

31.19
945

A.D. TASLIMOV, A.N. RASULOV,
E.G. USMANOV, G.R. RAFIKOVA

ELEKTR TA'MINOTI



18

31.19
E45

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI**

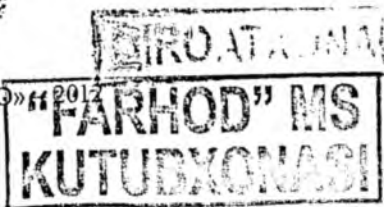
**A. D. TASLIMOV, A. N. RASULOV,
E. G. USMANOV, G. R. RAFIKOVA**

ELEKTR TA'MINOTI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

263127

Toshkent – «ILM ZIYO» #2012



*Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi ilmiy-metodik
birlashmalari faoliyatini muvofiqlashtiruvchi Kengash
tomonidan nashrga tavsiya etilgan.*

Ushbu o'quv qo'llanmada elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi elektr stansiyalarining turlari, stansiyalar va podstansiyalarning o'zehtiyoj iste'molchilari va ularni energiya bilan ta'minlash sxemalari, elektr yuklamalar grafigi, elektr yuklamalarini aniqlash usullari bayon qilingan. Shuningdek, sex elektr ta'minotining sxemalari, quvvat va energiya isrofini aniqlash, elektr uskunalarini texnika xavfsizligi bo'yicha zaminlash masalalari va releli himoya masalalari ham yoritilgan.

Taqrizchilar: **A.S. BERDISHEV** – texnika fanlari nomzodi,
dotsent;

T.SH. G'OYIBOV – texnika fanlari nomzodi,
dotsent.

KIRISH

O'zbekiston elektr energetikasining zamonaviy holati va rivojlanish istiqbollari. 2001-yildan ko'mir sanoati korxonalarini ham o'z ichiga olgan O'zbekiston elektr energetikasi «O'zbekenergo» ochiq turdagi Davlat Aksiyadorlik Kompaniyasi bo'lib faoliyat yuritmoqda.

Kompaniya tarkibiga 53 ta korxona va tashkilot, shulardan 39 ta ochiq aksiyadorlik jamiyati, 11 ta unitar korxona, 2 ta mas'uliyati cheklangan jamiyat va kompaniyaning «Energo-sotish» filiali kiradi.

Kompaniya aholi va xalq xo'jaligini markazlashgan elektr hamda respublika miqyosida issiqlik energiyasi bilan kommunal-xo'jalik iste'molchilarini ta'minlashni amalga oshiradi.

2005-yilda kompaniya elektr stansiyalari tomonidan 46,2 mlrd. kW soat elektr energiyasi ishlab chiqarilib, iste'molchilarga 9,9 mln. Gkal issiqlik energiyasi yetkazib berildi, 16,9 mln. dollarlik elektr energiyasi qo'shni mamlakatlarga sotildi.

Respublikadagi 42 ta elektr stansiyalarining o'rnatilgan quvvati 12,3 mln. kW dan yuqori bo'lib, O'rta Osiyo birlashgan energetika tizimi ishlab chiqarayotgan quvvatining taxminan 50 % ini tashkil etadi.

«O'zbekenergo» kompaniyasi respublikada deyarli yagona elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi va ta'minotchi kompaniya hisoblanadi.

Milliy energetika tizimining asosini elektr energiyasining 85 % dan ko'pini ishlab chiqaruvchi Sirdaryo, Yangi Angren va Toshkent IES kabi katta elektr stansiyalari tashkil etadi.

Kompaniyaning hamma suv elektr stansiyalari suv oqimi bo'yicha ishlaydigan, asosan, SES kaskadlariga birlashgan, eng katta SESlar Chirchiq daryosining yuqori qismida joylashgan (Chorvoq, Xo'jakent, G'azalkent) va quvvatni rostdash tizimida ishlashga imkon beruvchi suv omborlariga ega.

Respublikada elektr energiyasini uzatish barcha kuchlanishli 235 ming km uzatish liniyalari hamda umumiy quvvati

37,7 mln. kVA li 35 kV va undan yuqori kuchlanishli transformator podstansiyalari yordamida amalga oshiriladi.

Energetika O'zbekistonning iqtisodiy o'sishi va rivojlanishida hayotiy muhim o'rin egallaydi, shuning uchun mustaqillikning birinchi kunidan boshlab yangi energetika siyosati hukumatning alohida boshqaruvi ostida bo'ldi.

2000-yilning dekabr oyida O'zbekiston hukumati tomonidan «2001–2010-yillarda O'zbekiston Respublikasida quvvat yaratilishini rivojlantirish va qayta qurish dasturi» qabul qilindi.

Energetika sohasidagi milliy strategiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilar: monopoliyadan chiqarish va davlat boshqaruvini kamaytirish; energiya tarqatish sohasida raqobatli muhit yaratish; xorijiy davlatlar va kompaniyalar bilan texnologik va investitsion hamkorlik olib borish.

Dastur bo'yicha energiyani yaratishning samarali texnologiyalarini kiritib, Sirdaryo, Toshkent, Navoiy IESlari, Toshkent, Muborak IEM bug'-gazli va gaz turbinali uskunalarini yangilash va qayta qurish boshlandi.

Bu dasturni amalga oshirish uchun investorlar mablag'i jalb qilinadi. Dastur qabul qilingandan buyon YRTB krediti hisobiga Sirdaryo IESning ikkita energobloki qayta qurildi. «Toshkent IESni yangilash» loyihasi bo'yicha ishlar Yaponiya hukumatining uzoq muddatli imtiyozli krediti hisobiga boshlandi. 2005-yilda Tollimarjon IESning 800 MW quvvatli bitta energobloki ishga tushirildi.

Transformatorlarning quvvati 1002 MVA bo'lgan 500 kV kuchlanishli So'g'diyona podstansiyasi ishga tushdi.

500 kV kuchlanishli Yangi Angren IESdan Farg'ona vodiysidagi qabul qiluvchi 500 kV kuchlanishli O'zbekiston podstansiyasigacha bo'lgan elektr uzatuv liniyasi qurilmoqda.

Sirdaryo IESdan So'g'diyona podstansiyasigacha bo'lgan 500 kV kuchlanishli havo liniyasini loyihalash ishlari olib borilmoqda. Qurilishni moliyalashtirish ishlari Islom Taraqqiyot banki tomonidan olib borilmoqda.

110–220 kV kuchlanishli yangi obyektlarning qurilishi nazarda tutilmoqda, shu bilan birga respublikamiz poytaxti elektr ta'minotining ishonchligini oshirish uchun 110 kV li kabel liniyalari va yopiq podstansiyalar qurilmoqda.

Dasturda ushbu ishlarni amalga oshirish uchun, o'rtacha 800 km magistral EULni qurish hamda 220–500 kV kuchlanishli, quvvatlari 2,0 mln. kVA bo'lgan transformator podstansiyalarini ishga tushirish kutilmoqda.

Kompaniya tomonidan energiya tejamkorligi sohasida har yili energetika-yoqilg'i resurslarini iqtisod qilish va ulardan oqilona foydalanish bo'yicha tashkiliy-texnologik tadbirlar amalga oshirilmoqda.

Energiya tejamkorligi masalalarini yaxshi bajarish uchun, birinchidan, hamma toifali iste'molchilarni zamonaviy elektr energiya o'lchov va hisoblash asboblari bilan ta'minlash zarur.

Hukumat qarorlarining bajarilishi uchun kompaniya mablag'lari hisobiga energetika korxonalari, ko'p xonadonli uylar va xususiy uylarga yuqori sifatli elektr energiyasini o'lchash asbob va tizimlarini o'rnatish dasturi amalga oshirilmoqda. Ushbu ishlarni 2012-yilgacha tugallash rejalashtirilmoqda. Zamonaviy asbob va tizimlar asosida elektr energiyasining kommersiya hisobini tashkil qilish, iste'molchilardan o'z vaqtida maksimal darajada mablag' yig'uvi, sarflangan energiya uchun to'lovlar intizomini tashkil etish ishlari davom etmoqda.

Energetika iqtisodiyotning asosiy bo'limi ekanligini hisobga olib, energetika tizimi korxonalarini xususiy lashtirish va davlat tasarrufidan chiqarish o'zining xususiyatiga ega.

Respublika iqtisodiyotiga strategik ahamiyati bo'lgan aksiyadorlik jamiyatlari boshqaruv paketi (51 % dan kam emas) aksiyalarini «O'zbekenergo» DAK o'zida saqlab qoladi.

Issiqlik va elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi hamda katta qurilish korxonalarining aksiya paketlarining sotuvi Davlat tender hay'ati qarori bilan, elektr energiyasini tarqatuvchi va sotuvchi korxonalarining aksiya paketlari esa fond bozori orqali bajariladi.

Aksiyalarning boshqaruv paketini olmagan, yangilash va texnik qayta qurish uchun katta miqdordagi investitsiyalarni kirgizgan investorlarga O'zbekiston Respublikasi qonunchiligida aksiyalarning davlat ulushidan bir qismini boshqarish huquqi beriladi.

O'zbekistonda elektr energiyasi va quvvat bozorini yaratish, rivojlantirish asoslari yaratilmoqda.

I bob. ELEKTR ENERGIYASI MANBALARI

1.1. Energetika zaxiralaridan foydalanish

Energiya zaxiralari. Energiya – tabiat hodisalari, insoniyat madaniyati va turmushining asosidir. O‘z navbatida, energiya – materiya harakat turlarining bir xildan ikkinchi xilga aylanishining miqdoriy bahosidir. Turi bo‘yicha energiya mexanik, kimyoviy, elektr, yadroviy va hokazolarga bo‘linadi.

Insoniyat amaliyotida foydalanish uchun yaroqli material obyektlarida mujassamlangan energiya *energiya zaxiralari* deb nomlanadi. Tabiatda ko‘p uchraydigan energiya zaxiralaridan asosiylari katta miqdorda amaliy ehtiyojlar uchun ishlatiladi. Ularga organik yoqilg‘ilar – ko‘mir, neft, gaz hamda okean, dengiz va daryo energiyasi; quyosh, shamol energiyalari va hokazo energiya turlari kiradi.

Energiya zaxiralari *tiklanadigan* va *tiklanmaydigan* turlarga bo‘linadi.

Tiklanadigan va tiklanmaydigan energiya zaxiralari. Birinchisiga tabiat tomonidan bevosita tiklanadigan (suv, shamol va hokazo) energiya zaxiralari, ikkinchisiga esa avvaldan tabiatda to‘plangan, lekin yangi geologik sharoitlarda qayta hosil bo‘lmaydigan (masalan, toshko‘mir) energiya zaxiralari kiradi.

Tabiatdan bevosita olinadigan (yoqilg‘i energiyasi, suv energiyasi, shamol energiyasi, yerning issiqlik yadroviy energiyasi) energiya *birlamchi energiya* deyiladi. Birlamchi energiyadan maxsus qurilmalarda – stansiyalarda insoniyat tomonidan qaytadan hosil qilinadigan (bug‘, issiq suv energiyasi va hokazo) energiya *ikkilamchi energiya* deyiladi.

Birlamchi energiya qanday usulda qayta hosil qilinishiga qarab, o‘zgartiruvchi stansiya shunday nomlanadi. Masalan, issiqlik elektr stansiyasi (qisqacha IES) birlamchi issiqlik energiyasini ikkilamchi elektr energiyasiga aylantirib beradi, suv elektr stansiyasi (SES) suv energiyasini elektr energiyasiga,

atom elektr stansiyasida (AES) esa atom energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beradi, undan tashqari, suv to'liqini energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beruvchi to'liqin elektr stansiyasi va boshqa stansiyalar mavjud.

Energiyani kerakli turda olish va iste'molchilar o'rtasida taqsimlash – *energetik ishlab chiqarish* jarayoni besh bosqichdan iborat:

1. Energetika zaxiralarini olish: yoqilg'ini qazib olish va boyitish, suv texnik qurilmalar yordamida bosimni yuzaga keltirish va hokazo.

2. Energiyani qayta hosil qiluvchi qurilmalarga energetik zaxirani keltirish.

3. Taqsimlash va iste'mol uchun eng qulay bo'lgan usulda, birlamchi energiyadan ikkilamchi energiya (asosan, issiqlik va elektr energiyasi) hosil qilish.

4. Qayta hosil qilingan energiyani uzatish va taqsimlash.

5. Yetkazilgan energiyani iste'mol qilish.

Agar qo'llanilayotgan birlamchi energiya manbalarini 100 % deb hisoblasak, undan faqat 30–40 % energiya olinadi; energiya qolgan katta qismi issiqlik ko'rinishida isrof bo'ladi.

Energiya isroflari, asosan, hozirgi davrdagi energetik mashinalarning texnik tavsiflari bilan ifodalanadi.

Energiya zaxiralarining iste'moli. Energiya zaxiralari iste'moli dunyo ishlab chiqarishiga bog'liq ravishda tez sur'atlarda o'smoqda. 2005-yilga kelib energiya zaxiralarining iste'moli 160–240 ming TW·soatni (ya'ni 20–30 mlrd. tonna shartli yoqilg'iga teng) tashkil etdi. Qolgan dunyo energiya zaxiralari, yadro va termoyadro energetikasini hisobga olmagan holda, yana 100–250 yilga yetadi. Bu ma'lumotlar taxminiy, lekin kelajakning ayrim ko'rinishlarini yoritib beradi. 1.1-rasmda energiya tashuvchilarning dunyodagi iste'moli to'g'risida ma'lumotlar berilgan.

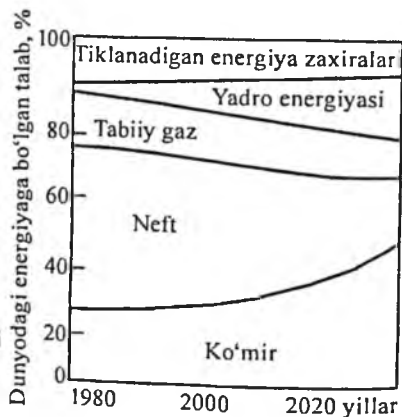
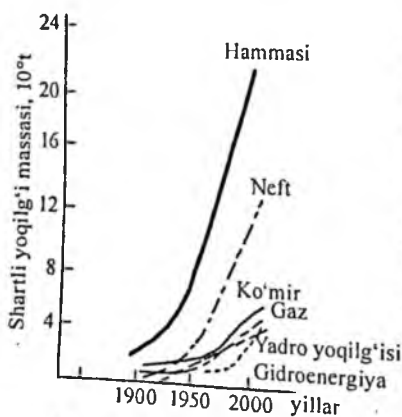
Dunyoda energiya zaxiralarining 2000-yilga kelib umumiy ishlab chiqarilishi 20 mlrd. tonna shartli yoqilg'iga teng bo'ldi. Bu tizimda neft va gaz yuqori o'rinni egallab, ishlab chiqarish energiya zaxiralarining 3/5 qismini tashkil etadi; 1/5 qismi

yadro yoqilg'isiga, qolgan qismi esa boshqa qattiq yoqilg'ilarga to'g'ri keladi.

XX asrning 60-yillarida dunyo yoqilg'i-energetik muvozanati tuzilishida (1.2-rasm) sezilarli o'zgarishlar ro'y berdi. Suyuq va gazsimon yoqilg'i iste'moli ortdi. 1980-yilga kelib dunyoda umumiy energiya iste'molida 46 % ni neft, 20 % ni gaz tashkil etdi.

XX asrning oxiriga kelib energiya iste'moli tabiiy gaz, ko'mir va yadro energiyasi hisobiga to'ldirildi. XXI asr boshida tiklanadigan energiya turlari unumdorligini oshirish kutilmoqda. Taxminiy hisoblarga ko'ra, bu energiya zaxiralarning ulushi yadro energiyasi bilan birga 40 % atrofida bo'ladi. Foydalaniladigan energiya manbalari ichida ko'mir (75–85 %); neft (10–15 %) va gazning (10–15 %) ulushlari sezilarli; qolgan energiya zaxiralari birgalikda 2 % ni tashkil etadi.

Mutaxassislar fikriga ko'ra, dunyo yoqilg'i umumgeologik zaxiralari 200 mln. TW·soat deb taxmin qilingan edi, keyinchalik, zamonaviy texnologik usullar yordamida 28000 mln. TW·soat yoqilg'ini qazib olish iqtisodiy jihatdan samarali deb topildi. Bu dunyoda qazib chiqarilayotgan yoqilg'i miqdoridan 380000 marotaba ko'p.



1.1-rasm. Turli xil energiya tashuvchilarning dunyo bo'yicha iste'molining yillarga nisbatan shartli ko'rinishi (amaldagisi va kutilayotgani)

1.2-rasm. Yoqilg'i-energetik zaxiralarning dunyo miqyosidagi iste'molining tuzilishi

Energetik manbalarning ko'p qismi elektr stansiya-larida elektr energiyasi ish-lab chiqarish uchun sarflan-moqda.

Texnika taraqqiyoti nati-jasida insoniyat yirik, tax-minan 8–10 mlrd. kW ga teng bo'lgan elektr quvvatiga ega bo'ldi. Agarda energetik qurilmalarning o'rtacha 0,2 ga teng FIK bilan ishlashini hisobga olsak, unda ega bo'lgan quvvatni olish uchun tabiatdan 40–50 mlrd. kW quvvatni chiqarib olishga to'g'ri keladi.

Quvvat kun, oy va yil davomida o'zgarib turadi. Quvvatdan foydalanish grafik tarzda beriladi.

Grafikni (1.3-rasm) teng yuzali to'g'ri to'rtburchak shakl bilan almashtirsak, hisobiy eng katta quvvatning davomiyligi T_m qiymatiga ega bo'lamiz va dunyoda foydalanilayotgan energiyani topamiz. Kichik qiymatga asoslanib, quyidagi natijani olamiz:

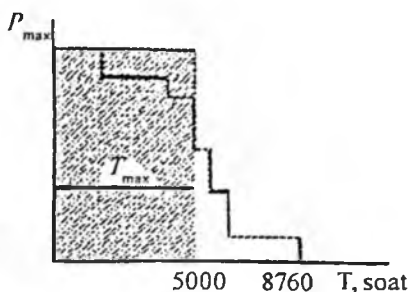
$$E = 40 \text{ mlrd. kW} \cdot 5000 \text{ soat} = 200 \cdot 10^3 \text{ mlrd. kW} \cdot \text{soat}.$$

Bu qiymatni shartli yoqilg'i ko'rinishiga keltiramiz. 1 tonna shartli yoqilg'i 8000 kW·s ga teng bo'lgan energiyaga ega, bundan kelib chiqadiki, energetik qurilmalarni yil davomida harakatga keltirish uchun

$$200 \cdot 10^3 \text{ mlrd. kW} \cdot \text{soat} / 8 \cdot 10^3 \text{ kW} \cdot \text{soat/tonna} = 25 \text{ mlrd. tonna}$$

shartli yoqilg'i kerak bo'ladi

Bizning sayyoramizda 7 mlrd. odam yashashini hisobga olsak, yil davomida har bir odamga 25 mlrd. t/7 mlrd. odam = 3,1 tonna energetik zaxira to'g'ri keladi.



1.3-rasm. Energetika qurilmalarining umumiy quvvatidan foydalanish grafigi

Nazorat savollari

1. Energiya zaxiralarini tashkil etuvchi manbalar.
2. Tiklanadigan va tiklanmaydigan energiya zaxiralarining ta'rifi.
3. Energetik ishlab chiqarish jarayonining asosiy bosqichlarini ta'riflab bering.
4. Energiya zaxiralari iste'molining hozirgi kundagi ahvoli.

1.2. Elektr stansiyalari

Hozirgi vaqtda elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi stansiyalarning quyidagi turlari mavjud: an'anaviy va noan'anaviy energiya manbayi.

An'anaviy energiya manbalari:

1) suv elektr stansiyalari (SES) va suv-akkumulatorli elektr stansiyalari (SAES);

2) issiqlik (IES), ular bug' turbinali (issiqlik elektr markazlari (IEM), kondensatsion (KES) va gaz turbinali (GTS) ga bo'linadi;

3) atom elektr stansiyalari (AES);

4) dizel elektr stansiyalari.

Noan'anaviy energiya o'zida keng potensial energiya manbalarini jamlaydi. Ular quyidagilarga bo'linadi:

1) quyosh elektr stansiyalari;

2) geotermal elektr stansiyalari;

3) shamol elektr stansiyalari;

4) dengiz to'liqlik elektr stansiyalari.

Suv elektr stansiyalari

Suv elektr stansiyalarida (1.1-jadval) suv oqimi energiyasi elektr energiyasiga aylantiriladi. Bu ishni amalga oshirish uchun tarkibida to'g'onli texnik inshootlar hamda asosiy va yordamchi jihozlar joylashgan stansiya binosi mavjud. SESlarda elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun zarur qiymatda suv sarfi, Q , m^3/s ni va suv tushish balandligi, ya'ni bosim uchun N , m bilan ta'minlash zarur. Buning uchun daryolarda suv yo'li to'g'on bilan to'silib, SES uchun zarur bo'lgan suv sarfi va bosimga erishiladi. Ba'zan SESlar uchun sug'orishga mo'ljallangan to'g'onli texnik inshootlardan ham foydalanish mumkin.

SESlarda suv yuqori sathdan quyi sathga og'irlik kuchi ta'sirida tushib, turbina parragini hamda u bilan bir valda o'rnatilgan generator rotorini aylantiradi. Generatorda mexanik energiya elektr energiyasi holatiga keltiriladi. Turbina bilan generator birgalikda suvagregat deb ataladi.

SESlarda ishlab chiqiladigan elektr energiyasi uchun suv oqimi energiyasi asos bo'lib xizmat qiladi. Suv oqimi ener-

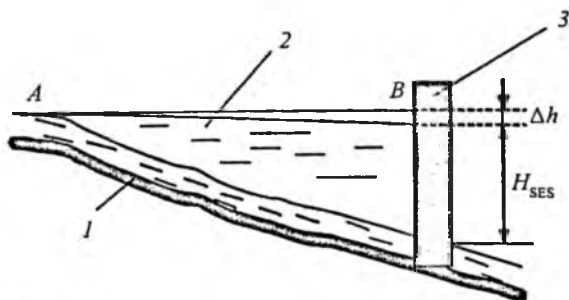
giyasidan samarali foydalanish uchun nisbatan qisqa masofada suv sathlari farqini joylashtirish zarur.

1.1-jadval

T/r	Suv elektr stansiyasi nomi	Quvvat, MW	Yillik elektr energiyasini ishlab chiqarish, mln.kW·soat
1	To'palang SES	175,0	514,0
2	Hisorak SES	45,0	80,9
3	So'x SES	14,0	70,0
4	Ohangaron SES	20,0	36,0
5	Andijon kichik SES	11,2	43,9
6	Karkidon SES	10,0	26,0
7	Tovoqsoy SES	9,5	32,0
8	Pioner SES	8,0	35,0
9	Shahrixon SES	30,0	110,0
10	Shahrixon SES-1	15,0	50,0
11	Uychi SES-1	20,3	70,0
12	Uychi SES-2	38,6	140,0
13	Janubiy Farg'ona kanalidagi SES-2	7,9	42,0
14	Bog'ishamol SES-2	17,7	74,0

SES bosimini yuzaga keltirishning to'g'onli, derivatsiya va to'g'onli-derivatsiya sxemalari mavjud.

To'g'onli sxema suv yo'lini to'g'on yordamida to'sib, sun'iy bosim hosil qilishni ko'zda tutadi. Bu sxema ko'proq suv sarfining katta qiymatlarida va suv yuzasi nishabligining kichik qiymatlarida qabul qilinadi. To'g'on yordamida hosil



1.4-rasm. Suv energiyasidan foydalanishning to'g'onli sxemasi:

1 – suv manbayi; 2 – suv ombori; 3 – to'g'on.

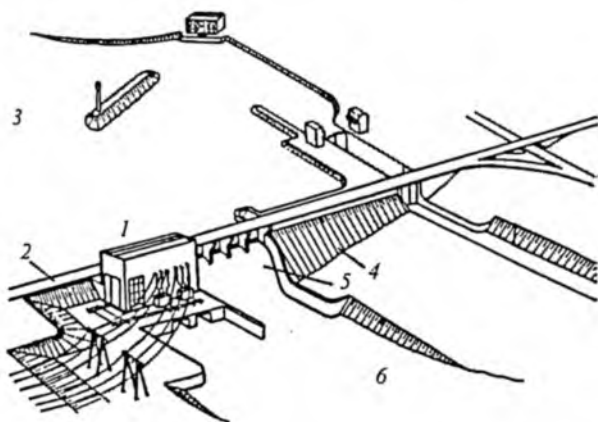
qilingan bosim yuqori va quyi suv sathlarining farqi, ya'ni $N_{SES} = \nabla YBSS - QBSS$ ga teng. Yuqori qismdagi suv sathi bevosita to'g'on oldidagi (B nuqta) suv sathi qiymatidir. Chunki bu qiymat suv havzasi boshlanish nuqtasidagi (A nuqta) qiymatidan Δh ga (1.4-rasm) farq qiladi.

To'g'onli sxemadagi, bosimga bog'liq SESlar o'zanda yoki to'g'on ortida joylashishi mumkin. Agar SES o'zanda joylashgan bo'lsa, u to'g'on bilan birgalikda bosim hosil qiladigan inshootlar (1.5-rasm) tarkibiga kiradi. Bunda SES binosi yuqori sathdan suv bosimini to'liq qabul qiladi va mahkamlik bo'yicha barcha talablarga javob berishi kerak. Bunday SESlarda bosim qiymati kichik bo'ladi.

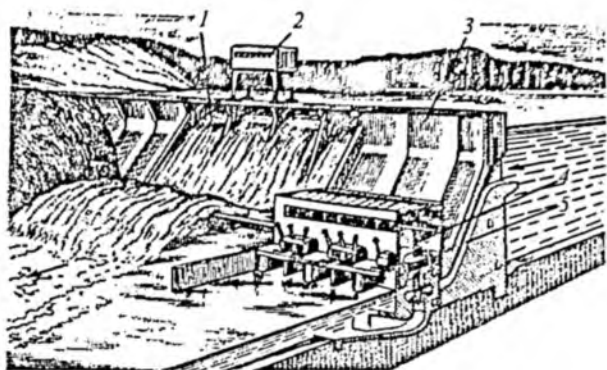
Agar bosim balandligi qiymati turbina diametri qiymatidan 6 marta ortiq bo'lsa, SES binosi to'g'on ortida quriladi (1.6-rasm) va suv bosimini qabul qilmaydi. Bunday hollarda turbinalarga suv to'g'on ichida joylashgan yoki uning ustidan, ba'zi hollarda yonidan o'tgan maxsus quvurlar yordamida yetkazib beriladi.

Derivatsiya sxemasi. Bu sxema (1.7-rasm), asosan, katta nishablikka ega bo'lgan suv manbalarida qo'llaniladi.

Suv manbayining tanlangan joyida nisbatan kichik to'g'on quriladi va kichik hajmli suv havzasi yuzaga keltiriladi. Havzadagi suv manbaning tabiiy o'zani bo'yicha hamda maxsus



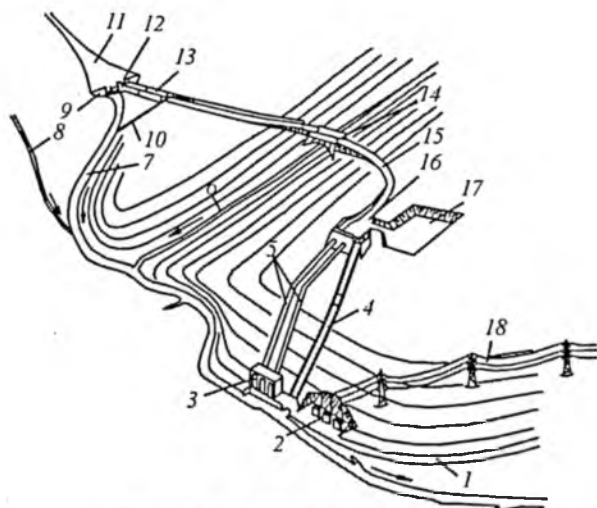
1.5-rasm. O'zanda joylashgan to'g'onli SES sxemasi:
1 – SES binosi; 2 – yo'l; 3 – yuqori sath; 4 – to'g'on; 5 – to'g'onning suv tushar qismi; 6 – quyi sath.



1.6-rasm. To'g'on ortida joylashgan SES sxemasi:

1 – suv tushar to'g'on; 2 – suv darvozalarini ko'tarib tushiruvchi kran;
3 – stansiya to'g'oni; 4 – SES binosi; 5 – turbina quvuri.

qurilgan derivatsiya kanaliga berilishi mumkin. Derivatsiya kanalining nishabligi suv manbai nishabligiga nisbatan ancha kichik, shu farq SES bosimini tashkil qiladi. Derivatsiya kanali suvni bosim havzasiga, undan esa quvurlar orqali turbinalarga



1.7-rasm. Derivatsiyali SES sxemasi:

1 – yo'l; 2 – podstansiya; 3 – SES binosi; 4 – suv tashlash inshooti; 5 – turbina quvurlari; 6 – chap irmoq; 7 – daryo; 8 – o'ng irmoq; 9 – to'g'on; 10 – loyqa tushirish inshooti; 11 – suv ombori; 12 – suv olish inshooti; 13 – tindirgich; 14 – akveduk; 15 – derivatsiya kanali; 16 – bosim havzasi; 17 – rostlash havzasi; 18 – yuqori kuchlanish simlari.

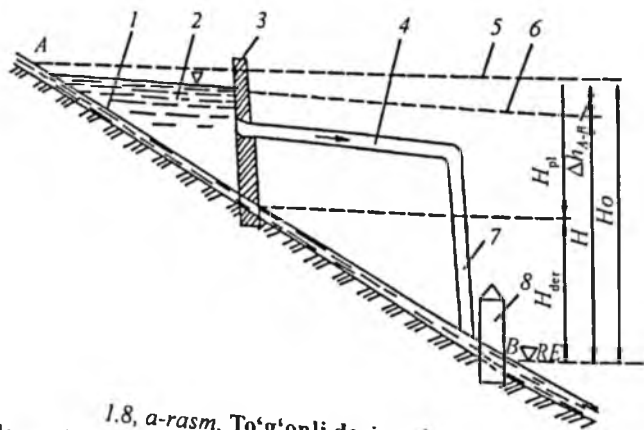
yetkazib beradi. SESdan oqib chiqqan suv manbaga yoki biron-bir kanalga berilishi mumkin.

To'g'onli-derivatsiya sxemasi. Bu sxemada yuqorida keltirilgan ikkala sxemaning ham imkoniyatlaridan foydalaniladi. Bu variant bo'yicha daryo o'zanida suv ombori qurilib, to'g'ondan keyingi qismda derivatsiya inshootlaridan foydalaniladi. To'g'onli-derivatsiya sxemasi suv manbayining nishabligi har xil bo'lganda qo'llaniladi. Manbaning nishabligi kichik bo'lgan joyida to'g'on bunyod etiladi, nishablik katta bo'lganda (1.8, a-rasm) derivatsiya sxemasidan foydalaniladi.

Ushbu sxema bo'yicha to'g'on SES binosidan qanchalik yuqoriga joylashsa, uning o'lchamlari, shuningdek, suv ombori o'lchamlari shunchalik kichik bo'ladi. Lekin bu holda derivatsiya inshootlarining uzunligi ancha oshadi. Demak, bosim yo'qolish qiymati ham oshadi. Shu sababli to'g'onli-derivatsiya sxemasi bo'yicha inshoot o'lchamlari texnik-iqtisodiy hisoblar bilan aniqlanadi.

SESning asosiy parametrlari. SESning asosiy parametrlari sifatida uning bosimi, suv sarfi, quvvatini ko'rsatish mumkin.

Yuqori sathdagi (suv omborining to'g'on oldidagi qismi) va quyi (to'g'on ortidagi suv manbayi yuzasi) suv sathi qiymatlarining farqi *geometrik* yoki *statik bosim* deb ataladi.



1.8, a-rasm. To'g'onli derivatsiya sxemasi:
1 – daryo o'zani; 2 – suv ombori; 3 – to'g'on; 4 – derivatsiya; 5 – suvstatik sath; 6 – pyezometrik chiziq; 7 – turbina quvuri; 8 – SES binosi; Δh_{A-B} – A va B nuqtalar orasidagi bosim yo'qolish qiymati.

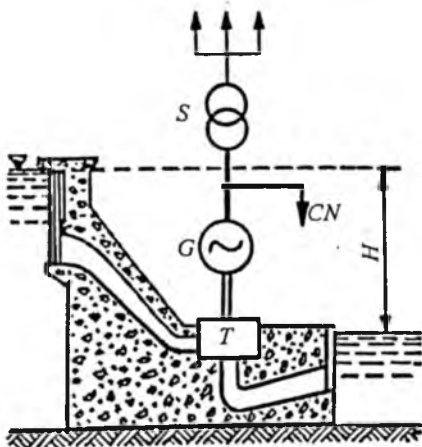
SES suv sarfi Q , m^3/s . Bu qiymat manbaning suv sarfi, suv omboridagi suv hajmi, energetika tizimining iste'moliga bog'liq bo'ladi. Agar SES foydalanilayotgan suvtehnika inshootlarda qurilgan bo'lsa, unda SES suv sarfi inshootning suv berish grafigiga mos holda aniqlanadi. SESdagi maksimal suv sarfi uning barcha turbinalarining suv o'tkazish qobiliyati bilan aniqlanadi. Bu qiymat SES turiga qarab katta oraliqda o'zgaradi. Masalan: Samara SESida 22 ta turbina o'rnatilgan bo'lib, ularning har biri $675 m^3/s$ suvni o'tkazadi. SESning maksimal suv sarfi $15000 m^3/s$ ni tashkil qiladi.

SES quvvati. Bu ko'rsatkich SESning energetik potensialini aniqlaydigan (1.8, b-rasm) ko'rsatkichlardan biridir. Ma'lumki, quvvat vaqt birligida bajarilgan ish miqdori bilan aniqlanadi. Demak, SESda bu – vaqt birligi ichida ishlab chiqarilgan elektr energiyasi miqdori. Uning o'lchov birligi – vatt (W), kilovatt (kW), megavatt (MW), gigavatt (GW) va teravatt (TW) qilib qabul qilingan.

Agar hosil qilingan bosim N , m, inshootlar, turbina o'tkazishi mumkin bo'lgan suv sarfi Q , m^3/s aniq bo'lsa, unda suv oqimining potensial quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P = 9,8 \cdot H Q \cdot \eta.$$

Kichik turdagi SESlar. O'zbekiston DAK qoshida kichik turdagi SESlarni rivojlantirish chora-tadbirlari ishlab chiqil-



1.8, b-rasm. Suv elektr stansiyasi potensialini aniqlash

moqda. Hozirgi kunda bunday SESlarning soni nihoyatda ortib bormoqda. Kichik turdagi SESlarning afzallik taraflari juda ko'p. Aslida bu turdagi SESlar Suv xo'jaligi vazirligi bilan kelishuv asosida quriladi. Bularni yuklamalar uncha ko'p bo'lmagan, shahar yoki uzoq qishloq joylarga o'rnatish mumkin. Ularning energiya manbayi suv hisoblanadi. Uncha katta bo'lmagan to'g'ondan katta tezlikda quvurlar orqali suv oqadi va parraklarni aylantiradi. Bu kabi kichik SESlardan, ayniqsa, yoz oylarida ko'proq foydalaniladi. Kichik SESlarning ishlash manbayi suv bo'lganligi uchun qishda yuklamalar uchun boshqa turdagi manba ishlatiladi.

Hozirgi kunda O'zbekistonda kichik SESlar uchun qurilgan to'g'onlar xalq xo'jaligida suvni to'g'ri yo'naltirish va rejali uzatishda ham ishlatiladi. Shunday qilib, SESlardagi suv generatorlarining quvvati kichik hisoblanadi.

Nazorat savollari

1. SES bosimini yuzaga keltirishning nechta sxemasi mavjud?
2. SESning asosiy parametrlari nimalardan iborat?
3. Elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi stansiyalarning qanday turlari mavjud?
4. An'anaviy energiya manbalariga qanday stansiyalar kiradi?
5. Noan'anaviy energiya manbalarining turlarini sanab bering.

1.3. Issiqlik elektr stansiyalari

An'anaviy energiya manbalariga – issiqlik elektr stansiyalari, issiqlik energiya markazi, suv elektr stansiyasi, dizel elektr stansiyalari kiradi.

Issiqlik elektr stansiyalari – organik yoqilg'i yonganda ajraladigan issiqlik energiyasi hisobiga elektr energiyasi ishlab chiqaradigan energetik qurilmalardir.

IES quyidagi turlarga bo'linadi:

- foydalaniladigan yoqilg'ining turiga qarab – qattiq, suyuq, gazsimon va aralash yoqilg'ilarda ishlaydigan stansiyalar;
- issiqlik motorlari turiga qarab – bug' turbinali, gaz turbinali va ichki yonuv motori – (dizel) elektr stansiyasi;

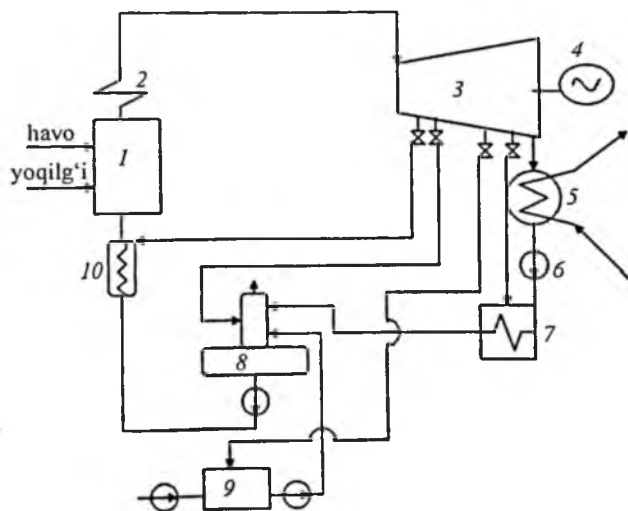
– iste'molchiga beradigan energiya turiga qarab – kondensatsion elektr stansiyasi (KES) va issiqlik energiyasi markazi (IEM);

– quvvat berish grafigiga qarab – asosiy, yil bo'yi bir me'yoriy maksimal quvvatda va cho'qqi keskin o'zgaradigan grafik bo'yicha ishlaydigan stansiyalar.

Issiqlik elektr stansiyalarining ishlash sxemasi quyidagicha.

Kondensatsion issiqlik elektr stansiyasi (KES). KESning prinsipial sxemasi 1.9-rasmda ko'rsatilgan. Qozon (1) ga yoqilg'i tayyorlash sexidan yoqilg'i (ko'mir, gaz, mazut, torf, slanes), isitilgan havo va suv aralashmasi keltiriladi.

Ta'minlovchi ventilator yordamida havo, ta'minlovchi (PN) nasos orqali suv beriladi. Yoqilg'i yonishi natijasida hosil bo'lgan tutun gazlarni (qozondan tutun so'ruvchi yordamida so'rib olinadi va tutun balandligi 100–250 m bo'lgan truba orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Qozondan bug' bug' turbinasiga yuboriladi. U yerda bug' bir nechta pog'onalardan o'tib mexanik ishni bajaradi – turbina bug' ta'sirida harakatga keladi. Turbina bilan elektr generatorning vali biriktirilgan bo'ladi. Turbinada



1.9-rasm. Kondensatsion elektr stansiyasining ishlash sxemasi:

1 – qozon; 2 – o'ta qizdirgich; 3 – turbina; 4 – elektr generator; 5 – sovitgich;
6 – nasos; 7 – past bosimli qizdirgich; 8 – deaerator; 9 – suv tayyorlash sexi;
10 – yuqori bosimli qizdirgich.

ishlatib bo'lingan bug' sovitgichga (K) yuboriladi. Bu yerda bug' sovitgichdan ko'p miqdorda sovuq suvning ($5-25^{\circ}$) o'tishi natijasida soviydi, ya'ni yana suv holatiga qaytariladi. Sovuq suv manbayi sifatida daryo, ko'l yoki sun'iy suv havzalari va maxsus sovituvchi minora (gradiriya) qurilmalari bo'lishi mumkin. U yerdan sovuq suv aylantiruvchi nasoslar (SN) yordamida sovitgichga yuboriladi. Yoriqlardan sovitgichga kiruvchi havo ejektor (E) yordamida chiqarib yuboriladi. Sovitgichda hosil bo'lgan suv KN suv nasosi yordamida deaeratorga yuboriladi. Deaerator ta'minlovchi suvdan birinchi navbatda kislorodni chiqarib yuboradi, chunki kislorod qozon turbinalarining korroziyasiga olib keladi. Deaeratorga kimyoviy tozalangan suv yuboriladi. Deaeratoridan so'ng suv ta'minlovchi nasos yordamida qozonga yuborilib, oldindan isitiladi. Isitish har xil bosimli isitgichlarda, qozon ekonomayzerida amalga oshiriladi. Bug'ning asosiy qismining sovitgichdan o'tishi qozonda ishlab chiqilgan issiqlik energiyasining 60–70 % befoyda almashuvchi suv bilan chiqib ketishiga olib keladi.

KESlarning xususiyatlari.

1. Yoqilg'i manbayiga mumkin qadar yaqinroq joylarda quriladi.

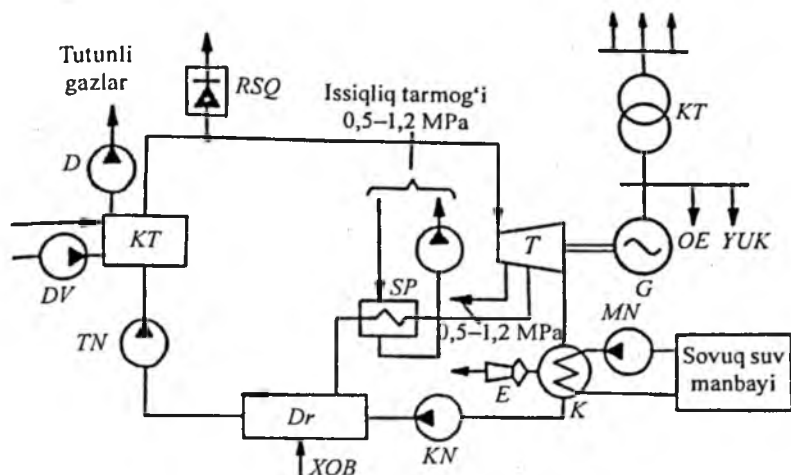
2. Ishlab chiqarilgan elektr energiyasining asosiy qismi (110–750 kV) yuqori kuchlanishli tarmoqlarga beriladi.

3. Elektr energiyasini ishlab chiqarish erkin grafik bo'yicha kechadi.

4. Past o'zgaruvchanlik: turbinaning aylanishi va «sovuq» holatdan yuklamaga o'tish uchun taxminan 3–10 soat talab qilinadi.

5. Nisbatan past F.I.K. ($\eta = 30-40\%$).

Issiqlik elektr markazlari (IEM). IEMning asosiy sxemasi 1.20-rasmda berilgan. KESlardan IEMning farqi shundaki, stansiya turbinasida ishlatilgan bug'ning bir qismi sanoat va kommunal-maishiy ehtiyojlarda ishlatiladi. SP maishiy-kommunal iste'molchilar issiqlikni tarmoq isitkichlaridan oladi. IEMda elektr yuklamasining pasayishi bilan bug' bilan ta'minlaydigan qozondan ta'minlovchi reduksion-sovitish qurilmasi (RSQ) yordamida iste'molchilar uchun issiqlik olish mumkin. Isitish maqsadlari uchun turbinadan qancha katta miqdorda bug'



1.10-rasm. Kondensatsion issiqlik elektr stansiyasi

olinsa, shuncha kam almashtiruvchi suvda issiqlik yo'qoladi va natijada stansiyaning F.I.K. shuncha yuqori bo'ladi. Turbina qizib ketmasligi uchun undan barcha tartibda o'tuvchi bug'ning aniq miqdori ta'minlanishi kerak. Issiqlik va energiya iste'molchilari quvvatlarining IEM hollarda kondensatsion tartibida ishlaydi. Bu esa uning tejamkorligini pasaytiradi. IEM, ayniqsa, sanoat va yirik isituvchi qozonlarda sanoatning bug' va issiq suvga bo'lgan talabini 100 % ta'minlaydi.

IEMning xususiyatlari:

1. Issiqlik iste'molchilari yonida quriladi.
2. Asosan keltirilgan yoqilg'ida ishlaydi.
3. Ishlab chiqarilgan elektr energiyasi bilan hudud atrofidagi iste'molchilarni ta'minlaydi.
4. Elektr energiyasi qisman grafik bo'yicha ishlab chiqariladi (issiqlik grafigi iste'molchiga bog'liq).
5. Past o'zgaruvchanlik (KES kabi).
6. Nisbatan yuqori ($\eta = 60-70\%$) F.I.K. ga ega.

1.4. Atom elektr stansiyalari (AES)

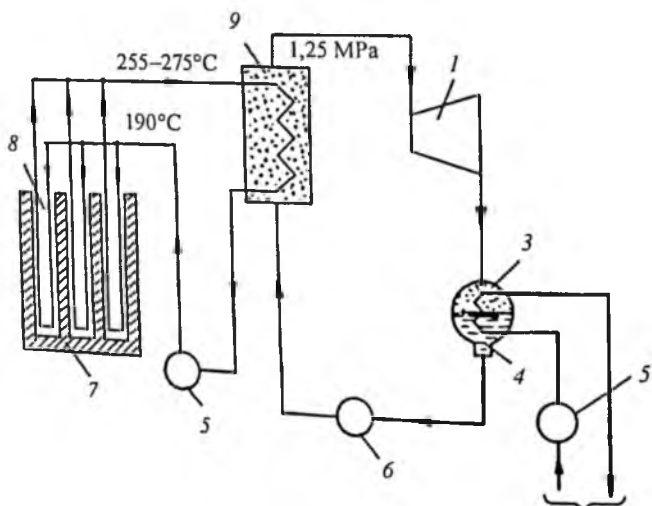
Atom elektr stansiyalari turli xil reaktorli qilib loyihalanadi va quriladi. Reaktorlar bir yoki ikki konturli sxema bo'yicha issiqlik neytronli (suv-suvli, grafit-gazli, kapayali) va tez neytronli qilib

quriladi. AES kondensatsion elektr stansiyalar (KES) kabi faqat elektr energiyasini yoki IEM kabi issiqlik va elektr energiyasi (IEM) ishlab chiqarish uchun qurilishi mumkin.

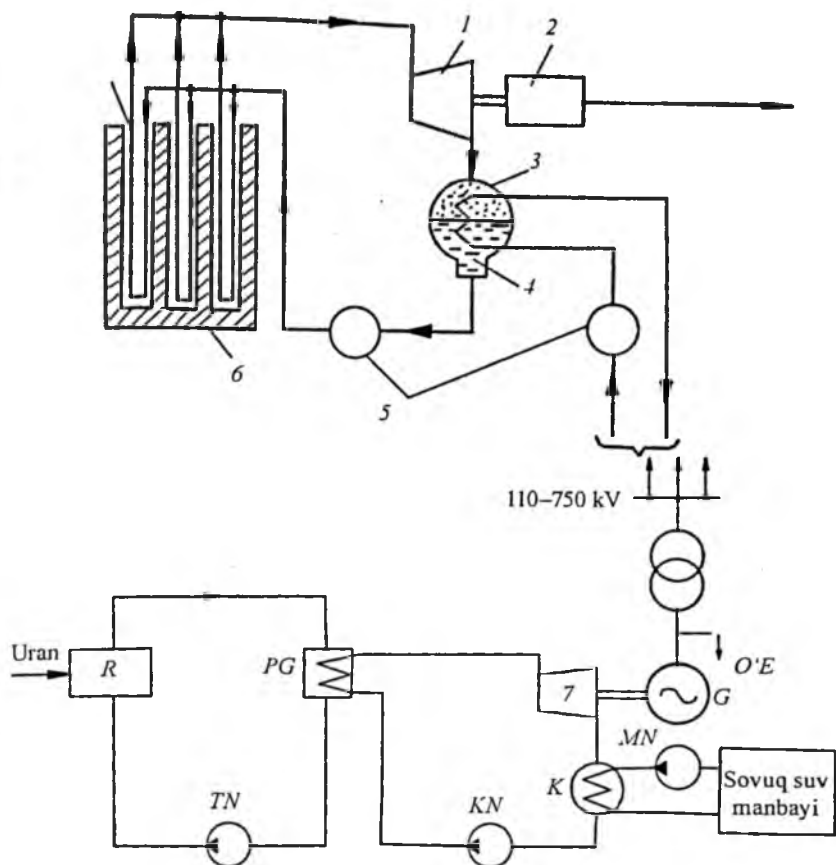
Bir konturli atom elektr stansiyalarining asosiy sxemasi 1.21-rasmda ko'rsatilgan. Bunday AESning butun qurilmasi radiatsion tartibda ishlaydi. Shuning uchun uni ekspluatatsiya qilish murakkablashadi, lekin issiqlik energiyasini hosil qilish jarayoni soddalashadi.

Ikki konturli AESning prinsipial sxemasi 1.12-rasmda keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, ikkinchi konturdagi moslama xuddi issiqlik elektr stansiyalaridagi moslama kabi T – turbina va K – sovitgichdan iborat. AESlarda parchalanuvchi material sifatida U-235 uran (92-proton va 143-neytron) U_3O_8 uran oksid konsentrati ko'rinishida foydalaniladi. U-235 da bitta neytronni bombardimon qilib energiya ajratish uchun ikki bo'lakka (sinflarga) bo'linadi. 1 kg U-235 uranni parchalash natijasida 21,6 mln kW · soat energiya ajraladi, bu esa 2900 t ko'mir yonishi natijasida hosil bo'lgan issiqlik miqdoriga tengdir.

Ikki konturli AESning prinsipial sxemasida reaksiya kechish tezligini boshqaruvchi sifatida reaktorda vertikal joylashgan grafitli sterjenlar yoki issiqlik tashuvchi sifatida 0° suvli yoki



1.11-rasm. Bir konturli AES sxemasi



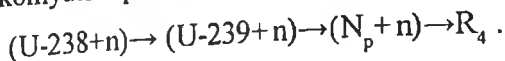
1.12-rasm. Ikki konturli AES sxemasi

suyuq geliydan foydalaniladi (-190°C). Reaktor kanallarida ajralib chiqqan issiqlik energiyasi birinchi konturdagi suvni $225-275^{\circ}\text{C}$ haroratgacha qizdiradi. Qizdirilgan bug' bug' generatoriga o'tadi va ikkilamchi konturdagi suvga o'z issiqligini beradi hamda uni harorati $250-260^{\circ}\text{C}$ va $1,25\text{ MPa}$ bosimli bug'ga aylantiradi va turbinaga yuboradi.

Bug' generatoridagi sovitilgan suv 190°C harorat va 10 MPa bosim ostida aylantiruvchi nasosi orqali qayta reaktorga yuboriladi. Bevosita reaktordan o'tuvchi suv radioaktiv bo'ladi. Shuning uchun shu konturning moslamasi maxsus temir-beton,

cho'yan, qo'rg'oshin va boshqa konstruksiyalar bilan to'siladi. Ikkilamchi yopiq kontur «bug' generatori-turbina-sovitgich» radioaktiv xavf keltirmaydi va issiqlik bug' turbinali stansiyalar kabi ishlaydi.

Yer yuzida uran kam emas, lekin U-235 faqat 0,714 % ni tashkil etadi. U-235 ning asosiy qismi (99,28 %) parchalanmaydi. Parchalanayotgan materialdan plutoniy olish bilan shu izotopni qo'llash imkoniyati topildi:



AESda toriydan I-233 parchalanuvchi material hosil qilish mumkin.

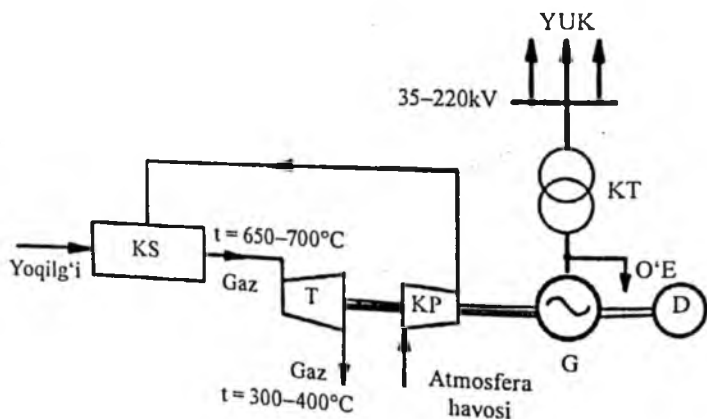
Dunyoda birinchi 5 MW quvvatli AES 1954-yil 27-iyunda sobiq Ittifoqda, Moskva oblastining Obninsk shahrida ishga tushdi.

1958-yili sentabrda 100 MW quvvatli Sibir AES (umumiy quvvati 600 MW) ishga tushdi.

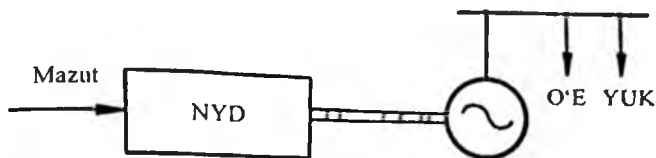
1956–1957-yillarda Angliyada Kolder-Holl, quvvati 60 MW li AES ishga tushdi. Keyinchalik AQSH, Yaponiya, Fransiya va boshqa mamlakatlarda AESlar qurildi.

Gaz turbinali elektr stansiyalari (GTES). 1.13-rasmda GTESning ishlash sxemasi berilgan.

25–100 MW agregatli gaz turbina qurilmalarining foydali ish ko'effitsiyenti 29–34 % ni tashkil etadi. Ulardan yuqori



1.13-rasm. Gaz turbinali elektr stansiyasi sxemasi



1.14-rasm. Dizel elektr stansiyasi sxemasi

o'zgaruvchan agregatlar energosistemada zaxirali avtonom energiya manbai va yuklamalar grafigining maksimumini qoplaydigan manba sifatida foydalanish mumkin.

Dizel elektr stansiyalari. Dizel elektr stansiyasining asosiy sxemasi 1.14-rasmda keltirilgan. Dizel elektr stansiyalari avtonom va harakatlanuvchi, shuning uchun ular og'ir sharoitli hududlarda va qishloq xo'jaligi iste'molchilarining elektr ta'minoti uchun ishlatiladi. Dizel agregatlaridan yirik IES va AESlarning o'zehtiyoji sistemasining zaxira – avariya ta'minlash manbai sifatida ham foydalanish mumkin.

Nazorat savollari

1. KESlarning xususiyatlari nimadan iborat?
2. IEMlarning afzallik va kamchiliklari nimadan iborat?
3. IESlarning vazifasi va turlari haqida ma'lumot bering.
4. Birinchi AES qachon va qayerda qurilgan, uning xususiyatlari nimadan iborat?
5. Gaz turbinali elektr stansiyalarining (GTES) foydali ish koeffitsiyenti necha foizni tashkil etadi?

1.5. Noan'anaviy elektr va issiqlik energiyasi manbalari

O'zbekistonda noan'anaviy energiya manbalaridan foydalanish xalq xo'jaligida bir qancha masalalarni yechishga imkon beradi, masalan:

- 1) organik yoqilg'i manbalarini tejash;
- 2) ekologiya holatini yaxshilash;
- 3) uzoq turar joylarda aholini (havo uzatuvchi liniyalari va yoqilg'i yetkazib berish imkoniyati bo'lmaganda) energiya va issiqlik bilan ta'minlash.

Ayniqsa, hozirgi kunda organik yoqilg'i tanqisligi vaqtida O'zbekistonda noan'anaviy energiya manbalarini qurish maqsadga muvofiq.

Noan'anaviy energiya manbalari o'zida keng potensial energiya manbalarini jamlaydi. Ular quyidagilar hisoblanadi:

- quyosh energiyasi;
- shamol energiyasi;
- biomassa energiyasi;
- geotermal energiyasi;
- dengiz to'liqini energiyasi.

Hozirgi kunda ishlab chiqarilayotgan elektr va issiqlik energiyasining deyarli hammasi organik yoqilg'ilar, ya'ni gaz, neft, ko'mirni yoqish hisobiga olinmoqda. Ammo, bu yerosti boyliklari qayta tiklanmas bo'lib, ularning miqdori cheklangan. Aholi soni esa yildan yilga tobora ko'payib bormoqda. Shu bois insoniyat oldida turgan eng katta muammolardan biri yangi energiya manbalarini yaratishdan iborat. Bu ishlar ustida butun dunyo olimlari bosh qotirishmoqda va ko'plab ijobiy natijalarga erishilmoqda.

O'zbekiston misolida oladigan bo'lsak, hozirgi kunda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining 90–92 % i yoqilg'i yoqish hisobiga olinmoqda. Hisob-kitoblarga qaraganda, O'zbekistonda aniqlangan neft zaxirasi 20–25 yilga, gaz zaxirasi 35–40 yilga, ko'mir esa 250–300 yilga yetar ekan. Ko'rinib turibdiki, O'zbekistonda ko'mir zaxirasi anchadir. Biz yuqorida ko'rganimizdek, O'zbekistondagi IESlarning 95 % i gaz va neftda, atigi 5 % i esa ko'mirda ishlaydi. Shuning uchun aksariyat stansiyalarni ko'mirga o'tkazishimiz lozim. Polshadagi IESlarning 92 % i ko'mirda ishlaydi.

Quyosh elektr stansiyalari. Hozirgi kunda sanoat va qishloq xo'jaligining ko'plab sohalarida yangi texnologiyalardan bo'lmish quyosh elementlaridan ko'plab foydalanilmoqda. Quyosh elementlaridan foydalanishning asosida fizikaviy fotoeffekt hodisasi turadi.

Quyosh energiyasidan foydalanish masalasi hozirgi kunda dolzarb muammo bo'lib turibdi. Bu energiyani yig'ishning arzonroq texnologiyasining yo'qligi tufayli quyosh energiyasidan

foydalanib, elektr energiyasi ishlab chiqarish raqobatga dosh berolmaydi. Quyosh energiyasini ishlatishning hozirgacha ma'lum bo'lgan eng qulay yo'nalishi – quyosh issiqlik ta'minotidir.

«O'zbekenergo» DAK ga qarashli Buxoro elektr tarmog'idagi 500 kV kuchlanishli «Qorako'l» podstantsiyasida, Chorvoq oromgohida, «Orom» dam olish uyida quyosh energiyasini yig'adigan (jamlaydigan) qurilmalar mavjud va bu qurilmalarni boshqa elektr tarmoqlarida qo'llash nazarda tutilmoqda.

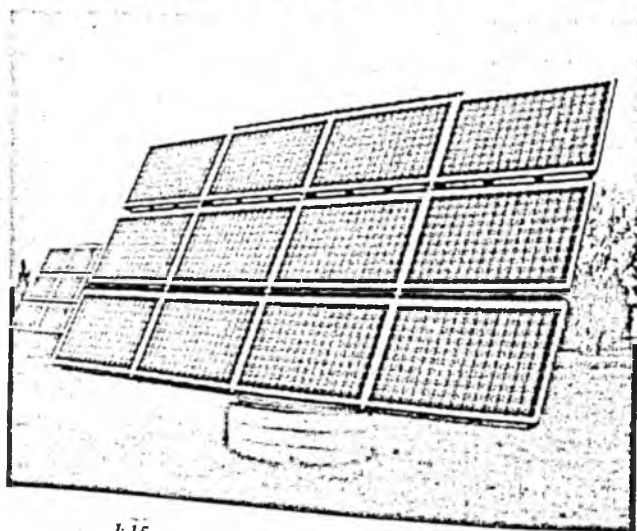
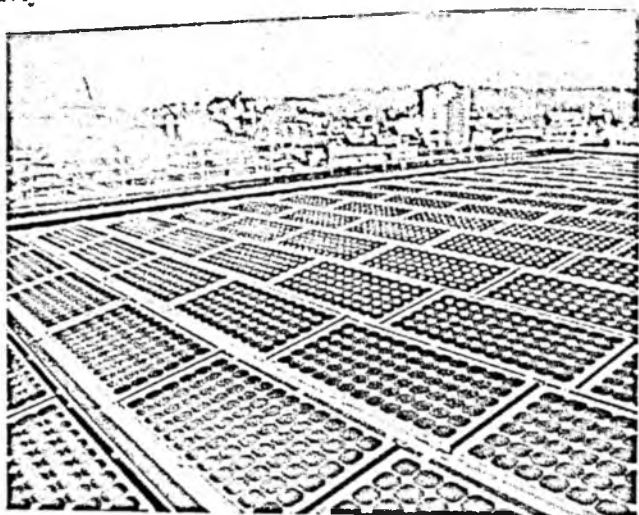
«O'zbekenergo» DAK yil sayin elektr energiyasi olishda quyosh energiyasidan foydalanish bo'yicha loyihalash ishlarining ahamiyati miqyosida konferensiyalar o'tkazmoqda. 1992-yili O'zbekistonda quvvati 30 MW bo'lgan modul tipidagi quyosh issiqlik elektr stansiyasi qurishning alternativ variantlari – O'zbekistonda quyosh elektr stansiyalari taraqqiyotining uch xil ko'rinishi ishlab chiqildi:

- markazi hamda ichi bo'shliqdan iborat bo'lgan gelio qabul qiluvchi va GGE – 45 va PGU asosidagi minorali KIES (kondensatsion issiqlik elektr stansiyalari);
- taqsimlanish parabola-silindrik yig'gich va GTE-45 bilan PGU asosidagi KIES;
- quvvati 30 MW bo'lgan taqsimlangan parabola-silindrik bir konturli KIES.

Bu loyihalash ishlarining amalga oshirilish muddati budjet kapital qo'yilmalari hisobiga moliyalashtirish imkoniyatidan aniqlanadi.

Quyosh energiya stansiyasi – quyosh energiyasi qurilmalari quvvatining kattaligi (ming kW gacha) bilan farq qiladi. Quyosh elektr stansiyalari faqat issiqlik asosida va yana kombinatsion, ya'ni IEMga o'xshash bo'ladi. Quyosh energiyasini aylantirish bevosita fotoelektrik generatorlar yordamida yoki an'anaviy usulda, ya'ni bug'li qozon-turbina-generator (geliykonsentratlari) yordamida amalga oshiriladi. Quyosh elektr qurilmalari (1.15-rasm) o'rnatiluvchi va kosmik usulda qo'llanishi mumkin. Yerga o'rnatiluvchi qurilmalar bir qancha katta masshtabdagi joyni egallaydi va juda qimmat hisoblanadi. Shu bilan bir qatorda ob-havoga bo'ysunuvchi hisoblanadi. Kosmik turdagi quyosh

energetika qurilmalari avtonom ravishda elektr energiyasi bilan ta'minlash, sun'iy yo'ldoshlar yordamida amalga oshiriladi. Geliokurilma – bu quyosh radiatsiyasini boshqa bir turdagi energiyaga aylantiruvchi qurilma hisoblanadi (issiqlik, bug', elektr energiyasi). Ular konsentratli va konsentratsiz bo'ladi. Konsentratli qurilmalarda quyosh radiatsiyasini geliokonsentratlar yordamida yuza qismga uzatadi. Konsentratsiz turida esa an'anaviy ravishda yuza qismga uzatiladi.



1.15-rasm. Quyosh elektr qurilmalari

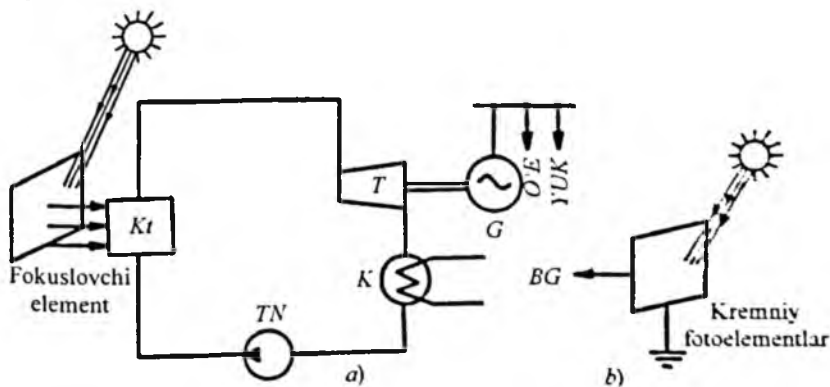
Hozirgi kunda AQSHda umumiy quvvati 354 MW bo'lgan 7 ta elektr stansiyasi ishlaydi va ularda quyosh radiatsiyasidan termodinamik usullar yordamida elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Quyosh belbog'i deb ataluvchi bir nechta mamlakatlarda quyosh elektr stansiyalari rejalalanayotgani hozirda ma'lum, bular Meksika, Misr va boshqa mamlakatlardir.

O'zbekiston hududining nisbatan janubdaligi, buning ustiga yil davomida bulutsiz kunlarning ko'pligi tufayli quyosh radiatsiyasi Toshkentda Moskvadagiga nisbatan 2 marta, Yevropa va Kislovodsk kurortlariga qaraganda 1,5 marta ortiq. Demak, quyosh quvvatidan foydalanish istiqbollari cheksiz.

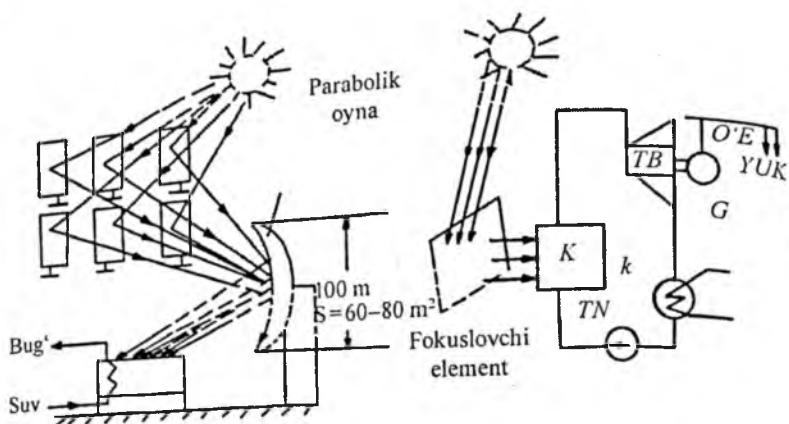
Quyosh orqali suv isitish qurilmalarining ayrim hududlarda tobora ko'proq qo'llanishi ma'qul topilmoqda. Konsentratli quyosh elektr stansiyalaridan ko'ra fotoelektrik o'zgartirgichlarda to'g'ri sochilgan nurlardan foydalaniladi va unga qimmat turuvchi quyosh holatini kuzatuvchi qurilmalar kerak emas.

Fotoelektrik qurilmalar – optik nurlanish energiyasini bevosita elektr energiyasiga aylantiruvchi qurilmalar hisoblanadi. Ularda fotoeffekt hodisasi asosida (1.16-rasm) nur energiyasi elektr energiyasiga aylantiriladi.

Parabolik-silindrlı gelioqurilmalar $0,2-0,4 \text{ ml/m}^2$ ($2-4 \text{ kg} \cdot \text{kuch/sm}^2$) bosimli bug' olishga (1.17-rasm) mo'ljallangan (ulardan suvni sepishda, ovqat tayyorlashda va boshqa ishlarda foydalaniladi).



1.16-rasm. Gelioelektr stansiyasining prinsipial sxemasi:
a) bug' qozonli; b) kremniy fotoelementli.

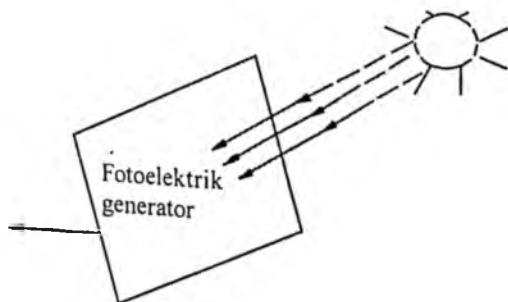


1.17-rasm. Gelioelektr stansiyasining prinsipial sxemasi:
Q – qozon; *TN* – ta'minlovchi nasos; *K* – sovitgich; *G* – generator;
TB – turbina; *O'E* – o'zehtiyoji qurilmasi; *Yuk* – yuklama.

Qurilma sxemasi 1.18-rasmda ko'rsatilgan.

Odatda, fotoelektrik generator (1.18-rasm) tuzilishi bo'yicha yupqa panel shaklida yasaladi. Unda alohida fotoelementlar joylashgan bo'lib, yarimo'tkazgichlarning eni 0,2–0,3 mm dan ortmaydi. F.I.K. 10–12 % ga va eng mukammal turdagilarida 15–18 % ga yetadi.

Quyosh elektr stansiyasining afzalliklari: qo'zg'aluvchi qismlarining yo'qligi, ishlatish qulayligi, tarkibida zaharli elementlarning yo'qligi va atrof-muhitga zararsizligi. Kamchiliklari: tannarxining juda qimmatligi, kichik F.I.K., katta quvvatli generatorlarning yo'qligi.



1.18-rasm. Fotoelektrik qurilma

Shamol energetika qurilmalari. Yer sharining bir xil joylarida mahalliy shamollar kuzatiladi. Shamol energetikasi – mexanik, elektr, issiqlik quvvatni hosil qiladi.

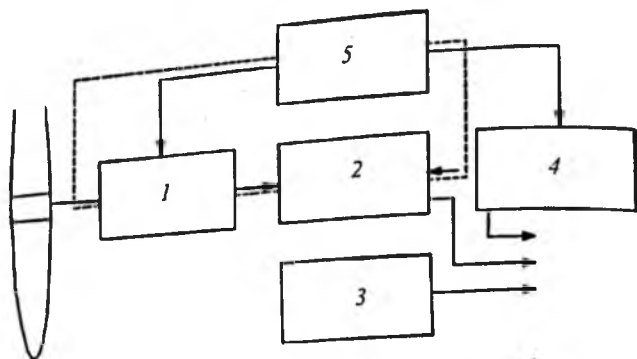
Shamol energetikasi ikkita asosiy bo'limdan: shamol texnikasi va shamoldan foydalanishdan iborat. Bu esa o'z ichiga amaliy va nazariy masalalarni qamrab oladi. Shamol energetikasi ishlab chiqarish jarayonlarida ishlatiladi. Shamol quvvatini quyosh va suv quvvati qatorida abadiy quvvatlar manbayiga kiritisa bo'ladi. Shamol juda ko'p ($96 \cdot 10^{21}$ J) ($26,6 \cdot 10^{15}$ kW-soat) quvvat beradi: bu butun quyoshli radiatsiyaning 2 % ini tashkil qiladi. Butun O'zbekiston bo'yicha shamol quvvati 1,7 GW ni tashkil etadi. Shu quvvatning bir necha foizi energetikaga ishlatilsa, mamlakatning energiyaga bo'lgan ehtiyoji qoniqtiriladi. Quvvat manbayini muhtoj yerlarga yo'naltirish lozim; shamolning o'zi, o'rnatilgan shamol motorlariga ro'para bo'ladi. Shamolning bu xislati sharoiti og'ir hududlarga juda muhimdir.

Asosiy to'sqinliklardan biri, bu – shamol tezligining o'zgarib turishi. Shamol faqat ko'p yillik o'zgarishiga ega bo'lib qolmasdan, shuningdek, sutka davomida o'z esish yo'nalishini ham o'zgartirib turadi.

Shamol quvvatini ishlatishni odamzod ancha ilgari o'zlash-tirgan. Oxirgi yillarda shamol quvvati qurilmalariga qiziqish uyg'ondi. Bu qiziqish ekologik muammolar tufayli paydo bo'lgan. Ko'p mamlakatlarda tajribali va sanoat shamol qurilmalari loyihalashtirilib qurilmoqda. Klaninger loyihasi bo'yicha bir necha gorizontal shamol turbinalar o'rnatishi tavsiya etilgan. Ular bitta ko'tarmada (val) ishlaydi. Ko'rinishidan bu loyiha oddiy, lekin muhandislar ancha bosh qotirishgan. Ular shamol harakatini shamol turbinadan umumiy ko'tarmaga o'tkazish yo'lini o'ylashmoqda, chunki shamol qurilmalari tezligi bir xil emas.

Bu qurilmaga shamolning kinetik energiyasini boshqa bir turdagi energiyaga aylantirib beruvchi sistemalar to'plami kiradi. Shamol energetika qurilmasining sxemasi 1.19-rasmda tasvirlangan.

Akkumulator qurilmasida o'rnida distillangan suv bilan to'ldirilgan hajmi akkumulator ko'rinishidagi elektr kimyoviy



1.19-rasm. Shamol energetika qurilmasi:

1 – shamol agregati; 2 – akkumulatorli va zaxirali qurilmalar;
3 – ikkilamchi shamol motori; 4 – sistema; 5 – avtomatik boshqaruv
va rostlovchi qurilmalar.

batareya ishlatiladi: qisqa vaqt ichida elektr energiyasini zaxirada ushlash va shamol tezligi kamayishini hisobga oluvchi akkumulatoridan foydalaniladi. Ikkilamchi motor (ichki yonuv motori) u shamol sekinlashgan davrida, ya'ni shamolning motorda tarqalishi sekinlashganda ishga tushadi. Yana bunday motorlaryuklamalar ulangan elektr sistemasiga (shamol tezligiga va yuklamaning hajmiga qarab) shamol motorini qo'shish hamda o'chirishga xizmat qiladi. Shamol qurilmalarining asosiy elementlarini nazorat qilish – ularning ish tartiblari yoki issiqlik motorlari bilan parallel ishlashi tushuniladi.

Shamol qurilmalari maxsus qurilmalardan kompleks foydalanuvchi motorlari bilan farqlanadi. Shamol qurilmalarida ishlab chiqilgan elektr energiyasi elektr motorga va undan bug'lantiruvchi mashinaga uzatiladi.

Shamol qurilmalarining tavsiflariga qarab, ular – tekis aylanuvchi, tez aylanuvchi va o'rta tezlik bilan aylanuvchi bo'lishi mumkin. O'rnatilgan aktiv quvvat – shamol doirasining diametri va uning aylanish tezligiga bog'liq.

Ma'lumki, shamol qurilmalarining quvvati 100 kW dan 1000 kW gacha bo'lganligi bilan boshqa turdagi qurilmalardan farq qiladi. Keng foydalaniladigan shamol qurilmalari chastotasi shamol doirasining tezligiga teng.

O'zbekistonda shamol tezligi nisbatan kuchsiz, shuning uchun shamol energetik qurilmalarini keng qo'llashning imkon

yo'q. Shunga qaramay, 1992-yilda Farhod SES va atrofida quvvati 16 kW bo'lgan shamol qurilmalari ishlatish tajribasini olish maqsadida qurildi.

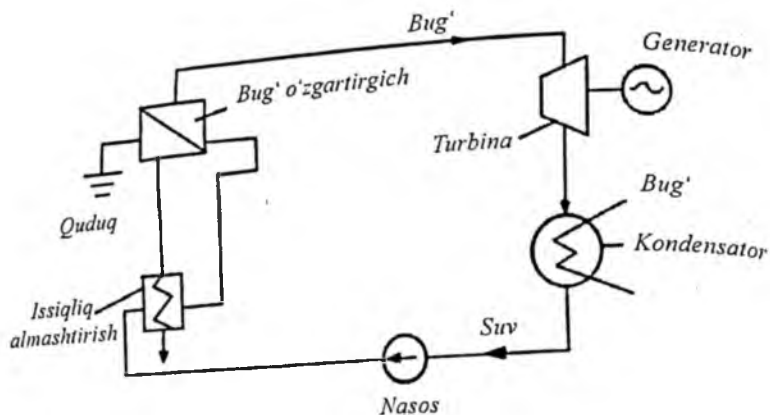
Shamol xarakterining mavsumiyligi va shamolsiz davrlarni hisobga olgan holda shamol qurilmalarini energiya ta'minoti oson ko'chadigan joylarda qo'llash lozim.

Geotermal quvvat – yerosti issiqligi quyosh manbasi quvvatidan keyin eng katta quvvat hisoblanadi. Geotermal elektr stansiyasida energiya manbayi sifatida yer qobig'idagi issiqlik ishlatiladi. Ma'lumki, har 30–40 metrda yerning harorati 1°C ga ortadi, ya'ni 3–4 kilometrda suv qaynaydi. 10–15 km da esa harorat $1000\text{--}1200^{\circ}\text{C}$ gacha ko'tariladi. Yer qobig'idagi energiya qaytariluvchi energiya manbayi turkumiga kiradi, ya'ni energiyani ishlatish natijasida yer tubidagi energiya kamayib qolmaydi. Yer yuzining ayrim joylarida yuqori haroratli suvlar yer yuziga juda yaqin joylashadi. Ular Yangi Zelandiya va Kamchatkada bor. Yangi Zelandiyada elektr energiyasining 40 % i geotermal elektr stansiyalardan olinadi. Italiyada elektr energiyasining 6 % i geotermal elektr stansiyalaridan olinadi.

Geotermal quvvatni olti turga bo'lish mumkin:

1. Yuqori haroratli (150°C dan ortiq) bug' bosimli. Bu bosim elektr quvvatni ishlab chiqarishda ishlatiladi.
2. O'rta haroratli (90 dan 150°C gacha) suv va bug', asosan, issiqlikni yetkazishda ishlatilishi mumkin.
3. Past haroratli (50 dan 90°C gacha) suv issiqxonalarni isitishda va boshqa maqsadlar uchun ishlatiladi.
4. Eng past haroratli (20 dan 50°C gacha) suv 500–1000 m chuqurlikdan isitish nasoslari orqali olinib, issiqxonalar, suv havzalarini baliqchilikda isitish uchun qo'llaniladi.
5. Issiq quruq jinslar quvvati.
6. Vulqonlar quvvati.

Birinchi to'rt turi suvtermal manbalarni namoyon etadi. Ular ko'p mamlakatlarda keng ishlatiladi. Eng qimmatli manbalardan birinchi turi asosan AQSH, Meksika, Yangi Zelandiya, Filippin, Indoneziya, Yaponiya mamlakatlarining vulqonli va seysmik hududlarida joylashgan. Asosiy ikkinchi va to'rtinchi manbalarning turi G'arbiy Sibir, Qozog'iston, O'rta Osiyo,



1.20-rasm. Geotermal elektr stansiyasining tuzilishi

Shimoliy Kavkaz hududlarida jam bo'lgan. Geotermal quvvatni elektr quvvatga o'zgartirish uchun termodinamik (1.20-rasm) qonuniyat qo'llaniladi. Bunda ishchi kuch bo'lib bug' xizmat qiladi. Issiqlik suv va issiqlik almashuvidan ta'minlanadi.

Geotermal manbalarining eng yirik beshinchi turi uchun 5 km gacha chuqurlik kavlab, yerosti suv sirkulatsiyasi tashkil qilinishi kerak. Shu turdagi elektr stansiyasi AQSH da qurilgan va MDHda loyihalashtirilmoqda. Shuningdek, Gavayi orollari-da vulqon issiqligi qo'llanilishi ko'zda tutilmoqda.

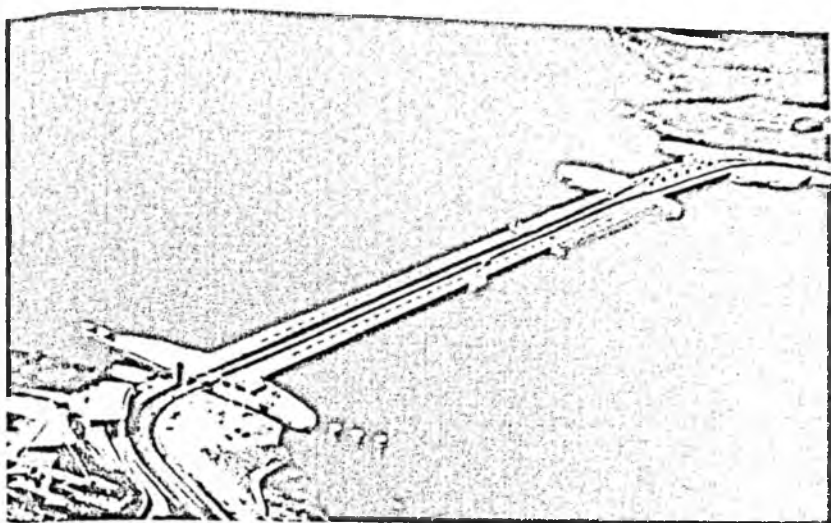
Okean quvvati. Kelajak energetika balansining tuzilishi geografik va iqtisodiy xususiyatlar bilan aniqlanadi. Energetika balansiga dunyo okean manbalari quvvati, shuningdek, to'liqlik oqim va shamol quvvati kiradi.

Quvvat o'z ichiga – oqim quvvati, sho'r va tuzsiz dengiz suvini aralashtirish quvvatini qamrab oladi.

Manbalarining texnik ishlatilishi quyidagi sharoitlarda bo'lishi mumkin:

- yirik oqimlar mavjudligida;
- to'liqlik quvvati mavjudligida;
- dengiz suvi bilan daryo suvi o'rtasida farqning mavjudligida.

Buyuk Britaniya, Yaponiya va Shvetsiya mamlakatlarida shu borada faol ishlar olib borilyapti. 1966-yilda Fransiyada qurilgan Rane stansiyasining quvvati 240 MWni tashkil etadi



1.21-rasm. Fransiya'dagi Rane stansiyasi

(1.21-rasm). Buyuk Britaniya'da 7260 MW quvvatli, Rossiya'da esa 1968-yilda Kislogubsk elektr stansiyasi ishga tushirilgan.

Biomassa quvvatining ishlatilishi. Biomassa quvvati, asosan, o'tin yoqish, qishloq xo'jaligi va maishiy chiqindilar dunyo energetika balansida ko'rinarli o'rinni egallaydi (10 % ga yaqin). Rivojlangan mamlakatlar, ayniqsa, Janubiy Osiyoda bu ko'rsatkich 50–70 % ni tashkil qiladi. Qishloq xo'jaligi chiqindilari quvvati, ko'pincha, yomon holatlarga, o'rmonlarni kesib tashlash va yer o'g'itlanishining kamayib ketishiga olib keladi. Hozirgi paytda biomassadan sun'iy yoqilg'i bilan gaz olish uchun bir necha mamlakatlarda katta ishlar boshlab yuborilgan. Bunday texnologiyani besh turga ajratish mumkin: tez o'sar qishloq xo'jaligi o'simliklaridan spirt ishlab chiqarish, daraxtdan spirt olish, qishloq xo'jaligi chiqindilari va shahar chiqindilarini qaytadan ishlab biogaz olinishi. Misol tariqasida Braziliya'da shakarqamishdan bir yilda 5 mln. tonnagacha etil spirti olinadi.

Biomassani qayta ishlash va ishlatishning o'ziga yarasha afzal tomonlari bor. Bu kerakli paytda yig'ilgan quvvatni ishlatish, ekologik bezarar, xavfsiz va, nihoyat, atmosferada yomon gazlar yig'indisini ko'paytirmaydi. Bu ishlab chiqarishning

o'z muammolari ham bor, chunonchi: boshqa variantlarning raqobati, yer maydonlariga ehtiyoj, suv va o'g'itga ehtiyoj. Biomassani ishlatish dasturlari Avstraliya, Braziliya, Kanada, Xitoy, Daniya, Fransiya, Irlandiya, Shvetsiya, Buyuk Britaniya mamlakatlarida ishlab chiqilgan.

Nazorat savollari

1. Respublikamizdagi katta IES va SESlar qaysi?
2. Energetikaning uch jihati nimalardan iborat?
3. Energetikaning atrof-muhitga ta'siri.
4. O'zbekistondagi elektr stansiyalarining soni va o'rnatilgan quvvati.
5. Eng yirik elektr stansiyalarini ayting.
6. Respublikada barcha kuchlanishli elektr uzatish liniyalarining uzunligi necha kilometrni tashkil etadi?
7. Quyosh elektr stansiyalarining xususiyatlari nimalardan iborat?
8. Fotoelektrik qurilmalarning prinsipial sxemasi. Ularning afzallik va kamchiliklari nimalardan iborat?
9. Shamol energetika qurilmalarining turlari haqida tushuntirib bering.
10. Kichik turdagi SESlarning energiya manbayi va ulardan qachon ko'proq foydalaniladi?
11. Geotermal quvvat (GEOstansiyalarda) nechta turda bo'lishi mumkin?

II bob. ELEKTR STANSIYALARI VA PODSTANSIYALARINING SHAXSIY EHTIYOJLARI

2.1. Elektr uskunalarning o'zehtiyojlari

O'zehtiyoj uskunalari elektr stansiyasi va podstansiyalarning muhim elementlaridan biri hisoblanadi. O'zehtiyoj tizimining shikastlanishi elektr stansiyalari ish tartibining buzilishiga hamda energetika tizimlarining avariya holatiga sabab bo'lishi mumkin.

O'zehtiyoj elektr iste'molchilarining tarkibi elektr stansiyalari (podstansiyalari) iste'mol qilayotgan quvvat turiga, agregatlarning quvvatiga va h.k. larga bog'liq bo'ladi. 2.1-jadvalda o'zehtiyoj quvvati maksimal yuklamasi $R_{\max \text{ o'c}}$ ning elektr stansiyasining o'rnatilgan quvvati $R_{\text{o'rn}}$ ga nisbati keltirilgan. Ikkinchi ustunda esa o'zehtiyojlari uchun sarflangan $W_{\text{o'c}}$ energiya yil davomida elektr stansiyasi ishlab chiqargan energiya qiymati W_{yil} ga nisbati foizlarda, o'zehtiyoji bo'yicha elektr iste'molchilarning umumiy talab koeffitsiyenti hamda podstansiyalarning o'zehtiyoji bo'yicha sarflangan quvvati ma'lumotlarining taxminiy qiymatlari keltirilgan.

2.1-jadval

Elektr uskuna turlari	$R_{\max \text{ o'c}}/R_{\text{o'rn}}$	$W_{\text{o'c}}/W_{\text{yil}}, \%$	Talab koeff.
IEM:			
Ko'mir changli	8-14	8-10	0,8
Gaz mazutli	5-7	4-6	0,8
KES:			
Ko'mir changli	6-8	5-7	0,85-0,9
Gaz mazutli	3-5	3-4	0,85-0,9
SES:			
O'rta va kichik quvvatli	3-2	2-1,5	0,6
Katta quvvatli	1-0,5	0,5-0,2	0,7
Podstansiya:			
Tuman	50-200 kW	—	—
Tugun	200-500 kW		

Loyihalash amaliyotida talab koeffitsiyenti turli guruh iste'molchilari uchun differensiyalangan holda: 0,35 dan (380/220 V kuchlanishli tarmoqda quvvati 100 kW gacha bo'lgan mayda elektr motorlar va turli iste'molchilar uchun); 0,9 gacha (doimiy ishlaydigan 6–10 kV kuchlanishli yirik elektr motorlar uchun) qabul qilinadi

Elektr uskunalarning tavsiflari va tarkibi, harakatlanuvchi mexanizmlarning quvvati, alohida iste'molchilar guruhi elektr ta'minotining ishonchliligi bo'yicha talablar va h.k. larni hisobga olgan holda elektr uskunalarning o'zehtiyoj sxemalari tanlanadi. IEM va KES ayrim guruh iste'molchilari uchun elektr energiyasi sarfining taqsimlanishi 2.2-jadvalda keltirilgan.

2.2-jadval

Elektr stansiyasi turlari	Yoqilg'ini uzatish va saqlanishi	Yoqilg'i tayyorlash	Surish va chiqarish	Qozonlarni ta'minlash	Sirkulatsiya nasosi	Tarmoq nasoslari	Boshqa iste'mollar	Jami
IEM:								
Ko'mirli	1,5	2	31,5	13	16,5	26,5	9	100
Changli								
ko'mir	1	28	21	9,5	20	20	12	100
Mazutli								
gaz	—	—	—	—	—	—	—	—
KES:								
Ko'mirli	1,5	3	20	8,5	45	—	22	100
Torfli	3	1	42	17	23	—	14	100
Changli								
ko'mir	1,5	30	19,5	14	22	—	13	100
Mazutli								
gaz	0,5	—	17	38	41	—	3,5	100

O'zehtiyoj elektr iste'molchilarini, elektr uskunalarning texnologik ish holatlariga ta'siri bo'yicha shartli ahamiyatli va ahamiyati bo'lmaganlarga bo'linadi. Ahamiyatli elektr iste'molchilar ishdan chiqqan (shikastlangan) taqdirda elektr stansiyasi yoki podstansiyalarning me'yoriy ish holati buziladi

yoki avariya holatiga keladi. Bunday elektr iste'molchilar yuqori ishonchlili elektr ta'minotiga ega bo'lishlari kerak.

O'zehtiyoy mexanizmlarning asosiy yuritmalari – to'g'ridan to'g'ri ishga tushiriladigan rotor chulg'ami qisqa tutashgan asinxron motorlar hisoblanadi. Yuruvchi mexanizmlar (sharli tegirmonlar) hamda quvvati katta bo'lgan mexanizmlar uchun sinxron elektr dvigatellar qo'llaniladi. Aylanish chastotasini oraliqda rostlash talab etilmaydigan mexanizmlar uchun o'z-garmas tok motorlari hamda to'yinish droselli yoki zanjirida boshqariladigan asinxron motorlar qo'llaniladi.

Elektr stansiyalarida ikki bosqichli – katta quvvatli elektr iste'molchilari uchun yuqori 3,6 va 10 kV, kichik quvvatli elektr iste'molchilari uchun neytrallari zaminlangan 380/220 V o'zehtiyoy kuchlanish qabul qilingan. 660 V kuchlanish elektr stansiyasi va podstansiyalarda qollanilmaydi. U yoki bu tizimda qabul qilingan kuchlanish sanoatda ishlab chiqarilayotgan elektr motorlarning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlariga bog'liq bo'ladi. Kam quvvatli asinxron motorlar yuqori kuchlanishli motorlardan arzon bo'lishi mumkin. Ammo tuzilishi, ish holati, q.t. tokining qiymati, o'z-o'zini ishga tushirish shartlari ko'rsatkichlari bo'yicha motor quvvatining oshishi nominal kuchlanish qiymatining oshishiga olib kelishi mumkin.

Hozirda sanoatda kuchlanishi 380 V li quvvati 400 kW li elektr motorlari, kuchlanishi 3,6 kV li quvvati 160–200 kW li elektr motorlari ishlab chiqarilmoqda. 10 kV kuchlanishli motorlarni 630 kW quvvatidan boshlab texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari bo'yicha taqqoslab ishlash mumkin. KES va IEMlarda o'zehtiyoy tizimining yuqori kuchlanishi uchun odatda 6 kV qabul qilinadi; elektr stansiyasi kengaytirilganda, avvaldan qabul qilingan 3 kV kuchlanishiga hamda generator kuchlanishi 10 kV bo'lgan o'rta quvvatli elektr stansiyalarida 3 kV kuchlanishdan foydalanishga nisbatan 10 kV kuchlanishdan foydalanish iqtisodiy asoslangan bo'ladi.

Agregat quvvati 800–1200 MW bo'lganda yirik mexanizm uchun o'zehtiyoy tizimlarida 10 kV li kuchlanishdan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

SESlarda asosiy mexanizmlarning elektr motorlari 380/220 V kuchlanishli elektr tarmog'idan ta'minlansa, yirik

mexanizmlarning elektr motorlari 6, 10 kV kuchlanishli tarmoqdan ta'minlanadi.

O'zehtiyoj tizimidagi barcha kuchlanishlar uchun yig'ma shinalar sistemasining bir seksiyali sxemasidan foydalaniladi, ammo bitta elementning (qozon, suvagregat) elektr qabul qiluvchi ishchi ta'minoti 3–10 kV hamda 380/220 V kuchlanishda bir manbali blok-sxema bo'yicha bo'lib, zaxira esa boshqa manbadan ta'minlanadi.

Kuchlanishi 3–10 kV bo'lgan o'zehtiyoj transformatorlarning chegarali quvvati 1000 kVA, qisqa tutashuv kuchlanishi 8 % ni tashkil etadi. Quvvat chegarasi, asosan, 0,4 kV li apparatlarida kommutatsiya qobiliyati bilan chegaralanadi. Transformatorlarning quvvati kichik bo'lganda qisqa tutashuv kuchlanishi (4,5–5,5 %) pasaytiriladi. Motor elektr zanjirlariga hamda 0,4 kV li ta'minlovchi liniyalarga avtomatlar o'rnatiladi. Avtomatlashtirilgan asosiy texnologik jarayonlar bilan bog'liq bo'lmagan ustaxonalar, laboratoriyalar va h.k. lar, yoritish tarmoqlari va motor tarmoqlariga ulanadi.

Qisqa tutashuv tokining qiymatini chegaralash maqsadida ayrim hollarda 0,4 kV li tarmoqlarda reaktorlar ishlatiladi.

2.2. KESlarning o'zehtiyoji

KESlarda o'zehtiyoj iste'molchilari ahamiyatli va ahamiyatli bo'lmaganlariga, blokli va umum stansiyalarga bo'linadi.

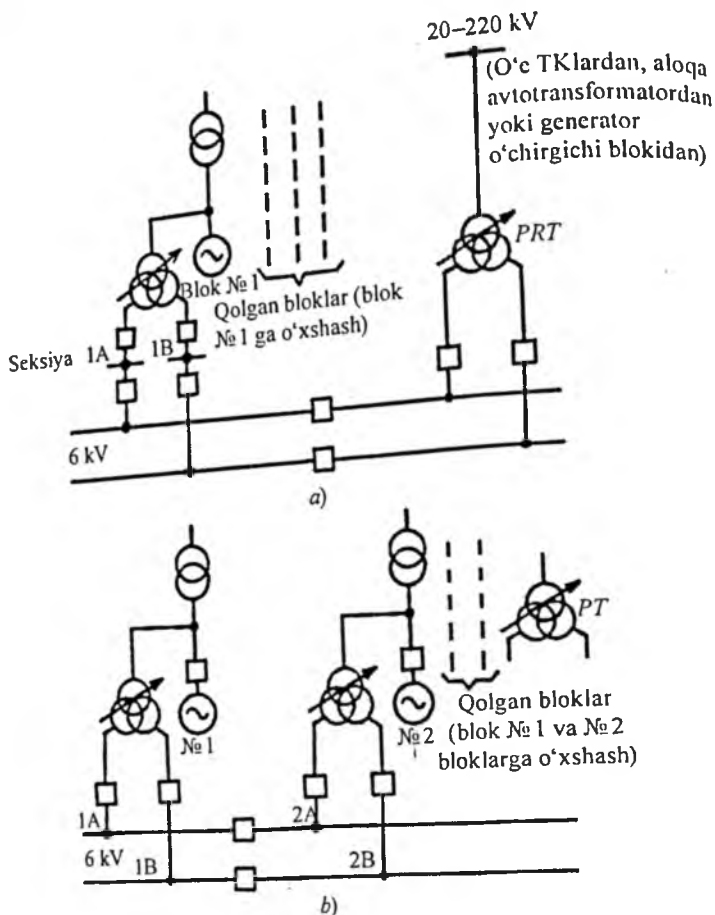
KESlardagi ahamiyatli va ahamiyatli bo'lmagan iste'molchilarning ro'yxati 2.3-jadvalda keltirilgan.

Blok yuklamalari blokning o'zehtiyoj transformatorlaridan ta'minlansa, umumiy stansiya yuklamalari esa imkon qadar bloklar o'rtasida tekis taqsimlanadi (KES qurilishining birinchi bosqichida 1 va 2 blok – umumiy stansiya yuklamalari o'zehtiyoj seksiyalari yoki qurilish maydonchasida mavjud bo'lgan 6–35 kV kuchlanishli mahalliy tarmoqdan ta'minlanadi).

O'zehtiyojning 6 kV kuchlanishli bloklari, generator va kuch transformatorlari (avtotransformatorlari) orasidagi shoxobchaga ulanuvchi ehtiyoj blok transformatorlari orqali ta'minlanadi. Quvvati 190 MW va undan yuqori bo'lgan har bir blok

transformatorlari 6 kV kuchlanishli ikkita o'zehtiyoy seksiya-siga ega bo'ladi. O'zehtiyoy zaxira transformatori bilan bog'liq bo'lgan seksiyalarning zaxira ta'minoti 6 kV kuchlanishli juftlashtirilgan zaxira magistrali orqali amalga oshiriladi. Ishchi manba orqali elektr ta'minoti buzilgan taqdirda, avtomatik tarzda (AVR orqali) ta'minot zaxira manba orqali amalga oshiriladi. Zaxira magistrallari har ikki-uch blokdan keyin uzgichlar orqali seksiyalarga bo'linib, ular yordamida zaxira transformatoriga ulanadi. Texnologik loyihalanishning amaldagi me'yoriga asosan zaxiradagi transformatorlar soni quyidagicha: bloklar soni 1 yoki 2 ta bo'lsa – bitta, 3 dan 6 gacha – ikkita, 7–8 ta bo'lganda – uchta (bittasi manbaga ulanmagan, ammo ishga tushirishga tayyor deb) belgilanadi.

Har bir 0,4 kV kuchlanishli blok yig'ma, ishchi va avtomatik tarzda ulanuvchi elektr ta'minotiga ega bo'ladi. Kuchlanishi 0,4 kV blokda yig'masining ishchi ta'minoti o'z blokining 6 kV kuchlanishli seksiyasi orqali amalga oshirilib, zaxiradagi esa ushbu KESning biror-bir bloki orqali ta'minlanadi. Hozirgi paytda KES o'zehtiyoji iste'molchilarining ikkita eng maqbul ta'minoti va zaxiralash elektr sxemalari 2.1. *a*, *b*-rasmda ko'rsatilgan. 2.1. *a*, *b*-rasmda keltirilgan har bir blokning (*A* va *B*) ikkita o'zehtiyoy seksiyalari generatorning chiqish qismlari tarmoqlariga ulangan o'zehtiyoy transformatori bloklari orqali ta'minlanadi. Ta'minotni zaxiralash esa ishga tushirish-zaxiralash transformatoriga ulangan zaxira transformatorlari orqali amalga oshiriladi. O'zehtiyoy ishchi transformatorlarining quvvati blok yuklamasi quvvati hamda blok seksiyalariga ulangani uchun stansiya yuklamasi ulanishini hisobga olgan holda tanlanadi. Agar umumstansiya yuklamasi, asosan, birinchi va ikkinchi bloklarning o'zehtiyoy seksiyalariga ulangan bo'lsa, u holda ularning o'zehtiyoy ishchi transformatorlarining quvvati boshqa blok transformatorlari quvvatidan katta qilib tanlanadi. Ko'rilayotgan sxemada o'zehtiyoy ishchi transformatorlarini blokdan ishga tushirish va to'xtatishda o'zehtiyojini ta'minlay olmaydi. Shuning uchun quvvati 160 MW va undan yuqori bo'lgan KESlarda ishchi transformatorlarini bir vaqtda ishga tushirish yoki shikastlanganda, ikkinchi blok



2.1-rasm. 6 kV kuchlanishli KESning 6 kV kuchlanish o'zehtiyoy ta'minoti sxemasining variantlari

to'xtaganda ta'minlay oladigan ishga tushirish-zaxiralash (PRT) transformatorlari zimmasiga yuklatiladi. Ishga tushirish-zaxiralashni ta'minlovchi elektr nasoslari bo'lgan blokli elektr stansiyalarda o'zehtiyoy zaxira transformatori quyidagi shartlarning biri bo'yicha tanlanadi:

a) bir vaqtning o'zida ikkinchi blokni ishga tushirish bilan, 100 % li yuklama bilan ishlayotgan blokning o'zehtiyoy ishchi transformatorini (turbo-ta'minlovchi nasosni) almashtirish;

b) bir vaqtning o'zida ikkinchi blokni yoki yordamchi blokdaagi birorta qozonni ishga tushirish bilan, blokning

o'zhtiyoj ishchi transformatorini (ta'minlovchi elektr nasosida ishlaganda) almashtirish.

Zaxira transformatori ta'minot uzilgandagi hisobiy vaqti (max 2,5 s) ichida mas'uliyatli mexanizmlar elektr motorlarini o'z-o'zidan ishga tushib ketishini (mas'uliyatli bo'lmagan mexanizmlar uzilib qolishi mumkin) ta'minlay olishi kerak. Ushbu vaqt – rele himoyasining ta'siri vaqti bilan uzgichlarni o'chirish vaqti va zaxira tizimiga avtomatik ulashga (ZAU) ta'sir etish vaqti bilan o'lchanadi. O'zhtiyoj elektr motorlarining o'z-o'zidan ishga tushishi elektr motorlarning pog'onali ulanish tadbirlarisiz ta'minlangan bo'lishi lozim.

2.3-jadval

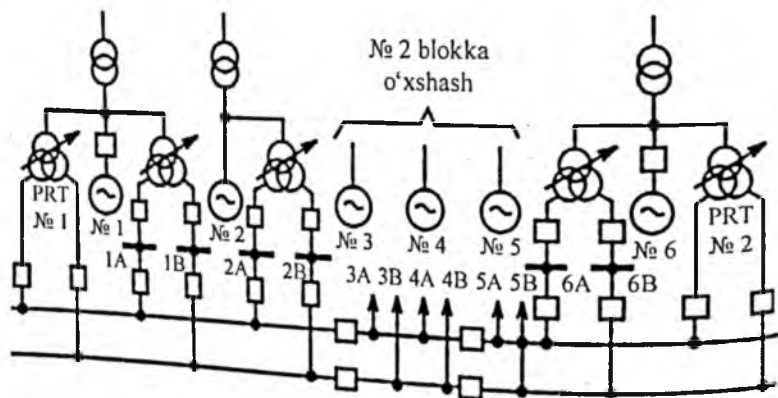
KES o'zhtiyojining asosiy elektr qurilmalari	
ahamiyatli	ahamiyatli bo'lmagan
1. Ta'minlovchi, aylantiruvchi va kondensatsion nasoslar 2. Tutun tortuvchi va purkovchi ventilatorlar 3. Birlamchi havo ventilatorlari 4. Oraliq bunkersiz tizimidagi tegirmon va tegirmon ventilatorlari 5. Chang ta'minlagichlar va yoquv panjarasi 6. Shaxta tegirmonlari ko'mir ta'minlagichlari 7. Turbinalarning moy nasoslari 8. Generatorlarni sovitish ventilatorlari 9. Transformatorlarni sovitish ventilatorlari 10. Generatorlarni zaxira qo'zg'atgichlari 11. Avariya elektr yoritish 12. Val burish qurilmasi 13. Akkumulator batareyalarini zaryadlovchi agregatlari 14. NO'A (nazorat o'lchov asboblari) ning apparatlari	1. Oraliq bunkerli tizimdagi tegirmonlar 2. Oraliq bunkerli tizimlardagi (agar ular bir vaqtda birlamchi havo ventilatorlarning vazifasini bajarmasa) tegirmon ventilatorlari 3. Yoqilg'i uzatuvchi mexanizmlar 4. Kul chiqaruvchi mexanizmlar 5. Ta'minlovchi suv tayyorlov mexanizmlari 6. Elektr stansiyasining moy xo'jaligi mexanizmlari 7. Xonalar ventilatorlari mexanizmlari 8. Kompresor qurilmalarining mexanizmlari 9. Elektroliz qurilmalarining mexanizmlari 10. Ko'tarish qurilmalari va boshqa yordamchi mexanizmlar

6 kv kuchlanishli o'zehtiyoj transformatorlarining quvvati qisqa tutashuv tokini ruxsatlangan qiymati bilan chegaralanishi va o'rnatilayotgan uzgichlarni (BMII-10 yoki BЭM-6) uzib qo'yish imkoniyatiga mos kelishi kerak. Qisqa tutashuv tokining hisobiy qiymati elektr motorlarini ta'minlash tokini hisobga olgan holda aniqlanadi.

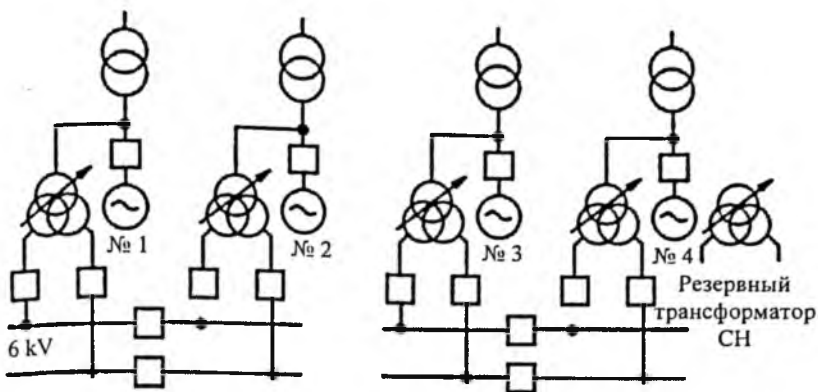
2.1. b-rasmda keltirilgan sxemada har bir generator tizimida uzgich o'rnatilgan bo'lib, o'zehtiyoj ishchi transformatori bilan blok transformatori uzgich orasidagi tarmoqqa ulanganligi bilan farq qiladi. Bu yerda bu ishchi ehtiyoj transformatori o'z blokini ishga tushirishi va to'xtatishni ta'minlay oladi, shuning uchun maxsus ishga tushirish zaxira transformatorlariga va zaxira magistrallariga ehtiyoj qolmaydi.

2.1. b-rasmda keltirilgan o'zehtiyoj ta'minot sxemasi 2.1. a-rasmda keltirilgan sxemaga nisbatan ma'lum texnologik afzalliklarga ega. Zamonaviy KESlarni loyihalashda ikkita variantdan foydalaniladi. Stansiyalarning ishonchli ishlash masalalari – ko'rib o'tilgan o'zehtiyoj ta'minoti sxemalari bo'yicha qo'shimcha o'rganishni va amaliy tekshirishlar o'tkazishni talab etadi.

6 kv kuchlanishli KESlarda o'zehtiyoj ta'minotining turli xil sxemalari 2.2 va 2.3-rasmlarda keltirilgan.



2.2-rasm. 6 kv kuchlanishli KESlarda o'zehtiyoj ta'minotining generator zanjiridagi o'chirgich bilan blokning zaxira transformatorlari sxemasi



2.3-rasm. 6 kV li KESlarda o‘zehtiyoj ta‘minotining ulanmagan zaxira transformatori sxemasi

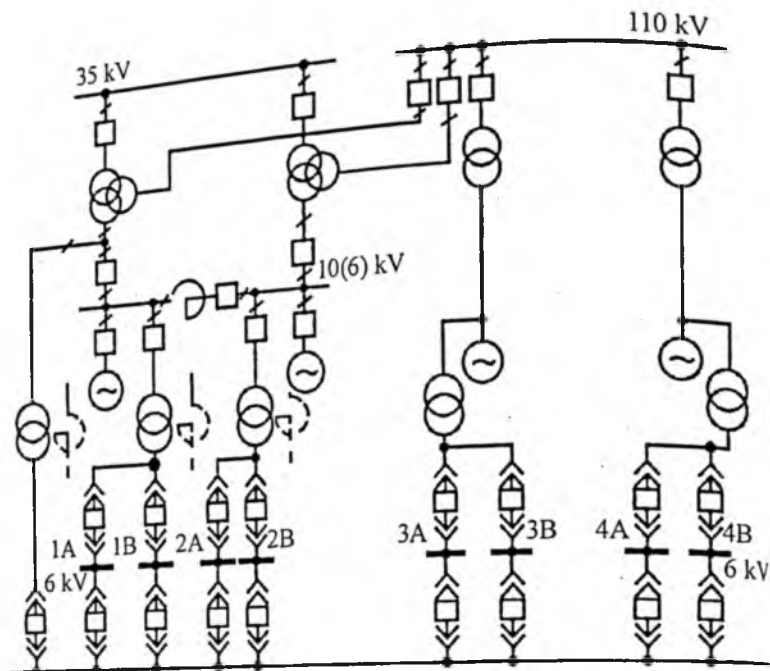
2.3. IEMlarning o‘zehtiyoji

IEMlarning o‘zehtiyoj elektr qabul qiluvchilari – mas’uliyatli va mas’uliyatlimaslarga bo‘linadi. Ularning ro‘yxati KESlardagi kabi amaliy jihatdan bir xil bo‘lib (2.3-jadvalga qarang), mas’uliyatlimas elektr qabul qiluvchilarga tarmoq nasoslar guruhi ham qo‘shiladi. O‘zehtiyoj iste‘molchilari ta‘minoti 3–6 kV va 0,4 kV kuchlanishli tarmoqlar orqali amalga oshiriladi. 3–6 kV kuchlanishli o‘zehtiyoj taqsimlash qurilmalarining yig‘ma shinalari bir tizimli seksiyalar soni qozonlar soniga teng bo‘ladi.

Qo‘shma turdagi bloksiz (bug‘ bo‘yicha ko‘ndalang bog‘lanishlari bo‘lgan) va blok qismli IEMda birinchi qismidagi seksiyalar soni qozonlar soniga teng qilib, ikkinchi qismdagi seksiyalar soni KESlardagi kabi blokning quvvatiga qarab, bir yoki ikkita blokli qilib tanlanadi. O‘zehtiyoj ishchi ta‘minotining blokli bo‘lmagan qismi generator kuchlanishining yig‘ma shinalarida, blokli qismida shu bloklarning taqsimlanishlaridan amalga oshiriladi (o‘zehtiyoj ta‘minoti R turdagi turbina bloklarning taqsimlanishlaridan amalga oshirilishi tavsiya etilmaydi).

O‘zehtiyoj ta‘minotini zaxiralash generator kuchlanishi shinalari orqali bajariladi.

Ko‘ndalang aloqali elektr stansiyalaridagi zaxira manba transformatorlari yoki tarmoqlarning (o‘zehtiyoj shinalari kuch-



2.4-rasm. Aralash turdagi IEMning o'zehtiyoy ta'minoti sxemasi

lanishi generator kuchlanishiga teng bo'lganda) soni tarmoq yoki o'zehtiyoy transformatorlarining soniga bog'liq bo'ladi.

Aralash turdagi IEMning o'zehtiyoy ta'minoti sxemada (2.4-rasm) bo'lgan taqdirda, zaxira manbasi aloqa transformatori taqsimlagichlariga ulanishi mumkin bo'ladi va o'zehtiyoy zaxira transformatorlari o'ta yuklanishsiz ushbu seksiyadagi barcha iste'molchilarni energiya bilan ta'minlay olishi lozim.

O'zehtiyoy zaxira ta'minoti manbalarining quvvati quyidagilarni e'tiborga olgan holda tanlanadi:

a) agar ishchi zaxira manbalari GTU shinalariga ulangan bo'lib, har bir seksiyaga bitta ishchi manba ulangan bo'lsa, zaxira manbayining quvvati eng yirik ishchi manbaning quvvatidan kichik bo'lmasligi kerak;

b) agar ishchi va zaxira manbalari GTU shinalariga ulangan bo'lib, har bir seksiyaga ikkita ishchi manba ulangan bo'lsa, zaxira manbayining quvvati eng yirik ishchi manba quvvatidan 50 % yuqori bo'lishi kerak;

d) agar ishchi manba blokning chiqish taqsimlagichlariga ulangan bo'lsa, zaxira manbayining quvvati eng yirik ishchi manbani almashtirish va qozonni yoki turbinani bir vaqtning o'zida ishga tushirishga yetarli bo'lishi kerak;

e) agar ishchi manba blokning chiqish taqsimlagichlariga ulangan bo'lsa, bunda har bir blok bir nechta manbaga ega bo'ladi, zaxira manbalarining umumiy quvvati ixtiyoriy blokda ishchi ta'minot manbalariga ulangan elektr motorlarning ta'minoti uchun yetarli bo'lishi kerak.

Agar issiqlik elektr stansiyalaridagi yoki tizimdagi avariya bilan bog'liq bo'lgan, to'liq uzoq muddatli sanoat chastotali kuchlanish yo'qolishida yuqorida ko'rib o'tilganlardan tashqari, quyidagi iste'molchilar uchun ishonchli ta'minot stansiyaning blokli bo'lmagan qismidan eng yaqinda joylashgan elektr stansiyalari yoki avariya holatlarda ishlatiladigan dizel generator yoki gaz turbina uskunalaridan ko'zda tutilgan bo'lishi lozim, bular: val-buruvchi qurilmalarning elektr motorlari, akkumulator batareyalarini qo'shimcha zaryadlash agregatlari, nazorat-o'lchov asboblari (NO'A), avariya paytida yoritish qurilmalari.

NTPga muvofiq har bir 6 ta o'zehtiyoy transformatori uchun bitta o'zehtiyoy 6-10/0,4 kV li zaxira transformatori ko'zda tutiladi.

2.4. Suv elektr stansiyalarning o'zehtiyoji

Suv elektr stansiyalarida o'zehtiyoy iste'molchilari — agregatdan ta'minlanuvchi, umumstansiya iste'molchilari (2.4-jadval) hamda mas'uliyatli bo'lmagan iste'molchilarga bo'linadi. Elektr ta'minotining buzilishi suv agregatining shikastlanishiga yoki uzilib qolishiga, elektr energiyasi ishlab chiqarishning kamayishiga, suv texnik qurilmalarning buzilishiga va hokazolarga olib keluvchi elektr energiyasi qabul qiluvchilar mas'uliyatli iste'molchilar hisoblanadi. Bunday elektr qabul qiluvchilar sifatida texnik suv ta'minotini (turbina podshipniklarini suvli moylash, agregatlar podshipniklari hamda podpiyatniklarning moy sovitgichlarini, generatorlarni havoli sovitgichlarni) transformatorlarning moyli sovitgichlarini,

SES o'zhtiyojining asosiy elektr qurilmalari

ahamiyatli	ahamiyatli bo'lmagan
1. Agregatlarni texnik suv bilan ta'minlovchi nasoslari 2. Generatorlarni suv bilan sovitish nasoslari 3. Podshipniklarni suvli sovitish moylagich nasoslari 4. Agregatlar moylagich tizimining moy nasoslari 5. Generatorlarni uyg'otish tizimining yordamchi uskunalari 6. Blok transformatorlarini sovitish tizimining nasoslari va ventilatorlari 7. Moy bosimini o'rnatuvchi qurilmaning moy nasosi 8. Turbinaning yopilishini yo'naltiruvchi apparatning shikastlanish servomotorlarining nasoslari 9. Turbinaning qopqog'idan suvni so'rib chiqaruvchi nasoslar 10. Lekaj nasoslari 11. Generatorni sinxron kompensator holatiga o'tkazish uchun turbinaning ishchi g'ildiragi bo'shlig'idan suvni siqib chiqazuvchi kompressorlar 12. MNQ (motor nasos qurilma) ning kompressori 13. Texnik suv ta'minlagich so'rg'ich yuritmasi	1. Aloqa va reaktorlarni ulovchi transformatorlarni sovitish tizimi ventilatorlari va nasoslari 2. Yong'in nasoslari 3. Drenaj nasoslari 4. OTQ (ochik taqsimlash qurilmasi) xo'jaligining pnevmatik kompressorlari 5. Bosimli turbina o'tkazgichlar g'altagi to'sqichlarini berkitish mexanizmlari 6. Elektr yoritgichlar 7. So'ruvchi trubalardan suv chiqaruvchi nasoslar 8. Akkumulator batareyalarining ventilatorlari va zaryadlash qurilmalari 9. OTQ uzgichlarining yuritmalari va baklarning qizitgichlari 10. Moy to'ldirilgan kabellarni ta'minlovchi qurilmalari va muftalarni qizitgichlari 11. Tez tushuvchi to'siqlarni ko'tarish mexanizmlari 12. SES xonalarini isitish va shamollatish 13. Xo'jalik suv ta'minlash nasoslari 14. Axlal tushuvchi panjaralarni axlatdan tozalovchi mexanizmlari 15. To'g'on to'sqichlarni ko'taruvchi mexanizmlari 16. SES ko'tarish mexanizmlari 17. Turli maqsadlar uchun kranlar 18. Suv texnik qurilma elementlarini qizitgichlari (to'siqlar, axlat to'suvchi mexanizmlarning panjaralari va boshq.) 19. Ko'targichlar 20. Mexanik ustaxonalarining elektr iste'molchilari

qo'zg'atish tizimining yordamchi qurilmalarini, moyli bosim uskunalarini avariya-dagi yoritishni, o't o'chirish tizimini, bosim trubali o'tkazgichni drosselli to'sqichlarni berkitish mexanizmini, sanoat va shahar ta'minoti nasoslarini (agar ular SES binosida joylashgan bo'lib, o'zehtiyoy tarmog'idan elektr energiyasi bilan ta'minlansa) ko'rsatish mumkin. Stansiyaga yaqin joylashgan yoki mahalliy tarmoqdagi iste'molchilar ta'minoti o'zehtiyoy tizimidan amalga oshirilsa, ular ham mas'uliyatli iste'molchilar hisoblanadi.

Turli SESlar uchun o'zehtiyoy iste'molchilarning nomenklaturaga nisbatan elektr motorlarining quvvati unchalik yuqori emas, o'zgarimas tok elektr motorlari hamda ikki tezlikli elektr motorlarining yo'qligi o'ziga xosdir. SESlarning o'zehtiyoy elektr iste'molchilari 380/220 V li tarmoqdan ta'minlanadilar. Yuqori quvvatli SESlar iste'molchilari 6 kV kuchlanishda ta'minlanishlari mumkin, bular: spiral kameralardan va so'rib chiqaruvchi trubalardan suvni haydab chiqaruvchi nasoslar, suvni siquvchi kompressorlar, texnik suv ta'minoti nasoslari, kranlar, shluz va stansiya yaqinidagi iste'molchilar, shahar suv o'tkazgichlarining nasoslari.

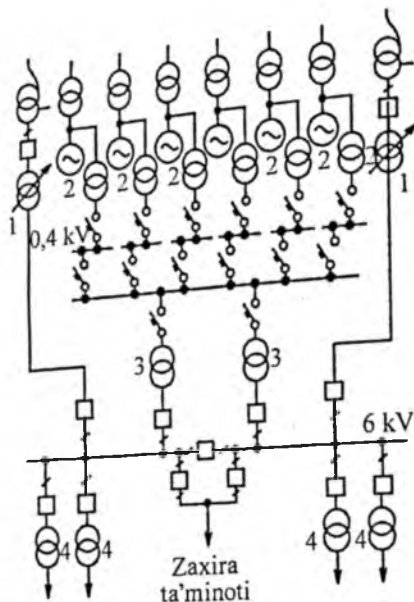
SESlarda o'zehtiyoy ta'minoti ikkita asosiy sxema bo'yicha amalga oshiriladi: bular agregatlardan ta'minlanuvchi va umumiy stansiya elektr qabul qiluvchilarining alohida ta'minot sxemalari. Birinchi sxemada o'zehtiyoy kuchlanishi bir pog'onali bo'lib, kichik va qisman o'rta quvvatli SESlarda foydalaniladi.

Ikkinchi sxemada o'zehtiyoy kuchlanishi ikki pog'onali bo'lib, o'rta va katta quvvatli SESlarda qo'llaniladi.

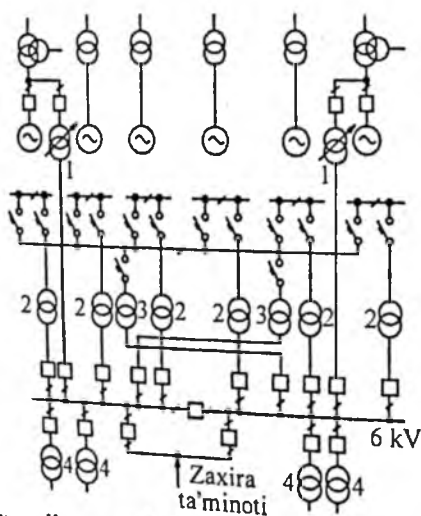
SESlardagi o'zehtiyoy sxemalari 2.5 va 2.6-rasmlarda keltirilgan.

Agregatdan ta'minlovchi iste'molchilarning o'zehtiyoy transformatorlari quvvati ushbu agregatning umumiy yuklamasi bo'yicha tanlanadi. Ayrim holatlarda SESlarda o'zehtiyoy ta'minotini zaxiralash uchun yaqinda joylashgan tuman podstansiya tizimlaridan foydalanish mumkin.

Podstansiyalarning o'zehtiyojlari. Podstansiyalarning turi foydalanish sohasi, joylashishi, transformatorlarning (avtotransformatorlarning) quvvati, sinxron kompensatorlarning mav-



2.5-rasm. Umumiy ta'minot agregati va umumiy stansiya elektr qurilmalarining quvvatli SESlardagi o'zhtiyoji ta'minoti sxemasi:
 1 – past kuchlanishli asosiy transformator; 2 – agregat; 3 – zaxira agregat;
 4 – umumiy stansiya past kuchlanishli transformatorlari.



2.6-rasm. Quvvatli GESlardagi alohida ta'minot agregati va umumiy stansiya elektr qurilmalarining o'zhtiyoji ta'minoti sxemasi:
 1 – asosiy; 2 – agregat; 3 – zaxira agregat; 4 – umumiy stansiya past kuchlanishli transformatorlari.

jud va mavjud emasligi, elektr jihozlarning turiga qarab, podstansiyalar doimiy navbatchi xodimli yoki u navbatchi xodimsiz (markazlashtirilgan xizmat ko'rsatiladigan, uyda navbatchilik o'tiladigan), tezkor o'zgaruvchan qilib loyihalashtiriladi.

Podstansiyalarning o'zehtiyoy iste'molchilari mas'uliyatli va mas'uliyatli bo'lmaganlarga bo'linadi. Mas'uliyatli iste'molchilarga transformatorlarni (avtotransformatorlarni) sovitish tizimi, avariya yoritgichlari, o't o'chirish tizimi uzgichlari va ularning yuritmalarini isitish tizimi, kompressor elektr iste'molchilari, telemexanika va aloqa tizimi kiradi.

Ikki transformatorli (ko'p transformatorli) podstansiyalarda yashirin zaxirali ikki transformator o'rnatiladi. Agar bitta transformatorli podstansiyalarda sinxron kompensatorlar, havoli uzgichlari va majburiy sovitish tizimli avtotransformatorlar mavjud bo'lsa, yashirin zaxirali o'zehtiyoy transformatorlari o'rnatilib, ulardan biri 6–35 kV kuchlanishli mahalliy tarmoqqa ulangan bo'ladi. Boshqa bir transformatorli podstansiyalarda bitta o'zehtiyoy transformatori o'rnatiladi.

O'zgaruvchan tokli podstansiyalarda transformatorlari 6–35 kV kuchlanishli taqsimlash uskunalari bo'lgan taqdirda transformatorlar (avtotransformatorlar) past kuchlanishli qismlariga ulanadi, o'zgaruvchan hamda to'g'rilangan tezkor tokli podstansiyalarda o'zehtiyoy transformatorlari uzgich bilan transformatorning (avtotransformator) past kuchlanish qismlari orasiga ulanadi.

O'zgarmas tezkor tokli podstansiyalarda o'zehtiyoy tarmog'i kuchlanishining 380/220 V neytrali zaminlangan bo'ladi. O'zgaruvchan tokli podstansiyalarda 380/220 V li kuchlanish neytrali zaminlangan qilib bajariladi.

O'zgaruvchan tokli 35–220 kV kuchlanishli podstansiyalarda uzgichlar yuritmalari ish sharoiti bo'yicha qayerda mumkin bo'lsa, shu yerda qo'llanishi mumkin. Jumladan: 35 V yuqori kuchlanishlarda uzgichsiz soddalashtirilgan sxemali podstansiyalarda; kichik hajmli uzgichlar (BMK-110 dan tashqari) o'rnatilgan. Ko'prik sxemali yuqori kuchlanishi 110 kV kuchlanishliligi podstansiyalarda; prujinali yoki elektromagnit

yuritgichli, 6–35 kV li yuqori kuchlanishli podstansiyalarda moyli uzgichlar o'rnatiladi.

O'zgarmas tezkor tok – uzgich yuritmalari – talab qiladigan 330–750 kV li; 110–220 kV li; 35–220 kV li podstansiyalarda ishlatiladi. Bunday hollarda doimiy zaryadlaydigan tartibda ishlaydigan bitta yoki ikkita (500–700 kV li podstansiyalarda) 220 kV li akkumulator batareyasi o'rnatiladi.

Nazorat savollari

1. O'zehtiyoy tizimining shikastlanishi elektr stansiyalarining ish tartibiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
2. O'zehtiyoy elektr iste'molchilari necha turga bo'linadi?
3. Elektr stansiyalarida nechta bosqichli o'zehtiyoy kuchlanishi qabul qilingan?
4. Kuchlanishi 3–10 kV bo'lgan o'zehtiyoy transformatorlarining chegarali quvvatini va qisqa tutashuv kuchlanishini tashkil etadigan qiymatlarini aytib bering.
5. KESlarda o'zehtiyoy iste'molchilari necha turga bo'linadi?
6. Zamonaviy KESlarni loyihalashda qanday variantlardan foydalaniladi?
7. IEMlarning o'zehtiyoy zaxira ta'minoti manbalarining quvvati nimalarni e'tiborga olgan holda tanlanadi?
8. SES o'zehtiyojining asosiy elektr qurilmalarini keltiring.
9. Podstansiyalarning o'zehtiyojlari iste'molchilarini ta'riflang.
10. Mas'uliyatli iste'molchilarga nimalar kiradi?

III bob. ELEKTR YUKLAMALAR

3.1. Elektr qurilmalari va elektr iste'molchilari

Elektr qurilmalari deyilganda elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi, transformatsiyalovchi, uzatuvchi, tarqatuvchi, boshqa turdagi energiyaga aylantiruvchi, tok turi, chastotasi va fazalar sonini o'zgartiruvchi mashinalar, apparatlar, liniyalar va qo'shimcha jihozlar tushuniladi.

Elektr qurilmalari tokning turi (o'zgaruvchan yoki o'zgarmas), kuchlanishi (1 kV gacha va 1 kV dan yuqori) va ishlatilishi bo'yicha turli guruhlarga bo'linadi.

Ishlatilishi bo'yicha elektr qurilmalari quyidagilarga bo'linadi: elektr energiyasini ishlab chiqaruvchilar — elektr generatorlari; o'zgartiruvchi va taqsimlovchilar — transformator podstantsiyalari, o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka yoki boshqa chastotali tokka aylantiruvchi uskunalar; elektr tarmoqlari; iste'molchi — elektr qabul qiluvchilar. Elektr iste'molchilari deyilganda elektr energiyasini boshqa turdagi energiyaga aylantiruvchi agregatlar, mexanizmlar va qurilmalar tushuniladi.

Elektr qurilmalari o'zlarining neytral nuqtalari holatiga qarab quyidagilarga bo'linadi:

1) kuchlanishi 1 kV gacha bo'lib, neytrali zaminlangan qurilmalar;

2) kuchlanishi 1 kV gacha bo'lib, neytrali izolatsiyalangan qurilmalar;

3) kuchlanishi 1 kV dan yuqori, biror fazaning yer bilan tutashishidan zaminga o'tadigan toki kichik ($I_z \leq 500$ A) bo'lgan, neytrali izolatsiyalashgan qurilmalar;

4) kuchlanishi 1 kV dan yuqori, bir fazaning yerga ulanishidan zaminga o'tadigan toki katta ($I_z > 500$ A) bo'lgan, neytrali to'g'ridan to'g'ri zaminlangan elektr qurilmalari;

5) kuchlanishi kichik (42 V gacha) elektr qurilmalari.

Elektr ta'minotining ishonchililigiga qo'yiladigan talablarga qarab elektr iste'molchilari quyidagi 3 toifaga bo'linadi.

I toifali elektr iste'molchilari – bunday elektr iste'molchilarida elektr ta'minotidagi uzilish kishilarning hayotini xavf ostiga qo'yadi, xalq xo'jaligi uchun katta zarar keltiradi, qimmatli qurilmalarning buzilishi va ko'plab xomashyoning chiqindiga chiqishiga, murakkab texnologik jarayonning uzoq vaqtgacha izdan chiqishiga, kommunal xo'jalikning eng muhim tarmoqlarida ishning buzilishiga olib keladi. I toifali elektr iste'molchilari elektr energiyasini kamida ikkita mustaqil ta'minlash manbalaridan olishlari kerak va ularning elektr ta'minotidagi uzilishi vaqti zaxiradagi manbani avtomatik ulashga ketadigan vaqt bilan belgilanadi.

Mustaqil manba sifatida ikki elektr stansiyasi yoki podstansiyalarning taqsimlash qurilmalari ishlatilishi mumkin.

Ko'p korxonalarda I toifali elektr iste'molchilarining solish-tirma miqdori katta bo'lmaydi. Neft kimyosi, sintetik kauchuk va metallurgiya korxonalarida I toifali elektr energiya qabul qiluvchilarining miqdori 70÷80 % ni tashkil etadi.

I toifali iste'molchilardan ayrimlari alohida guruh iste'molchilari turkumiga kiradi. Ularning to'xtovsiz ishlashi ta'minlansa, kishilar hayoti xavf ostida qolmaydi, portlashlar, yong'inlar sodir bo'lmaydi va qimmatbaho qurilmalar ishdan chiqmaydi. Bularga, masalan, kompressorlar, ventilatorlar, nasoslar, yerosti konlaridan yuqoriga ko'taruvchi uskunalarning yuritmalari va avariya holatlarda ishlaydigan yoritish qurilmalari kiradi. Bunday alohida guruh iste'molchilari uchun uchinchi qo'shimcha mustaqil ta'minlash manbayi bo'lishi kerak.

II toifali elektr iste'molchilari – bunday elektr iste'molchilarining elektr ta'minotidagi uzilish ko'plab mahsulotlarning ishlab chiqarilmasligiga, ishchilarning ommaviy turib qolishiga, mexanizmlar va korxona transportining ishlamasligiga, shahar va qishloq aholisi ko'p qismining me'yorda ishlash faoliyatining buzilishiga olib keladi. Bu toifadagi iste'molchilar korxonalarda eng ko'p qismni tashkil qiladi. Ularning elektr ta'minoti ikkita mustaqil elektr manbasi orqali bajarilishi tavsiya etiladi. II toifali

iste'molchilarda elektr ta'minotidagi uzilish vaqti zaxiradagi manbani navbatchi shaxs yoki maxsus brigadaning ulashga ketadigan vaqti bilan belgilanadi.

III toifali elektr iste'molchilariga yuqorida tanishilgan I va II toifali iste'molchilar turkumiga kirmaydigan barcha elektr qabul qiluvchilar kiradi. Ularning elektr ta'minoti bitta manba orqali bajarilishi mumkin. III toifali iste'molchilar uchun elektr ta'minotidagi uzilish 24 soatdan oshmasligi kerak. Bu iste'molchilar tokning chastotasiga qarab 50 Hz li, yuqori (10 kHz gacha), o'ta yuqori (10 kHz dan katta) va past chastotali manbalardan ishlaydigan iste'molchilarga bo'linadi. Korxonalarda, asosan, 50 Hz chastotali iste'molchilar ishlatiladi. Yuqori va o'ta yuqori chastotali qurilmalar metallarni eritishda, toblashda va qoliplashda keng ishlatiladi. Bunday manbalarni hosil qilish uchun tiristorli, ionli yoki lampali o'zgartgichlar ishlatiladi. Past chastotali iste'molchilar turkumiga transportda ($16^{\frac{1}{2}}$ Hz), suyultirilgan metallni aralashtirishda (25 Hz gacha) ishlatiladigan kollektorli elektr yuritgichlar kiradi. Past chastotali elektr iste'molchilar sanoat korxonalarida keng tarqalmagan.

Sanoat korxonalaridagi elektr iste'molchilarini ish tartibiga qarab uch xarakterli guruhga bo'lish mumkin:

1. O'zgarmas yoki deyarli o'zgarmas yuklama bilan ishlaydigan iste'molchilar. Bunday tartibda ishlaydigan qurilmalarda uzoq vaqt ishlash davomida ular qismlarining harorati ruxsat etilganidan oshmaydi. Ventilatorlar, nasoslar, kompressorlarning elektr yuritgichlari ushbu tartibda ishlaydi.

2. Qisqa muddatda ishlaydigan qurilmalar. Bunday tartibdagi mashina yoki apparatlarning ishlash vaqti kichik bo'lib, ish vaqtida ular qismlarining harorati mo'ljallangan turg'un qizish darajasiga yetmaydi. Tanaffus vaqti esa uzoq bo'lib, mashina yoki apparatlar qismlarining harorati atrof-muhit haroratiga tenglashadi. Misol tariqasida bunday iste'molchilarga metallarga ishlov beruvchi stanoklar yordamchi mexanizmlarining yuritmalarini keltirish mumkin.

3. Takroriy qisqa muddatda ishlovchi iste'molchilar. Bunday qurilmalarda ishlash vaqti qisqa to'xtash vaqti bilan

almashinib turadi. Takrorlanuvchi qisqa muddatda ishlash tartibining xususiyatini baholash uchun nisbiy ulanish davomiyligi $UD\%$ kattaligidan foydalaniladi:

$$UD\% = \frac{t_{ish}}{t_{ish} + t_0} \cdot 100\% = \frac{t_{ish}}{t_d} \cdot 100\%. \quad (3.1)$$

Bunda: t_{ish} – iste'molchining yuklama bilan davomiy ishlash vaqti;

t_0 – iste'molchining elektr tarmog'idan ajratilgan davomiy holati vaqti;

$t_d = t_{ish} + t_0$ – takrorlanuvchi davomiy davr vaqti ($t_d \leq 10$ minut bo'lishi kerak).

Elektrotexnika sanoatida ulanish davomiyligi (UD) 15, 25, 40 va 60 % bo'lgan elektr mashinalari ishlab chiqarilmoqda. Takrorlanuvchi qisqa yuklamali elektr yuritgichlarning pasportida ko'rsatilgan quvvatni o'zgarmas yuklamali tartibdagi ($UD=100\%$) quvvatga quyidagi munosabat orqali keltiriladi:

$$P_n = P_{pasp} \sqrt{UD_{pasp}}. \quad (3.2)$$

Bu yerda: P_n – nominal davomli quvvat;

P_{pasp} – elektr iste'molchining pasportida keltirilgan quvvat;

UD_{pasp} – pasportda ko'rsatilgan nisbiy ulanish davomiyligi.

Payvandlash mashinalari, elektr pechlarining transformatorlari uchun

$$P_n = P_{pasp} \sqrt{UD_{pasp}} \cos \varphi_{pasp}. \quad (3.3)$$

Bunda: S_{pasp} , UD_{pasp} , $\cos \varphi_{pasp}$ – qurilmaning pasportda berilgan to'la quvvati, nisbiy ulanish davomiyligi, quvvat koefitsiyenti.

Misol. Kran elektr yuritgichlarining $UD=1$ ga keltirilgan, o'rnatilgan quvvatini toping. Kran yuritgichlarining $UD=25\%$ dagi parametrlari quyidagicha:

a) asosiy ko'targich yuritgichining quvvati 22 kW;

b) ko'prikn harakatlantiruvchi yuritgichning quvvati 16 kW;

d) aravacha harakatlantiruvchi yuritgichining quvvati 3,5 kW.

Yechish. Elektr iste'molchilarning $UD=1$ ga keltirilgan umumiy quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_n = (22 + 16 + 3,5)\sqrt{0,25} = 20,75 \text{ kW}.$$

Javob: 20,75 kW.

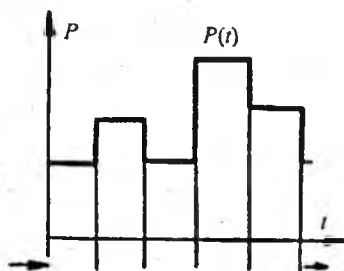
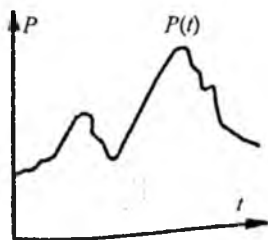
3.2. Elektr yuklamalar grafiklari

Elektr yuklama deyilganda ayrim elektr qabul qiluvchi, sexdagi elektr qabul qiluvchilar guruhi, sex, butun korxonaning elektr iste'moli tushuniladi. Sanoat korxonalarida, asosan, uch turdagi yuklamalar mavjud: aktiv quvvat P , reaktiv quvvat Q va tok I .

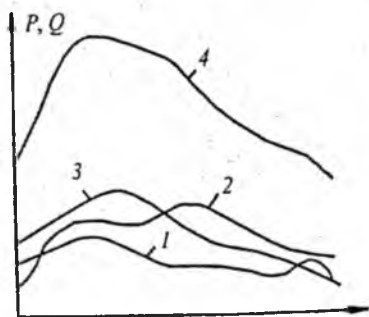
Elektr yuklamani o'lchov asboblari asosida kuzatish mumkin. O'ziyozar asbob bilan yuklamaning o'zgarishi qayd qilinadi (3.1-rasm). Ekspluatatsiya jarayonida aktiv, reaktiv quvvatlarning vaqt bo'yicha o'zgarishini aktiv va reaktiv energiyalar hisoblagichlarning bir xil vaqt intervallaridagi ko'rsatishlari asosida zinapoya (pog'onali) ko'rinishida chizish mumkin.

$$P(t) = \sum_{i=1}^n p_i(t); Q(t) = \sum_{i=1}^n q_i(t); I(t) = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U_n}.$$

Aktiv va reaktiv quvvat va tokning vaqt bo'yicha o'zgarishi aktiv quvvat, reaktiv quvvat va tok yuklamalar grafiklari



3.1-rasm. Aktiv yuklamaning o'zgarish grafigi



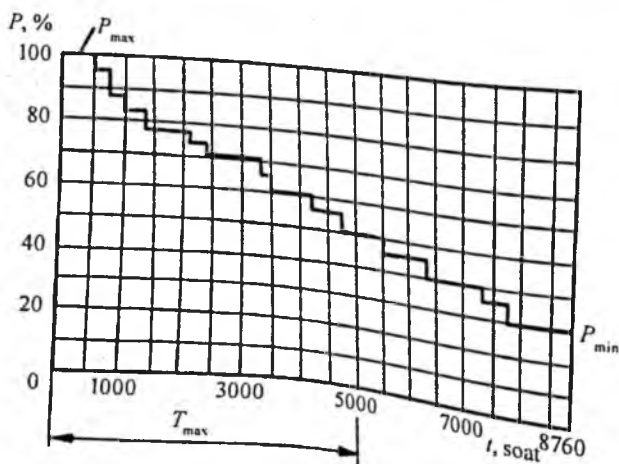
3.2-rasm. Iste'molchilarning guruh grafigi

deyiladi. Grafiklarni ikki turga bo'lish mumkin: xususiy va guruh grafiklar. Xususiy grafiklar, odatda, katta quvvatli iste'molchilar uchun olinadi va ular kichik harflar bilan belgilanadi: $r(t)$, $q(t)$, $i(t)$. Guruh grafiklari iste'molchilar guruhiga tegishli bo'lib, bosh harflar bilan belgilanadi: $P(t)$, $Q(t)$, $I(t)$. Xususiy grafiklar asosida

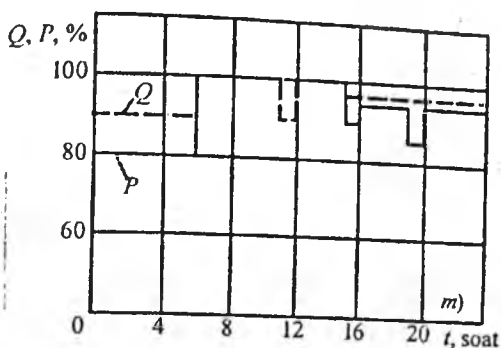
guruh grafiklarini chizish mumkin.

Davomiyligiga qarab korxonaning kunlik va yillik grafiklari bo'ladi, odatda, yillik grafik yuklamaning davomiyligi bo'yicha tuziladi (davomiyli yillik grafigi). Bunda avval quvvatning katta qiymatining vaqt davomiyligi, so'ngra keyingi pog'ona quvvatning vaqt davomiyligi va shu tartibda boshqa pog'onadagi quvvatlarning vaqt davomiyligi ko'rsatiladi (3.3-rasm).

Har xil korxonalarning namunaviy kunlik va yillik grafiklari ma'lumotnomalarda keltirilgan. Bu grafiklar asosida korxona elektr uskunalarining me'yoriy tartibini tanlash, yuklamalar



3.3-rasm. Korxonaning davomiy yillik grafigi



3.4-rasm. Korxonaning namunaviy kunlik grafigi

ortib ketganda qaysi agregatlarni to'xtatish rejasini tuzish, elektr qurilmalarini ta'mirlashni qaysi vaqtlarga mo'ljallash, iste'mol qilinadigan elektr energiyasini aniqlash va shunga o'xshash tadbirlarni amalga oshirish mumkin.

Namunaviy grafik asosida korxonaning yuklama grafigini chizish mumkin. Buning uchun korxonaning maksimal hisobiy quvvati P_h ma'lum bo'lishi kerak. U holda

$$P_n = \frac{n\% \cdot P_h}{100}, [\text{kW}].$$

Bu yerda: P_n – kunning ma'lum vaqtidagi quvvati, kW;

$n\%$ – namunaviy grafikda kerakli pog'onaga to'g'ri keladigan ordinata;

P_h – korxonaning hisobiy quvvati.

Masalan, selluloza-qog'oz korxonasining soat 4 dagi iste'mol qilayotgan quvvati namunaviy dasturda 80 % ni tashkil etsa va korxona uchun $P_h = 2000$ kW bo'lsa, soat 4 dagi yuklama

$$P_4 = \frac{80 \cdot 2000}{100} = 1600 \text{ kW bo'ladi.}$$

Yillik yuklama grafigining yuzasi ma'lum masshtabda korxonaning yil davomida qabul qilgan elektr energiyasining miqdorini beradi. Yillik grafik asosida korxonaning yillik o'rtacha yuklamasini aniqlash mumkin:

$$P_{yo} = \frac{W_a}{T_y}.$$

Bu yerda: T_y – korxonaning yil davomidagi ishlash vaqti.

KORXONANING YILLIK ISHLASH VAQTI

Smenaning davomiyligi, soat	Smenalar soniga qarab T_y , soat		
	bir	ikki	uch
8	2250	4500	6600
7	2000	4000	5870

3.3. Elektr yuklamalarining asosiy ta'riflari

1. O'rtacha yuklama. Korxonalarining hisobiy yuklamalarini aniqlashda va elektr ta'minoti tizimida energiya sarfini hisoblashda o'rtacha yuklama hisobiy yuklamaning eng kichik qiymati to'g'risida ma'lumot beradi. Umumiy holda ma'lum oraliqdagi o'rtacha quvvat quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{o'n} = \frac{1}{t} \int_0^t p dt; \quad Q_{o'n} = \frac{1}{t} \int_0^t q dt. \quad (3.4)$$

Ishlatish sharoitida guruh iste'molchilarining o'rtacha quvvatlari aktiv va reaktiv energiya hisoblagichlarining ko'rsatkichlari asosida ushbu munosabatlar orqali topiladi:

$$P_{o'n} = \frac{E_a}{t_d}; \quad Q_{o'n} = \frac{E_r}{t_d}; \quad S_{o'n} = \sqrt{P_{o'n}^2 + Q_{o'n}^2}. \quad (3.5)$$

Bu yerda: E_a , E_r – aktiv va reaktiv elektr energiyalarining ko'rilayotgan t_{davr} vaqt oralig'idagi sarfi.

Korxonaning elektr ta'minotini loyihalash bosqichida guruh iste'molchilarining eng katta yuklamali smenadagi o'rtacha quvvatini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$P_{o'rt} = K_{ia} P_n. \quad (3.6)$$

Bu yerda: P_n – iste'molchilar nominal quvvatlarining yig'indisi bo'lib, takroriy-qisqa muddatli tartibda ishlovchi iste'molchilarning $UD=100\%$ tartibga keltirilgan qiymati;
 K_{ia} – guruh iste'molchilariga tegishli bo'lgan ishlatilish koeffitsiyenti.

Eng yuklangan smenadagi guruh iste'molchilari uchun reaktiv quvvatning o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{o'n} = K_{it} Q_n \text{ yoki } Q_{o'n} = P_{o'n} \operatorname{tg} \varphi. \quad (3.7)$$

Bu yerda: $\operatorname{tg} \varphi$ ning qiymatini aniqlashda ma'lumotnomalarda keltirilgan har xil guruh iste'molchilari uchun quvvat koeffitsiyentidan foydalaniladi. Sex yoki korxonaning yillik o'rtacha quvvati ushbu munosabatlardan aniqlanadi:

$$P_{o'n} = \frac{E_{ay}}{T_y}; \quad Q_{o'n} = \frac{E_{ay}}{T_y}. \quad (3.8)$$

Bu yerda: E_{ay} – yillik iste'mol qilingan aktiv energiya miqdori (vatt · soat);

E_{ay} – yillik iste'mol qilingan reaktiv energiya miqdori (kVAr · soat);

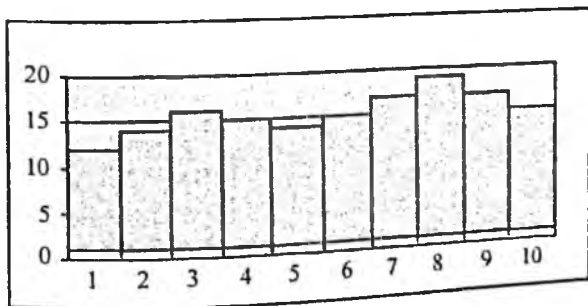
T_y – korxonaning yillik ish vaqti (soat).

Faza bo'yicha kuchlanishdan oldinda boruvchi tokli iste'molchilarning (sinxron mashinalar, statik sovitgichlar) reaktiv quvvatlari manfiy ishora bilan qabul qilinadi.

Agar yuklamalar grafigi bir xil n vaqt oralig'ida olingan zinapoya ko'rinishida bo'lsa, o'rtacha quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{o'n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}. \quad (3.9)$$

Misol. Quyida ko'rsatilgan grafik uchun o'rtacha quvvatni aniqlang:



$$P_{\text{ot}} = \frac{12+14+16+15+14+15+17+19+17+15}{10} = \frac{154}{10} = 15,4 \text{ kW.}$$

2. O'rtacha kvadrat yuklama. Aktiv va reaktiv toklarning ma'lum vaqt oralig'idagi o'rtacha kvadrat yuklamalari quyidagi munosabatlar bilan aniqlanadi:

$$P_{\text{ok}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2 dt};$$

$$Q_{\text{ok}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T q^2 dt};$$

$$I_{\text{ok}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt};$$

(3.10)

bu yerda: T – ko'rilayotgan vaqt oralig'i.

Agar grafik zinapoya ko'rinishga ega bo'lsa,

$$P_{\text{ok}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2}{n}}; \quad Q_{\text{ok}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n q_i^2}{n}};$$

(3.11)

bu yerda: $n = \frac{T}{\Delta t}$ – grafikdagi bir xil oraliqlar soni.

Misol. Yuqorida keltirilgan grafik uchun o'rtacha kvadrat yuklama miqdorini aniqlang.

$$P_{\text{ok}} = \sqrt{\frac{12^2 + 14^2 + 16^2 + 15^2 + 14^2 + 15^2 + 17^2 + 19^2 + 17^2 + 15^2}{10}} = \sqrt{\frac{2406}{10}} = 15,5 \text{ kW.}$$

3. Hisobiy yuklama. Zamonaviy sanoat korxonalarining elektr ta'minoti tizimini loyihalashda, yechilishi kerak bo'lgan murakkab texnik-iqtisodiy masalalarning asosini kutilayotgan elektr yuklamalarni to'g'ri aniqlash tashkil etadi. Elektr yuklamalarni hisoblash har qanday elektr ta'minoti tizimini loyihalashda birinchi bosqich hisoblanadi. Elektr yuklamalarning ko'rsatkichlari elektr tizimiga sarf bo'ladigan kapital mablag'lar,

rangli metallar sarfi, elektr energiyasining isrofi va ishlatish xarajatlarini belgilaydi. Agar hisobiy quvvat oshirib aniqlansa, kapital mablag'larning ortishiga, tanqis bo'lgan elektr qurilmalar va o'tkazgichlarning to'la imkoniyat darajasida ishlamasligiga va elektr energiyasi isrofining oshishiga sabab bo'ladi. Yuklarni kamaytirib aniqlash esa elektr qurilmalarining tez ishdan chiqishiga, ayrim agregatlar ish unumdorligining kamayishiga, elektr ta'minoti tizimida isrofning oshishiga, elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarining yomonlashishiga va elektr ta'minoti tizimi ishonchligining kamayishiga olib keladi. Shuning uchun kutilayotgan yuklamalarni to'g'ri aniqlash elektr ta'minoti tizimini optimal loyihalashtirishning asosiy omilidir.

Hisobiy aktiv quvvat sifatida shunday davomli o'zgarmas yuklama qabul qilinadiki, uning ta'sirida o'tkazgich haroratining oshishi yoki izolatsiyaning issiqlikdan eskirish darajasi kutilayotgan o'zgaruvchan yuklamadagiga teng bo'ladi.

Smena davomida ma'lum vaqt oralig'i (10 min, yoki 30 min, yoki 60 min, yoki...) uchun olingan barcha o'rtacha quvvatlarining eng kattasi maksimal quvvat sifatida qabul qilinadi. Elektr ta'minoti tizimining elementlarini ularning qizishi nuqtayi nazaridan qabul qilinsa, hisobiy quvvat sifatida 30 minutli maksimal yuklama olinadi. Bu vaqt oralig'ida ko'ndalang kesim yuzasi kichik va o'rta bo'lgan simlarning qizish vaqti doimiyligiga yaqin hisoblanadi. Agar sex tarmoqlari simlarining qizish vaqti doimiyligi 0,5 soatdan katta bo'lsa, maksimum koeffitsiyentining miqdori quyidagi munosabat orqali qayta hisoblanadi:

$$K_{mr} = 1 + \frac{K_m - 1}{\sqrt{2t}} \quad (3.12)$$

Bu yerda: K_m — maksimum koeffitsiyentining vaqt doimiyligi 0,5 soat bo'lgandagi qiymati;
 K_{mr} — maksimum koeffitsiyentining vaqt doimiyligi t bo'lgandagi qiymati.

Ko'ndalang kesim yuzasi har xil bo'lgan simlar uchun qizish vaqt doimiyligi T ning miqdorlari (min) 3.2-jadvalda keltirilgan.

Sim Kesim yuzasi, mm ²	Ko'ndalang kesim yuzasi, mm ²					
	35	50	70	95	120	150
Ochiq holatdagi rezina izolatsiyali simlar, minut	9	12	15	18	21	21
O'sha simlar trubada	19	23	27	32	36	40
Qog'oz izolatsiyali kabellar	15	20	25	30	35	40

Ko'p hollarda joiz qizish bo'yicha 30 minutli maksimal yuklama hisobiy yuklama sifatida qabul qilinadi. Umumiy holda maksimal o'rtacha kvadrat, o'rtacha va hisobiy yuklamalar o'rtasida quyidagi munosabat saqlanadi:

$$P_m \geq P_n \geq P_{o'k} \geq P_{o'rt}$$

O'zgarmas yoki deyarli o'zgarmas yuklamada ishlaydigan iste'molchilar uchun (ventilatorlar, nasoslar, kompressorlarning elektr yuritgichlari)

$$P_n = P_m = P_{o'k} = P_{o'rt}$$

3.4. Hisobiy yuklamalarni aniqlashi usullari

Elektr ta'minoti tizimlarini loyihalashda kutilayotgan hisobiy yuklamalarni aniqlash uchun ishlatiladigan usullarni ikki guruhga bo'lish mumkin. Birinchi guruh asosiy usullar bo'lib, hisobiy yuklama quyidagi ko'rsatkichlar bo'yicha aniqlanadi:

- o'rnatilgan quvvat va talab koeffitsiyenti;
- o'rtacha quvvat va yuklamalar grafigining forma koeffitsiyenti;
- o'rtacha quvvat va hisobiy yuklamaning o'rta yuklamadan chetlashishi (statistik usul);
- o'rtacha quvvat va maksimum koeffitsiyenti (tartibga solingan diagrammalar usuli).

Ikkinchi guruh yordamchi usullar bo'lib, hisobiy yuklamani topishda quyidagi ko'rsatkichlar asos qilib olinadi:

- mahsulot birligiga to'g'ri keladigan elektr energiyasining solishtirma sarfi;

– korxona maydonining 1 m^2 yuzasiga to'g'ri keladigan elektr yuklama miqdori.

U yoki bu usulni tanlash hisoblash usulining joiz xatoligiga qarab belgilanadi. Yaxlitlashtirilgan hisoblashlarda sex, korpus bo'limlaridagi guruh iste'molchilarining umumiy o'rnatilgan quvvatlaridan foydalaniladigan usullar ishlatiladi. Ayrim iste'molchilarning ma'lumotlariga asoslangan usullar nisbatan aniq deb sanaladi. Ko'rsatilgan hisoblash usullari bilan to'laroq tanishib o'tamiz.

3.5. Mahsulot birligiga to'g'ri keladigan elektr energiyasining solishtirma sarfiga asoslangan usul

Yuklamalar grafiklari davomli o'zgarmas yoki juda kam o'zgaradigan elektr iste'molchilar uchun smenaga taalluqli bo'lgan o'rtacha quvvat hisobiy yuklama sifatida qabul qilinadi. Bular turkumiga ventilatorlar, nasoslar, kompressorlarning elektr yuritmalari, elektroliz vannalarining to'g'rilagich agregatlari, qarshilik pechlari, kimyo va qog'oz sanoatining ko'plab iste'molchilari kiradi. Bunday iste'molchilarning hisobiy yuklamalarini mahsulot birligiga to'g'ri keladigan elektr energiyasining solishtirma sarfi orqali topish maqsadga muvofiqdir:

$$P_h = \frac{N_{sm} \cdot E_{as}}{T_{sm}}. \quad (3.13)$$

Bu yerda: E_{as} – elektr energiyasining mahsulot birligiga to'g'ri keladigan solishtirma sarfi, $\text{kW} \cdot \text{soat}$; N_{sm} – smenada tayyorlanadigan mahsulotlar soni; T_{sm} – eng katta yuklamali smena vaqt davomiyligi, soat. Mahsulot birligiga to'g'ri keladigan elektr energiyasining miqdori mavjud korxonalardagi elektr sarfi ko'rsatkichlarini tahlil qilish natijasida aniqlanadi. 3.3-jadvalda korxonalarining ba'zi mahsulotlari uchun belgilangan elektr energiyasining o'rtacha me'yoriy ko'rsatkichlari keltirilgan.

Mahsulot	O'lchov birligi	Sarfning o'rtacha solishtirma me'yori
Cho'yan	KW · s/T	9,7
Elektrotexnik po'lat		677,2
Marten po'lati		11,9
Qora metall prokati		102,5
Po'lat trubalar		133,3
Siqiq havo	KW · s/ming m ³	80
Temir ma'dani qazib chiqarish	KW · s/T	56,5
Marganes ma'dani qazib chiqarish		90,2
Neftni qayta ishlash	KW · s/T	29,5
Gazni qayta ishlash	KW · s/ming m ³	15,8
Arralangan yog'och	KW · s/ming m ³	19
Sement	KW · s/T	106
Temir beton qurilmalari	KW · s/m ³	28,1
Asbest	KW · s/T	600,5
Paxta ipli gazlama	KW · s/ming m ³	1100
Junli gazlama		2390
Shoyi gazlama		1210

Agar ayrim texnologik agregatlar bo'yicha elektr energiyasining solishtirma sarfi E_{asi} ma'lum bo'lsa, u holda hisobiy yuklama ushbu munosabatlar orqali aniqlanishi mumkin:

$$\text{Sex uchun} \quad P_{hs} = \frac{\sum_1^n E_{asi} \cdot N_{yi}}{T_{ms}} + P_{hus} \quad (3.14)$$

$$\text{Korxona uchun} \quad P_{hk} = \left(\sum_1^m P_{hs} + P_{huk} \right) \cdot k_{mk} \quad (3.15)$$

Bu yerda: $E_{asi} \cdot N_{yi}$ – ayrim agregat uchun elektr energiyasining yillik sarfi; P_{hus} , P_{huk} – eng ko'p yuklangan smena uchun umumiy sex va umumiy korxona iste'molchilarining hisobiy quvvatlari; T_{ms} – sex aktiv yuklamasi maksimumining soatlar soni (ma'lumotnomalardan olinadi); n – sexdagi agregatlar soni; m – korxona sexlarining soni; K_{mk} – maksimumlarning har xillik koeffitsiyenti.

Elektr energiyasining solishtirma sarfi usuli sanoat korxonasining ishlab chiqaradigan yillik mahsulotining miqdori ma'lum bo'lganda, dastlabki hisoblashda ishlatish mumkin. Bu usulning afzalligi shundan iboratki, hisobiy yuklama aniqlanayotganda elektr iste'molchilarining nominal quvvatini bilishning zaruriyati yo'q.

Misol. Bir smena ichida 380 ming m^3 siqiq havo ishlab chiqaruvchi kompressorlarning hisobiy yuklamasini aniqlang. Smena davomi – 8 soat. Elektr energiyasining solishtirma sarfi $80 \text{ kW} \cdot m^3/\text{soat}$.

Yechim (3.13) ifoda asosida

$$R_h = \frac{380 \cdot 80}{8} = 3800 \text{ kW}.$$

3.6. Hisobiy yuklamani korxona maydonining yuza birligiga to'g'ri keladigan solishtirma yuklama asosida aniqlash

Iste'molchilar guruhi uchun hisobiy yuklama solishtirma quvvat bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

$$P_h = P_0 \cdot F. \quad (3.16)$$

Bu yerda: F – guruh iste'molchilari joylashgan maydon yuzasi, m^2 ; P_0 – ishlab chiqarish maydonining 1 m^2 iga to'g'ri keladigan solishtirma hisobiy quvvat, kW/m^2 .

3.4-jadvalda turli sanoat tarmoqlarining ishlab chiqarish binolarida 1 m^2 ga to'g'ri keladigan yuklamalarning taxminiy solishtirma zichligi ko'rsatilgan.

3.4-jadval

Ishlab chiqarish binolari	$P_{\text{yori}}, \text{W}/m^2$
Quyuvchi va erituvchi sexlar	$230 \div 370$
Mexanika va yig'uv sexlari	$200 \div 300$
Elektr payvandlash va termik sexlar	$300 \div 600$
Shtampovkalovchi va frezerlash sexlari	$150 \div 300$
Metall qurilmalari sexlari	$350 \div 390$

Ishlab chiqarish binolari	$P_{yuz}, W/m^2$
Asbobsozlik sexlari	50–100
Plastmassa zavodining presslovchi sexi	100–200
Tog'-shaxta qurilmalari korxonasi	400–420
Kransozlik korxonasi	330–350
Neff apparatlari korxonasi	220–270
Presslash sexlari	277–300

Hisobiy quvvatni yuza birligiga to'g'ri keladigan solishtirma yuklama asosida hisoblash usulini kichik va o'rta mashinasozlik korxonalari sexlarining universal tarmoqlari uchun foydalanish tavsiya etiladi. Bunday sexlarda ko'pinimqdagi kichik quvvatli iste'molchilar ishlab chiqarish maydonlarida deyatli tekis taqsimlanadilar. Universal tarmoqlar texnologik jarayonlarning o'zgarishi va qurilmalarning joylarini almashtirish talablariga javob beradi. Universal tarmoqlar magistral chima o'tkazpichlar asosida bajariladi va ularning hisobiy yuklamalari yuqorida keltirilgan ifoda asosida, mazyan iste'molchilarning quvvatlarini hisobga olmayan holda aniqlanadi.

Misol. Mashinasozlik korxonasi mexanika sexining hisobiy quvvatini aniqlang. Ishlab chiqarish maydonining 1 m^2 ga to'g'ri keladigan solishtirma hisobiy quvvat $P_0 = 300 \text{ W/m}^2$, sex yuzasi $F = 18000 \text{ m}^2$.

Yechish: (3.16) ifoda asosida

$$P_0 = 300 \cdot 18000 = 5400000 \text{ W} = 5400 \text{ kW}.$$

3.7. Hisobiy yuklamani o'rnatilgan quvvat va talab koeffitsiyenti, o'rtacha quvvat va forma koeffitsiyenti asosida aniqlash

a) Hisobiy yuklamani o'rnatilgan quvvat va talab koeffitsiyenti asosida aniqlash. Hisobiy quvvatni ushbu usulda aniqlash uchun iste'molchilar qurilishining o'rnatilgan P_0 quvvati, quvvat koeffitsiyenti K_{qp} va talab koeffitsiyenti K_{tl} nuqta qurilmalari ma'lum bo'lishi kerak:

$$P_h = K_{ta} \cdot P_n; \quad (3.16)$$

$$Q_x = P_h \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (3.17)$$

$$S_h = \sqrt{P^2 + Q^2} = \frac{P_h}{\cos \varphi}. \quad (3.18)$$

Buyerda: K_{ta} – mazkur guruh iste'molchilari uchun talab ko'effitsiyenti (qiymati ma'lumotnomalardan olinadi); $\cos \varphi$ – guruh iste'molchilari uchun ma'lumotnomadan olinadigan quvvat ko'effitsiyenti; $\operatorname{tg} \varphi$ ning miqdori $\cos \varphi$ ga mos keladi. Talab ko'effitsiyenti usuli sanoat korxonalarining elektr ta'minoti yuqori pog'onalaridagi hisobiy quvvatni aniqlashda qo'llaniladi.

Elektr ta'minoti tizimining tugunlaridagi (sexlar, korxonalar, korpuslar) hisobiy quvvat, alohida iste'molchilarning hisobiy quvvatlarining yig'indisi asosida maksimumlar har xilligi ko'effitsiyentini hisobga olgan holda aniqlanadi.

$$S_k = \sqrt{\left(\sum_i P_k\right)^2 + \left(\sum_i Q_k\right)^2} \cdot K_{mh}. \quad (3.19)$$

Buyerda: $\sum P_k$ – mavjud guruhlarning aktiv hisobiy quvvatlarining yig'indisi;

$\sum Q_k$ – mavjud guruhlarning reaktiv hisobiy quvvatlarining yig'indisi; K_{mh} – guruhlar uchun maksimumlar har xilligi ko'effitsiyenti. Uning qiymati ko'rilayotgan tugunning korxona elektr ta'minoti tizimidagi o'rniga bog'liq bo'lib, 0,85–1,0 oralig'ida bo'ladi.

Hisobiy yuklamani o'rnatilgan quvvat va talab ko'effitsiyenti bo'yicha aniqlash taxminiy usul bo'lib, xomaki hisoblashlarda va umumikorxona yuklamalarini aniqlashda ishlatilishi tavsiya etiladi.

Misol. Mexanika sexining turli ish tartibidagi iste'molchilar guruhlarining hisobli yuklamasini talab ko'effitsiyenti usuli bilan aniqlang. Bir xil ish tartibli iste'molchilar guruhlarining

o'rnatilgan quvvati berilgan. K_c va $\cos\varphi$ ning qiymatlari ma'lumotnomadan olinadi.

Hisobni (3.16)–(3.19) ifodalar asosida olib boramiz. Hisob natijalarini jadvalga kiritamiz.

Iste'molchilar guruhining nomi	Iste'molchilar soni	Umumiy o'rnatilgan quvvat P_n , kW	K_c	$\cos\alpha/\text{tga}$	Hisobiy yuklamalar		
					$P_h = K_c P_n$, kW	$Q_r = P_r \text{ tga}$, kVar	$S_p = \sqrt{P_h^2 + Q_r^2}$, kVA
Universal stanoklar	$\cos\varphi$	216	0,2	0,6/1,33	43,2	57,5	
Qarshilik pechlari	4	200	0,55	0,95/0,33	110	36,3	
Induksiya pechlari	2	96	0,7	0,35/2,67	67,2	179,4	
Krivoship presslar	5	30	0,25	0,65/1,17	7,5	8,8	
Sex bo'yicha jami	35	542	0,42	0,63/1,24	227,9	282	362,6

b) o'rtacha quvvat va forma koeffitsiyenti asosida aniqlash.

Mazkur usulda hisobiy va o'rtacha kvadrat yuklamalar teng deb olinadi. Bunday olish doimiy takrorlanuvchi qisqa tartibda ishlaydigan iste'molchilar guruhi uchun hamma vaqt to'g'ridir. U ish tartiblari davomli bo'lgan, ko'p sonli va quvvatlari o'zaro kam farqlanadigan iste'molchilar guruhi uchun ham qabul qilinishi mumkin.

O'rtacha quvvat va forma koeffitsiyenti asosida shina o'tkazgichlarining, sex TP kichik kuchlanishli shinalarining, 10 kV li BTK shinalarining hisobiy yuklamalarini topishda ishlatish tavsiya etiladi. Guruh iste'molchilari uchun hisobiy yuklama quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$P_h = K_{fa} \cdot P_{o'r}; \quad (3.20)$$

$$Q_h = K_{fr} \cdot Q_{or} \text{ yoki } Q_h = P_h \operatorname{tg} \varphi; \quad (3.21)$$

$$S_h = \sqrt{P_h^2 + Q_h^2}. \quad (3.22)$$

Bu yerda: $K_{fa} = \frac{P_{o'k}}{P_{o'n}}$ bo'lib, yuklamalar grafigining vaqt bo'yicha notekisligini ko'rsatadi. Unumdorligi barqaror sex va korxonalar uchun bu koeffitsiyentning qiymati yetarli darajada turg'un bo'ladi. Loyihalash jarayonida K_{fa} koeffitsiyentining qiymatini o'xshash texnologiyali korxonaning tajribaviy ko'rsatkichlarini tahlil qilish natijasidan olinadi. Agar bunday tajriba natijalari ma'lum bo'lsa, u holda $K_{fa} = 1,1-1,2$ oralig'ida olinishi mumkin. Elektr ta'minot tizimi-ning yuqori pog'onalariga koeffitsiyentning kichik qiymatlari to'g'ri keladi.

Yuqorida keltirilgan ifodalardan tashqari katta yuklamali smenadagi o'rtacha quvvatlarni aniqlashda quyidagi usullardan foydalanish mumkin:

1) o'rnatilgan quvvat va ishlatilish koeffitsiyentiga asoslangan usul, bunda:

$$P_{or} = K_{ia} P_n; \quad Q_{or} = K_{ir} \cdot Q_h \text{ yoki } Q_{or} = P_{or} \operatorname{tg} \varphi; \quad (3.23)$$

2) mahsulot birligiga to'g'ri keladigan elektr energiyasining solishtirma sarfi va smenada tayyorlanadigan mahsulotlar soniga asoslangan usul;

3) korxona maydonining yuza birligiga to'g'ri keladigan solishtirma yuklamaga asoslangan usul.

Ishlatish sharoitida o'rtacha quvvatlarni aktiv va reaktiv energiya hisoblagichlarining ko'rsatkichlari bo'yicha aniqlanadi.

3.8. Hisobiy yuklamani aniqlashning tartibga solingan diagrammalar usuli

Hozirgi vaqtda sanoat korxonalarining hisobiy yuklamalarini aniqlashda ishlatiladigan asosiy usul – bu tartibga solingan diagrammalar usulidir. Usulni ishlatish uchun korxona hudud-

did va sexda joylashgan elektr iste'molchilarining nominal ko'rsatkichlari berilgan bo'lishi kerak.

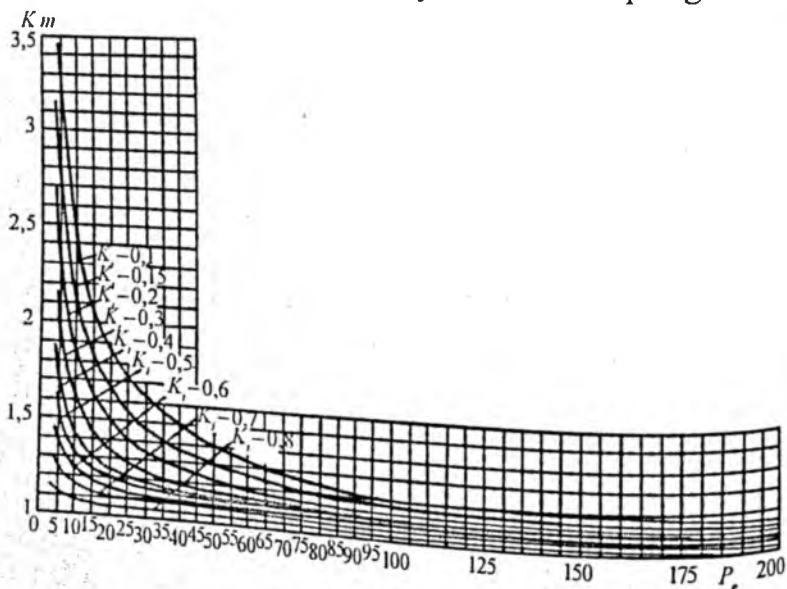
Sanoat korxonalarining elektr ta'minoti tizimining hamma pog'onalarida hisobiy yuklamani o'rtacha quvvat va maksimum koeffitsiyenti asosida quyidagicha aniqlanadi:

$$P_h = K_{ma} \cdot P_{o'r} = K_{ma} \cdot K_{ia} \cdot \sum_{i=1}^n P_{ni} . \quad (3.24)$$

Hisobiy yuklama sifatida $T=3T_0=30$ min vaqt oralig'i uchun hisoblangan o'rtacha yuklama qabul qilinadi. Albatta, bu interval kunlik grafikning shunday qismi uchun olinadiki, unda 30 minutli o'rtacha quvvat maksimum bo'ladi. Shuning uchun (3.24) munosabatni ushbu ko'rinishda yozish maqsadga muvofiqdir:

$$P_h = K_{ma} K_{ia} \sum_{i=1}^n P_{ni} . \quad (3.25)$$

K_{ma} – eng katta yuklamali smena uchun hisobiy yuklamaning o'rtacha yuklamadan qancha kattaligini ko'rsatadi. Bu koeffitsiyentning qiymatini topish uchun analitik ifodalar mavjud bo'lib, ular asosida 3.5-rasmdagi ko'rsatilgan $K_{ma}=f(n_e)$ funksiyalar turli ishlatilish koeffitsiyentlari uchun qurilgan.



3.5-rasm.

Guruh iste'molchilarining hisobiy reaktiv quvvati o'rtacha reaktiv quvvat miqdori bilan belgilanadi.

1) Agar $n_e \leq 10$ bo'lsa, $Q_r = 1,1 Q_{o'r}$; $n_e > 10$ bo'lsa, $Q_r = Q_{o'r}$.
 Bu yerda: $Q_{o'r} = P_{o'r} \operatorname{tg} \varphi$ yoki $Q_{o'r} = K_{ir} Q_n$.
 Hisobiy to'la quvvat

$$S_h = \sqrt{P_h^2 + Q_h^2}. \quad (3.26)$$

Elektr iste'molchilarning samaradorlik soni n_e deganda, bir xil tartibda ishlovchi quvvatlari teng bo'lgan shunday iste'molchilar soni tushuniladiki, ular mavjud har xil tartibda ishlovchi va quvvatlari teng bo'lmagan iste'molchilardek hisobiy quvvat sodir qiladi. Uni quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$n_e = \frac{\left(\sum_1^n P_{ni} \right)^2}{\sum_1^n P_{ni}^2}. \quad (3.27)$$

Bu yerda: $\left(\sum_1^n P_{ni} \right)^2$ – tugunga tegishli bo'lgan barcha iste'molchilar nominal quvvatlari yig'indisining kvadrati; $\sum_1^n P_{ni}^2$ nominal quvvatlar kvadratlarining yig'indisi.

Kam sonli elektr iste'molchilar uchun n_e ni aniqlashda quyidagi soddalashtirilgan munosabatlarni ishlatish mumkin:

Agar $n \geq 4$ va $m = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} \leq 3$ bo'lsa, $n = n_e$.

Bu yerda: $P_{\max}$, $P_{\min}$ – guruhga tegishli iste'molchilarning eng kattasi va kichigining nominal quvvatlari;

2) Agar $m > 3$ va $K_{ia} \geq 0,2$ bo'lsa,

$$n_e = \frac{2 \sum_1^n P_{ni}}{P_{n \max}}. \quad (3.28)$$

Bu yerda: $P_{n \max}$ – guruhdagi eng katta iste'molchining nominal quvvati;

3) Bir fazali elektr iste'molchilari guruhi uchun

$$n_e = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{ni}}{3 P_{n \max}} \quad (3.29)$$

Bu yerda: $\sum_{i=1}^n P_{ni}$ – bir fazali elektr iste'molchilar nominal quvvatlarining yig'indisi; $P_{n \max}$ – shu iste'molchilar eng kattasining nominal quvvati.

Kam sonli elektr iste'molchilar uchun hisobiy yuklamalarni aniqlashda quyidagi soddalashtirilgan usullar ishlatiladi:

a) agar $n \leq 3$ bo'lsa,

$$P_h = \sum_{i=1}^n P_{ni}; Q_h = \sum_{i=1}^3 q_{ni} = \sum_{i=1}^3 P_{ni} \operatorname{tg} \varphi_i \quad (3.30)$$

Iste'molchining quvvat koeffitsiyentining qiymati noma'lum bo'lsa, davomli tartibdagi yuritgichlar uchun $\cos \varphi = 0,8$, qisqa takrorlanuvchi tartibli elektr yuritgichlar uchun $\cos \varphi = 0,7$ olinadi;

b) agar $n > 3$ va $n_e < 4$ bo'lsa,

$$P_h = \sum_{i=1}^n P_{ni} K_{ya}; Q_h = \sum_{i=1}^n q_{ni} K_{yti} = \sum_{i=1}^n P_{ni} \operatorname{tg} \varphi_i K_{yti} \quad (3.31)$$

Koeffitsiyentlarning ko'rsatkichlari noma'lum bo'lsa, davomli tartibdagi iste'molchilar uchun $K_{ya} = 0,9$; $\cos \varphi = 0,8$, takrorlanuvchi qisqa tartibdagi iste'molchilar uchun mos ravishda 0,75 va 0,7 olinishi mumkin;

d) o'zgarmas yuklamali iste'molchilar uchun

$$P_h = P_{o'r}; Q_h = Q_{o'r}; P_{o'r} = K_{ua} \cdot P_n \quad (3.32)$$

Sinxron yuritgichlarning hisobiy reaktiv yuklamasini o'rtachaga teng deb olinadi, ya'ni $Q_{o'r} = K_{ir} \cdot Q_n$, sovitgich batareyalar uchun

$$Q_{o'r} = Q_n \left(\frac{U_{\text{haq}}}{U_n} \right).$$

Bu yerda: U_{haq} – sovitgich qutblaridagi haqiqiy kuchlanishning miqdori.

1000 voltgacha bo'lgan elektr ta'minoti tizimi tugunlaridagi (kuch shkaflari, shina o'tkazgichlari, radial va magistral liniya-

lar) hisobiy yuklamalarni aniqlashda quyidagi usullar tavsiya etiladi:

1) elektr ta'minoti tizimining tugunida har xil tartibda ishlovchi va o'zgaruvchi grafikli iste'molchilar guruhlar mavjud bo'lsa, hisobiy quvvat

$$P_{ht} = K_a \sum_1^n P_{o'rt} \quad (3.33)$$

Agar $n_e \leq 10$ bo'lsa, $Q_r = 1,1 \sum_1^n Q_{o'rt}$ (3.34)

$n_e > 10$ bo'lsa, $Q_r = \sum_1^n Q_{o'rt}$ (3.35)

Tugun uchun to'la hisobiy quvvat va ishlatilish koeffitsiyentining o'rtacha muallaq qiymati mos ravishda quyidagicha aniqlanadi:

$$S_{ht} = \sqrt{P_{ht}^2 + Q_{ht}^2}$$

$$K_{iat} = \frac{\sum_1^n P_{o'rti}}{\sum_1^n P_{hti}} \quad (3.36)$$

Bu yerda: P_{ht} , Q_{ht} , S_{ht} – tugun uchun hisobiy aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar, $P_{o'rti}$, $Q_{o'rti}$ – tugundagi i guruh iste'molchilarining eng yuklamali smena uchun o'rtacha aktiv, reaktiv quvvatlari; n – tugundagi iste'molchilar guruhlarining soni; n_e – tugundagi barcha iste'molchilarning effektiv soni, K_{ma} – yuklamalar maksimum koeffitsiyenti bo'lib, uning qiymatini 3.1-rasmda ko'rsatilgan xarakteristikalaridan n_e va K_{iat} asosida aniqlanadi; $\sum_1^n P_{hti}$ – i guruh

iste'molchilari nominal quvvatlarining yig'indisi;

2) agar ta'minot tugunida o'zgarmas yuklamali grafik bilan ishlovchi iste'molchi guruhlar mavjud bo'lsa,

$$P_{ht} = K_{ma} \sum_1^n P_{o'rti} + \sum_1^m P_{o'rti} \quad (3.37)$$

$n_e \leq 10$ bo'lsa,

$$Q_{ht} = 1,1 \sum_1^n Q_{o'ti} + \sum_1^m Q_{o'ti} \quad (3.38)$$

$n_e > 10$ bo'lsa,

$$Q_{ht} = \sum_1^n Q_{o'ti} + \sum_1^m Q_{o'tj} \quad (3.39)$$

Bu yerda: m – o'zgaras yuklamali grafikka ega bo'lgan guruhlar soni; $\sum_1^n P_{o'ti}$, $\sum_1^n Q_{o'ti}$ – o'zgaruvchan grafikli iste'molchilar guruhlarining hisobiy aktiv va reaktiv yuklamalari; $\sum_1^m P_{o'tj}$, $\sum_1^m Q_{o'tj}$ – kam o'zgaruvchi grafikli iste'molchilar guruhlarining o'rtacha aktiv va reaktiv yuklamalari.

3) Elektr ta'minoti tizimi tugunida uch fazali va bir fazali o'zgaruvchan grafikli va o'zgaras grafikli iste'molchilar guruhleri mavjud bo'lsa,

$$P_{\Sigma} = K_{ma} (\sum_1^{n_1} P_{o'ti} + \sum_1^{n_2} P_{o'tj}) + \sum_1^{m_1} P_{o'tk} + \sum_1^{m_2} P_{o'tl} \quad (3.40)$$

Bu yerda: n_1 – uch fazali o'zgaruvchan grafikli guruhlar soni;
 n_2 – bir fazali o'zgaruvchan grafikli guruhlar soni;
 m_1 – uch fazali kam o'zgaruvchan grafikli guruhlar soni;
 m_2 – bir fazali kam o'zgaruvchan grafikli guruhlar soni.

1000 volt dan yuqori bo'lgan elektr ta'minoti tizimining tuguni uchun hisobiy yuklama aniqlanganda sex transformatorlaridagi isrofni ham hisobga olish zarur bo'ladi. Bu isrof qiymatlarini grafiklar yoki quvvati 1000 kW dan oshmaydigan transformatorlar uchun quyidagi munosabatlar orqali aniqlash mumkin:

$$\Delta P_T = (0,02 \div 0,025) S_T; \quad (3.41)$$

$$\Delta Q_T = (0,105 \div 0,125) S_T. \quad (3.42)$$

Bu yerda: ΔP_T , ΔQ_T – transformatoridagi aktiv va reaktiv quvvat isrofi.

Misol. Mexanika sexining hisobiy yuklamasini tartiblangan diagramma usuli bilan aniqlang. Ma'lumotlar jadvalda keltirilgan.

Yechish:

1. Mexanika sexining barcha elektr iste'molchilarini ish tartibiga asosan ikki guruhga bo'lamiz. Yuklama grafigi o'zgaruvchan elektr iste'molchilari va yuklama grafigi kam o'zgaruvchan elektr iste'molchilari.

2. Elektr iste'molchilarining hujjatidagi ma'lumotlar asosida 1-5-bandlarni to'ldiramiz.

3. 1-guruh iste'molchilari uchun

$$m = \frac{P_{n \max}}{P_{n \min}}.$$

4. Ma'lumotnoma materiallari asosida 7- va 8-bandlarni to'ldiramiz.

5. O'rtacha aktiv va reaktiv yuklamalarni maksimal yuklangan smena uchun hisoblaymiz (4- va 10-bandlar):

$$P_{o'r} = P_n \cdot K_{ia}; \quad Q_{o'r} = P_{o'r} \operatorname{tg} \varphi.$$

6. $m = \frac{P_{n \max}}{P_{n \min}} = 2,5 \leq 3$ bo'lgan iste'molchilar guruhi uchun

$n_{ef} = n$ ni qabul qilamiz (11-band).

7. 1-guruh uchun ishlatish koeffitsiyentini hisoblaymiz:

$$K_{ia} = \frac{P_{o'r}}{P_h} = \frac{76,4}{304} = 0,25.$$

8. K_{ia} va n_{ef} ga bog'liq holda jadvaldan K_m ni aniqlaymiz (12-band).

9. Aktiv hisobiy yuklamani aniqlaymiz:

$$P_h = P_{o'r} \sin K_{ia}.$$

10. $n_{ef} > 10$ bo'lgani uchun, bunday qabul qilish mumkin:

$$Q_{hr} = Q_{o'r}.$$

11. 1-guruh uchun hisobiy to'la yuklama quyidagicha aniqlanadi:

Iste'molchilar guruh nomi	Iste'molchilar soni	UD-100 % kelt. o'rt. quvvat		$m = \frac{P_{\max}}{P_{\min}}$	Ishlatilish ko'eff K_i	$\cos\varphi/\lg\varphi$	Maksimum uchun o'rtacha quvvat		Ist'efsoni P_{et}	Mak ko'effs K_m	Hisobiy yuklama		
		Bittasi P_n	Uzum P_n				P_n , kW	$\bar{Q}_n$, kVA			P_n , kW	$\bar{Q}_n$, kVA	S_n , kVA
1-guruh grafigi o'zgaruvchi iste'molchi Metal qirquvchi dastgohlar	18	8-10	164	1,25	0,25	0,7/1	41	41					
Yuk ko'taruvchi mexanizmlar	5	10-20	80	2	0,18	0,6/1,33	14,4	19,2					
Payvandlovchi transformatorlar	3	20	60	-	0,35	0,5/1,73	21	36,3					
1-guruh yakuniysi	26	8-20	304	2,5	0,25	0,62/1,26	76,5	26	3	99,3	96,5	138,5	
2-guruh grafigi kam o'zgaruvchi iste'molchi transformatorlar	15	7,1-0,3	198	-	0,6	0,75/0,882	118,8	104,8		-			
Ventilator va nasoslar	10	5,6-15	133,8	-	0,7	0,85/0,62	93,7	58,1		-			
Qarshilik pechlari	2	35	70	-	0,7	0,85/0,62	49	30,4		-			
2-guruh yakuniysi	27	5,6-35	401,8	-	-	-	261,5	193,3		-	261,5	193,3	325,2
Sex bo'yicha jami	53	5,6-35	705,8				337,9	289,8			360,8	289,8	462,8

$$S_h = \sqrt{P_{hr}^2 + Q_{or}^2}$$

12. 2-guruh iste'molchilari uchun 9- va 10-bandlarni 1-guruh iste'molchilarni aniqlash tartibiga o'xshab aniqlanadi.

13. Yuklama grafigi kam o'zgaradigan iste'molchilar uchun maksimum koeffitsiyenti 1 ga teng deb olinishi mumkin, ya'ni

$$P_h = P_{or} \text{ va } Q_h = Q_{or}.$$

14. 1- va 2-guruh elektr iste'molchilarning P_h va Q_h natijalarini qo'shib, mexanika sexining umumiy P_h va Q_h larini aniqlanadi, keyin olingan natijalar asosida mexanika sexining to'la yuklamasini hisoblanadi:

$$S_h = 462,8 \text{ kVA}.$$

Tartibga solingan diagrammalar usulini qo'llash tartibi

Hisobiy yuklamani mazkur usul bilan aniqlanganda quyidagi tartibga rioya qilinadi:

1) 1000 voltgacha va undan yuqori bo'lgan o'zgaruvchan grafikli iste'molchilar uchun:

- a) o'rnatilgan iste'molchilarning umumiy soni aniqlanadi;
- b) tugunga taalluqli bo'lgan iste'molchilarning nominal quvvatlari va o'rtacha yuklamalarning yig'indilari topiladi;
- d) eng katta iste'molchining nominal quvvati topiladi va tahlil qilinayotgan guruhlarining aktiv yuklama bo'yicha o'rtacha ishlatilish koeffitsiyenti aniqlanadi;

e) p_e va K_{ma} lar aniqlanib, P_h va Q_h topiladi.

2) elektr ta'minoti tugunida o'zgarmas yuklamali grafikda ishlovchi guruh iste'molchilari bo'lgan taqdirda ularning soni, nominal va o'rtacha quvvatlari aniqlanadi;

3) ko'rilayotgan tugun uchun kuchlanishi 1000 voltgacha bo'lgan iste'molchilarning umumiy soni nominal, o'rtacha va hisobiy yuklama quvvatlari bo'yicha umumiy natijalar olinadi;

4) tugunga taalluqli yoritish qurilmalarining umumiy o'rnatilgan, o'rtacha va hisobiy yuklama quvvatlari aniqlanadi;

5) agar ko'rilayotgan tugunda kompensatsiyalovchi uskunalar mavjud bo'lsa, ularning umumiy nominal, o'rtacha va hisobiy yuklama quvvatlari aniqlanadi;

6) tugunga tegishli bo'lgan barcha ishchi transformatorlardagi aktiv va reaktiv quvvat isrofining yig'indisi topiladi. Elektr ta'minotining ko'rilayotgan tuguni bo'yicha 1000 voltdan yuqori bo'lgan iste'molchilarning soni, nominal, o'rtacha va hisobiy yuklamalar quvvati bo'yicha umumiy natijalar aniqlanadi.

3.9. Yuklamalarning cho'qqi qiymatlarini aniqlash

Yuklamaning cho'qqi qiymati deganda, 1–2 sekund davom etadigan tokning maksimal qiymati tushuniladi. Asinxron yuritgichning cho'qqi toki – bu uning ishga tushirish toki bo'lib, nominal tokka nisbatan karraligi motor pasportida ko'rsatiladi:

$$I_r = I_{isht} = \lambda I_n. \quad (3.43)$$

Bu yerda: $\lambda = \frac{I_{isht}}{I_n}$ – ishga tushirish tokining karraligi; I_n – elektr yuritgichning nominal toki, A; I_{isht} – ishga tushirish toki, A.

Agar tarmoqqa 2 dan 5 tagacha elektr yuritgichlar ulansa, cho'qqi toki quyidagi ifodadan topiladi:

$$I_r = I_{isht} + \sum_{i=1}^{n-1} I_n. \quad (3.44)$$

Bu yerda: I_{isht} – ishga tushirish toklarining eng kattasi, A;

$\sum_{i=1}^{n-1} I_n$ – boshqa barcha elektr yuritgichlar nominal toklarining yig'indisi, A.

Agar guruh iste'molchilarining soni beshdan ortiq bo'lsa, cho'qqi tokini aniqlashda ushbu munosabatdan foydalaniladi:

$$I_m = I_{isht} + (I_h - K_i I_{nm}). \quad (3.45)$$

Bu yerda: I_{isht} – ishga tushirish toklarining eng kattasi, A;

I_h – iste'molchilar guruhining hisobiy toki, A;

I_{nm} – ishga tushirish toki eng katta bo'lgan elektr yuritgichning nominal toki, A (UD=100 % ga keltirilgan);

K_i – ushbu elektr yuritgichning ishlatilish koef-fitsiyenti.

Ayrim iste'molchining eng katta ishga tushirish toki ma'lum bo'lmasa, quyidagi ko'rsatmalardan foydalanish mumkin:

1) chulg'amlari qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron yuritgichlar va sinxron mashinalar uchun ishga tushirish tokining qiymati nominal tokning besh karraligiga teng qilib olish tavsiya etiladi;

2) o'zgarmas tok elektr yuritgichlari va fazaviy rotorli asinxron yuritgichlar uchun ishga tushirish tokining qiymatini nominal tokning 2,5 karraliga teng qilib olish tavsiya etiladi;

3) pech va payvandlash transformatorlarining ishga tushirish toki sifatida nominal tokning ($UD = 100\%$ ga keltirilmagan) uch karraligini olish mumkin;

4) kontaktli payvandlash qurilmalarining ishga tushirish quvvatini taxminan nominal quvvatning (pasportdagi UD uchun) uch karraligiga teng deb olish mumkin.

Misol. Taqsimlash punktiga ulangan yuritgichlar guruhining cho'qqi tokini aniqlang. Elektr motorlarning nominal ko'rsatkichlari quyidagi jadvalda ko'rsatilgan.

3.5-jadval

Iste'molchining t.r.	Pasport parametrlari						
	nominal quvvati	F.I.K.	$\cos\alpha/\text{tga}$	K_1		I_n, A	$I_{\max}, A$
1, 2	4	0,80	0,8/0,75	0,15	2,5	10	25
	4	0,80	0,8/0,75				
3, 4	10	0,86	0,83/0,68	0,2	5	45,5	109
	10	0,86	0,83/0,68				
5, 6	5	0,82	0,93/0,68	0,2	5	11	55
	5	0,82	0,93/0,68				

Yechish:

1. Guruh iste'molchilarining samaradorligi soni

$$\eta_e = \frac{1}{\sum_{i=1}^6 P_{ni}^2} = \frac{38^2}{(2 \cdot 4^2 + 2 \cdot 10^2 + 2 \cdot 5^2)} = \frac{38^2}{32+200+50} = \frac{1600}{280} \approx 6.$$

2. Aktiv va reaktiv yuklamalar quvvati:

$$P_{o'r} = \sum_1^6 P_{o'ri} = \sum_1^6 K_{ki} \cdot P_{ni} = 0,15 \cdot 8 + 0,2 \cdot 20 + 0,2 \cdot 10 = 1,2 + 4 + 2 = 7,2 \text{ kW.}$$

$$Q_{o'r} = \sum_1^6 P_{o'ri} \cdot \lg Q_i = 1,2 \cdot 0,75 + 4 \cdot 0,68 + 2 \cdot 0,68 = 0,9 + 4,08 = 4,28 \text{ kW.}$$

3. Guruh uchun ishlatilish ko'effitsiyentini topamiz:

$$K_{na} = \frac{P_{o'i}}{\sum_1^6 P_{ni}} = \frac{7,2}{38} \approx 0,19.$$

4. Taqsimlash punktiga ulangan yuritgichlarning hisobiy toki:

$$I_h = \frac{S_h}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{\sqrt{(K_m P_{o'r})^2 + Q_{o'r}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{\sqrt{(2,2 + 7,2)^2 + 4,28^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,380} \approx 24,8 \text{ A.}$$

$n_{ef} = 6$ va $K_{ia} = 19$ bo'lganda, maksimum ko'effitsiyenti $K_m = 2,2$.

5. Elektr yuritgichlarning ishga tushirish toklari

$$I_{isht1,2} = \gamma \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = 2,5 \frac{4}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 24 \text{ A;}$$

$$I_{isht3,4} = 5 \frac{10}{0,66 \cdot 0,83 \cdot 0,86} \approx 106 \text{ A;}$$

$$I_{isht4,5} = 5 \cdot \frac{5}{0,66 \cdot 0,93 \cdot 0,82} = 50 \text{ A;}$$

uchinchi va to'rtinchi yuritgichlarda maksimal tok $I_{isht3,4} = 106 \text{ A.}$

6. (3.45) munosabatdan yuritgichlarning maksimal toki

$$I_m = 109,5 + (24,8 - 0,2 \cdot 21,3) = 130 \text{ A.}$$

Nazorat savollari

1. Elektr yuklama deganda nima tushuniladi?
2. Xususiy grafiklar asosida guruh grafigi qanday tuziladi?

3. Namunaviy grafik asosida korxona yuklama grafigi qanday hisoblanadi?
4. Yuklamalar grafigini tavsiflovchi koeffitsiyent qiymatlari qanday aniqlanadi?
5. O'rtacha quvvatni aniqlash ifodalarini keltiring.
6. Ish sharoitida o'rtacha quvvat qanday aniqlanadi?
7. Hisobiy quvvatga ta'rif bering.
8. 30 minutli maksimal yuklama nima?
9. Elektr ta'minoti sxemasida qanday xarakterli joylar mavjud?
10. Hisobiy quvvatni aniqlash usullarining ikki guruhini tushuntiring.
11. Mahsulot birligiga to'g'ri keladigan elektr energiyasi asosida hisobiy quvvat qanday aniqlanadi?
12. Yuza birligiga to'g'ri keladigan yuklama asosida hisobiy quvvatni aniqlash usulini tushuntiring.
13. Talab koeffitsiyenti usulining mohiyati nimadan iborat?
14. O'rtacha quvvat va forma koeffitsiyenti asosida hisobiy quvvatni aniqlash qanday iste'molchilar uchun to'g'ri hisoblanadi?
15. Statistik usulda ishlatiladigan hisobiy quvvat ifodasini tushuntirib bering.
16. Sochilish o'lchovining karraliligi nima?
17. O'rtacha kvadrat chetlanish qanday aniqlanadi?
18. Talab koeffitsiyentining tashkil etuvchilarini tushuntiring.
19. Statistik usulda hisobiy quvvatni aniqlash tartibini tushuntiring.
20. Tartibga solingan diagrammalar usulining asosiy ifodasini tushuntiring.
21. Iste'molchilarning effektiv soni nima?

3.10. Elektr energiyasi sarfini hisoblash usullari

1. Agar korxona, sex uchun bir yilda ishlab chiqarilgan mahsulot birligi uchun solishtirma elektr energiyasi sarfi natural ko'rinishda ma'lum bo'lsa (t , m , m^3 va h.k.), yillik aktiv energiya sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$E_{yil} = E_{sol} \cdot M,$$

bu yerda: M – yillik mahsulot hajmi.

2. Agarda solishtirma energiya sarfi bo'lmasa, ammo, smenaning nisbiy yuklanishi haqida ma'lumot bo'lsa, yillik aktiv energiya sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$E_{yil} = P_{sm} (T_1 + \beta_2 T_2 + \beta_3 T_3 + \beta_4 T_4) C_1 C_2.$$

Bu yerda: T_1, T_2, T_3, T_4 – birinchi, 2, 3 va 4-smenalardagi ish soatlari yoki ayrim smenalarning bir yillik ish vaqti fondi;

$\beta_2, \beta_3, \beta_4$ – kam yuklangan 2-, 3- va 4-smenalarning yuklanish darajasini hisobga oladigan koeffitsiyentlar bo'lib, ayrim smenalarda quvvat maksimumini eng ko'p yuklangan birinchi smenadagi quvvat maksimumiga nisbati:

$$\beta_2 = \frac{P_{m2}}{P_{m1}}; \quad \beta_3 = \frac{P_{m3}}{P_{m1}}; \quad \beta_4 = \frac{P_{m4}}{P_{m1}};$$

$C_1 = 1 \div 1,05$ – yakshanba va bayram kunlarida ishlashni hisobga oladigan koeffitsiyent;

$C_2 = 0,8 \div 0,9$ – bir oy davomida quvvat o'zgarishini hisobga oladigan koeffitsiyent.

3. Bundan tashqari, yillik aktiv quvvat sarfi quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$E_{yil} = K_{yil} P_n T_{yil} \alpha = P_{yil} T_{yil} \alpha.$$

Bu yerda: T_{yil} – korxona yoki sexning bir yillik haqiqiy ish soati.

P_n – elektr iste'molchilarining quvvati;

$P_{o'r}$ – o'rtacha quvvat.

α – texnologik ma'lumotlar asosida energiya iste'molini smenalar bo'yicha aniqlovchi yillik koeffitsiyent.

α koeffitsiyent ayrim smenalarning bir xil yuklanmasligini, yuklanishning mavsumiy tebranishini hamda ishlab chiqarishning doimiy emasligini (yakshanba va bayram kunlari ishlashini) hisobga oladi:

$$\alpha = \frac{E_y}{P_{sm} T_y}.$$

5. Loyiha ishini bajarish arafasida yillik elektr energiya sarfini taxminan quyidagicha aniqlash mumkin:

$$E_{ag} = P_1 T_1.$$

Bu yerda: T_1 – maksimum yuklamalarda bir yilda ishlash vaqti;
 P_1 – aktiv maksimal quvvat.
 Yoritish qurilmalari uchun aktiv energiyaning yillik sarfi:

$$E_{yil} = K_{so} P_{ny} T_{ty}.$$

Bu yerda: K_{so} – talab koeffitsiyenti;
 P_{ny} – yoritish qurilmalarining nominal quvvatlari yig'indisi;
 T_{ty} – yoritish yuklamasining quvvat maksimumida bir yildagi ishlatish vaqti.

6. Reaktiv energiyaning bir yildagi sarfi quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi.

$$E_r = Q_m T_{mr}; \quad E_r = E_{agm} \operatorname{tg} \varphi_2;$$

$$E_r = Q_c (T_1 + \beta_2 T_2 + \beta_3 T_3 + \beta_4 T_4) C_1 C_2.$$

Bu yerda: Q_c – eng og'ir yuklangan smena uchun o'rtacha reaktiv quvvat;
 Q_m – maksimal reaktiv quvvat;
 $\operatorname{tg} \varphi_2$ – quvvat koeffitsiyentining bir yil davomidagi o'rtacha qiymati bo'yicha aniqlanadi;
 T_{ty} – reaktiv energiya maksimumining bir yilda ishlatilish soati.

Nazorat savollari

1. Elektr qurilma deb nimaga aytiladi?
2. Elektr qurilmalar qanday belgilar bo'yicha turli guruhlariga bo'linadi?
3. Elektr ta'minotining ishonchliligiga qo'yiladigan talablarga qarab elektr iste'molchilar necha toifaga bo'linadi?
4. Elektr iste'molchilarining ish tartibiga qarab xarakterli guruhlarini tavsiflang.

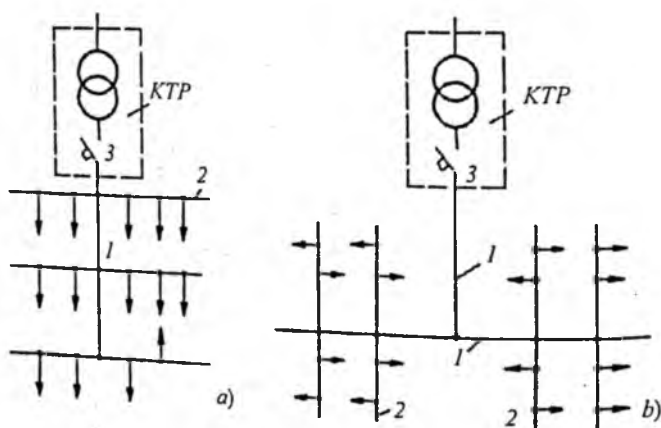
IV bob. ELEKTR TARMOQLARI

4.1. Sexlarning elektr tarmoqlari

Sex elektr tarmoqlarining sxemalari elektr iste'molchilarning quvvati, ularning soni, joylanishi va boshqa omillarga bog'liq bo'lgan holda quyidagilarni ta'minlashi zarur:

- elektr ta'minoti tizimi iste'molchilarning toifalariga qarab kerakli darajadagi ishonchlilikni ta'minlashi;
- ishlatish sharoitida qulay bo'lishi;
- kapital sarfi, rangli metallarning ishlatilishi, ishlatish xarajatlari va energiyaning isrofi bo'yicha texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari optimal bo'lishi;
- elektr tarmoqlarini qurishda industrial va tezkor usullarni joriy qilish imkoniyatining bo'lishi.

Sex ichkarisida ta'minlovchi va taqsimlash tarmoqlari mavjud bo'lib, ular transformator podstantsiyasining kichik kuchlanishli shinalarini taqsimlash shkaflari (TSH), taqsimlagich shina o'tkazgichlari yoki katta quvvatli iste'molchilar bilan



4.1-rasm:
1 – ta'minlovchi magistral; 2 – taqsimlovchi shina o'tkazgichlari

bog'laydilar. Ayrim hollarda ta'minlovchi tarmoqlar BTM (blok transformator magistral) sxemasida (4.1 a, b-rasm) bajariladi. Sex ichkarisidagi taqsimlash tarmoqlari orqali iste'molchilarga energiya bevosita uzatiladi. Taqsimlash tarmoqlari taqsimlovchi shina o'tkazgichlari va taqsimlash shkaflari orqali bajariladi.

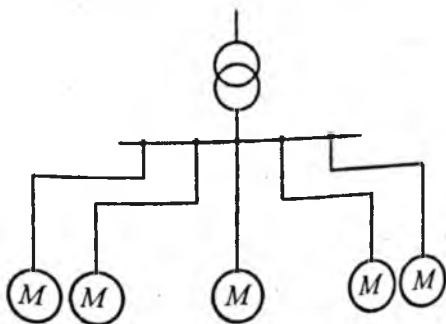
Sex ichkarisidagi elektr tarmoqlarini tuzilishi bo'yicha – radial, magistral va aralash sxemalarga bo'lish mumkin. Radial sxemalarda katta quvvatli iste'molchilar TPdan chiqadigan maxsus liniyalar orqali elektr energiyasini (4.2-rasm) qabul qiladilar.

Radial tarmoqlar, odatda, o'tkazgich yoki kabel liniyalari orqali bajariladi. Radial sxemaning afzalligi uning yuqori darajadagi ishonchlilikni ta'minlashi va qisqa tutashuv toki miqdorining ozligidir. Kamchiliklari esa quyidagilardan iborat: ko'p miqdorda o'tkazgich materiallar, trubalar, taqsimlash shkaflarining sarflanishi; ishlatiladigan himoya va kommutatsiya apparatlari sonining ko'pligi; tarmoqlarning texnologik jaryonlar o'zgarishiga moslashuvining chegaralanganligi; yuqori darajadagi industriallashtgan montaj texnologiyalarining ishlatila olmasligi.

Magistral sxemalar korxona maydonida tekis taqsimlangan iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlashda (4.1 a, b-rasm) keng ishlatiladi.

Magistral sxemalar quyidagi xarakterli xususiyatlarga ega:

1. Magistral sxemaning ishonchliliigi darajasi radial sxemaga nisbatan past hisoblanadi, chunki magistral buzilganda barcha iste'molchilar energiya manbayidan uziladi.



4.2-rasm.

2. O'rnatiladigan apparatlarning ozligi va montaj ishlarining arzonligi hisobiga magistral tarmoqlarni tayyorlash radial tarmoqlarga nisbatan arzon tushadi.

3. Magistral sxemalarni shinali o'tkazgichlar asosida industrial usullar bilan tez va oson yig'ish mumkin.

4. Magistral tarmoqlarning qisqa tutashuv toklari katta bo'ladi, lekin ulardagi quvvat isrofi va kuchlanishning yo'qotilishi radial tarmoqlardagiga nisbatan kam bo'ladi.

Amaliyotda sex iste'molchilarining energiya ta'minotida magistral va radial sxemalari aralash ishlatiladi va har xil toifali iste'molchilarning ishonchlilikka qo'yiladigan talablarni qanoatlantiradi.

4.2. Yoritish uskunalari elektr tarmoqlari

Sanoat korxonalarida yoritishning ikki turi bo'ladi:

1. Ish joylarini, hovli sathini yetarli darajada yoritish uchun-
ishchi yoritish.

2. Ishchi yoritish o'chganda minimal yoritishni ta'minlovchi favqulodda yoritish. Ishchi yoritish quyidagilarga bo'linadi:

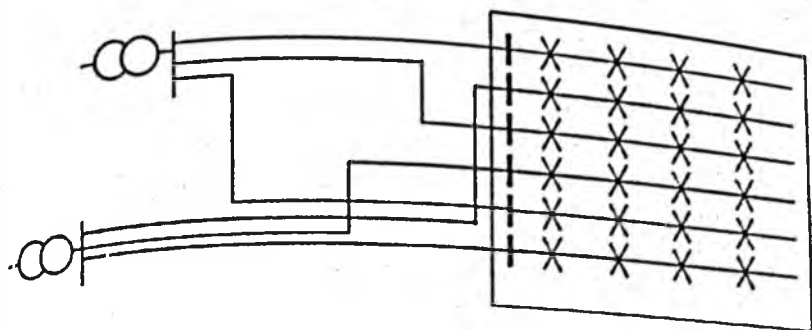
- umumiy yoritish sistemasi;
- joylardagi yoritish sistemasi;
- aralash yoritish sistemasi.

Joylardagi yoritishning xususiyati shundan iboratki, o'tkazgich, yoritgich va boshqa elementlar ishlovchiga yaqin joylashgan bo'lib, yoritish qurilmasi elementlariga tegib ketish ehtimolini keltirib chiqaradi, natijada joylardagi yoritishda xavfsizlik masalasi muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Joylardagi yoritishda yoritgichlarning kuchlanishi 36 V dan oshmaydi. Alohida noqulay sharoitlarda 12 V dan ko'p bo'lmaydi. Bunday yoritgichlar maxsus transformatorlar yordamida elektr bilan ta'minlanadi.

Favqulodda yoritishda mustaqil energiya manbasi talab qilinadi, ya'ni:

- 1) akkumulator batareyasi;
- 2) ishchi yoritish manbasiga bogliq bo'lmagan manbaga ulangan transformator;



4.3-rasm. Sex yoritish tarmoqlarini ikki transformator yordamida ulash sxemasi

3) kuchlanishi 1000 V gacha bo'lgan fabrika-zavod elektr stansiyalarining yordamchi generatorlari, ko'chma elektr stansiya generatorlari.

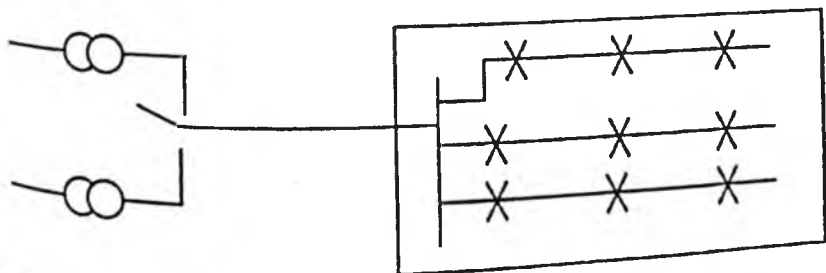
Yoritgichlar shunday yoritish guruhlariga bo'linadiki, bunda birorta guruhi o'chganda qolgan guruhlar pasaytirilgan jadallik bo'yicha bo'lsa ham ishchilarining ishlash imkoniyatini yaratadi.

Sex yoritish tarmoqlarini ikki transformator yordamida ulash sxemasi

Bu sxemada (4.3-rasm) ikkita transformatorga ulangan tarqatish magistrallari o'zaro almashtirib joylashtirilgan bo'lib, bunda bitta transformatorning uzilishi sexdagi ishning to'xtashiga sabab bo'lmaydi.

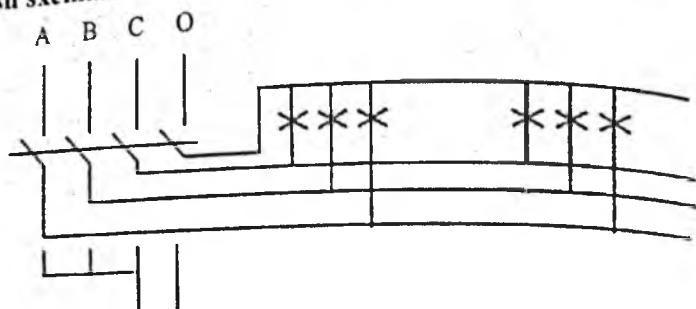
Sex yoritish tarmog'ini manbaga ulashni bir transformatoridan ikkinchi transformatorga qayta ulash sxemasi

Bu sxema (4.4-rasm) ham yuqori ishonchlilikni ta'minlaydi.



4.4-rasm. Yoritish tarmog'ini manbaga ulashni bir transformatoridan ikkinchi transformatorga qayta ulash sxemasi

Yoritishni o'zgaruvchan tokdan o'zgarmas tokka qayta
ulash sxemasi



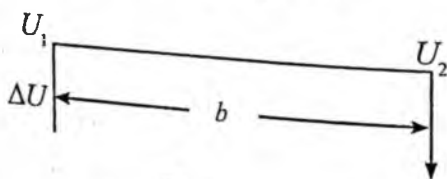
4.5-rasm. Favqulodda yoritish tarmoqlarini akkumulator
batareyasiga qayta ulash sxemasi

Ulashning bu sistemasi elektr stansiyalarda va podstan-
siyalarda, sanoat korxonalarida va energosistemalarda fav-
qulodda yoritish sistemasi sifatida ishlatiladi. Bunda (4.5-rasm)
favqulodda yoritish tarmog'ining nolinchii simi yerga ulanma-
gan bo'lishi kerak, chunki favqulodda yoritishni akkumulator
batareyasiga qayta ulanganda uning qutblaridan biri yerga
ulanib qolishi mumkin.

4.3. Yoritish uskunalari elektr tarmoqlarining hisobi

Yoritish tarmoqlarida $\cos\varphi=1$ bo'lishi ularning hisobini
soddalashtiradi. Yoritish tarmoqlarida simlarning ko'ndalang
kesimi kuchlanishning mumkin bo'lgan yo'qolishini hisobga
olgan holda hamda qizishga qayta tekshirish o'tkazish bilan
aniqlanadi.

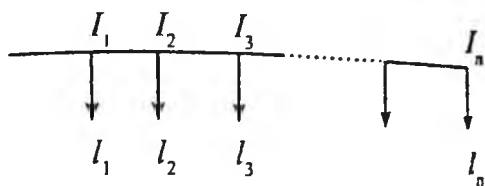
Uch fazali magistral tarmoqlardagi simlarning ko'ndalang
kesimi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:



$$S = \frac{\sqrt{3} I_n l}{\Delta U \gamma}, \quad \Delta U = U_1 - U_2, \quad (4.1)$$

bu yerda: I_n – yuklanish toki;
 l – magistral tarmoqning uzunligi;
 ΔU – qo'yilishi mumkin bo'lgan kuchlanish
 yo'qolishi;
 γ – o'tkazgichning solishtirma o'tkazuvchanligi,
 $\text{m/mm}^2, \Omega$.

Ikki simli tarqatish tarmoqlari uchun hisob quyidagi ifoda yordamida olib boriladi:



$$S = \frac{2}{\Delta U_{\gamma}} \sum Il = \frac{2}{\Delta U_{\gamma}} (I_1 l_1 + I_2 l_2 + \dots + I_n l_n). \quad (4.2)$$

Hisobni osonlashtirish uchun quyidagi ifodadan foydalanish mumkin:

$$S = \frac{M}{C\Delta U}. \quad (4.3)$$

Bu yerda: M – yuklanish momenti, kWm ;

S – o'tkazgichlar materiallarini, kuchlanishni ta'minlash sxemasini hisobga oladigan koeffitsiyent (jadvaldan olinadi);

ΔU – hisoblanayotgan bo'limdagi kuchlanish yo'qolishining yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan qiymati (foizlarda).

4.4. Elektr tarmoqlarida kuchlanishning yo'qotilishi

Elektr energetika tizimi iste'molchilarini sifatli energiya bilan ta'minlash zarur. Elektr energiyasining eng asosiy sifat ko'rsatkichlaridan biri bu iste'molchilarga berilayotgan kuchlanishning miqdori hisoblanadi. Kuchlanishni kerakli pog'onada ushlab turish elektrotexnikaning murakkab masalalaridan biri hisoblanadi. Kuchlanishni barqarorlashtirish uchun o'tkazgich-

larning kesimini ruxsatlangan kuchlanish bo'yicha qabul qilish maqsadga muvofiqdir.

Uch fazali tarmoqlarda kuchlanish yo'qotuvining taxminiy qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_h (r_L \cos \varphi + x_L \sin \varphi). \quad (4.4)$$

Bu yerda: I_h – hisobiy tok;

r_L, x_L – liniyaning aktiv va induktiv qarshiliklari;

$\cos \varphi$ – iste'molchining quvvat koeffitsiyenti.

4.6-rasmda aktiv va induktiv qarshilikka ega bo'lgan liniyaning induktiv xarakterli iste'molchini energiya bilan ta'minlayotgan holat uchun vektor diagrammasi ko'rsatilgan.

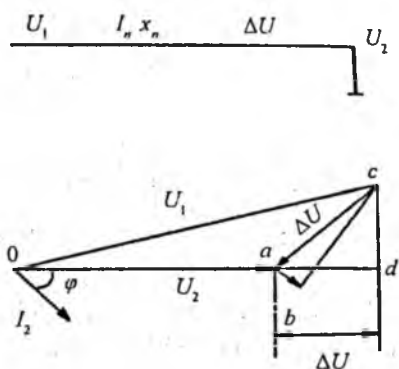
Vektor Oa liniya oxiridagi kuchlanish U_2 ni ko'rsatadi. Yuklamaning quvvat koeffitsiyentini hisobga olib, φ_2 burchak ostida tok vektori I ni qo'yamiz. Vektor ab vektor I bilan bir fazada bo'lib, liniya aktiv qarshiligidagi kuchlanishning pasayishini ko'rsatadi. bc vektor liniyaning induktiv qarshiligidagi kuchlanishning pasayishi ac vektor liniyadagi kuchlanishning tushuvi bo'lib, $\Delta U = U_1 - U_2$, ya'ni kuchlanishning pasayishi – bu vektor miqdor. ad oraliq liniyada kuchlanishning yo'qotuvi – bu liniyaning boshi va oxirgi qismlaridagi kuchlanishlarning algebraik farqi (vektor qiymat emas).

O'tkazgich va kabel simlarining kichik kesimlarida (25 mm^2 gacha) asosiy qarshilik sifatida aktiv qarshilik olinadi. 70 mm^2 dan katta bo'lgan kesimlarda induktiv qarshilik albatta hisobga olinishi kerak.

Kesimning $25-70 \text{ mm}^2$ oralig'ida liniyaning induktiv qarshiligini aniq hisoblashlarda e'tiborga olinadi.

Liniyaning faqat aktiv qarshiligi hisobga olinganda (4.4) dan

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_h r_L \cos \varphi. \quad (4.5)$$



4.6-rasm. Liniyaning vektor diagrammasi

Bu yerda: $r = l/\gamma s$ bo'lganligi uchun

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_h l \cos \varphi}{\gamma s}$$

U holda

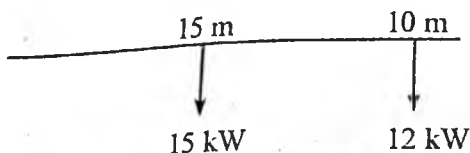
$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot I_h l \cos \varphi}{\gamma \Delta U} \quad (4.6)$$

Bu yerda: γ – nisbiy o'tkazuvchanlik, $\left[\frac{\text{M}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right]$;

L – liniyaning uzunligi, (m).

Joiz kuchlanish yo'qotuvining miqdori ma'lum bo'lganligi uchun (4.6) dan liniyaning ko'ndalang kesimini oson aniqlash mumkin. Ushbu formulani taxminiy hisoblarda ishlatish mumkin bo'lib, xatoligi 20 % gacha. Sanoat korxonalarining elektr tarmoqlarini hisoblashda liniyalarning aktiv va induktiv qarshiliklarini hisobga olib (4.1) formuladan foydalanilsa, xatolik 1,5 % dan oshmaydi. Agar liniyalarning kuchlanishi 35–200 kV, uzunligi 200 km dan ohsa, ularning sig'im qarshiliklarini ham hisobga olishga to'g'ri keladi va liniyalarni "II" shaklli almashtirish sxemalarini ishlatish zarur bo'ladi. Bunday liniyalarning sanoat korxonalarida juda kam uchrashini e'tiborga olib, biz ularni maxsus adabiyotlardan foydalanib mustaqil o'rganishni tavsiya etamiz.

Misol. Sxemasi rasmda keltirilgan ko'ndalang kesimi $3 \cdot 25 \text{ mm}^2$ AПB simdan bo'lgan, kuchlanishi 380 V uch fazali tarmog'idagi kuchlanish yo'qotilishini aniqlang.



Yechish. 1. Jadvaldan kesim yuzasi 25 mm^2 bo'lgan simning aktiv qarshiligini aniqlaymiz: $r_0 = 1,25 \Omega/\text{km}$. Kesim yuzasi 16 mm^2 dan yuqori bo'lgan simlar uchun induktiv qarshilikni $X_0 = 0,06 \Omega/\text{km}$ ga teng deb qabul qilamiz.

2. $\cos \varphi = 0,85$, $\text{tg} \varphi = 0,62$.

3. Kuchlanish yo'qotilishini quyidagicha aniqlaymiz:

$$\Delta U\% = \frac{10^5}{U_{\text{nom}}^2} \sum P \ell (r_0 + x_0 \operatorname{tg} \ell) =$$

$$= \frac{10^5}{380^2} (15 \cdot 0,015 + 12 \cdot 0,025) \cdot (1,25 + 0,06 \cdot 0,62) = 0,46\%.$$

4.5. Elektr tarmoqlarida quvvat isrofi

Umumiy hollarda elektr tarmoqlaridagi quvvat va energiya isroflari liniyalar va transformatorlardagi quvvat isroflari yig'indisidan tashkil topadi:

$$\begin{aligned}\Delta P &= \Delta P_1 + \Delta P_t; \\ \Delta Q &= \Delta Q_1 + \Delta Q_t; \\ \Delta W &= \Delta W_1 + \Delta W_t.\end{aligned}\quad (4.7)$$

Liniyalardagi quvvat isrofi. Yuklama oxirida joylashgan, ℓ uzunligida uzatuv liniyasi berilgan bo'lsin. Liniyaning aktiv va reaktiv qarshiliklari, Ω :

$$R = r\ell; \quad X = x\ell. \quad (4.8)$$

Bu yerda: r va x – bir kilometr uzunlikdagi liniyaning aktiv va induktiv qarshiliklari, Ω/km .

Bunda liniyadagi aktiv va reaktiv quvvat isroflari quyidagidan tashkil topadi:

$$\Delta P_1 = 3I^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = 3(I_a^2 + I_r^2) R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R \quad (4.9)$$

va

$$\Delta Q_1 = 3I^2 X = \frac{S^2}{U^2} X = 3(I_a^2 + I_r^2) X = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X. \quad (4.10)$$

Bir necha yuklama bo'lgan liniyadagi aktiv va reaktiv quvvat isrofi, har bir uchastkadagi quvvat isroflarining yig'indisidan iboratdir:

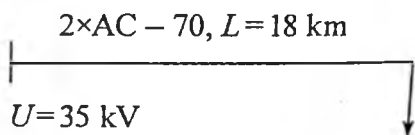
$$\begin{aligned}\Delta P_1 &= \Delta P_2 + \Delta P_1 = \frac{S_2^2}{U_2^2} R_2 + \frac{(S_2 + S_1 + \Delta S_2)^2}{U_1^2} R_1 \approx \\ &\approx \left(\frac{S_2}{U_{\text{nom}}} \right)^2 R_2 + \left(\frac{S_2 + S_1 + \Delta S_2}{U_{\text{nom}}} \right)^2 R_1.\end{aligned}\quad (4.11)$$

Yuklama liniyaning uzunligi davomida bir xil taqsimlanganda quvvat isrofi

$$\begin{aligned}\Delta P_1 &= \int_0^{\ell_\Sigma} 3I^2(\ell) r d\ell = 3 \int_0^{\ell_\Sigma} \left(\frac{I_\Sigma \ell}{\ell_\Sigma} \right)^2 r d\ell = \frac{3I_\Sigma^2 r}{\ell_\Sigma^2} \int_0^{\ell_\Sigma} \ell^2 d\ell = \\ &= \frac{3I_\Sigma^2 r \ell_\Sigma^3}{\ell_\Sigma^2 \cdot 3} = I_\Sigma^2 R.\end{aligned}\quad (4.12)$$

Shunday qilib, yuklama liniya uzunligi davomida bir xil taqsimlanganda quvvat isrofi xuddi shu yuklama liniyaning oxirida bo'lganiga nisbatan uch marta kam bo'ladi.

Misol. Bir oxirida bir yuklama ($S=5200$ kVA) bo'lgan liniyadagi quvvat isrofini aniqlang. Liniyaning kesim yuzasi 70 mm^2 , AC markali simdan ikki tizimli holda, ayrim tayanchlarda tortilgan bo'lib, simlarning tayanchga joylashishi uchburchak ko'rinishida va kuchlanishi 35 kV , uzunligi 18 km .



$$S_1 = 5200 \text{ kVA}.$$

Yechish. 35 kV li liniyalar uchun simlar orasidagi masofa $D=3,5 \text{ m}$. Simlar orasidagi o'rtacha geometrik masofani quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$D_{o,r} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{31}} = \sqrt[3]{3,5 \cdot 3,5 \cdot 3,5} = 3,5 \text{ m}.$$

$D_{o,r}$ ni hisobga olib, jadvaldan aktiv va induktiv qarshiliklarni 1 km uzunlikdagi AC-70 liniyasi uchun yozib olamiz:

$$r_o = 0,45 \text{ } \Omega/\text{km}; x_o = 0,404 \text{ } \Omega/\text{km}.$$

Liniyaning to'liq aktiv va reaktiv qarshiliklari teng bo'ladi:

$$R_l = r_o \cdot \frac{\ell}{2} = 0,45 \cdot \frac{18}{2} = 4,05 \text{ } \Omega.$$

$$X_l = x_o \cdot \frac{\ell}{2} = 0,404 \cdot \frac{18}{2} = 3,64 \text{ } \Omega.$$

Formulaga asosan liniyadagi quvvatlar isrofini aniqlaymiz.

$$\Delta P_l = \frac{S_1^2}{U^2} \cdot R_l = \frac{5200^2}{35^2} \cdot 4,05 \cdot 10^{-3} = 89,4 \text{ kW.}$$

$$\Delta Q_l = \frac{S_1^2}{U^2} X_l = \frac{5200^2}{35^2} \cdot 3,64 \cdot 10^{-3} = 80,35 \text{ kVar.}$$

$$\Delta S_l = \sqrt{89,4^2 + 80,35^2} = \sqrt{7992,36 + 6456,1225} = 120,20 \text{ kVA}$$

Liniyaning boshidagi quvvat

$$S = S_1 + \Delta S_l = 5200 + 120,20 = 5320,2 \text{ kVA.}$$

4.6. Transformator va avtotransformatorlardagi quvvat isrofi

Transformatorlarning pasportdagi ma'lumotlari ma'lum bo'lsin:

$$\Delta P_{qt}; \Delta P_{syu}; I_{syu}; u_{qt}.$$

Katta quvvatli kuch transformatorlari uchun quyidagi munosabatlar o'rinli:

$$\Delta P_{nom} = \Delta P_{qt};$$

$$\Delta P_{po'l} = \Delta P_{syu}; \quad (4.13)$$

$$\Delta Q_{po'l} \approx \frac{i_{syu} (\%) S_{nom}}{100}.$$

Bu yerda: ΔP_{nom} va ΔQ_{nom} — nominal yuklamada transformatorlar chulg'amlaridagi aktiv va reaktiv quvvat isrofi; $\Delta P_{po'l}$ va $\Delta Q_{po'l}$ — transformator po'latidagi (magnitlanish) aktiv va reaktiv quvvat isrofi. Chulg'amlarni qizdiradigan qisqa tutashuvdagi aktiv quvvat isrofi (bu isrof misdagi quvvat isrofi deb ataladi) yuklamaning quvvatiga to'g'ri proporsionaldir.

$$\Delta P_m = \Delta P_{m,nom} \left(\frac{S}{S_{nom}} \right)^2 = \frac{S^2}{U^2} R_T;$$

$$\Delta Q_m = \Delta Q_{m \text{ nom}} \left(\frac{S}{S_{\text{nom}}} \right)^2 = \frac{S^2}{U^2} X_T. \quad (4.14)$$

Parallel ulangan transformatorlar uchun

$$\Delta P_t = \Delta P_c n + \frac{1}{n} \Delta P_{m \text{ nom}} \left(\frac{S}{S_{\text{nom}}} \right)^2. \quad (4.15)$$

Bu yerda: S – barcha transformatorning yuklamasi yig'indisi;
 S_{nom} – bitta transformatorning nominal quvvati.

Avtotransformatorlardagi aktiv quvvat isrofi past va o'rta kuchlanish chulg'aming nominal quvvati shartidan quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$S_{\text{pknom}} = k_{\text{foyd}} \cdot S_{\text{nom}}.$$

Bu yerda: k_{foyd} – foydalanish koeffitsiyenti;

$$\begin{aligned} \Delta P_{aT} = \Delta P_{\text{po'l}} + \Delta P_{\text{myk}} \cdot \left(\frac{S_{\text{yk}}}{S_{\text{nom}}} \right)^2 + \Delta P_{\text{mo'k}} \left(\frac{S_{\text{o'k}}}{S_{\text{nom}}} \right)^2 + \\ + \Delta P_{\text{mpk}} \left(\frac{S_{\text{pk}}}{S_{\text{nom}}} \right)^2. \end{aligned} \quad (4.16)$$

Bu yerda: avtotransformator nominal quvvatiga nisbatan: YK, O'K, PK chulg'amlardagi quvvat isrofi:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{myk}} &= 0,5 \left(\Delta P_{y-o'} + \frac{\Delta P_{y-o'}}{k_{\text{foyd}}^2} - \frac{\Delta P_{o'-p}}{k_{\text{foyd}}^2} \right), \\ \Delta P_{\text{mo'k}} &= 0,5 \left(\Delta P_{y-o'} + \frac{\Delta P_{o'-p}}{k_{\text{foyd}}^2} - \frac{\Delta P_{y-p}}{k_{\text{foyd}}^2} \right), \\ \Delta P_{\text{mpk}} &= 0,5 \left(\frac{\Delta P_{y-p}}{k_{\text{his}}^2} + \frac{\Delta P_{o'-p}}{k_{\text{foyd}}^2} - \Delta P_{y-o'} \right). \end{aligned} \quad (4.17)$$

Umumiy holda

$$S_{\text{pknom}} \neq k_{\text{foyd}} \cdot S_{\text{nom}}.$$

Birinchi yaqinlashuvda qabul qilish mumkin:

$$\begin{aligned}
 \Delta P_{mvk} &= 0,5 \left(\Delta P_{y-o'} + \frac{\Delta P_{y-p} \cdot S_{nom}^2}{S_{pk nom}^2} - \frac{\Delta P_{o'-p} \cdot S_{nom}^2}{S_{pk nom}^2} \right); \\
 \Delta P_{mo'k} &= 0,5 \left(\Delta P_{y-o'} + \frac{\Delta P_{y-o'} \cdot S_{nom}^2}{S_{pk nom}^2} - \frac{\Delta P_{y-p} \cdot S_{nom}^2}{S_{pk nom}^2} \right); \\
 \Delta P_{mpk} &= 0,5 \left(\frac{\Delta P_{y-p} \cdot S_{nom}^2}{S_{pk nom}^2} + \frac{\Delta P_{o'-p} \cdot S_{nom}^2}{S_{pk nom}^2} - \Delta P_{y-o'} \right).
 \end{aligned} \tag{4.18}$$

Misol. $S=4000$ kVA quvvatli ikkita pasaytiruvchi transformatorning quvvat isrofini aniqlang.

Yechish. Jadvaldan transformatorning kerakli hujjat ma'lumotlarini yozib olamiz:

$S_n = 4000$ kVA	$R_t = 2,8 \Omega$
$U_{yk} = 35$ kV	$X_t = 25,2 \Omega$
$U_{pk} = 11$ kV	$\Delta R_{syu} = 6,7$ kW
	$\Delta Q_{syu} = 40$ kVAr.

Podstansiya ikkita parallel ishlovchi transformatorga ega bo'lishi uchun

$$\begin{aligned}
 \Delta P_{syu} &= 2 \cdot 6,7 = 13,4 \text{ kW}, & R_t &= 2,8 : 2 = 1,4 \Omega, \\
 \Delta Q_{syu} &= 2 \cdot 40 = 80 \text{ kVAr}, & X_t &= 25,2 : 2 = 12,6 \Omega.
 \end{aligned}$$

Formulalarga asosan transformatoridagi quvvat isrofini topamiz:

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_t + \Delta P_{syu} = \frac{4000^2}{35^2} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} = 18,29 \text{ kW};$$

$$\Delta Q = \frac{S^2}{U^2} \cdot X_t = \frac{4000^2}{35^2} \cdot 12,6 \cdot 10^{-3} = 164,57 \text{ kVAr};$$

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_t + \Delta P_{syu} = 18,29 + 13,4 = 31,69 \text{ kW};$$

$$\Delta Q_{\Sigma} = \Delta Q_t + \Delta P_{syu} = 164,57 + 80 = 244,57 \text{ kVAr};$$

$$\begin{aligned}
 \Delta S_{\Sigma} &= \sqrt{31,69^2 + 244,57^2} = \sqrt{1004,256 + 59814,484} = \\
 &= 246,61 \text{ kVA}.
 \end{aligned}$$

4.7. Elektr tarmoqlarida energiya isrofi

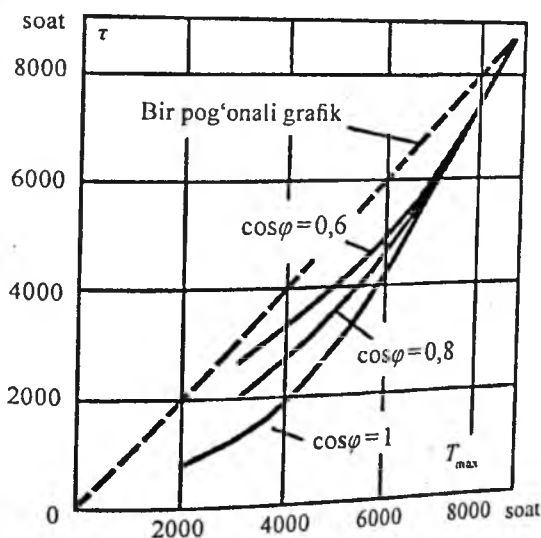
Tarmoqdagi energiya isrofini o'rtacha kvadratik tok $I_{o'rkv}$ yoki yuklamaning nominal toki va maksimal isrofi vaqi τ orqali aniqlash mumkin:

$$\Delta W_1 = \int_0^t \Delta P_1(t) dt = \int_0^{\tau} 3I^2(t) R dt = 3I_{o'rkv}^2 \cdot R \tau = 3I_{max}^2 \cdot R \tau.$$

Odatda, $R(t)$ grafigi ma'lum bo'ladi. Shuning uchun $\cos\varphi(t)$ ni bilgan holda $I(t)$ va $P(t)$ grafiklarni qurish, so'ngra esa o'rtacha kvadrat tokni aniqlash mumkin:

$$I_{o'rkv} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}. \quad (4.19)$$

Ko'p pog'onali grafiklarda va tarmoqni loyihalashda $I_{o'rkv}$ ni topish qiyinroq. Bunday holda maksimal tok va maksimal isrof vaqi orqali aniqlanadi. Ikki pog'onali namunali $T=f(T_{max})$ grafikni qo'llagan holda, τ ning T_{max} ga bog'liqligi $\cos\varphi$ ning har xil qiymatlari uchun 4.7-rasmda keltirilgan. Shuni ta'kidlash lozimki, $\tau \leq T_{max}$. Bu egri chiziqlardan maksimal isrof vaqi usu-



4.7-rasm. Maksimal isrof vaqi τ ning maksimal yuklama bilan ishlash vaqi T_{max} ga bog'liqligi

li yordamida energiya isrofini aniqlash mumkin. Ko'rilayotgan liniyaning aktiv qarshiligi R , Ω da

$$\cos \varphi_{or} = \frac{P_{max}}{S_{max}}, \quad S_{max} = \sqrt{P_{max}^2 + Q_{max}^2}$$

bo'lgan maksimal yuklamasi va berilgan kategoriyali iste'molchining maksimal yuklamada ishlash vaqti T_{max} ni bilib, berilgan $\cos \varphi_{or}$ da va ma'lum T_{max} uchun (4.7-rasmda keltirilgan) egri chiziqlar orqali maksimal isrof vaqti τ ni topamiz. Liniyaning nominal kuchlanishi U_n , kV da va elektr energiyasi isrofi ΔW (kW·soat)ni quyidagi ifoda yordamida topish mumkin:

$$\Delta W = \frac{R}{U_n^2} S_{max}^2 \cdot \tau \cdot 10^{-3};$$

$$\Delta W = \frac{P_{max}^2 + Q_{max}^2}{U_n^2} R \cdot \tau \cdot 10^3. \quad (4.20)$$

Bu yerda: S – MVA, P – MW, Q – MVar, U_n – kV, R – Ω .

Bir nechta yuklamalar bo'lganda energiya isrofi har bir uchastkadagi energiya isrofini qo'shib aniqlanadi.

Misol. Ko'ndalang kesim yuzasi AC-95 bo'lgan simdan tayyorlangan uzunligi $\ell = 8,2$ km, kuchlanishi $U = 6$ kV li liniya quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi = 0,8$ da uch smenali sanoat korxonasini ta'minlaydi. Maksimal tok yuklamasi $I_{max} = 100$ A bo'lganda, elektr energiyasining yillik sarfi $W = 4980 \cdot 10^3$ kW·soat. Maksimal yillik elektr energiyasi isrofini aniqlang.

Yechish. AC-95 sim uchun 6 kV kuchlanishli liniyaning 1 km uzunligiga jadvaldan aktiv qarshilik qiymati $r_o = 0,33 \Omega/\text{km}$ ni olamiz. Liniyaning butun uzunligi uchun aktiv qarshilikni topamiz:

$$R_l = r_o \cdot \ell = 0,33 \cdot 8,2 = 2,7 \Omega.$$

Yuklamaning maksimal quvvati:

$$R_{max} = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_{max} \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 100 \cdot 0,8 = 830 \text{ kW}.$$

Maksimal quvvatda ishlash vaqti usuliga asosan liniyadagi isrofni aniqlaymiz:

$$T_{\max} = T_i = \frac{W}{P_{\max}} = \frac{4980 \cdot 10^3}{830} = 6000 \text{ soat.}$$

$\cos \varphi = 0,8$ va $T = 6000$ soat uchun 4.7-rasmdagi egri chiziqqa asosan soat maksimal isrof vaqti $\tau = 4750$ to'g'ri keladi. Ifodaga asosan liniyadagi energiya isrofini topamiz:

$$\left[\frac{\Delta E}{\Delta W} \right] = 3 \cdot I^2 R \cdot \tau = 3 \cdot 100^2 \cdot 2,7 \cdot \tau \cdot 10^3 = 3 \cdot 100^2 \cdot 2,7 \cdot 4750 \cdot 10^{-3} = 389 \cdot 10^3 \text{ kW} \cdot \text{soat.}$$

O'rtacha kvadratik tok esa:

$$I_{o'rtkv} = \frac{W_{\text{yil}}}{(T_n \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi)} = \frac{4980}{8760 \cdot \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,8} = 73 \text{ A.}$$

Energiya isrofini boshqacha aniqlash mumkin:

$$\Delta E = 3 \cdot I_{o'rtkv}^2 R \cdot T_{\text{yil}} = 3 \cdot 73^2 \cdot 2,7 \cdot 8760 \cdot 10^{-3} = 389 \cdot 10^3 \text{ kW} \cdot \text{soat.}$$

Yillik elektr energiyasi isrofi:

$$\Delta W_{\text{yil}} = \left(\frac{389}{4980} \right) \cdot 100\% = 7,8\%.$$

4.8. Transformatoridagi energiya isrofi

Transformatoridagi energiya isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{tr}} &= \Delta P_n t + \Delta P_{\text{m.nom}} \left[\left(\frac{S_1}{S_{\text{nom}}} \right)^2 t_1 + \left(\frac{S_2}{S_{\text{nom}}} \right)^2 t_2 + \dots + \left(\frac{S_n}{S_{\text{nom}}} \right)^2 t_n \right] = \\ &= \Delta P t + \Delta P_{\text{m.nom}} \left(\frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{nom}}} \right)^2 \cdot \tau. \end{aligned} \quad (4.21)$$

Bu yerda: $t = t_1 + t_2 + \dots + t_n$; S_1 ; S_2 ; S_n — ma'lum davr oralig'ida transformatorning yuklamasi. Bir necha n parallel ulangan transformatorlarda energiya isrofi:

$$\Delta W_{tr} = n_1 \Delta P_n t_1 + n_2 \Delta P_n t_2 + \dots + \frac{1}{n_1} \cdot \Delta P_{m, nom} \left(\frac{S_{1max}}{S_{nom}} \right)^2 \tau_1 + \frac{1}{n_2} \Delta P_{m, nom} \left(\frac{S_{2max}}{S_{nom}} \right)^2 \tau_2 + \dots \quad (4.22)$$

Bu yerda: n_1, n_2 parallel ulangan transformatorlar soni;
 t_1, t_2 vaqt oralig'ida τ_1, τ_2 eng katta isrof vaqti.
 Avtotransformatorlarda energiya isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta W_{at} = \Delta P_n t + \Delta P_{m, yk} \cdot \left(\frac{S_{yk \max}}{S_{nom}} \right)^2 \cdot \tau_{yk} + \Delta P_{mo'k} \left(\frac{S_{o'r \max}}{S_{nom}} \right)^2 \cdot \tau_{o'k} + \Delta P_{mpk} \left(\frac{S_{pk \max}}{S_{nom}} \right)^2 \cdot \tau_{pk} \quad (4.23)$$

Misol. 10/0,4 kV kuchlanishli $S_{nom} = 400$ kVA quvvatli transformatorning yillik elektr energiyasi sarfini aniqlang. Transformatorida maksimal yuklamada $S_{max} = 295$ kVA, o'rtacha quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi = 0,8$ va maksimal yuklamada ishlash vaqti $T_{max} = 3500$ s.

Yechish. Jadvaldan transformator uchun kerakli ma'lumotlarini yozib olamiz:

$$\Delta P_{m, nom} = 5,5 \text{ kW};$$

$$\Delta P_{po'l} = 1,08 \text{ kW}.$$

Qisqa tutashuv kuchlanishi:

$$U_{qt} = 4,5 \text{ \%}.$$

Salt yuritish toki

$$I_{syu} = 2,1 \text{ \%}.$$

$\cos \varphi = 0,8$ va $T_{max} = 3500$ soat holati uchun 3.4-rasmdagi egri chiziqqa asosan maksimal isrof vaqti $\tau = 2300$ soat to'g'ri keladi va ifodaga asosan transformatoridagi energiya isrofini topamiz:

$$\left[\frac{\Delta E}{\Delta W} \right] = 5,5(295/400)^2 \cdot 230 + 1,08 \cdot 8760 = 16,3 \cdot 10^3 \text{ kW} \cdot \text{soat}.$$

Bir yilda uzatilayotgan elektr energiyasi

$$W = S_{\max} \cdot \cos \varphi \cdot T_{\max} = 295 \cdot 0,8 \cdot 3500 = 826 \cdot 10^3 \text{ kW} \cdot \text{soat}.$$

Yillik elektr energiyasi isrofi:

$$\Delta W(E) = \frac{\Delta W}{W_{\text{yillik}}} = \frac{16,3}{826} \cdot 100\% \approx 2\%.$$

Nazorat savollari

1. Sex elektr tarmoqlarning sxemalariga qo'yiladigan talablar.
2. Sex elektr tarmoqlarning bajarilish turlari.
3. Radial sxemaning afzallik va kamchiliklari.
4. Magistral sxemalar qanday xarakterli xususiyatlarga ega?
5. Yuklama liniya uzunligi davomida bir xil taqsimlanganda quvvat isrofi qanday aniqlanadi?
6. Tarmoqdagi energiya isrofini qanday kattaliklar orqali aniqlash mumkin?
7. Bir necha yuklamalar bo'lganda energiya isrofi qanday aniqlanadi?

V bob. ELEKTROTEXNIK QURILMALAR NEYTRALINING HOLATLARI

5.1. Himoyalovchi zaminlash

Himoyaviy zaminlash deyilganda kuchlanish elektr qurilmalarini me'yoriy tartibda kuchlanish ta'sirida bo'lmagan metalli tok yurmaydigan qismlarini ehtiyotkorlik shartida oldindan yerga ulab qo'yish tushuniladi. Himoyaviy zaminlash bo'lganda izolatsiyasi shikastlanib, metall korpus tokli simga tegib qolgan taqdirda, korpus bilan ulangan shaxs xavfli kuchlanish ta'sirida bo'lmaydi.

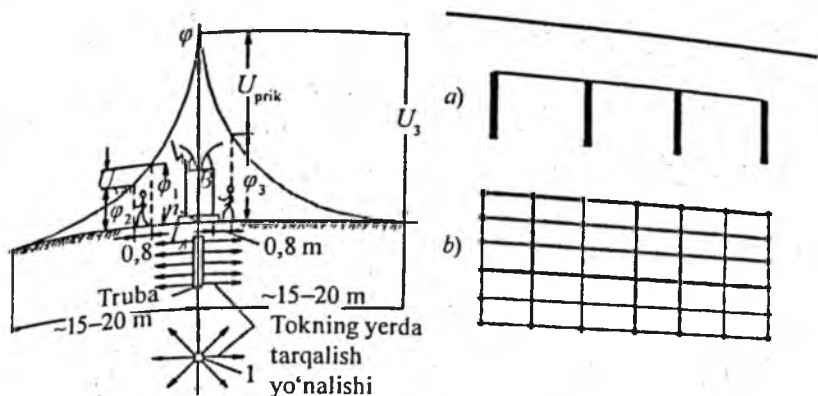
Izolatsiyasi shikastlanib kuchlanish ostida qolishi mumkin bo'lgan tok o'tkazuvchi qismlar; elektr mashinalarining korpuslari, transformatorlar, apparatlar, yoritgichlar, taqsimlovchi qurilmalar, elektr shkaflari, metalli kabel konstruksiyalar, birlashtiruvchi muftalar, elektr o'tkazgichlar quvurlari va boshqa tok o'tkazuvchan qurilmalarning tok yurmaydigan qismlari zaminlanadi.

5.1-rasmda bitta zaminlash qurilmasi I (trubalar, ugo-lok, sterjenlar) yordamida bir nechta elektr motorlarning zaminlanishi ko'rsatilgan. Me'yoriy tartibda, elektr motorning izolatsiyasi ishdan chiqmagan holatda, elektr motorlarning korpusida hech qanday potensial yo'q, shaxsning ularga tegishi xavfli emas. Agarda motorning izolatsiyasi shikastlansa, potensial zaminlash I qurilma orqali yerning ustida egri chiziq 3 bo'yicha taqsimlanadi. Zaminlash qurilmasida kuchlanish hosil bo'ladi:

$$R_e = U_e / I_e ; \quad (5.1)$$

bu yerda: I_e – zaminlash toki, A;

R_e – zaminlash qurilmasi qarshiligi, Ω .



5.1-rasm. Vertikal yerga ulovchi elektrodlar

2 zaminlash qurilmasi kuchlanishini hisobga olmagan holda, barcha yerga ulangan korpuslar U kuchlanish ostida qoladi deb hisoblash mumkin.

Shu motorning korpusga tegib qolishi natijasida, odam yer sathidagi nuqta bilan zaminlagich orasidagi potensial farqiga tushib qoladi:

$$U_{tk1} = U_c - \varphi_1;$$

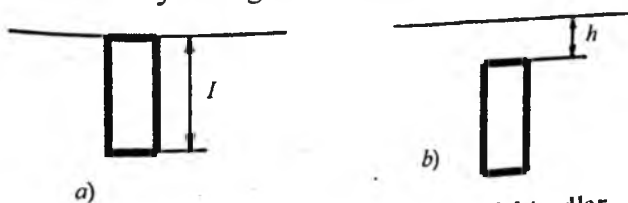
$$U_{tk2} = U_c - \varphi_2;$$

$$U_{tk3} = U_c;$$

bu yerda: $\varphi_1; \varphi_2$ – odam turgan nuqtalardagi potensiallari.

Potensiallar ayirmasi, tegish (напряжения прикосновения) kuchlanishlari U_{tk} ni konturli zaminlagichlar hisobiga kamaytirish mumkin. 5.1-rasmda podstansiyaning vertikal yerga ulovchi elektrodlar 1, bog'lovchi (polos) 2 va 0,8 m chuqurlikda o'tkazilgan tenglashuvchi (polos) 4 dan tarkib topgan zaminlash qurilmasining bir qismi ko'rsatilgan.

Yer sathi izolatsiya shikastlanishi natijasida potensiallar yoyilish egri chiziqlari 5.2-rasmda ko'rsatilgan bo'yicha taqsimlanadi. Odimli kuchlanish – bir vaqtning o'zida inson oyoqlari tekkan yerning ikki nuqtasi orasidagi kuchlanish.



5.2-rasm. Vertikal yerga ulovchi elektrodlar

5.2. Zaminlash qurilmalarining tuzilishlari

Zaminlagich va zaminlovchi simlar yig'indisi zaminlash qurilmalari deb ataladi. Yerga qoqilgan va o'zaro metall bilan biriktirilgan o'tkazgichlar zaminlovchi deb ataladi. Yerga ulanayotgan qismlarni va yerga ulanish orasini bog'lovchi simlar yer o'tkazgichi deb ataladi. Agar yer o'tkazgichi ikkita va undan ko'p bo'lsa, ular *magistral* deb ataladi.

Yerga ulanayotgan dastgohlarga nisbatan zaminlagichning joylashtirilishiga qarab, zaminlash qurilmasi *chiqarilgan* va *konturli* turlarga ajratiladi.

Chiqarilgan zaminlovchilar yerga ulanayotgan uskunalardan uzoqroq joyda o'rnatiladi va zaminlovchi yordamida biriktiriladi. Zaminlovchi zaminlash qurilmalariga nisbatan uzoq masofada joylashgani sababli, yoyilib o'tish oralig'idan tashqari bo'ladi. Shu tufayli *tegish kuchlanishi ko'effitsiyenti* birga teng bo'ladi. Odam kuchlanish ostida bo'lgan uskuna korpusiga tegib, korpusning yerga nisbatan kuchlanishi ostida qoladi:

$$U_{tk} = U_k = IR_i.$$

Demak, chiqarilgan zaminlovchilar faqat korpusning kuchlanishi me'yoridan oshmagan holatida va zaminlash qurilmasi kichik qarshiligi hisobiga xavfsizdir. Yerga katta tok o'tib ketadigan bo'lsa, zaminlash qurilmasining qarshiligini pasaytirish hisobiga (bu holat zamonaviy elektr uskunalarda sodir bo'lishi mumkin) korpusdagi kuchlanishning yerga nisbatan xavfsizligini ta'minlab bo'lmaydi. Bu holatda (5.3, b-rasm) *konturli zaminlash qurilmalari* qo'llaniladi. Konturli zaminlash qurilmalarida zaminlagichlar zaminlanuvchi uskunar joylashgan maydonning perimetri va maydoncha ichkarisida tir shaklida o'rnatiladi. Tok korpusga o'tib ketish holatida zaminlovchilardan yoyilib ketayotgan tok hisobiga maydoncha sathida bo'ladi. Potensiallarning yoyilish grafigini har bir zaminlagich potentsiallarini alohida ustma-ust qo'shib olish mumkin. Shuning hisobiga uskuna korpusi va yer sathining potentsiallari

tenglashadi hamda maydonning tegish kuchlanishi kichik qiymatda bo'ladi.

Konturli zaminlash qurilmalarining maydon chegarasidan odimli kuchlanishi baland bo'lib qoladi. Uni kamaytirish maqsadida odamlar o'tadigan yo'llarida alohida metalli shinalar o'rnatiladi. Natijada yer sathida potentsiallar taqsimlanishi pasayadi hamda odimli kuchlanishi kamayadi.

Shunday qilib, konturli zaminlash qurilmasida zaminlanuvchi uskuna atrofida potentsial balandroq, potentsiallar ayirmasi esa pastroq bo'lishi hisobiga tegish kuchlanishi va odimli kuchlanishning xavfsizligi ta'minlanadi. *Zaminlash qurilmalari* – *tabiiy va sun'iy* bo'lishi mumkin. Qurilishda va ishlab chiqarishda ishlatiladigan elektr o'tkazuvchilar: metall konstruksiyalar, armatura quvurlar (yonuvchi va portlovchi gaz va suyuqliklardan tashqari), kabellarning metall korpuslari (aluminiydan tashqari) va h.k. *tabiiy zaminlash qurilmalari* deb ataladi. Ushbu zaminlash qurilmalaridan foydalanish tavsiya etiladi.

Sun'iy zaminlash qurilmalari maxsus tayyorlangan bo'lib, boshqa maqsadlarda ishlatilmaydi. Ko'pincha, ular *vertikal* joylashgan elektrodlar va ularni biriktiradigan *gorizontal* joylashgan elektrodlardan iborat bo'ladi. Vertikal elektrod sifatida diametri 10–14 mm va uzunligi kamida 5 metrli po'lat o'zak qo'llaniladi, o'lchamlari 40×40 mm dan 60×60 mm gacha, uzunligi esa 2,3–3 m bo'lgan ugolniklar kamroq qo'llaniladi.

Vaqtincha zaminlash qurilmalari sifatida maxsus yuruvchi zaminlash qurilmalari qo'llaniladi. Ularni o'rnatish va yig'ishtirishni osonlashtirish maqsadida yerga burab o'rnatiladigan elektrodlar va biriktirish uchun ishlatiladigan maxsus qisqichlar mavjud. Zaminlagichlarni o'zaro zaminlovchilar bilan biriktirish maqsadida payvandlanadi, zaminlanuvchi uskunaning korpusi bilan ham payvandlanadi yoki bolt yordamida biriktiriladi. Magistral zaminlagichlar yer zaminlovchi bilan ikki joydan biriktiriladi. Vertikal elektrodlar, odatda, yer muzlaydigan qalinlikdan 70–80 sm chuqurlikda o'rnatiladi.

5.3. Himoyalovchi zaminlash qurilmalarini hisoblash

Zaminlash qurilmalarini hisoblash uchun quyidagi ma'lumotlar kerak bo'ladi: zaminlanuvchi uskunaning kuchlanishi, tarmoqning betaraflik tartibi, 1000 V dan katta kuchlanishida yerga tutashuv toki, yerning solishtirma qarshiligi, zaminlanuvchi uskunalarini joylashtirish holati, zaminlash tabiiy qurilmalarining tavsifnomasi (yoyilish toki, qarshilik miqdori va ularning o'lchamlari).

Zaminlash qurilmalarini hisoblash quyidagi ketma-ketlikda bajariladi:

1. Zaminlanuvchi uskunaning ruxsatlangan qarshiligi (R_t) aniqlanadi. Hozirgi vaqtda zaminlash qurilmalarini hisoblash uchun ikkita usul qo'llaniladi: ruxsatlangan qarshilik va ruxsatlangan odimli hamda tegish kuchlanishlari.

Ruxsatlangan qarshilikni hisoblashda zaminlash qurilmasini talab etadigan qarshilik tanlab olinadi va shu bo'yicha hisob qilinadi.

Ruxsatlangan kuchlanishning qiymatida zaminlash qurilmasining qarshiligi aniqlanadi va shu qarshilik tegish va odimli kuchlanishning ruxsatlangan miqdoridan oshmasligi shart:

$$R_t \leq U_{tk} / I_{ia},$$

$$R_r \leq U_k / I_{ib}.$$

2. Yerning solishtirma qarshiligi hisoblanadi yoki o'lchab olinadi. Yerning solishtirma qarshiligi nazorat elektrodi va to'rt elektrod usullari bilan o'lchanadi.

Nazorat elektrod usuli bilan bitta vertikal joylashgan 2-2,5 m elektrodning (zaminlash qurilmasi 4 qismi) yoyilish tokida qarshiligi aniqlanadi, keyin esa muvofiq bog'liqlardan yerning solishtirma qarshiligi aniqlanadi.

To'rtta elektrod usulida 4 ta bir xil elektrod bir xil oraliqdagi masofada joylashtiriladi va qisqichlar yordamida o'lchov asbobi bilan biriktiriladi.

Bir vertikal zaminlagichning (sterjenning) qarshiligi, Ω :

$$r_b = \frac{0,366 \rho_{hi}}{\ell} \left(\frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+\ell}{4t-\ell} \right). \quad (5.2)$$

Bu yerda: ρ_{his} – yer sathining solishtirma qarshiligi, $\Omega \cdot \text{m}$;
 ℓ – sterjen uzunligi, m;
 t – qo'yilish chuqurligining yerusti qismidan
 zaminlashning o'rtasigacha bo'lgan masofa;
 d – sterjen diametri, m.

Hisoblarda burab ulangan diametri 12 mm, uzunligi 5 m
 sterjen uchun qarshilikni soddalashtirilgan ifodadan foydalanib
 aniqlash mumkin:

$$r_{\text{st}} = 0,27 \rho_{\text{his}}. \quad (5.3)$$

Yerning hisobiy solishtirma qarshiligi:

$$\rho_{\text{his}} = k_{\text{mavs}} \cdot \rho,$$

bu yerda: ρ – me'yor namlikda o'lchangan yerning solishtirma
 qarshiligi;

k_{mavs} – yerning muzlash va qurishini hisobga oluvchi
 mavsum koeffitsiyenti.

3–5 m vertikal elektrodlar uchun ikkinchi iqlim hududlarida
 $k_{\text{fasl}} = 1,45-1,3$, gorizontalar uchun $k_{\text{fasl}} = 3,5-2,5$.

YERNING SOLISHTIRMA QARSHILIGI

Yer	$\rho, \Omega \cdot \text{m}$	
	Chegaralar	Oldi hisoblarda tavsiya etilgan kattaliklar
1. Qum	400–1000	700
2.	150–400	300
3.	40–150	100
4. Loy	8–70	40
5. Bog' yeri	40	40
6.	10–50	20
7. Torf	20	20

Gorizontalar zaminlagichlarning (tasma) qarshiligi, Ω :

$$r_v = \frac{0,366 \rho_{\text{his}}}{\ell} \lg \frac{2\ell^2}{bt}. \quad (5.4)$$

Bu yerda: ℓ – zaminlagichning uzunligi, m;
 b – tasmaning qalinligi, m;
 t – qo'yilish chuqurligi, m.

Tasmaning ko'ndalang kesim yuzasi 48 mm^2 dan, qalinligi esa 4 mm dan kam bo'lmasligi kerak.

Yerning solishtirma qarshiligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\rho = 2\pi\alpha R,$$

bu yerda: R – o'lchov asbobi qarshiligining ko'rsatkichi.

3. Agar tabiiy zaminlash qurilmalaridan foydalanishning imkoni bo'lsa, tabiiy zaminlash qurilmalariga qo'shimcha sun'iy zaminlash qurilmasi o'rnatilishi kerak bo'ladi.

Agar sun'iy zaminlash qurilmalaridan foydalanishga imkon bo'lsa, sun'iy zaminlash qurilmalarining qarshiligi ruxsatlangan qarshilikdan oshmasligi shart, ya'ni $R_e \leq R_r$.

Agar tabiiy va sun'iy zaminlash qurilmalari bir vaqtning o'zida qo'llanilsa, talab etiladigan R_e quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$R_e = R_r R_i (R_i - R_r).$$

4. Zaminlash qurilmalarining o'lchamlari va materiallari tanlab olinadi. Tanlab olingan zaminlash qurilmalarining ifodaga muvofiq talab etiladigan qarshiligidan bittasi uchun yoyilish toki qarshiligi aniqlanadi.

5. Agar bitta zaminlash qurilmasining qarshiligi sun'iy zaminlash qurilmasining talab etiladigan qarshiligidan ko'p bo'lmasa ($R_1 < R_{\text{sun}}$), unda bitta sun'iy zaminlash qurilmasi olinadi va zaminlash qurilmalarining ekvivalent qarshiligi aniqlanadi. Agar ($R_1 < R_{\text{sun}}$) bo'lsa, unda bir necha parallel ulangan sun'iy zaminlash qurilmalari olinadi (1-band yoki 2-band).

6. Parallel ulangan vertikal zaminlash qurilmalarining soni quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = \frac{r_b}{R_u \cdot \eta_b},$$

bu yerda: η – o'zaro joylashtirishni hisobga oluvchi zaminlash qurilmalarning foydalanish koeffitsiyenti (taxminan

tanlab olinadi), qatorda joylashgan elektrodlar soni, kontur bo'yicha joylashgan elektrodlar soni, ular orasidagi masofa va shu masofadagi elektrodning uzunligiga bog'liq.

7. Vertikal elektrodni bir-biri bilan ulash uchun metall tasma qo'llaniladi. Ulanadigan tasmada tok yoyilib ketishi qarshiligi aniqlanadi. Gorizontaal zaminlagichlarning qarshiligi (konturning bog'lovchi tasmasi) orqali tasmaning foydalanish ko'effitsiyenti η_g ni hisobga olinib quyidagicha aniqlanadi:

$$R_g = \frac{r_g}{\eta_g}.$$

8. Vertikal joylashgan elektrodlar va ularni biriktirib turgan tasmalarni parallel ulangan deb va ekvivalent qarshiligini hisobga olinib, zaminlash qurilmalari tokining yoyilib ketishi qarshiligi aniqlanadi:

$$R_b \leq \frac{R_g \cdot R_e}{R_g - R_e}.$$

5.4. Vertikal zaminlash qurilmasining soni hisobi

Betaraf nuqtasi — kuchlanish ostida qolishi mumkin bo'lgan toksiz qismlar oldindan nolli himoyalovchi o'tkazgich bilan himoyalanaadi.

$$\eta'_e = \frac{r_B}{R_B \cdot \eta'_B}.$$

Bu yerda: η'_B — foydalanish ko'effitsiyentining aniqlangan qiymati.

Hisoblarga asosanib zaminlash qurilmasining tuzilishi aniqlanadi.

Mustahkam yerga o'tkazilgan transformatorning kuchlanishi 1000 V gacha bo'lgan tarmoqlarida himoyalovchi zaminlash qurilmalari sxemalarining tahlili ko'rsatadiki, fazali kuchlanishda korpusga o'tib ketishi holatida sxemalar xavfsizligini ta'minlab bera olmaydi. Shu holatda zaminlash qurilmalari

orqali yoyilib o'tayotgan yer bilan tutashuv tok quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$I_e = U_f(R_0 + R_e).$$

Korpusning kuchlanishi yerga nisbatan zaminlash qurilmalarining qarshiligiga bog'liq bo'lib, ularning tengligida esa faza kuchlanishining yarmiga teng bo'lib qoladi.

$$U_k = \frac{U_f \cdot R_e}{(R_0 + R_e)}.$$

Bu kuchlanish xavfli bo'lib, katta vaqt oralig'ida davom etishi, maksimal tok himoyasi ishlamay qolishi mumkin, chunki yer bilan tutashuvchi tok qiymati, ko'pincha, himoyalovchi vositani ishga tushirish uchun yetarli bo'lmaydi.

Elektr uskunaning tok o'tmaydigan metall qismlarini nolli o'tkazgichga ulab qo'yilsa, faza kuchlanishi korpusga o'tishidan paydo bo'lgan, bir fazali qisqa tutashuv toki faza bilan nol o'tkazgich qarshiliklari va transformatorlarning chulg'amiga bog'liq bo'ladi. Umumiy ifoda:

$$I_k = \frac{U_f}{\sqrt{(r_f + r_0 + r_{T/3})^2 + (X_f + X_0 + X_{T/3})^2}}. \quad (5.5)$$

Uzunligi katta bo'lmagan havo liniyalari va o'tkazgichlar (o'tkazgichlar truba ichida joylashgan) hamda kabel liniyalarida qisqa tutashuv toki:

$$I_k = \frac{U_f}{(r_f + r_0)}.$$

Havo liniyalari uchun:

$$I_k = \frac{U_f}{\sqrt{(r_f + r_0)^2 + (X_f + Z_{T/3})^2}}, \quad (5.6)$$

bu yerda: $r_f, r_0, r_{T/3}$ — faza-nol o'tkazuvchilari va transformator chulg'amlari aktiv qarshiliklari; $X_f, X_0, X_{T/3}$ — induktiv qarshiliklari;
 X_f — faza-nol konturning tashqi induktiv qarshiligi;
 $Z_{T/3}$ — transformatorning hisobiy qarshiligi.

Bu tokdan maksimal tok himoyasi ishga tushadi va shikastlangan uskunani o'chiradi. Shunday qurilmalarda tez eriydigan saqlagich shikastlangan uskunani 5–7 soniya ichida, avtomatik o'chirgichlar esa 1–2 soniyada shikastlangan qismni o'chiradi.

Nolli 380/220V va 220/127V kuchlanishli (oxirgisi kam uchraydi) to'rt simli uch fazali tarmoqlar ishlab chiqarishda keng ishlatiladi. *Nolli tizimda* nol o'tkazgichi, ta'minlovchi manba neytralini zaminlash qurilmasiga va nol o'tkazgich orqali yerga qayta ulashga imkon beradi. Nol o'tkazgichning vazifasi faza korpusga tegishi bilan kichik qarshilikka ega bo'lgan zanjirni hosil qilish va tok himoyasini ishga tushirishdan iborat.

Nol o'tkazgichni o'tkazgichning barcha uzunligi davomida ma'lum masofa oralatib bir necha marta zaminlab qo'yish kerak.

Yerga ulashni hisoblash bo'yicha masalalar va ularning yechilishi

1-masala. Yerga ulash qurilmasining umumiy qarshiligi 4Ω dan katta bo'lmagan ($R_{um} < 4 \Omega$) holat uchun po'lat trubadan tayyorlangan vertikal elektrodlar sonini aniqlang. Truba diametri $d=50$ mm. Truba uzunligi 2 m, tuproq turi – bo'ztuproq, qarshiligi 200Ω .

Tuproqning solishtirma qarshiligini aniqlaymiz:

$$R - r_{2k} = 200 - 45 = 290 \Omega.$$

Yerga ko'milgan vertikal elektrodning qarshiligi:

$$R_{r,h} = 0,66 \frac{\rho}{e} \left(\lg \frac{2l}{a} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h+l}{4h-e} \right) = 0,366 \frac{290}{2,0} \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,05} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1,0+2}{4 \cdot 1,0-2} \right) =$$

$$53,07 \left(\lg 80 + \frac{1}{2} \lg 3 \right) = 53,07 \left(1,903 + \frac{1}{2} \cdot 0,477 \right) = 114,1 \Omega.$$

Bir-biriga ulangan vertikal elektrodlar soni:

$$n = \frac{R_{eh}}{R_{ey,v} \cdot \eta_v} = \frac{114,1}{4 \cdot 0,4} = 71,33 \approx 72 \text{ dona.}$$

Elektrodlarning integral qarshiligi:

$$R_{\text{e.y.v.}}^I = \frac{R_v}{n \cdot \eta_v} = \frac{114,1}{72 \cdot 0,4} = 3,97 \Omega.$$

Elektrodlarni bir-biriga ulash uchun ishlatiladigan o'tkazgichning uzunligi:

$$l_g = a \cdot n + 0,5 \text{ m} = 2 \cdot 72 + 0,5 = 144,5 \text{ m}.$$

Elektr o'tkazgichlar qarshiligi:

$$R_{\text{e.y.g.}} = \frac{R_{\text{e.g.}}}{\eta_m} = \frac{145}{0,20} = 725 \Omega.$$

$$R_{\text{e.g.}} = \frac{\rho}{l} = \frac{290}{2} = 145 \Omega.$$

Yerga ulash qurilmasining umumiy qarshiligi:

$$R_{\text{um}} = \frac{R_{\text{p.y.v.}} \cdot R_{\text{e.y.g.}}}{R_{\text{p.y.v.}} + R_{\text{e.y.g.}}} = \frac{3,97 \cdot 725,0}{3,97 + 725} = 3,95 \Omega.$$

Yerga ulash qurilmasining umumiy qarshiligi 4Ω dan kichik bo'lganligi sababli hisoblar to'g'ri bajarilgan.

2-masala. Elektr agregati elektr dvigatelining o'ramlar izo-latsiyasi buzilgan. Elektr tarmog'idagi kuchlanish 380 V . Tarmoq neytrali yerga ulangan va uning yerga ulash qarshiligi $R_0 = 12 \Omega$. Himoyalovchi yerga ulash qurilmasining qarshiligi $R_{\text{eu}} = 3 \Omega$, ishchining qarshiligi $R_{\text{H}} = 1000 \Omega$. Ishchi elektr jihoziga tegib ketgan vaqtda uning tanasi orqali o'tuvchi tok kuchi miqdorini aniqlang.

Elektr zanjirining ekvivalent qarshiligini aniqlaymiz:

$$R_{\text{e}} = R_0 + \frac{R_{\text{e.y.}} \cdot R_4}{R_{\text{y}} + R_4} = 12 + \frac{3 \cdot 5000}{3 + 5000} = 14,99 \Omega.$$

Elektr zanjiridagi tok kuchi miqdori:

$$J_{\text{um}} = \frac{380}{1,73 \cdot 14,99} = 14,67 \text{ A}.$$

Ma'lumki, parallel o'ramlarda tok kuchi qarshilikga teskari proporsional holda tarqaladi, ya'ni:

$$\frac{J_{e.y.}}{J_n} = \frac{R_4}{R_{e.y.}}, \text{ bu yerdan } J_{e.y.} R_{e.y.} = J_4 R_4.$$

Shuningdek, $J_{um} = J_{e.y.} + J_i$, bu yerdan $J_{um} = J_{um} J_{IT} = 14,67 - J_4$.
Ushbu qiymatlarni $J_{e.y.} R_{e.y.} = J_i R_i$ ga qo'ysak,

$$14,67 R_{e.y.} - R_{e.y.} J_i = J_i \cdot 1000;$$

$$14,67 \cdot 3 - 3 J_i - J_i \cdot 1000 = 0;$$

$$J_i 997 - 44,01 = 0; \quad J_i = \frac{44,01}{997} = 0,05 \text{ A.}$$

Bunday tok kuchi og'ir jarohatlarga va o'limga olib kelishi mumkin.

3-masala. Ishchi elektr jihozini ishga tushirishda qo'shib-ajratkich (rubilnik) tarmoqlariga tegib ketdi. Elektr tarmog'idagi kuchlanish $i_e = 380 \text{ V}$, tarmoq neytrali yerga ulangan, yerga ulash qarshiligi $R_{e.y.} = 180 \Omega$. Ishchining elektrga qarshiligi 1500Ω , oyoq kiyim qarshiligi $R_0 = 350 \Omega$, xona polining qarshiligi $R_p = 800 \Omega$. Tegib ketish kuchlanishini aniqlang.

Tegib ketish kuchlanishini quyidagi formula asosida aniqlaymiz:

$$U_{tk} = J_u R_u,$$

$$J_u = \frac{G}{\sqrt{3 R_{um}}} \cdot R_u,$$

bu yerda: R_{um} — elektr zanjirining umumiy qarshiligi, Ω .

$$R_{um} = R_{e.u.} + R_n + R_0 + R_i = 18 + 80 + 350 + 1500 = 1948 \Omega.$$

Himoyalovchi o'chirish. Himoyalovchi o'chirish — tez harakat etuvchi himoya vositalari yordamida elektr uskunani avtomatik o'chirishni ta'minlaydi.

Himoyalovchi o'chirish uskunalar yer bilan mustahkam yoki to'liq bo'lmagan tutashuvida izolatsiyaning yerga tegishi yoki nollanish zanjirini hamda o'z-o'zini avtomatik holatida nazorat etishi darkor.

Himoyalovchi o'chirish o'z himoyalovchi funksiyalarini bajarishi uchun quyidagi xususiyatlarga ega bo'lishi kerak: yetarlicha sezgirligi, tez harakatlanishi ($0,2$ s dan oshmagan vaqt davomida o'chirish talab etiladi), ishonchli ishlashi, o'z-o'zini nazorat etishi va h.k.

Sezuv omillarining o'zgarishi kirish qiymati jihatidan bog'liq bo'lgan himoyalovchi o'chirish vositalari sxemalari quyidagicha: korpusning yerga nisbatan kuchlanish sxemalari yer bilan tutashuv tokini nol ketma-ketligi tokini, yerga nisbatan faza kuchlanishiga, doimiy tezkor toki va aralash sxemalarida qo'llaniladi.

Nazorat savollari

1. Himoyaviy zaminlash deganda nima tushuniladi?
2. Zaminlash qurilmasida hosil bo'ladigan kuchlanish qanday formula orqali aniqlanadi?
3. Odimli kuchlanishga ta'rif bering.
4. Zaminlash qurilmasi deb qanday qurilmaga aytiladi?
5. Yerga ulanayotgan dastgohlarga nisbatan zaminlagichning joylashtirilishiga qarab zaminlash qurilmasi qanday turlarga ajratiladi?
6. Chiqarilgan zaminlovchilar qanday va nima yordamida birlashtiriladi?
7. Konturli zaminlash qanday o'rnatiladi?
8. Zaminlash qurilmalarining turlarini tavsiflab bering.
9. Qanday o'lchamli vertikal elektrodlar qo'llaniladi?
10. Vaqtni zaminlash qurilmalari sifatida qanday qurilmalar qo'llaniladi?
11. Zaminlash qurilmalarini hisoblash uchun qanday ma'lumotlar kerak bo'ladi?
12. Hozirgi vaqtda zaminlash qurilmalarini hisoblash uchun qanday usullar qo'llaniladi?
13. Bir vertikal zaminlagichning (sterjen) qarshiligi qanday aniqlanadi?
14. Yerning solishtirma qarshiligi qanday ifoda orqali aniqlanadi?
15. Parallel ulangan vertikal zaminlash qurilmalari sonini aniqlash formulasini keltiring.
16. Metall tasma deb nimaga aytiladi?
17. Vertikal zaminlash qurilmasining sonini aniqlash formulasini keltiring.
18. Himoyalovchi o'chirish elektr uskunani avtomatik o'chirishni nimalar yordamida ta'minlaydi?
19. Himoyalovchi o'chirish o'z himoya funksiyalarini bajarishi uchun qanday xususiyatlarga ega bo'lishi kerak?
20. Himoyalovchi o'chirish vositalari sxemalarining qanday turlari mavjud?

VI bob. ELEKTR TA'MINOTI TIZIMINING RELELI HIMOYASI

6.1. Releli himoya haqida umumiy tushuncha

Elektr stansiyalarining elektr qurilma va asboblarida, elektr ta'minoti tizimlarida, elektr iste'molchilarida me'yor va ishdan chiqish, shikastlanish holatlarini uchratish mumkin. Ishdan chiqish yoki shikastlanish holatlari elektr ta'minoti elementlarida tokning me'yoridan oshib ketishi yoki kuchlanishning pasayishi bilan bog'langan. Me'yoridan oshib ketgan tok katta miqdorda issiqlik ajralib chiqishiga olib keladi. Buning natijasida elektr ta'minoti liniyalari va qurilmalari xavfli darajada qizishi va shikastlanishi mumkin. Kuchlanishning me'yordan ortiq pasayishi elektr iste'molchilarning sifat ko'rsatkichlariga hamda parallel ishlayotgan generatorlar va elektr ta'minoti tizimi barqarorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shunday qilib, elektr qurilmalarining shikastlanishi elektr ta'minoti tizimining va elektr iste'molchilarining ish tartibiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Elektr ta'minoti tizimlarining me'yordan tashqari holatlari esa energetika tizimining shikastlanishiga yoki ishdan chiqishiga olib keladi.

Elektr ta'minoti tizimlarining va iste'molchilarining me'yorda ishlashlari uchun shikastlangan qurilma, elektr liniyalari tezda aniqlanilishi va shu orqali qolgan elektr iste'molchilari va elektr ta'minoti tizimining me'yorda ishlashiga sharoit yaratilishi uchun o'chirilishi kerak. Elektr ta'minotida me'yorida bo'lmagan holatlar vaqtida aniqlanib, choralar ko'rilsa, xavfsizlik ta'minlanadi.

Yuqorida ko'rsatilganlardan xulosa qilib shuni aytish mumkin, elektr ta'minoti tizimini va elektr iste'molchilarini shikastlanish va me'yorida bo'lmagan holatlardan saqlash uchun uning elementlarini himoyalovchi avtomatik qurilmalar bilan ta'minlash zarur.

Elektr ta'minoti tizimida dastlabki himoya qurilmasi qilib eruvchan saqlagichlar qo'llanilgan. Quvvat va kuchlanishning oshishi, elektr ta'minoti tizimlari ulanish sxemalarining murakkablashishi eruvchan saqlagichlarning kattagina kamchiliklarini namoyon qildi va buning oqibatida yangi himoyalovchi qurilma yaratildi. Bu himoyalovchi qurilma maxsus avtomat – rele bo'lib, uning yordamida amalga oshiriladigan himoya releli himoya deb nomlanadi.

Releli himoya elektr avtomatikasining asosiy turi bo'lib, u ishtirokisiz hozirgi vaqtda elektr ta'minoti tizimlari me'yorida va mustahkam ishlay olmaydi. U elektr ta'minoti tizimining barcha elementlari holatlarini doimo nazorat qilib boradi.

Elektr ta'minoti tizimida shikastlanish bo'lganda, himoya uni aniqlaydi va tizimning shikastlangan qismini maxsus katta tokka mo'ljallangan kuch o'chirgichlariga ta'sir etib o'chiradi.

Elektr ta'minoti tizimida me'yorda bo'lmagan holat yuzaga kelganda himoya uni aniqlaydi va uning xarakteriga qarab, me'yoriy sharoitni tiklash uchun kerakli bo'lgan chora-tadbirlarini ishlaydi yoki navbatchi shaxsni ogohlantiradi.

Hozirgi vaqtda elektr ta'minoti tizimi releli himoyalari elektr ta'minotini tez tiklovchi va tizimni me'yoriy holatiga keltiruvchi mustahkam va aniq elektr avtomatikasi bilan ta'minlangan.

6.2. Elektr ta'minoti tizimida shikastlanishlar va nome'yoriy holatlar

Elektr ta'minoti tizimidagi ko'pgina shikastlanishlar fazalarni o'zaro va fazaning yer bilan qisqa tutashishlariga olib keladi. Shikastlanishlarning asosiy sabablariga izolatsiyaning buzilishi, eskirishi, kuchlanishning me'yordan oshib ketishi, xizmat ko'rsatuvchi shaxslarning noto'g'ri amaliyoti, ajratgichni yuklama ostida uzish, qisqa tutashtirgich ulangan holda kuchlanish berilishlari kiradi.

Barcha shikastlanishlar: qurilmalardagi kamchiliklar va mukammalemasligi, noto'g'ri loyihalanganligi, noto'g'ri o'rnatilganligi, qurilmaga qoniqarsiz noto'g'ri xizmat ko'rsatilganligi, qurilmaning noto'g'ri holatda ishlaganligi natijasida yuzaga

keladi. Shuning uchun shikastlanishning oldini olish mumkin, lekin unutmashlik kerakki, u biror paytda albatta ro'y beradi. Qisqa tutashuv shikastlanishga olib keladigan eng xavfli va og'ir holatdir. Qisqa tutashuv paytida manbaning e.y.k.i transformator yoki liniyalarning kichik qarshiligi orqali tutashib qoladi (6.1, a-f-rasmlar).

E.y.k.i qisqa tutashgan yopiq elektr konturlarida katta tok – qisqa tutashuv toki I_{qt} oqadi. Qisqa tutashuv paytida tokning ortishi natijasida elektr ta'minoti tizimining elementlaridagi kuchlanish miqdori kamayadi. Bu, o'z navbatida, elektr liniya-ning barcha nuqtalarida kuchlanishning kamayishiga olib keladi, ya'ni

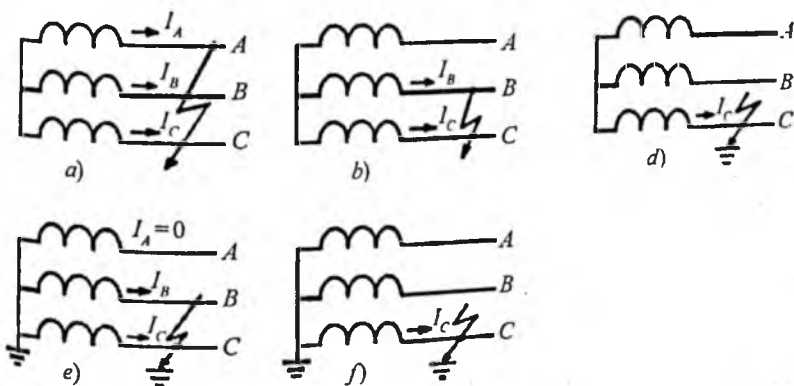
$$U_m = E - I_{qt} \cdot Z_m,$$

bu yerda: E – manbaning e.y.k. i;

Z_m – manbadan qisqa tutashuv nuqtasigacha bo'lgan uchastkaning qarshiligi.

Qisqa tutashuv paytida kuchlanishning kamayishi va tokning ortishi quyidagi xavfli natijalarni yuzaga keltiradi:

a) qisqa tutashuv toki I_{qt} Joul-Lens qonuniga asosan R – qarshilikda t vaqt mobaynida $Q = k \cdot I^2 R \cdot t$ issiqlik ajralishiga olib keladi.



6.1-rasm. Elektr qurilmalarida uchraydigan shikastlanishlar turlari:
a, b, d – uch fazali, yer bilan ikki fazali va bir fazali qisqa tutashuv;
e va f – neytrali yerga ulangan liniyalarda bir fazali va ikki fazali yer bilan tutashuvi.

Shikastlangan joylarda bu issiqlik va elektr yoyi hosil qilib, katta miqdorda buzilishlarga olib keladi. Bu buzilishlarning natijalari I_{q1} ga va t vaqtga bog'liq. I_{q1} ning miqdori me'yoriy tok I_n dan shu qadar katta bo'lishi mumkinki, bu izolatsiya va tok o'tkazgich qismlariga katta shikast yetkazadi;

b) qisqa tutashuv vaqtida kuchlanishning pasayishi elektr iste'molchilarining ishlashiga xavfli ta'sir ko'rsatadi.

Elektr energiyasining asosiy iste'molchisi asinxron motorlardir. Asinxron motorlarning aylantirish momentlari kuchlanishga proporsional $M \equiv kU^2$. Shuning uchun asinxron motorlarda kuchlanishning pasayishi vaqtida motorlarning aylantirish momenti mexanizmlarning qarshilik momentlaridan kichik bo'lib qolishi mumkin. Bu ularning to'xtab qolishiga olib keladi.

Uzoq vaqt davom etgan qisqa tutashuv asinxron elektr motorlarning turg'un ishlashini ham buzadi. Kuchlanishning qiymati pasayganda asinxron elektr motorning aylanish tezligi kamayadi. Agar sirpanish kritik nuqtadan o'tib ketsa, motor turg'un bo'lmagan ishlash holatiga o'tadi va to'liq to'xtash yuz beradi.

Sirpanishning ortishi bilan asinxron elektr motor iste'mol qilayotgan reaktiv quvvat miqdori ortadi, bu esa qisqa tutashuv tugagandan so'ng tizimda reaktiv quvvat yetishmovchiligiga olib keladi. Buning natijasida tizimda kuchlanishning shiddatli pasayishi sodir bo'ladi.

Elektr ta'minoti tizimi turg'unligining buzilishi bilan bog'liq bo'lgan shikastlanish isrof bo'yicha eng katta va og'ir shikastlanishlardan hisoblanadi.

Me'yorida bo'lmagan tartiblar deb tok kuchi, kuchlanish va chastota qiymatlarining chegaradan chiqib ketishi yoki qurilma va elektr ta'minoti tizimining turg'un ishlashiga xavf tug'ilishiga aytiladi.

Xarakterli me'yorida bo'lmagan tartiblarga quyidagilar kiradi:

a) qurilmaning o'ta yuklanishi, ya'ni tokning me'yordan juda oshib ketishi;

b) chastotaning pasayishi, ya'ni generator quvvatining yetishmasligi, bu hol, odatda, bir nechta generatorlarning birdaniga o'chishi bilan bog'liq.

Chastotaning chuqur pasayishi (45–47 Hz gacha) og'ir avariya holati hisoblanib, energetik tizim ishlashining to'liq to'xtashiga olib keladi;

d) Kuchlanish oshishi, ya'ni generator yuklamalarining birdaniga o'chirilishi. Yuklama kamayganda generator tezroq aylanadi, bunda statorning e.y.k.i izolatsiyani teshish darajasidagi qiymatiga yetadi.

6.3. Elektr ta'minoti tizimida tokli himoyalar.

Maksimal tokli himoyalar

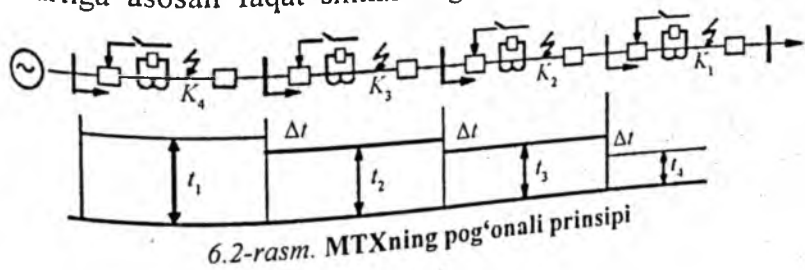
Tokli himoya uchun ta'sir etuvchi kattalik himoyadan o'tuvchi tok hisoblanadi.

Tokli himoyalarning ikki turi mavjud bo'lib, birinchisi – maksimal tokli himoya (MTX) va ikkinchisi – tokli kesim (TK) himoya.

MTX bir tarafdin ta'minlangan elektr ta'minoti tizimida asosiy himoya turi hisoblanadi. Ikki tarafdin ta'minlanadigan hamda murakkab sxemali tizimlarda MTX yordamchi himoya sifatida ishlatiladi. MTXning tanlovchanligi sabr vaqti yordamida amalga oshiriladi.

Bir taraflama ta'minlanadigan tarmoqlarda har bir liniya boshida manba tarafdin boshlab MTX o'rnatiladi. Buning natijasida liniyalar alohida himoyaga ega bo'ladi.

K_1 nuqtada qisqa tutashuv sodir bo'lsa (6.2-rasm), qisqa tutashuv toki tarmoqning barcha qismlaridan o'tadi, natijada hamma o'rnatilgan himoyalar ishga tushadi. Lekin tanlovchanlik shartiga asosan faqat shikastlangan liniya o'chirilishi kerak.



Buning uchun MTX sabr vaqtiga ega va bu vaqt iste'molchidan manbaga ortib boradi.

Shu holat amalga oshsa, K_1 nuqtada qisqa tutashuv sodir bo'lganda 1-himoya ishga tushib, shikastlangan liniyani o'chiradi, 2, 3, 4-himoyalar ishga tushib ulgurmasdan ular avvalgi hollariga qaytariladi.

Xuddi shuningdek, K_2 nuqtada qisqa tutashuv bo'lsa, 2-himoya tezroq ishga tushadi, 3-himoya esa ko'proq sabr vaqti bo'lgani sababli ishlamaydi. Sabr vaqtini bunday tanlash pog'onalik holat deb ataladi.

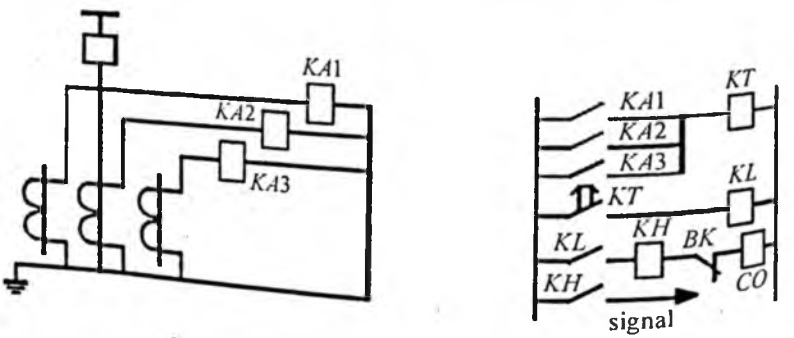
Δt – sabr vaqtining pog'onasi deyiladi; $\Delta t = 0,5 \div 0,6$ s oraliqda olinadi.

Maksimal tokli himoyaning holatli sxemalari birlashgan yoki tarqoq holda ko'rsatilishi mumkin. Birlashgan sxemalarda relening chulg'amlari va kontaktlari bir-birlariga tegishli ekanligi yaqqol ko'rinib turadi. Sxemalar murakkablashgan sari tok va kuchlanish zanjirlari hamda operativ zanjirlar alohida chizilishi lozim.

Operativ zanjirlarning manbayiga qarab MTX ikki guruhga bo'linadi: o'zgarmas va o'zgaruvchan tokli MTX.

O'zgarmas tokli uch fazali sxema himoyaning tok zanjirida uchta fazaga o'rnatilgan $TA1$, $TA2$, $TA3$ tok transformatorlari va uchta $KA1$, $KA2$, $KA3$ tok relelarini to'liq yulduz usulida yig'ib amalga oshiriladi (6.3-rasm).

Xavfsizlik texnikasi talablariga mos ravishda tok transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari zaminlanadi. 6.3-rasmda MTXning uch fazali sxemasi alohida zanjirlarda keltirilgan.



6.3-rasm. MTXning uch fazali sxemasi

Himoya qilinayotgan liniyadagi qisqa tutashuv turiga qarab bir yoki bir necha tok relesi (KA) ishga tushadi, natijada vaqt relesi KT ning chulg'amidan tok o'tadi. Ma'lum bir fursatdan keyin rele KT ning kontaktlari qo'shib, oraliq relesi KL ni ishga tushiradi. Oraliq relesi KL vaqt relesi KT kontaktlarining quvvatini oshirish uchun xizmat qiladi.

KL ning kontaktlari ko'rsatish relesi KN va o'chirgichning blok-kontaktlari Q orqali o'chiruvchi solenoidning zanjirini tutashtiradi, bu esa Q o'chirgichning o'chishiga olib keladi, keyin blok-kontakt Q himoya zanjirini uzadi.

MTX ning ishlash toki, sabr vaqti va sezgirlik koeffitsiyenti himoyaning aniqlanishi talab etiladigan parametrlari hisoblanadi. O'chirgichning o'chirilishiga olib keladigan fazadagi birlamchi minimal tok himoyaning ishlash toki deyiladi (I_{hish}). Shu vaqtda rele chulg'amidan o'tayotgan ikkilamchi tok relening ishlash toki hisoblanadi (I_{ri}). Himoyani dastlabki holatiga qaytaruvchi maksimal tok qaytish toki deyiladi. Qaytish tokining ishlash tokiga nisbati relening qaytish koeffitsiyenti deb ataladi (K_q).

Himoyaning ishlash toki I_{hish} ni aniqlash uchun tarmoqning me'yor sxemasining buzilishi natijasida oqishi mumkin bo'lgan barcha katta toklar hisobga olinishi zarur.

Parametrlarni tanlash shartlari quyidagicha:

1) $I_{hish} > I_{ish.max}$,
 bu yerda: $I_{ish.max}$ — himoya qilinayotgan elementdagi maksimal ishchi tok;
 I_{hish} — himoyaning ishlash toki, birlamchi tok;
 I_{ri} — relening ishlash toki (ustavka toki), bu ikkilamchi tok hisoblanadi.

2) $I_q > K_{smz} \cdot I_{ish.max}$,
 bu yerda: I_q — relening qaytish toki;
 K_{smz} — o'z-o'zini ishga tushirish (samozapusk) koeffitsiyenti.

Himoya to'g'ri ishlashi uchun I_q toki shikastlanishdan keyingi maksimal tokdan katta bo'lishi kerak:

$$I_{sh.max} = K_{smz} \cdot I_{ish.max} \cdot$$

(6.1)

Agar relening qaytish koeffitsiyenti

$$K_q = \frac{I_q}{I_n} \quad (6.2)$$

bo'lsa, unda

$$I_{ish} = \frac{I_q}{K_q} = \frac{K_z \cdot K_{smz}}{K_q} \cdot I_{ish.max}, \quad (6.3)$$

bu yerda: K_z – zaxira koeffitsiyenti, $K_z = 1,1 \div 1,2$.

Relening ishlash toki:

$$I_n = \frac{K_z \cdot K_{smz} \cdot K_{sx}}{K_q \cdot n_{TT}} \cdot I_{ish.max}, \quad (6.4)$$

bu yerda: K_{sx} – sxema koeffitsiyenti;

K_q – qaytish koeffitsiyenti;

n_{TT} – tok transformatorining transformatsiya koeffitsiyenti.

Himoyaning ishlash toki orqali sezgirlik koeffitsiyenti hisoblanadi:

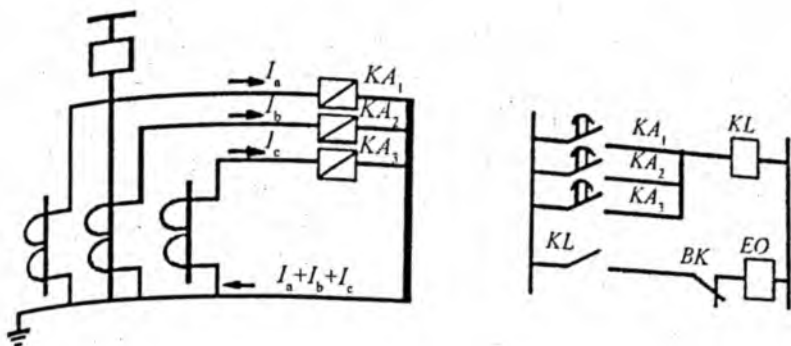
$$K_{sez} = \frac{I_{q.t.min}}{I_{ish}}, \quad (6.5)$$

bu yerda $I_{q.t.min}$ – qisqa tutashuv tokining minimal qiymati.

PUEga asosan bu koeffitsiyent himoya qilinayotgan oraliqda $K_{sez} \geq 1,5$, zaxira oralig'ida esa bu koeffitsiyent $K_{sez} \geq 1,2$ bo'lishi kerak.

MTX sxemalari sodda va ularni sozlash ham oson. Bu MTXning asosiy afzalligi hisoblanadi. MTXning kamchiligi manba yaqinidagi qisqa tutashuv toklarini katta sabr vaqti bilan o'chiradi.

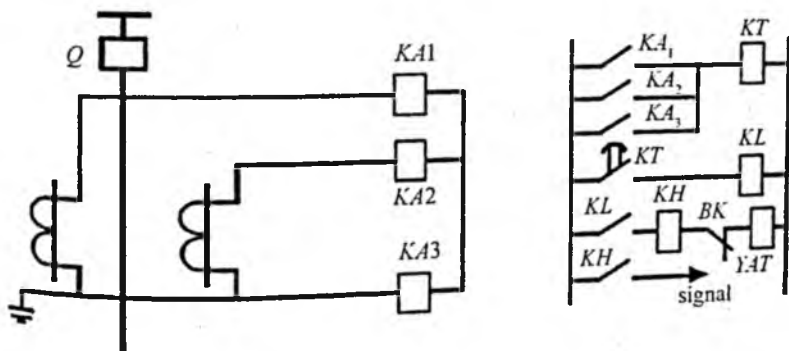
Sabr vaqti tokka bog'liq MTX sxemasida ishga tushiruvchi organlar funksiyasini va tanlovchanlikni induksion tipidagi rele PT-80 bajaradi, vaqt relesi va ko'rsatkich relelari ishlatilmaydi. Sabr vaqtining tokka bog'liq MTX sxemasi shu rele yordamida bajarilgan himoyaning tok va operativ zanjirlarida (6.4-rasm) ko'rsatilgan. Sxemadagi relelar soni kam, lekin ularni sozlash qiyinlik bilan amalga oshiriladi. Nol simdagi tok $I_n = I_a + I_b + I_c = 3I_0$ ga teng.



6.4-rasm. Sabr vaqtining tokka bog'liq MTX sxemasi

Bu turdagi 3 fazali MTX sxemalari qisqa tutashuvning barcha turklariga ta'sirli javob beradi, ammo neytrali izolatsiyalangan armoqlarda 2 faza yerga tutashsa tanlovchanligi susayadi.

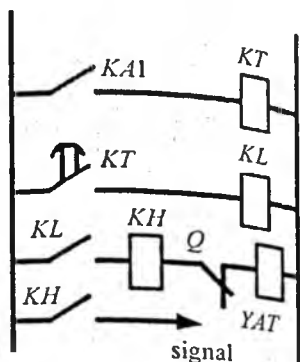
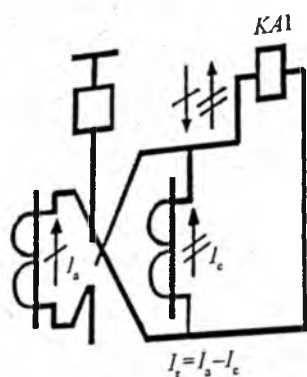
Ikki fazali himoya sxemasi to'liq bo'lmagan yulduz (6.5-rasm) usulida yig'iladi. Buning uchun *A* va *C* fazalarga ikkita tok transformatori *TA1* va *TA2* o'rnatiladi va ularning ikkilamchi chulg'amlariga *KA1* va *KA2* tok relelarining chulg'amlari ulanadi. Bu sxemalar *TT* qo'yilmagan fazadan boshqa hamma qisqa tutashuvlarga javob beradi.



6.5-rasm. Ikki fazali himoya sxemasi

Sxema nol sim bilan yig'iladi, *KA3* rele faza toklarining yig'indisiga ulanadi, natijada sezgirlik koeffitsiyenti oshadi.

Ikki fazali bitta releli sxema (6.6-rasm) *A* va *C* fazalarga o'rnatilgan ikkita tok transformatori va ularning ikkilamchi chulg'amidan o'tuvchi toklarning ayirmasiga ulangan bitta



6.6-rasm. Ikki fazali bitta releli sxema

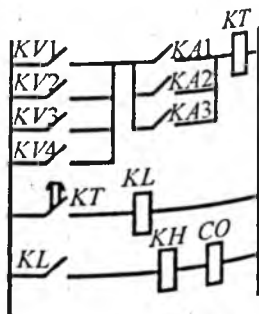
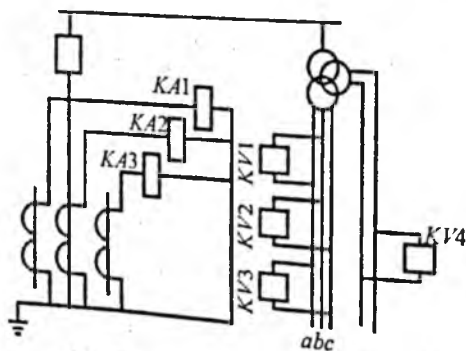
tok relesi KAl yordamida yig'iladi. Quyida keltirilgan sxema-ning (6.6-rasm) tok zanjirida reledan o'tayotgan toklarning yo'nalishlari ko'rsatilgan. Bu sxema betaraf nuqtasi zaminlanmagan tarmoqlarda fazalararo qisqa tutashuvlardan himoya qilish uchun ishlatiladi. Sxemaning koeffitsiyenti K_{sx} qisqa tutashuvning turiga bog'liq.

Chulg'amlari yulduz – uchburchak usulida ulangan transformatorlarda bir fazali qisqa tutashuvlarni sxema sezmasligi mumkin.

KA_1, KA_2, KA_3 – tok relolari (maksimal tokli relolar);

KV_1, KV_2, KV_3 – kuchlanish relolari (minimal relolar);

KV_4 – kuchlanish relesi ochiq uchburchakka ulangan bo'lib, bir fazali qisqa tutashuvlarda U_0 ga (6.7-rasm) qarab ishlaydi (maksimal relolar). Me'yoriy tartibda $U_0 = 0$.



6.7-rasm. Kuchlanish bo'yicha ishga tushuvchi MTX sxemasi

Sxema arzon va sodda bo'lganligi uchun keng qo'llaniladi. Qisqa vaqt davom etadigan (masalan, asinxron motorlarni ishga tushirishda) katta toklar MTXning qo'pollashuviga olib keladi. Qisqa tutashuv tokining qo'shimcha yuklanish toklaridan farqi kuchlanishning pasayishida ko'rinadi. Ana shu farq asosida **kuchlanish bo'yicha ishga tushuvchi MTX sxemalari** ishlatiladi.

O'ta yuklanishlarda katta toklar ta'sirida tok relelarining kontaktlari ulanib qolsa ham, kuchlanish relelarining sozlangan ustavkasi himoyaning ishga tushishiga yo'l qo'ymaydi. Faqat qisqa tutashuv natijasida kuchlanish pasayganda KV lar ishlaydi, KT ning zanjiri operativ manbaga ulanadi, KT ning kontaktlari ma'lum bir vaqtdan so'ng KL ning zanjirini ulaydi, KL kontakti-ning ishlashi o'chiruvchi chulg'am CO ning ulanishiga olib keladi. Buning natijasida o'chirgich yordamida liniya tarmoqdan uziladi.

Betaraf nuqtasi zaminlanmagan tarmoqlarda 2-sxema fazali qilib bajariladi, KV rele ishlatilmaydi, himoya faqat fazalararo tutashuvlarda ish beradi.

Himoyaning ishlash toki:

$$I_{ish} = \frac{K_z}{K_k} \cdot I_{yuk};$$

$$I_{ish.max} = (1,5 \div 2) I_{yuk}, \quad (6.6)$$

bu yerda: I_{yuk} — uzoq vaqt davom etadigan yuklama toki.

Himoyaning ishlash kuchlanishi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$U_{sz} = \frac{U_{ish.min}}{K_z \cdot K_k}; \quad (6.7)$$

bu yerda: K_z — zaxira koeffitsiyenti, $K_z = 1,1 \div 1,2$.

Himoyani ishga tushiruvchi shartlar:

$$1) U_{sz} < U_{ish.min}; \quad 2) U_{qay} < U_{ish.min}.$$

Qaytish koeffitsiyenti:

$$K_{qay} = \frac{U_{qay}}{U_{ish}}; \quad (6.8)$$

Relening ish kuchlanishi:

$$U_{ish} = \frac{U_{ish\ min}}{K_z \cdot K_k \cdot n_T};$$

$U_{ish\ min}$ – nominal kuchlanishning $5 \div 10$ foiziga teng.
Sezgirlik koeffitsiyenti:

$$K_{sez} = \frac{U_{ish}}{U_{q\ max}} \geq 1,5.$$

Bu yerda: $U_{q\ max}$ – qisqa tutashuvdagi kuchlanish miqdori.

Bunday sxema o'rta va kichik uzunlikdagi liniyalarni himoya qilishda ishlatiladi.

Bunday MTX faqat qisqa tutashuv toklari paydo bo'lganda ishga tushadi, o'ta yuklanish toklarida esa ishga tushmaydi. Shuning uchun kuchlanish bo'yicha ishga tushuvchi MTX shikastlanish hodisalari ehtimoli ko'p bo'lgan liniyalarda, oddiy MTXning sezgirligi yetishmagani uchun qo'llaniladi.

6.4. Differensial himoyalar

Differensial – lotincha «ayirma» degan ma'noni anglatadi. Differensial tokli himoya esa toklarining ayirmasiga bog'liq ravishda ishlaydigan himoya hisoblanadi. Differensial himoyalar absolut tanlovchanlikka ega, ular liniyaning hamma uzunligi bo'yicha tez o'chirish uchun qo'llaniladi.

Avvalgi ko'rib chiqilgan TK esa liniyaning bir qisminigina himoya qiladi, ya'ni uning himoya oralig'i bor edi.

Differensial himoyalarning ikkita turi mavjud: bo'ylama va ko'ndalang differensial himoyalar.

Bo'ylama differensial himoyalar alohida elementlarni himoyalash uchun qo'llaniladi. Bunda himoyalananayotgan elementning boshidagi va oxiridagi toklar solishtiriladi.

Bu turdagi himoyalarni ikki xil sxema orqali yig'ish mumkin:

a) aylanuvchi toklar bilan;

b) muvozanatlangan kuchlanish bilan.

6.8-rasmda aylanuvchi toklar bilan yig'ilgan sxemada toklarning taqsimlanishi va ularning vektor diagrammalari ko'r-

$$I_{2I} = I_{1I} - I_{magI}^1; \quad (6.10)$$

Bu yerda: $I_{1I}^1 - I$ manbaning keltirilgan toki;
 $I_{magI}^1 - I$ tok transformatorining magnitlovchi toki;
 Xuddi shuningdek, $I_{2II} = I_{2II}^1 - I_{magII}^1$;

$$I_{1I}^1 = \frac{I_1}{n_1}; \quad I_{magI}^1 = \frac{I_{mag}}{n_T}; \quad (6.11)$$

Me'yoriy holatda reledan o'tayotgan tok:

$$I_R = I_{2I} - I_{2II} = I_{magII}^1 - I_{magI}^1 = I_{nb}, \quad (6.12)$$

bu yerda: I_{nb} – nobalanslik toki deb ataladi.

Yuqoridagi ifodadan ko'rinib turibdiki, reledan oqayotgan tok I_R magnitlovchi toklarga bog'liq, ular esa ikkita tok transformatori uchun har doim har xil bo'ladi. Himoyaning ishlash toki $I_{ishhim} > I_{nb.max}$ shartiga ko'ra aniqlanadi.

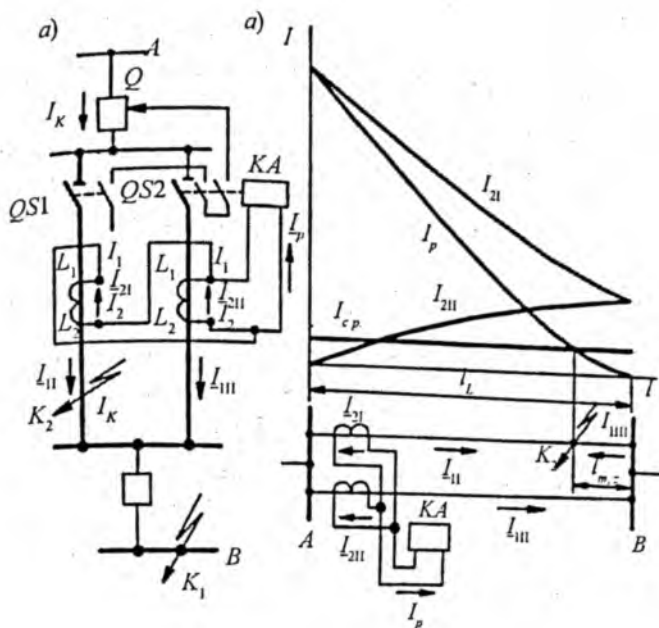
Qisqa tutashuv toki tarkibidagi tez so'nadigan tokning davriy bo'lmagan qismi tok transformatori o'zagining to'yinishiga sabab bo'ladi, bu esa, o'z navbatida, davriy tokning transformatsiyasiga salbiy ta'sir ko'rsatadi va natijadagi magnitlovchi tok I_{mag} ortadi.

Shuning uchun muvozanatlanmaganlik tokining maksimal qiymati nodavriy tokning maksimal vaqtiga to'g'ri keladi:

$$I_{ish} = K \cdot I_{nb.his.max}. \quad (6.13)$$

Ko'ndalang differensial himoyalar parallel liniyalarning bir xil nomli fazalaridagi toklarni solishtirishga (6.9-rasm) asoslangan. Bunda liniyalarning qarshiliklari teng yoki juda kam farq qilishi kerak.

Tok relesi KA faza toklarining ayirmasiga ulanadi. Bunda reledan o'tayotgan tok teng $= I_R = I_{2I} - I_{2II}$. Me'yoriy holatlarda, tashqi qisqa tutashuvlarda reledan faqat muvozanatlanmaganlik toki oqib o'tadi. Shuning uchun relening ishlash toki $I_{rish} = k_{ots} \cdot I_{nbx.max}$. Qisqa tutashuv K_2 nuqtada sodir bo'lsa, $I_R = I_{2I} - I_{2II} \geq I_{rish}$, bu tok himoyaning ishlashiga olib keladi, natijada o'chirgich o'chadi. Qisqa tutashuv himoya o'rnatilgan joydan uzoqlashgani sari toklar munosabati liniyaning qarshiligiga muvofiq ravishda o'zgarib boradi.



6.9-rasm. Liniyaning ko'ndalang differensial himoyasi:
a) ishlash prinsipi; b) «o'lik zona»ni aniqlash.

Liniyaning ma'lum bir uzunligida reledagi tok relening ishlash tokidan kichik bo'lib qoladi: $I_R < I_{\text{rish}}$, bu holatda himoya ishga tushmaydi. Liniyaning bu qismi «o'lik oraliq» deb aytiladi:

$l_{\text{o'l}} = I_{\text{xish}} \cdot l / I_k$, agar bu oraliqning uzunligi liniya uzunligining 10 % iga teng bo'lsa, himoya effektiv hisoblanadi.

6.5. Transformatorning himoyasi

Transformatorlarda yuz beradigan shikastlanishlar va me'yoriy bo'lmagan holatlar:

- 1) chulg'amlardagi va chiqish qismidan o'chirgichgacha oraliqda fazalararo va bir fazali qisqa tutashuvlar;
- 2) magnit o'tkazgichning shikastlanishi.

Bir fazali qisqa tutashuv fazaning yerga nisbatan yoki bir fazadagi chulg'amlar orasida bo'lishi mumkin. Ko'pincha, bir fazali va fazalararo qisqa tutashuv transformatorning chiqish qismidan o'chirgichgacha va chulg'amlarida sodir bo'ladi. Fazalararo izolatsiyaning mustahkamligi sababli fazalararo qisqa tutashuv juda kam uchraydi.

Betaraf nuqtasi izolatsiyalangan tarmoqlarda bitta fazali yerga tutashuv xavfli, shuning uchun himoya transformatorni o'chirishi kerak.

Betaraf nuqtasi zaminlanmagan tarmoqlarda esa shikastlanish toki uncha katta emas, shuning uchun sezgirliigi yuqori bo'lgan himoya kerak, bunda himoya signal berishga xizmat qiladi. Chulg'amlararo qisqa tutashuvda ham xuddi shunday bo'ladi.

Asosiy ichki shikastlanish – bu magnit o'tkazgichning qizishi, o'zak qatlamlari orasidagi izolatsiyaning buzilishi natijasida yuz beradi, oqibatda isrof oshadi, po'lat o'zak haddan tashqari qiziydi va izolatsiyani ishdan chiqaradi. Shuning uchun bu holatda elektr kattalikka ta'siran javob bermaydigan himoya kerak bo'ladi.

Yuqoridagi himoyalardan tashqari moyli transformatorlar uchun maxsus himoya – gazli himoya ham qo'llaniladi.

Magnit o'tkazgichning qizishi, chulg'amlararo qisqa tutashuvlar natijasida elektr yoy hosil bo'ladi va bu yoy ta'sirida moy va izolatsiya materiallari kimyoviy parchalanib, gaz hosil bo'ladi. Bu gazlarga ta'siran javob beradigan himoya gazli himoya deyiladi. Elektr yoyi fazalararo qisqa tutashuvlarda paydo bo'lishini e'tiborga olganda, gazli himoyani universal himoya desa bo'ladi.

Transformatorlarda sodir bo'ladigan me'yorida bo'lmagan holatlar quyidagilardan iborat:

1) transformatoridan tashqarida bo'ladigan qisqa tutashuvlar. Bu toklar chulg'amlarning izolatsiyasiga ta'sir qiladi va ulardan himoya qilish uchun MTX qo'llaniladi;

2) o'ta yuklanishda himoya signal berish uchun xizmat qiladi. O'ta yuklanish toklarining ruxsatlangan qiymatlari:

I_{yuk} / I_{nom}	1,3	1,75	2
$t_{rux} (min)$	120	20	10

Xizmat ko'rsatuvchi xodimi bo'lmagan podstantsiyalarda himoya transformatorni o'chirishga yoki yuklamani kamaytirishga ishlashi kerak;

3) moy miqdorining kamayishi.

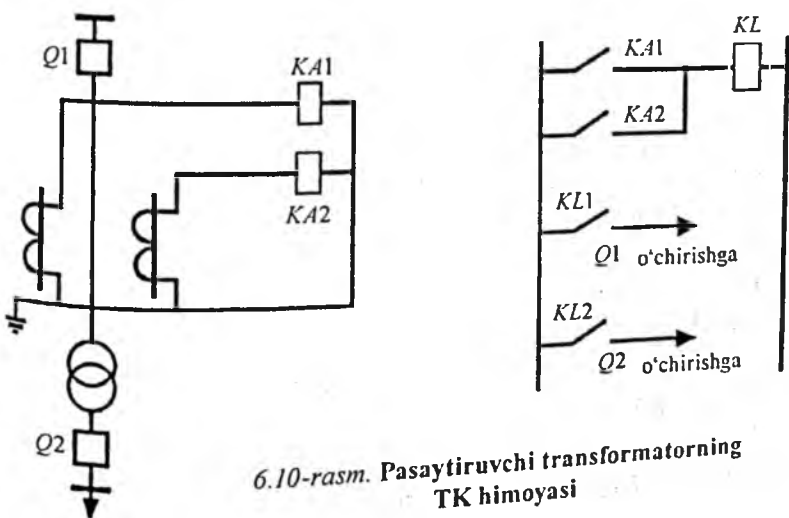
Tokli himoyalar. Eng oddiy tokli himoya – bu MTX hisoblanadi. MTX ning sezgirligi yetarli bo'lmasa, kuchlanish bo'yicha ishga tushadigan MTX qo'llaniladi. Himoyaning sezgirligi yuqori bo'lishi kerak, chunki qisqa tutashuv tokining qiymati asosan bitta stansiya quvvati bilan bog'liq. Kuchlanishni pasaytiruvchi transformatorlarning himoya sezgirligini aniqlashda sistemadan oqadigan toklar yig'indisi ishlatiladi.

Kichik va o'rta quvvatli ($S_N < 6,3$ MVA) transformatorlar uchun fazalararo qisqa tutashuvdan 2 pog'onali himoya qo'llaniladi; 1-pog'ona tokli kesim (6.10-rasm), 2-pog'ona – MTX himoya manba tomonga o'rnatiladi.

Ishonchli himoya tashkil qilish uchun Q1 va Q2 o'chirgichlar o'chishi kerak. Bir taraffli ta'minlangan tarmoqlarda Q1 ni o'chirish yetarli bo'ladi.

Tarmoqning betaraf nuqtasi holatiga bog'liq holda 3 fazali va 2 fazali himoyalar qo'llaniladi.

TK – eng sodda va eng tezkor himoya. Lekin bu himoya yordamida katta toklarni ma'lum bir oraliqda o'chirish mumkin. Oraliq transformatorning bir qismini o'z ichiga oladi. Bunda chulg'amli ham yerga ulangan tutashuvlarda, gazli himoya bilan birga yig'ilgan sxemalar kichik quvvatli transformatorlar uchun yaxshi natija beradi.



6.10-rasm. Pasaytiruvchi transformatorning TK himoyasi

Himoyaning parametrlari TK uchun ikki shart bilan aniqlanadi:

$$I_{ish} = K_n \cdot I_{k.t.max}, \quad (6.14)$$

bu yerda: K_n – relening turiga bog‘liq ravishda $1,25 \div 1,5$ ga teng deb olinadi;

$I_{k.t.max}$ – transformatoridan keyingi joydagi qisqa tutashuv tokining maksimal qiymati.

$$I_{ish} > I_{mag},$$

bu yerda: I_{mag} – magnitlovchi tokning sakrashi.

MTX uchun:

$$I_{ish} = \frac{K_n \cdot K_{smz}}{K_h} \cdot I_{ish.max}, \quad (6.15)$$

bu yerda: K_z – kuchlanish pasayganda o‘chib, keyin o‘z-o‘zidan ishga tushuvchi motorlarning toklarini hisobga oluvchi koeffitsiyent;

$I_{ish.max}$ – me‘yoriy ish holatdagi yuklama toklarining maksimal qiymati (bu tok har xil holatlar uchun alohida olinadi).

Sezgirlik koeffitsiyenti $K_{sez} = \frac{I_{k.t.min}}{I_{ish}} \geq 1,3$ bo‘lsa, himoya sezgir hisoblanadi, aks holda sezgirliigi yuqoriroq bo‘lgan himoya qo‘llanishi kerak.

Himoyaning ish vaqti: $t_{him} = t_l + \Delta t$;

bu yerda: t_l – transformatoridan ta‘minlanayotgan liniyalar himoyasining eng katta sabr vaqti.

Bir to‘rafdandan ta‘minlanayotgan uch chulg‘amli transformatorlarning O‘K va PK chulg‘amlarida, shu to‘rfaflaridagi o‘chiruvchi qurilmalarga ta‘sir ko‘rsatadigan alohida MTX o‘rnatiladi.

Uchinchi himoya YK to‘rfiga o‘rnatiladi va bu himoya O‘K va PK chulg‘amlar uchun xazira bo‘lib xizmat qiladi. U holda $t_1 > t_2 > t_3$, ya‘ni YKdagi himoyaning sabr vaqti O‘K va PK to‘rafdagidan katta bo‘ladi.

Ikki va undan ko‘p to‘rafdandan ta‘minlanuvchi transformatorlar uchun yo‘naltirilgan himoyalar qo‘llaniladi.

O'ta yuklanishdan himoya. Bu himoya bitta fazaga ulangan tok relesi yordamida bajariladi. Himoyaning ishlash toki:

$$I_{ish} = \frac{K_n}{K_{qayt}} \cdot I_{nom}, \quad (6.16)$$

bu yerda: K_n – ishonchlilik koeffitsiyenti, 1,05 ga teng qilib olinadi;

I_{nom} – transformatorning nominal toki;

K_{qayt} – relening qaytish koeffitsiyenti.

Himoyaning sabr vaqti: $t = t_{maxh} + \Delta t$;

bu yerda: t_{maxh} – transformatoridan ta'minlanuvchi iste'molchilar himoyasining eng katta sabr vaqti.

Bu himoya pog'onali bo'lib, birinchisi – signal berish uchun, ikkinchisi – bir qism iste'molchilarni o'chirish uchun, uchinchisi – transformatorni o'chirishga xizmat qiladi.

Birinchii pog'onaning sabr vaqti: $t_1 = t_{MTX} + \Delta t$;

Ikkinchi pog'onaning sabr vaqti: $t_2 < t_{rux}$;

t_{rux} – ruxsatlangan vaqt, transformatorning o'ta yuklanish qobiliyatiga bog'liq.

Uch chulg'amli transformatorlarda o'ta yuklanishdan himoya, asosan, ta'minlovchi chulg'amda o'rnatiladi, agar chulg'amlar bir xil yuklanmagan bo'lsa, barcha chulg'amlarda o'rnatilishi kerak.

Transformatorning differensial himoyasi. Transformatorning chulg'amlarida, o'chirgich bilan ulangan qismlarida bo'ladigan shikastlanishlarni tez o'chirish uchun differensial himoya qo'llaniladi. Himoyalananayotgan transformatorning ikki tarafiga tok transformatori o'rnatiladi. Ularning ikkilamchi chulg'amlari va tok relesi aylanuvchi toklar sxemasiga mos holda ulanadi.

Yuklama toki o'tayotganda transformatorning o'chirgich bilan ulangan qismida qisqa tutashuv sodir bo'lsa, reledan o'tayotgan tok:

$$I_t = I_{2I} - I_{2II}.$$

Agar qisqa tutashuv transformatorlarda bo'lsa,

$$I_T = I_{2I} + I_{2II}.$$

Tanlovchanlik sharti bajarilishi uchun ikkilamchi toklarni tenglashtirish zarur:

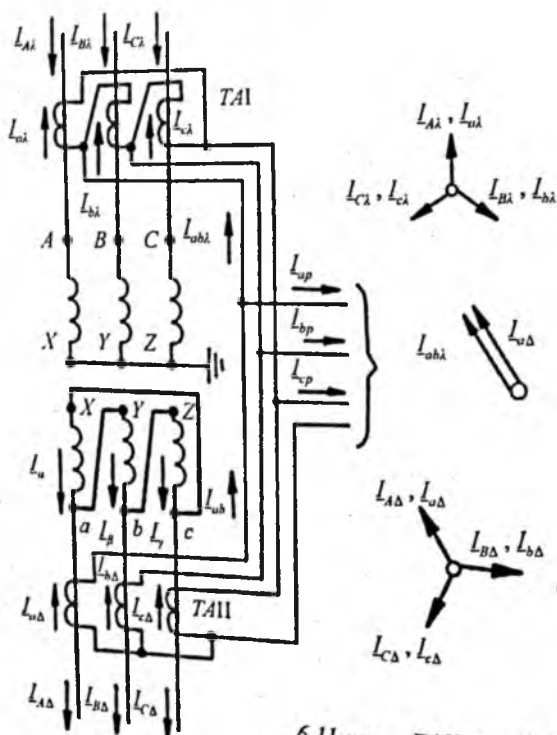
$$I_{2I} = I_{2II}.$$

Tok transformatorlarining birlamchi chulg'amlardagi toklar qiymati har xil, Y/ Δ – guruhiga taalluqli kuch transformatorlari uchun bu toklar faza bo'yicha ham farq qiladi.

Faza bo'yicha farqini kompensatsiya qilish uchun TTning ikkilamchi chulg'amlari yulduz tomonida (TAI) uchburchak, uchburchak (TAII) tomonida yulduz usulida (6.11-rasm) ulanadi.

Ikkilamchi toklarni tenglashtirish uchun TTlarning transformatsiya koeffitsiyentini tanlab olish kerak:

1) kuch transformatorining guruhi Y/Y; n – transformatsiya koeffitsiyenti bo'lsa, $\frac{I_I}{n_{TI}} = \frac{I_{II}}{n_{TII}}$; yoki $\frac{n_{TII}}{n_{TI}} = \frac{I_{II}}{I_I} = N$;



6.11-rasm. Differensial sxemalarda toklarning taqsimlanishi

2) kuch transformatorlarining guruhi Y/ Δ bo'lganda

$$\frac{I_I}{n_{TI}} \cdot \sqrt{3} = \frac{I_{II}}{n_{TII}} \quad \text{yoki} \quad \frac{n_{TII}}{n_{TI}} = \frac{I_{II}}{I_I \cdot \sqrt{3}} = \frac{N}{3}.$$

Hisobiy transformatsiya koeffitsiyentlari keltirilgandan farq qiladi, buning natijasida muvozanatlanmagan tokining yana bir tashkil etuvchisi hosil bo'ladi:

$$I_{nb_{teng}} = (\Delta f_{teng} / 100) \cdot (I_{k_{ish}}^{(3)} / N),$$

bu yerda: $\Delta f_{teng} = [(I_{2I} - I_{2II}) / I_{2I}] \cdot 100$ — tenglashtirishdagi xatolik Δf_{teng} 5 % dan oshmasligi kerak, agar oshsa, tenglashtirish uchun maxsus relelar qo'llaniladi.

Kuch transformatorlari ishga tushirilayotganda va tashqi qisqa tutashuvlarni o'chirgandan keyin kuchlanish ko'tarilganda o'tkazgichda magnitlovchi toklar hosil bo'ladi. Differensial himoya bu toklarda ishga tushmasligi uchun ishlash toki quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{ish.him} \geq K_{soz} \cdot I_{nam},$$

bu yerda: K_{soz} — sozlash koeffitsiyenti ($K_{soz} = 0,3 \div 4,5$). Koeffitsiyentning qiymati ishlatilayotgan relening turiga bog'liq.

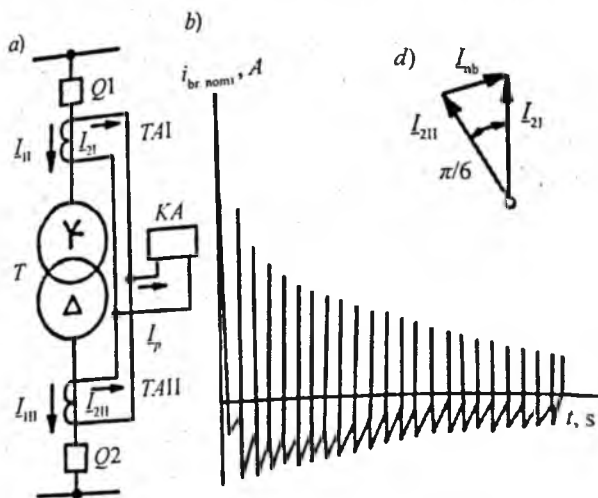
Kuch transformatorining transformatsiya koeffitsiyentining o'zgarishi differensial himoyadagi toklarga ta'sir ko'rsatadi. Natijada yana bir muvozanatlanmagan $I_{nb_{rost}}$ toki hosil bo'ladi. Bu tok kuchlanishni rostlashdagi oraliqqa bog'liq (ΔU_{rost}):

$$I_{nb_{rost}} = (K_c / 100) \cdot (I_{k.mash} / N). \quad (6.17)$$

Yuqoridagi aytilganidek, differensial himoya (6.12-rasm) uchun 2 ta tok transformatori ishlatiladi. Ularning umumiy xatoligi bilan bog'liq bo'lgan muvozanatlanmagan toki ($K_x = f(\text{xatolik})$):

$$I_{nb_{xat}} = (K_x / 100) \cdot (I_{k.tash}^{(3)} / N).$$

Xulosa qilib aytganda, differensial himoyaning muvozanatlanmagan toklari tashqi qisqa tutashuvlarda bir necha tashkil etuvchilardan iborat:



6.12-rasm. Ikki chulg'amli transformatorning differensial himoya sxemasi

$$I_{nb_{max}} = I_{nb_{teng}} + I_{nb_{rost}} + I_{nb_{xal}} = [(\Delta f_{teng} + \Delta U_{rost} + K_c)/100] \cdot (I_{k.tash}/N). \quad (6.18)$$

Tashkil etuvchilarning maksimal qiymatida:

$$I_{nb_{max}} = 0,4 I_{k.tash}^{(3)}/N.$$

Differensial himoyaning ishlash toki bu toklardan katta bo'lishi kerak:

$$I_{ish_{him}} \geq I_{nb_{max}}.$$

Himoyaning ishlash toki 2 ta shartning kattasiga qarab olinadi.

$$\text{Sezgirlik koeffitsiyenti } K_r = \frac{I_{k.tash}^{(2)}}{I_{sz}};$$

Bu yerda $I_{k.tash}^{(2)}$ – kuch transformatorining PK tarafidagi 2 fazali qisqa tutashuv toki.

Talabga muvofiq bu koeffitsiyent $2 \leq K_r \leq 1,5$ oraliqda bo'lishi shart.

Transformatorning differensial himoyasi differensial tokli kesim va tez to'yinuvchi tok transformatorli usullar yordamida amalga oshirilishi mumkin.

6.6. Asinxron va sinxron motorlar himoyasi

Motorlarning shikastlanish turlari va muvozanat tartiblari. Motorlarda quyidagi shikastlanishlar bo'lishi mumkin: stator chulg'amida ko'p fazali hamda bir fazali qisqa tutashuvlar, bir fazadagi chulg'amlarning o'zaro tutashuvi, sinxron motorlar uchun rotor chulg'aming zaminlanishi. Bu shikastlanishlar natijasida motorda tok oshadi, tarmoqda kuchlanish pasayishi sodir bo'ladi. Shuning uchun ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoya sabr vaqtisiz o'chirishga xizmat qiladi.

Motorning 1 fazali qisqa tutashuvdan himoyasi tarmoqning betaraf nuqtasi holati bilan aniqlanadi.

1000 V gacha tarmoqlarda betaraf nuqta yerga zaminlangan bo'ladi va bu yerda 1 fazali qisqa tutashuv sabr vaqtisiz o'chiriladi.

Yuqori kuchlanishli tarmoqlarning betaraf nuqtasi yerdan izolatsiyalangan yoki yoy so'ndiruvchi reaktor orqali ulangan bo'ladi. Bunday tarmoqlarda 1 fazali qisqa tutashuv ko'p hollarda xavfli hisoblanmaydi. Shuning uchun himoya faqat xabar berish uchun ishlaydi.

1 fazali qisqa tutashuvdan maxsus himoya qisqa tutashuv toki $I_{3, \max} \geq 10 \text{ A}$ bo'lganda, quvvati 2 MW dan yuqori, kuchlanishi 1000 V gacha bo'lgan motorlar uchun qo'llaniladi.

Chulg'amlarning o'zaro tutashuvi natijasida nominal tok oshadi, magnitli o'zak va shikastlanmagan chulg'amlar ortiqcha qiziydi, bu holat izolatsiyaning yanada ko'proq buzilishiga olib keladi. Shuning uchun filtrli tok himoyasi taklif etiladi.

Motorlarning me'yorda bo'lmagan tartiblari:

- yuklama ortishi;
- kuchlanishning pasayishi natijasida aylanish tezligining kamayishi;
- ta'minlovchi tarmoq fazasining uzilishi;
- motorning mexanik qismining shikastlanishi.

Asinxron motorlarning himoya turlari. Kichik quvvatli, kuchlanishi 1000 V gacha bo'lgan motorlarni himoyalash uchun eruvchan saqlagichlar ishlatiladi. Bunda tokning maksimal qiymati $I_{\text{ish max}}$ sifatida motorning nominal $I_{\text{dv nom}}$ toki olinadi.

O'ta yuklanish toki $I_{o'y}$ ishga tushish toki $I_{ish\ max}$ ga teng qilib olinadi.

Saqlagichning eruvchan qismidagi tok $I_{eq\ nom}$ quyidagi shartlar asosida tanlanadi:

$$I_{eq\ nom} \geq k_{ots} \cdot I_{ish\ max};$$

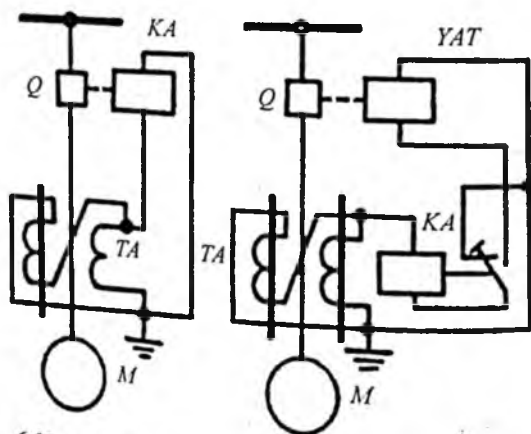
$$I_{eq\ nom} \geq I_{o'y} \cdot K_{o'y}.$$

Quvvati 2000 kW dan yuqori bo'lgan motorlar uchun 2 ta releli sabr vaqtisiz tokli kesim ishlatiladi, quvvati 5000 kW dan yuqori bo'lgan motorlar uchun TK 3 ta rele yordamida bajariladi.

Ichki qisqa tutashuvdan quvvati 2 MW va undan katta bo'lgan motorlar uchun differensial tokli himoya (chunki motor ta'minlash manbasidan uzoqda joylashgan) qo'llaniladi. Agar MTX talab qilingan sezgirlikni ta'minlamasa, bir fazali qisqa tutashuvdan himoya bir transformatorli nol ketma-ketlik filtriga ulanadi. Differensial tokli himoya quvvati 2 MW va undan katta bo'lgan motorlar uchun ishlatiladi.

Asinxron motorning maksimal tokli himoyasi bevosita ta'sir etuvchi releli, bilvosita ta'sir etuvchi releli qilib bajariladi.

Betaraf nuqtasi yerdan izolatsiyalangan tarmoqlarda ishlovchi motorlarning himoyasi faqat ikki fazali qisqa tutashuvlarda ishga tushadi. Himoya, odatda, ikki fazali va bir releli qilib bajariladi.



6.13-rasm. Asinxron motorlar TK sxemalari

Asinxron motorning katta toklardan tokli himoyasi. Himoya, odatda, sabr vaqti xarakteristikasi tokka qisman bog'liq bo'lgan (6.13-rasm) tok rele si yordamida bajariladi. Himoyaning ishlash toki motorning nominal tokini hisobga oigan holda aniqlanadi.

Sabr vaqti topilayotganda ikki shartning bajarilishi hisobga olinadi:

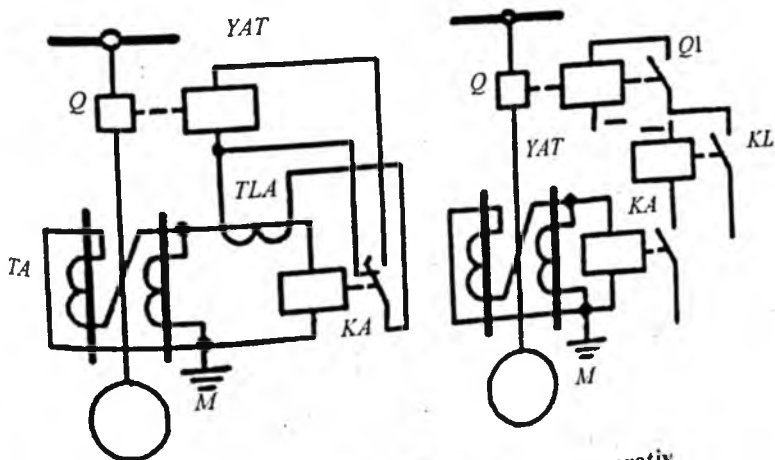
- me'yorli ishga tushirishda yoki o'z-o'zidan ishga tushishida ishlab ketmasligi;
- chulg'am qizib ketmasligi.

Odatda, bular bir-biri bilan bog'langan, ishga tushish va o'z-o'zidan ishga tushish vaqti 10–15 sekundni tashkil qiladi, shuning uchun tok relesining maxsus turlari kerak bo'ladi.

Katta quvvatli kuchlanishi 1000 V dan yuqori motorlar uchun differensial tokli himoya qo'llaniladi.

Differensial tokli himoya. Quvvati katta bo'lmagan motorlarda differensial tokli himoya, odatda, ikkita tok rele si orqali ikki fazali qilib bajariladi. Bunda sezgirlik darajasi yetarli yuqori bo'ladi:

$$K_{\text{sez}} = \frac{I_{\text{q.min}}^{(2)}}{I_{\text{sz}}},$$



6.14-rasm. O'zgaruvchan va o'zgarmas operativ tokda ishlovchi sxemalar

$I_{sz} = (1,5 - 2) I_{nom}$ (ikki fazali qisqa tutashuvda).

Quvvati (5000 kW va undan yuqori) motorlar uchun:

- sezgirlikni oshirish uchun differensial zanjirda to'yingan tok transformatorli tok relesi qo'llaniladi;
- differensial himoya uch fazali qilib bajariladi.

Betaraf nuqtasi yerdan izolatsiyalangan tarmoqlar uchun nol ketma-ketlik himoya toklari filtriga ulanadi. U, odatda, nol ketma-ketlik tok transformatori yordamida bajarilib, motor ulangan kabellarga ulanadi. Himoya sabr vaqtisiz o'chirishga ta'sir etadi.

Asinxron motorlar uchun minimal kuchlanishli himoya-ning vazifasi o'ta muhim motorlarning o'z-o'zidan ishga tushish shartini ta'minlash o'z-o'zidan ishga tushish mumkin bo'lgan holatda motorning qizib ketishining oldini olish hamda texnologik jarayon va texnika xavfsizligi shartlarini ta'minlashdir.

Himoyaning sabr vaqti o'ta muhim motorlarning o'z-o'zidan ishga tushishini ta'minlash sharti bo'yicha tanlanadi va ishlash vaqti imkoni boricha kichik bo'lishi kerak. Boshqa tomondan, kuchlanishning qisqa vaqtli pasayishlarida motorlarni o'chirish mumkin emas. Shuning uchun $t \approx 0,5$ s yetarli hisoblanadi.

Texnologik jarayon va texnika xavfsizligi bo'yicha motorlarni o'chirish uchun mo'ljallangan himoyaning sabr vaqti shunday tanlanishi kerakki, bunda ular tarmoqda kuchlanish uzoq vaqt davomida pasayganda yoki yo'qolganda ishlasin. Odatda, bu $t = 9 \div 10$ s ni tashkil etadi.

Himoyaning ish kuchlanishi tashqi qisqa tutashuv o'chirilgandan so'ng o'z-o'zidan ishga tushishni va minimal kuchlanish relesi qaytarishni ta'minlash shartlari bo'yicha tanlanadi:

$$U_{sz} \approx (0,6 \div 0,7) U_{nom}.$$

Agar himoya muhim motorlarni o'chirishi kerak bo'lsa, unda qo'shimcha ishga tushirish uskunasi ko'zda tutiladi:

$$U_{sz} \approx (0,45 \div 0,5) U_{nom}.$$

Sinxron motorlar himoyasi. Sinxron motorlarning shikastlanishi ko'p fazali va bir fazali qisqa tutashuvlar ta'sirida bo'lishi

mumkin. Ulardan himoya sabr vaqtsiz qilib bajariladi. Sinxron motorlardagi 1 fazali qisqa tutashuvlardan himoya asinxron motorlar himoyasiga o'xshab, himoyaviy o'chirishga ta'sir etadi. Sinxron motorlarning me'yorida bo'lmagan ish tartiblari quyidagilardan iborat:

- yuklamaning ortishi;
- ishga tushish vaqtining uzoq davom etishi;
- asinxron tartib.

Sinxron motorlarning yuklama ortishidan himoyasi asinxron motorlar himoyasiga o'xshab bajariladi. Sinxron motorning sinxronlikdan chiqib ketishi oqibatida asinxron tartib sodir bo'ladi. Bu quyidagilar natijasida bo'lishi mumkin:

- tarmoqdagi kuchlanish pasayishi;
- qo'zg'atish tokining kamayishi;
- yuklamaning ortishi.

Sinxron motor uzoq asinxron tartibga mo'ljallanmagan. Shuning uchun asinxron tartibda himoya o'rnatiladi.

Muhim bo'lmagan motorlarda himoya o'chirishga ta'sir etadi.

O'ta muhim motorlarda himoya sinxronidan chiqish qurilmasiga, avtomatik yuklamani olish yoki o'chirishga ta'sir etadi. Sinxron motorlarning himoya turlari asinxron motorlarnikiga o'xshagan bo'ladi.

Sinxron motorning asinxron tartibdan himoyalash sxemalari (6.14-rasm) o'zgarmas va o'zgaruvchan operativ toklarda bajariladi.

Nazorat savollari

1. Elektr ta'minoti tizimi elementlarida shikastlanish va me'yorda bo'lmagan holatlarning sabablari nimada?
2. Elektr ta'minoti tizimida qisqa tutashuv turlarini keltiring.
3. Tokli himoyalarning turlari qanday?
4. Maksimal tokli himoyaning ishlash tokini aniqlang.
5. Himoyaning sabr vaqtini toping.
6. MTX sxemalarni ko'rsating.
7. Kuchlanish bo'yicha ishga tushuvchi MTX afzalliklari.
8. Differensial so'zining ma'nosi nima?
9. Differensial himoya parametrlarini aniqlash ifodalarini keltiring.

10. Muvozanatsizlik toki nima?
11. «O'lik oraliq» nima?
12. Transformatorlardagi shikastlanishlarni ta'riflang.
13. Transformatorlardagi me'yorsizlik holatlarini tushuntiring.
14. Gazli himoyaning vazifasi.
15. Transformatorlarda tokli himoyalar turlari.
16. O'ta yuklanishdan himoya qanday bajariladi?
17. Motorlarning shikastlanish turlari va me'yorsizlik tartiblarini sanab o'ting.
18. Asinxron motorlar himoyalarni bilasizmi?
19. Asinxron motorning o'ta toklardan tokli himoyasini tushuntirib bering.
20. Asinxron motorlar uchun minimal kuchlanishli himoya nima uchun qo'llaniladi?
21. Himoyaning sabr vaqti va ish kuchlanishi qanday tanlanadi?
22. Sinxron motorlarda qanday himoyalar qo'llaniladi?

ILOVALAR

1-Ilova

CI tizimida mexanik kattaliklarning birliklari

Kattalikning nomlanishi	Birliklarning nomlanishi	CI birligida yozilishi	Birliklarning belgilanishi	
			kirillcha	xalqaro
Uzunlik	Metr	m	м	m
Massa	Kilogramm	kg	кг	kg
Vaqt	Sekunda	s	с	s
Yuza	Kvadrat metr	m ²	м ²	m ²
Hajm	Kub metr	m ³	м ³	m ³
Kuch, og'irlik	Nyuton	kg·m/s ²	H	N
Zichlik	Kilogrammning metr kubga nisbati	kg/m ³	кг/м ³	kg/m ³
Kuch momenti	Nyuton-metr	kg·m ² /s ²	H·m	N·m
Ish, energiya	Joul	kg·m ² /s ²	Дж	J
Quvvat	Vatt	kg·m ² /s ² =j/s	Вт	W
Bosim	Paskal	kg/(m·s ²)=N/m ²	Па	Pa
Harakat birligi	Kilogramm-metrning sekunda nisbati	kg·m/s	кг·м/с	kg·m/s
Harakat birligining momenti	Kilogramm-metr kvadratning sekunda nisbati	kg·m ² /s= =N·m	кг·м ² /с	kg·m ² /s
Inersiya momenti	Kilogramm-metr kvadrati	kg·m ²	кг·м ²	kg·m ²
Tezlik	Metrning sekunda nisbati	m/s	м/с	m/s
Tezlanish	Metrning sekund kvadratiga nisbati	m/s ²	м/с ²	m/s ²
Burchak tezligi	Radianning sekunda nisbati	s ⁻¹	рад/с	rad/s
Burchak tezlanish	Radianning sekund kvadratiga nisbati	s ⁻²	рад/с ²	rad/s ²
Davr	Sekund	s	с	s
Davriy jarayon chastotasi	Gers	s ⁻¹	Гц	Hz

CI TIZIMIDA ELEKTROMAGNIT KATTALIKLARNING BIRLIKLARI

Kattalikning nomlanishi	Birliklarning nomlanishi	CI birligida yozilishi	Birliklarning belgilanishi	
			kirill	xalqaro
Elektr kattaliklar				
Elektr tok kuchi	Amper	A	A	A
Elektr zaryad miqdori	Kulon	$A \cdot s = Kl$	Kl	C
Elektr potensial, kuchlanish, EYK	Volt	$kg \cdot m^2/(As^3) = V$	B	V
Elektr maydon kuchlanganligi	Voltning metrga nisbati	$kg \cdot m/(As^3) = V/m$	B/M	V/m
Absolut dielektrik singdiruvchanlik	Faradning metrga nisbati	$A^2s^4/(kg \cdot m^3)$	F/M	F/m
Elektr sig'im	Farad	$A^2 \cdot s^4/(kg \cdot m^2) = s/\Omega$	Φ	F
Tok zichligi	Amperning metr kvadratga nisbati	A/m^2	A/M^2	A/m^2
Elektr qarshilik	Om	$kg \cdot m^2/(A^3s^3) = V/A$	OM	Ω
Elektr o'tkazuvchanlik	Simens	$A^2s^3/(kg \cdot m^2) = 1/\Omega$	CM	S
Solishtirma elektr qarshilik	Om-metr	$kg \cdot m^3/(A^2s^3) = \Omega \cdot m$	OM · M	$\Omega \cdot m$
Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik	Simensning metrga nisbati	$A^2s^3/(kg \cdot m^2) = 1/\Omega \cdot m$	CM/M	S/m
To'la quvvat	Volt-amper	$kg \cdot m^2/s^3$	BA	VA
Aktiv quvvat	Vatt	$kg \cdot m^2/s^3$	B _T	W
Reaktiv quvvat	var	$kg \cdot m^2/s^3$	Bap	VAr

Magnit kattaliklar

Absolut magnit o'tkazuvchanlik	Genrining metrga nisbati	$\text{kg} \cdot \text{m}/(\text{A}^2 \cdot \text{s}^2)$	$\Gamma_{\text{H}}/\text{M}$	H/m
Elektr tokining magnit momenti, dipolning magnit momenti	Ampermetr kvadrat	$\text{A} \cdot \text{m}^2$	$\text{A} \cdot \text{M}^2$	$\text{A} \cdot \text{m}^2$
Magnitlanish	Amperning metrga nisbati	A/m	A/M	A/m
Magnit maydon kuchlanganligi	Amperning metrga nisbati	A/m	A/M	A/m
Induktivlik, o'z induktivlik	Genri	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/(\text{A}^2 \cdot \text{s}^2) = \text{Vs}/\text{A} = \text{Vb}/\text{A} = \Omega \cdot \text{s}$	Γ_{H}	H
Magnit yurituvchi kuch, skalar magnit potentsiallar farqi	Amper	A	A	A

3-ilova

Amaliyotda foydalaniladigan fizik kattaliklar birliklari

Uzunlikning boshqa birliklardagi o'lchov birliklari

- $1 \text{ mk (mikron)} = 1 \text{ mikrometr (mkm)} = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-4} \text{ sm}$
 $1 \text{ nm (millimikron)} = 1 \text{ nanometr} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-6} \text{ mm}$
 $1 \text{ A (angstrom - 01.01.1980 gacha)} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ sm}$
 $1 \text{ dengiz milyasi (belgilanadigan muddatgacha amal qiladi)} = 1852 \text{ m (aniq)}$

Ish va energiya o'lchov birliklari

- $1 \text{ kal (xalqaro)} = 4,1866 \text{ J}$
 $1 \text{ ot kuchi} \cdot \text{soat (o.k-s)} = 2,648 \cdot 10^3$
 $1 \text{ tert} = 29,3 \text{ kW} \cdot \text{soat} = 105,5 \cdot 10^6 \text{ J}$

Quvvat o'lchov birliklari

$$1 \text{ kilokaloriya } 1 \text{ soatda} = 1,163 \text{ W}$$

$$1 \text{ ot kuchi (o.k.)} = 75 \text{ kgs} \cdot \text{m/s} = 735,499 \text{ W}$$

Kuch o'lchov birliklari

$$1 \text{ din (dina)} = 10^{-5} \text{ N}$$

$$1 \text{ g} \cdot \text{s (gramm-kuch)} = 9,80665 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$1 \text{ kg} \cdot \text{s (kilogramm-kuch)} = 9,80665 \text{ N}$$

$$1 \text{ t} \cdot \text{s (tonna-kuch)} = 9806,65 \text{ N}$$

Bosim o'lchov birliklari

$$1 \text{ kg} \cdot \text{s/m}^2 = 98066,5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ at (texnik atmosfera)} = 1 \text{ kgs/sm}^2 = 98066,5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm (fizik atmosfera)} = 10,1325 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 1,02 \text{ at} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mm. sim. ust (bir millimetr simob ustuni)} = 13,595 \text{ kg} \cdot \text{s/m}^2 = 133,322 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mm suv ust.} = 1 \text{ kg} \cdot \text{s/m}^2 = 9,80665 \text{ Pa}$$

Tezlik o'lchov birliklari

$$1 \text{ km/soat} = 0,278 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ uz. (uzel)} = 1 \text{ soatiga } 1 \text{ dengiz milyasi} = 1,852 \text{ km/s} = 0,514 \text{ m/s}$$

Elektr kattaliklarning o'lchov birliklari

$$10 \text{ m mm}^2/\text{m} = 10^{-6} \Omega \text{ m}$$

$$1 \text{ Mks (Maksvell)} = 10^{-8} \text{ Vb}$$

$$1 \text{ Gs (Gauss)} = 10^{-4} \text{ Tl}$$

$$1 \text{ Gb (Gilbert)} = (10/4\pi) \text{ A}$$

$$1 \text{ E (Ersted)} = (10^3/4\pi) \text{ A/m}$$

$$1 \text{ erg (erg)} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ J}$$

Elektrotexnikada foydalaniladigan fizik konstantalar

Elementar zaryad (elektron zaryadi):

$$e = 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Elektr doimiysi:

$$\epsilon_0 = 1/\mu_0 S_0 = 8,85418782 \cdot 10^{12} \text{ F/m} \approx 1/4\pi \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ F/m},$$

bu yerda $S_0 = 299792458 \text{ m/s}$ – nurning vakuumdagi tezligi

Magnit doimiysi:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Gn/m} = 4\pi \cdot 10^9 \cdot \text{Gn/sm}.$$

Gravitatsiya doimiysi:

$$G = 6,6720 \cdot 10^{-11} \cdot \text{m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2) = 6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

Normal tezlanish:

$$g_n = 9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Plank doimiysi:

$$h = 6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ j/K}$$

Bolsman doimiysi:

$$k = R/N_a = 1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ j/K}$$

Universal gaz doimiysi:

$$R = pV/T = 8,31441 \text{ j/(K} \cdot \text{mol)},$$

Bu yerda: p – bosim, Pa; V – normal hajm, m^3 .

Ideal gaz hajmiy kengayishining harorat koeffitsiyenti:

$$\alpha = 0,00366 \text{ K}^{-1}$$

Avogadro soni:

$$N_a = 6,022045 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Faradey soni:

$$F = N_a e = 96484,56 \text{ Cl/mol}.$$

Elektr magnit kattaliklarni belgilash uchun qabul qilingan lotin va yunon alifbosi harflari

- A* – chiziqli tok zichligi, vektor magnit potensial.
B – magnit induksiya.
B, b – reaktiv o'tkazuvchanlik.
C – sig'im.
c – elektromagnit to'lqin tarqalish tezligi (c_0 – vakuumda).
D – elektr siljish.
E – elektr maydon kuchlanganligi.
E, e – elektr yurituvchi kuch (EYK).
F – magnit yurituvchi kuch.
f – tebranish chastotasi (f_0 – rezonans).
G, g – aktiv o'tkazuvchanlik.
N – magnit maydon kuchlanganligi.
I, i – tok.
J – tok zichligi; inersiya momenti.
k – aloqa ko'effitsiyenti.
L – xususiy induktivlik
M – o'zaro induktivlik; magnitlanish; motorning aylanish momenti.
m – magnit moment.
N – chulg'amlar soni; magnitsizlantirish ko'effitsiyenti.
n – transformatsiya ko'effitsiyenti; chulg'amlar soni nisbati.
P – quvvat, aktiv quvvat; qutblanganlik.
p – elektr moment; solishtirma quvvat; qutb juftliklari soni.
Q – reaktiv quvvat; asllik; issiqlik miqdori.
Q, q – zaryad.
R, r – elektr qarshilik; aktiv qarshilik.
S – to'la quvvat; o'tkazgich kesimi.
T – tebranish davri.
U, u – kuchlanish.
W – elektromagnit energiya.
w – chulg'amlar soni; solishtirma elektromagnit energiya.

X, x – reaktiv qarshilik.
 Y, y – to'la o'tkazuvchanlik.
 Z, z – to'la qarshilik.

Yunon alifbosi harflari

A – so'nish doimiysi.
 α – so'nish ko'effitsiyenti.
 V – fazalar doimiysi.
 β – faza ko'effitsiyenti.
 G – uzatish doimiysi.
 γ – tarqalish ko'effitsiyenti; solishtirma elektr o'tkazuvchanlik.
 δ – nobudgarchilik ko'effitsiyenti.
 ε – dielektrik singdiruvchanlik (ε_0 – elektr doimiysi).
 θ – tebranishning logarifmik dekrementi.
 x – magnit ta'sirchanlik.
 λ – elektromagnit to'lqin uzunligi; quvvat ko'effitsiyenti.
 μ – magnit singdiruvchanlik (μ_0 – magnit doimiysi).
 P – Poynting vektori.
 ρ – qaytarish ko'effitsiyenti; elektr zaryadning hajmiy zichligi; solishtirma elektr qarshilik.
 σ – elektr zaryadning tashqi zichligi; solishtirma elektr o'tkazuvchanlik.
 τ – elektr zaryadning chiziqli zichligi; vaqt doimiysi.
 F – magnit oqimi.
 φ – elektr potensial; tok va kuchlanish orasidagi burchak.
 χ – dielektrik ta'sirchanlik.
 ψ – oqim ilakishi.
 Ω, ω – tebranishning burchak chastotasi; aylanish burchak chastotasi.

Indekslarni qo'llashga misollar

ε_a – absolut dielektrik singdiruvchanlik.
 Z_v – to'lqin qarshiligi.
 r_{ich} – ichki qarshilik.
 z_s – xarakteristik qarshilik.
 u_{kir} – kirish kuchlanishi.

u_{chiq} – chiqish kuchlanishi.
 L_{dif} – differensial induktivlik.
 r_q – qisqa tutashuv qarshilik.
 W_m – magnit energiya.
 I_m – tok amplitudasi.
 I_{imax} – tokning maksimal qiymati.
 I_{min} – tokning minimal qiymati.
 μ_r – nisbatli magnit singdiruvchanlik.
 I_Σ – toklarning yig'indisi.
 U_f – faza kuchlanishi.
 r_s – salt ishlash qarshiligi.
 $a_s = a/a_0$ – bazis qiymatga keltirilgan kattalik.

6-ilova

ALUMINIY O'TKAZGICHLARNING ASOSIY HISOB TAVSIFLARI

A, АКП markali o'tkazgichlarning hisob tavsiflari							
Nominal kesimi, mm ²	Kesim yuzasi, mm ²	Diametr, mm	20°C da o'zgaras tokka qarshilik, Ω/km, katta emas	O'tkazgichning uzilish kuchi, N, kichik emas		Massa, kg/km (moysiz)	Massa АКП marka uchun moyli, kg
				AT markali va aluminiiy simli	ATП markali va aluminiiy simli		
16	15,9	5,1	1,83763	–	2670	43	–
25	24,9	6,4	1,16496	–	4040	68	–
35	34,3	7,5	0,85013	–		94	–
50	49,5	9,0	0,58798	7060	7620	135	–
70	69,2	10,7	0,42098	9110	10460	189	–
95	92,4	12,3	0,31465	10140	13500	252	–
120	117,0	14,0	0,25095	–	19190	321	16
150	148,0	15,8	0,19780	22320	23670	406	20
185	183,0	17,5	0,16085	27450	29110	502	25
240	239,0	20,0	0,12279	35950	37040	655	33
300	288,0	22,1	0,10186	43460	46100	794	54

IZOLATSIYALANMAGAN PO'LAT ALUMINIY O'TKAZGICHLARNING ASOSIY HISOB TAVSIFLARI

AC, ACKC, ACKП, ACK markali o'tkazgichlarning hisob tavsiflari								
Nominal kesim yuzasi, mm ² , aluminiy/mis	Kesim yuzasi, mm		Diametr, mm		20°C da o'zgarmas tokka qarshilik, Ω/km, katta emas	O'tkazgichning uzilish kuchi, N, kichik emas		Massa, kg/km, moysiz
	Aluminiy	Po'lat	O'tkazgich	Po'lat o'zakli		Aluminiy simli va DT markali	Aluminiy simli va ATII markali	
10/1,8	10,6	1,77	4,5	1,5	2,76630	—	3790	43
16/2,7	16,1	2,69	5,6	1,9	1,80934	—	5810	65
25/4,2	24,9	6,15	6,9	2,3	1,17590	—	8730	100
35/6,2	36,9	6,15	8,4	2,8	0,78970	—	12720	148
50/8,0	48,2	8,04	9,5	3,2	0,60298	15710	16140	195
70/11	68,0	11,3	11,4	3,8	0,42859	22170	22770	276
70/72	68,4	72,2	15,4	11,0	0,42760	—	90180	755
95/16	95,4	15,9	13,5	4,5	0,30599	30690	31530	385
120/19	118,0	18,8	15,2	5,5	0,24917	—	40520	471
95/141	91,2	141,0	19,8	15,4	0,32108	—	168050	1357
120/27	114,0	26,6	15,4	6,6	0,25293	—	48680	528
150/19	148,0	18,6	16,8	5,5	0,19919	—	45060	554
150/24	149,0	24,2	17,1	6,3	0,19798	—	50960	559
185/24	187,0	24,2	18,9	6,3	0,15701	54950	56750	705
185/29	181,0	29,0	18,8	6,9	0,16218	58370	60640	728
185/43	185,0	43,1	19,6	8,4	0,15954	—	76020	846
185/128	187,0	128,0	23,1	14,7	0,15762	—	171610	1525
205/27	205,0	26,6	19,8	6,6	0,14294	60380	62350	774
240/32	244,0	31,7	21,6	7,2	0,12060	70940	73280	921
240/39	236,0	38,6	21,6	8,0	0,12428	76880	79260	952
240/56	241,0	56,3	22,4	9,6	0,12182	94090	96410	1106
300/39	301,0	38,6	24,0	8,0	0,09747	87280	88730	1132
300/48	295,0	47,8	24,1	8,9	0,09983	95720	98550	1186
300/66	288,0	65,8	24,5	10,5	0,10226	116460	119240	1313
300/67	288,0	67,3	24,5	10,5	0,10226	112460	115230	1317
300/204	298	204	29,2	18,6	0,09934	—	266830	2428
300/27	319	26,6	24,2	6,6	0,09387	—	86310	1106

IZOLATSIYALANMAGAN O'TKAZGICH UCHUN RUXSAT ETILGAN UZOQ MUDDATLI TOK, A

Kesim yuzasi, mm ²	O'tkazgich markasi	Bino tashqarisida	Bino ichkarisida	O'tkazgich markasi			
				M	A	M	A
				Bino tashqarisida		Bino ichkarisida	
10	AC-10/1,8	84	53	95	—	60	—
16	AC-16/2,7	111	79	133	105	102	75
25	AC-25/4,2	142	109	183	136	137	106
35	AC-35/6,2	175	135	223	170	173	130
50	AC-50/8	210	165	275	215	219	165
70	AC-70/11	265	210	337	265	268	210
95	AC-95/16	330	260	422	320	341	255
120	AC-120/19	390	313	485	375	395	300
120	AC-120/27	375	—	485	375	395	300
150	AC-150/19	450	365	570	440	465	355
150	AC-150/24	450	365	570	440	465	355
150	AC-150/34	450	—	570	440	465	355
185	AC-185/24	520	430	650	500	540	410
185	AC-185/29	510	425	650	500	540	410
185	AC-185/43	515	—	650	500	540	410
240	AC-240/32	605	505	760	590	685	490
240	AC-240/39	610	505	760	590	685	490
240	AC-240/56	610	—	760	590	685	490
300	AC-300/39	710	600	880	680	740	570
300	AC-300/48	690	585	880	680	740	570
300	AC-300/66	980	—	880	680	740	570

SHINA O'TKAZGICILINING TEXNIK KO'RSATKICHLARI

9-ilova

Shina o'tkazgich turi	I_n, A	U_n, V	Bir faza uchun $R_n,$ Ω/km	Bir faza uchun, $L_n,$ Ω/km	Bir faza uchun, $Z_n,$ Ω/km	$\cos \alpha = 0,8$ da 100 m uchun kuchlanish isrofi	Zarhaviy tok, kA
ШЗМ 16	1600	380/220	0,018	0,012	0,022	—	70
ШМА 73	1600	660	0,031	0,017	0,036	9,7	70
ШМА 68N	2500 4000	660 660	0,027 0,013	0,023 0,020	0,035 0,024	15,4 16,4	70 100
ШРА 73	250	380/220	0,20	0,10	0,24	9,5	—
ШРА 74	400 630	380/220 380/220	0,15 0,14	0,13 0,10	0,20 0,17	— —	— —
ШРМ 75	100 250	380/220 380/220	— 0,75	— 0,13	— 0,25	— —	— —
ШРА U	630	380/220	0,085	0,075	0,11	—	—
ШТА 75 ШТМ 73	250	660	—	—	—	—	10
ШТА 76	100	$\approx 36-380$ $=24-220$	—	—	—	—	5

10-ilova

UCH TOMIRLI KABELLAR

Markaning belgilanishi	Tomirlar soni	Kabellarning nominal kuchlanishi, kV			
		1	3	6	10
ААГ, ААШВ, ААШр, ААБ1, ААБ21ШВ, ААБ21Шр, ААБ1Г, ААБ21, АСГ, СГ, АСШВ, АСБ, СБ, АСБ1, СБ1, АСБн, СБн, АСБ1н, СБ1н, АСБГ, СБГ, АСБ21, СБ21, АСБ21ШВ, СБ21ШВ, АСБ21Г, СБ21Г	3	6-240	6-240	10-240	16-240

Markaning belgilanishi	Tomirlar soni	Kabellarning nominal kuchlanishi, kV			
		1	3	6	10
СШВ, СБШВ	3	16-240	—	10-240	16-240
ААР1, ААР21, ААР1Г, ААР21Г, ААР21ШВ, АСР, СР, АСР1, СР1, АСР21, СР21, АСР1н, СР1н, АСРГ, СРГ, АСК1, СК1, АСР21Г, СР21Г	3	25-240	25-240	16-240	16-240
СРШВ	3	25-240	—	16-240	16-240
АОАБ, ОАБ, АОАБ21, ОАБ21, АОАБ21Г, ОАБ21Г, АОСБ, ОСБ, АОСБ1, ОСБ1, АОСБн, ОСБн, АОСБГ, ОСБГ, АОАШВБ, ОАШВБ	3	—	—	—	—
АОСК, ОСК	3	—	—	—	—
ААШВ-В, ААР21ШВ-В, ААБ1-В, ААБ21Г, АСБ-В, СБ-В, АСБ1-В, СБ1-В, АСБн-В, СБн-В, ААГ-В, АСБ1н-В, СБ1н-В, АСБГ-В, СБГ-В, АСБ21-В, СБ21-В, ААШр-В	3	6-120	6-120	16-120	—
ААБВ, ААБВГ	3	—	—	10-240	16-240
ААШВ-В, ААБГ1-В, АСБГ-В, СБГ-В	3	185-240	—	—	—
ААР1-В, ААР1Г-В, АСР-В, СР-В, АСР1-В, АСР1н-В, СР1н-В, АСР21-В, СР21-В	3	25-150	25-150	16-120	—
АСРГ-В, СРГ-В, АСР21-В, СР21Г-В	3	185-240	—	—	—

1 KV LI TO'RT TOMIRLI KUCH KABELLARI

11-ilova

Markaning belgilanishi	Tomir kesimi yuzasi, mm ²
ААГ, ААШП, ААШВ, ААВІГ, ААП2ІШВ, ААВІ, ААВ2І, АСГ, СГ, АСВ, СВ, АСВІ, СВІ, АСВн, СВн, АСВІн, СВІн, АСВГ, СВГ, АСВ2І, СВ2І, АСШВ, СШВ, СШВ	10-185
ААПІ, ААП2І, ААПІГ, АСП, СП, АСПІ, СПІ, АСПІн, АСПГ, СПГ, АСП2І, СПШВ, АСКІ, СКІ	16-185
АСКІ, СКІ	25-185
ААШВ-В, ААП2ІШВ-В, ААВІ-В, ААВ2І, АСВ-В, СВ-В, АСВІ-В, СВІ-В, АСВн-В, СВн-В, АСВІн-В, АСВ2І-В, СВ2І-В	10-120
ААВІГ-В	16-120
АСВГ-В, СВГ-В	10-185
ААПІ-В, ААПІГ-В, СП-В, АСП-В, АСПІ-В, СПн-В, АСПІн-В, СПІн-В, АСПГ-В, СПГ-В, АСП2І-В, СП2І-В	16-120

12-ilova

YERGA YOTQIZILADIGAN MIS TOMIRLI QOG'OZ IZOLATSIYASI QO'RG'OSHIN YOKI ALUMINIY QOBIQLI KABELLAR

Tomir kesim yuzasi, mm ²	Yuklama toki, A					To'rt tomirli kabellar, 1 kV gacha
	Bir tomirli kabellar, 1 kV gacha	Ikki tomirli kabellar, 1 kV gacha	Uch tomirli kabellar			
			3 kV gacha	6 kV gacha	10kV	
2,5	—	45	40	—	—	—
4	80	60	55	—	—	50
6	105	80	70	—	—	60
10	140	105	95	80	—	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	—	490	440	400	450
240	880	—	570	510	460	—

**HAVODA O'RNATILADIGAN KANIFOL MOYLI OQMAYDIGAN
MASSALI, QO'RG'OSHIIN QOBIQLI MOY SINGDIRILGAN
QOG'OZ IZOLATSIYALI MIS TOMIRLI KABELLAR**

Tomir kesim yuzasi, mm ²	Yuklama toki, A					
	Bir tomirli kabellar, 1 kV gacha	Ikki tomirli kabellar, 1 kV gacha	Uch tomirli kabellar			To'rt tomirli kabellar, 1 kV gacha
			3 kV gacha	6 kV gacha	10 kV	
2,5	40	30	28	—	—	—
4	55	40	37	—	—	35
6	75	55	45	—	—	45
10	95	75	75	55	—	60
16	120	95	95	65	60	80
25	160	130	130	90	85	100
35	200	150	150	110	105	120
50	245	185	185	145	135	145
70	305	225	225	175	165	185
95	360	275	275	215	200	215
120	425	320	320	250	240	260
150	470	375	375	290	270	300
185	525	—	430	325	305	340
240	610	—	—	375	350	—

**SUVDA O'RNATILADIGAN KANIFOL MOYLI OQMAYDIGAN
MASSALI, QO'RG'OSHIIN QOBIQLI MOY SINGDIRILGAN
QOG'OZ IZOLATSIYALI MIS TOMIRLI KABELLAR**

Tomir kesim yuzasi, mm ²	Yuklama toki, A			
	Uch tomirli kabellar			To'rt tomirli kabellar, 1 kV gacha
16	—	135	120	—
25	210	170	150	195
35	250	205	180	280

Tomir kesim yuzasi, mm ²	Yuklama toki, A			
	Uch tomirli kabellar			To'rt tomirli kabellar, 1 kV gacha
50	305	255	220	285
70	375	310	275	350
95	440	375	340	410
120	505	430	395	470
150	565	500	450	—
185	615	545	510	—
240	715	625	585	—

15-ilova

YERDA VA HAVODA O'RNLATILADIGAN QO'RG'OSHIK YOKI ALUMINIY QOBIQLI QO'G'UZ IZOLATSIYALI ALUMINIY TOMIRLI KABELLAR UCHUN RUXSAT ETILGAN TOKLAR

Tok o'tkazuvchi tomirning kesim yuzasi, mm ²	Ruxsat etilgan yuklama toki, A			
	Uch tomirli kabellar			To'rt tomirli kabellar
6	55/35	—	—	46/—
10	75/46	60/42	—	65/45
16	90/60	80/50	75/46	90/60
25	125/80	105/70	90/65	115/75
35	145/95	125/85	115/80	135/95
50	180/120	155/110	140/105	165/110
70	220/155	190/135	165/130	200/140
95	260/190	225/165	205/155	240/165
120	300/220	260/190	240/185	270/200
150	335/225	300/225	275/210	305/230
185	380/290	340/250	310/235	345/260
240	440/330	390/290	355/270	—

TRANSFORMATORLAR
TM VA TC3 SERIYALI 10 (6) KV LI KUCH
TRANSFORMATORLARI

Marka	Quvati	Birlamchi kuchlanishi, kV	Ikilamchi kuchlanishi, kV	Qisqa tutashuv %,	Quvvat isrofi, kW		Salt ishlash toki, %	O'lchamlari	Massa, t
					Salt ishlash	Qisqa tutashuv			
TM-25/10	25	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,135	0,6	3,2	1120×460×1225	0,38
TM-40/10	40	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,19	0,88	3	1120×480×1270	0,485
TM-63/10	63	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,265	1,28	2,8	1120×560×1400	0,6
TM-100/10	100	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,365	1,97	2,6	1200×800×1470	0,72
TM-160/10	160	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,565	2,65	2,4	1220×1020×1600	1,1
TM-250/10	250	10; 6	0,4; 0,69	4,5	0,82	3,7	2,3	1310×1050×1760	1,425
TM-400/10	400	10; 6	0,4; 0,69	4,5	1,05	5,5	2,1	1400×1080×1900	1,9
TM-630/10	630	10; 6	0,4; 0,69	5,5	1,56	7,6	2	1750×1275×2150	3
TM-1000/10	1000	10	0,4	5,5	2,45	12,2	1,4	2700×1750×3000	5
TM-1600/10	1600	10	0,4	5,5	3,3	18	1,3	2450×2300×3400	7

TM-2500/10	2500	10	0,4	5,5	4,6	25	1	3500×2260×3600	8
TM-4000/10	4000	10	0,4	5,5	6,4	33,5	0,9	3900×3650×3900	13,2
TM-6300/10	6300	10	0,4	6,5	9,0	46,5	0,8	4300×3700×4050	17,3
TC3-160/10	160	10	0,4	5,5	0,7	2,7	4	1800×950×1700	1,4
TC3-250/10	250	10	0,4	5,5	1,0	3,8	3,5	1850×1000×1850	1,8
TC3-400/10	400	10	0,4	5,5	1,3	5,4	3	2250×1000×2150	2,4
TC3-630/10	630	10	0,4	5,5	2,0	1,3	1,5	2250×1100×2300	2,8
TC3-1000/10	1000	10	0,4	5,5	3,0	11,2	1,5	2400×1350×2250	3,4
TC3-1600/10	1600	10	0,4	5,5	4,2	16,0	1,5	2650×1350×3200	4,6

TM, ТДС, ТРДНС 35, 110 KV SERIYALI KUCH TRANSFORMATORLARI

Transformatorlar turi	$U_k, \%$	Quvvat isrofi, kW		$I_0, \%$	Massa, t		O'lchamlar, mm		
		R_x	R_k		to'la	moy	baland-ligi	uzun-ligi	eni
TM-100/35	6,5	0,465	1,970	2,6	1300	—	2200	1330	900
TM-160/35	6,5	0,700	2,65	2,4	1700	—	2260	1400	1000
TM-250/35	6,5	1,000	3,70	2,3	2000	—	2320	1500	1250
TM-400/35	6,5	1,35	5,50	2,1	2700	—	2500	1650	1350
TM-630/35	6,5	1,90	7,60	2,0	3500	—	2750	2100	1450
TM-1000/35	6,5	2,75	12,2	1,5	6,0	2,02	3150	2700	1570
TM-1600/35	6,5	3,65	18,0	1,4	7,1	2,43	3400	2650	2300
TM-2500/35	6,5	5,1	25,0	1,1	9,6	2,70	3800	3800	2450
TM-4000/35	7,5	6,7	33,5	1,0	13,2	4,10	3900	3900	3650
TM-6300/35	7,5	9,4	46,5	0,9	17,4	4,80	4050	4300	3700
TM-10000/35	7,5	14,5	65,0	0,8	27,8	5,20	4350	3000	3760

ТД-16000/35	8,0	21,0	90,0	0,6	31,3	8,20	4860	3950	3970
ТД-40000/35	8,5	36,0	165,0	0,4	52,3	—	5700	5300	4400
ТДС-80000/35	9,5	60,0	280,0	0,3	78,6	11,9	6100	5950	4550
ТМН-2500/110	10,5	6,5	22,0	1,5	24,5	10,15	4090	5150	3540
ТМН-6300/110	10,5	11,5	48,0	0,8	37,3	14,7	5150	6080	3170
ТДН-10000/110	10,5	15,5	60,0	0,7	38,0	12,9	5380	5900	4270
ТДН-16000/110	10,5	24,0	85,0	0,7	54,5	19,7	6300	6910	4470
ТРДН-25000/110	10,5	30,0	120,0	0,7	67,2	20,0	5820	6580	4650
ТРДН-32000/110	10,5	40,0	145,0	0,7	—	—	—	—	—
ТРДН-40000/110	10,5	50,0	160,0	0,65	91,2	27,0	6190	6930	4850
ТРДСН-63000/110	10,5	70,0	245,0	0,60	107,2	28,5	6500	8300	4400
ТРДСН-80000/110	10,5	85,0	310,0	0,60	—	—	—	—	—
ТРДСН-125000/110	10,5	120,0	410,0	0,55	—	—	—	—	—

UCH FAZALI QURUQ HIMOYALANGAN UMUMMAQSADLI KUCH TRANSFORMATORI

Transformator turi	Nominal quvvat, kV A	$U_k, \%$	Isrof, kW		$I_0, \%$	Transformator massasi, kg	O'lchamlari, mm		
			R_x	R_k			baland-ligi	uzunligi	Eni
TC3-10/0,66	10	4,5	90	280	7,0	150	650	700	440
TC3-16/0,66	16	4,5	125	400	5,8	180	680	760	480
TC3-25/0,66	25	4,5	180	560	4,8	240	720	820	520
TC3-40/0,66	40	4,5	250	800	4,0	320	820	890	540
TC3-63/0,66	63	4,5	355	1090	3,3	440	920	970	580
TC3-100/0,66	100	4,5	500	1500	2,7	580	980	1060	620
TC3-160/0,66	160	4,5	710	2060	2,3	800	1150	1150	680

TOK TRANSFORMATORLARI

Turi	U_n, kV	Bajari-lish varianti	I_{nom}, A	S_n, VA	
				O'lchov chulg'ami	Himoya chulg'ami
ТШ-0,5	0,5	0,5/R	14000	—	—
ТНШ-0,66	0,66	3	1600; 2500	—	—
ТНШЛ-0,66	0,66	0,5	800; 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000	20	—
ТШН-0,66	0,66	3	100; 150;	5	—
		1	200;	5	—
		0,5	300; 400;	5	—
		0,5	600; 800; 1000	10	—
ТЛМ-6	6	1/R	300; 400;	10	15
		0,5/R	600; 800; 1000; 1500;	10	15

Turi	U_n , kV	Bajari- lish varianti	I_{nom} , A	S_n , VA	
				O'lchov chulg'ami	Himoya chulg'ami
ТОЛК-6	6	1	20; 30; 40; 50; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 600	30	—
ТПЛМ-10	10	R; 0,5/R R/R	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400	10	15
ТРОЛ-10	10	8; 0,5/R R/R	600; 800; 1000 1500	10	15
ТОЛ-10	10	0,5/R R/R	30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500	10	15
ТЛ-10	10	0,5/R	50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000 1500; 2000; 3000	10	15
		0,5/R/R		20	30
ТРЛ-10К	10	0,5/R; R/R	10; 15; 30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500	10	15

20-ilova

KUCHLANISH TRANSFORMATORI

Turi	U_n , V		S_n , VA (aniqlik klassida)		S_{max} , VA
			1	0,5	
	Yuqori kuch- lanish	Quyi kuch- lanish			
НОС-0,5	380	100	50	25	100
	500	100	50	25	100

Turi	U_n, V		S_n, VA (aniqlik klassida)		S_{max}, VA
	Yuqori kuchlanish	Quyi kuchlanish	1	0,5	
HOM-6	3000	100	50	30	240
	6000	100	75	50	400
HOME-6	6000	100	75	50	400
HTMK-10	10000	100	200	120	960
HTMI-10-66	10000	100; 100/3	200	120	960
HOЛ-08-10	10000	100	150	75	640
	11000	100-110			
ЗНОЛ-06-10	$10000/\sqrt{3}$	$100/3$	150	75	640
	$11000/\sqrt{3}$	$100/3-100$			
HOM-15	13800	100	150	75	640
	15750				
	18000				
ЗНОМ-15-63	$6000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	75	50	400
	$10000/\sqrt{3}$		150	75	640
	$13800/\sqrt{3}$				
	$15750/\sqrt{3}$				

21-ilova

**«ELEKTRON» AVTOMATLARINING TEXNIK
KO'RSATKICHLARI**

Parametrlari	Avtomat turi				
	E06	E10	E16	E25	E40
Nominal tok, A	630	1000	1600	2500	4000
Kommutatsiyalash qobiliyati, kA	50	84	84	105	160
O'lchamlari, mm	$470 \times 400 \times 320$	$580 \times 570 \times 430$	$730 \times 580 \times 570$	$550 \times 520 \times 450$	$600 \times 570 \times 410$

22-ilova

A3000 SERIYADAGI AVTOMATIK HAVO O'CHIRGICHLARI

Tur	Nominal tok, A	Kuchlanish, V	Qutblar soni	O'rnatma toki, A	Eng katta o'chish toki, kA		Uzish vaqti, S	O'lchamlari, mm
					o'z-garmas	o'zgaruvchan		
A3160	50	110, 220	1, 2, 3	15-50	1,6-3,6	2,5-4,5	0,025	158×105× ×89
A3110	100	220	2, 3	15-100	5	2,5-10	0,015	237×105× ×112
A3120	200	220	2, 3	15-100	20	18	0,015	258×153× ×105
A3130	200	220	2, 3	100-200	17-28	14-25	0,015	300×199× ×106
A3140	600	220	2, 3	100-200	17-28	14-25	0,015	561×217× ×141
A3710Б- A3740Б	160- 630	440 660	2, 3	250- 600 -	25-50 110	32-40 40-60	0,03 -	225×500× ×190
A3710Ф- A3730Ф	160- 630	220 380	2, 3	-	25-50	25-50	-	225×400× ×160

23-ilova

AK, AE, AC, AP SERIYADAGI AVTOMATLARNING TEXNIK KO'RSATKICHLARI

Tur	Nominal tok, A	Kuchlanish, V	Qutblar soni	O'rnatma toki, A	Eng katta uzish toki, kA		Uzish vaqti, s	Yuritma	O'lchamlari
					o'zgar-mas	o'zgaruvchi			
AK-63	63	200-440	2,3	0,63-63	5	9	0,03	qo'l-da	145×68× ×124
AK-50	50	320-400	2,3	2-50	4,5	9	0,04		113×160× ×143
AP-50	50	220-500	2,3	1,6-50	1,252	0,3-2	0,02		210×160× ×143
A-63	25	110-220	1	0,63-25	2	2,5	-		134×28× ×88

Tur	Nominal tok, A	Kuchlanish, V	Qutblar soni	O'rnatma toki, A	Eng katta uzish toki, kA		Uzish vaqti, s	Yuritma	O'lchamlari
					o'zgar-mas	o'zgaruvchi			
AE-1000	25	240	1	6-25	—	1,5	—		90×21×77
AE-2000	25, 63, 100	220-500	1,2,3		10	16	—		220×112× ×115
AC-25	25	220-380	2,3	1-20	3,2	2	—		73×90× ×109
AB-45/1000	6000	500	1	—	—	200 gacha	—	Elektr motorli	1216× ×500×695
ACT-2/3	25	380	2,3	—	90	—	0,08	Elektr magnitli	120×75× ×95
AE-2443	16, 20, 25, 5, 31, 40, 50, 63	380		—	—	—	—	qo'lda	—

24-ilova

BA'ZI TEZ ISHGA TUSHUVCHI SAQLAGICHLARNING PARAMETRLARI

Tur	Tok, A	Kuchlanish, V	Tok kvadrati integrali, A ² xs	Eng katta uzish toki, A	Nisbiy kuchlanish
ППД12-43133	1600	150	1100	100	1,6
ППД12-40433	6300	450	3000	200	1,8
ПП51-3340354	160	380	10	—	—

Jadvalning davomi

Tur	Tok, A	Kuchlanish, V	Tok kvadrati integrali, A ² xs	Eng katta uzish toki, A	Nisbiy kuchlanish
ПП41	31-630	760 440	630 A da 1350	100	1,5
ПП57-31	100	660 gacha	1,4	—	—
ПП57-34	250	660 gacha	1,3	—	—
ПП57-37	400	660 gacha	140	—	—
ПП57-39	630	1150 gacha	300	—	—
ПП57-40	800	1250 gacha	—	—	—
ПП71	550-750	1300 gacha	—	—	1,5
ПП61	40-160	380 gacha	100	—	1,5

25-ilova

ПП-2 TURIDAGI SAQLAGICHLARNING TURLARI, 500 V

Saqlagich turi	Nominal tok, A	Eruvchan o'rnatmaning nominal toki, A	Kuchlanishda eng katta uzish toki		O'lchamlar, mm
			380 V	500 V	
ПП-2-15	15	6; 10; 15	8000	7000	171×24,5×33
ПП-2-60	60	15; 20; 25; 35; 45; 60	4500	3500	173×30,5×43
ПП-2-100	100	60; 80; 100	—	—	247×43×56
ПП-2-200	200	100; 125; 160; 200	11000	10000	296×56×76,5
ПП-2-350	350	200; 225; 260; 300; 350	13000	11000	346×72×10
ПП-2-600	600	350; 430; 500; 600	23000	—	442×140×154
ПП-2-1000	1000	600; 700; 850; 1000	20000	20000	580×155×154

MOYLI O'CHIRGICHLAR

O'chirgich turi	Nominal kuchlanish, kV	Nominal tok, A	4-sekundli termik chidamlilik, kA	Nominal uzish toki, kA	Yuritma bilan ulanishning xususiy vaqti, s	Uzish vaqti, s	Massa, kg	Yuritma turi
BMЭ-6-200-4	6	200	4	4	—	—	—	ПМ-300
BMЭ-6-200-1,5			1,25	1,25				ПМ-113
BMГ-10	10	630 1000	20	20	0,3	—	140 145	ПЭ-11 ПП-67
BMГР-10	10	630 1000	20	20	0,3	—	140 145	ППБ-10
BMPE-10	10	630 1000 1600	20 31,5	20 31,5	0,3	0,12	225 335	Kiritilgan elektr magnitli
BMM-10	10	400 630	10	10	0,2	0,12	94	Kiritilgan prujinali
BMM-10*	10	400	10	10	0,2	0,12	93,5	Kiritilgan prujinali
BK-10	10	630 1000 1600	20 31,5	20 31,5	0,075	0,07	150 180	Kiritilgan prujinali
МГГ-10-3200-45	10	3200	45	45	0,4	0,15	—	ПЕ-21
МГГ-10-4000-45		4000						ПЕ-21А
МГГ-10-5000-45		5000						
МГГ-10-5000-63	10	5000	64	63	0,4	0,15	—	ПЕ-21 ПЕ-21А

ELEKTROMAGNIT O'CHIRGICHLAR

27-ilova

O'chirgich turi	4-sekundli termik chidamlilik, kA	O'chirgichlarni yuritma bilan uzishning hususiy vaqti, s, katta emas	O'chirgichlarni yuritma bilan ulash vaqti, s, katta emas	O'chirgichlarni yuritma bilan ulashning xususiy vaqti, s, katta emas	Massa, kg
BЭM-6-2000/40-125	40	0,06	0,08	0,35	1000
BMЭ-6-3200/40-125	40	0,06	0,08	0,35	1236
BMЭ-10Э-1000/12,5	20(5s)	0,05	—	0,4	610
BMЭ-10Э-1250/12,5	20(s)	0,05	—	0,4	600
BЭM-10Э-1000/20	20	0,05	—	0,4	600
BMЭ-10Э-1250/20	20	0,05	—	0,4	599
BЭ-10-1250-20	20	0,06	0,075	0,075	522
BЭ-10-1600-20	20	0,06	0,075	0,075	522
BЭ-10-2500-20	20	0,06	0,075	0,075	533
BЭ-10-3600-20	20	0,06	0,075	0,075	565
BЭ-10-1250-31,5	31,5	0,06	0,075	0,075	563
BЭ-10-1600-31,5	31,5	0,06	0,075	0,075	563
BЭ-10-2500-31,5	31,5	0,06	0,075	0,075	574
BЭ-10-3600-31,5	31,5	0,06	0,075	0,075	606

TASHQARIGA O'RNATILADIGAN AJRATKICHLAR

Tur	Eng katta oraliq qisqa tutashuv toki, kA		4-sekundli termik chidamlilik, kA	Ajratkich va bitta qutbning massasi (bajarilish qutbli), kg
	ampli- tuda	joriy		
PBO-6/400	50	29	16	5,9
PBO-6/630	60	35	20	6,3
PBO-6/1000	120	71	40	12,5
PB-6/400	50	29	16	24
PB-6/630	60	35	20	27
PB-6/1000	120	71	40	42
PB3-6/400	50	29	16	28
PB3-6/630	60	35	20	29
PB3-6/1000	81	47	40	46
PBΦ-6/400	50	29	16	35
PBΦ-6/630	60	35	20	38
PBΦ-6/1000	81	47	40	67
PBO-10/400	50	29	16	5,9
PBO-10/630	60	35	20	6,3
PBO-6/1000	120	71	40	12,5
PB-10/400	50	29	16	26
PB-10/630	60	35	20	28
PB-10/1000	120	71	40	44
PB3-10/400	50	29	16	30
PB3-10/630	60	35	20	32
PB3-10/1000	81	47	40	48
PBΦ-10/400	50	29	16	41
PBΦ-10/630	60	35	20	45
PBΦ-10/1000	81	47	40	83
ПЛВОМ-10/1000	81	47	40	16,19
PBP-III-10/2000	85	-	31,5	82
PBP3- III-10/2000	85	-	31,5	112

TASHIQARIGA O'RNATILGAN AJRATKICHLAR

Ajratkich turi	Oraliq qisqa tutashuv toki-ning eng katta amplitudasi, kA	Termik chidamlilik toki, kA		Massa, kg
		Asosiy pichoqlarga (4 s)	Zaminlovchi pichoqqa (1 s)	
РЛН-6/200	15	5(10s)	—	12
РЛН-6/400	25	10(10s)	—	12
РЛН-10/200	15	5(10s)	—	20
РЛН-10/400	25	10(10s)	—	20
РЛН-10/600	35	14(10s)	—	20
РЛНД-10/400	25	10	10	96
РЛНД-10/630	80	—	—	
РОН-10К/5000	180	31,5	31,5	105

ADABIYOTLAR

1. К.Р. Аллаев. Электроэнергетика Узбекистана и мира. – Т.: Издательство «Фан ва технология», 2009. – С 464.
2. Т.М. Qodirov, X.A. Alimov, G.R. Rafikova. «Sanoat korxonalari va fuqaro binolarining elektr ta'minoti». Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi. T., 2007.
3. X.G. Каримов, А.Р. Расулов. «Электр тармоқлари ва системалари». Т., 1996.
4. Г.Н. Ополева. «Схемы и подстанции электроснабжения». Справочник. Учебное пособие. – М.: FORUM: INFRA-M, 2006.
5. В.И. Кудрин. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Internet Injiniring, 2005. – С 672.
6. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). «Узгосэнергонадзор». Т., 2007 г. – С 732.
7. A.D. Taslimov, D.A. Rismuxamedov, T.S. Mamarasulova. «Rele himoyasi». Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. T., «Iqtisod-moliya». 2010.
8. В.А. Андреев. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М., 1991 г.
9. В.В. Кривенков, В.Н. Новелла. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М., 1981 г.
10. А.А. Федоров, В.В. Каменева. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1984.
11. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Т1 и 2. М.: Энергоатомиздат, 1986, 1987.
12. В.И. Кудрин. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1995.

13. В.И. Григорьев, Е.А. Киреева, В.А. Миронов, А.П. Минтюков, А.Н. Чохонелидзе. Электроснабжение и электрооборудование цехов. М.: Энергоатомиздат, 2003.

14. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Инспекция «Узгосэнергонадзор». Под общей редакцией Б.Х. Гулямова, А.Г. Салиева, Б.Т. Ташпулатова, Б.М. Тешабаева. – Типография института математики и информационных технологий. Т., 2007 г.

15. К.Р. Аллаев, Ф.А. Хошимов. Энергосбережение на промышленных предприятиях. Издательство «Фан» Академии наук Республики Узбекистан, Т., 2011 г.

16. www.worldenergy.com

17. www.energostar.com

18. www.energetica.ru

19. www.vc-energetik.ru

20. www.electrosnab.ru

MUNDARIJA

Kirish	3
--------------	---

I bob. Elektr energiyasi manbalari

1.1. Energetika zaxiralaridan foydalanish	6
1.2. Elektr stansiyalari	10
1.3. Issiqlik elektr stansiyalari	16
1.4. Atom elektr stansiyalari (AES)	19
1.5. Noan'anaviy elektr va issiqlik energiyasi manbalari	23

II bob. Elektr stansiyalari va podstansiyalarining shaxsiy ehtiyojlari

2.1. Elektr uskunalarning o'zehtiyojlari	35
2.2. KESlarning o'zehtiyoji	38
2.3. IEMlarning o'zehtiyoji	43
2.4. Suv elektr stansiyalarning o'zehtiyoji	45

III bob. Elektr yuklamalar

3.1. Elektr qurilmalari va elektr iste'molchilari	51
3.2. Elektr yuklamalar grafiklari	55
3.3. Elektr yuklamalarining asosiy ta'riflari	58
3.4. Hisobiy yuklamalarni aniqlash usullari	62
3.5. Mahsulot birligiga to'g'ri keladigan elektr energiyasining solishtirma sarfiga asoslangan usul	63
3.6. Hisobiy yuklamani korxona maydonining yuza birligiga to'g'ri keladigan solishtirma yuklama asosida aniqlash	65
3.7. Hisobiy yuklamani o'rnatilgan quvvat va talab koeffitsiyenti, o'rtacha quvvat va forma koeffitsiyenti asosida aniqlash	66
3.8. Hisobiy yuklamani aniqlashning tartibga solingan diagrammalar usuli	69
3.9. Yuklamalarning cho'qqi qiymatlarini aniqlash	78
3.10. Elektr energiyasi sarfini hisoblash usullari	81

IV bob. Elektr tarmoqlari

4.1. Sexlarning elektr tarmoqlari	84
4.2. Yoritish uskunalari elektr tarmoqlari	86
4.3. Yoritish uskunalari elektr tarmoqlarining hisobi	88

4.4. Elektr tarmoqlarida kuchlanishning yo'qotilishi	89
4.5. Elektr tarmoqlarida quvvat isrofi	92
4.6. Transformator va avtotransformatorlardagi quvvat isrofi.....	94
4.7. Elektr tarmoqlarida energiya isrofi	97
4.8. Transformatoridagi energiya isrofi	99

V bob. Elektrotexnik qurilmalar neytralining holatlari

5.1. Himoyalovchi zaminlash.....	102
5.2. Zaminlash qurilmalarining tuzilishlari.....	104
5.3. Himoyalovchi zaminlash qurilmalarini hisoblash	106
5.4. Vertikal zaminlash qurilmasining soni hisobi	109

VI bob. Elektr ta'minoti tizimining releli himoyasi

6.1. Releli himoya haqida umumiy tushuncha	115
6.2. Elektr ta'minoti tizimida shikastlanishlar va nome'yoriy holatlar	116
6.3. Elektr ta'minoti tizimida tokli himoyalar. Maksimal tokli himoyalar	119
6.4. Differensial himoyalar.....	126
6.5. Transformatorning himoyasi	129
6.6. Asinxron va sinxron motorlar himoyasi.....	137
Illovalar	143
Adabiyotlar	172

E 45 Elektr ta'minoti: kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. / A.D. Taslimov [va boshq.]; O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi; O'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi markazi. – Toshkent: Ilm Ziyo, 2012. – 176 b.

I. Muallifdosh

УДК 621.3(075)
КБК 31.19ya722

ISBN 978-9943-16-115-3

ABDURAHIM DEHQONOVICH TASLIMOV,
ABDULXAY NARXODJAYEVICH RASULOV,
ELDAR GANIYEVICH USMANOV,
GULNARA RIXSITILLAYEVNA RAFIKOVA

ELEKTR TA'MINOTI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

Toshkent – «ILM ZIYO» – 2012

Muharrir *A. Husanov*
Badiiy muharrir *Sh. Odilov*
Texnik muharrir *F. Samadov*
Musahhih *T. Mirzayev*

Nashrlik litsenziyasi AI № 166, 23.12.2009-y.

Original-maketdan bosishga ruxsat etildi 15.10.2012. Bichimi 60×90^{1/16}.
«Tayms» harfida terilib, ofset usulida chop etildi. Bosma tabog'i 11,0.
Nashr tabog'i 10. 1001 nusxa. Buyurtma №58

«ILM ZIYO» nashriyot uyi, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy.
Shartnoma № 37-2012

«Paper Max» bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent, Sariko'l ko'chasi, 34A-uy.