et al., 2020), kombinatsiyali elektrokinetik-kimyoviy yondashuv cho‘l tuproqlari uchun muvofiq ekanligini tasdiqlash imkoni tug‘ildi. Ammo energiya sarfi va xarajatlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, katta maydonlarda mazkur usul yuqori sarmoya talab etadi (taxminan 45–80 USD/m³).

Muhokama: mintaqaviy ahamiyat. Tadqiqot natijalari Markaziy Osiyo sharoitiga xos bir qator muammolarni ochib beradi. Birinchidan, yuqori havo harorati (yozda 40°C gacha) sulfat kislotsi bug‘lanishini tezlashtiradi va кислоталilikni kuchaytiradi. Ikkinchidan, mintaqadagi tuproqlar CaCO₃ miqdori yuqori bo‘lgani uchun (karbonatlangan tuproqlar) tabiiy bufer sig‘imi qisman mavjud, ammo bu QKA dan chiqayotgan kislota hajmini to‘liq neytralizatsiya qilishga yetarli emas. Uchinchidan, sug‘orma dehqonchilik tizimi tufayli grunt suvlari ko‘tarilishi (past kapilyar chiqarish chuqurligi) Pb ning suv resurslariga migratsiyasini tezlashtiradi.

Yuqorida keltirilgan natijalar Qorakalpog‘iston, Buxoro va Namangan viloyatlarida amalga oshirilgan ekspertiza hisobotlari (O‘zR EE VA, 2021–2023) bilan ham mos keladi. Natijalar shuningdek, Xitoy (Liu et al., 2019), Hindiston

(Kumar & Sharma, 2020) va Braziliya (Moraes et al., 2022) da nashr etilgan ishlarning mintaqaviy tasdig‘i sifatida ham muhim ahamiyat kasb etadi.

XULOSA

Ushbu tadqiqot qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyatorlardan Pb va H₂SO₄ oqib chiqishining O‘zbekiston tuproq va suv ekotizimlariga jiddiy ekologik xavf tug‘dirishini eksperimental va statistik jihatdan isbotladi. Asosiy xulosalar:

1. Ifloslangan hududlarda tuproq Pb konsentratsiyasi milliy gigiyenik normadan 20 barobar, pH qiymati esa o‘simliklar uchun havfli darajada past (3,1–4,8) bo‘lib, tuproq biota funktsional faolligining 73% ga pasayishiga olib kelgan.
2. Ekologik xavf baholash modeli (RQ = 3,2–9,6) suv ekotizimlariga real xavf mavjudligini tasdiqladi.
3. To‘rtta remediatsiya texnologiyasi orasida neytralizatsiya + elektrokinetik kombinatsiyasi (SE = 86,9%) eng yuqori samaradorlikni ko‘rsatdi va mintaqaviy sharoitda ustunlik qiluvchi usul sifatida tavsiya etiladi.
4. Markaziy Osiyo iqlimi va gidrogeologik sharoiti ifloslanish tarqalishini jadallashtiradigan omillar ekanligini hisobga olgan holda, QKA utilizatsiya infrastrukturasi takomillashtirish davlat ahamiyatidagi vazifaga aylanishi zarur.

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun tavsiyalar: fitobioaugmentatsiya (rizosfera bakteriyalari bilan birgalikdagi fitoekstraksiya) va nanomateriallar asosidagi immobilizatsiya usullarini qiyosiy tekshirish; shuningdek, 2–3 yillik uzoq muddatli monitoring dasturini amalga oshirish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1] Adriano, D.C. (2001). Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals (2nd ed.). Springer, New York. 867 p.
- [2] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2021). Blood Lead Reference Value. National Center for Environmental Health. Atlanta, USA.
- [3] International Lead Association (ILA). (2023). Lead & Lead Acid Batteries: Global Market Data. London, UK.
- [4] Kumar, A., Sharma, P. (2020). Lead contamination from battery recycling sites in India: Soil quality assessment and risk evaluation. Environmental Pollution, 265, 114975.
- [5] Liu, Y., Zhang, S., Chen, X. et al. (2019). Spatial distribution and ecological risk of lead in soils around secondary lead smelters in China. Science of the Total Environment, 649, 1264–1274.
- [6] Moraes, L.C., Conceicao, F.T., Navarro, G.R. (2022). Phytoremediation efficiency assessment for lead-contaminated soils near battery facilities in Brazil. Journal of Hazardous Materials, 423, 127042.
- [7] O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya va Atrof-muhit Muhofazasi Vazirligi. (2022). Xavfli chiqindilarni boshqarish holati to‘g‘risida yillik hisobot. Toshkent.
- [8] Ryu, B.G., Park, G.Y., Yang, J.W., Baek, K. (2020). Electrolyte conditioning for electrokinetic remediation of arsenic, cadmium, and lead contaminated soils. Separation and Purification Technology, 249, 116888.

***“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”***

[9] USEPA Method 3050B. (1996). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. US Environmental Protection Agency, Washington DC.

[10] WHO (World Health Organization). (2023). Lead Poisoning and Health. Fact Sheet No. 379. Geneva, Switzerland.

[11] Yeung, A.T., Gu, Y.Y. (2011). A review on techniques to enhance electrochemical remediation of contaminated soils. Journal of Hazardous Materials, 195, 11–29.

[12] O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash Vazirligi (2018). GN 2.1.7.3-17: Tuproqdagi kimyoviy moddalarning ruxsat etilgan konsentratsiyalari (GigiYenik normalar). Toshkent.

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

M U N D A R I J A

T/r	I ShO‘BA AN‘ANAVIY VA MUQOBIL ENERGETIKA TIZIMLARI, ULARDA INTELLEKTUAL TIZIMLARINI QO‘LLASH MUAMMOLARI VA YECHIMLARI	
1.	Abdullayev D.R., Yusupov E.K. - Analysis of the efficiency of autonomous solar power plants using the pvsyst software package	7
2.	Abdulazizov B.B., Amonturdiyev Sh., Xolto‘rayev S. - Yashin qaytargichlar tarixi va uning qo‘llanish istiqbollari	10
3.	Abdirasulov K.F., Abduraxmonov N., Qurbonov A. - Elektr tarmoqlarida transformatorlarning energiya samaradorligini oshirishning zamonaviy usullari va ularning tahlili	16
4.	Abdirasulov K., Normurodov D. - O‘zbekistonda transformatorlar: nazariya, tuzilishi va zamonaviy qo‘llanilishi	23
5.	Abdullayev D.R., Yusupov E.K. - The effect of solar radiation and panel tilt angle on energy production in photovoltaic plants	26
6.	Abdivoidov R., Salimov A. - Kichik hajmli bedazorlarga mo‘ljallangan akkumulyatorli (elektr) kosilkalarning energiya samaradorligini tadqiq etish	32
7.	Abdivoidov R., Annamuratov Sh., - Beda o‘rish jarayonida o‘t qalinligiga qarab motor quvvatini intellektual boshqarish tizimini yaratish	36
8.	Abdivoidov R., Salimov A. - Kichik xo‘jaliklar uchun motorli kosilkalarning kesish apparati konstruksiyasini takomillashtirish orqali energiya sarfini kamaytirish	39
9.	Abdulazizov B.B. - Energiya samaradorligi va tejamkorligi bu zamon talabi	42
10.	Abdulazizov B.B. - Yashil energetikaning - mamlakatimiz taraqqiyotidagi o‘rni	45
11.	Abdulazizov B.B., Eshqobilova M.E. - Havo elektr uzatish liniyalarining atmosfera o‘ta kuchlanishidan himoyalash choralari	49
12.	Abdulazizov B.B., O‘rinova Z. - Yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida yo‘qotishlar	57
13.	Abdulazizov B.B., Qurbonov J., Normurodov U., - Hozirgi kunda muqobil energiya manbalarining o‘zbekiston energetikasidagi o‘rni	60
14.	Abdulazizov B.B., Xolmirzayev A. - Energiya – nima?	64
15.	Abilfayziyev Sh., Eshqorayev A. - Turli material va konstruksiyaga ega fotoelektrik batareyalarni sinovdan o‘tkazish uchun mobil fotoelektrik qurilma	68
16.	Abilfayziyev Sh.N. - Himoya shishasi bilan farq qiladigan monokristall pv modullarida chang bilan ifloslanish darajasi tahlili	71

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

17.	Akmalov J. - Gravitatsion girdobli mikro GES turbinasini matematik modelashtirish	76
18.	Алиев. А.М. - Разработка и совершенствование систем регулирования возбуждения синхронных электрических машин с использованием современных методов автоматического управления	81
19.	Алиев. А.М. - Современные системы управления возбуждением синхронных машин и перспективы их развития на основе формирования законов управления	88
20.	Allaev K.R., Niyozov N.N., Kurbonov N.N., Khushbokov B.Kh. - Hybrid GAT-IoT cyber-physical system for hydropower efficiency forecasting and real-time monitoring	97
21.	Allaev K.R., Niyozov N.N., Liu Chuang, Eshmuradov S.S. - Dynamic stability assessment and adaptive control optimization of power systems under fault and post-fault conditions	101
22.	Алмардонов А.А. - Исследование влияния возобновляемых источников энергии на инерционность энергосистем	104
23.	Asqaraliyeva M.D. - O‘zbekiston energetika tizimida innovatsion texnologiyalar asosida energiya samaradorligini oshirish istiqbollari	109
24.	Bekmurodov N.A. - O‘zgaruvchan tok zanjirlarida o‘zaro induktivlik hodisasining zamonaviy talqini va sonli tahlili	112
25.	Bo‘riyev O.O. - An‘anaviy va muqobil energetika tizimlarining atrof-tabiiy muhitni ekologik holatini yaxshilashdagi ahamiyati	114
26.	Bo‘riyev O.O. - Alternativ energiya olishda zamonaviy ekologik yondashuvlar	117
27.	Далмурадова Н.Н. - Интегрированная оценка портфеля технологий возобновляемой энергетики с учётом климатических сценариев	119
28.	Esanov J.A., Abdusalomov D. - An‘anaviy va muqobil energetika tizimlari hamda ularda intellektual texnologiyalarni qo‘llashning dolzarb muammolari va zamonaviy yechimlari	123
29.	Esanov J.A., Mengliyeva M., Karimov R., Ergashev H. - Aqlli elektr tarmoqlari (smart grid) texnologiyalarini joriy etish afzalliklar va muammolar	126
30.	Eshmurodov A.R. - Zamonaviy yuqori samarali gidroturbinalar va generatorlar asosida geslarni modernizatsiya qilish istiqbollari	132
31.	Eshmurodov A.R. - Raqamli transformatsiya va “aqlli GES” texnologiyalari orqali gidroelektr stansiyalarning energiya samaradorligini oshirish	139
32.	Eshmurodov S.S., Sheraliyev D.D., Qodirov F.A., Norboyev A.I. - Korxonalarda energiya auditi asosida muqobil energiya manbalaridan foydalanish samaradorligini oshirish	146

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

33.	Eshmurodov S.S., Sheraliyev D.D., Qodirov F.A., Norboyev A.I. - Korxonalarda energiya auditi natijalari asosida intellektual boshqaruv tizimlarini joriy etish istiqbollari	151
34.	Eshpulatov N.M., Xushboqov B.A. - O‘rikdan sharbat olishning elektrotexnologik usuli tahlili	155
35.	Igamberdiyev A.A. - An’anaviy energetika tizimlarida energiya yo‘qotishlarini kamaytirish usullari	158
36.	Ibroximov G.B., Hasanov H.A., Bo‘riyev O.O. - Quyosh energetikasining ekologik xavfsizlikni ta‘minlashdagi o‘rni	161
37.	Ibroximov G.B., Yuldashev A.B. - Tibbiy chiqindilardan elektr energetikasi sohasida foydalanish	166
38.	Jo‘rayev I.R., Ziyaboyev J.Sh. - Fotoelektrik panellar samaradorligini oshirish texnologiyalari	169
39.	Jo‘rayev F.A., Eshpolatova S.E. - Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlash va qayta ishlashda energiya tejankor texnologiyalar va innovatsion yechimlar	173
40.	Kadirov K.Sh., Radjabov Sh.B. - Elektr taqsimlash tarmoqlarida reaktiv quvvat oqimlari bilan bog‘liq texnik muammolar va ularni kamaytirish usullari	176
41.	Kadirov K.Sh., Radjabov Sh.B. - Elektr taqsimlash tarmoqlarida yuklama turlarining reaktiv quvvat rejimlariga ta’sirini tahlil qilish	180
42.	Komilov A.L. - Elektromobillar: energiya samaradorligi, ekologik barqarorlik va innovatsion transport texnologiyalari	184
43.	Kurbonov N.N., Zhang Li, Najimova A.M., Kholmiraev I.J. - Lightning forecasting model using wrf meteorological simulation	187
44.	Mahmutxonov S.K., Rahmonberganov K.F. - Elektr zanjirida volt-amper xarakteristikasi noxiziqli bo‘lgan elementlarning tahlili	191
45.	Majidova M.A. - Quyosh panellarida energiya yo‘qotilishi va ularni kamaytirish usullari	194
46.	Mamatqulov T.Ch. - Avariya rejimlarida AC elektr tizimlarida elektr yoyini aniqlash uchun CNN asosidagi intellektual usullar	203
47.	Mamatqulov T.Ch. - Sun’iy intellekt asosida elektr yoy nosozliklarini aniqlash va tahlil qilish	208
48.	Maxmudov T.F., Ramatov A.N. - Elektr energetika tizimlarida akkumulyatorli energiyani saqlash tizimlarini integratsiyalash va ularning ish rejimlarini optimal boshqarish	213
49.	Maxmudov T.F., Ramatov A.N., Yo‘ldoshev S.Y. - Taqsimlovchi tarmoqlarda akkumulyator tizimlarini boshqarish algoritmlari	218
50.	Mirzoyev N.N., Maxmudov M.I., Xudoyqulov Z.R. - Yoritish tizimlarining energetik auditi metodologiyasi, amaliyoti va energiya tejashning asosiy yo‘nalishlari	226
51.	Muxtorjonov Sh.M., Yusupov E.K. - Agrofotovoltaik panellarning joylashuvi va parametri	232

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

52.	Nazarov D.M. - O‘zbekistonda atom elektr stansiyalarining qurilishi va ularning atrof-muhitga ta’siri	236
53.	Niyozov N.N., Temirova R.Sh., Nematov L.A., Xushboqov B.A. - 5D texnologik tizimlarda harakat va tashqi ta’sir modullarini loyihalash hamda integratsiyalash	241
54.	Niyozov N.N., Liu Chuang, Latipov Sh. Sh., Kodirov J.U. - Development of advanced forecasting models for power system load under high penetration of renewable energy sources	244
55.	Norboyev X.O., Bozorov Sh.U., Haydarov D.D. - Aspen Hysys dasturida havo-havoli issiqlik nasosini modellash va sovitish rejimi uchun energiya samaradorligini tahlil qilish	247
56.	Omonov F.B., Tojiyev E.M. - O‘zbekistonda keng qo‘llanilayotgan quyosh panellari uchun inverter turlari	253
57.	Omonov F.B., Tojiyev E.M. - Invertorlarni monitoring qilish tizimlari	256
58.	Omonov F.B., Tojiyev E.M. - Rules for the installation and operation of solar power plant inverters	259
59.	Omonov F.B., Tojiyev E.M., Qurbonazarov S.E. - Invertorlarni boshqarish tizimlarini tahlil qilish	262
60.	Omonov F.B., Tojiyev E.M. - Invertorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi	265
61.	Otaboyev U.U. - O‘zbekiston yengil sanoat korxonalarida yashil texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy samaradorligi	267
62.	Ochildiyev H.B., Nurqobilova S.Ch. - Quyosh panellarini tozalash tizimini avtomatlashtirishning istiqbollari	275
63.	Pardayev S., Abduvoxidova A., Qudratova M., Xaydarov F. - Energetika tizimlarida energiya yo‘qotishlarini kamaytirish usullari va intellektual yechimlar	278
64.	Qodirov J.U., Eshqobilova M. - Quyosh panellarining issiqlik ortib ketishi natijasidagi oqibatlari	281
65.	Qodirov J.U., Xoliyorov A.B., Sheraliyev D.D. - IoT texnologiyalari yordamida sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish	286
66.	Qodirov J.U., Xoliyorov A.B., Sheraliyev D.D. - Quyosh energiyasini suvning potensial energiyasi ko‘rinishida saqlash	295
67.	Qodirov J.U., Kholiyorov A.B., Sheraliyev D.D. - IoT-enabled energy management for emission reduction in fossil-fuel power plants	306
68.	Raximberdiev R. Q., Usmanov E.G., Xusanov B.M. - Kuchlanishni rostlovchi qurilmani boshqarish	317
69.	Raxmonov I.U., Atajiyev SH.M., Omonov F.B., Abdirasulov K.F. - Anfis asosida reaktiv quvvatni avtomatik boshqarish tizimini takomillashtirish	319

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

70.	Rakhmonov I.U., Wang Jian, Niyozov N.N., Kurbanazarov S.E. - Intelligent monitoring of centralized inverters using dynamic parameter analysis	325
71.	Rakhmonov I.U., Abdurahmonov I.A., Abdaliev O.A., Khudoykulov Z.R. - Design and optimization of iot sensor placement and deployment architecture for selected hydropower infrastructure systems	329
72.	Rakhmonov I.U., Wang Jian, Niyozov N.N., Sheraliev D.D. - Fault characterization and reliability stabilization of centralized inverters	332
73.	Rakhmonov I.U., Kurbonov N.N., Zhang Li, Kholiyorov A.B. - Intelligent lightning protection strategies for large-scale wind power plants using multi-source data integration	336
74.	Rakhmonov I.U., Narzullayev B.Sh., Xamidov Y.K. - Elektr dvigatellarni diagnostika qilishda adaptiv intellektual yondashuv konsepsiyasi	340
75.	Raxmonov I.U., Shayumova Z.M., Igamberyev A.A. - Yoqilg‘i-energetika kompleksi korxonalari energiya samaradorligining joriy holati va dinamikasini tizimli baholash	343
76.	Raxmonov I.U., Uzaqov N.Ch., Sultonov B.J. - Elektromobil zaryadlash qurilmalarida chiqish tokini prognozlash asoslar va qo‘llanilishi	347
77.	Rashidov Sh.O‘. - Past kuchlanishli elektr tarmoqlarida kuchlanish va tok nosinusoidalligini kamaytirish usullari	350
78.	Rashidov Sh.O‘. - Tayanchlar va ulardagi korroziya muammosi	353
79.	Rustamov D.Sh., Asadov A.K. - O‘zbekistonda shamol energetik qurilmalarini qo‘llash amaliyoti	356
80.	Safarov A.A., Jo‘rayev F.A. - Yong‘oq mevasini saqlashda ekologik xavfsiz biopolimer qoplamalar va energiya tejankor texnologiyalardan foydalanish samaradorligi	359
81.	Saidxodjayev A.G., Kholikhmatov B.B, Samiev Sh.S., Abdulazizov B.B. - Advanced optimization of parameter settings in complex closed-loop urban power distribution networks	363
82.	Saidxodjayev A.G., Saidxodjayeva M.A., Kholikhmatov B.B., Shaimanov M.R. - Hybrid graph attention network and iot-driven cyber-physical system for long-term forecasting and real-time monitoring of hydropower efficiency in mountain river basins	367
83.	Sultonov B.J., Qahhorov N.B. - Shamol elektir stansiyalari ishlash prinsipi	370
84.	Sultonov B.J., Binayev A. - Suxondaryo viloyatidagi transformatorlarning qizib ketishini oldini olish va tahlil qilish	376

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

85.	Tagayev B.K., Qo‘chqorbekova N.B., Qo‘chqorbekova D.B. - Elektromobil zaryadlash stansiyalari ulangan taqsimlash elektr tarmoqlarida elektr energiyasi sifat ko‘rsatgichlarining o‘zgarish tahlili	380
86.	Tagayev B.K., Qo‘chqorbekova N.B., Qo‘chqorbekova D.B. - Elektromobil zaryadlash stansiyalari ish rejimining boshqarish algoritmlarini taqqoslash	385
87.	Taslimov A.D., Raximov F.M., Haqberdiyev N.N. - Jahonda va o‘zbekistonda qishloq elektr tarmoqlariga taqsimlangan generatsiyani integratsiya qilish salohiyati tahlili	390
88.	Toirov O.Z., Mirzoyev D.P., Abdullayev Sh.X. - Qadoqlash mashinalarida qo‘llaniladigan elektr yuritmalar va ularning ish rejimlari tahlili	393
89.	Toirov O.Z., Mirzoyev D.P., Abdullayev Sh.X. - Chastotaviy boshqariluvchi elektr yuritmalarning energiya va resurs tejankorlikka ta’siri	396
90.	Toirov O.Z., Azimov Sh.Sh., Xoljayev O.N. - Avtonom quyosh fotoelektr-akkumulyator tizimini soatlik energiya balansi asosida texnik-iqtisodiy asoslash	400
91.	Toirov O.Z., O‘roqov S.E., Qurbonsayitov J.A. - Shaxta drenaj nasoslarining energiya samaradorligini matlab modeli asosida tahlil qilish	403
92.	Vaxobova S.K., Asqaraliyeva M.D. - Energiya samaradorligini oshirishda raqamli boshqaruv tizimlarining roli	407
93.	Xamidov Y.K., Bobomuratov D.I. - Surxondaryo viloyati iqlim sharoitida quyosh fotoelektr stansiyalari samaradorligini oshirish	410
94.	Xamidov Y.K. - Issiqxona sharoitida oqqanot zararkunanda hasharotiga qarshi kurashishda ultratovush to‘lqinining ta’sirining tahlili	414
95.	Xamidov Y.K., Ro‘ziyev A. - Xonadonlarda energiya tejash va smart uy loyihalash	420
96.	Xamidov Sh.V., Normuratov B.R., Axmadjonova M.E. - Statcom qurilmasi qo‘llanilgan elektr tarmog‘ining minimal yuklama rejimini hisoblash (IEEE–14 test sxemasi misolida)	424
97.	Xolmirzayev I.J., Qahhorov Sh.B. - Taqsimlovchi podstansiyalarni scada tizimi asosida masofadan boshqarishning texnik va iqtisodiy samaradorligini oshirish	429
98.	Xolmirzayev I.J., Jo‘rayev J.B. - Nasoslarni zamonaviy aqilli (smart) tizimlar orqali boshqarishda energiya samaradorligiga erishish tahlili	435
99.	Xolmirzayev I.J., Xaydarov R.X. - Quyosh panellarini tozalashda EDS tizimdan foydalanish	439
100.	Xolmirzayev I.J. - O‘simliklarga UV-C nurlatish qurilmalari orqali ishlov berilgan energiyani nazariy asoslash	448

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

101.	Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A., Normamatov D.J. - Past kuchlanishli taqsimlovchi tarmoq samaradorligini quvvat koeffitsientini oshirish orqali yaxshilash	453
102.	Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A., Normamatov D.J. - Past kuchlanishli elektr tarmoqlari samaradorligini yuklanish koeffitsiyenti asosida baholash	453
103.	Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A., Sayimov D.E. - Past kuchlanishli elektr tarmoqlarda yuklama nosimmetriyasi ta'sirida elektr energiya isroflarini baholash	459
104.	Xudoyqulov Z.R., Berdimurotov J.Sh. - Yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarining muz qoplashiga qarshi kurashish usullari	462
105.	Xoshimov F.A., Niyozov N.N., Temirova R.Sh., Esanov J.A. - Ko'p o'lchovli 5D tizimlarda fizik, raqamli va kognitiv sohalarni integratsiyalash	466
106.	Xudoyqulov Z.R., Berdimurotov J.Sh. - Transformatorni o'ta yuklanish rejimida issiqlik jarayonini MATLAB/Simulink da modellashtirish	469
107.	Xurramov R.J., Abzoirov E.A., Safarov O.E., Binayev A.B., Xolmurzayev A.S. - Issiqlik elektr stansiyalarida yoqilg'i samaradorligini oshirish va ekologik muammolarni kamaytirish	473
108.	Xurramov R.J., Abdujabborov B., Abdurahimov Z., Choriyev A., Ergashev H. - Yashil energetikaning global iqlim o'zgarishiga ta'siri	475
109.	Xushboqov B.X., Shaymanov M.R., Rashidov Sh.O', Musurmonov Y.B. - Surxondaryo viloyati sharoitida kabel liniyalarini yotqizish muammolari va ularning texnik-iqtisodiy yechimlari	478
110.	Xushboqov B.X., Xudoymurodova M.B. - Energetikada sun'iy intellekt	482
111.	Xushboqov B.X., Rashidov Sh.O', Musurmonov Y.B. - Afg'on shamoli sharoitida termiz shahri hududida havo elektr uzatish liniyalarining ishlash barqarorligini ta'minlash	490
112.	Xushboqov B.A., Mamatqulov T.Ch., Xurramov J.H. - Bobotog' nasos stansiyasi elektrotexnik uskunalaridan samarali foydalanish chora-tadbirlari	492
113.	Xushboqov B.A., Norboyev A.D., Qurbonov R.A. - Ko'p qavatli turar joy binolarida elektr energiyasini tejash va energo samaradorlikni oshirish istiqbollari	500
114.	Юлдошев И.А., Ботиров Б.М., Жураев О.Ш., Атоева М.А., Кушшаева Ф.Д., Ибрагимова Н.П. - Исследование рабочих характеристик фотоэлектрических модулей различного типа эксплуатируемых в магистральном водном канале	504
115.	Юлдошев И.А., Атоева М.А., Жабборов Ш.А. - Деградация литий-ионных аккумуляторов и её влияние на энергетические параметры систем хранения энергии в микросетях	513

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

116.	Yusupov E.K., Sharipov N.Sh. - Solar concentrator performance analysis	518
117.	G‘aniyev S.Y., Miyliyev A.O. - Teplovizorning sanoat hamda energetika sohalarida qo‘llanilishi	521
118.	Shaymanov M.R. - Energetik tekshirishlarning turlari	526
119.	Shaimanov M.R. - Uy-joy-kommunal sektorda energetik audit o‘tkazishning asosiy qoidalari va umumiy uslubiyati	530
120.	Shaymanov M.R. - Energetik tekshirishlarni rasmiylashtirish tartibi	533
121.	Ширинов А. Б., Радионова О. В. - Анализ алгоритмов цифровой обработки сигналов в устройствах релейной защиты энергосистем	536
122.	Choriyev A.J., Raxmonov E.A., Choriyeva M.E. - Qishloq xo‘jalik mahsulotlarini yetishtirish va saqlashda muqobil elektr energiyasidan foydalanish texnologiyalarining o‘rni	539
II ShO‘BA NEFT-GAZ SANOATIDA INTELLEKTUAL JIHOZLAR ELEKTR TA‘MINOTI VA ELEKTR XAVFSIZLIGI MASALASI		
1.	Ahmedov A.P., Norqulov A.Ch. - Neft burg‘ulash va qazib olish inshootlari uchun elektr uskunalarini tekshirish usullari	543
2.	Babamurodov K.X., Abrayqulov N.A. - Sanoat 4.0 va ishlab chiqarishni avtomatlashtirishning nazariy asoslari	547
3.	Berdiyarov O‘.M., Ahmedov A.I., Abdusattorov S.E. - Shakllashning asosiy usullari, massa va suspenziya namlining shakllangan materiallar sifatiga ta‘siri	553
4.	Berdiyarov O‘.M., Ergasheva T.O., Mamarajabova N.B. - Silikat materiallarga issiqlik ishlov berish jarayoni	557
5.	Ergashev A.X., Egamberdiev A.A., Dovutov D.D. - Neft va gaz qazib olish tizimlarining intellektual xavfsiz ekspluatatsiyasi va texnik xizmat ko‘rsatishi	559
6.	Eshnazarov M.Sh., Chorshanbiyev Sh.B., Shodiyev R.M. - Konlarda va suv omborlarida geomexanik deformatsiyalarni insar texnologiyalari yordamida monitoring qilish	563
7.	Eshnazarov M.Sh., Shodiyev R.M. - Marksheyderlik ishlarida energiya tejankor geodezik asbob-uskunalaridan foydalanishning samaradorligi	565
8.	Hamidov A.P., Eshilova L.A., Choriyev Sh.B. - Chinni va fayans buyumlari xom-ashyo materiallarini boyitish texnologiyasi va sifat samaradorligi	568
9.	Hamrayeva M., Choriyeva N., Shaymardanova M. A. - Silikat materiallar ishlab chiqarishda innovatsion texnologiyalar va texnologik samaradorlikni oshirish	571

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

10.	Hamrayeva M., Choriyeva N., Xoliyorova O‘.J. - Quritish jarayonlari va quritgichlarning texnologik samaradorligi	574
11.	Hamrayeva M., Choriyeva N., Shaymardanova M.A. - Chinni va fayans buyumlar texnologiyasining taqqosiy tahlili va sifat samaradorligini oshirish	577
12.	Maxmudov M.M., Shaymardanova M.A. - Chinni va fayans buyumlarini ishlab chiqarish jarayonlarini o‘rganish	579
13.	Maxmudov M.M., Shaymardanova M.A. - Silikat materiallarda g‘ishtning tayyorlanish jarayoni va bosqichlarini o‘rganish	582
14.	Misirov Z.X., Habibullayev A.Ch., Eshmurodov M.M. - Sanoatda qo‘llaniladigan maydalash qurilmalarining konstruksiyasini tahlil qilish	585
15.	Nomdorov R.U., Botirov Sh.S. - Xondiza polimetall koni sharoitida sentinel-1 insar ma’lumotlarini qayta ishlashdagi muammolar, maxsus yondashuvlar va illyustrativ materiallar	587
16.	Курбанова М.Х. - Электроснабжения и электробезопасности интеллектуального оборудования в нефтегазовой отрасли	591
17.	Nomdorov R.U., Botirov Sh.S. - Xondiza polimetall konida sentinel-1 insar monitoringi: ma’lumot yig‘ish, snap dastlabki ishlovi va kon-sharoitga mos maxsus yondashuvlar	595
18.	Qurbonmurodov U.J., Norqo‘ziyev J.Sh. - Universal gaz doimiysini aniqlash	597
19.	Qurbonmurodov U.J. - Termik kengayish koeffitsiyentini aniqlashni o‘rganish	601
20.	To‘rayev X.X., Karimov M.U., Ikramov Sh.S, Saidnazarov T.R. - P-nitroanilin olishning takomillashtirilgan ikki bosqichli aminlash usuli	604
21.	Samatov S.M., Tursunov S.A. - Modifikatsiyalangan kraxmal ishlab chiqarish texnologiyalari va ularning o‘zbekiston iqtisodiyotidagi istiqbollari	606
22.	Toshbekov O.A., Ermatov Sh.Q., Abdurasulova X.M. - Bazalt tolasining tuzilishi va xususiyatlari	610
23.	Toshbekov O.A., Urazov M.Q., Mustanova Z.A., Ermatov Sh.Q. - Bazalt tolalarining tuzilishi va fizik xossalari	618
24.	Toshbekov O.A., Urazov M.Q., Sultonova F., Ermatov Sh.Q. - Bazalt tolalarining issiqlik izolyatsiyasi va ishqoriy korroziyaga chidamlilik xususiyati	624
25.	To‘xtameshov F.G‘., Ziyayev F.Ch., To‘rayev Sh.B. - Zarkent kesmasini o‘rganishda zamonaviy kappametrlarni ahamiyati	630
26.	Turdiyev B.E. - Neft-gaz sanoatida intellektual jihozlar elektr ta’minoti	633
27.	Xodjamkulov S.Z., Bo‘riyev Q.N., Eshmurodov M.M. - Xomashyo materiallarining asosiy xossalari va kimyoviy tarkibi	637
28.	Xodjamkulov S.Z., Ahmedov A.I., Choriyev Sh.B. - Optik shisha: ta’rifi, turlari, tarkibi va xomashyosi	639

**“O‘ZBEKISTON ENERGETIKASINING KELAJAGI: QAYTA TIKLANUVCHI
ENERGIYA MANBALARI VA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR”**

29.	Xoliyorova O‘.J., To‘rayeva F.M., Toshtemirova O‘.N. - Quritish jarayonlari va quritgichlarning texnologik samaradorligi	642
30.	Xoliyorova O‘.J., Bo‘riyev Q.N., Habibullayev A.Ch. - Materiallarni quritish jarayonlari	645
31.	Xujamberdiyev Sh.M., Abduraimova L.N., Abdusattorov S.E. - Silikat sanoatida kremnezemli, karbonatli va glinazimli xom ashyolarni tayyorlash texnologik tizimlari	647
32.	Xujamberdiyev Sh.M., To‘rayeva F.M., Toshtemirova O‘.N. - Chinni - fayans buyumlarni quritish	650
33.	Yo‘lchiyeva M.G‘., Choriyev Sh.B., Eshilova L.A. - Ikki fazali oqimlar gidrodinamikasi va texnologik jarayonlarda samaradorlikni oshirish	652
34.	Yo‘lchiyeva M.G‘., Xurramov B.B., Eshmurodov M.M. - Xom ashyo materiallarning asosiy xossalari va kimyoviy tarkibi	655
35.	Zikirov H.A., Ergasheva T.O., Maxmudov M.M. - Quritish jarayonlari va quritgichlar	659
36.	Zikirov H.A., Abduraimova L.N., Eshilova L.A. - Chinni-fayans buyumlarini shlikerli massadan quyish usulida shakllash	662
37.	Ziyayev F.Ch., Xolmuxammadiyev A.M., Qudratova F.Sh. - Neftni qayta ishlash jarayonlarida bitum ishlab chiqarish va vodorod sulfiddan foydali mahsulotlar olishning zamonaviy texnologiyalari hamda qurilmalari	665
38.	Shamayev B.E., Eshilova L.A., Choriyev Sh.B., - Mayin tuyish jarayonining nazariyasi	674
39.	Shaymardanova M.A., Bo‘riyev Q.N., Ahmedov A.I. - Chinni va fayans buyumlarini ishlab chiqarish texnologiyasini o‘rganish	677
40.	Shaymardanova M.A., Ergasheva T.O., Mamarajabova N.B. - Chinni va fayans ishlab chiqarishda chiqindilarni qayta ishlash texnologiyasi	679
41.	Choriyeva N.B., To‘rayeva F.M., Toshtemirova O‘.N. - Yuqori dispers kukunlarni tayyorlash	681
42.	Sheraliyev D.D., Eshmurodov S.S., Poyonov N.Sh., Baxtiyorov J.O. - Gipsokarton ishlab chiqarish korxonasining elektr ta‘minoti tizimida qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan foydalanish masalalari	684
43.	Sheraliyev D.D., Eshmurodov S.S., Poyonov N.Sh., Baxtiyorov J.O. - Elektr tarmoqlari va transformator nimstansiyalarini rekonstruksiya qilishning texnik-iqtisodiy asoslari	688
44.	Tursunova F. - Qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyatorlardan qo‘rg‘oshin va sulfat kislotasi oqib chiqishining ekosistema xavfi va uni bartaraf etish usullari	691