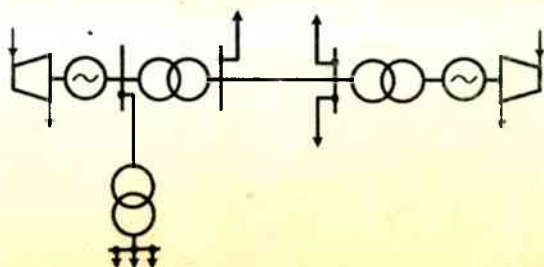


**T.SH.GAYIBOV, H.F.SHAMSUTDINOV,
B.M.PULATOV**

**ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB
CHIQARISH, UZATISH
VA TAQSIMLASH**



TOSHKENT

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

T.SH.GAYIBOV, H.F.SHAMSUTDINOV, B.M.PULATOV

**ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB
CHIQUARISH, UZATISH
VA TAQSIMLASH**

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus
ta'lim vazirligi tomonidan 5310200-Elektr energetika
(tarmoqlar va yo'nalishlar bo'yicha) ta'lim yo'nalishi talabalari
uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT – 2015

UO'K: 621.316
KBK 31.27
G-15

G-15

T.Sh.Gayibov, H.F.Shamsutdinov, B.M.Pulatov. Elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash. –T.: «Fan va texnologiya», 2015, 216 bet.

ISBN 978-9943-975-97-2

Ushbu kitobda elektr energiyani ishlab chiqarishning an'anaviy va noan'anaviy usullari, elektr energetika tizimlari va ularning tashkiliy qismlari, elektr stansiyalari va podstansiyalarining asosiy jihozlari, elektr uzatish liniyalarining konstruktiv elementlari, elektr tarmoqlarida isroflarni hisoblash va kamaytirish, elektr tarmoq elementlarining almashtirish sxemalari va hisobiy parametrlari, elektr tarmoqlarini hisoblashga oid masalalar keltirilgan.

O'quv qo'llanma oliy o'quv yurtlarining «Elektr energetikasi (tarmoqlar va yo'nalishlar bo'yicha)» ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan. Shuningdek, ushbu ta'lim yo'nalishi bazasidagi magistratura mutaxassisliklari va unga yaqin bo'lgan boshqa ta'lim yo'nalishlari talabalari, elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash masalalari bilan shug'ullanuvchi yosh mutaxassislar uchun ham foydali hisoblanadi.

UO'K: 621.316
KBK 31.27

Taqrizchilar:

- N.B.Pirmatov** – Toshkent davlat texnika universiteti
«Elektromexanika va kabel texnikasi» kafedrası
mudiri, texnika fanlari doktori;
- A.T.Mirzayev** – Uzbekenergo Milliy dispetcherlik markazi
boshlig'i, texnika fanlari nomzodi.

ISBN 978-9943-975-97-2

© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2015.

SO‘Z BOSHI

Jamiyatning taraqqiyoti undagi ishlab chiqarish darajasi va kishilar hayoti uchun zarur moddiy sharoitlarni yaratish bilan belgilanadi. Shu sababli, energiyani iste'mol qilishi bundan keyin ham ishlab chiqarish darajasini o'sishini ta'minlagani holda oshib boradi.

Energiyaga bo'lgan talabning uzluksiz ravishda ortib borishi yangi energiya resurslarini qidirib topish, energiyani bir turdan boshqa turga o'zgartirishning yangi usullarini ishlab chiqish zaruratini yaratdi. Hozirgi davrda turli xil energiyalardan – Quyosh energiyasi, organik yoqilg'ining kimyoviy energiyasi, daryolar, dengizlar va okeanlar suvlarining mexanik energiyasi, shamol energiyasi, og'ir yadrolarning parchalanishida hosil bo'luvchi yadro energiyasidan foydalanish an'anaviy hisoblanadi.

Bugungi kunda erishilgan yutuqlarni sifat jihatidan yangi turdagi energiyadan, xususan elektr energiyasidan foydalanmasdan turib ta'minlab bo'lmaz edi. Elektr energiya hozirgi davrda insoniyat taraqqiyotida keng foydalanilmoqda. U sanoatda va qishloq xo'jaligida turli mexanizmlarni harakatga keltirishda, bevosita texnologik jarayonlarda, transportda va madaniy-maishiy hayotda keng qo'llaniladi. Zamonaviy aloqa vositalari – telefon, telegraf, radio, televidenie kabilarning ishlashi ham elektr energiyasidan foydalanishga asoslangan. Elektr energiyasiz kibernetika, hisoblash texnikasi, kosmik texnikasi kabilarni rivojlantirish mumkin bo'lmaz edi. Elektr energiyaning asosiy samarali xususiyati shundan iboratki, u uzoq masofaga oson uzatilishi bilan bir qatorda kam isrof bilan boshqa turdagi energiyalarga o'zgartirilishi mumkin. Elektr energiyasi hozirgi davrda insonlar tomonidan eng ko'p foydalaniladigan energiya turidir.

Yuqoridagi sabablarga ko'ra elektr energetikasining taraqqiyotiga butun jahonda, shu jumladan, bizning mamlakatimizda juda katta e'tibor qaratilgan.

O'zbekiston energetikasining taraqqiyoti uzoq va mashaqqatli yo'lni bosib o'tgan. 1917-yilga kelib, Respublika hududidagi elektr stansiyalarning umumiy quvvati 3 ming kVt ni tashkil qilib, ularda bir yilda 3,3 mln. kVt.soat elektr energiyasi ishlab chiqarilgan bo'lsa, hozirgi davrda o'rnatilgan uskunalar quvvatlarining yig'indisi 11,0 mln.

kVt bo'lgani holda 37 issiqlik va gidroelektr stansiyalarini o'z ichiga olgan O'zbekiston energetika tizimida har yili 50 mlrd. kVt.soatdan ortiq elektr energiyasi ishlab chiqarilib, iste'molchilarga uzatiladi. Elektr energetika tizimining asosini Sirdaryo (3.0 mln. kVt), Toshkent (1.86 mln. kVt), Yangi-Angren (1,8 mln. kVt) va Navoiy (1,25 mln. kVt) singari yirik issiqlik elektr stansiyalari tashkil etadi. Ushbu elektr stansiyalarda birlik quvvati 150 – 300 ming kVt bo'lgan 30 dan ortiq energetika agregatlari faoliyat ko'rsatib kelmoqda. Hozirgi davrda Navoiy issiqlik elektr stansiyasi (IES)da 2 ta yuqori darajadagi energetik samaradorlikka ega bo'lgan bug'-gaz qurilmasi ishga tushilib, foydalanib kelinmoqda. Yaqin kelajakda Tollimarjon IES va Toshkent IES kabi bir qator stansiyalarda ham bunday qurilmalarni o'rnatish rejalashtirilgan.

Gidroelektr energetikasi hozirgi davrda bir nechta unchalik katta bo'lmagan quvvatli GES kaskadlari bilan belgilanadi. Bulardan O'rta-Chirchiq GESlar kaskadi tarkibiga kirib, suv omborlariga ega bo'lgan 600 ming kVt quvvatli Chorvoq va 165 ming kVt quvvatli Hojikent GESlari asosan quvvat balansini rostlovchi stansiyalar sifatida faoliyat ko'rsatadi. Qolgan GESlarning ish holatlari esa havzadan oqib o'tuvchi suv miqdori bilan belgilanadi.

Ko'p miqdorda ishlab chiqariluvchi elektr energiyani masofaga samarali uzatish va iste'molchilarga taqsimlash turli kuchlanishdagi elektr uzatish liniyalaridan foydalanishni taqozo etadi. Hozirgi davrda O'zbekiston Respublikasidagi barcha nominal kuchlanishli elektr uzatish liniyalarining umumiy uzunligi taxminan 220 ming km bo'lib, 500 kV kuchlanishli liniyalar 1,8 ming km, 220 kV kuchlanishli liniyalar 4,6 ming km va 0,4-10 kV kuchlanishli liniyalar 170 ming km ni tashkil etadi.

Elektr va issiqlik energiyani ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va ularni iste'mol qilishni samarali tashkil etish uchun barcha elektr stansiyalari, podstansiyalari va elektr uzatish liniyalarini o'z ichiga olgan yagona elektr energetika tizimi tashkil etilgan. Bunday ulkan tizimning zamonaviy talablarga javob beruvchi samarali taraqqiyoti va faoliyatini ta'minlash mos loyihalash, montaj qilish, ishga tushirish, sozlash va ishlatish faoliyati bilan shug'ullanuvchi yuqori malakali mutaxassislarni tayyorlab borishni taqozo etadi.

Ushbu o'quv qo'llanma oliy ta'lim muassasalarida «Elektr energetikasi (tarmoqlar va yo'nalishlar bo'yicha)» ta'lim yo'nalishida tahsil oluvchi talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, unda elektr

energiyani ishlab chiqarishning an'anaviy va noan'anaviy usullari, energiyani ishlab chiqarish, uzatish, taqismlash va iste'mol qilishning fizik asoslari, elektr stansiyalari va podstansiyalarining asosiy elektr jihozlari, elektr uzatish liniyalarining konstruktiv elementlari, elektr tarmoq elementlarining almashtirish sxemalari va hisobiy parametrlari, elektr tarmoqlarini hisoblash, ulardagi isroflarni hisoblash hamda kamaytirish, energetika tizimlarining holatlarini boshqarish bilan bog'liq bo'lgan masalalar ko'rib chiqilgan.

1. JAMIYATNING ILMIY-TEXNIKAVIY TARAQQIYOTIDA ENERGETIKANING ROLI

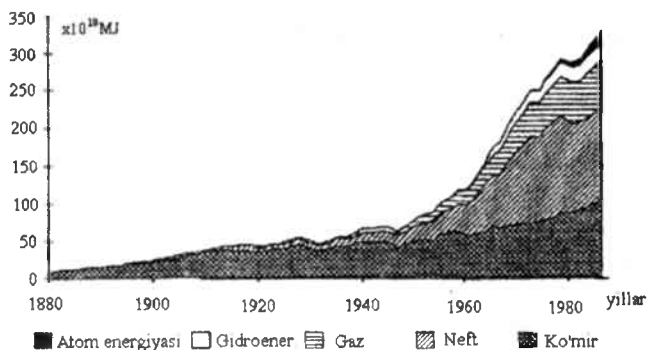
1.1. Jamiyat taraqqiyotida energiyadan foydalanishning ahamiyati

Insoniyat jamiyati va uning yutuqlari taraqqiyoti bevosita ishlab chiqarish darajasi va kishilar hayoti uchun zarur moddiy sharoitlarni yaratish bilan bog'liqdir. Ilmiy-texnikaviy va sotsial taraqqiyot odatda iste'mol qilinuvchi energiyaning ortishi, energiyaning yangi yanada samarali turlaridan foydalanishni o'zlashtirish bilan bir vaqtda amalga oshadi.

Hozirgi zamon mashinalarida iste'mol qilinuvchi energiya juda ko'p miqdorni tashkil etadi. Buni quyidagi taqqoslash asosida ifodalash mumkin. Jahonning barcha ishga yaroqli aholisi bir yil davomida har sutkada 8 soat to'liq fizik kuch bilan ishlagan taqdirda ham hozirgi zamon issiqlik va gidroelektr stansiyalarida ishlab chiqariluvchi energiyaning yuzdan biri miqdoridagi energiyani ishlab chiqara olmaydi. Energiyani iste'mol qilish bundan keyin ham ishlab chiqarish darajasini o'sishini ta'minlagani holda oshib boradi.

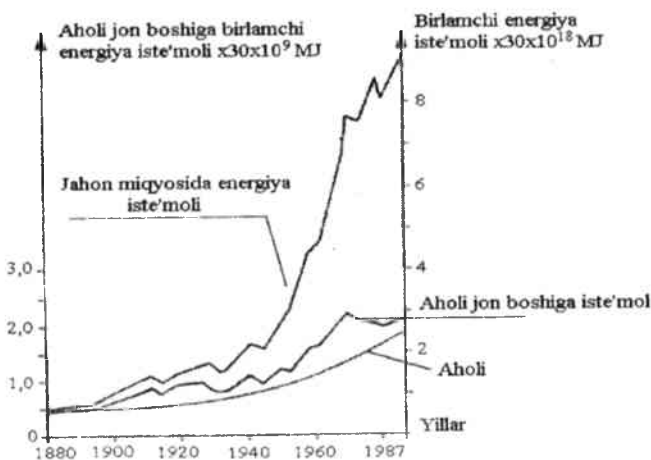
Iqtisodiy taraqqiyotni fizik va mukammal avtomatik boshqariluvchi mashinalar asosida faqat iste'mol qilinuvchi energiyani va ishlab chiqarish darajasini oshirish orqaligina tezlashtirish mumkin.

Energiyaga ehtiyoj uzluksiz ravishda ortib bordi. Bu o'z navbatida yangi energiya resurslarini qidirib topish, energiyani bir turdan boshqa turga o'zgartirishning yangi usullarini ishlab chiqish zaruratini yaratdi. Hozirgi davrda turli xil energiyalardan – Quyosh energiyasi, organik yoqilg'ining kimyoviy energiyasi, daryolar, dengizlar va okeanlar suvlarining mexanik energiyasi, shamol energiyasi, og'ir yadrolarning parchalanishida hosil bo'luvchi yadro energiyasidan foydalanish an'anaviy hisoblanadi. 1.1- rasmda XIX asrning so'nggi 20 yili va XX asr davomida jahon miqyosida insoniyat faoliyatining turli jabhalarida energiya resurslaridan foydalanishning dinamikasi tasvirlangan. Undan barcha turdagi energiya resurslaridan foydalanish intensiv ortib borganligini kuzatamiz. Bunda ko'mirdan foydalanishning nisbiy o'sib borishi yildan-yilga nisbatan bir tekis bo'lib, XX asrning oxirida umumiy foydalanilgan energiya resurslarining taxminan 30% qismini tashkil etsa, gaz va neftdan foydalanishning nisbiy o'sishi keskin ortib borganligini ko'ramiz. Buning asosiy sababi ularni masofaga uzatish va ishlatishning kam xarajatlarni talab etishidir.



1.1- rasm. Jahon miqyosida energiya resurrlaridan foydalanish dinamikasi.

So'nggi ikki asr davomida yer yuzida aholi soni va energiyaga bo'lgan talab shiddat bilan ortib bordi. Bunda yer kurrasining aholisi olti marta, energiyaga bo'lgan talab esa, aholi jon boshiga besh marta o'sdi. 1.2-rasmda XIX asrning oxiri va XX asr davomida jahon miqyosida birlamchi energiya iste'moli uning aholi jon boshiga to'g'ri miqdorining o'zgarishi tasvirlangan.



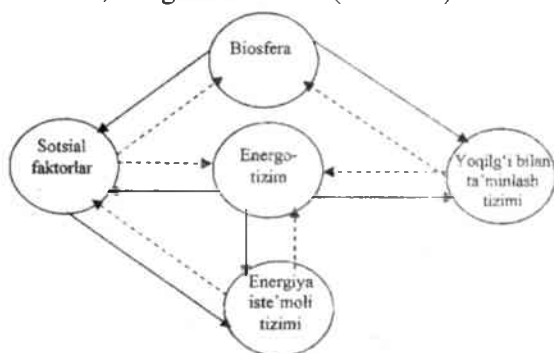
1.2- rasm. Jahon miqyosida birlamchi energiya iste'moli va uning aholi jon boshiga to'g'ri kelish miqdorining o'zgarishi.

Energiyaga bo'lgan talabning bunday tarzda intensiv o'sib borishi yangi energiya resurslarining yangi zaxiralarini qidirib topish, ulardan samarali foydalanish, muqobil energiya manbalarini aniqlash kabi vazifalarni bajarishni taqozo etadi.

Hozirgi davrda yer kurrasida mavjud barcha energiya resurslarining potentsiali shartli yoqilg'i birligida quyidagi miqdorlarda baholangan (t.sh.yo.):

- organik yoqilg'ining kimyoviy energiyasi – $1,77 \cdot 10^{13}$;
- yadro energiyasi – $0,67 \cdot 10^{14}$;
- termoyadro energiyasi – $1,22 \cdot 10^{17}$;
- geotermal energiya – $1,0 \cdot 10^{14}$;
- quyoshning yer kurrasiga tushuvchi energiyasi – $0,82 \cdot 10^{14}$;
- daryolarning energiyasi (bir yillik) – $0,4 \cdot 10^{10}$;
- shamol energiyasi (bir yillik) – $2,1 \cdot 10^{11}$;
- o'rmonlarning bioenergiyasi (bir yillik) – $0,5 \cdot 10^{10}$;
- oqim energiyasi (bir yillik) – $0,86 \cdot 10^{14}$.

Elektr va issiqlik energiyalarini ishlab chiqaruvchi energetika tizimi o'z taraqqiyoti jarayonida boshqa bir qator tizimlarning ta'sirida bo'ladi va aksincha, ularga ta'sir etadi (1.3-rasm).



1.3-rasm. Energetika tizimining boshqa tizimlar bilan bog'liqlik sxemasi.

Energetika sistemasini qurish va uning ish sharoitlari bevosita tabiiy faktorlar (masalan, suv havzalarining mavjudligi, energetika resurslarining geografik joylashuvi va iste'molchilarning joylashuvi) bilan bog'liqdir. Biosferaning holati, uni energetika qurilmalarining ishi bilan bog'liq ifloslanganlik darajasi energetika sistemasining texnik

xarakteristikalarini va ish holatlariga nisbatan ma'lum cheklovlarni vujudga keltiradi.

Energetika sistemasini boshqarish faqat uning biosferaga ta'sirini emas, balki yoqilg'i bilan ta'minlash sistemasining sotsial funksiyalari, sanoat, transport va boshqa faktorlarning ham ta'sirini e'tiborga olib amalga oshiriladi.

Energetika atrof-muhit va inson salomatligiga salbiy ta'sir etuvchi manbalardan biri hisoblanadi. Shu sababli, uning ta'sirini kamaytirish texnologiyalarini ishlab chiqish va joriy etish bugungi kunda ushbu soha o'lim va mutaxassislarini oldida turgan eng dolzarb masalalardan biridir.

1.2. Energiya resurslaridan foydalanish

Energiya – tabiat hodisalari, madaniyat va insoniyat hayotining umumiy asosidir. Shu bilan bir qatorda energiya materiya harakati turli ko'rinishlarining miqdoriy ko'rsatkichidir. Turi bo'yicha energiya kimyoviy, mexanik, elektrik, yadro va h.k. larga bo'linadi. Inson tomonidan foydalanish mumkin bo'lgan energiya *energiya resurslari* deb ataluvchi moddiy obyektlarda mavjuddir.

Barcha turdagi energiya resurslaridan amaliy ehtiyojlarda juda ko'p miqdorda foydalanuvchilari *asosiy energiya resurslari* deb yuritiladi. Ularga ko'mir, neft, gaz kabi organik yoqilg'ilar, shuningdek, daryolar, dengizlar va okeanlar, quyosh, shamol, yer tubining issiqlik (geotermal) energiyalari kiradi.

Energiya resurslari *qayta tiklanuvchi* va *qayta tiklanmaydigan* turlarga bo'linadi. Yangilanuvchi energiya resurslariga uzluksiz ravishda tabiat tomonidan tiklanib turuvchi energiya resurslari (suv, shamol va h.k.) kiradi. Yangilanmas energiya resurslariga oldindan tabiatda jamlangan, ammo hozirgi geologik sharoitlarda paydo bo'lmaydigan energiya resurslari (masalan, ko'mir) kiradi.

Tabiatda bevosita olinuvchi energiya (yoqilg'i, suv, shamol, yerning issiqlik energiyasi, yadro energiyasi va h.k.) *birlamchi energiya*, uni inson tomonidan maxsus qurilmalarda o'zgartirish natijasida paydo bo'lgan energiya *ikkilamchi energiya* deyiladi.

O'z nomlanishida elektr stansiyalari foydalanuvchi birlamchi energiya turini ifodalaydi. Masalan, issiqlik elektr stansiyasi (IES) issiqlik energiyasi (birlamchi energiya)ni elektr energiyasi (ikkilamchi energiya)ga aylantiradi, shuningdek, gidroelektr stansiyasi (GES) suv

energiyasini elektr energiyasiga, atom elektr stansiyasi (AES) atom energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi.

Lozim bo'lgan turdagi energiyani olish va u bilan iste'molchilarni ta'minlash *energetik ishlab chiqarish* jarayonida amalga oshiriladi. Bu jarayonni besh bosqichga ajratish mumkin.

1. Energiya resurslarini olish va konsentratsiyalash: yoqilg'ini qazib olish va tayyorlash, gidrotexnik inshootlar yordamida naporni vujudga keltirish va h.k.

2. Energiya resurslarini o'zgartiruvchi qurilmalarga uzatish: bu quruqlikda va suvda tashish orqali yoki suv, gaz va h.k.larni trubalarda haydash orqali amalga oshiriladi.

3. Birlamchi energiyani ikkilamchi mavjud sharoitlarda taqsimlash va iste'mol qilish uchun qulay bo'lgan energiya turiga (odatda elektr va issiqlik energiyalariga) o'zgartirish.

4. O'zgartirilgan energiyani uzatish va taqsimlash.

5. Energiyani uzatilgan va o'zgartirilgan ko'rinishlarda iste'mol qilish.

Agar qo'llaniluvchi birlamchi energiya resurslari energiyasini 100% deb qabul qilsak, unda foydali ish bajaruvchi energiya faqat 35-40% ni tashkil etadi, qolgan qismi isrof bo'ladi. Isrofnings asosiy qismi issiqlik energiyasiga to'g'ri keladi.

Energiya isrofi hozirgi davrda mavjud bo'lgan energetik mashinalarning texnik xarakteristikalarini bilan belgilanadi.

Turli energiya resurslari Yer sharining mintaqalari va davlatlarida nojinsli joylashgan. Ularning ko'p mavjud bo'lgan joylari ko'p iste'mol qilish joylari bilan mos kelmaydi. Jahonda mavjud neft zaxiralarining yarmidan ko'pi Yaqin va O'rta Sharq mintaqalarida joylashgan bo'lib, u yerdagi iste'mol jahondagi o'rtacha ko'rsatkichga nisbatan 4-5 baravar pastdir.

O'zbekiston Respublikasi hududining 60% qismi neft va gaz zaxiralari va ulardan foydalanish bo'yicha istiqbolli hisoblanadi. Uzoq yillardan buyon olib borilgan qidiruvlar hamda geologiya-geofizika izlanishlari asosida Respublika hududi beshita neft-gazlilik mintaqalarga (Ustyurt, Buxoro-Xiva, Janubiy-G'arbiy Hisor, Surxondaryo va Farg'ona) bo'lingan bo'lib, ularda neft va kondensatning umumiy resursi 5780 mln. tonnani tashkil etadi.

O'zbekiston Mustaqil Davlatlar Hamdo'stligi orasida uglevodorodli yoqilg'i mahsulotlarini qazib olish suratini pasaytirmagan, balki

ularni ishlab chiqarish hajmini mustaqillik yillarida yanada oshirgan yagona davlatdir.

1991-yilgacha Respublikaning neft mahsulotlariga bo'lgan talabining 75% qismi import hisobiga qoplangan bo'lsa, 1995-yilga kelib neft va kondensatni yillik qazib olish 1,5 mln. tonnadan 7,6 mln. tonnagacha oshirilgan.

Respublika bo'yicha qazib olinayotgan neftning 90% qismi Buxoro-Xiva mintaqasiga to'g'ri kelmoqda.

Dunyoning ba'zi davlatlaridagi tabiiy gaz qazib olish va uning zaxirasi

1.1-jadval

Davlat	Qazib olish, mlrd m ³	Zaxira, mlrd m ³
Rossiya	560,90	48140
AQSH	539,07	4711
Kanada	167,83	1840
Indoneziya	74,23	2045
O'zbekiston	54	5000
Malayziya	38,52	2258
Meksika	33,06	1808
Avstraliya	29,54	550
Xitoy	20,11	1160
Tailand	16,33	198
Vetnam	10,313	170
Yangi Zelandiya	5,65	68
Yaponiya	2,28	39

Jahon miqiyosida tabiiy gazning yillik iste'moli 2005-yilga kelib, diyarli 3 trln. m³ ni tashkil etdi. Tabiiy gazning dunyoning yoqilg'i-energetik kompleksidagi ulushi 22% tashkil etmoqda.

O'zbekiston Respublikasining tabiiy gaz zaxirasi taxminan 5 trln. m³ ni tashkil etib, bu dunyo zaxirasini 1,3% tashkil etmoqda (1.1- jadval).

Ma'lumotlarga ko'ra Respublikamizda 2004-yilda 187 ta uglevodorodli xomashyo konlari aniqlangan va ochilgan, shulardan 91 tasi gaz va gaz kondensatlaridir. Hozirgi kunda mamlakatimiz 25 ta kompressor stansiyalariga egadir. Yirik stansiyalarimizdan biri bo'lmish «Kokdumoloq» kompressor stansiyasida kuniga 4,2 mln. m³ gaz ishlab chiqarilmoqda.

1.3. O'zbekiston Respublikasida elektr energetikaning taraqqiyoti va istiqbollari

Yuqori darajadagi texnik taraqqiyot va u bugungi kunda erishgan yutuqlarni sifat jihatidan yangi turdagi energiyadan, xususan elektr energiyasidan foydalanmasdan ta'minlab bo'lmaz edi. Elektr energiyasi hozirgi davrda insoniyat hayotida keng foydalanilmoqda. U sanoatda va qishloq xo'jaligida turli mexanizmlarni harakatga keltirishda, bevosita texnologik jarayonlarda, transportda va madaniy-maishiy hayotda keng qo'llaniladi. Zamonaviy aloqa vositalari telefon, telegraf, radio, televidenie kabilarning ishlashi ham elektr energiyasidan foydalanishga asoslangan. Elektr energiyasiz kibernetika, hisoblash texnikasi, kosmik texnikasi kabilarni rivojlantirish mumkin bo'lmaz edi. Elektr energiyaning asosiy samarali xususiyati shundan iboratki, u uzoq masofaga oson uzatilishi va nisbatan sodda hamda kam isrof bilan boshqa turdagi energiyalarga o'zgartirilishi mumkin. Elektr energiyasi hozirgi davrda insonlar tomonidan eng ko'p foydalaniladigan energiya turidir.

Yuqoridagi sabablarga ko'ra elektr energetikasining taraqqiyotiga butun jahonda, shu jumladan, bizning mamlakatimizda juda katta e'tibor qaratilgan.

O'zbekiston energetikasining rivojlanish tarixi. 1914-yilda Turkiston energetika xo'jaligining quvvati 20 ming ot kuchidan ortiqroq bo'lib, mavjud 51 ta elektr stansiyalardagi umumiy elektr motorlarining soni 500 tadan oshmas edi.

1917-yilga kelib, hozirgi O'zbekiston Respublikasi hududidagi elektr stansiyalarning umumiy quvvati 3 ming kVt ni tashkil qilib, ularda bir yilda 3,3 mln. kVt.soat elektr energiyasi ishlab chiqarilgan.

O'zbekiston energetikasi taraqqiyotida Turkiston o'lkasini elektrlashtirish rejasining tuzilishi katta ahamiyat kasb etdi. 1923-yil Toshkent shahri chekkasidan o'tuvchi Bo'zsuv kanalida gidroelektr stansiyasi (GES)ning qurilishi boshlandi. 1926-yil O'zbekiston energetikasida birinchi o'sha vaqtda O'rta Osiyoda eng katta bo'lgan 2 ming kVt quvvatli Bo'zsuv GESining birinchi navbati ishga tushirildi.

O'zbekiston energetika tizimi tuzilgan paytda (1934-y.) Respublikada elektr energiyasi quvvatining o'sishi asosan Chirchiq-Bo'zsuv yo'nallishidagi umumiy quvvati 180 ming kVt bo'lgan ketma-ket qurilgan gidroelektr stansiyalari hisobiga to'g'ri keldi.

1939-yilda Qizilqiya ko'mir havzasi negizida Quvasoy Davlat tuman elektr stansiyasi (DRES) ning 12 MVt quvvatli kondensatsion

turbina agregati va Toshkent to'qimachilik kombinati issiqlik elektr stansiyasining 6 MVt quvvatli ikkita turbinasi ishga tushirildi.

Elektr stansiyalarining qurilishi va sanoat korxonalarining rivojlanishi magistral elektr tarmoqlarini qurish zaruratini keltirib chiqardi. Qodir GES ming ishga tushirish bilan bir vaqtning o'zida Respublikada birinchi bo'lib undan Toshkent shahriga elektr energiyasini uzatuvchi 35 kV kuchlanishli ikki zanjirli liniya foydalanishga topshirildi.

1939–1940-yillarda 110 kV kuchlanishli havo liniyalari Quvasoy DRESini Andijon shahri bilan, Tavoqsoy GESini Chirchiq shahri bilan bog'ladi.

Ikkinchi Jahon urushi yillarida Toshkent shahri atrofini bog'lovchi 35 kV kuchlanishli halqasimon havo liniyasi qurib bitkazildi, shimoliy sanoat hududini elektr energiya bilan ta'minlash uchun katta quvvatli «Severnaya» podstansiyasi qurildi.

1943-yilda Sirdaryo daryosida qurila boshlagan 125 ming kVt quvvatli Farbod GESi kimyo sanoatini rivojlantirish va sug'oriladigan yerlarni suv bilan ta'minlash imkonini berdi. O'zbekiston va qo'shni respublikalarning 700 ming gektardan ortiqroq yerlarini o'zlashtirishga imkon beruvchi suv to'g'onlari qurildi.

Angren ko'mir havzasini o'zlashtirilishi ikkita issiqlik elektr stansiyasi – 600 ming kVt quvvatli Angren IES va Olmaliq issiqlik elektr markazi (IEM)ni qurishga asos bo'ldi.

1972-yil Sirdaryo IESida O'rta Osiyoda birinchi eng katta kritik parametrlarda (bug' bosimi 240 atm., harorati 545°C) ishlovchi 300 ming kVt quvvatli energetika bloki ishga tushirildi. Hozirgi paytda Sirdaryo IESda 10 ta shunday quvvatli bloklar ishlamoqda.

Hozirgi paytgacha kelib o'rnatilgan uskunalar quvvatlarining yig'indisi 12,0 mln. kVtdan ortiqroq bo'lgan 37 issiqlik va gidroelektr stansiyalarni o'z ichiga olgan O'zbekiston energetika tizimi asosini yirik elektr stansiyalari, shu jumladan, Sirdaryo (3,0 mln. kVt), Yangi-Angren (2,1 mln. kVt), Toshkent (1,86 mln. kVt) va Navoiy (1,25 mln. kVt) issiqlik elektr stansiyalari tashkil etadi (1.3-rasm). Usbbu elektr stansiyalarda birlik quvvati 150 – 300 ming kVt bo'lgan 30 dan ortiq zamonaviy energetika bloklari o'rnatilgan. Birlik quvvati Markaziy Osiyoda eng katta 800 ming kVt bo'lgan Tollimarjon issiqlik elektr stansiyasi mustaqillik yillarida ishga tushirilib, uni yanada kengaytirish ishlari davom etmoqda. O'zbekiston Respublikasida bugungi kunda

ishlayotgan issiqlik elektr stansiyalari va ularning o'rnatilgan quvvatlari haqida ma'lumotlar 1.2- jadvalda keltirilgan.

Hozirgi davrda O'zbekiston Respublikasidagi mavjud elektr stansiyalarining o'rnatilgan quvvati: 12472,2 MVt

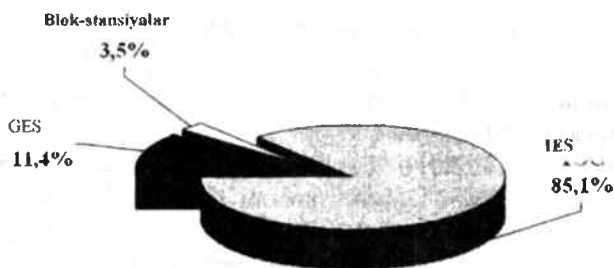
shu jumladan:

Issiqlik elektr stansiyalari: 10619,0 MVt

Gidroelektr stansiyalar: 1419,7 MVt

Blok-stansiyalar: 433,5 MVt

O'zR energetika tizimida hozirgi davrda mavjud elektr stansiyalari o'rnatilgan quvvatlarining tuzilmasi 1.4- rasmda tasvirlangan.



1.4- rasm. O'zbekiston Respublikasida mavjud elektr stansiyalari o'rnatilgan quvvatlarining tuzilmasi.

O'zbekiston Respublikasining issiqlik elektr stansiyalari

1.2-jadval

Stansiya	O'rnatilgan quvvat, MVt
Sirdaryo IES	3000,0
Yangi-Angren IES	2100,0
Toshkent IES	1860,0
Navoiy IES	1250,0
Taxiatosh IES	730,0
Farg'ona IEM	330,0
Angren IES	484,0
Muborak IEM	60,0
Toshkent IEM	30,0
Tollimarjon IES (1- blok)	800
Jami:	10644,0

Gidroelektr energetikasi O'zbekiston Respublikasi energetika vazirligi tizimidagi bir nechta unchalik katta bo'lmagan quvvatli GES kaskadlari bilan belgilanadi. Bulardan O'rta-Chirchiq GESlar kaskadi tarkibiga kirib, suv omborlariga ega bo'lgan 600 ming kVt quvvatli Chorvoq va 165 ming kVt quvvatli Hojikent GESlari asosan quvvat balansini rostlovchi stansiyalar sifatida faoliyat ko'rsatadi. Qolgan GESlarning ish holatlari esa havzadan oqib o'tuvchi suv miqdori bilan belgilanadi. Bugungi kunda O'zbekiston Respublikasida mavjud GESlarning umumiy o'rnatilgan quvvati 1419 kVtm tashkil etadi.

O'zbekistonning energetika tizimi Turkmaniston, Tojikiston, Qirg'iziston va Janubiy Qozog'iston energetika tizimlari bilan tutashgan bo'lib, Markaziy Osiyo Xalqaro Birlashgan energetika tizimining asosiy tarkibiy qismi hisoblanadi.

Ko'p miqdorda ishlab chiqariluvchi elektr energiyani masofaga samarali uzatish va iste'molchilarga taqsimlash turli kuchlanishdagi elektr uzatish liniyalaridan foydalanishni taqozo etadi. Hozirgi davrda O'zbekiston Respublikasidagi barcha nominal kuchlanishli elektr uzatish liniyalarining umumiy uzunligi taxminan 240 ming km bo'lib, jumladan, 500 kV kuchlanishli liniyalar 2,1 ming km, 220 kV kuchlanishli liniyalar 4,6 ming km va 0,4-10 kV kuchlanishli liniyalar 170 ming km ni tashkil etadi.

Kelajakda xalq xo'jaligining taraqqiy etib borishi bilan hamohang tarzda Respublikamiz energetikasi ham yanada yuqori jadallikda rivojlanib boradi. 1.3- jadvalda O'zRda 2020-yilgacha elektr energiyani ishlab chiqarish va iste'mol qilish balansi dinamikasining ssenariysi tasvirlangan.

O'zRda elektr energiyani ishlab chiqarish va iste'moli balansining ssenariysi (MVt.soat)

1.3-jadval

Balansning tashkil etuvchisi	2010 y., amalda	2015 y.	2020 y.
1. EE iste'moli	50747,0	56000,0	64900,0
2. EE eksporti	1164,0	900,0	1800,0
3. EE ishlab chiqarish shu jumladan:	51911,0	56900,0	66700,0
3.1. «O'zbekenergo» DAK shu jumladan	50057,0	52315,0	62115,0
3.1.1. IES	43508,0	46568,0	53442,0
3.1.2. GES	6549,0	5746,0	8352,0
3.1.3. NQTE	-	-	321,0
3.2. Blokstansiyalar	1834,0	4585,0	4585,0

Elektr energiya balansini ushbu jadvalda keltirilgan darajada bo'lishini ta'minlash elektr stansiyalarida qo'shimcha, samarali bloklarni o'rnatib, ishga tushirish, mavjudlarini modernizatsiyalash, qo'shimcha elektr tarmoqlarini qurishni nazarda tutadi.

2015-yilgacha bo'lgan vaqt davomida issiqlik energetikasi sohasida Navoiy IESni 478 MVt quvvatli bug'-gaz qurilmasi (BGQ)ni o'rnatish hisobiga kengaytirish, Toshkent issiqlik elektr markazini 3 ta 27 MVt quvvatli gaz-turbina qurilmasi (GTQ)ni o'rnatish hisobiga modernizatsiyalash, Tollimarjon IESni 2 ta 450 MVt quvvatli BGQni o'rnatish hisobiga kengaytirish, Toshkent IESni 370 MVt quvvatli BGQni o'rnatish hisobiga modernizatsiyalash, Angren ko'mir havzasini modernizatsiyalash orqali Yangi-Angren IESning 1-5 bloklarini butun sutka davomida ko'mir yoqishga o'tkazish bo'yicha investitsiya loyihalarining bajarilishi ko'zda tutilgan.

Gidroenergetika sohasida esa, ushbu vaqt davomida modernizatsiyalash ishlarini amalga oshirish hisobiga Chorvoq GESning quvvatini 45 MVtga, Toshkent GESlari kaskadining quvvatini 8,3 MVtga, Quyi Bo'zsuv GESlarining quvvatini 2,5 MVtga oshirishga oid investitsiya loyihalari bajariladi.

Elektr tarmoqlarini takomillashtirish bo'yicha investitsiya loyihalari bir qator magistral elektr uzatish liniyalari va podstantsiyalarining qurilishini ko'zda tutadi. Jumladan, ushbu muddatlarda qurilishi rejalashtirilgan 500 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyalari va podstantsiyalari haqida ma'lumotlar 1.4- jadvalda keltirilgan.

Shunday qilib, O'zbekiston Respublikasida elektr energetikasini taraqqiy ettirishning 2011–2015-yillarga mo'ljallangan dasturini amalga oshirish natijasida quyidagilarga erishish rejalashtirilgan:

- 2393 MVt generatsiyalanuvchi quvvat, 1004 km uzunlikdagi 110-500 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyalari, umumiy quvvati 2118 MVA bo'lgan transformatorlar ishga tushiriladi;

- energetik ishlab chiqarishning samaradorligini oshishi hisobiga har yili 1010 mln.kub.m. gaz iqtisod qilinadi;

- elektr energiyani uzatishdagi isroflar 437 mln.kVt.soatga kamayadi;

- yoqilg'i-energetika balansida ko'mirning ulushi 3,6% dan 10-11% gacha ortadi;

- maishiy sektorda 4,5 millionta elektr energiya sarfini hisobga olish asboblari o'rnatish bilan modernizatsiyalash orqali elektr energiya isrofi 1,8 mlrd.kVt.soatga kamayadi.

**2015-yilgacha qurilishi rejalashtirilgan 500 kV kuchlanishli elektr
uzatish liniyalari va podstansiyalari haqida ma'lumot**

1.4-jadval

Havo liniyasi va podstansiya	Liniyalarning uzunliklari va transformatorlarning nominal quvvatlari
HL-500 kV Tollimarjon IES - So'g'diyona PS va IESda OTQ-500 kV	218 km, 3x167 MVA
HL-500 kV Sirdaryo IES – Yangi-Angren IES	130 km
HL-500 kV Sirdaryo IES – Lochin PS (rekonstruksiya)	70 km
PS Namangan-500 kV va HL-500 kV Yangi- Angren IES – Namangan PS	2x501 MVA, 200 km
Jami:	1002 MVA, 618 km

O'zRda elektr energetika taraqqiyotining 2016–2020-yillarga mo'ljallangan navbatdagi dasturi Navoiy IESda ikkinchi 450 MVt quvvatli BGQni o'rnatish, Tollimarjon IESni navbatdagi 450 MVt quvvatli BGQ hisobiga kengaytirish, Muborak IEMni 120 MVt quvvatli GTQ hisobiga modernizatsiyalash, Yangi-Angren IESda 300 MVt quvvatli 8- blokni qurish, Angren IESda yuqori darajadagi zonali ko'mir yoqiladigan 150 MVt quvvatli 2- blokni qurish va Surxondaryo viloyatida 300 MVt quvvatli IESni qurish orqali IESlarning umumiy quvvatini 1770 MVtga oshirish ko'zda tutiladi. Shuningdek, ushbu dastur Toshkent viloyati hududida Pskem (404 MVt), Mullalak (240 MVt), Quyichotqol (100 MVt), Oqbuloq (60 MVt), Irgalaylik (13,6 MVt), Suxondaryo viloyati hududida Zarchob (90 MVt) va Nilyu-2 (30 MVt) kabi GESlarning qurilishi hisobiga respublikada mavjud GESlarning o'rnatilgan umumiy quvvati 955,7 MVtga ortishini nazarda tutadi. Ushbu muddatda o'rnatilgan umumiy quvvati 100 MVt bo'lgan shamol qurilmalari parki, 100 MVt bo'lgan quyosh elektr stansiyasi, umumiy uzunligi 1271,2 km bo'lgan 220-500 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyalari, transformatorlarining umumiy quvvati 3450 MVA bo'lgan podstansiyalarning qurilishi mo'ljallangan.

Sinov savollari:

1. Jamiyat taraqqiyotida energetikaning roli?
2. Energiya resurslari haqida tushuncha bering?
3. Nima sababdan elektr energiyaga bo'lgan talabni oshishini tushuntirib bering?
4. O'zbekiston energetikasining rivojlanish tarixi?
5. Respublikamizdagi issiqlik va gidroelektr stansiyalarini soni va o'rnatilgan quvvatlari qancha?
6. Havo elektr uzatish liniyalarining uzunliklari va quvvatlari to'g'risida ma'lumot bering?

2. ELEKTR ENERGIYANI ISSIQLIK ELEKTR STANSIYALARIDA ISHLAB CHIQARISH

2.1. Energiyani saqlanish qonunining elektr energiyani ishlab chiqarish usullaridagi o'rni

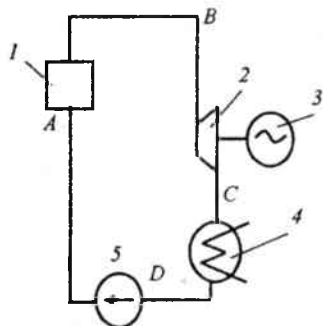
Energiyaning saqlanish qonuni XIX asrning o'rtalarida kashf etilgan. Unga asosan mavjud energiya hech qachon yo'qolmaydi, balki bir turdan boshqa bir turga o'tishi mumkin.

Energiyaning saqlanish qonuni jismlarda issiqlik almashinuvini o'rganishda *termodinamikaning birinchi qonuni* nomini olgan. Uning ma'nosi bilan issiqlikni mexanik energiyaga aylantiruvchi sistema misolida tanishamiz. Faraz qilaylik, sistema harorati uning barcha nuqtalarida bir xil. Bu sistemaga issiqlik berilganda harorati ortadi. Agar sistemaga ta'sir faqat unga issiqlik berishdan iborat bo'lsa, uning energiyasi $\Delta U = Q$ ga ortadi. Sistema o'z energiyasining kamayishi va haroratining pasayishi hisobiga ish bajarishi mumkin. Agar tizimda issiqlik berish hamda ish bajarilishi bir vaqtda yuz bersa, u holda sistema energiyasi $\Delta U' = Q - A$ ga o'zgaradi. Agar sistemaning energiyasi o'zgarmasa, u holda $A = Q$ bo'ladi.

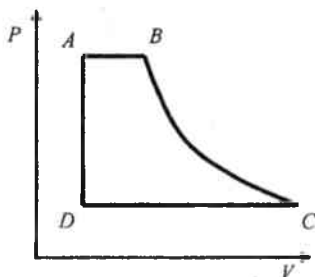
Bu tenglama miqdoriy jihatdan termodinamikaning birinchi qonunini ifodalaydi, ya'ni energiyani o'zgartirmasdan turib ish bajarish uchun sistemaga issiqlik berish lozimligini ko'rsatadi. Shu sababli issiqlik olmasdan turib ish bajaruvchi motorni, ya'ni *birinchi tur doimiy motorni* yaratish mumkin emas.

Zamonaviy issiqlik elektr stansiyalarida (IES) issiqlikni ishga aylantirish ishchi massa sifatida suvdan foydalanuvchi sikllarda amalga oshiriladi.

Suv bug'i yordamida issiqlikni ishga aylantiruvchi sikl XIX asr o'rtalarida shotlandiyalik muhandis U. Renkin tomonidan kashf etilgan. Renkin sikli bo'yicha ishlovchi IESning prinsipial texnologik sxemasi (2.1-rasm) bug' generatori (1), turbina (2), elektr generatori (3), kondensator (4) va nasos (5) dan tashkil topgan. Bug' generatorida yoqilg'i yoqilib, paydo bo'luvchi issiqlik yordamida suv qizdiriladi va bug'ga aylantiriladi. Bu jarayonga Renkin sikli diagrammasidagi (2.2-rasm) o'zgarmas bosimda hajm ortuvchi AB oraliq mos keladi. Bug' generatorida paydo bo'luvchi bug' turbinaga yo'naltiriladi. Bu yerda bug' kengayib, uning ichki energiyasi mexanik energiyaga aylanadi, ya'ni turbinada foydali ish bajariladi.



2.1-rasm. Renkin sikli bo'yicha ishlovchi IESning texnologik sxemasi.



2.2-rasm. Ideal Renkin sikli sxemasi.

Turbinada bug'ning ideal Renkin sikliga muvofiq kengayish jarayoni BC adiabata bo'yicha yuz beradi. Turbinadan chiqqan bug' kondensatorda kondensatsiyalanadi va sovituvchi suv bilan chiqarib yuboriladi. Bug'ning kondensatsiyalanishiga CD orallq mos keladi. Kondensat ta'minlovchi nasos yordamida bug' generatoriga uzatiladi. Bu jarayonga DA orallq mos kelib, u suv bosimining hajm o'zgarmagan holda ortishi bilan bir vaqtda amalga oshadi (nasos ta'sirida). Chunki, siqilganda suvning hajmi o'zgarmaydi.

Ideal Renkin siklining foydali ish koeffitsiyenti (FIK), har qanday issiqlik mashinasidagi kabi, ish bajarish uchun sarf bo'lgan issiqlikning isitkichda olingan butun issiqlik miqdoriga nisbati bilan belgilanadi:

$$K = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}; \quad (2.1)$$

bu yerda, Q_1 – bug' generatorida ishchi massaga uzatilgan issiqlik miqdori; Q_2 – kondensatordagi sovituvchi suv orqali chiqarib yuborilgan issiqlik miqdori.

2.2. Kondensatsion issiqlik elektr stansiyalari

Kondensatsion issiqlik elektr stansiyalari (KES) organik yoqilg'ining energiyasini avvalo mexanik, so'ngra elektr energiyasiga aylantiradi. Valning aylanishdagi mexanik energiyasi bug' yoki gaz molekulalari harakatini o'zgartirish (aylantirish) orqali hosil qilinadi.

Barcha issiqlik motorlari foydalanuvchi *ishchi massaning turi bo'yicha* bug' va gaz, *issiqlik energiyani mexanik energiyaga aylantirish*

usuli bo'yicha porshenli va rotorli turlarga bo'linadi. Porshenli usulda energiyani o'zgartirishda ishchi massani qizdirish natijasida paydo bo'luvchi potentsial energiyadan foydalaniladi. Rotorli usulda o'zgartirishda esa, katta tezlikda harakatlanuvchi ishchi massa zarrachalarining kinetik energiyasidan foydalaniladi.

XVIII va XIX asrlarda bug' mashinasi sanoat va transportda foydalaniluvchi yagona motor turi hisoblangan. Hozirgi davrda u amalda uchramaydi, o'tmishda keng qo'llanilgan paravoz va paraxodlar ishlab chiqarishdan deyarli to'liq olib tashlangan.

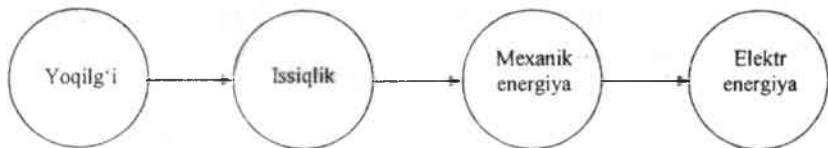
Hozirgi davrda, asosan avtomobil transportida qo'llaniluvchi, ichki yonuv motorlari keng tarqalgan. Statsionar energetikada ichki yonuv motorlari cheklangan miqdorda qo'llaniladi.

Hozirgi davrda mamlakatimizdagi KESlarda bug' turbinalaridan foydalaniladi. Uch fazali elektr generatorlarini aylantirish uchun xizmat qiluvchi birinchi bug' turbina 1899-yilda Elberfeld elektr stansiyasida o'rnatilgan. Shu davrdan katta quvvatdagi bug' turbinali elektr stansiyalari taraqqiyoti boshlandi.

KESlarda issiqlik motorlari sifatida gaz turbinalaridan ham foydalaniladi.

Issiqlik motorlari samaradorligini oshirish uchun ishchi massaning harorati va bosimini, konstruktiv materiallarning mexanik mastahkamligini ta'minlash shartlaridan kelib chiqqan holda, maksimal darajagacha oshirishga harakat qilinadi.

Energetikaning asosini tashkil etuvchi zamonaviy bug' qurilmalarida harorati 600°C gacha va bosimi 30 MPa gacha bo'lgan bug'dan foydalaniladi. Ishchi massaning haroratini pasaytirish uchun sovuq suvdan foydalaniladi va bunda harorat $30-40^{\circ}\text{C}$ gacha pasayadi. Natijada bug' bosimi juda tez kamayadi. 2.3-rasmda organik yoqilg'ining birlamchi energiyasini elektr energiyasiga aylantirish bosqichlari sxematik tarzda ifodalangan.



2.3-rasm. Issiqlik elektr stansiyalarida energiyaning o'zgartirilish sxemasi.

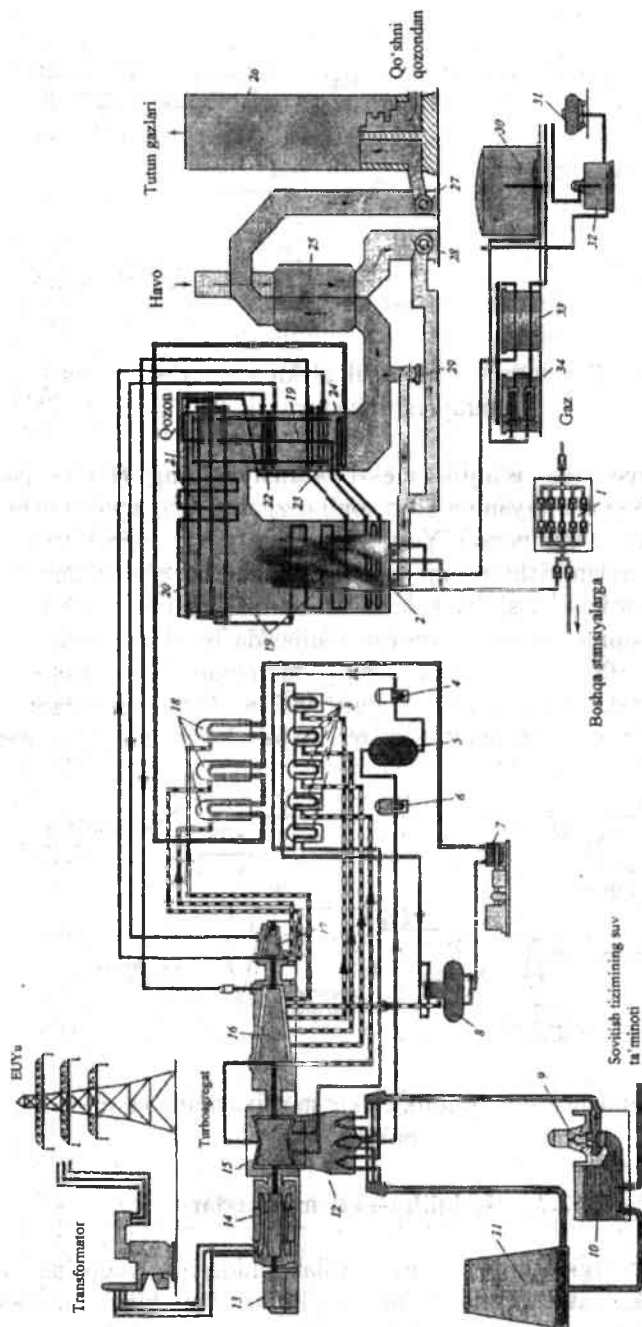
Yuqorida qayd etilganidek, bug' qurilmalarida issiqlik siklining asosiy jarayonlari quyidagi elementlarda yuz beradi: bug' generatorida – issiqlik uzatish, turbinada – bug'ning kengayishi, kondensatorida – issiqlikni olish (sovitish). Yuqori bosim nasoslari yordamida kondensat bug' generatoriga haydaladi.

Yoqilg'i sifatida gazdan foydalanuvchi KESning mukammal sxemasi 2.4-rasmda tasvirlangan. Gaz taqsimlash punktidan yonish kamerasiga uzatiladi. Uning yonishida paydo bo'lgan issiqlik quvurlardagi suvni isitib, bug'ga aylantirish uchun foydalaniladi. Suv regeneratsion isitkichlarga nasos yordamida haydaladi. Regeneratsion isitkichlarda qizdirilgan suv qozonga kirib boradi. U yerda suv bug'ga aylantirilib, yuqori darajada qizdiriladi.

Qozondan chiqqan yuqori harorat va bosimdagi bug' ketma-ket tarzda turbinaning yuqori, o'rta va past bosim silindrlariga kirib borib, uni harakatga keltiradi. Turbinada bug' energiyasi generator rotori aylanishining mexanik energiyasiga o'zgartiriladi. Turbinaning yuqori o'rta bosim silindrlaridan chiquvchi bug'ning bir qismi yuqori bosimli regeneratsion bug' isitkich va past bosimli regeneratsion suv isitkichlarda foydalaniladi. Uning past bosim silindridan chiqqan bug' kondensatorga kirib keladi va u yerda sovitilib, suvga aylanadi. Paydo bo'lgan suv nasos yordamida past bosimli regeneratsion suv isitkich va yuqori bosimli regeneratsion bug' isitkichlarda qizdirilib qayta qozonga haydaladi. So'ngra sikl takrorlanadi. Bug'ni kondensatorida sovitish havzadan (hovuz, daryo, kanal) ta'minlovchi nasos vositasida olinuvchi suv yordamida amalga oshiriladi.

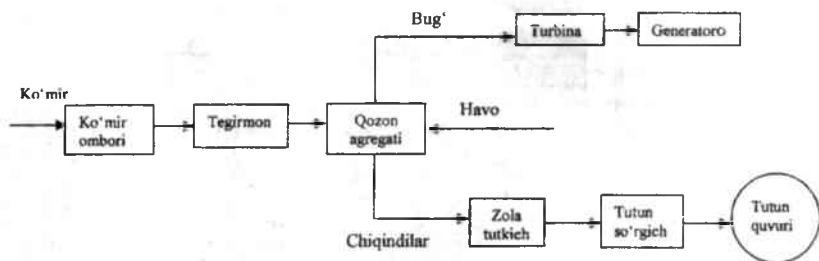
Ko'mirning yonishida paydo bo'luvchi chiqindilar tozalovchi inshootlar orqali o'tadi. Bu yerda kul va ko'mirning yonmay qolgan qattiq zarrachalari ajratib olinadi, gazlar esa 26 quvur orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Elektr generatori statoridan olinuvchi elektr energiyasi chiquqlar orqali elektr sistemasiga beriladi.

2.5-rasmda ko'mirda ishlovchi kondensatsion IESda issiqlikni olish va uni elektr energiyasiga aylantirish texnologik jarayonining umumiy sxemasi keltirilgan.



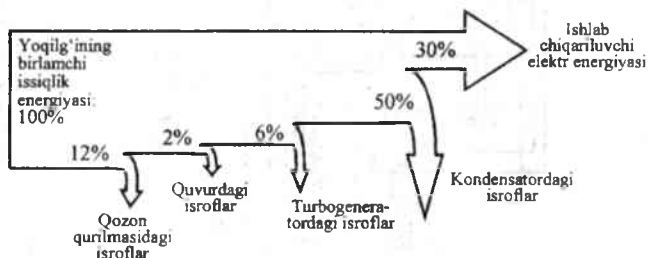
2.4-raqm. Gazda ishlovchi kondensatsion issiqlik elektr stansiyasining prinsipial sxemasi:

- 1 - gazni taqsimlash punkti; 2 - gorenkalar; 3 - past bosimli regeneratsion isitkichlar; 4 - regeneratsion isitkich; 5 - deaerator; 6 - kondensat nasos; 7 - ta'minlovchi nasos; 8 - deaerator; 9 - sirkulyatsiylovchi nasos; 10 - avankamera; 11 - gradirnya; 12 - kondensator-issiqlik almashirishchi; 13 - generatorning qo'zg'atichi; 14 - elektr generatori; 15 - past bosim silindri; 16 - o'rta bosim silindri; 17 - yuqori bosim silindri; 18 - yuqori bosimli regeneratsion bug' isitkichlar; 19 - ta'minlovchi suv quvurlari; 20 - shift bug' isitkichlari; 21 - shirmoviy bug'ni o'ta isitkichlar; 22 - konveksion bug'ni o'ta isitkichlar; 23 - oraliq bug'ni o'ta isitkichlar; 24 - ekonomayzer; 25 - havo isitkich; 26 - tutun quvuri; 27 - tutun so'rig'ich; 28 - haydovchi ventilyator; 29 - qayta sirkulyatsiylovchi ventilyator; 30 - zaxira yoqilg'isi (mazut) ombori; 31 - temir yo'l vagon-sesternyasi; 32 - zaxira yoqilg'isi isini uzatish tizimi; 33 - zaxira yoqilg'isi filtri; 34 - zaxira yoqilg'isi isini isitkichlari.



2.5-rasm. Kondensatsion issiqlik elektr stansiyasi texnologik jarayonining sxemasi.

Kondensatsion issiqlik elektr stansiyasining (KES) issiqlik balansi. KESda energiyaning ko'p sonli o'zgartirilishi amalga oshiriladi va bunda isroflar yuz beradi. Yoqilg'ining kimyoviy energiyasini elektr energiyasiga aylantirishning iqtisodiyligi va har bir bosqichdagi isrofn elektr stansiyasining issiqlik balansidan aniqlash mumkin (2.6- rasm). Agar yoqilg'ining kamerada yonishi natijasida hosil bo'luvchi issiqlik energiyasini 100% deb olsak, uning taxminan 30% qismi elektr energiyaga aylantiriladi, qozon qurilmasida 12%, quvurlarda 2%, turbogenerator (elektr generatori)da 6% va kondensatorda 50% energiya isrof bo'ladi.



2.6- rasm. Kondensatsion issiqlik elektr stansiyasining taxminiy issiqlik balansi.

2.3. Issiqlik elektr markazlari

Elektr energiyasini KESlarda ishlab chiqarish, yuqorida ko'rib o'tganimizdek, katta isroflar bilan bog'liqdir. Shu bilan bir qatorda sanoatning kimyo, tuqimachilik, oziq-ovqat, metallurgiya kabi

sohalarida issiqlik texnologik maqsadlarda talab etiladi. Yashash uylarida kattagina miqdorda issiq suv talab etiladi.

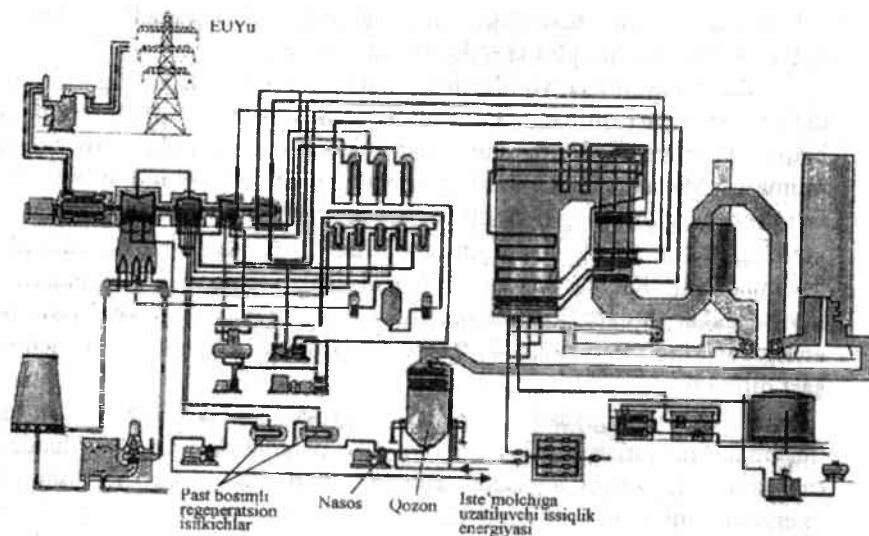
Mamlakatimizda yoqilg'ining kattagina korxonalarning issiqlik ehtiyojlariga sarf qilinadi. Sanoatda issiqlikni iste'mol qilish o'lchami haqida taxminiy xulosani har qanday korxona misolida hosil qilish mumkin. Masalan, avtomobil qurilishi zavodida iste'mol qilinuvchi issiqlik energiyasining $3/4$ qismi isitish, ventilatsiya hamda maishiy xizmatga va $1/4$ qismiginasi ishlab chiqarish maqsadlarida foydalaniladi. Kimyo sanoatining azot ishlab chiqarish kombinatida bunga teskari holatni kuzatamiz. Bu yerda iste'mol qilinuvchi issiqlik energiyasining taxminan $3/4$ qismi ishlab chiqarish ehtiyojlari uchun sarf qilinadi.

Issiqlik energiyasiga bo'lgan ehtiyojni kichik quvvatli qozon qurilmalarini qurish asosida qondirish ko'p hollarda iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emasdir. Bunday hollarda elektr va issiqlik energiyalarini ishlab chiqaruvchi issiqlik elektr stansiyalarining bug' generatorlaridan olinuvchi bug'dan foydalanish samaralidir. Bu vazifani bajarish uchun xizmat qiluvchi elektr stansiyalari *issiqlik elektr markazlari* (IEM) deb yuritiladi.

KESlarning turbinalaridan chiquvchi bug'ning harorati va bosimi juda past bo'lib, u korxonalarning texnik jarayonlarida foydalanish uchun yaroqli emas. Ko'plab ishlab chiqarishlarda $0,5-0,9$ MPa, ba'zan presslarni, bug' tegirmonlarni, turbinalarni harakatga keltirish uchun 2 MPa gacha bosimdagi bug'dan foydalaniladi, $70-150^{\circ}\text{C}$ haroratdagi issiq suv talab etiladi.

Iste'molchilar uchun lozim bo'lgan parametrdagi bug'ni olish uchun maxsus turbinalardan foydalaniladi. Bunday turbinalarda energiyasi turbinani harakatga keitirishda foydalanilib, parametrlari pasaygan bug'ning bir qismi iste'mol qilish uchun olinadi, qolgan qismi esa turbinada odatdagi usulda foydalaniladi va undan chiqgach kondensatorga uzatiladi.

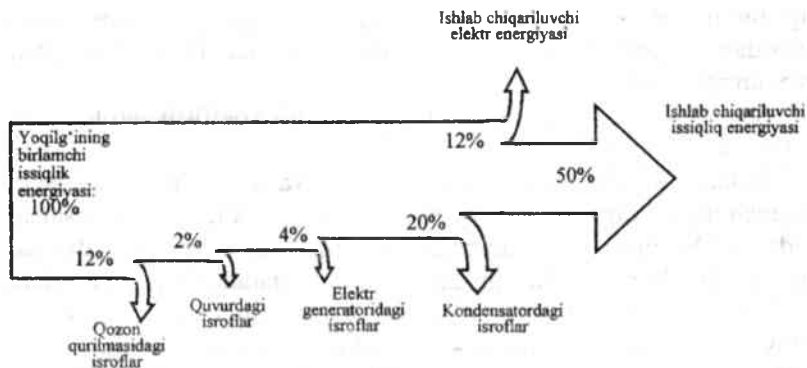
IEMning prinsipial va unda elektr hamda issiqlik energiyalarini ishlab chiqarishning texnologik sxemasi 2.7- rasmda tasvirlangan. Bu yerda IEM va KESning (2.4-rasm) prinsipial sxemalari bir-biriga o'xshashligini kuzatamiz. Shu sababli 2.7- rasmda 2.4- rasmdagi bilan bir xil bo'lgan uskunalarining nomlari keltirilmagan.



2.7- rasm. Issiqlik elektr markazida elektr va issiqlik energiyasini ishlab chiqarishning texnologik sxemasi.

Mamlakatimizda hozirgi davrda mavjud bo'lgan IEMlarining FIK 60-65% ni tashkil etadi. IEMning taxminiy issiqlik balansi 2.8- rasmda tasvirlangan bo'lib, unga muvofiq holda agar yoqilg'ining yonishida paydo bo'lgan birlamchi issiqlik energiyani 100% deb olsak, u jarayon davomida quyidagicha taqsimlanadi:

- 12% - qozon qurilmasidagi isroflar,
- 2% - quvurlardagi isroflar,
- 4% - elektr generatoridagi isroflar,
- 20% - kondensatordagi isroflar,
- 12% - ishlab chiqariluvchi elektr energiyasi,
- 50% - ishlab chiqariluvchi issiqlik energiyasi.



2.8- rasm. Issiqlik elektr markazining taxminiy issiqlik balansi.

2.4. Bug'-gaz va gaz-turbina qurilmali issiqlik elektr stansiyalari

Keyingi yillarda an'anaviy kondensatsion stansiyalarga nisbatan samaradorligi yuqori bo'lgan bug'-gaz va gaz-turbina qurilmali IESlarni qurish, rekonstruksiyalash va ulardan foydalanish ommaviylashgan. Bizning nimlakatimizda ham bir qator mavjud IESlarni shu kabi qurilmalarni o'rnatish hisobiga kengaytirish va rekonstruksiyalash ishlari olib borilmoqda.

Bug'-gaz qurilmasi (BGQ) tuzilishi bo'yicha ikkita qism gaz-turbina va bug'-turbina qismlaridan iborat bo'ladi. Bunga mos holda ularda yoqilg'ining yonishida paydo bo'luvchi issiqlik energiyasi ikkita bosqichda elektr energiyasiga aylantiriladi. Ularda mavjud texnologiya bo'yicha gaz yoki suyuq yoqilg'idan foydalaniladi.

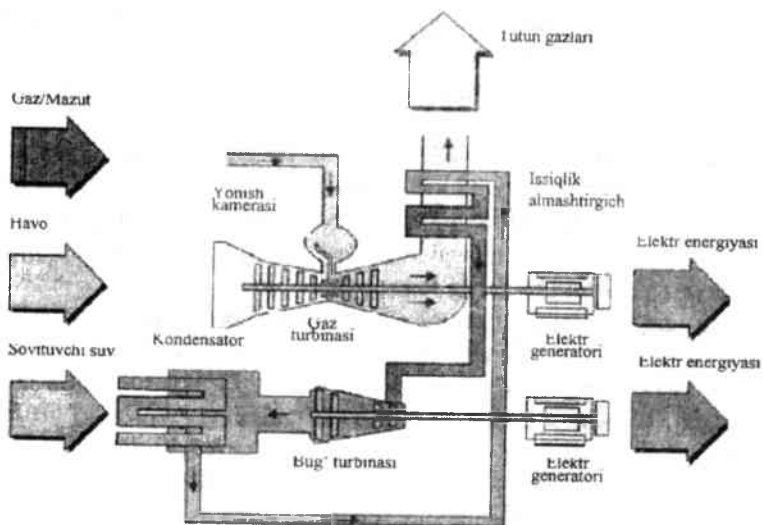
Bug'-gaz qurilmali IESning ish jarayonini prinsipial sxemasi 2.9-rasmda tasvirlangan. Yonish kamerasida yonishdan hosil bo'lgan mahsulot gaz turbina va mos holda elektr generatori rotorlarini harakatlantirib, elektr energiya ishlab chiqaradi (1- bosqich). Bunda gaz-turbinaning foydali ish koeffitsiyenti 0,3 (samaradorligi 30%) dan ortiqroq bo'ladi. Gaz-turbinadan chiquvchi gaz hali o'zining yuqori haroratini saqlab qolgani holda, issiqlik almashtirgich, ya'ni qozon-utilizator (bug' generatori)ga yuboriladi. Bu yerda bug' 500°C gacha qizishi natijasida uning bosimi 80 atmosfergacha yetadi. Hosil bo'lgan bunday parametrdagi bug' yordamida bug'-turbina va navbatdagi elektr generatorining rotorlari harakatga keltiriladi (2-bosqich). Bu yerda birlamchi energiyaning 20-30% qismi elektr energiyasiga aylantiriladi.

Bug'-turbinasidan chiqqan suv bug'i an'anaviy kondensatsion IESlardagi singari kondensatorda kondensatsiyalanib, qaytadan bug' generatoriga haydaladi.

Shunday qilib, butun BGQning foydali ish koeffitsiyenti taxminan 0,6 (samaradorligi 60%) ni tashkil etadi.

Bunday kombinatsiyalangan texnologiya elektr energiya ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan yoqilg'i sarfini an'anaviy kondensatsion siklda ishlaydigan qurilmalardagiga nisbatan sezilarli darajada kamaytiradi. Buni ushbu qurilmalarning samaradorliklari va ularda shartli yoqilg'ining solishtirma sarfini taqqoslash orqali aniq ko'rish mumkin: BGQning samaradorligi 50-60% bo'lib, ularda shartli yoqilg'ining solishtirma sarfi 200-240 g/kVt.soat bo'lsa, an'anaviy kondensatsion siklda ishlovchi qurilmalar uchun bu ko'rsatkichlar mos holda 32-38% va 320-360 g/kVt.soatni tashkil etadi.

BGQning ikkala qismi mustaqil, ya'ni oddiy gaz-turbina qurilmasi (GTQ) va kondensatsion IES sifatida alohida ishlatilishi mumkin. Qurilmaning bunday xususiyatidan uning qismlaridan birini ta'mirlash davrida foydalanish mumkin.

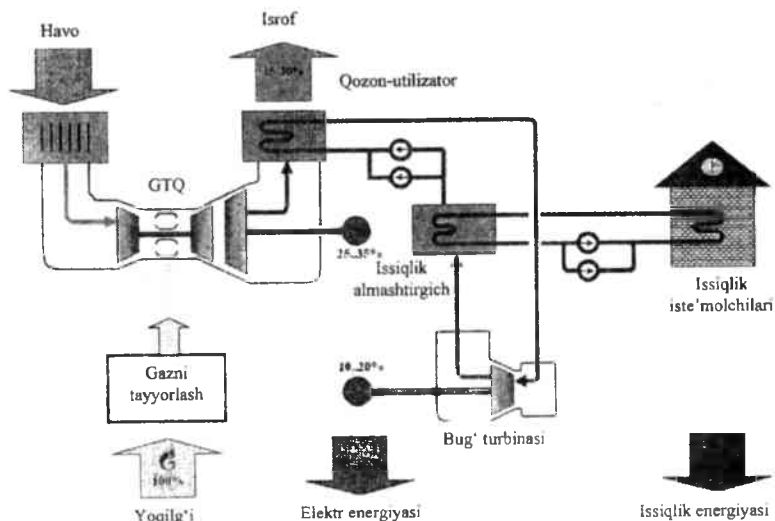


2.9- rasm. Bug'-gaz qurilmali IES ishlash jarayonining prinsipl sxemasi.

Bug'-gaz qurilmali elektr stansiyalari quvvatiga qarab qo'shimcha bug' yoki suv isitish qozon-utilizatorlari bilan jihozlanishi ham mumkin. Bunda elektr energiya ishlab chiqarishdan tashqari, bug'-turbinani aylantirish va o'z texnologik ehtiyoji uchun yo bug' (kichik, o'rta va katta bosimli), yoki 140°C dan yuqori haroratli issiq suv olish imkonini beradi. Hosil qilingan energiya sovuq suv ishlab chiqarish uchun ham ishlatilishi mumkin. Bu holda issiqlik yuklamasi iste'molchisi sifatida unga absorbsion sovutish mashinasi ulanadi. Turli xildagi energiyani kompleks tarkibda ishlab chiqarish natijasida (elektr, issiqlik, sovuq havo) stansiyaning umumiy foydali ish koeffitsiyenti 90% dan oshadi. Bunday bug'-gaz qurilmali IESning ishlash jarayoni prinsipial sxemasi 2.10- rasmda keltirilgan.

Bug'-gaz qurilmalarining kamchiligi deyarli yo'q, faqatgina bu yerda yoqilg'i va uskunalarga bo'lgan ma'lum cheklov va talablar haqida gapirish mumkin.

Gaz-turbina qurilmalari (GTQ) faqat gaz-turbinaga ega bo'lib, har qanday iqlim sharoitlarida elektr energiyani ishlab chiqarish yoki maishiy xizmat obyektlarining tig'iz yoki zaxiraviy elektr energiyasi manbai sifatida ishlatishga mo'ljallangan.



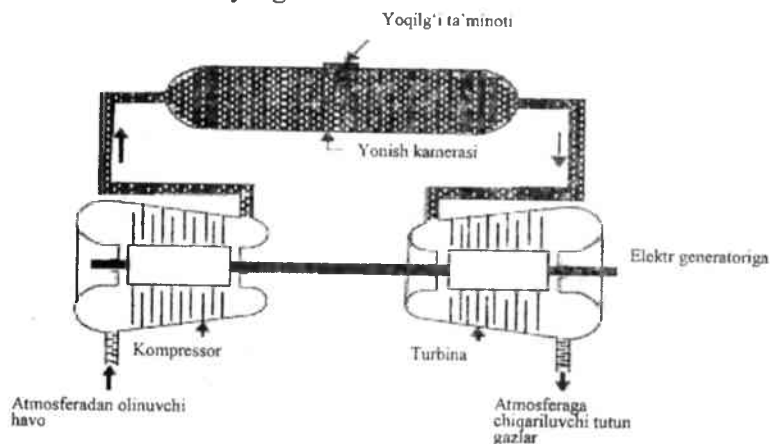
2.10- rasm. Qo'shimcha issiqlik almashtirgich bilan jihozlangan bug'-gaz qurilmali IES ishlash jarayonining prinsipial sxemasi.

Tig'iz manba sutkaning maksimal yuklamali vaqtidagi energiya iste'molini qoplash uchun zarur. Bunday siklda ishlovchi GTQ faqat elektr energiyasini ishlab chiqaradi.

GTQli elektr stansiyalari ishlash sikliga bog'liq holda ikki guruhga – ochiq va yopiq siklli GTQ elektr stansiyalariga bo'linadi.

Sodda ochiq siklli GTQning prinsipial sxemasi 2.11-rasmda tasvirlangan bo'lib, u asosan kompressor, yonish kamerasi va turbinadan tashkil topgan. Kompressor tashqaridan havo olib, uning bosimini oshiradi. Yonish kamerasida yoqilg'i yuqori bosim ostida kirib kelgan havoda yoqiladi. U yerda yuqori haroratgacha qizdirilgan gazlar yuqori bosim ostida turbinaga kirib keladi va kengayish jarayonida hosil bo'lgan kinetik energiyasi hisobiga turbinani harakatga keltiradi. Natijada gaz molekulalarining energiyasi turbina aylanishining kinetik energiyasiga o'zgartiriladi. Turbina aylanishining kinetik energiyasini bir qismi kompressorni harakatga keltirsa, yana bir qismi generator rotorini harakatga keltirib, u yerda elektr energiyasiga o'zgartiriladi. Turbinadan chiquvchi gazlar atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Shunday qilib, ochiq siklli GTQlarda ishchi massa – havo ish jarayonida uzluksiz yangilanib turadi.

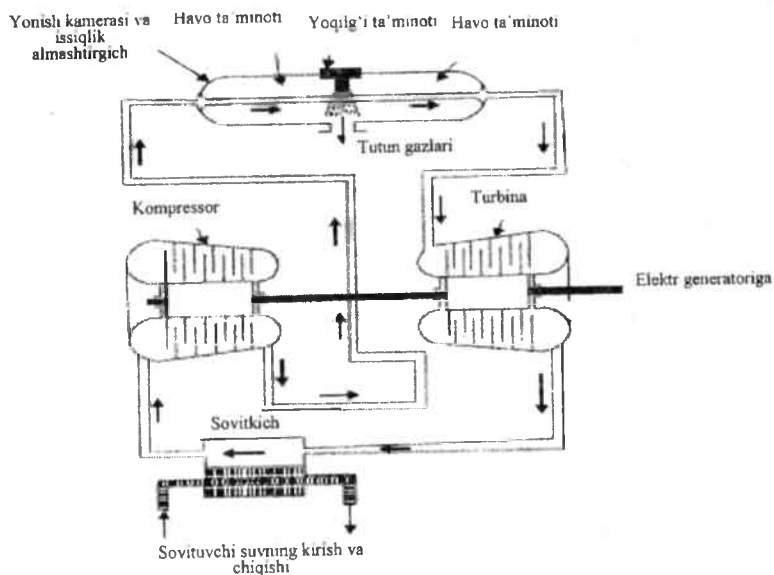


2.11- rasm. Ochiq siklli GTQ ish jarayonining prinsipial sxemasi.

Yopiq sikli GTQlarda kompressor yordamida hosil qilingan yuqori bosim ostida yonish kamerasiga kirib keluvchi ishchi massa – gaz (havo yoki mos keluvchi boshqa gaz)ning bosimi yoqilg'ining yonishi

natijasida belgilangan qiymatgacha yetkaziladi (2.12-rasm). Hosil qilingan yuqori harorat va mos holda yuqori bosim ostidagi gaz turbina orqali o'tishi jarayonida uni harakatga keltiradi. Turbinaning kinetik energiyasini bir qismi kompressorni harakatga keltirishga sarflansa, qolgan qismi elektr generatorida elektr energiyasiga o'zgartiriladi. Turbinadan chiquvchi gaz kompressorga borishidan oldin sovitkichda tashqi sovitish manbasi yordamida boshlang'ich haroratgacha sovitiladi.

Shunday qilib, yopiq siklli GTQlarda ishchi massa – gaz almashtirilmasdan siklda uzluksiz foydalaniladi. Bunda issiqlik almashtirgichda gazga berilgan issiqlikning ma'lum darajada saqlanib qolishi hisobiga qurilmaning foydali ish koeffitsiyenti ochiq siklli qurilmanikiga nisbatan kattaroq bo'ladi.



2.12- rasm. Yopiq siklli GTQ ish jarayonining prinsipial sxemasi.

Umuman qaraganda har ikkala tipdagi qurilma o'ziga xos avzallik va kamchiliklarga ega. Shu sababli, ulardan qanday tipdagi qurilma masalasi muayyan maqsadlardan kelib chiqilgani holda hal etiladi.

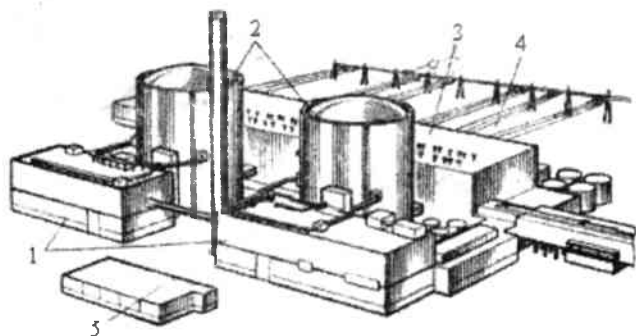
Hozirgi davrda GTQlarning taxminiy foydali ish koeffitsiyenti 30-33% ni tashkil etadi.

2.5. Atom elektr stansiyalari

Bugungi kunda atom energiyasidan iqtisodiyotning turli sohalarida foydalanilmoqda. Harbiy sohada atom energiyasida ishlovchi kuchli suvosti va suvusti kreyserlarini qurishmoqda. Tinch turmushimizda atom energiyasi foydali qazilmalarni izlashda ishtirok etyapti. Radioaktiv izotoplar qishloq xo'jaligida, tibbiyot va biologiyada, fazoni zabt etishda qo'llanilmoqda.

Shular bilan bir qatorda atom elektr stansiyalarida elektr energiyani ishlab chiqarishda ham foydalanilmoqda. Bunday stansiyalarda uran yadrosining bo'laklarga parchalanishi natijasida hosil bo'luvchi energiya avvalo gaz yoki bug'ning issiqlik energiyasiga va so'ngra elektr energiyasiga aylantiriladi. Uran yadrosining parchalanishi uni neytronlar yordamida bombardirovka qilish natijasida amalga oshib, hosil bo'luvchi turlicha massali yadro bo'laklari, neytronlar va boshqa parchalanish mahsulotlari har tomonga juda katta tezlikda otiladi va mos holda katta kinetik energiyaga ega bo'ladi. Yadroning parchalanishida hosil bo'luvchi energiya deyarli to'liq issiqlik energiyasiga aylantiriladi. Boshqariladigan yadro zanjir reaksiyasi yuz beradigan qurilma *yadro reaktori* deb ataladi.

An'anaviy IESning atom elektr stansiyasi (AES)dan prinsipial farqi shundan iboratki, ularda ishchi massa issiqlikni organik yoqilg'ini yoqish orqali bug' generatoridan olsa, AESlarda boshqariluvchi yadro parchalanish reaksiyasidan oladi.



2.13- rasm. Atom elektr stansiyasining umumiy ko'rinishi:
1- yoqilg'i ombori; 2- reaktor binolari; 3- mashina zali; 4- elektr podstansiyasi; 5- suyuq chiqindilarni saqlash joyi.

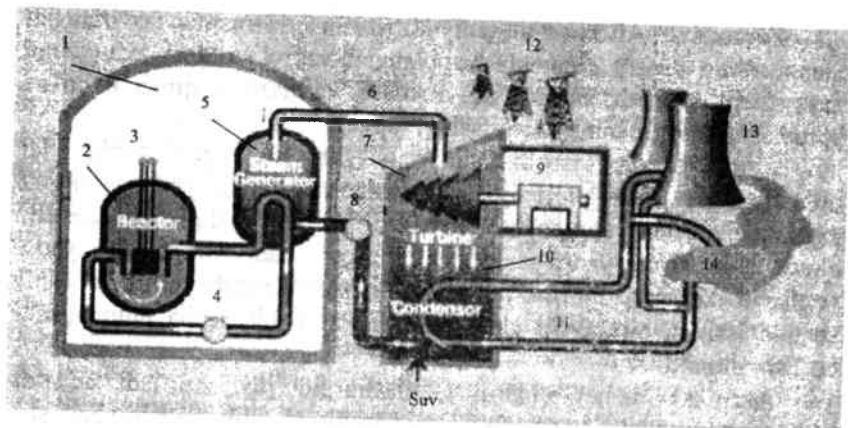
Zamonaviy AESning umumiy ko'rimishi 2.13-rasmda tasvirlangan. Stansiyaning asosiy elementi hisoblangan yadro reaktori aktiv zona, qaytargich, sovitish, boshqarish, rostlash va nazorat qilish tizimlari, korpus va biologik himoyadan tashkil topgan.

Aktiv zonaning ishchi kanallariga germetik metall qobiq bilan qoplangan uran yoki plutoniy sterjenlar ko'rinishidagi yadro yoqilg'isi joylashtiriladi. Bu sterjenlarda katta miqdordagi issiqlik energiyasini ajratib chiqaruvchi yadro reaksiyasi amalga oshadi. Shu sababli, yadro yoqilg'ili sterjenlar *issiqlik ajratuvchi elementlar* deb yuritiladi. Aktiv zonada issiqlik ajratuvchi elementlarning soni bir necha mingtagacha bo'lishi mumkin.

Aktiv zonada neytronlarni sekinlashtirgich joylashtiriladi. Bu zona orqali, shuningdek, hosil bo'luvchi issiqlikni olib ketish vazifasini bajaruvchi issiqlik tashuvchi massa ham o'tadi. Issiqlikni tashuvchi massa sifatida oddiy suv, og'ir suv, suv bug'i, suyuq metallar, ayrim inert gazlar (uglerod oksidlari, geliy kabilar) foydalanilishi mumkin. Issiqlik tashuvchi massa majburiy sirkulatsiyalash yordamida ishchi kanallardagi issiqlik ajratuvchi elementlarning sirtini yuvib o'tib, qiziydi va issiqlikni keyingi foydalanish uchun olib chiqadi. Aktiv zona otilib chiquvchi neytronlarni ichkariga qaytarib turuvchi qaytargich bilan o'ralgan.

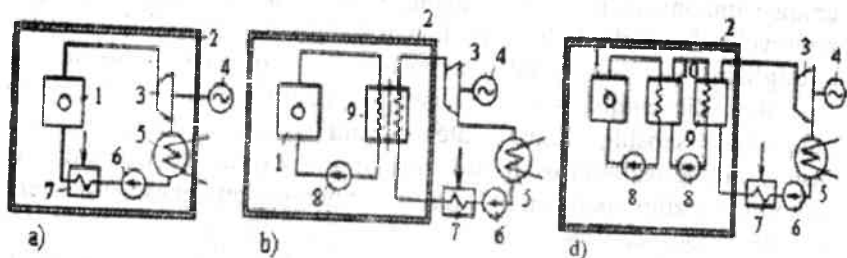
Energetik reaktorning quvvati issiqlikni aktiv zonadan tez olib chiqish imkoniyati bilan belgilanadi. Yadro reaksiyasi vaqtida issiqlik ajratuvchi elementlarda hosil bo'luvchi issiqlikning asosiy qismi yadro yoqilg'isini va kam qismi sekinlashtirgichni qizdirishga sarflanadi. Issiqlikni olib chiqish konvektiv issiqlik almashinuvi hisobiga amalga oshganligi sababli, uning intensivligini oshirish uchun issiqlik tashuvchining tezligini oshirish lozim. Shunday qilib, aktiv zonada suv oqimining tezligi taxminan 3-7 m/s. ni, gazlarning tezligi esa 30-80 m/s. ni tashkil etadi.

Reaktorlarni boshqarish neytronlarni yutuvchi maxsus sterjenlar yordamida amalga oshiriladi. Bunday sterjenlarni aktiv zonaga kiritish orqali neytronlarning oqimi va bunga mos holda yadro reaksiyasining intensivligi o'zgartiriladi. Tipik atom elektr stansiya­si­ning prinsiplial ishlash sxemasi 2.14- rasmda tasvirlangan.



2.14- rasm. Atom elektr stansiyasining prinsipial sxemasi:
 1- reaktor xonasi; 2- reaktor; 3- boshqaruvchi sterjenlar; 4, 8- nasoslar
 5- bug' generatori; 6- bug' quvuri; 7- turbina; 9- elektr generatori; 10-
 kondensator; 11- sovituvchi suv quvurlari; 12- elektr tarmog'i; 13-
 sovitish minorasi (gradirnya); 14- suv havzasi.

Reaktorda ajraluvchi issiqlik turbinaning ishchi massasiga bir konturli (2.15,a-rasm), ikki konturli (2.14 va 2.15,b-rasm) va uch konturli sxema bo'yicha uzatilishi mumkin.



2.15- rasm. Har xil konturli atom elektr stansiyalarining prinsipial ishlash sxemalari:

- a) - bir konturli; b) - ikki konturli; d) - uch konturli; 1- reaktor;
 2- ikkilamchi biologik himoya; 3- turbina; 4- elektr generatori;
 5- kondensator yoki gazni sovitkich; 6- nasos yoki kompressor;
 7- regenerativ issiqlik almashtirgich; 8- sirkulatsiyalovchi nasos;
 9- bug' generatori; 10- oraliq issiqlik almashtirgich.

Har bir kontur yopiq tizim hisoblanadi. Ko'p konturli sxema radiatsion xavfsizlikni ta'minlaydi va jihozlarga xizmat ko'rsatish uchun qulaylik yaratadi. Konturlarning soni reaktorning tipi va issiqlik tashuvchining turbinada ishchi massa sifatida foydalanishga yaroqliligini xarakterlovchi xossalari bog'liq holda tanlanadi.

AES ikki konturli sxema bo'yicha ishlaganda reaktorda qizigan issiqlik tashuvchi o'z issiqligini ishchi massaga bug' generatorida beradi. Agar issiqlik tashuvchi sifatida suvdan foydalanilsa, u bug' generatorida $15-40^{\circ}\text{C}$ gacha soviydi. Boshqa suyuqlik yoki gaz ko'rinishidagi issiqlik tashuvchilar bug' generatorida ancha katta miqdorga, ba'zan yuzlab graduslarga, soviydi.

Birinchi kontur radioaktiv hisoblanadi va shu sababli, u butunlay biologik himoyaning ichida joylashadi. Ikkinchi konturda ishchi massa – suv va bug' hech qayerda birinchi konturning radioaktiv issiqlik tashuvchisi bilan aralashmaydi. Shu sababli u bilan go'yo odatdagi IESlardagi singari munosabatda bo'lish mumkin.

Biologik himoya reaktorni atrof-muhitdan izolatsiyalash, ya'ni neytronlar, α , β , γ - nurlanishlar va parchalanish bo'laklarini reaktordan tashqariga chiqishini oldini olish vazifasini bajaradi. Reaktorning himoyasi ichida hosil bo'lgan issiqlikni olib ketuvchi suv oquvchi ichki kanallarga ega bo'lgan katta beton qatlami (bir necha metrgacha qalinlikda) ko'rinishida quriladi. Bunday beton qatlamning ichidagi kanallardan olib chiqiluvchi issiqlik reaktorda ajralgan energiyaning 3-5%ni tashkil etadi.

Himoya nurlanish darajasini reaktorning ishlab turgan va o'chirib qo'yilgan holatlarida ruxsat etilgan dozalardan oshmaydigan darajada chegaralab turishi zarur.

Biologik himoya birinchi navbatda ishchi xodimlar uchun xavfsiz ish sharoitlarini yaratish uchun xizmat qiladi. Shu sababli barcha nurlanuvchi qurilmalar (birinchi kontur) himoyalovchi qobiqning ichida joylashtiriladi.

Sinov savollari:

1. Renkin sikli deganda nimani tushunasiz?
2. Kondensatsion issiqlik elektr stansiyalarining ishlash prinsipini tushuntirib bering?
3. Kondensatsion issiqlik elektr stansiyasining issiqlik balansini deganda nimani tushunasiz?

4. Issiqlik elektr markazlarini ishlash prinsipini tushuntirib bering?
5. Atom elektr stansiyalari va ularning IES dan farqi?
6. Gaz-turbina qurilmali elektr stansiyalari ishlash sikli bo'yicha nechaga bo'linadi?
7. Kondensatsion issiqlik elektr stansiyalarining afzallik va kamchiliklari.
8. Issiqlik elektr markazlarining afzallik va kamchiliklari.
9. Bug'-gaz va gaz-turbina qurilmali issiqlik elektr stansiyalarining afzallik va kamchiliklari.

3. ELEKTR ENERGIYANI GIDROELEKTR STANSIYALARDA ISHLAB CHIQARISH

3.1. Gidroelektr stansiyasida suvning mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantirish

Suv energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi gidroelektr stansiya (GES)larning ishlashini o'rganuvchi fan *gidravlika* deb yuritiladi. U ikki qismdan – suyuqliklar muvozanatini o'rganuvchi gidrostatika va suyuqliklar harakatini o'rganuvchi gidrodinamikadan tashkil topgan.

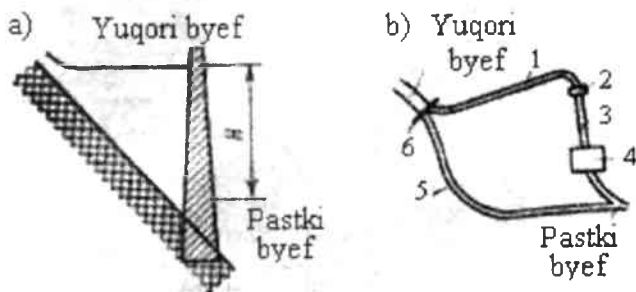
Ixtiyoriy kesim yuza orqali oquvchi suvning quvvati uning sarfi Q , yuqori va quyi byeflardagi suv sathlari bilan belgilanadi. Yuqori va quyi byeflar sathlari orasidagi farq H *napor* deb ataladi. Oqib tushuvchi suvning quvvatini (kVt) uning sarfi (m^3/s) va nabori (m) orqali ifodalash mumkin:

$$P = 9,81QH, \quad (3.1)$$

GESlarda gidrotexnik inshootlar, turbinalar va generatorlarda yuz beruvchi isroflarga bog'liq ravishda suv oqimi quvvatining faqat bir qismidan foydalanish mumkin. Shunday qilib, GESning taxminiyl quvvati quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$P = 9,81QH\eta. \quad (3.2)$$

bu yerda, Q – suv sarfi, H – napor, η – GESning FIK.



3.1-rasm. Naporni hosil qilish sxemalari: a)- naporni to'g'on yordamida hosil qilish;

b)- naporni derevatsion kanal yordamida hosil qilish: 1- kanal; 2- napor basseyini; 3- turbinalarga suv o'tkazgichlar; 4- GESning binosi; 5- daryo o'zani; 6- to'g'on.

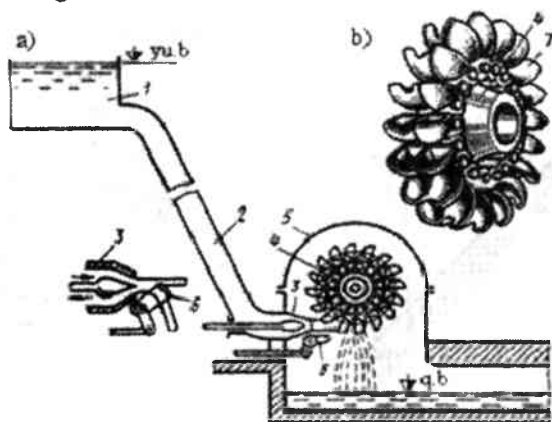
Tekis joylardagi daryolarda H napor tugʻon yordamida, togʻli joylarda esa maxsus aylanib oquvchi – derevatsion kanallar yordamida hisol qilinadi (3.1-rasm).

Gidravlik turbinalarda suvning energiyasi turbina vali aylanishining mexanik energiyasiga oʻzgartiriladi. Agar bunda suvning dinamik bosimidan foydalanilsa, turbina aktiv, statik bosimidan foydalanilsa – reaktiv turbina deb yuritiladi.

Choʻmichli aktiv turbinada (3.2,a- rasm) toraygan uch – soplodagi gidrostatik bosimning potensial energiyasi suv harakatining kinetik energiyasiga toʻliq aylanadi. Turbinaning ishchi gʻildiragi aylanasi boʻylab choʻmichsimon parraklar joylashtirilgan disk koʻrinishida yasalgan (3.2,b-rasm). Suv parraklarning sirti boʻylab oqib oʻtish jarayonida yoʻnalishini oʻzgartiradi. Bunda parraklarning sirtiga taʼsir etuvchi markazdan qochma kuch paydo boʻladi va suv harakatining energiyasi turbina gʻildiragining aylanish energiyasiga oʻzgartiriladi.

Energiyaning saqlanish qonuniga asosan, agar turbinadan oqib chiquvchi suvning tezligi nolga teng boʻlsa, u holda suvning butun kinetik energiyasi toʻliq (isrofini eʼtiborga olmasak) turbinaning mexanik energiyasiga oʻzgartiriladi.

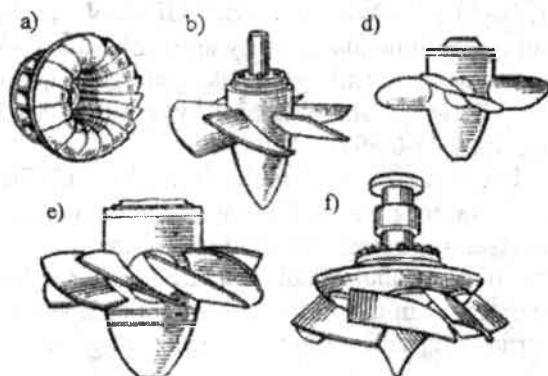
Soploning ichida rostlovchi igna joylashgan boʻlib (3.2- rasm), uni koʻchirish orqali soploning chiqish teshigini kattaligi va mos holda suvning sarfi oʻzgartiriladi.



3.2- rasm. Aktiv turbinaning ishlash sxemasi : a)- turbina qurilmasining sxemasi; b)- ishchi gʻildirak; 1- yuqori byef; 2- quvur; 3- soplo; 4- ishchi gʻildirak; 5- qoplama; 6- ogʻdirgich; 7- parraklar (choʻmichlar).

Reaktiv gidravlik turbinada ishchi g'ildirakning parraklarida suvning kinetik va potensial energiyalari turbinaning mexanik energiyasiga o'zgartiriladi. Turbinaning ishchi g'ildiragiga oqib kiruvchi suv katta bosimga ega bo'lib, u ishchi g'ildirakning oqim yo'lidan oqib o'tigani sari kamayib boradi. Bunda suv turbinaning parraklariga reaktiv bosim beradi va energiyaning potensial tashkil etuvchisi ishchi g'ildirakning mexanik energiyasiga o'zgartiriladi.

Parraklarning egriligi hisobiga suv oqimining yo'nalishi o'zgaradi va markazdan qochma kuchlarning ta'siri natijasida suvning kinetik energiyasi, aktiv turbinadagi singari, turbinaning mexanik energiyasiga o'zgaradi. Reaktiv turbinaning ishchi g'ildiragi, aktiv turbinadan farqli holda, suvning ichida joylashadi, ya'ni ularda suv oqimi ishchi g'ildirakning barcha parraklariga kirib keladi. Reaktiv turbina ishchi g'ildiraklarining turlicha tuzilishlari 3.3- rasmda tasvirlangan.



3.3- rasm. Reaktiv turbinalar ishchi g'ildiraklarining umumiy ko'rinishlari: a)- radial-bo'yлама; b)- parrakli; d)- buriluvchan-parrakli; e)- ikki parrakli; f)- diagonal.

Radial-bo'yлама turbinalarda ishchi g'ildirakning parraklari murakkab egrilikka ega bo'lib, yo'naltiruvchi apparatdan kirib keluvchi suv ketma-ket tarzda radial yo'nalishini o'q bo'ylab yo'nalishga o'zgartirib boradi. Bunday turbinalar naporning katta diapazonida, ya'ni u 30 m dan 600 m gacha bo'lgan hollarda qo'llanilishi mumkin.

Parrakli turbinalar sodda tuzilish va yuqori FIKga ega. Biroq ularda yuklamaning nominal qiymatdan o'zgarishi bilan FIK keskin kamayadi.

Buriluvchan-parrakli turbinalarda parrakli turbinalardan farqli holda FIKning yuqori qiymatini ta'minlash uchun ishchi g'ildirakning parraklari ish rejimining o'zgarishiga bog'liq holda buriladi.

Ikki parrakli turbinalarda ishchi g'ildirakda parraklar juftlangan bo'ladi. Ularning keng qo'llanilishi tuzilishidagi murakkabliklar bilan cheklangan. Xuddi shunday murakkab tuzilish ishchi parraklari o'z o'qiga nisbatan buriluvchan bo'lgan diagonal turbinalar uchun ham xarakterlidir.

GESning prinsipial sxemasi 3.4- rasmda tasvirlangan.

GESlar quriladigan joylarda tabiiy sharoitlarning turlichaligi ularda o'rnatiluvchi turbinalarning tuzilishlarini turlicha bo'lishini belgilaydi. Turbinalarning quvvatlari bir necha kilovattidan yuzlab megavattlarga, aylanish chastotalari esa, $16\frac{2}{3}$ dan 1500 ayl./min. gacha o'zgaradi.

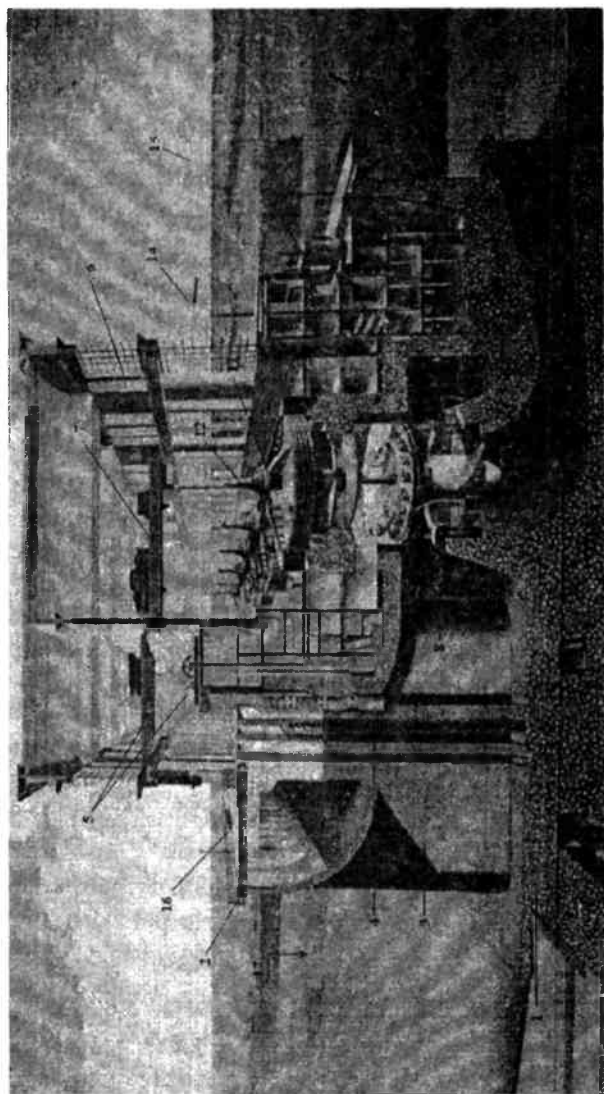
So'nggi 30-40 yil davomida ayrim GESlarda gorizontal qobiqli agregatlar ham qo'llanilmoqda. Bunday agregatlarning elektr generatori atrofidan suv oqib o'tuvchi germetik yopilgan qobiqning ichida joylashtiriladi. Gidravlik sharoitlarning yaxshiligi hisobiga bunday agregatlarning FIK 0,95-0,96 dan kattadir.

Tekis hududlarda oquvchi daryolarda to'g'onli GESlar ikkita turga bo'linadi: o'zan va to'g'onorti GESlar. Odatda, napor 30 m gacha bo'lganda stansiyaning binosi daryoning o'zanida qurilib, ular to'g'on singari naporni o'ziga qabul qiladi. Bunday GESlar *o'zan GESlar* deb yuritiladi. Napor 25-30 m dan katta bo'lgan hollarda stansiyaning binosi to'g'onning ortida quriladi. Bunday GESlar *to'g'onorti GESlar* deb yuritiladi.

GESlar quvvatiga bog'liq holda bir necha turga bo'linadi. Bular

- katta quvvatli – 25 MVt va undan yuqori;
- o'rtacha quvvatli – 5 MVtdan 25 MVtgacha;
- kichik GESlar – 1000 kVtgacha quvvatli GESlardir.

GESning quvvati suv oqimining bosimi va GESning FIKga bog'liq. Bu esa, o'z navbatida, tabiat qonunlariga mos holda suv miqdorining doimiy o'zgarib turishi, fasl o'zgarishi va boshqa bir qancha sabablarga bog'liq. Shu sababli GESlarning ish holatlarini rejalashtirish va boshqarish yillik, oylik, haftalik va sutkalik sikllarda amalga oshiriladi.



3.4- rasm. GESning prinsipial sxemasi: 1- to'g'on poydevori; 2- to'g'on 3- suv qabul qilg'ich; 4- suv qabul qilg'ichning zatvorlari; 5- suv qabul qilg'ich zatvorlarining kranlari; 6- mashina zali; 7- mashina zali kranlari; 8- gidroturbina kamerasi; 9- gidroturbina; 10- suvni chiqarib yuborish kanali; 11- gidrogenerator; 12- gidrogeneratorning qo'zg'atichi; 13- blokning oshiruvchi transformatori; 14- izolatorlar shodasi; 15- elektr uzatish liniyasi; 16- avtomobil yo'li; 17- yuqori byef; 18- quyi byef.

3.2. Gidroakkumulatsiyalovchi elektr stansiyalar

Gidroakkumulatsiyalovchi elektr stansiyasi (GAES) – boshqa elektr stansiyalarida ishlab chiqarilgan elektr energiyasini qabul qilib, uni suvning potensial energiyasiga va zarur vaqtda bu potensial energiyani qayta elektr energiyasiga aylantirishga mo'ljallangan uskuna va jihozlar majmuyidir.

Shunday qilib, GAES odatdagi nasos va gidroelektr stansiyalari rejimlarida ishlovchi inshoot hisoblanadi.

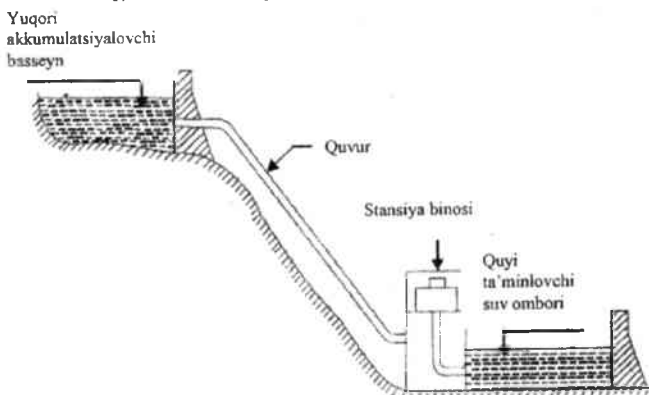
GAES turli balandliklarda joylashib, bir-biri bilan quvurlar orqali bog'langan ikkita suv havzasidan iborat bo'lgan gidrotexnik inshootlarga ega. Yuqorida joylashgan suv havzasi sun'iy yoki tabiiy (masalan, ko'l holida), quyi suv havzasi esa to'g'on yordamida to'silgan suv havzasi holida bo'lishi mumkin. GAES binosi quvurining quyi qismida joylashtiriladi. GAESning prinsipial sxemasi 3.5-rasmda tasvirlangan.

Energotizimning sutkalik yuklama grafigini keskin o'zgaruvchanligi, odatda, uni qoplash uchun qo'shimcha xarajatlarni talab etadi. Bu xarajatlar, birinchi navbatda, issiqlik elektr stansiyalarining yuklamalarini o'zgarishi, katta yuklamalarda solishtirma yoqilg'i sarfining nisbatan kattaligi, zaruriy zaxirani saqlab turish zarurligi bilan bog'liqdir. Bunday xarajatlarni kamaytirishning samarali yo'llaridan biri yuklama grafigini tekislash, ya'ni grafikning o'zgarishidagi keskinlikni bartaraf etishdir. GAES energotizimida aynan shunday vazifani bajaradi.

Energotizimning yuklamasi kam bo'lgan soatlarda (odatda, sutka davomida 7-12 soat) GAES nasos stansiyasi rejimida ishlaydi. Natijada energotizimning yuklamasi GAESning quvvatiga teng bo'lgan miqdorga ortadi. Bunda GAES tarmoqdan oluvchi elektr energiyasi hisobiga suvni quyi havzasidan yuqori havzaga haydaydi. Shu tariqa bunday rejimda tarmoqdan olingan elektr energiyasi suvning potensial energiyasiga o'zgartiriladi.

Energotizimning yuklamasi katta bo'lgan soatlarda (odatda, 2-6 soat) GAES odatdagi GES rejimida ishlaydi. Natijada u energotizim yuklamasining bir qismini qoplaydi va tizimdagi boshqa stansiyalarning umumiy yuklamasini GAESning quvvatiga teng bo'lgan miqdorga kamaytiradi. Bunda u yuqori havzadagi suvning potensial energiyasini elektr energiyasiga aylantirib, tarmoqqa elektr energiyasini uzatadi.

Gidroagregatlarni ishga tushirish va ish rejimini o'zgartirish jarayonlari bir necha daqiqa vaqtni oladi. Bu esa GAESni yuqori darajada manevrlanganlik xususiyatiga ega ekanligini ko'rsatadi.



3.5- rasm. Gidroakkumulyatsiyalovchi elektr stansiyasining prinsipial sxemasi.

GAESlarda alohida generator va nasoslar to'plamidan ham generator, ham nasos rejimida ishlay oladigan qaytar rejimli gidroelektr agregatlardan foydalaniladi.

Har ikkala rejimda ham GAESning foydali ish koeffitsiyenti 100%dan kam bo'lganligi sababli, sutka davomida olib qaralganda u elektr energiyasini iste'mol qiladi, ya'ni rasmiy jihatdan foyda keltirmaydi. Biroq bu vaqt davomida energotizimning yuklama grafigini tekislanishi hisobiga yuqorida qayd etilgan xarajatlarning bartaraf etilishi natijasida tizim miqyosida salmoqli darajadagi texnik-iqtisodiy samaraga erishiladi.

3.3. Kichik gidroelektr stansiyalari

Noan'anaviy energetikani rivojlantirishning samarali yo'nalishlaridan biri, bu kichik quvvatli GES yordamida katta bo'lmagan suv oqimlari energiyasidan foydalanishdir.

Bu yo'nalishning muhimligi shu bilan belgilanadiki, bir tomondan salmoqli potentsialga ega bo'lgan suv oqimlaridan foydalanish oson bo'lsa, ikkinchi tomondan, yirik daryolarning gidroenergetik

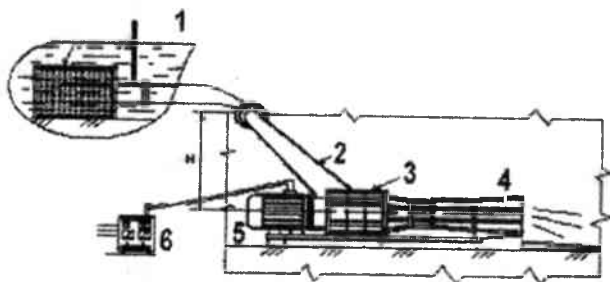
potensiallaridan foydalanish potensiallarining amaliy jihatdan juda kam qolganligidir.

Elektr energiya ishlab chiqaruvchi kichik gidroenergetika obyektlari shartli ravishda uchta guruhga: 5000 kVt gacha quvvatli «mini» GES, 3÷100 kVt quvvatli «mikro» GES va o'rnatilgan quvvati 25 MVt gacha bo'lgan kichik GESlarga bo'linadi.

Mikro va mini GESlar qishloqlar, fermerlik xo'jaliklari, shuningdek, tegirmonlar, chekka hududlardagi katta bo'lmagan ishlab chiqarishlar, tog'li va borish qiyin bo'lgan joylar, yaqin o'rtada elektr uzatish tarmog'i bo'lmagan hududlar uchun ishonchli, ekologik toza, ixcham, o'zini xarajatlarini tez oqlovchi energiya manbalaridir. Chunki ushbu hududlarda hozirda va keyinchalik ham elektr uzatish tarmoqlarini qurish mikro GESlarni qurishga nisbatan qimmatdir.

Katta bo'lmagan elektr stansiyalar tabiat landshaftini, atrof-muhitni nafaqat ishlatish jarayonida, balki qurilish jarayonida ham saqlab qolish imkonini beradi. Kichik GESlarni ishlatish jarayonida suvning sifatiga salbiy ta'siri yuk bo'lib, suvning dastlabki tabiiy tarkibi saqlanib qoladi.

Boshqa ekologik toza qayta tiklanuvchi energiya manbalari bo'lmish quyosh, shamol energetikasiga qaraganda, kichik gidroenergetika ob-havo sharoitlariga deyarli bog'liq bo'lmay, arzon va uzluksiz elektr energiya bilan ta'minlab bera olish imkomiyatiga ega.



3.6-rasm : Mikro-GES: 1 - suv havzasi, 2 - suv quvuri, 3 - turbina, 4 - suv chiqaruvchi quvur, 5 - generator, 6 - o'zgartirgich.

Mikro-GESni deyarli barcha joylarda o'rnatish mumkin. Gidroagregat energobloklardan, suv olish va chiqarish qurilmalaridan hamda avtomatik boshqaruv qurilmalaridan iborat.

Energiya ishlab chiqarishning boshqa usullari kabi kichik GESlarning ham o'ziga xos afzallik va kamchiliklari bor.

Kichik GESlarni iqtisodiy, ijtimoiy, ekologik afzalliklariga quyidagilar kiradi: kichik GESlarni qurish hududning energetik mustahkamligini ta'minlaydi, birlamchi yoqilg'i manbasiga (ko'mir, gaz, mazut) bog'lanib qolmaydi, organik yoqilg'i tanqisligini kamaytiradi, qurish jarayonida katta kapital mablag'ni talab qilmaydi, elektr energiyani ishlab chiqarishda yonish jarayonidan hosil bo'luvchi issiq gazlarni va atrof-muhitni ifloslantiruvchi zaharli chiqindilarni ishlab chiqarmaydi.

Kichik gidroenergetikaning yana bir muhim afzalliklaridan biri, bu tejamlorligidir. Hozirgi vaqtda tabiiy energiya manbalari neft, ko'mir, gaz kamayib hamda qimmatlashib borayotgan bir vaqtda, kichik-kichik anhor va daryolarning energiyalaridan foydalanish arzon narxdagi elektr energiya bilan ta'minlash imkonini beradi. Kichik GESlarni qurish va montaj qilish ishlari ham ancha yenig bo'lib, ularni qurilish boshlangan kundan boshlab 15-18 oyda to'liq ishga tushirish mumkin.

Sinov savollari:

1. GESlarning ishlash prinsipini tushuntirib bering?
2. Reaktiv turbinalarning necha xil ishchi g'ildiraklarini bilasiz?
3. GESlar quvvatiga bog'liq holda necha turga bo'linadi?
4. Yuqori va qo'yi byeflar deganda nimani tushunasiz?
5. GAESlar necha xil ish rejimida ishlaydi?
6. GESning quvvati suv sarfiga qanday bog'liq?
7. GESning quvvati va napor orasida qanday bog'liqlik mavjud?

4. ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB CHIQRISHNING NOAN'ANAVIY USULLARI

4.1. Quyosh energetika qurilmalari va elektr stansiyalari

Insoniyat mavjud bo'lganidan buyon quyosh energiyasidan foydalanib keladi. Odamlar Quyoshga yerning asosiy energiya manbasi – yorug'lik, issiqlik, oziq-ovqat va hayotning asosi deb qaraydi. Sayyoramizga bir soat davomida tushayotgan quyosh nuri energiyasi yer kurrasini aholisining energiyaga bo'lgan bir yillik ehtiyojiga teng ekan. Agar quyosh nuridan samarali tarzda foydalanish usulini topa olganimizda edi, barcha ehtiyojlarimiz uchun quyosh energiyasining o'zi kifoya qilgan bo'lardi. Biroq insoniyat bu tuganmas energiya manbaidan unumli foydalanish imkoniyatlarini endi-endi o'rgana boshladi. Hozirgi zamon texnologiyalari quyosh energiyasini ehtiyojlar uchun zarur bo'lgan issiqlik va elektr energiyasiga aylantirishga imkon beradi. Ma'lumotlarga ko'ra, 2003-yilda quyosh energiyasidan foydalanib, ehtiyoj uchun zarur bo'lgan issiqlik energiyasini oluvchi quyosh kollektorlarining umumiy maydoni dunyoning rivojlangan mamlakatlardan hisoblangan AQSHda 10 million kvadrat metr, Yaponiyada 8 million kvadrat metr, yetgan. Yevropa mamlakatlarida ham bu borada namunali ishlar olib borilmoqda.

Ma'lumki, bizga quyosh taratadigan issiqlik oqimi juda katta, hatto o'rta mintaqada u bir kvadrat metr, yoz paytida bir kilovattgacha yetadi.

Quyosh – Yer kurrasiga eng yaqin yulduz hisoblanib, usiz sayyoramizda hayot bo'lishi mumkin emas. Kishilar o'zining kundalik hayotida quyosh energiyasidan u yoki bu usul bilan (asosan, isitish va quritish maqsadlarida) bu haqda o'ylab o'tirmay foydalanadilar.

Bugungi kunda Quyosh nurining energiyasini sanoatda va maishiy hayotda zarur bo'lgan issiqlik va elektr energiyalariga aylantirish texnologiyalari yaratilgan bo'lib, ularni yanada rivojlantirish, samaradorligini oshirish yo'nalishida katta ishlar olib borilmoqda. Hozirgi davrda, ayniqsa, Quyosh energiyasidan foydalanib, issiqlik energiyasini ishlab chiqarish texnologiyalari nisbatan ildamroq hisoblanadi. Quyosh nurining energiyasini jamlab, uni suyuqlikning issiqlik energiyasiga aylantiruvchi qurilma *Quyosh kollektori* deb yuritiladi.

Quyosh nurining energiyasidan foydalanib, elektr energiyasi ishlab chiqarishning fotoelementlar, parabolasiimon quyosh kollektorlari,

geliostatlar va Sterling tizimidan foydalanishga asoslangan texnologiyalari mavjud.

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi stansiya *Quyosh elektr stansiyasi* deb yuritiladi. Bunday stansiyaning an'anaviy IESdan prinsipial farqi ularda birlamchi issiqlik energiyasini organik yoqilg'ini yoqish orqali emas, balki muayyan maydonga tushuvchi Quyosh nurlarining energiyasini yig'ish hisobiga olishdan iboratdir.

Qo'yida Quyosh energiyasidan foydalanib, issiqlik va elektr energiyalarini ishlab chiqarishning mavjud texnologiyalari bilan tanishamiz.

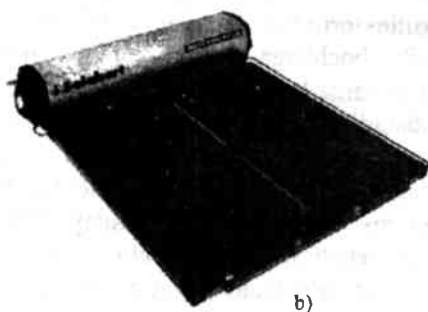
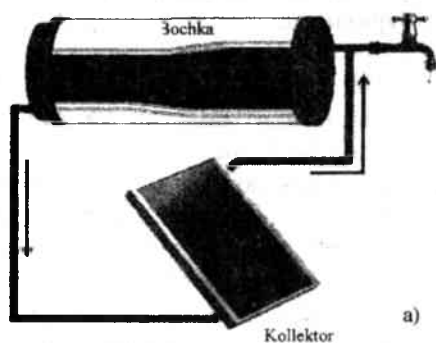
4.1.1. Quyosh nuri energiyasini suvning issiqlik energiyasiga o'zgartirish

Quyosh nurining energiyasini issiqlik energiyasiga o'zgartirib, foydalanish texnologiyasi nisbatan ko'p rivojlangan va shu sababli hozirgi hayotda ancha keng foydalanib borilmoqda.

Quyosh nurining energiyasi suvning issiqlik energiyasiga quyosh kollektorlari yordamida o'zgartiriladi. Bunday kollektor asosida ishlovchi sodda qurilmaning prinsipial ishlash sxemasi 4.1,a- rasmda tasvirlangan. Kollektor ichidagi quvurlardan o'tuvchi suv quyosh nurining energiyasi ta'sirida qiziydi. Qizigan suvning zichligi va mos holda uning solishtirma og'irligi kamayadi. Natijada u, avvalo, kollektor quvurchalari va so'ngra kollektorni bochka bilan tutashtiruvchi quvur orqali yuqoriga harakatlanib, bochkaga tushadi. Ushbu fizik jarayon asosida bochkaning yuqori qismida harorati eng yuqori va quyi qismida eng past bo'lgan suv jamlanadi. Kollektorda qizishi natijasida yuqoriga harakatlangan suvning o'rni bochkaning quyi qismidan quvur orqali tushib keluvchi harorati nisbatan past va mos holda zichligi va solishtirma og'irligi katta bo'lgan suv bilan to'ldi. Bunday tabiiy sirkulatsiyalanish sikli uzluksiz davom etishi natijasida bochkadagi issiq suvning miqdori va harorati ortib boradi. Bochkadagi issiq suv zaruriy ehtiyojlar uchun foydalaniladi. Bochkaning bo'shagan qismi suv manbasidan to'ldirib turiladi. Ko'pgina hollarda issiq suvni jamlovchi bochkasi ham tashqarida joylashtiriluvchi quyosh kollektorlaridan foydalaniladi (4.1,b- rasm).

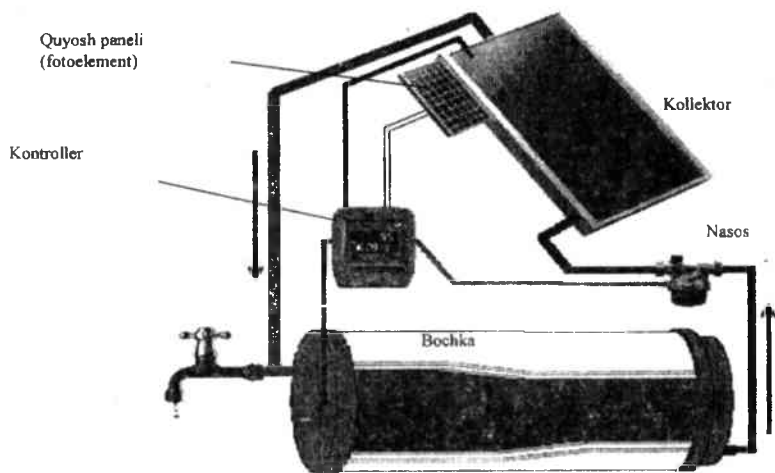
Suv bevosita va bilvosita isitiluvchi quyosh kollektorlari mavjud. Bevosita isitiluvchi quyosh kollektorlarida suvning bevosita isitilishi amalga oshadi (4.1,a-rasm). Sutka davomida manfiy harorat kuzatiluvchi

paytlarda (masalan, qishki davrda) suvning muzlab qolishi sababli tashqarida o'rnatiluvchi bunday qurilmalardan foydalanishning imkoni yo'q. Suv bilvosita isitiluvchi quyosh kollektorlarida sirkulatsiyalanuvchi ishchi massa sifatida muzlash harorati juda past bo'lgan suyuqlik, masalan, antifriz, foydalaniladi. Ularda bochka bir vaqtning o'zida issiqlik almashtirgich vazifasini ham bajaradi. Bu yerda kollektorda isitilgan ishchi massaning issiqligi suvga uzatiladi va suvning isish jarayoni yuz beradi. Tashqi muhitning harorati manfiy bo'lgan vaqtlarda suvning muzlab qolishini oldini olish uchun bochka va unga suvning kirish-chiqish quvurlari issiqlik izolatsiyasi yordamida izolatsiyalanadi.



4.1- rasm. Quyosh nuri energiyasini suvning issiqlik energiyasiga o'zgartiruvchi qurilmalar: a)- quyosh kollektorli qurilmaning prinsipial ishlash sxemasi; b)- bochkasi tashqarida joylashtiriluvchi kollektorli qurilma.

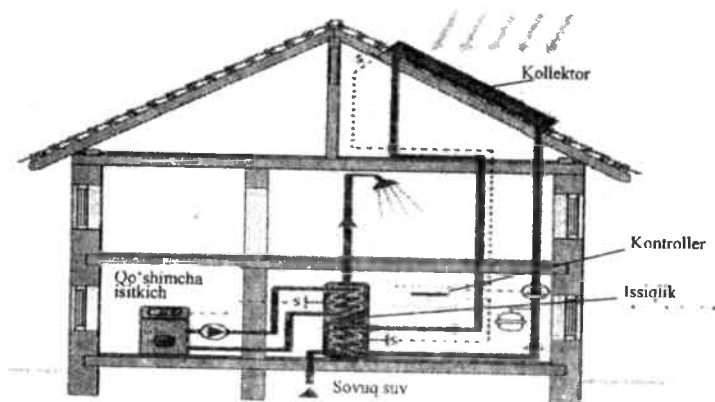
Ishchi massaning sirkulatsiyalanishini ta'minlash tizimi bo'yicha suvni isituvchi quyosh kollektorlari ikki guruhga – passiv va aktiv tizimli quyosh kollektorlariga bo'linadi. Passiv tizimli kollektorlarda ishchi massaning sirkulatsiyalanishi tabiiy tarzda amalga oshadi (4.1, a-rasm). Aktiv tizimli kollektorlarda esa ishchi massa sun'iy tarzda – nasos yordamida sirkulatsiyalanadi. Bunday tizimli suvning bevosita isitilishiga asoslangan soddqa quyosh kollektorining prinsipial ishlash sxemasi 4.2-rasmda keltirilgan. Bu yerda kontrollerning ishlashi uchun birlamchi signal bo'lib kollektorning chiqishi va bochkadagi suvning haroratlari orasidagi farq hisoblanadi. Bu farq o'rnatilgan qiymatdan oshganda kontroller nasosni ishga tushirib, majburiy sirkulatsiyani ta'minlaydi. Bu farq o'rnatilgan qiymatdan kamayganda esa nasosni o'chirib, sirkulatsiyalanishni to'xtatadi. Ushbu sxema bo'yicha kontroller va nasos elektr energiyasi bilan fotoelement bazasidagi quyosh panelidan ta'minlanadi. Umumiy holda ular elektr tarmog'idan ham ta'minlanishi mumkin.



4.2- rasm. Aktiv tizimli quyosh kollektorining prinsipial ishlash sxemasi.

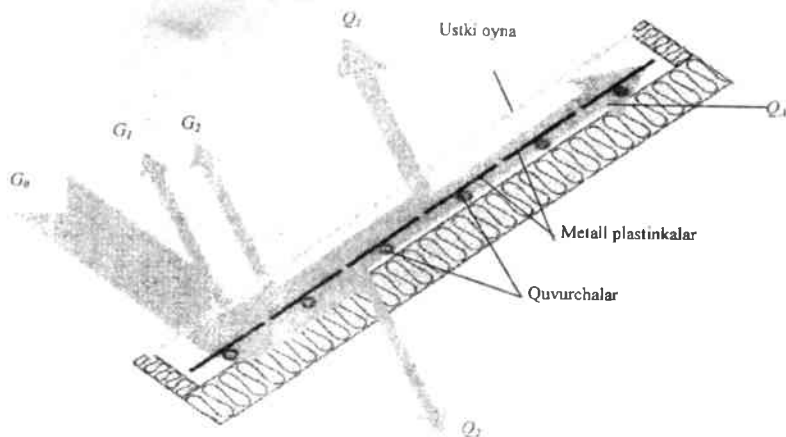
Quyosh nuri energiyasidan kollektor yordamida issiq suv olishda foydalanishning zamonaviy sxemasi 4.3- rasmda tasvirlangan. Bu yerda aktiv tizimli kollektorda ishchi massaning bilvosita isitilishi, quyosh nurining energiyasi yetarli miqdordagi issiq suvni olish imkonini

bermagan hollarda zaxira isitkichdan foydalanish ko'zda tutilganligini ko'ramiz.



4.3- rasm. Quyosh nuri energiyasi hisobiga issiq suv olishning kombinatsiyalashgan zamonaviy sxemasi.

Shunday qilib, quyosh nurining energiyasini ishchi massaning issiqlik energiyasiga o'zgartiruvchi asosiy qurilma – quyosh kollektori 'dir. Uning prinsipial tuzilishi bilan tanishamiz.



4.4- rasm. Quyosh kollektorining prinsipial sxemasi va unda quyosh nuri energiyasining taqsimlanishi.

Hozirgi paytda quyosh kollektorlarining oynali va oynasiz turlari mavjud. O'z navbatida oynali quyosh kollektorlarining standart yassi sirtli, cheklangan konveksiyali, shaffof issiqlik izolatsiyali, vakuumli yassi sirtli va havoli turlari mavjud. 4.4-rasmda tipik quyosh kollektorining prinsipial sxemasi va unda energiya oqimining taqsimlanishi tasvirlangan. Undan ko'rinadiki, kollektroning asosiy konstruktiv elementlari bo'lib, uning korpusi, issiqlik izolatsiyasi, ishchi massa (suyuqlik) harakatlanuvchi quvurchalar, uzunligi davomida quvurchalar payvandlab mahkamlangan quyosh nuri issiqligini yutuvchi metall plastinkalar va ustki sirt oyna hisoblanadi. Kollektorga tushuvchi quyosh nuri energiyasi G_0 ning G_1 qismi ustki sirt oynadan va G_2 qismi quyosh nuri issiqligini yutuvchi metall plastinkalardan qaytadi. Metall plastinkalar orqali qabul qilingan issiqlikning Q_1 qismi oyna sirt orqali tashqariga va Q_2 qismi issiqlik izolatsiyasi orqali chiqib ketishi natijasida muayyan isrof sodir bo'ladi. Birlamchi quyosh nuri energiyasining qolgan qismi Q_A ishchi massaning issiqlik energiyasiga aylanadi. Bunga mos holda kollektorning foydali ish koeffitsiyenti Q_A/G_0 nisbatga tengdir.

4.1.2. Quyosh nuri energiyasi asosida elektr energiyasini ishlab chiqarish

Yuqorida eslab o'tilganidek, bugungi kunda quyosh nurining energiyasi hisobiga elektr energiyasini ishlab chiqarishning fotoelementlar, parabolasiimon quyosh kollektorlari va geliostatlardan foydalanishga asoslangan usllari mavjud. Qo'yida ushbu usullar bilan tanishib chiqamiz.

4.1.2.1. Quyosh nuri energiyasini fotoelementlar asosida elektr energiyasiga aylantirish. Fotovoltik elektr stansiyalar

Quyosh nuri energiyasi elektr energiyasiga aylantiruvchi tobora rivojlanib borayotgan istiqbolli texnologiyalardan biri yarm o'tkazgich fotoelementlardan foydalanishni ko'zda tutadi.

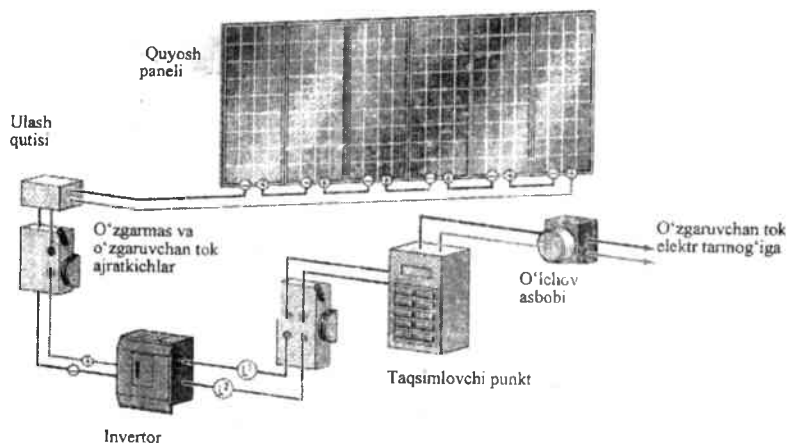
Quyosh batareyalaridagi fotoelementlarning ishlash prinsipi fotogalvanik effekt prinsipiga asoslangan. Bu effektini 1839-yilda Aleksandr Edmond Bekkerel kuzatgan. U o'z tajribalarida quyosh nurining energiyasini keyinchalik fotoelementlar deb nom olgan maxsus yarimo'tkazgichlar yordamida uzatish mumkinligini aniqlagan.

Hozirgi davrda quyosh nuri energiyasini elektr energiyasiga o'zgartiruvchi eng samarali va istiqbolli fotoelement bo'lib kremniyli element hisoblanadi. Kremniy kristallari asosida yaratilgan fotoelektrik o'zgartiruvchilar (fotoelementlar) quyosh nurini yaxshi o'tkazadigan toblangan qalin yassi oynalarga germetik qilib joylashtiriladi. Bunday elementlar ketma-ket va parallel shakllarda yig'ilib, kerak bo'lgan quvvat va kuchlanishdagi quyosh panellari (fotovoltiklar) yig'iladi.

Kremniy hozirgacha fotoelementlarni ishlab chiqarishda asosiy material bo'lib kelmoqda. Umuman olganda, kremniy – Yer yuzida keng tarqalgan elementlardan ikkinchisi hisoblanadi, uning zaxiralari kattadir. Undan foydalanishdagi yagona muammo – uni tozalashdir.

Toza holdagi kremniyning narxi qimmat, chunki uni ishlab chiqarish jarayoni juda murakkab va ko'p mehnatni talab etadi. Hozirda shunga o'xshash, foydali ish koeffitsiyenti kremniynikidan qolishmaydigan elementlar ustida izlanishlar olib borilmoqda. Kelgusida bu maqsadda foydalanish mumkin bo'lgan istiqbolli elementlar bo'lib mis, indiy, selen, galliy va kadmiy kabilar hamda organik moddalarning birikmalari hisoblanmoqda.

Kremniy bazasidagi fotoelementlardan tashkil topgan zamonaviy quyosh panellari (fotovoltiklar)ning foydali ish koeffitsiyenti 12-15% ni tashkil etadi.



4.5- rasm. Quyosh panelida ishlab chiqarilgan o'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka o'zgartirish sxemasi.

Fotoelement bazasidagi quyosh panelida elektr energiyasi o'zgarmas tokda ishlab chiqariladi. Undan mos kuchlanishda ishlovchi o'zgarmas tok elektr iste'molchilarini ta'minlash, akkumulatorlarni zaryadlash maqsadlarida foydalanish mumkin. Bunday qurilmalardan olingan elektr quvvatining kuchlanishni o'zgartirish va o'zgaruvchan tok tarmog'iga uzatish uchun, avvalo, uni inverterli o'zgartkichlar yordamida sinusoidal qoida bo'yicha o'zgaruvchan tokka aylantiriladi. Bunday tizimning prinsipial sxemasi 4.5- rasmda tasvirlangan.

1980-yillar va 1990-yillarning boshlarida fotovoltik modullar Jahon miqyosida asosan elektr tarmoqlaridan uzoqda joylashgan iste'molchilar uchun elektr energiyasi ishlab chiqarish maqsadlarida foydalanilgan bo'lsa, taxminan 1995-yillardan boshlab, bunday qurilmalarni avvalo binolar va keyinchalik fotovoltik elektr stansiyalari uchun ishlab chiqarish rivojlanib bordi.

Xususan, Ispaniya, O'rta Sharq, Shimoliy Afrika, Janubiy AQSH, Hindiston va Xitoyning bir qismi fotovoltiklar bazasida elektr energiyaga bo'lgan ehtiyojlarni qoplash uchun qulay hududlar hisoblanadi. Bu borada keyingi o'rinda nisbatan shimolda joylashgan Germaniya, Fransiya va Chexiya Respublikasi turadi.

Fotovoltiklarni yaratish texnologiyasining narxini pasayishi va organik yoqilg'i narxining ortishi yirik investorlarning fotovoltik elektr stansiyalarini yaratishga bo'lgan qiziqishlarini yanada oshirmoqda.

2010-yilning noyabr oyiga kelib, Jahon miqyosidagi eng yirik fotovoltik (quyosh paneli bazasidagi) elektr stansiyalari bo'lib quyidagilar hisoblandi:

Fensterwald quyosh parki (Germaniya) – 80,7 MVt;

Sarniya fotovoltik elektr stansiyasi (Kanada) – 80 MVt;

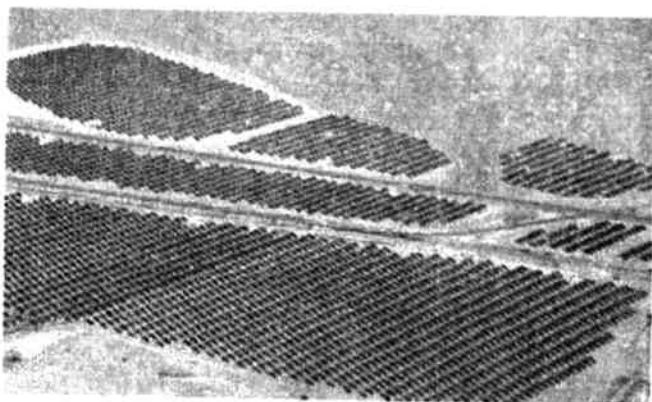
Olmedilla fotovoltik parki (Ispaniya) – 60 MVt;

Stasskirchen Quyosh parki (Germaniya) – 54 MVt;

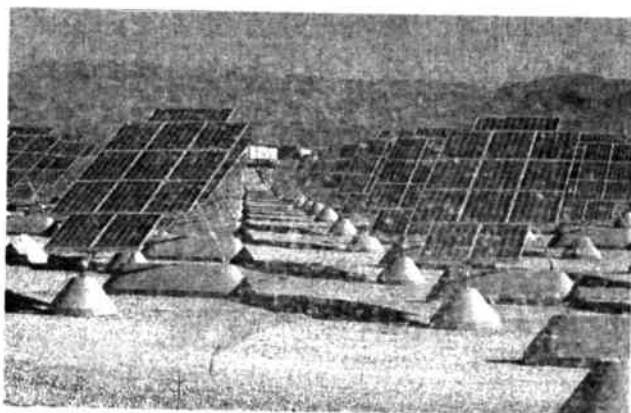
Lieberoz fotovoltik parki (Germaniya) – 53 MVt;

Puertollano fotovoltik parki (Ispaniya) – 50 MVt.

Hozirgi davrda qurilishi rejalashtirilayotgan ayrim fotovoltik elektr stansiyalarining quvvati 150 MVt va undan yuqori bo'lishi kutilmoqda.



a)



b)

4.6- rasm. AQSHning Nevada shtatidagi Nellis havo kuchlari bazasi hududidagi fotovoltik elektr stansiyasi: a)- stansiyaning umumiy ko'rinishi; b)- stansiyada fotovoltik panellarning joylashuvi.

2008-yilning oxiriga kelib, jahonda mavjud bo'lgan barcha fotovoltik elektr stansiyalarining umumiy quvvati 15200 MVtni tashkil etdi. 2002-yildan boshlab, fotovoltiklar (quyosh panellari)ni ishlab chiqarish har yili o'rtacha 38% ga ortib borgan holda jahon miqyosida eng jadal suratlarda rivojlangan energetik texnologiya hisoblanib kelmoqda. Hozirgi davrda Jahonda fotovoltiklarni ishlab chiqarish

bo'yicha eng yuqori o'rinlarni egallab turgan beshta davlat Yaponiya, Xitoy, Germaniya, Tayvan va AQSH hisoblanadi.

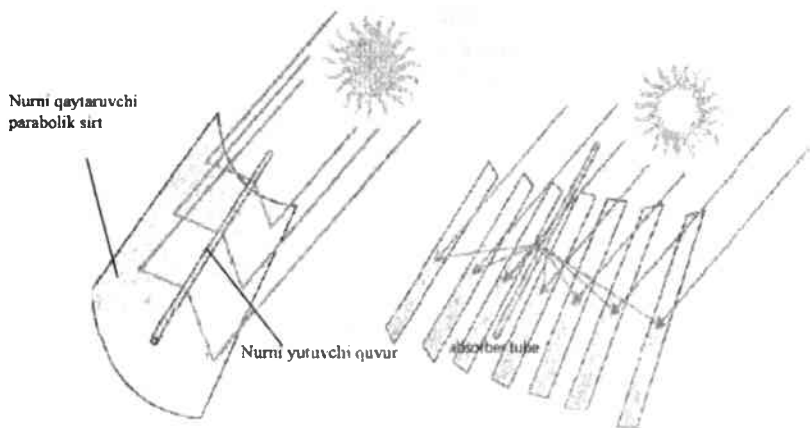
Fotovoltiklarning samaradorligi yuqori bo'lishi uchun ular quyosh nuri sirtiga imkoni boricha perpendikular tushadigan qilib yo'naltirib turilishi lozim.

4.6-rasmda AQSHning Nevada shtatidagi Nellis havo kuchlari bazasi hududidagi fotovoltik elektr stansiyaning ko'rinishlari tasvirlangan. Ushbu stansiyada fotovoltik panellar quyosh nurining tushish yo'nalishiga bog'liq holda bitta o'q atrofida avtomatik ravishda burilib turadi.

4.1.2.2. Parabolik kollektorli quyosh elektr stansiyalari

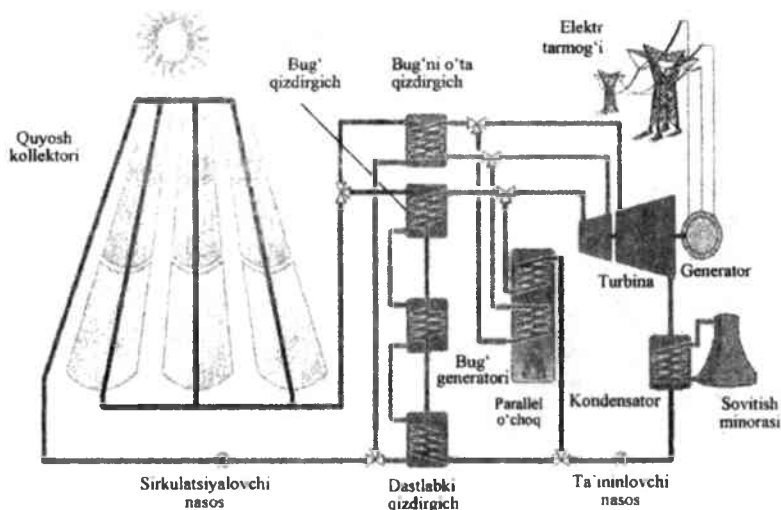
Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, Sahroi Kabir maydomining taxminan 1% qismiga quyosh elektr stansiyalari o'rnatilgan taqdirda hozirgi davrda jahon miqyosida elektr energiyasiga bo'lgan talabni qondirishning imkoni bo'lar edi. Quyosh issiqlik elektr stansiyalari, xususan, tropik hududlarda qurilgan taqdirda eng past xarajatlarda elektr energiyasini ishlab chiqarish imkonini beradi. Parabolik kollektorli quyosh elektr stansiyalarida elektr energiyani ishiab chiqarish uchun fotovoltik stansiyalardagi singari fotoeffekt hodisasidan emas, balki issiqlik jarayonlaridan foydalaniladi. Yuqorida eslab o'tganimizdek, hozirgi davrda quyosh issiqlik elektr stansiyalarining uchta tipi mavjud. Bular parabolik kollektorli stansiyalar; minorali stansiyalar va Stirling tizimlaridir. Ular bilan alohida tanishib o'tamiz.

Parabolik kollektorli quyosh issiqlik elektr stansiyasining quyosh nurlari energiyasini suvning issiqlik energiyasiga o'zgartiruvchi qurilmasi – parabolik kollektor hisoblanadi (4.7-rasm). Bu qurilma asosan ko'ndalang kesimi parabola shaklida bo'lgan yassi sirt ko'rinishidagi quyosh nurini qaytargich va sirtidan qaytgan quyosh nurini yutuvchi – ichidan qizdiriluvchi ishchi massa (suyuqlik) oqib o'tadigan quvurdan tashkil topgan. Nur qaytargich rasmda ko'rsatilganidek yaxlit yoki bir qancha alohida kichik nur qaytargichlardan yig'ilgan bo'lishi mumkin. Quvur parabolaning o'qiga nisbatan parallel yo'nalishda sirtga tushib, qaytuvchi nurlarning kesishish nuqtasida joylashtiriladi. Samaradorlikni oshirish uchun kun davomida qaytirgich parabolik element uning sirtiga quyosh nurining tushish yo'nalishigi mos holda quvur o'qi atrofida burib turiladi.



4.7- rasm. Parabolik kollektorning prinsipial tuzilishi.

Birinchi quyosh issiqlik elektr stansiyasi 1906-yilda AQSHda yaratilgan. Bunday tipdagi birinchi ko'rgazmali stansiya AQSH va u vaqtlarda Buyuk Britaniyaning koloniyasi hisoblangan Misrning Qohira shahri yaqinida qurilgan va sinovdan muvaffaqiyatli o'tkazilgan. Birinchi tijorat maqsadlarida foydalanishga joriy etilgan parabolik kollektorli quyosh issiqlik elektr stansiyasi 1984-yilda qurilgan. Neft krizisidan so'ng 1984–1991-yillar orlig'ida bunday tipdagi elektr stansiyalari AQSH Kaliforniya shtatining Mojave cho'lida barpo etilgan bo'lib, unda parabolik kollektorlar joylashgan umumiy maydon 6 km^2 ni tashkil etadi. Bu stansiyalar tizimi *quyosh elektr ishlab chiqarish tizimi* – QEICHT (4.8-rasm) deb yuritiladi. Bu stansiyalarning umumiy o'rnatilgan elektr quvvati 354 MVt bo'lib, unda umumiy maydoni 2300000 m^2 ga teng bo'lgan bir milliontadan ortiq qaytargich oyna (sirt) elementlari foydalanilgan. QEICHTda har yili $800 \text{ mln. kVt.soat}$ elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Tungi va yomon ob-havo sharoitlarida elektr energiya ishlab chiqarishning uzluksizligini ta'minlash uchun QEICHTning sakkizta stansiyasi organik yoqilg'i bilan ham ishlay oladigan qilib qurilgan. Biroq bu stansiyalarning birlamchi issiqlik balansida organik yoqilg'i (bu holatda tabiiy gaz)ning ulushi 25%gacha belgilanib, qonun bilan chegaralab qo'yilgan.



4.8- rasm. QEIGHT stansiyasining prinsipial sxemasi.

QEIGHT stansiyalarini qurish uchun umumiy investitsiya (sarflangan xarajatlar) 1,2 milliard AQSH dollaridan ortiq miqdorni tashkil etgan. Hozirgi davrgacha bu stansiyalarda jami 12 mlrd. kVt.soatdan ortiq elektr energiyasi ishlab chiqarilib, tarmoqqa uzatilgan. Elektr energiyaning narxi yildan-yilga, tizimdan-tizimga kamayib borib, birinchi qurilgan QEIGHT stansiyalari uchun 0,26 AQSH dollari/kVt.soat bo'lgan bo'lsa, so'nggi paytlarda qurilgan stansiyalar uchun 0,12-0,14 AQSH dollari/kVt.soat gacha pasaygan.

Elektr energiyani quyosh issiqlik elektr stansiyalarida ishlab chiqarish fotovoltlik stansiyalarda ishiab chiqarishga nisbatan ancha arzon hisoblanadi.

Parabolik kollektorli quyosh issiqlik elektr stansiyalarining ishlash prinsipini tushunish oson. Katta parabola shaklidagi nur qaytargichlar quyosh nurini fokus nuqtada joylashgan ichidan ishchi massa (suyuqlik) oqib o'tuvchi quvurlarga yo'naltiradi. Bir nechta kollektorlar 300-600 m uzunlikdagi qatorlarni hosil qilib o'zaro tutashtirilgan (4.9-rasm). Ko'plab bunday parallel qatorlar quyosh kollektorlarining umumiy maydonini tashkil etadi. Har bir kollektorning nur qaytargich elementi quvurning o'qi atrofida buritib turadi. Quvur atrofini o'rab turuvchi shisha qoplama issiqlik isroflarini kamaytirish uchun xizmat qiladi.

Kaliforniyadagi quyosh issiqlik elektr stansiyalarida kollektor quvurlari ichida oqib, issiqlik tashuvchi suyuqlik vazifasini bajaruvchi ishchi massa sifatida 400°C haroratgacha qizdiriluvchi maxsus issiqlikka chidamli moydan foydalaniladi.



a)



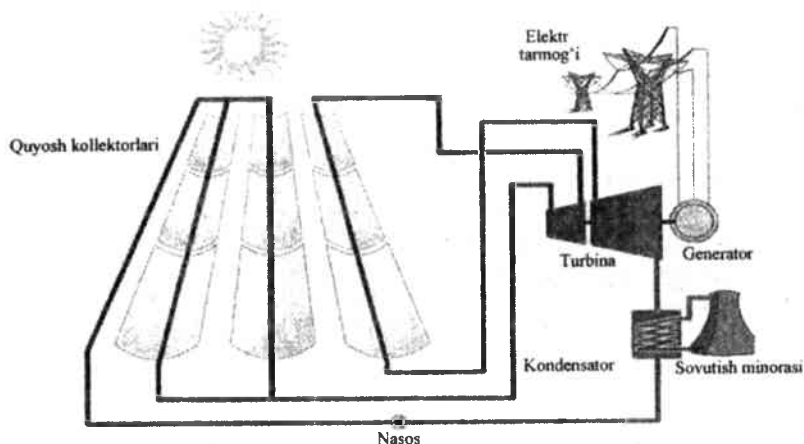
b)

4.9- rasm. AQSHning Kaliforniya shtatida quyosh issiqlik elektr stansiyasida parabolik kollektolarning joylashuvi: a)- umumiy ko'rinishi; b)- kollektorlarning o'zaro joylashuvi.

Issiqlik almashtirgichlar quyosh nurining issiqlik energiyasini issiqlik tashuvchi suyuqlikdan suv va suv bug'iga uzatadi. Ta'minlovchi suv issiqlik almashtirgichda dastlabki qizdirilishdan oldin (4.8- rasm) uning bo'imi nasos yordamida oshiriladi. Qizdirgichda harorati va bosimi talab etilgan darajagacha yetkazilgan bug' birinchi bosqichdagi turbinani harakatga keitiradi. Past va yuqori bosimli ikki bosqichli turbinalarda birinchi bosqich turbinasidan chiqqan bug' o'ta qizdiriladi. Turbinaning ikkinchi bosqichidan chiqqan suv bug'i kondensatorda sovitilib, ta'minlovchi nasos yordamida qaytadan siklga haydaladi. Yomon ob-havo sharoiti va tungi paytlarda ish jarayoni parallel organik yoqilg'ida ishlovchi qozon yordamida ta'minlanishi mumkin.

Fotovoltik elektr stansiyalariga nisbatan quyosh issiqlik elektr stansiyalari kun davomida elektr energiya bilan uzluksiz ta'minlashni ishonchli kafolatlashi mumkin. Bu jihat quyosh issiqlik elektr stansiyalari texnologiyalariga bo'lgan qiziqishiarni yanada oshiradi. Bunday stansiyalardan sutka davomida va yomon ob-havo sharoitlarida elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlash parallel organik yoqilg'i o'choqlaridan tashqari issiqlik omborlari (akkumulatorlari)dan foydalanish asosida ham amalga oshirilishi mumkin. Bunda quyosh ko'rinib turgan paytda olingan issiqlikning bir qismi o'zida issiqlikni

saqlay oladigan issiqlik omborlarida (akkumulatorlarida) yig'ilib, tungi payt va yomon ob-havo sharoitlarida elektr energiya ishlab chiqarish uchun bu issiqlikdan birlamchi energiya sifatida foydalaniladi.



4.10- rasm. Quyosh nuri energiyasi bevosita yuqori bosimli suv bug'iga aylantiriluvchi quyosh issiqlik elektr stansiyasining prinsipial sxemasi.

Hozirgi texnologik taraqqiyot samaradorlikni yanada oshirish va mos holda ishlab chiqariluvchi elektr energiyaning narxini yanada pasaytirishni ko'zlaydi. Masalan, Janubiy Ispaniyaning Almeriya shabari yaqinida quyosh nuri energiyasini bevosita suv bug'i energiyasiga aylantirishga asoslangan tizim namoyish etilmoqda (4.10-rasm). Bu yerda parabolik quyosh kollektorlari suvni yuqori bosim ostida bevosita qizdirib, 400°C gacha haroratdagi bug'ga aylantiradi. Bunday sharoitlarda suv bug'i bug' turbinasini bevosita harakatga keltirishi mumkin. Bunday tizim asosida ishlovchi elektr stansiyalari issiqlik tashuvchi suyuqlikdan foydalanib ishlovchi stansiyalarni yaqin kelajakda siqib chiqarishi mumkin.

2007-yildan 2009-yilning o'rtalarigacha Ispaniyada bir qator yangi parabolik kollektorli quyosh issiqlik elektr stansiyalarining qurilishi amalga oshirildi. Har birining quvvati 50 MVt dan bo'lgan uchta stansiya bunday tipdagi katta quvvatli stansiyalarni qurishga yo'l ochdi. Hozirgi davrda birgina Ispaniyada ikkita 150 MVt, sakkizta 100 MVt va to'qqizta 50 MVt quvvatli umumiy quvvati 1,5 GVtdan katta bo'lgan

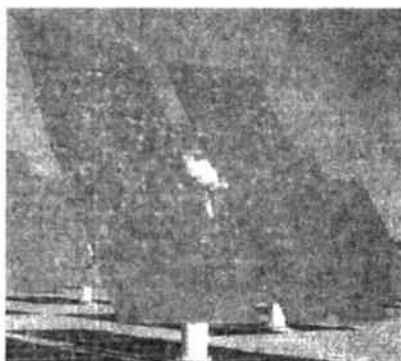
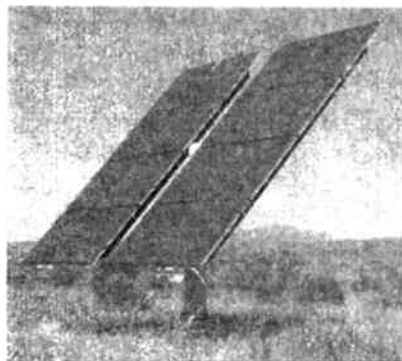
parabolik kollektorli quyosh issiqlik elektr stansiyalarining qurilishi davom etmoqda. Bu stansiyalarning kamida to'rttasi issiqlik akkumulatorlariga ega bo'lib, ular tunggi va yomon ob-havo sharoitlarida ham elektr energiya ishlab chiqarish imkonini beradi.

AQSHda ham bunday tipdagi elektr stansiyalarini qurish rejalashtirilgan. Ularning eng kattasini quvvati 950 MVtm tashkil etib, butun mamlakat bo'yicha bunday stansiyalarning umumiy quvvati 4,5 GVtga yetkaziladi.

4.1.2.3. Minorali (geliostatli) quyosh elektr stansiyalari

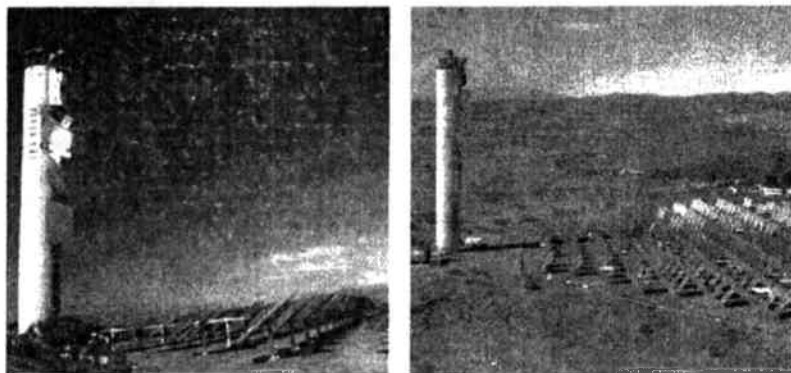
Minorali quyosh issiqlik elektr stansiyalarida quyosh nuri energiyasining elektr energiyasiga o'zgartirilishi boshqacha tartibda amalga oshiriladi. Bu tizimlarda bir necha yuzlab, minglab quyosh nurini qaytargichlar markaziya minora atrofida joylashtiriladi. Bunday nur qaytargich *geliostat* (4.11-rasm) deb yuritiladi. Geliostatlarning yo'nalishlari ularga tushuvchi quyosh nurlarini minoraning uchida joylashgan markaziy qabul qilgichga aniq yo'naltirish uchun kompyuterli nazorat tizimi orqali rostlab turiladi.

Quyosh nurini yutuvchi qurilma geliostatlar yordamida qaytarilgan nurlarning kesishish nuqtasida, ya'ni fokusida joylashtirilgan. Konsentratsiyalangan quyosh nurlari energiyasi nur yutkichni 1000°C dan yuqori haroratgacha qizdiradi. Ishchi massa – havo yoki suyuq tuz issiqlikni energetik sikl – gaz yoki bug' sikliga uzatadi. U yerda issiqlik energiyasi elektr energiyasiga o'zgartiriladi.



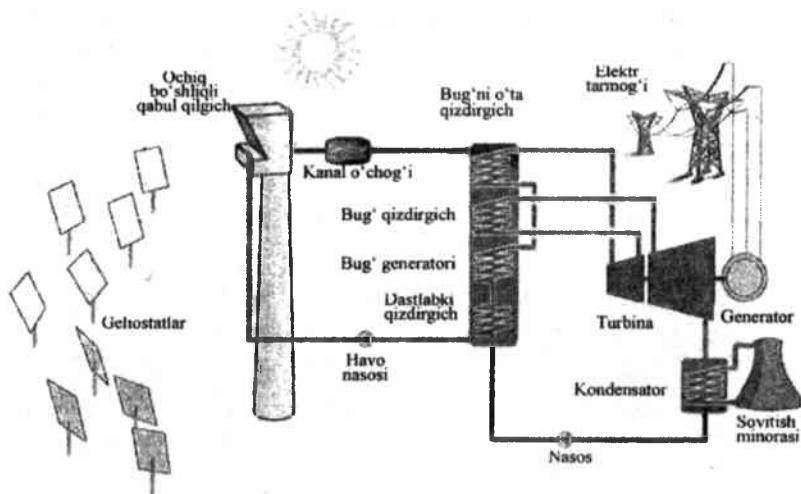
4.11- rasm. Geliostatlar.

Parabolik kollektorli quyosh stansiyalari bilan bir qatorda minorali quyosh stansiyalari ham ayrim davlatlarda bir necha yildan buyon ishlatilib kelinmoqda. Almeriya (Ispaniya), Barstov (AQSH) va Rehovot (Isroil)da bu tipdagi tajriba stansiyalari ishlatilib, ularda konfiguratsiya tizimlarini optimallashtirish va yangi komponentlarni sinash ishlari amalga oshirilmoqda (4.12-rasm). Bundan tashqari, birinchi tijoriy minorali quyosh stansiyasi rejalashtirishning yuqori bosqichi hisoblanadi.



4.12- rasm. Almeriyadagi (Ispaniya janubida) minorali quyosh tajriba qurilmasi.

Ochiq bo'shliqli qabul qilgichga ega bo'lgan minorali quyosh stansiyasining ishlash prinsipi quyidagicha (4.13-rasm). Ventilator tashqi havoni geliostatlardan qaytuvchi quyosh nurlari fokuslangan qabul qilgich so'rib oladi. Qabul qilgich materiallari sifatida asosan simli qutichalar, keramik ko'pik, metall yoki keramik chig'anoqli tuzilmalar foydalaniladi. Bu tuzilma quyosh nurlarining energiyasi hisobiga qiziydi va issiqlikni havo oqimiga beradi. Kirib kelayotgan havo qabul qilgichning old tomonini sovitadi. Mos holda juda yuqori harorat qabul qilgichning ichki tomonida vujudga keladi. Shunday qilib radiatsion isroflar minimallasadi. Bu yerda $650\text{--}850^{\circ}\text{C}$ orasidagi haroratgacha qizigan havo issiqlik almashtirgichga kirib keladi va u yerda suv bug'ga aylanib, o'ta qiziydi. O'ta qizigan suv bug'i bug' turbinasini harakatga keltirib, elektr energiyasini ishlab chiqaradi. Quyosh elektr stansiyasining ushbu varianti boshqa yoqilg'ilardan ham foydalanish imkonini beradi. Masalan, yoqilg'i yoqiluvchi kanal o'choqlaridan foydalanish mumkin.



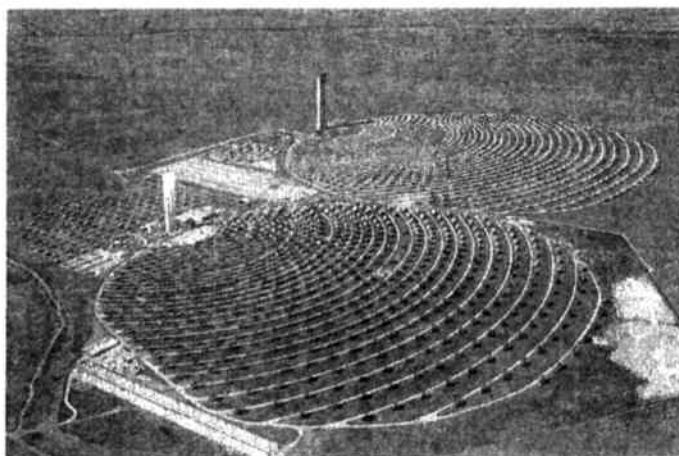
4.13- rasm. Ochiq bo'shliqli qabul qilgichga ega bo'lgan minorali quyosh issiqlik elektr stansiyasining prinsipial ishlash sxemasi.

Yana bir boshqa turdagi qabul qilgichga ega bo'lgan minorali quyosh issiqlik elektr stansiyasining konsepsiyasi bilan tanishamiz. Bu yerda yopiq bo'shliqli qabul qilgichdan foydalaniladi. Qabul qilgichning old tomoni uning ichki qismini atmosfera havosidan ajratib turadi. Qabul qilgichning ichida havoning bosimi 15 Bar (217,6 Pa) gacha, harorati 1100°C gacha yetkaziladi. Bu parametrdagi havo ta'sirida gaz turbinasi harakatga keltiriladi va unga ulangan generatorda elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Gaz turbinasidan chiqqan hali yuqori haroratdagi havoning issiqligi yordamida issiqlik almashtirgichlarda bug' hosil qilinadi va uning ta'sirida bug' turbinasi harakatga keltirilib, generatorda elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Shunday qilib, ushbu holatda elektr energiyasi ishlab chiqarish birlashgan ikkita – gaz-turbina va bug'-turbina sikllarida amalga oshiriladi. Bunday birlashgan siklning umumiy samaradorligi 50% atrofida bo'lib, faqat bug'-turbina siklidan foydalaniluvchi holatga nisbatan taxminan 20% ga ortiqdir.

Hozirgi davrda Ispaniyada quvvati mos holda 10 MVt va 20 MVt bo'lgan (PS10 va PS20 qurilmalari) va Germaniyada 1,5 MVt quvvatli va yana bir qancha minorali quyosh elektr stansiyalari rejalashtirilgan va ularning ayrimlari qurilmoqda. AQSHning Kaliforniya shtatida quvvati

200-400 MVt oralig'idagi qurilmalardan foydalanishni ko'zda tutuvchi minorali quyosh issiqlik elektr stansiyasini qurish ham rejalashtirilgan.

4.14- rasmda Ispaniyadagi bug' qabul qilgichli minorali PS-10 va PS-20 quyosh issiqlik elektr stansiyalarining umumiy ko'rinishi tasvirlangan.



4.14- rasmda Siviliya yaqinida joylashgan (Ispaniya) bug' qabul qilgichli minorali PS-10 (10 MVt) va PS-20 (20 MVt) quyosh issiqlik elektr stansiyalarining umumiy ko'rinishi.

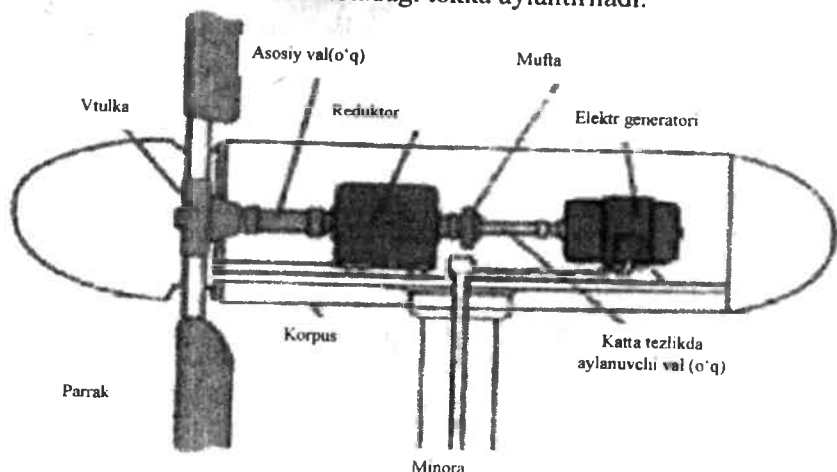
4.2. Shamol energetika qurilmalari va elektr stansiyalari

Elektr energiya ishlab chiqarishda foydalaniluvchi qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan yana biri shamol energiyasidir. Energiyaning bu turi katta potensialga ega bo'lib, elektr energiyaga aylantirish uchun nisbatan kam xarajatlarni talab etadi.

Shamol energetika qurilmasining tuzilishi va ishiashi prinsipi oddiy. 4.15-rasmda shamol energiyasini elektr energiyasiga o'zgartiruvchi qurilma – shamol turbinasining prinsipial sxemasi keltirilgan. Unda shamolning kinetik energiyasi vintning parraklariga urilib, uni harakatga keltiradi. Hosil bo'lgan aylanma harakat kinetik energiyasi asosiy val, reduktor va tez aylanuvchan val orqali elektr generatoriga uzatiladi. Generatorida uning rotorini aylanishidagi kinetik energiya elektr energiyasiga o'zgartiriladi.

Elektr generatori o'zgarmas tok generatori bo'lgan holatda u mo: o'zgarmas tok elektr iste'molchilarini ta'minlash va akkumulatorlarn zaryadlash maqsadlarida foydalanilishi mumkin. Bunday shamo qurilmasida ishlab chiqarilgan elektr energiyasi bilan o'zgaruvchan tok elektr iste'molchilarini ta'minlash yoki uni o'zgaruvchan tok elektr tarmog'iga uzatish uchun generatorda ishlab chiqarilgan o'zgarmas tok, avvalo, inverterli o'zgartkich yordamida yuqorida ko'rib o'tilgan tartibda sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaruvchi nominal chastotadagi tokka o'zgartiriladi.

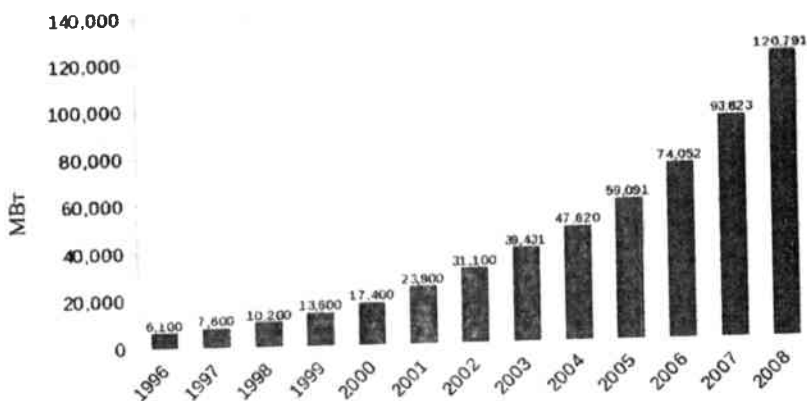
Agar shamol qurilmasida o'zgaruvchan tok elektr generatori o'rnatilgan bo'lsa, u holda hosil bo'luvchi o'zgaruvchan tokning chastotasi shamolning va mos holda parrakning aylanish tezligiga muvofiq tarzda o'zgaruvchan bo'ladi. Bunday hollarda generatorda ishlab chiqarilgan o'zgaruvchan chastotali tok, avvalo, to'g'rilagich yordamida o'zgarmas tokka aylantiriladi. To'g'rilagichdan olingan o'zgarmas tok energiyasi mos kuchlamishda ishiyovchi o'zgarmas tok elektr iste'molchilarini ta'minlash va akkumulatorlarni zaryadlashga ishlatilishi mumkin. Bu holatda ham o'zgaruvchan tok elektr iste'molchilarini ta'minlash yoki elektr quvvatini o'zgaruvchan tok elektr tarmog'iga uzatish uchun to'g'rilagichda hosil qilingan o'zgarmas tok inverterli o'zgartkichlar yordamida sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaruvchan nominal chastotadagi tokka aylantiriladi.



4.15-rasm. Shamol qurilmasining prinsipial sxemasi va tuzilishi.

2009-yilning oxiriga kelib, butun jahon mamlakatlarida mavjud bo'lgan shamol qurilmalarining umumiy quvvati 157900 MVtni, yil davomida bu quvvatning umumiy o'sishi 31% ni tashkil etdi. 2009-yil davomida butun jahonda ishlab chiqarilgan elektr energiyaning 1,3 % qismi shamol qurilmalari ulushiga to'g'ri keldi.

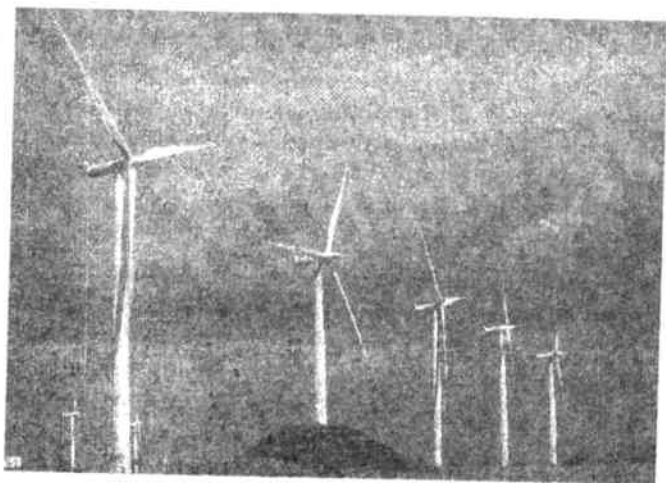
Hozirgi davrda shamol qurilmalaridan Yevropa davlatlarida keng va AQSH hamda Osiyo davlatlarida nisbatan kamroq darajada foydalanib kelinmoqda. Elektr energiyaning ishlab chiqarishda shamol qurilmalarining ulushi Daniyada 19%, Ispaniya va Portugaliyada 11% va Irlandiya Respublikasida 9% ni tashkil etadi. 4.16- rasmda 1996–2008-yillar davomida jahon miqyosida mavjud shamol qurilmalarining umumiy o'rnatilgan quvvatlarining o'zgarish dinamikasi tasvirlangan. Bu diagrammadan shamol qurilmalarini qurish va ularda elektr energiya ishlab chiqarishning borgan sari yuqori jadallikda ortib borganligini kuzatamiz.



4.16- rasm. Jahon miqyosida shamol qurilmalarining umumiy o'rnatilgan quvvatini o'zgarish dinamikasi.

Rivojlangan chet el mamlakatlarida, shu jumladan AQSH, Germaniya, Kanada kabi mamlakatlarda shamol qurilmalarini yaratish, o'rnatish va ishlatishni rivojlantirish maqsadida muayyan energetik siyosatlar olib borilmoqda. Bunday siyosatlarga muvofiq holda ushbu faoliyat bilan shug'ullanuvchi korxonalar, firmalar va tashkilotlarga imtiyozli kreditlar berish, ushbu qurilmalar uchun zarur bo'lgan

uskunalarni imtiyozli narxlarda sotib olish, har xil soliqlardan ozod qilish singari rag'batlantirishlar ko'zda tutilgan.



4.17- rasm. AQSHning Texas shtatida joylashgan shamol elektr stansiyasining umumiy ko'rinishi.

4.17- rasmda misol tariqasida AQSHning Texas shtatida Oldxam qo'rg'oni yaqinida joylashgan shamol elektr stansiyasining umumiy ko'rinishi tasvirlangan.

Hozirgi davrda jahon miqyosida o'rnatilgan shamol turbinalarining umumiy quvvatida Yevropa mamlakatlarining umumiy ulushi 48% ni, AQSHniki 35% ni tashkil etadi. Shamol qurilmalarining umumiy quvvati bo'yicha jahon miqyosida birinchi beshtalikka AQSH, Germaniya, Ispaniya, Xitoy va Hindiston kiradi.

4.3. Biomassa energiyasidan foydalanish

4.3.1. Biomassa tushunchasi

Qayta tiklanuvchan energiya manbasi – biomassa – yog'och, maishiy chiqindilar, vodorod gazi va spirtli yoqilg'ilar kabilarni o'z ichiga oluvchi biologik materialdir. Biomassa deyilganda asosan elektr yoki issiqlik energiyasini ishiab chiqarish uchun foydalaniluvchi o'simlik materiallari tushuniladi. Biomassa foydalaniladigan ko'plab odatdagi usullarda hozirgacha ularni bevosita ishlatish qo'llaniladi.

Singan daraxtlar, shox-shabbalar, daraxt qobiqlari, yog'och qirindilari kabilar aynan shunday maqsadlarda foydalaniladi. Biroq, biomassa tola va kimyoviy moddalarni ishlab chiqarishda qo'llaniluvchi o'simlik va hayvonlarning chiqindilarini ham o'z ichiga oladi. Shuningdek, biomassaga yoqilg'i sifatida ishlatilishi mumkin bo'lgan biodarajali chiqindilar ham kiradi. Bularga muayyan geologik jarayonlarda hosil bo'lgan ko'mir yoki neft kabi yerosti qazilma yoqilg'ilari kirmaydi.

Sanoat biomassasi makkajo'xori, shakarqamish, palma kabi bir qator o'simliklardan olinishi mumkin.

Qazilma yoqilg'ilari boshlang'ich tarixiy biomassaga ega bo'lsada, ular odatda qabul qilingan biomassa sifatida qaralmaydi. Chunki, ularning tarkibida tabiiy uglerod siklidan uzoq vaqt davomida tashqarida qolgan uglerod mavjud. Shu sababli, ular yoqilganda atmosferaga uglerod oksidi chiqadi.

4.3.2. Biomassaning kimyoviy tarkibi

Biomassaning kimyoviy tarkibi asosan uglerod, vodorod va kisloroddan iborat.

O'simliklar, xususan, suv va uglerod ikki oksidini biriktirib, shakar tuzilmalarini hosil qiladi. Talab etiluvchi energiya yorug'lik ta'sirida xlorofell asosidagi fotosintez jarayoni orqali shakllanadi. Odatda, o'simliklarga yetib kelgan yorug'lik energiyasining 0,1-1% qismi ularda kimyoviy energiya sifatida saqlanadi. Shakar tuzilmalari biomassa sifatida foydalanilishi mumkin bo'lgan barcha yerusti o'simliklari, selluloza kabilarida aniqlangan umumiy xususiyatlar uchun boshlang'ich punkt hisoblanadi.

4.3.3. Biomassa manbalari

Biomassa energiyasi bir-biridan farqlanuvchi beshta energiya manbasi – yog'och, chiqindi, axlat, yerusti gazlari va spirtli yoqilg'ilardan shakllanadi. Yog'och energiyasi yoqilg'i sifatida yetishtirilgan daraxt va yog'och chiqindilaridan jamlanadi. Yog'ochdan olinuvchi eng yirik energiya manbasi bo'lib qog'oz ishlab chiqarish sanoati jarayonining chiqindisi hisoblangan qog'oz spirti, ya'ni «qora spirt» hisoblanadi. Chiqindi energiyasi biomassa energiyasining ikkinchi yirik manbasi hisoblanadi. Chiqindi energiyasining asosiy tashkil etuvchilari bo'lib maishiy qattiq chiqindilar, ishlab chiqarish

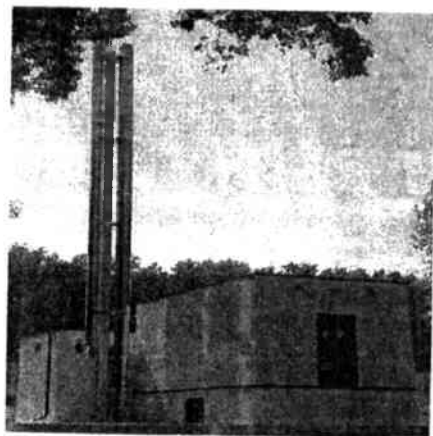
chiqandilari yerusti gazlari hisoblanadi. Spirtli yoqilg'i biomassasi yoki etanol asosan shakarqamish va makkajo'xorida jamlangan. U bevosita yoqilg'i sifatida foydalanilishi yoki gazolinga qo'shilishi mumkin.

Biomassa boshqa foydalanilishi mumkin bo'lgan metan singari gazga yoki etanol va biodizel kabi transport yoqilg'isiga aylantirillishi mumkin. Chirigan axlat, qishloq xo'jalik va maishiy hayot chiqindilari metan gazini hosil qilib, u «yerusti gazi» yoki «biogaz» deb ham yuritiladi. Shakarqamish, makkajo'xori kabilardan transport yoqilg'isi yoki etanol olinishi mumkin. Biodizel boshqa turdagi transport yoqilg'isi bo'lib, u salat va hayvon moylari kabi tashlab yuboriluvchi oziq-ovqat mahsulotlaridan olinishi mumkin.

Suyuqliklar biomassasi va sellulozik etanol hozirgi davrda o'rganilmoqda.

4.3.4. Biomassani foydali energiyaga o'zgartirish jarayonlari

Keng tarqalgan biomassa tiplarini qayta tiklanuvchan energiya manbasi sifatida foydali energiyaga o'zgartirishning foydalanilishi mumkin bo'lgan bir qator texnologiyalari mavjud. O'zgartirish texnologiyasi energiyani issiqlik yoki elektr energiyasi shaklida bevosita foydalanish yoki suyuqlik ko'rinishidagi bioyoqilg'i va yonuvchan biogazga aylantirishni ko'zda tutishi mumkin.



4.18-rasm. Biomassa energiyasida ishlovchi 1000 kVt quvvatli isitish stansiyasining umumiy ko'rinishi (Avstriya).

Hozirgi davrda biomassa manbasining ayrim sinflari uchun undagi energiyadan foydalanishning bir nechta texnologiyalari mavjud bo'lgani holda boshqalari uchun faqat bittadan mos yagona texnologiya mavjud.

4.3.4.1. Biomassani foydali energiyaga issiqlik va kimyoviy jarayonlarda o'zgartirish

Biomassani boshqa turdagi kimyoviy shaklga o'zgartirishda issiqlik asosiy rolni o'ynaydigan bir qator jarayonlar mavjud. Yoqish, torflash, peroliz va gazlashtirish singari prinsipial jihatdan bir-biridan kimyoviy reaksiyaning jalb etilish darajasi bilan farqlanuvchi (asosan jarayonda kislorodning miqdori va harorat bilan) asosiy o'zgartirish usullari qo'llaniladi.

Bundan tashqari, yana bir qator nisbatan kamroq tarqalgani holda ko'proq eksperimental xarakterda yoki yaratilish jarayonida bo'lgan darajali gidrotermal va gidrojarayonlarning yutuqlaridan foydalanuvchi usullar ham mavjud. Ularning ayrimlari yuqori darajada ho'l tarkibli biomassadan foydalanish yoki uni boshqa qulayroq shaklga o'zgartirish uchun ishlab chiqilgan. Ba'zi issiqlikdan foydalanishga asoslangan usullar issiqlik va elektr energiyalarini birgalikda ishlab chiqarish va birgalikda yoqishni ko'zda tutadi. Tipik biomassa elektr stansiyalarining samaradorligi 20-27% ni tashkil etadi.

Biomassani foydalanish uchun qulay bo'lgan boshqa turdagi ko'rinishga o'zgartirishning bir qator kimyoviy jarayonlarga asoslangan usullari ham mavjud.

Yuqoridagilardan tashqari biomassani foydalanish qulay bo'lgan boshqa shakllarga o'zgartirish va ishlatishning biokimyoviy usullari ham mavjud.

4.3.5. Biomassaning atrof-muhitga ta'siri

Biomassadan yoqilg'i sifatida foydalanish havoni uglerod va azot oksidlari va boshqa ko'rinishlarda ifloslanishiga olib keladi. Ayrim hollarda bunday ifloslanish darajasi an'anaviy yoqilg'ilar – ko'mir yoki tabiiy gaz ta'sirida ifloslanishdan yuqori bo'lishi mumkin. Shuningdek, biomassa global qizishning ikkinchi o'rinda turuvchi yirik manbasi hisoblanadi. 2009-yilda Shved olimlari tomonidan davriy tarzda Shimoliy Osiyoning yirik hududlarini qoplab turuvchi qo'ng'ir tutunni

o'rganish natijalari uning manbasi asosan biomasaning va kamroq darajada qazilma yoqilg'ilarining yonishi ekanligini ko'rsatdi.

Yonish natijasida biomasadan ajraluvchi uglerod atmosferaga uglerod ikki oksidiga aylanib chiqadi. Quruq daraxt tarkibida uglerodning miqdori uning og'irligini taxminan 50% qismini tashkil etadi. Shu sababli tarkibida uglerod miqdori nisbatan kam bo'lgan biomassa manbalaridan foydalanish tavsiya etiladi.

AQSHda hozirgi davrda mavjud bo'lgan elektr energiya ishlab chiqaruvchi biomassa qurilmalarining umumiy quvvati 11000 MVt bo'lib, bu mamlakatning yozgi davrdagi umumiy maksimal yuklamasini taxminan 1,4% ni tashkil etadi. Bugungi kunda Shimoliy Amerikada mavjud eng katta biomassa elektr stansiyasining quvvati 140 MVt ga teng bo'lib, unda shakarqamish va shahar daraxt chiqindilari yoqilg'i sifatida foydalaniladi. Bu qurilma yiliga elektr energiyasi ishiab chiqarishga sarflanuvchi bir million barrel neftni tejash va Florida shtatidagi yerlarni shakarqamish va shaharlarning daraxt chiqindilaridan tozalash imkonini beradi.

Biomassa elektr stansiyalarining iqtisodiy ko'rsatkichlariga ularning biomassa manbalariga qanchalik yaqin joylarda qurilganligi kuchli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli, ularni biomassa manbalariga yaqin joylarda qurishning imkoni bo'lmagan hollarda transport xarajatlarini kamaytirish uchun biomassa manbalarini nisbatan arzon bo'lgan suv yoki temir yo'llari orqali tashib kelish imkoniyatlarini ta'minlash lozim. Odatdagi issiqlik stansiyalaridan farqli ravishda ishchi massa sifatida suv o'rniga organik suyuqlikdan foydalanish hisobiga foydali ish koeffitsiyenti ancha yuqori bo'lgan 1 MVt atrofidagi quvvatli biomassa elektr stansiyalarini qurish va foydalanish iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi. Bunday biomassa elektr stansiyalarini Yevropa davlatlarida ko'plab uchratish mumkin.

4.4. Geotermal energiyadan foydalanish

Geotermal energiyani o'zgartirish hisobiga olinuvchi elektr energiyasi geotermal elektr energiyasi deb yuritiladi. Hozirgi davrda geotermal energiyani elektr energiyasiga aylantiruvchi quruq bug', yaltiroq bug' va binar sikllı texnologiyalar foydalanilmoqda. Hozirgi davrda geotermal energiyadan issiqlik energiyasi sifatida jahonning 70 ta davlatida foydalanilayotgani holda, uning asosida elektr energiya ishlab chiqarish texnologiyasi zamonaviy texnologiya sifatida faqat 24 ta

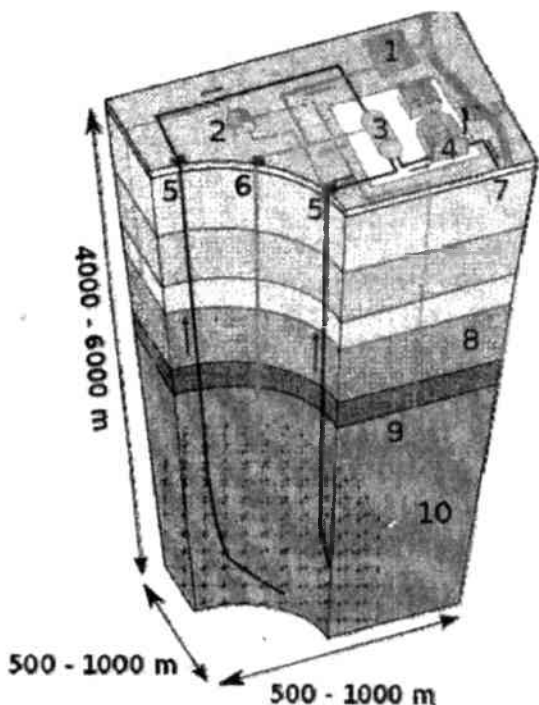
davlatda foydalanib kelinmoqda. Mavjud texnologiyalar asosida jahon miqyosida geotermal energiyadan foydalanib, elektr energiya ishlab chiqarish potentsiali 35-2000 GVt oralig'ida baholanmoqda. Hozirgi davrda geotermal energiya asosida elektr energiya ishlab chiqaruvchi stansiyalarning o'rnatilgan quvvati bo'yicha jahonda AQSH birinchi o'rinda turadi (3086 MVt). Undan keyingi o'rinlarda Filippin va Indoneziya davlatlari bormoqda. Geotermal energiya boshqa turdagi energiyalarga nisbatan ishonchli, ya'ni tuganmas manba hisoblanadi, chunki u yerning issiqlik energiyasini juda kam qismini tashkil etadi.

Hozirgi davrda mavjud geotermal elektr stansiyalarining atmosferaga chiqaruvchi uglerod ikki oksidli miqdori har megavatt-soat elektr energiyaga 122 kg ni tashkil etib, bu odatdagi qazilma yoqilg'ilarida ishlovchi issiqlik elektr stansiyalaridagi moqdorga nisbatan juda kamdir. Hozirgi vaqtgacha geotermal elektr stansiyalar asosan yuqori haroratli geotermal energiya yerning sirtiga yaqin bo'lgan joylarda qurib kelinmoqda. Binar siklli geotermal elektr stansiyalarning taraqqiyoti va parmalash hamda jamlash texnologiyalarining takomillashuvi bilan geotermal tizimlarning qurilishi mumkin bo'lgan geografik hududlarning yanada kengayishini ta'minlaydi.

Geotermal elektr stansiyalarining samaradorligi nisbatan past bo'lib, 10-23% ni tashkil etadi. Buning asosiy sababi geotermal suyuqlikning harorati an'anaviy qozonlardan olinuvchi bug'ning haroratiga nisbatan pastligi bo'lib, termodinamikaning qonunlariga muvofiq bu past harorat elektr generatorlarini harakatga keltiruvchi issiqlik dvigatellarining samaradorligini cheklab qo'yishi bilan bog'liqdir. Bunday qurilmalar chiquvchi issiqlik foydalanilishi mumkin bo'lgan boshqa jarayonlarda bevosita yoki bilvosita, masalan, isitish maqsadlarida foydalanilishi mumkin.

Geotermal energiya boshqa ayrim turdagi energiya manbalari singari (masalan, quyosh yoki shamol singari) o'zgarib turmaganligi sababli, ular asosda ishlovchi stansiyalarning quvvat koeffitsiyentlari ancha yuqori – 96% gacha bo'ladi. Jahon bo'yicha bunday stansiyalarning yillik o'rtacha quvvat koeffitsiyenti 2005-yilda 73% ni tashkil etgan.

4.19- rasmda geotermal elektr stansiyasini o'z ichiga olgan tipik geotermal tizimning joylashuvi va manbalanishining prinsipial sxemasi keltirilgan.



4.19- rasm. Tipik geotermal tizimning joylashuvi va manbalanish prinsipil sxemasi:

1- rezurvar; 2- nasos xonasi; 3- issiqlik almashtirgich; 4- turbina zali; 5- chiqarish kanali; 6- haydash kanali; 7- tumanni isitishga haydaluvchi issiq suv; 8- g'ovak cho'kmalar; 9- kuzatish kanali; 10- kristall qotishma.

Yerning issiqlik energiyasi 10^{31} joulni tashkil etgani holda, u tabiiy issiqlik o'tkazuvchanlik tufayli taxminan 44,2 TVt quvvat bilan yerning sirtiga uzatilib tursa, 30 TVt quvvat bilan u qayta tiklanib turadi. Bunday quvvat hozirgi davrda yer yuzida insoniyat ehtiyojlari uchun sarflanuvchi birlamchi manba quvvatidan umumiy yuklamadan ikki baravar ko'pdir. Biroq bu energianing bir qismi (taxminan $0,1 \text{ Vt/m}^2$) diffuziyaning tufayli tarqalib ketadi. Yerning sirt qoplamasi qalin issiqlik izolatsiyalovchi qoplama kabi xususiyatga ega bo'lib, geotermal energiya undan suyuqlik (magma, suv kabi) orqali uzatilishi mumkin.

Elektr energiya ishlab chiqarish yuqori haroratli issiqlik manbalarini talab etadi. Bunday horatdagi geotermal energiya faqat juda chuqurlikdan olinishi mumkin. Geotermal energiya yerning sirtiga suyuqlikning uzatilishi, magma oqimlari, gidrotermal sirkulatsilanish, neft kanallari, parmalash orqali ochilgan suv kanallari yoki ularning kombinatsiyalashuvi orqali chiqishi mumkin. Bunday issiqlik uzatilishi ba'zan yerning izolatsion qatlami yupqa bo'lgan joylarda tabiiy holda ham mavjud bo'lib, u yerda magma manbalari yerning sirtiga yaqin chuqurlikka olib kelgan issiqlikni issiqlik tashuvchilar yordamida yerning sirtiga olib chiqiladi. Issiqlik tashuvchi kanallar mavjud bo'lmagan hollarda u maxsus kanallar yordamida chiqarilishi zarur. jahonning tiktonis plitalarning chegaralaridan uzoqlikda bo'lgan ko'plab hududlarida geotermal gradient har bir kilometr chuqurlikka $25-30^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi. Shunday qilib, foydalanish mumkin bo'lgan miqdor va sifatidagi geotermal energiyani olish uchun talab etiluvchi kanal chuqurligi hudud va uning tiktonis plita chegaralariga qanchalik yaqinligiga bog'liqdir.

Yerning tagida quruq issiqlik mavjud bo'lgan yoki suvning bosimi muvozanatlashmagan joylarda suvni haydash orqali issiqlikni chiqarish mumkin. Bunda ikkita kanal ochilib, ularning biriga yuqori bosim ostida suv yoki uglerod oksidi haydalganda u ikkinchisidan issiq gaz ko'rinishida qaytadi. Bunday yondashuv Yevropada quruq issiqlik manbali geotermal energiya, Shimoliy Amerikada esa, rivojlantirilgan geotermal tizim deb yuritiladi. Bunday usulda geotermal energiyani olish potentsiali uning tabiiy holda chiquvchi potentsialiga nisbatan anicha kattadir.

Yuqorida eslatib o'tilganidek, geotermal energiya asosda elektr energiyasini ishlab chiqarish potentsiali hozirgi vaqtda, kogeneratsiya maqsadlarida foydalanishni e'tiborga olmagan holda, 35-2000 GVt oralig'ida baholanmoqda. Geotermal energiyadan foydalanish istiqbollarini o'rganish bilan shug'ullangan Massachuetis texnologiya institutining 2006-yilgi hisobotiga ko'ra rivojlantirilgan geotermal tizimlarni tadqiq qilish va taraqqiy ettirishga 1 milliard AQSH dollarini sarflagan holatda 2050-yilga borib birgina AQSHning o'zida getermal energiya asosida elektr energiya ishlab chiqaruvchi stansiyalarning umumiy o'rnatilgan quvvati 100 GVtga yetadi. Ushbu institutning baholashiga muvofiq texnologiyaning rivojlanishi hisobiga fodalalaniluvchi birlamchi geotermal energiyani 2000 zettajoulga

yetkazilsa, hozirgi davrda mavjud barcha iste'molchilarning talablarini qoplash imkonini beradi.

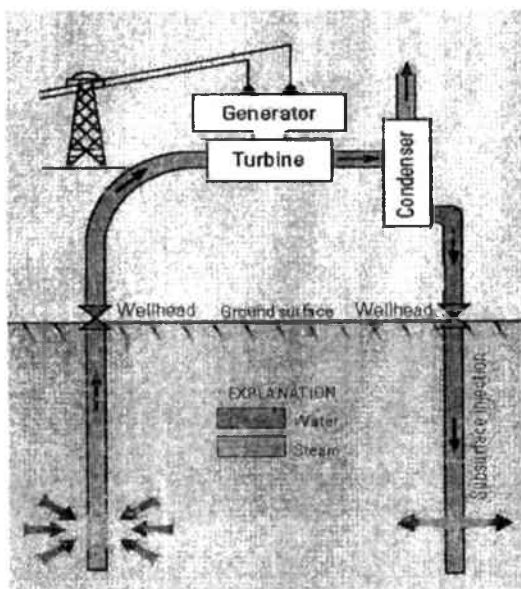
Hozirgi davrda geotermal energiyani oluvchi kanallarning chuqurligi kamdan-kam hollarda 3 kolimetrdan ortadi. Baholashlar geotermal resurslardan bugungi talabga binoan yetarlicha foydalanish uchun kanallarning chuqurligi o'nlab kilometr bo'lishi zarurligini ko'rsatadi. Bunday chuqurlikkacha parmalash bugungi kunda qimmat bo'lgani holda faqat neft olish maqsadlaridagina qo'llanilganda iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi. Hozirgi davrda jahonda eng chuqur kanal bo'lib Saxalinning Kayyo xududidagi neft uchun tijoriy maqsadlarda parmalangan 12 km chuqurlikdagi kanal hisoblanadi. Odatda 4 km chuqurlikdan so'ng parmalash xarajati keskin oshib, millionlab dollarlarni tashkil etishi mumkin. Texnologik maqsadlar keng, chuqur va arzon narxdagi kanallarni ochish orqali ko'p miqdordagi geotermal energiyani olishga yo'naltirilgan.

Foydalaniluvchi geotermal energiya yerning issiqlik energiyasini juda kam qismini tashkil etganligi sababli u ishonchli energiya manbasi hisoblanadi. Biroq vaqt o'tishi bilan uning muayyan joyda tugab qolishini oldini olish uchun doimo mos monitoring ishlarini olib borish zarur. Muayyan hududlarda geotermal energiyaning miqdori har xil maqsadlarda issiqlik bilan ta'minlash uchun yetarli bo'lsada, ayrim kanallardan chiquvchi bug' yoki suv issiq bo'lmasligi mumkin. Masalan, eng eski i'soblangan uchta Larderello, Vairakiy va Geyzer konlaridan olinuvchi geotermal energiyaning quvvatlari ularning pik (maksimal) qiymatidan kamayganligi kuzatilgan. Buning sababi nimada (ma'lum chuqurlikdan olinayotgan geotermal energiyaning o'rni undan chuqurroqdagi energiya hisobiga to'ldirilishga ulgurmayotganligidami yoki ushbu chuqurlikda energiya tashuvchining tugaganligidami) ekanligi hozircha noaniq qolmoqda. Shu sababli, hozirgi davrda chiqayotgan energiyaning kamayishi, haydalgan suvning qaytib chiqishi nazariy jihatdan bu kanal o'zining to'liq potensialini qoplab bo'lgan deb qarab kelinmoqda. Hozirgi davrda uzoq vaqtdan buyon geotermal energiyadan foydalanib kelayotgan stansiyalarga misol qilib Italiyada 1913-yildan buyon faoliyat ko'rsatib kelayotgan Larderello, Yangi Zelandiyada 1958-yildan buyon faoliyat ko'rsatib kelayotgan Vairakiy va AQSHning Kaliforniya shtatida 1960-yildan buyon ishlab kelayotgan Geyzer geotermal stansiyalarini ko'rsatish mumkin.

4.4.1. Geotermal elektr stansiyalarining turlari

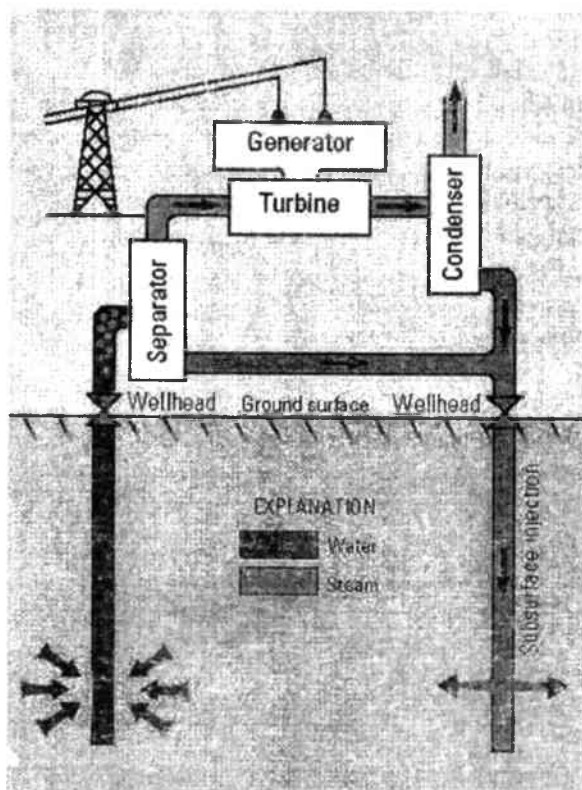
Yuqorida eslab o'tganimizdek, geotermal elektr stansiyalari quruq va otilib chiquvchi tabiiy bug' hamda binar siklli turlarga bo'linadi.

4.20 - rasmda quruq bug' geotermal elektr stansiyasining prinsipial sxemasi keltirilgan. Bunday stansiyalar eng sodda va eski tuzilishga ega bo'lib, ularda turbinalarni harakatga keltirish uchun 150°C va undan yuqori haroratli geotermal bug' bevosita foydalaniladi.



4.20- rasmda. Quruq bug' geotermal elektr stansiyasining prinsipial sxemasi.

4.21- rasmda tabiiy bug' geotermal elektr stansiyasining prinsipial sxemasi tasvirlangan. Bunday stansiyalarda quruq bug' geotermal stansiyalaridagiga nisbatan ancha chuqurlikdagi yuqori bosim ostidagi issiq suv past bosimli idishga chiqariladi. U yerda hosil bo'luvchi bug' turbinalarni harakatga keltirishda foydalaniladi. Bunday stansiyalar uchun talab etiluvchi suyuqlikning harorati kamida 180°C ni tashkil etishi zarur. Bugungi kunda eng ko'p foydalanib kelinayotgan geotermal elektr stansiyalari aynan mana shu turdagi stansiyalardir.



4.21- rasm. Tabiiy bug' geotermal elektr stansiyasining prinsipial sxemasi.

Binar siklli geotermal elektr stansiyalari bunday manbada ishlovchi zamonaviy elektr stansiyasi hisoblanib, ularda 57°C dan ham past haroratli suyuqlikdan foydalaniladi. Issiq geotermal suv bug'lanish harorati suvnikiga nisbatan past bo'lgan ikkilamchi suyuqlik orqali o'tkaziladi. Buning natijasida hosil bo'lgan ikkilamchi suyuqlik bug'i turbinalarni harakatga keltirishda foydalaniladi. Bugungi kunda qurilayotgan geotermal elektr stansiyalari asosan mana shu turga mansubdir.

Bunday stansiyalar ham ideal Renkin va Kalina sikllari asosida ishlaydi. Ularning samaradorligi taxminan 10% ni tashkil etadi.

4.4.2. Geotermal energiyadan foydalanish masshtablari va ularning atrof-muhitga ta'siri

Geotermal elektr stansiyalarining jahonda eng katta hisoblangan guruhi AQSHning Kaliforniya shtatidagi Geyzerda joylashgan. 2004-yilda beshta davlat – Salvador, Keniya, Filippin, Islandiya va Kosta-Rika davlatlari o'zlarining ehtiyojlari uchun sarflangan elektr energiyaning 15% dan ortiq bo'lgan qismini geotermal elektr stansiyalarida ishlab chiqardi.

Naknek elektr assotsiatsiyasi Janubiy-G'arbiy Alyaskadagi Qirol Salmon punkti yaqinida geotermal energiya asosida elektr stansiyasi ishlab chiqarish bo'yicha o'ziga xos revolyutsiyani amalga oshirishni rejalashtirgan. Unga muvofiq ishlab chiqaruvchi elektr energiyasining narxi bunday tipdagi stansiyalardagiga nisbatan 71%ga past bo'lgan 25 MVt quvvatli geotermal stansiyani qurish rejalashtirilgan.

Hozirgi davrda jahonning bir qator mamlakatlarida geotermal elektr stansiyalarini loyihalash va qurish bo'yicha ishlar yuqori jadallikda olib borilmoqda. 4.1- jadvalda geotermal energiya asosida elektr energiyasi eng ko'p ishlab chiqariluvchi mamlakatlarda uning 2007–2010-yillardagi taraqqiyoti va umumiy elektr energiya ishlab chiqarishdagi ulushi keltirilgan.

Jahon mamlakatlarida geotermal stansiyalarning o'rnatilgan quvvatlari va ularda ishlab chiqarilgan elektr energiyaning ulushi

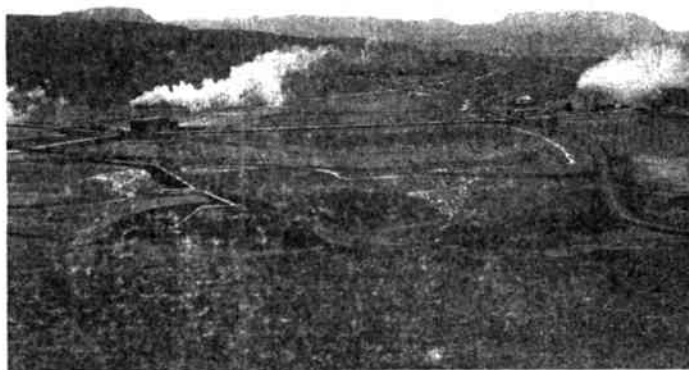
4.1- jadval

Mamlakat	O'rnatilgan quvvat, MVt		Umumiy ishlab chiqarilgan elektr energiyaga nisbatan %
	2007 y.	2010 y.	
AQSH	2687,0	3086,0	0,3
Filippin	1969,7	1904,0	27
Indoneziya	992,0	1197,0	3,7
Meksika	953,0	958,0	3,0
Italiya	810,5	843,0	-
Yangi	471,6	628,0	10
Zelandiya	421,2	575,0	30
Islandiya	535,2	536,0	0,1
Yaponiya	204,2	204,0	14

Salvador	128,8	167,0	11,2
Keniya	162,5	166,0	14
Kosta-Rika	87,4	88,0	10
Nikaragua	79,0	82,0	-
Rossiya	38,0	82,0	-
Turkiya	53,0	52,0	-
Gvatemala	27,8	24,0	-
Xitoy	14,7	16,0	-
Fransiya	8,4	6,6	-
Germaniya	0,2	1,1	-
Avstraliya			
Jahon bo'yicha	9731,9	10709,7	-

Yerning tagidan chiquvchi bug'ning tarkibida karbonat angidrid (CO_2), vorod sulfat (H_2S), metan (CH_4), ammoniy (NH_3) kabi gazlarning aralashmasi mavjud bo'ladi. Bu atrof-muhitni ifloslovchi gazlarning atmosferaga chiqarib yuborilishi global isish, kislotali yomg'irning sodir bo'lishi va zararli hidlarning paydo bo'lishi jarayonlarini kuchaytiradi. Mavjud geotermal elektr stansiyalari har kilovatt.soat ishlab chiqariluvchi elektr energiyaga o'rtacha 122 kg miqdoridagi karbonat angidridni ajratib chiqaradi. Bu an'anaviy organik yoqilg'ilarda ishlovchi elektr stansiyalardagi ko'satkichga nisbatan ancha kamdir. Yuqori darajada kislota va zararli gaz ajratib chiqaruvchi elektr stansiyalari, odatda, chiqindilarning miqdorini kamaytirish uchun maxsus nazorat va tozalash tizimi bilan jihozlanadi. Geotermal stansiyalarda bunday gazlarni yerning tagiga maxsus kanallar orqali haydash ham nazariy jihatdan mumkin. Bunday zamonaviy usul geotermal energiya ishlab chiqarishni yanada kuchayishini ta'minlaydi. Geotermal stansiyalarning qurilishi yerning turg'unligiga ham ta'sir ko'rsatadi. Masalan, yerning sathining cho'kish jarayoni Yangi Zelandiyaning Vairakiy geotermal stansiyasi hududida sodir bo'lgan.

Geotermal elektr stansiyalari minimal miqdorda yer maydoni va toza suvni talab etadi. Ularda har gegavatt elektr quvvatiga taxminan 3,5 km^2 maydon to'g'ri kelsa, an'anaviy ko'mirda ishlovchi IESlarda bu kattalik 32 km^2 , shamol elektr stansiyalarida esa 12 km^2 ni tashkil etadi. Shuningdek, ularda ishlatiluvchi toza suvning miqdori har bir megavatt.soat ishlab chiqariluvchi elektr energiyaga 20 litrni tashkil etsa, bu miqdor an'anaviy atom, ko'mir yoki mazut energiyalaridan foydalanuvchi stansiyalarda 1000 litrdan ortiqni tashkil etadi.



4.22 - rasm. Islandiyaning Shimolli-Sharqida joylashgan Kraftla geotermal stansiyasining umumiy ko'rinishi.

Geotermal elektr stansiyalarida birlamchi energiya manbasi yer qa'rining issiqlik energiyasi bo'lganligi sababli ularda elektr energiya ishlab chiqarishning tan narxi an'anaviy IESlardagiga nisbatan ancha past. Biroq ularni qurish katta miqdordagi kapital mablag'ni talab etadi. Sarflanuvchi bu mablag'ning yarmidan ko'p qismi parmalash ishlariga sarflanadi. Masalan, AQSHning Nevada shtatida 4,5 MVt quvvatli geotermal elektr stansiyasini qurishda parmalash ishlariga 10 mln. AQSH dollari sarflangan. Umuman olib qaralganda, hozirgi davrda geotermal elektr stansiyasining qurilishiga sarflanuvchi kapital mablag' miqdori har bir megavatt o'rnatilgan quvvatga 3-8 mln. AQSH dollarini talab etadi. Ularda ishlab chiqariluvchi elektr energiyaning narxi esa 0,05-0,16 \$/kVt.soat ni tashkil etadi. 2007-yil davomida jahon miqyosida geotermal elektr stansiyalarining qurilishiga sarflangan mablag' har megavatt quvvatga 4 mln. AQSH dollarga to'g'ri kelgan bo'lsa, shu yil davomida bunday turdagi barcha stansiyalarda elektr energiya ishlab chiqarishning o'rtacha tannarxi 0,054 \$/kVt.soat ni tashkil etdi. Baholashlar geotermal elektr stansiyalari qurilishining bundan keyingi taraqqiyotida bu iqtisodiy ko'rsatkichlarning ortib borishini ko'rsatadi.

Geotermal energiya katta masshtabda qo'llanilishi mumkin. Yirik geotermal stansiyasi butun shaharlarni ta'minlay olsa, kichiklari tarqoq joylashgan qishloqlarni ta'minlashi mumkin.

Chevron korporatsiyasi jahonda eng yirik geotermal energiya asosida elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi xususiy korxona hisoblanadi. Eng yaxshi taraqqiy etgan geotermal hudud AQSHning Kaliforniya shtatidagi Geyzer hududidir. 2008-yil davomida bu hududda umumiy quvvati 725 MVt bo'lgan 15 ta xususiy geotermal elektr stansiyalari faoliyat ko'rsatdi.

Sinov savollari:

1. Quyosh elektr stansiyalarining ishlash prinsipini tushuntiring?
2. Fotovoltik quyosh elektr stansiyasining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Quyosh kollektorlari haqida ma'lumot bering?
4. Parabolik quyosh kollektorini ishlash prinsipini tushuntiring.
5. Geliostatlar deganda nimani tushunasiz?
6. Minorali quyosh elektr stansiyasining ishlash prinsipini tushuntiring.
7. Shamol elektr stansiyalarining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring?
8. Biomassa tushunchasi?
9. Biomassa manbalariga nimalar kiradi?
10. Biomassaning kimyoviy tarkibi qanday?
11. Biomassa qurilmalarining afzallik va kamchiliklarini tushuntiring.
12. Geotermal elektr stansiyalari haqida ma'lumot bering?
13. Geotermal elektr stansiyalarining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
14. Geotermal elektr stansiyalarining atrof-muhitga ta'siri.

5. ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB CHIQRISH, UZATISH, O'ZGARTIRISH VA ISTE'MOL QILISH JARAYONLARINING FIZIK ASOSLARI

5.1. Elektromagnit induksiya va Lens prinsipi

Elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish, o'zgartirish va iste'mol qilish jarayonlari muayyan fizik asoslarga ega bo'lib, ularni bilish ushbu jarayonlarning mohiyatini mukammal tushunish, qurilma va uskunalarning tuzilishi va ishlash prinsiplarini yanada to'liq tasavvur etish imkonini beradi. Shu sababli, ular bilan qisman tanishib o'tamiz.

Elektr o'tkazuvchi jism magnit maydonida harakatga keltirilsa (yoki aksincha, elektr o'tkazuvchi jismga nisbatan magnit maydoni harakatga keltirilsa) shu o'tkazgichda muayyan elektr yurituvchi kuch hosil bo'ladi.

Faradiy o'tkazgichiarda elektromagnit induksiya hodisasi natijasida elektr yurituvchi kuch paydo bo'lish sababini magnit kuch chiziqlari vositasida tushuntirgan. Uning fikricha, o'tkazgichni magnit kuch chiziqlari kesib o'tishi natijasida unda elektr yurituvchi kuch (e.yu.k.) paydo bo'ladi; kuch chiziqlari o'tkazgichni qanchalik tez kesib o'tsa, unda hosil bo'luvchi elektr yurituvchi kuch ham shuncha ko'p bo'ladi.

Bu fikrni quvvatlash uchun u quyidagicha mulohaza qilgan.

O'tkazgichda hosil bo'ladigan elektr miqdori q magnit kuch chiziqlarining soni N ga to'g'ri proporsional va o'tkazgichning qarshiligi r ga teskari proporsionaldir:

$$q = -\frac{N}{r}. \quad (5.1)$$

Bu yerda manfiy ishora tok va magnit kuch chiziqlarining yo'nalishlari o'zaro qarama-qarshi ekanligini bildiradi. O'tkazgich magnit maydonida harakatlanganda uni kesib o'tuvchi kuch chiziqlarining soni vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Demak, o'tkazgichda hosil bo'ladigan elektr miqdori ham o'zgaradi, ya'ni o'tkazgichda elektr toki hosil bo'ladi. Buni miqdor jihatidan quyidagicha ko'rsatamiz:

$$\frac{dq}{dt} = i = -\frac{1}{r} \cdot \frac{dN}{dt}. \quad (5.2)$$

Tenglamani ikkala tomonini r ga ko'paytirsak

$$ri = -\frac{dN}{dt}. \quad (5.3)$$

hosil bo'lib, bu yerda $\mathcal{E} = e$ – elektr yurituvchi kuch. Demak,

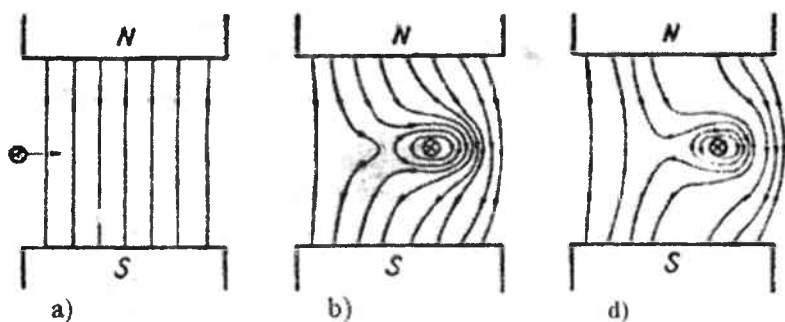
$$e = -\frac{dN}{dt} \quad (5.4)$$

ya'ni o'tkazgichda induksiyanuvchi e.y.u.k. uning magnit kuch chiziqlarini kesib o'tish tezligiga tengdir. Ko'pgina olimlar elektromagnit induksiyasini miqdor jihatdan ifodalashga urinib ko'rganlar. Masalan, Maksvell o'tkazgichning berk konturi qamrab olgan magnit oqimini formulaga asos qilib olgan. Uning fikricha

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (5.5)$$

bo'lib, induksiyanuvchi e.y.u.k. o'tkazgich konturi qamrab olgan magnit kuch chiziqlari – magnit oqim Φ ning o'zgarish tezligiga teng. Bu e.y.u.k. *qonuni* deb ataladi.

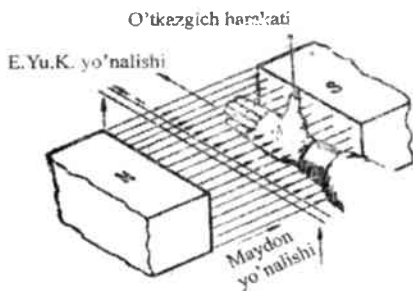
Maksvellning bu ifodasi to'g'ri bo'lishi uchun o'tkazgich konturi doimo berk bo'lishi shart. Shunga ko'ra Faradey ifodasi Maksvell ifodasiga nisbatan umumyroqdir.



5.1-rasm. O'tkazgichni magnit maydonida harakati: a) – o'tkazgichni magnit maydoniga kiritilishi; b) – kuch chiziqlari o'tkazgichni chetlab utishi; d) – yangi magnit kuch chiziqlarini paydo bo'lishi.

Elektromagnit induksiya hodisasi tufayli o'tkazgichda e.y.u.k. paydo bo'lish sababini kuch chiziqlari vositasida tushuntirish mumkin (5.1 a,b,d-rasm). Biror o'tkazgich magnit maydonida harakatlansa, uning kuch chiziqlari shaklini o'zgartira boshlaydi (5.1a-rasm). Kuch chiziqlari o'tkazgich orqali o'tmasdan, balki uni chetlab o'tadi (5.1b - rasm), egilib, provardida magnit halqasini hosil qiladi – yangi magnit kuch chiziqlari paydo bo'ladi (5.1d -rasm).

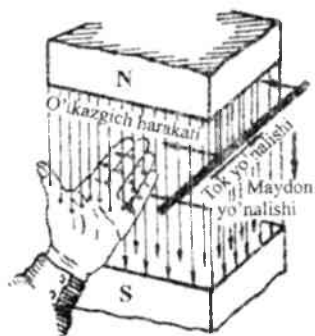
Bu yangi magnit halqasi induksiyalangan elektr yurituvchi kuch hosil qilgan tokka bog'liqdir.



5.2-rasm. O'ng qo'l qoidasi.

maydoniga kiritiladi. Shunda bosh barmoq o'tkazgichning harakat yo'nalishi bo'ylab tutilsa, yozilgan to'rt barmoq induktivlangan e.yu.k.ning yo'nalishini ko'rsatadi.

Elektromagnit induksiya hodisasi doimo elektromagnit kuch hosil qiladi. O'tkazgich harakat qilayotganida (yoki, aksincha, o'tkazgichga nisbatan magnit kuch chiziqlari harakatlanayotganda) qurshab olgan magnit kuch chiziqlari o'zgarishga intilsa, induksiyalangan tokning



5.3-rasm. Chap qo'l qoidasi.

magnit oqimi bunga to'sqinlik qiladi. Boshqacha qilib aytganda, inersiya hodisasi singari asosiy magnit maydoni o'zining dastlabki holatini saqlashga intiladi; biror ta'sir uning dastlabki holatini o'zgartirishga intilsa, u elektromagnit kuch ko'rinishida to'sqinlik qiladi. Bu hodisani birinchi bo'lib Lens kashf etganligi va ifodalaganligi sababli u *Lens elektromagnit inersiya prinsipi* deb ataladi.

Elektromagnit induksiyasi ro'y berganda hosil bo'ladigan elektromagnit kuchning yo'nalishi *chap qo'l qoidasi* (5.3-rasm) bilan belgilanadi. Chap qo'l qoidasining o'ng qo'l qoidasidan farqi shuki, elektromagnit hodisasida elektromagnit kuch (mexanik kuch) uni harakatga keltiruvchi kuchga teskari yo'nalgan bo'ladi.

5.2. O'zgaruvchan tokning asosiy parametrlari

Texnikada o'zgaruvchan tok keng ishlatiladi, chunki uni ishlab chiqarish va ishlatish qulay. Kengroq ma'noda aytilganda, yo'nalishi va miqdori jihatidan o'zgaradigan har qanday tok *o'zgaruvchan tok* deb ataladi. Ammo elektrotexnikada, ko'pincha, davriy o'zgaruvchan toklar o'zgaruvchan tok deb ataladi. Ular ichida eng oddiysi va qulayi sinusoidal toklardir. Quyida o'zgaruvchan tokka oid bir nechta tushunchalarni keltiramiz.

Bizni qiziqtirgan hoisalarda magnit oqimi, e.y.u.k. va tok o'zgaruvchandir. Ularning har daqiqada o'zgarib turuvchi qiymatlari (f, e, i) *oni y qiymat* deb ataladi. Shu oniy qiymatlar ichida eng kattas (Φ_m, E_m, I_m) *maksimal qiymat* yoki *amplituda qiymati* deyiladi. Oni qiymatlar vaqt davomida o'zgarib turadi. Bu o'zgarish α burchagig bog'liq va $\alpha = \omega t$ bo'lib, u *faza* deb ataladi.

Burchak tezligi ω har sekunda o'tilgan burchakni ko'rsatganlig uchun $\omega = \frac{\alpha}{t}$ bilan ifodalanadi.

Davriy o'zgaruvchan tok barcha hollarni o'tib chiqishi uchun ketgan vaqt *davr* deb ataladi va u sekund birligida o'lchanadi. Davrg teskari miqdor – bir sekunda necha davr o'tganini ko'rsatadi va *chastota* deb ataladi:

$$f = \frac{1}{T}. \quad (5.6)$$

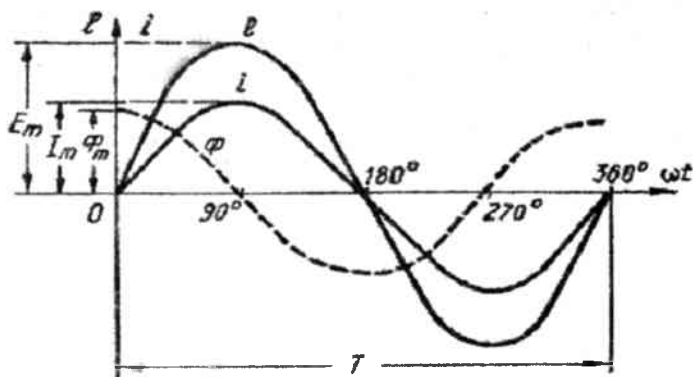
Chastota gerslarda o'lchanadi.

Shularni nazarda tutsak, sinusoidal e.y.u.k. va tok quyidagich ifodalanadi:

$$e = E_m \sin \omega t = E_m \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t = E_m \sin 2\pi f t. \quad (5.7)$$

$$i = I_m \sin \omega t = I_m \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t = I_m \sin 2\pi f t. \quad (5.8)$$

Analitik ravishda yozilgan magnit oqimi, e.y.u.k. va tok ifodalarin grafik ravishda dekart koordinatalarida ko'rsatsak, sinusoida va kosinusoidalar hosil bo'ladi (5.4-rasm).



5.4-rasm. Magnit oqimi, e.yu.k. va tok ifodalarini grafik ravishda dekart koordinatalarida tasviri.

Elektr zanjridan o'tuvchi sinusoidal tok unda muayyan ta'sirlarni vujudga keltiradi, masalan, issiqlik hosil qiladi. Elektr zanjiridan o'tayotgan o'zgaruvchan tok hosil qilgan ta'sirni o'zgarmas tok ta'siri bilan taqqoslasak, *o'zgaruvchan tokning effektiv (ya'ni ta'sir etuvchi) qiymati* kelib chiqadi.

Zanjirdan tok o'tayotganda bir davr T ichida bajargan ishni (masalan, hosil qilinuvchi issiqlik energiyasini) aniqlash kerak deb faraz qilaylik. O'zgarmas tok o'tayotganda chiqargan issiqlik miqdori Joule-Lens qonuniga muvofiq

$$Q = 0,24 I^2 r T; \quad (5.9)$$

bo'ladi.

O'zgaruvchan tok o'tayotganda (shu muddatda) chiqaradigan issiqlik miqdorini

$$Q_1 = 0,24 R \int_0^T i^2 dt; \quad (5.10)$$

integrali orqali aniqlash mumkin. O'zgarmas tok bilan o'zgaruvchan tok ta'siri bir-biriga teng bo'lsa, $Q = Q_1$ bo'ladi. Demak,

$$0,24 I^2 r T = 0,24 R \int_0^T i^2 dt; \quad (5.11)$$

Bundan

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}. \quad (5.12)$$

ekanligini topish qiyin emas. Topilgan I o'zgaruvchan tokning effektiv qiymati deb ataladi. Demak, ta'siri shu muddat ichida o'tuvchi o'zgaruvchan tok ta'siriga ekvivalent bo'lgan o'zgarmas tok miqdori *o'zgaruvchan tokning effektiv qiymati* bo'ladi.

Sinusoidal tokning effektiv qiymati ifodasini hosil qilish uchun (5.12) formuladagi tokni oniy qiymati o'rniga $i = I_m \sin \omega t$ ni qo'yamiz va bunda $\sin^2 \omega t = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\omega t)$ ekanligini ko'zda tutamiz. Natijada quyidagi tenglik kelib chiqadi.

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (5.13)$$

Binobarin, sinusoidal tokning effektiv qiymati uning maksimal qiymatidan $\sqrt{2}$ marta kichikdir. Sinusoidal e.yu.k.ning effektiv qiymatini topganimizda ham shu singari

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}. \quad (5.14)$$

hosil bo'ladi.

5.3. Uch fazali sistemalar va ularning afzalliklari

Magnit maydonida bir-biriga nisbatan 120° burchak hosil qilib o'rnatilgan uchta cho'lg'amni sinxron aylantirsak, uchala cho'lg'amda ham e.yu.k. hosil bo'ladi (5.5a-rasm). Shu cho'lg'amlarda induktivlanuvchi e.yu.k. qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

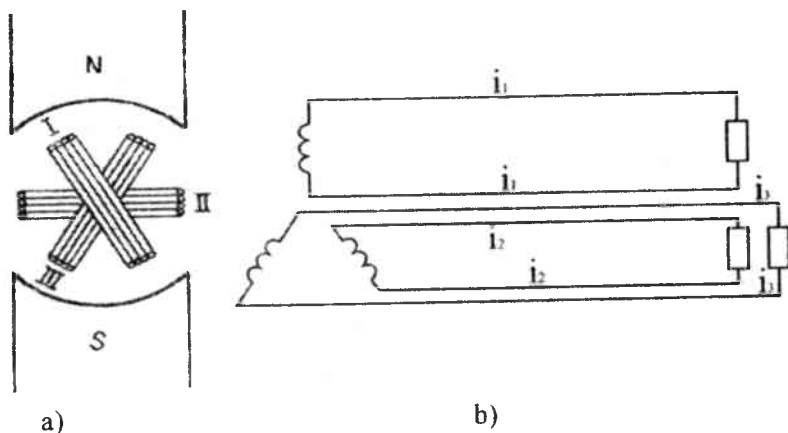
$$\left. \begin{aligned} e_1 &= E_m \sin \omega t \\ e_2 &= E_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ e_3 &= E_m \sin(\omega t - 240^\circ) \end{aligned} \right\} \quad (5.15)$$

Har bir cho'lg'am bir xil qarshilikka ega bo'lgan tashqi zanjir bilan biriktirilsa, ularda quyidagicha aniqlanuvchi toklar oqadi (5.5b-rasm):

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= I_m \sin(\omega t - \varphi) \\ i_2 &= I_m \sin(\omega t - 120^\circ - \varphi) \\ i_3 &= I_m \sin(\omega t - 240^\circ - \varphi) \end{aligned} \right\} \quad (5.16)$$

Chulg'amlarda oquvchi toklarning o'zgarish tezligi (davrt tezligi) baravar bo'lsada, ularning o'zgarishida fazalar farqi mavjud. Tekshirayotgan sistemamizda fazalar farqi 120° . Shunday fazalar farqi bo'lib, bir xil chastotada o'zgaruvchi uchta tok yoki e.yu.k.lar sistemasi

uch fazali sistema deb ataladi. Toklarning o'zgarishi 5.6-rasmda sinusoida va vektorlar bilan ko'rsatilgan.

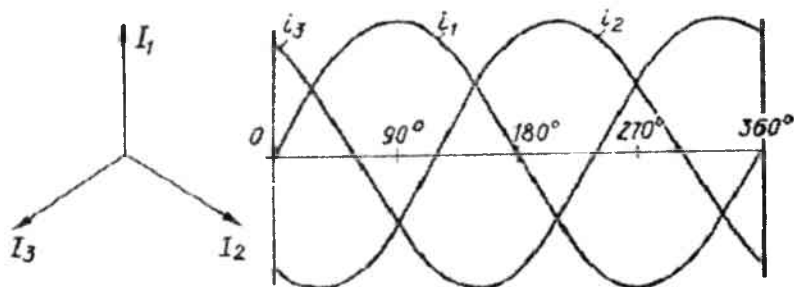


5.5-rasm. Magnit maydonda cho'lg'amlarning harakati:
a) – cho'lg'amlarning magnit maydonda harakati; b) – cho'lg'amlarga tashqi zanjir bilan ulanishi.

Yuqoridagi formulalardan

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0. \quad (5.17)$$

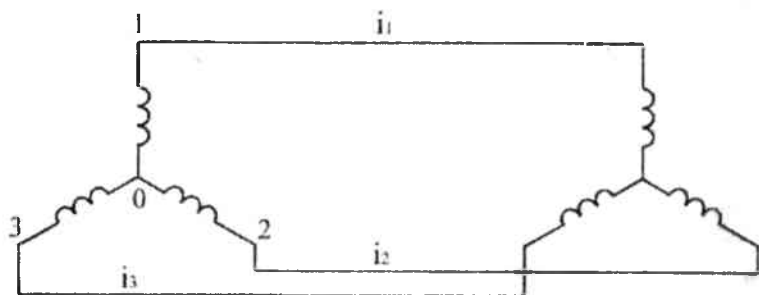
kelib chiqadi. Shuning uchun 5.5b-rasmdagi qaytarib keltiriluvchi uchala o'zkazgichni tashlab yuborib, cho'lg'amlarning uchlarini biriktirishimiz mumkin. Iste'molchida ham shu singari biriktirish bo'lishi mumkin. Natijada *yulduz nusxa sxema* kelib chiqadi (5.7-rasm).



5.6-rasm. Toklarni o'zgarishining sinusoida va vektorlar bilan ko'rsatilishi.

Yulduz nusxa biriktirilgan uch fazali sistemada cho'lg'amlar orqali o'tuvchi toklar *faza toklari* deb ataladi; generatordan iste'molchiga elektr uzatish liniyasi orqali o'tuvchi toklar *liniya toklari* deb ataladi. Yulduz nusxa sxemada faza toklari liniya toklariga teng:

$$I_f = I_l. \quad (5.18)$$



5.7-rasm. Yulduz nusxa sxema ko'rinishi.

Yulduz nusxa sxemada liniya kuchlanishi faza kuchlanishlarining geometrik ayirmasiga teng bo'ladi, ya'ni

$$\dot{E}_{12} = \dot{E}_1 - \dot{E}_2, \dot{E}_{23} = \dot{E}_2 - \dot{E}_3, \dot{E}_{31} = \dot{E}_3 - \dot{E}_1. \quad (5.19)$$

Kuchlanishlar vektor diagrammasidan liniya kuchlanishini faza kuchlanishlarga nisbatan qancha katta bo'lishini topish mumkin:

$$E_l = \frac{E_{12}}{2 \sin 60^\circ}. \quad (5.20)$$

Bundan $E_{12} = \sqrt{3}E_l$, ya'ni

$$E_l = \sqrt{3}E_f. \quad (5.21)$$

kelib chiqadi

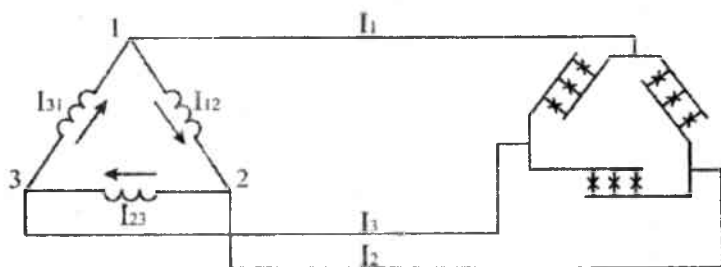
Bir fazaning boshini ikkinchi fazaning oxiri bilan biriktirib, biriktirilgan joylardan iste'molchi tomonga o'tkazgichlar tortsak, *uchburchak nusxa sxema* hosil bo'ladi (5.8-rasm).

Uchburchak sxemada liniya kuchlanishi faza kuchlanishiga teng bo'ladi:

$$E_l = E_f. \quad (5.22)$$

Bunday sxemada liniya toki fazadagi toklarning geometrik ayirmasiga teng, ya'ni

$$I_1 = I_{31} - I_{12}, \quad I_2 = I_{12} - I_{23}, \quad I_3 = I_{23} - I_{31}. \quad (5.23)$$



5.8-rasm. Uchburchak nusxa sxemaning ko'rinishi.

Yulduz nusxa sxemadagi kabi mulohaza yuritsak quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$I_l = \sqrt{3}I_f. \quad (5.24)$$

Uch fazali sistemalar bir fazali sistemalarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Bular birinchidan, teskari o'tkazgichlarga zarurat qolmaganligi sababli ularning o'rnatilmasligi hisobiga olinuvchi iqtisodiy samara va ikkinchidan, mexanizmlarni harakatga keltiruvchi elektr motorlari uchun zarur bo'lgan aylanuvchan magnit maydonning hosil qilinishi bilan bog'liqdir.

Sinov savollari:

1. Lens prinsipini tushuntirib bering?
2. O'zgaruvchan tok, uning maksimal va oniy qiymatlarini tushuntirib bering?
3. Uch fazali sistema deganda nimani tushunasiz?
4. Yulduz va uchburchak nusxa sxemalaridagi tok va kuchlamishlarning liniya va faza qiymatlari orasidagi bog'liqlikni tushuntiring?
5. Chap qo'l qoidasining ma'nosini tushuntiring. Qanday qurilmalar chap qo'l qoidasi asosida ishlaydi?
6. O'ng qo'l qoidasining ma'nosini tushuntiring. Qanday qurilmalar o'ng qo'l qoidasi asosida ishlaydi?

6. ELEKTR ENERGETIKA TIZIMI VA UNING TASHKILIY QISMLARI

6.1. Elektr energetika tizimlari va tarmoqlari

Energetika tizimi – elektr va issiqlik tarmoqlari yordamida o'zaro tutashib, umumiy ish holatiga ega bo'lgan elektr va issiqlik stansiyalari, podstansiyalari va iste'molchilari majmuyidir.

Elektr tarmoqlari elektr tizimining bir qismi bo'lib, elektr energiyasini manbadan iste'molchilarga uzatish va ular orasida taqsimlash uchun xizmat qiladi. Ular elektr uzatish liniyalari, podstansiyalari va taqsimlash punktlaridan tashkil topgan.

Elektr energetika tizimi bajaruvchi vazifasi bo'yicha ikki xil – o'zgartiruvchi va uzatuvchi elementlardan iborat. O'zgartiruvchi elementlar yordamida energiya bir turdan ikkinchi turga o'zgartirilsa, uzatuvchi elementlar (havo va kabel liniyalari) yordamida esa masofalarga uzatiladi.

Elektr energiyasini elektr stansiyalardan umumiy yuklamagacha uzatish har xil kuchlanishli elektr liniyalari yordamida amalga oshiriladi.

Ko'p miqdordagi elektr energiyasini nisbatan uzoq masofalarga faqat yuqori kuchlanishli liniyalar orqali uzatish iqtisodiy jihatdan samaralidir. Kuchlanishni oshirish va kamaytirish uchun o'zgartiruvchi kuch transformatorlari xizmat qiladi.

Podstansiya (PS) – elektr energiyasini o'zgartirish va taqsimlashga mo'ljallangan elektr obyekti bo'lib, u transformatorlar, taqsimlovchi uskunalar, boshqarish uskunolari va yordamchi qurilmalardan iboratdir.

PSlar kuchaytiruvchi va pasaytiruvchi bo'lishi mumkin. Kuchaytiruvchi PSda elektr energiyasi past kuchlanishdan yuqori kuchlanishga o'zgartirilsa, pasaytiruvchi PSda buning aksi – u liniya orqali uzatilgan yuqori kuchlanishdan PSga ulangan taqsimlovchi tarmoqning past kuchlanishiga o'zgartiriladi. Elektr energiyasini qabul qilish va uning kuchlanishini o'zgartirmasdan taqsimlashga mo'ljallangan podstansiyalar taqsimlovchi punktlar (TP) deb yuritiladi.

Elektr tarmoqlari bajaruvchi vazifasi, nominal kuchlanishi, sxemasi, iste'molchilarning xarakteri bo'yicha turlarga ajratiladi.

Bajaruvchi vazifasi bo'yicha elektr tarmoqlari taqsimlovchi (mahalliy), ta'minlovchi (tuman) va tizimni hosil qiluvchi tarmoqlarga bo'linadi.

Taqsimlovchi elektr tarmoqlari elektr iste'molchilarini ta'minlovchi tarmoqlarning podstansiyalari bilan tutashtirib, asosan 110 kV gacha nominal kuchlanishda ishlaydi.

Ta'minlovchi (tuman) elektr tarmoqlari taqsimlovchi elektr tarmoqlarni (ayrim hollarda, bevosita iste'molchilarni) elektr stansiyalari yoki tizimni hosil qiluvchi tarmoqlar bilan tutashtirib, asosan 110 kV dan yuqori kuchlanishda ishlaydi.

Tizimni hosil qiluvchi elektr tarmoqlari alohida hududlardagi elektr energetika tizimlarini o'zaro tutashtirib, birlashgan tizimni vujudga keltirish uchun xizmat qiladi. Ular asosan 330 kV va undan yuqori kuchlanishda ishlaydi.

Nominal kuchlanishi bo'yicha elektr tarmoqlari 1 kV gacha kuchlanishda ishlovchi past, 1 kV – 220 kV kuchlanishda ishlovchi yuqori va 330 kV va undan yuqori kuchlanishda ishlovchi o'ta yuqori kuchlanishli tarmoqlarga bo'linadi. Hozirgi davrda respublikamiz hududida mavjud o'zgaruvchan tok elektr tarmoqlari past kuchlanishdagi 220 V, 380 V; yuqori kuchlanishdagi 1 kV, 6 kV, 10 kV, 35 kV, 110 kV, 220 kV va o'ta yuqori kuchlanishdagi 500 kV nominal kuchlanishli tarmoqlarga bo'linadi. Shu bilan bir qatorda ayrim xususiy holatlarda elektr jihozlarining nominal kuchlanishlariga mos holda 3 kV, 20 kV, 27 kV nominal kuchlanishli tarmoqlardan ham foydalaniladi.

Sxemasi bo'yicha elektr tarmoqlari ochiq va yopiq (berk) elektr tarmoqlarga bo'linadi.

Konturga ega bo'lmagan va barcha iste'molchilari faqat bir tomondan ta'minlanuvchi elektr tarmog'i ochiq elektr tarmog'i deb yuritiladi.

Konturga ega bo'lgan yoki konturga ega bo'lmasada, ikki va undan ortiq tomondan ta'minlanuvchi tugunga ega bo'lgan elektr tarmog'i yopiq elektr tarmog'i deyiladi.

Iste'molchilarining xarakteri bo'yicha elektr tarmoqlari shahar, qishloq xo'jaligi, sanoat elektr tarmoqlariga bo'linadi.

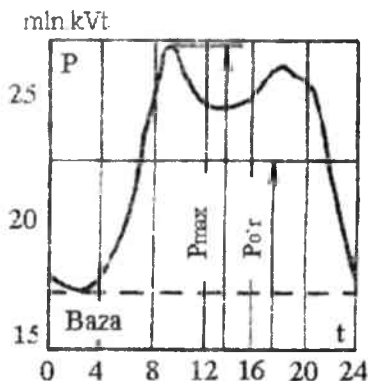
6.1-rasmda xarakterli elektr energetika tizimi elektr tarmog'ining soddalashtirilgan prinsipial sxemasi keltirilgan. Elektr energiyasi elektr stansiyalari (ES)dan yuklama markazlariga (6.1-rasm) bevosita ta'minlovchi (tuman) elektr tarmoqlarini tashkil etuvchi elektr uzatish liniyalari (1) va ta'minlovchi, qabul qiluvchi transformator podstansiyalari va ularni bog'lovchi elektr uzatish liniyalari (2) orqali uzatiladi.

6.2. Elektr energetika tizimining yuklama grafigi

Energetika tizimining yuklamasi vaqt javomida o'zgaruvchandir. Yuklamaning notekisligi sutkalik, haftalik va yillik notekisliklarga ajratiladi. Yuklamaning sutkalik o'zgarish xarakterini energotizimning aktiv va reaktiv yuklamalarini sutka davomida o'zgarishini ko'rsatuvchi sutkalik yuklama grafigi yordamida ifodalash mumkin. Odatda, sutkalik yuklama grafigi to'rtta xarakterli tipga – normal ish kuni, shanba, yakshanba va dushunba kunlari uchun sutkalik yuklama grafiklariga ajratiladi.

Sutkalik yuklama grafigi (6.2- rasm) ko'pgina hollarda ikkita – ertalabki hamda kechki pik va ikkita – kungi va tungi tublarga ega bo'ladi. Grafikning quyi qismi baza va yuqori qismi pik deb yuritiladi. Ba'zan yarimpik zonasi ham ajratiladi. Yuklama grafigi bir qator ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi. Ular jumlasiga, masalan, o'rtacha yuklama $P_{o'r}$ ni maksimal yuklama P_{maks} ga nisbatini ko'rsatib, yuklama grafigining zichligi deb yuritiluvchi miqdor γ kiradi:

$$\gamma = \frac{P_{o'r}}{P_{maks}}. \quad (6.1)$$

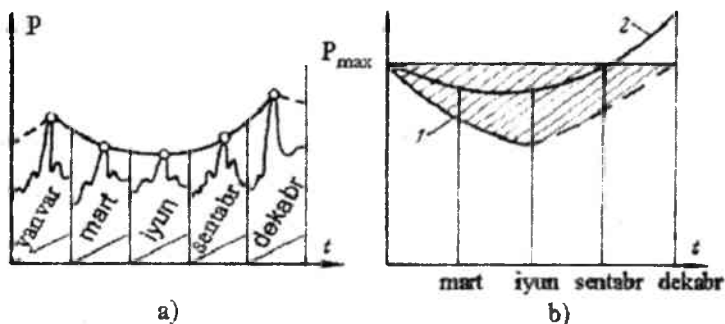


6.2 - rasm. Sutkalik yuklama grafigining na'munasi.

Yuklamaning haftalik notekisligi tizim yuklamasining juma kunidan boshlab yakshanbagacha kamayib borib, dushunbada keskin ortishida namoyon bo'ladi. Oy davomida olib qaralganda yuklama odatda ikkinchi o'n kunlikning oxiridan boshlab ortib boradi va navbatdagi oyning oxirida biroz kamayadi.

Yuklamaning yillik notekisligini tizim yuklamasining sutkalik maksimumlari ko'rib chiqilganda kuzatish mumkin. Uni ko'rish uchun normal ish kuni uchun bir nechta xarakterli sutkalik yuklama grafigini qurib, ularning maksimal qiymatlarini tutashtirish mumkin (6.3,a-rasm). Shunday yo'l bilan hosil qilingan 6.3,a- rasmda tasvirlangan yillik yuklama grafigida uning pasayish zonasi ham aniq ko'rinadi. Qishloq xo'jalik yuklamalari ko'p bo'lgan energotizimlarda yozgi davrlarda yuklamaning bunday pasayish zonasi kuzatilmasligi mumkin. Xuddi shu singari holat havoni konditsionerlar yuklamalari katta bo'lgan energotizimlarda ham kuzatilishi mumkin.

Yillik yuklamaning pasayishi energotizimning jihozlarini ta'mirlash uchun qulay sharoitni yaratadi. Yuklamaning pasayish zonasi jihozni ta'mirlash zonasi (yoki ta'mirlash maydonchasi) deb ham yuritiladi (6.3,b- rasm).



6.3-rasm. Yuklamaning sutkalik maksimumlarini o'zgarishi. Yillik yuklama grafigini hosil qilish: a)- fazoda tasvirlash; b)- tekislikda tasvirlash; 1- yuklamaning nisbiy o'sishi e'tiborga olinmagan; 2- yuklamaning nisbiy o'sishi e'tiborga olingan.

Yuklamaning maksimal quyvaticdan foydalanish soatlari soni T_{maks} (yoki maksimal yuklamadan foydalanish vaqti) yuklama grafigining muhim parametri hisoblanadi. U yil davomida ishlab chiqariluvchi elektr energiya E_{yil} ni yil davomidagi maksimal yuklama P_{maks} ga bo'lish orqali topiladi:

$$T_{maks} = \frac{E_{yil}}{P_{maks}} \quad (6.2)$$

T_{maks} ning qiymati bo'yicha energotizimlarni uch guruhga ajratish mumkin. Bular

$T_{max} \leq 4000$ soat bo'lgan zichligi past;

$40000 \text{ soat} \leq T_{max} \leq 7000 \text{ soat}$ bo'lgan zichligi o'rtacha;

$70000 \text{ soat} \leq T_{max} \leq 8760 \text{ soat}$ bo'lgan zichligi yuqori yuklama grafigiga ega bo'lgan energotizimlardir.

Energotizimlarning optimal ish holatlarini hisoblashda yuklama grafigi ikki shaklda berilishi mumkin:

1) iste'molchilarning yuklama grafiklari elektr tarmoqlaridagi aktiv va reaktiv quvvatlar isrofini o'z ichiga oladi;

2) yuklama grafigi elektr tarmoqlaridagi isroflarni e'tiborga olmagan holda iste'molchilarning foydali yuklamalarini yig'indisi sifatida aniqlanadi.

Yuklama grafigini turli shakllarda berilishi energotizimning holatini optimallashtirish natijalariga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatadi. Birinchi holatda elektr stansiyalari quvvatlari P_j ning yig'indisi grafik bo'yicha aniqlanuvchi umumiy yuklamaga teng bo'lsa $\sum_j P_j = P$, ikkinchi holatda u umumiy yuklamaga nisbatan tarmoqdagi umumiy isrof π ga katta bo'lishi zarur, ya'ni $\sum_j P_j = P + \pi$.

Agar energotizimning holatini optimallashtirishda undagi isroflarni aniq e'tiborga olish talab etilsa, u holda yuklama grafigi berilishining ikkinchi shaklini qabul qilish zarur. Biroq bunda optimal boshqarish qonunini aniqlashning har bir qadamida quvvat isrofini hisoblash talab etiladi. Bu juda murakkab va hal etilishi qiyin bo'lgan masala hisoblanadi.

6.3. Energetika tizimining afzalliklari

Elektr va issiqlik energiyani ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va ularni iste'mol qilishni samarali tashkil etish uchun energetika tizimini hosil qilish maqsadga muvofiqdir. Energetika tizimi quyidagi bir qator afzalliklarga ega.

Yuqori ishonchlilik. Tizimning biror elementi (generator, transformator, liniya va h.k.) shikastlansa, uning vazifasini boshqa – ishdan chiqmagan elementlar bajarishi natijasida iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlashdagi uzluksizlik saqlab qolinadi. Shuningdek, mayyan hududda elektr energiya tanqisligi kuzitilgan holatda talab

etiluvchi qo'shimcha quvvat alohida hududlardagi tizimlarni tutashtiruvchi uzatish liniyasi orqali yetkazib beriladi.

Yuklama maksimumlarining bir xil vaqtga to'g'ri kelmaganligidan foydalanish. Birlashgan energetika tizimining faoliyat ko'rsatish masshtabi katta bo'lgan hollarda turli hududlardagi iste'molchi yoki energetika tizimlari yuklamalarining maksimal qiymatga erishish vaqtlari turlicha bo'lishi mumkin. Bunday hollarda birlashgan energetika tizimining umumiy yuklama grafigi nisbatan tekislanishi natijasida qo'shimcha samaraga erishiladi.

Quvvat zaxirasini kamaytirish. Quvvatni alohida hududlardagi energetika tizimlarini tutashtiruvchi liniyalar orqali bir energetika tizimidan boshqasiga uzatish mumkinligi sababli alohida energetika tizimlaridagi zaxira quvvatlarini minimumgacha kamaytirish imkoniyati paydo bo'ladi.

Energetika tizimi holatini optimallashtirish imkoniyatlarining kengayishi. Energetika tizimi yuklamasini ko'plab turli tavsiflarga ega bo'lgan elektr stansiyalari o'rtasida samarali taqsimlash, tizim elementlarining samarali yuklanishlarini ta'minlash imkoniyatlari ortadi.

Mohirona foydalanish mumkinligi. Elektr tarmoq elementlarini tez ulash yoki uzish va ularni ta'mirlash imkoniyatlari paydo bo'ladi.

Yirik agregatlardan foydalanish mumkinligi. Energetika tizimida o'rnatiluvchi agregatlarning maqsadga muvofiq bo'lgan eng katta quvvati tizimning umumiy yuklamasi bilan belgilanadi. Shu sababli kichik tizimlarda foydalaniluvchi agregatlarning quvvatari ham nisbatan kichikdir. Tizimning kattalashishi bilan unda foydalaniluvchi agregatlarning quvvatlarini oshirish imkoniyati paydo bo'ladi. Boshqa tomondan, katta quvvatli bitta agregatni qurish va undan foydalanish xarajatlari umumiy quvvati unga teng bo'lgan bir nechta agregatlarni qurish va foydalanish xarajatlariga nisbatan kichikdir.

6.4. Elektr energiyaning sifati

Elektr energiyaning sifati, avvalo, tarmoqdagi kuchlanish va chastotani ularning me'yorlangan qiymatlariga mos kelish darajasini aniqlovchi ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi. Odatda, texnik va iqtisodiy nuqtayi nazaridan barcha elektr iste'molchilari va apparatlarining nominal parametrlarda ishlashi (f_{nom} , U_{nom} , I_{nom}) maqsadga muvofiq hisoblanadi. Boshlang'ich bosqichlarda elektr energiyaning sifat muammosi tarmoqdagi kuchlanish va chastotani

ularning nominal qiymatlariga yaqin darajada tutib turishdan iborat edi. So'nggi yillarda ko'p miqdordagi yuklamasi tez o'zgarib turuvchi, shuningdek, yuklamasi fazalar bo'yicha bir tekis taqsimlanmagan va nosinusoidal kuchlanish hamda tokni hosil qiluvchi noan'anaviy elektr qabul qilgichlar (EQO) paydo bo'ldi. Ular qatoriga prokat stanlari, yoyli po'lat erituvchi pechlar, to'g'rilagich qurilmalar, elektrlashtirilgan transport vositalari, elektroliz qurilmalari kabilar kiradi. Bunday EQQlar elektr energiyaning sifatini buzillishiga olib keladi.

Hozirgi davrda 50 Gs chastotali uch fazali va bir fazali umumfoydalaniladigan elektr tarmoqning EQQlar yoki iste'molchilar ulanadigan nuqtalarida elektr energiya sifatiga bo'lgan talabni belgilovchi davlat standarti amal qiladi.

Elektr energiyaning sifat ko'rsatkichlari (EESK) ikki guruhga bo'linadi: asosiy EESK va qo'shimcha EESK.

Asosiy EESKga kuchlanishning og'ishi, kuchlanish diapozoni, kuchlanish tebranishlarining dozasi, kuchlanish egri chizig'ining nosinusoidallik koeffitsiyenti, v-chi garmonik tashkil etuvchi koeffitsiyenti, kuchlanishlarning ketma-ketlik koeffitsiyenti, kuchlanishlarning nol ketma-ketlik koeffitsiyenti, chastotaning og'ishi kiradi.

Qo'shimcha EESKlar boshqa me'yoriy-texnik hujjatlarda foydalaniluvchi ko'rsatkichlarni o'z ichiga oladi.

Chastotaning og'ishi butun energetika tizimi uchun bir xildir, chunki, uning ayni vaqtdagi qiymati generatorlarning aylanish chastotasi bilan belgilanadi. Normal turg'un holatlarda barcha generatorlar sinxron chastotaga egadir. Shu sababli, chastotaning og'ishi elektr energiya sifatining umumtizimiy ko'rsatkichidir. Kuchlanish tarmoqning turli nuqtalarida turlicha qiymatlarga ega. Shu sababli, kuchlanish elektr energiya sifatining lokal ko'rsatkichi hisoblanadi.

Elektr tarmoqlarning real holatlarida kuchlanishlar doimo nominal kuchlanishdan farq qiladi. Bu farqni bir qator – kuchlanishining og'ishi, kuchlanishning o'zgarish diapazoni, kuchlanish tebranishining dozasi kabi EESK xarakterlaydi.

Kuchlanishning og'ishi – bu kuchlanishning haqiqiy U va tarmoq uchun nominal U_{nom} qiymatlari orasidagi farqdir.

Agar U va U_{nom} volt yoki kilovoltlarda ifodalansa, u holda kuchlanish og'ishi shu birliklarda quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U = U - U_{nom} \quad (6.3)$$

Kuchlanishning og'ishi nominalga nisbatan foiz hisobida quyidagicha aniqlanadi:

$$V\% = \frac{U - U_{\text{nom}}}{U_{\text{nom}}} \cdot 100\% \quad (6.4)$$

Kuchlanish o'zgarishining diapazoni – bu kuchlanish bir marta o'zgarganda uning oldingi va keyingi amplituda yoki ta'sir etuvchi qiymatlari orasidagi farqdir.

Kuchlanish o'zgarishining diapazoni quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$V_i\% = \frac{|U_i - U_{i+1}|}{\sqrt{2}U_{\text{nom}}} \cdot 100\%; \quad (6.5)$$

bu yerda, U_i , U_{i+1} – kuchlanishining ketma-ket keluvchi amplituda qiymatlari. Agar eng katta va eng kichik qiymatlar U_{max} va U_{min} ketma-ket ravishda kelsa, u holda kuchlanish o'zgarishining diapazoni quyidagiga teng:

$$V_i\% = \frac{|U_{\text{max}} - U_{\text{min}}|}{\sqrt{2}U_{\text{nom}}} \cdot 100\% \quad (6.6)$$

Kuchlanish o'zgarishi diapazonining me'yori va uning ruxsat etilgan qiymatlari faqat yoritish qurilmalarining kirishlarida belgilangan. Elektr energiya boshqa qabul qilgichlari uchun kuchlanish o'zgarishining diapazoni me'yorlanmaydi.

Kuchlanishning teskari ketma-ketlik koeffitsiyenti – bu kuchlanishning nosimmetrikliligini belgilovchi sifat ko'rsatkichidir, %:

$$K_{2u} = \frac{U_{2(1)}}{U_{\text{nom}}} \cdot 100\% \quad (6.7)$$

Bu yerda, $U_{2(1)}$ – umumiy chastotali uch fazali tizim teskari ketma-ketlik kuchlanishining ta'sir etuvchi qiymati

Uch fazali to'rt o'tkazgichli sistemaning nol ketma-ketlik koeffitsiyenti K_{0u} ham shu tartibda aniqlanadi. K_{0u} koeffitsiyenti K_{2u} koeffitsiyentini aniqlash formulasi bo'yicha topilib, faqat $U_{2(1)}$ o'rniga umumiy chastotali nol ketma-ketligi kuchlanishining ta'sir etuvchi qiymati $U_{0(1)}$ qo'yiladi.

Kuchlanishlar egri chizig'ining nosinusoidallik koeffitsiyenti:

$$K_{\text{NSI}} = \sqrt{\frac{\sum_{v=1}^N U_v^2}{U_{\text{nom}}^2}} \cdot 100\% \quad (6.8)$$

Bu yerda, U_v – kuchlanishni v -chi garmonik tashkil etuvchisining ta'sir etuvchi qiymati; v – kuchlanishni garmonik tashkil etuvchisining tartibi; N – kuchlanishni hisobga oluvchi garmonik tashkil etuvchilari so'ngisining tartibi.

K_{NSI} ni aniqlashda tartibi $v \geq 40$ va (yoki) qiymati 0,3% dan kichik bo'lgan garmonik tashkil etuvchilarni hisobga olmaslikka ruxsat etiladi.

EESK ruxsat etilgan qiymatlari quyidagicha me'yorlangan:
normal maksimal

elektr tarmoqda kuchlanishning og'ishi:

1 kv gacha		± 5	± 10
6-20 kv	-	± 10	
35 kv va yuqori	-	-	

nosinusoidallik koeffitsiyenti,
(%dan ortiqmas):

1 kv gacha	5	10	
6-20 kv	4		8
35 kv	3		6
110 kv va yuqori	2		4

kuchlanishning toq garmonik tashkil
etuvchisi koeffitsiyenti, (%dan ortiqmas):

1 kv gacha	-	6(3)	
6-20 kv	-	5(2,5)	
35 kv	-	4(2)	
110 kv va yuqori	-	2(1)	

Kuchlanishning teskari ketma-ketlik koef-
fitsiyenti, (%dan ortiqmas):

Kuchlanishning nol ketma-ketlik koef- fitsiyenti (%dan ortiqmas):	2	4	
Chastotaning og'ishi, Gs:	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$	

Elektr energiya sifatini pastligining tarmoqlar va elektr jihozlariga ta'siri elektr energiya isrofining ortishi; jihozlarning xizmat muddatini qisqarishi; ishlab chiqarish darajasining pasayishi; sifatning yomonlashuvi va ba'zan yaroqsiz mahsulot ishlab chiqarilishiga olib keluvchi texnik zararlarda ko'rinadi.

Elektr tarmoq va jihozlaridagi quvvat isrofi kuchlanish qiymatiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Masalan, yuk isroflari, ya'ni elektr uzatish liniyalari (EUL) va transformatorlarning cho'lg'amlaridagi isroflar, tokning kvadratiga to'g'ri va kuchlanishning kvadratiga teskari proporsionaldir. Salt ishlash isroflari kuchlanishning kvadratiga to'g'ri

proporsionaldir. Bundan kelib chiqadiki, kuchlanishni rostlash quvvat va energiya isroflarini o'zgartiradi.

Toklar va kuchlanishlar simmetrikligi va sinusoidalligining buzilishi EUL, transformatorlar, aylanuvchi mashinalar va kondensator batareyalarida qo'shimcha isroflarni hosil qiladi. Shu sababli elektr energiya sifatini oshiruvchi tadbirlar elektr energiya isrofining kamayishiga olib keladi.

Elektr energiya *sifatining elektr jihozlariga xizmat qilish muddatiga* ta'siri asosan o'tkazgichlar va izolatsiyadagi haroratning ruxsat etilgan qiymatidan ortib ketishi natijasida ularni tez eskirishida namoyon bo'ladi. Cho'g'lanma lampalar xizmat muddatining kamayishiga kuchlanishning musbat og'ishi xususan kuchli ta'sir etadi. Yuqori garmonikalar, xususan rezonans yuz berganda, kondensator batareyalarining ishdan chiqishiga olib keladi.

Texnologik zarar – texnologik jarayon va ishlab chiqariluvchi mahsulot turlari bilan belgilanadi. Odatda, texnologik zarar ishlab chiqariluvchi mahsulot miqdori yoki sifatining pasayishi, mahsulotning brak bo'lishi va hattoki, texnologik jarayonning buzilishida namoyon bo'ladi. Mahsulot miqdori va sifatining pasayishi mahsulot umumiy narxi o'zgarishining berilgan kuchlanish darajasiga bog'lanishini belgilovchi iqtisodiy xarakteristika bilan baholanadi. Eksperimental iqtisodiy xarakteristikalar har bir turdagi korxonalar uchun olinadi. Har xil korxonalar uchun ular turlicha. Ayrim korxonalarda texnologik jarayon kuchlanish sifatiga juda sezgir bo'lsa, ayrimlarida aksincha.

Texnologik jarayonlarning buzilishi avtomatika sistemalarining noto'g'ri ishlashi natijasida sodir bo'ladi. Avtomatik boshqaruv sistemalari elektr energiyasi sifatiga sezgir bo'lgan ko'plab elektron elementlardan tashkil topgan.

Sanoat va shahar elektr tarmoqlarida elektr energiyaning texnologik zarar va isrofini belgilovchi asosiy sifat ko'rsatkichi bo'lib kuchlanishning og'ishi hisoblanadi. Qator ishlab chiqarish korxonalari uchun kuchlanish sifatining pastligidan ko'riladigan iqtisodiy zarar asosiy o'rin kasb etadi. Kuchlanishning pasayishi lampalarning yorug'lik berishini tez kamayishiga olib keladi. Shahar tarmoqlarida kuchlanishning nostabilligi ommaviy ravishda kuchlanish stabilizatorlaridan foydalanishni talab etadi.

EESKni quvvat isrofi, jihozlarning xizmat qilish muddatini kamayishi, ishlab chiqariluvchi mahsulot miqdori va sifatini pasayishiga ta'sirining kattalik darajasi bo'yicha quyidagi ketma-ketlikda ifodalash

mumkin: 1) kuchlanish va chastotaning og'ishi; 2) kuchlanish va tokning nosimmetrikligi; 3) kuchlanish va toklar egri chiziqlarining nosinusoidalligi; 4) kuchlanish o'zgarishining diapazoni. Texnologik jarayonlarga ta'sirining kattalik darajasi bo'yicha esa ketma-ketlik quyidagicha: 3, 4, 2, 1.

Simov savollari:

1. Podstantsiya deganda nimani tushunasiz?
2. Elektr energetika tizimi va tarmog'ini ta'riflang.
3. Yuqori ishonchlilikni tushuntiring?
4. Elektr energiyani sifati deganda nimani tushunasiz?
5. Elektr energiya sifatining tarmoqlar va elektr jihozlariga ta'siri.
6. Kuchlanishning og'ishini tushuntiring?
7. Kuchlanishning teskari ketma-ketlik koeffitsiyentini tushuntirib bering.
8. Yuklamaning maksimal quvvatidan foydalanish soatlari soni T_{maks} nima va u qanday aniqlanadi?
9. Yuklama grafigining zichligi nima va qanday aniqlanadi?

7. ELEKTR UZATISH LINIYALARINING KONSTRUKTIV ELEMENTLARI

7.1. Havodagi elektr uzatish liniyalarining konstruktiv elementlari

Havodagi elektr uzatish liniyalari (HL) elektr energiyasini o'tkazgichlar yordamida masofaga uzatish uchun xizmat qiladi. HLning asosiy konstruktiv elementlari bo'lib o'tkazgichlar, trosalar, tayanchlar, izolatorlar va uzatish liniyasi armaturalari hisoblanadi. *O'tkazgichlar* elektr energiyani uzatish uchun xizmat qiladi. Tayanchlarning yuqori qismida HLni atmosfera o'ta kuchlanishlaridan himoyalash uchun *troslar* o'rnatiladi.

Tayanchlar o'tkazgichlar va troslarni yer va suv sathidan ma'lum balandlikda tutib turadi. *Izolatorlar* o'tkazgichlarni tayanchdan izolatsiyalaydi. *Uzatish liniyasi armaturalari yordamida* o'tkazgichlar izolatorlarga, izolatorlar esa tayanchlarga mahkamlanadi. Ayrim hollarda o'tkazgichlar izolatorlar va uzatish liniyasi armaturalari yordamida muhandislik inshootlarining kronshteynlariga mahkamlanadi.

Bir va ikki zanjirli HL amalda ayniqsa, keng qo'llaniladi. Uch fazali HLning har bitta zanjiri uchta faza o'tkazgichlaridan tashkil topgan. HLda ikkita zanjir bitta tayanchda joylashgan bo'lishi mumkin.

HL konstruktiv qismlarining ishlashiga o'tkazgichlar va troslarning o'z og'irliklaridan, ularda hosil bo'luvchi muz qatlamlaridan, shamol bosimidan shuningdek, havo haroratining o'zgarishidan mexanik ta'sir ko'rsatiladi. Bundan tashqari, shamol ta'sirida o'tkazgichlar titrash (yuqori chastota va kichik amplitudada tebranish) yoki silkinishi (past chastota va katta amplitudada tebranish) yuz berishi mumkin. Yuqorida ko'rsatilgan o'tkazgichlardagi mexanik yuklar, silkinishlar va titrashlar ularning uzilishiga, tayanchlarning sinishiga, o'tkazgichlarning chalkashib qolishiga, izolatsiya oraliqlarini kamayishi natijasida bu oraliqlarning teshilishi yoki izolatsiya ustida yoy paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin.

7.2 Havodagi elektr uzatish liniyalarining o'tkazgichlari va troslari

Havo liniyasida (HL) izolatsiyalanmagan, ya'ni izolatsion qobiqsiz o'tkazgichlar foydalaniladi. HLlarda aluminiy va polialuminiy o'tkazgichlardan foydalanish keng tarqalgan. Mis o'tkazgichlar hozirgi

davrdagi maxsus texnik-iqtisodiy hisoblashlar bilan asoslanmasdan HLda foydalanilmaydi. HLda po'lat simlardan foydalanish, odatda, tavsiya etilmaydi.

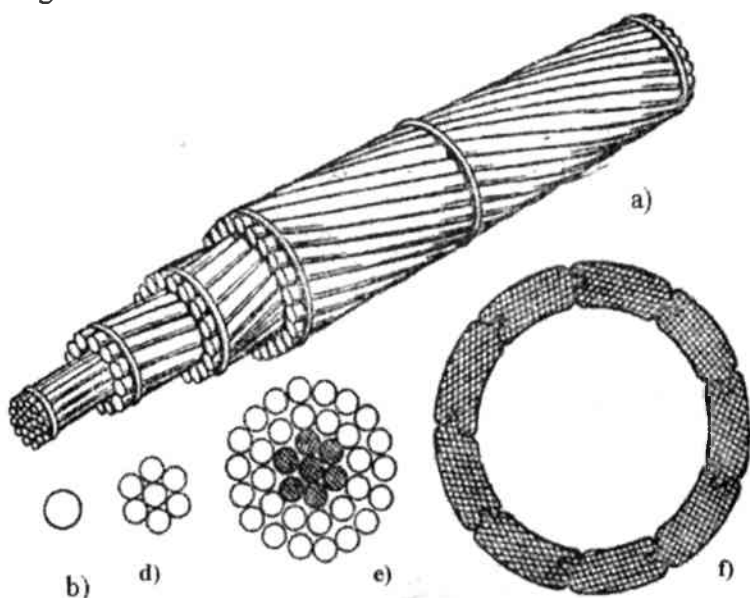
Atmosfera o'ta kuchlanishlaridan himoyalovchi troslar, avvalgi davrlarda, po'latdan tayerlangan. So'nggi yillarda troslar yuqori chastotali kanallarni tashkil etish uchun ham foydalaniladi. Bunday hollarda ular po'lataluminiydan tayyorlanadi.

Izolatsiyalanmagan o'tkazgichlarning tuzilishi va umumiy ko'rinishi 7.1,a-rasmda keltirilgan. Bir simli o'tkazgich (7.1,b-rasm) bitta ko'ndalang kesim yuzasi doira shaklida bo'lgan simdan tashkil topgan. Bunday o'tkazgichlar ko'p simli o'tkazgichlarga nisbatan arzonroqdir, biroq ular kam egiluvchanlikka va bunga mos holda kam mexanik mustahkamlikka ega. Bir xil metallardan tayyorlangan ko'p simli o'tkazgichlar (7.1,d-rasm) bir-biri bilan o'zaro o'ralgan simlardan tashkil topgan. Simlar sonining ortishi bilan kesim yuzasi ortadi. Ikki xil metallardan tayyorlangan ko'p simli o'tkazgichlarda, ya'ni po'lataluminiy o'tkazgichlarda (7.1,e-rasm) ichki simlar (o'tkazgichning o'zagi) po'latdan, tashqi simlar aluminiydan tayyorlanadi.

Po'lat o'zak mexanik mustahkamlikni oshirsa, aluminiy – o'tkazgichning tok o'tkazuvchi qismi hisoblanadi. G'ovak o'tkazgichlar (7.1,f-rasm) bir-biri bilan mexanik mustahkamlikni ta'minlovchi pazlar orqali tutashtirilgan yassi simlardan tayyorlanadi. Bunday o'tkazgichlarning tashqi diametri katta bo'lganligidan tojlanuvchi razryadni hosil qiluvchi kuchlanishning qiymati ortadi va tojlanish tufayli isrof bo'luvchi quvvat ancha kamayadi. HLlarda g'ovak o'tkazgichlar juda kam qo'llaniladi. Ular asosan 330 kV va undan yuqori kuchlanishdagi nimstansiyalarning shinalarida qo'llaniladi. 330 kV va undan yuqori nominal kuchlanishdagi HLning har bir fazasi bir nechta o'tkazgichlarga *parchalanadi*.

O'tkazgichlarning materiallari yuqori elektr o'tkazuvchanlikka va imkoni boricha yuqori mexanik mustahkamlikka ega bo'lishi lozim. O'tkazuvchanlik bo'yicha birinchi o'rinda mis, so'ngra aluminiy turadi. Po'lat esa ancha kam o'tkazuvchanlikka ega. Mexanik mustahkamlik bo'yicha birinchi o'rinda po'lat, so'ngra mis turadi. Bu jihatlarni, ularning tabiatda tarqalganlik darajasini hamda bundan kelib chiqib nisbiy narxlarini e'tiborga olib, HLlarda aluminiy va po'lataluminiy o'tkazgichlardan foydalaniladi.

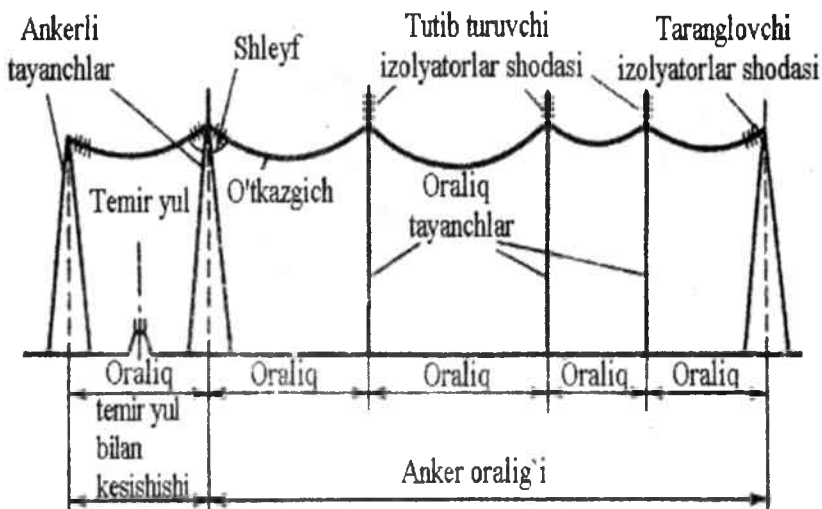
HLda po'lat o'zakning o'tkazuvchanligi e'tiborga olinmaydi va o'tkazgichning elektr qarshiligini aniqlashda faqat aluminiiy qismining qarshiligi hisoblanadi.



7.1-rasm. HL o'tkazgichlarining tuzilishi: a)-ko'p simli o'tkazgichning umumi ko'rinishi; b)-bir simli o'tkazgichning ko'ndalang kesimi; d), e)-bir va ikki xil metallardan tashkil topgan ko'p simli o'tkazgichlarning ko'ndalang kesimi; f)-g'ovak o'tkazgichning ko'ndalang kesimi.

7.3 Havodagi elektr uzatish liniyalarining tayanchlari

HLning tayanchlari *anker* va *oraliq* tayanchlariga bo'linadi. Bu ikki asosiy guruh tayanchlari simlarni ularga osish usuli bo'yicha farqlanadi. Oraliq tayanchlariga o'tkazgichlar tutib turuvchi izolatorlar shodasi yordamida osiladi (7.2-rasm). Anker tipidagi tayanchlar o'tkazgichlarni taranglab tortish uchun xizmat qiladi. Bunday tayanchlarda o'tkazgichlar tortma izolatorlar shodasi yordamida osiladi. Oraliq tayanchlari oralig'idagi masofa osilish oralig'i, anker tayanchlari oralaridagi masofa esa anker oralig'i deb yuritiladi.

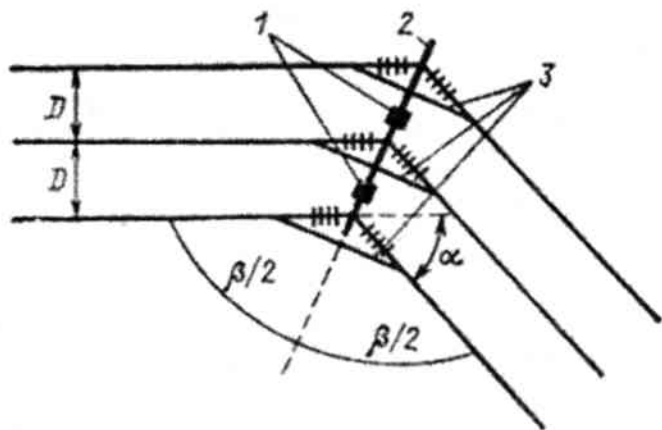


7.2-rasm. HL anker oralig'i va temir yo'l bilan kesishish oralig'i.

Anker tayanchlari HLning muhim nuqtalarida o'tkazgichlarni qat'iy mahkamlash uchun xizmat qiladi. Masalan: temir yo'l, 330-500 kV kuchlanishdagi HL, emi 15 metrdan kam bo'lmagan avtomobil yo'llari kabi muhandislik inshootlarini kesib o'tish joylarida, HLning tugallangan joylarida o'rnatiladi. HLning to'g'ri chiziqli qismida anker tayanchi normal sharoitda uning ikki tomonidan o'tkazgichning tortib turuvchi kuchi bir xil bo'lgan hollarda oraliq tayanchi vazifasini bajaradi. Biroq anker tayanchlari oraliqda o'tkazgichlar yoki troslar uzilgan taqdirda paydo bo'luvchi mexanik kuchlarga mo'ljallab o'rnatiladi. Anker tayanchlari oraliq tayanchlariga nisbatan ancha murakkab va mos ravishda qimmatdir, shu sababli ular har bir HLda imkonni boricha kam bo'lishi lozim.

Oraliq tayanchlari HLning to'g'ri chiziqli qismlarida o'rnatiladi. Ular odatda HLda tayanchlarning 80-90% ni tashkil etadi.

Burchak tayanchlari HLning burilish joylarida o'rnatiladi. HLning burilish burchagi α deb uning burilishida paydo bo'luvchi ichki β burchakni 180° ga to'ldiruvchi burchakka aytiladi (7.3-rasm). Burchak tayanchlari anker va oraliq tipida bo'lishi mumkin. Burilish burchagi 20° gacha bo'lgan hollarda burilish tayanchi sifatida oraliq tayanchidan foydalanish mumkin.



7.3-rasm. HLning burilish burchagi: 1-tayanch oyog'i; 2-tirsak; 3-sirtmoq.

Shuningdek, HLda quyidagi tipdagi maxsus tayanchlardan ham foydalaniladi: tayanchlarda o'tkazgichlarni joylashuv tartibini o'zgartirish uchun xizmat qiluvchi – *transpozitsiyalovchi tayanchlar*; HLni tarmoqlash uchun xizmat qiluvchi – *tarmoqlovchi tayanchlar*; HLni daryolar, daralar kabi ustidan kesib o'tish uchun xizmat qiluvchi – *o'tkazuvchi tayanchlar*.

Transpozitsiya 110 kV dan yuqori kuchlanishdagi va 100 km dan uzun HLda har uchala fazaning sig'im va induktivliklarini bir xil qilish maqsadida qo'llaniladi. Bunda tayanchlarda o'tkazgichlarning o'zaro joylashuvi ketma-ket ravishda almashtiriladi (7.4-rasm).

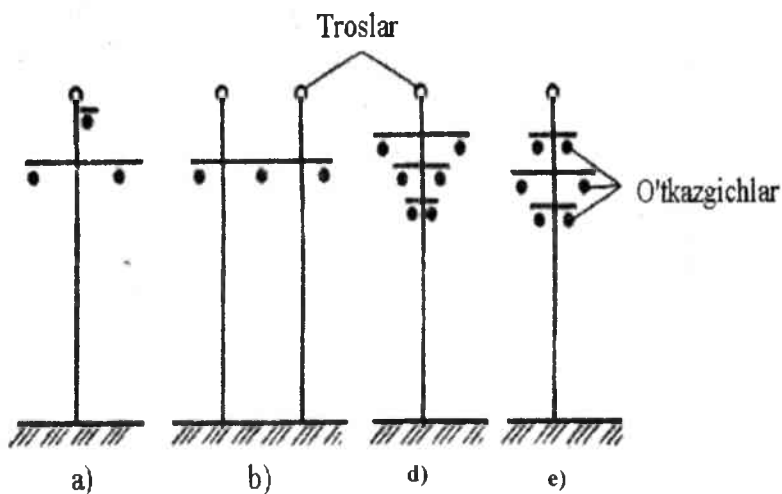


7.4-rasm. Bir zanjirli elektr uzatish liniyasi o'tkazgichlarini transpozitsiyalash sikli.

Tayanchlarda o'tkazgichlarning keng foydalaniluvchi joylashuv usullari 7.5-rasmda tasvirlangan. Uchburchak ko'rinishida joylashuv (7.5,a-rasm) 330 kVgacha kuchlanishdagi bir zanjirli metall va temir-

beton tayanchli HLda foydalaniladi. O'tkazgichlarning gorizontal joylashuvi (7.5,b-rasm) 35-220 kV kuchlanishdagi yogoch tayanchli va 330 kV kuchlanishdagi HLda foydalaniladi. Bu usulda joylashuv tayanchlarni misbatan pastroq qurish imkonini beradi va muz qatlamlari paydo bo'lganda hamda simlar silkinganda ularni chalkashish ehtimolini kamaytiradi.

Ikki zanjirli HLda o'tkazgichlarning *teskari archa* ko'rinishda joylashuvi montaj qilish sharoitlari bo'yicha qulaydir (7.5,d-rasm), lekin bunda ikkita tros osishga to'g'ri keladi va mos holda tayanchning og'irligi ortadi. Ikki zanjirli HLda o'tkazgichlarning *bochka* usulida joylashuvi iqtisodiy jihatdan eng samarali bo'lganligi sababli amalda keng qo'llaniladi (7.5,g-rasm).

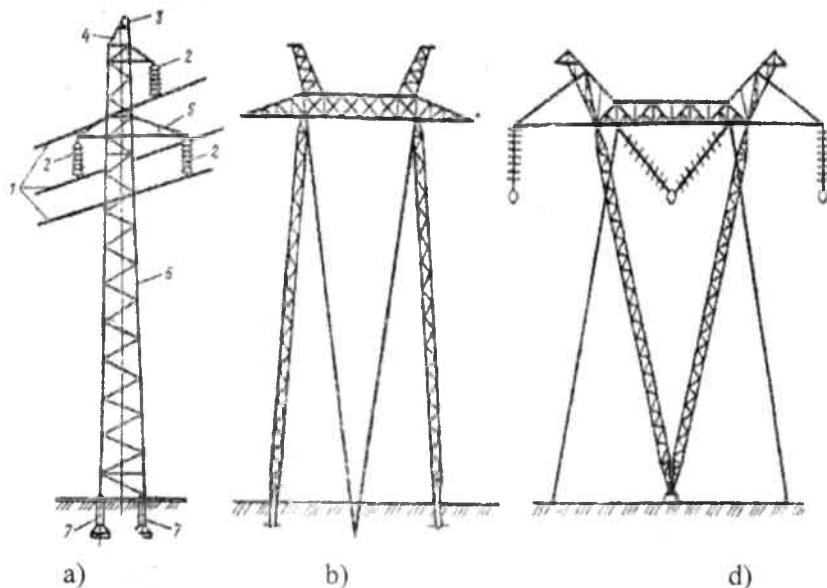


7.5-rasm. O'tkazgichlar va troslarning tayanchlarda joylashuvi: a-uchburchak uchlarida joylashuv; b-gorizontal joylashuv; d-teskari archa usulida joylashuv; e-bochka usulida joylashuv.

7.4 Havodagi elektr uzatish liniyasida foydalaniluvchi tayanchlarning turlari

Mamlakitimizda *yog'och tayanchlar* 110 kV gacha bo'lgan kuchlanishdagi HLlarida foydalaniladi. Ularning afzalliklari – arzonlik va tayyorlashning soddaligi, kamchiligi – chirish xususiyatining mavjudligi (xususan yerga tegib turish joylarida).

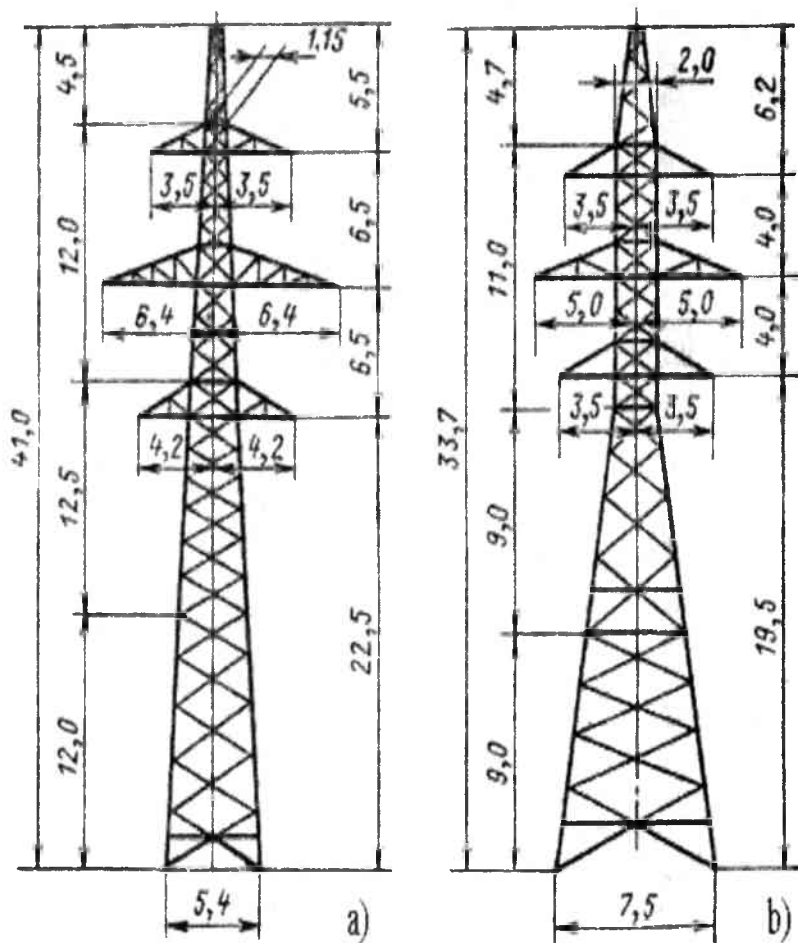
35 kV va undan yuqori kuchlanishdagi HLlarda foydalaniluvchi *metall tayanchlar* ko'pgina miqdorda metall talab etadi va ularni korroziyadan himoyalash uchun bo'yab turish lozim. Metall tayanchlar temir-beton poydevorlarga o'rnatiladi. Bunday tayanchlar konstruktiv tayyorlanishi bo'yicha – *minorali yoki bir ustunli* (7.6,a-rasm) va *portal* (7.6,b-rasm), poydevorga mahkamlanish usuli bo'yicha esa – *erkin joylashgan* (7.6,a-rasm) va *tortmali* (7.6,d-rasm) tayanchlarga bo'linadi.



7.6-rasm. Metall tayanchlarning tashqi ko'rinishi: a)-minorali yoki bir ustunli; b)-portal; d)-tortmali tayanchlar.

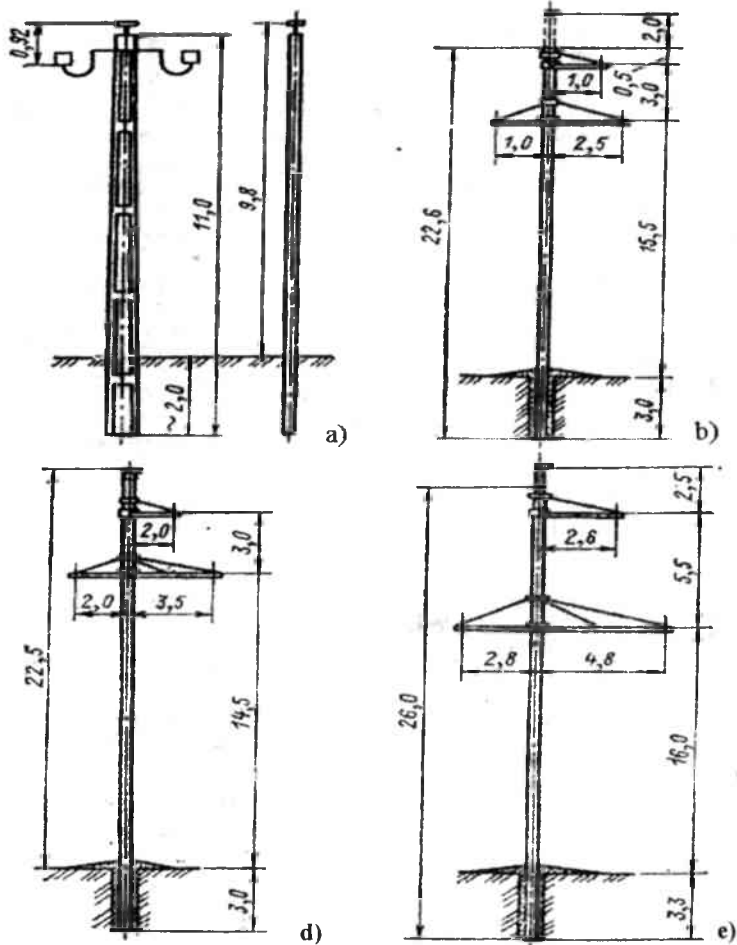
Anker tipidagi metall tayanchlar oraliq tayanchlardan mustahkamligi va tirsaklarining uzunligi bilan farq qiladi. 7.7,a-rasmda 220 kV kuchlanishli HLda foydalaniluvchi oraliq va 7.7,b-rasmda 110 kV kuchlanishli HLda foydalaniluvchi anker tayanchlari tasvirlangan.

500 kV kuchlanishdagi HLda odatda o'tkazgichlarning gorizontal joylashuvidan foydalaniladi. 500 kV kuchlanishli HLning oraliq tayanchlari erkin joylashuvchi yoki tortmali bo'lishi mumkin (7.6,a,b-rasmlar).



7.7-rasm. Anker tipidagi metall tayanchlar: a)-oraliq tayanch; b)-anker tayanch.

Temir-beton tayanchlar yog‘och tayanchlarga nisbatan mustahkam va chidamli, metall tayanchlarga nisbatan xizmat ko‘rsatish uchun soddadir. Shu sababli, ular 500 kV gacha kuchlanishdagi HLLarda keng qo‘llaniladi. 7.8-rasmda turli kuchlanishli HLLarda foydalaniluvchi oraliq temir-beton tayanchlar tasvirlangan.



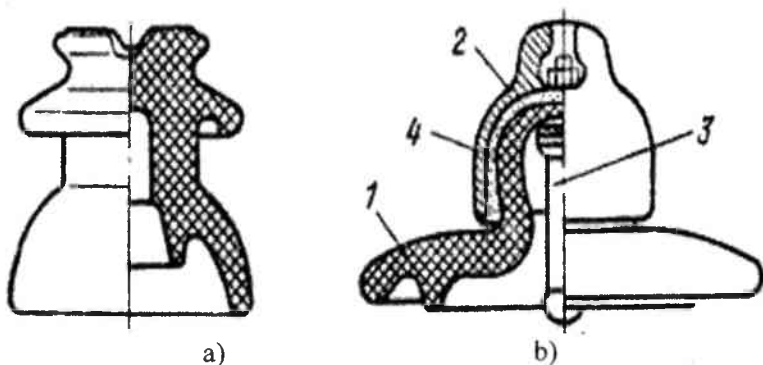
7.8-rasm. Erkin joylashuvchi temir-beton oraliq tayanchlar.
a)- 6-10 kV shtirli izolatorlar bilan; b)- 35 kV; v- 110 kV; g)- 220 kV.

7.5. Havodagi elektr uzatish liniyalarining izolatorlari

Izolatorlar HL hamda elektr stansiyalari va podstansiyalarining taqsimlovchi qurilmalarini izolatsiyalash va mahkamlash uchun xizmat qiladi. Ular sopol yoki toblangan shishadan yasaladi. Tuzilishi bo'yicha izolatorlar shtirli va osma izolatorlarga bo'linadi.

Shtirli izolatorlar 10 kV gacha kuchlamishli HLda foydalaniladi (7.9,a-rasm). Izolatorlarni shartli belgilanishidagi harflar va sonlar quyidagilarni bildiradi: Sh – shtirli; F – chinnidan yasalgan (farforoviy); S – shishadan yasalgan (steklyanniy); son – nominal kuchlanish, kV; so‘nggi harf (A, B, V) – izolatorning tuzilish simfi.

Likopsimon osma izolatoridan foydalanish 35 kV va undan yuqori kuchlanishli HLlarda keng tarqalgan. Osma izolatorlar (7.9,b-rasm) chinni yoki shishadan yasaluvchi izolatsiyalovchi qism (1), metall qism – shapka (2) va sterjen (3) hamda izolatsiyalovchi qism bilan tutashtiruvchi sement bog‘lamasidan tashkil topgan. Bu tipdagi izolatorning shartli belgilanishidagi harf va sonlar quyidagilarni bildiradi: P – osma (podvesnoy); F (S) – chinni yoki shishadan tayyorlangan; G – ifloslangan tumanlar uchun; son – izolatorning o‘pirilishiga olib keluvchi chegaraviy mexanik yuk, kN; A, B, V – izolatorning tuzilish simfi.



7.9-rasm. Shtirli va osma izolatorlar.

a)- 6-10 kV uchun mo‘ljallangan shtirli izolator; b)- likopchasimon osma izolator.

Osma izolatorlar oraliq tayanchlarda tutib turuvchi va anker tayanchlarda tortib turuvchi shodalarga yig‘ilgan ko‘rinishda foydalaniladi. Shodadagi izolatorlar soni HLning kuchlanishiga bog‘liq holda aniqlanadi. Masalan, metall va temir-beton tayanchli HLlarning tutib turuvchi shodalarida 35 kV uchun 3 ta; 110 kV uchun 6-8 ta; 220 kV uchun 10-14 ta va h.k. izolatorlar o‘rnatiladi.

7.6 Havodagi elektr usatish liniyalarining armaturalari

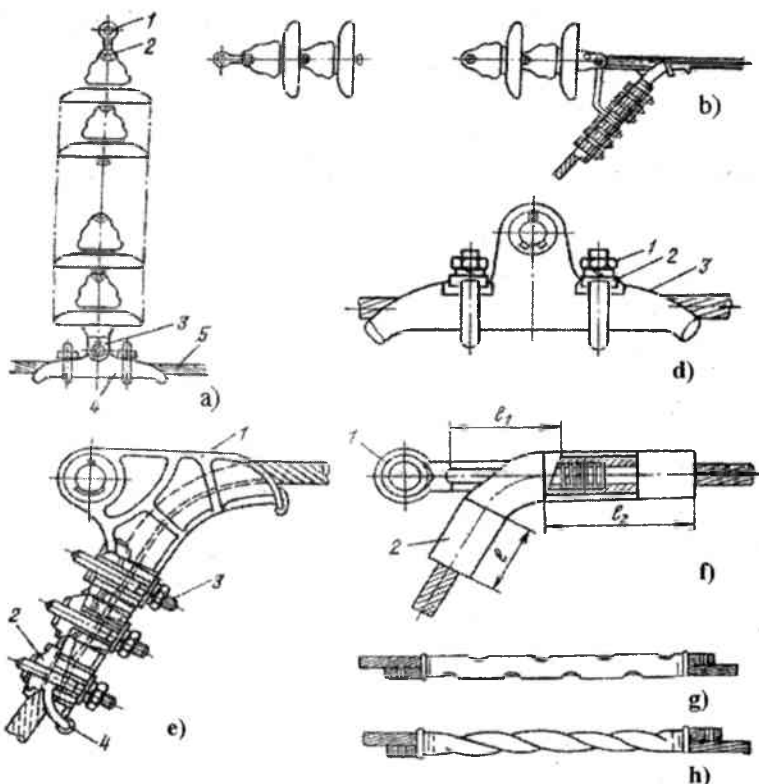
HLda o'tkazgichlarni izolatorlarga va izolatorlarni tayanchlarga mahkamlash uchun xizmat qiluvchi armaturalar quyidagi asosiy turlarga bo'linadi: o'tkazgichlarni osma izolatorlar shodasiga mahkamlash uchun xizmat qiluvchi qisqichlar; izolatorlar shodalarini tayanchlarga va ularni o'zaro ketma-ket osish uchun xizmat qiluvchi ulovchi armaturalar; osilish oraliqlarida o'tkazgichlar va trosarlarni ulash uchun xizmat qiluvchi tutashtirgichlar.

Ulovchi armatura skoba, sirg'a va quloqchalardan tashkil topgan. Skoba shodalarni tirsaklarga yoki tirsaklarning mahkamlovchi detallariga tutashtirish uchun xizmat qiladi. Tutib turuvchi izolatorlar shodasi (7.10,a-rasm) oraliq tayanch tirsagiga sirg'a (1) yordamida mahkamlanadi. Sirg'a bir tomondan skoba yoki tirsak detaliga, ikkinchi tomondan yuqoridagi izolator shapkasi (2) ga tutashtiriladi. Pastki izolatorga quloqcha (3) orqali tutib turuvchi qisqich (4) mahkamlanadi. Qisqich (4) ning ichiga o'tkazgich (5) joylashtiriladi.

Shodalarda o'tkazgich va trosarlarni mahkamlash uchun xizmat qiluvchi *qisqichlar* ikkiga – oraliq tayanchlarida o'rnatiladigan *tutib turuvchi* va anker tayanchlarida o'rnatiladigan *tortib turuvchi* qisqichlarga bo'linadi. O'tkazgichni mahkamlash mustahkamligi bo'yicha tutib turuvchi *qisqichlar qat'iy* va *cheklangan mustahkamlikdagi qisqichlarga* bo'linadi. Qat'iy qisqichda (7.10,d-rasm) siquvchi bolt (1) plashcha (2) yordamida o'tkazgichni qisqich korpusi (3) ga («Qayiqchaga») siqadi va uni bir tomonlama tortish ta'sir etganda qo'zg'almas holda tutib turadi. Qat'iy qisqichlar hozirga davrda 35-500 kV kuchlanishli HLLarda foydalaniluvchi asosiy qisqichlardir.

Cheklangan mustahkamlikdagi qisqichlar 500 kV kuchlanishli HLLarda foydalaniladi. O'tkazgich uzilganda u qisqich orqali ikkinchi tomonga sirpanib o'tadi va natijada oraliq tayanchiga ta'sir etuvchi yonlama kuch kamayadi.

Anker tayanchlarida o'tkazgichlar tortib turuvchi qisqichlar yordamida butunlay mahkamlab qo'yiladi. Bunda bir osilish oralig'idagi o'tkazgich boshqa orliqdagi o'tkazgichga sirtmoq yoki shleyf orqali ulanadi. Tortib turuvchi qisqichlarning bir nechta – 35-500 mm² ko'ndalang kesimli o'tkazgichlarni tutashtirishda qo'llaniluvchi – *boltli*, 300 mm² va undan yuqori ko'ndalang kesimdagi o'tkazgichlarni tutashtirishda qo'llaniluvchi – *presslanuvchi*, po'lat trosarlarni mahkamlash uchun qo'llaniluvchi – *tirsakli* turlari muvjud.



7.10-rasm. Tutib turuvchi va taranglab turuvchi izo!atorlar shodalari va armaturalar:

a)-qat'iy qisqichli tutib turuvchi izo!atorlar shodasi; b)-boltli qisqichli taranglab turuvchi izo!atorlar shodasi; d)-qat'iy tutib turuvchi qisqich; e)-boltli taranglab turuvchi qisqich; f)-presslanuvchi taranglab turuvchi qisqich; g),h)-siqiluvchi va buraluvchi oval ulagichlar.

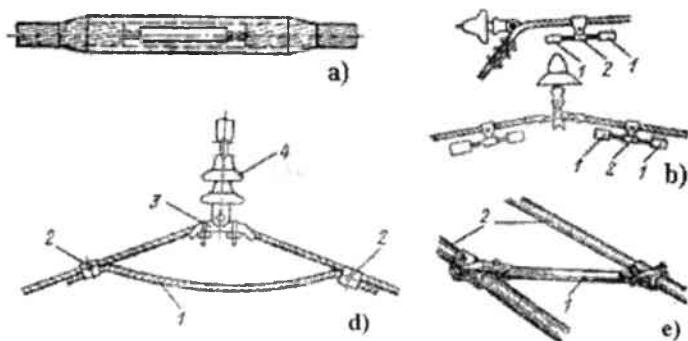
Boltli qisqichlar (7.10,e-rasm) korpus (1),plashcha (2), gayka bilan siquvchi boltlar 3 va aluminiydan yasaluvchi tiqin (4) lardan iborat.

Presslanuvchi qisqichlar (7.10,f-rasm) po'lat anker (1) va aluminiy korpus (2) dan tashkil topgan. Po'lat ankerda o'tkazgichning l_1 uzunlikdagi po'lat o'zagi va aluminiy korpusga o'tkazgichning l_2 uzunlikdagi aluminiy qismi hamda shleyfning l uzunlikdagi qismi presslanadi.

Sanoatda o'tkazgichlar ma'lum uzunlikdagi bo'laklar ko'rinishida ishlab chiqariladi. HLlarda ularni ulash uchun *tutashtirgichlar* qo'llaniladi. Ular oval va siqiluvchi tutashtirgichlarga bo'linadi.

Oval tutashtirgichlar 185 mm^2 va undan kichik ko'ndalang kesim yuzali o'tkazgichlarni tutashtirishda qo'llaniladi. Tutashtirgichda o'tkazgichlar ustma-ust joylashtirilgandan so'ng maxsus oniburlar bilan siqilib mahkamlanadi (7.10.g-rasm).

Siqiluvchi tutashtirgichlar esa 240 mm^2 va undan katta ko'ndalang kesim yuzali o'tkazgichlar hamda po'latli trosarlarni tutashtirishda qo'llaniladi. Pulatalumin o'tkazgichlarni tutashtirish uchun ushbu qisqichlar ikkita trubkadan iborat: birinchi trubka po'latdan iborat bo'lib, o'tkazgichlar ichidagi po'lat tomirlarni tutashtirish uchun xizmat qilsa, ikkinchisi aluminli trubka bo'lib, u o'tkazgichdagi tashqi alumin tomirlarni tutashtirish uchun xizmat qiladi (7.11.a-rasm).



7.11-rasm. Havo liniyalarining tutashtirgichlari va tebranish so'ndirgichlari:

- a)-siqiluvchi tutashtirgich; b)-tebranish so'ndirgichi;
d)-dempfirlovchi sirtmoq; e)-tirgak.

Havo liniyalarining qisqichlari yaqinida *tebranish so'ndirgichlari* yoki *dempfirlovchi* (tinchlantiruvchi) *sirtmoqlar* o'rnatiladi. Tebranish so'ndirgichlari havo liniyalardagi tebranishlarni sundirishga hamda o'tkazgichiardagi simlarni sinishini oldini oladi. So'ndirgich po'lat trosarlar (2) bilan tutashtirilgan ikkita cho'yan yukchalardan (1) iborat (7.11. b-rasm). So'ndirgichning tebranish chastotasi o'tkazgichnikiga nisbatan ancha kichik bo'lganligi sababli o'tkazgichda tebranish kamayadi. Kichik kesim yuzali alumin va po'latalumin o'tkazgichlarda

tebranishni so'ndirish *dempfirlovchi* (tinchlantiruvchi) *sirtmoq* orqali amalgam oshiriladi (7.11.d-rasm). Sirtmoq (1) osma izolatorlar shodasidagi (4) qisqichga (3) mahkamlangan o'tkazgichga boltli qisqichlar (2) orqali mahkamlanadi.

330-750 kVli o'tkazgichlarda parchalangan fazalarni (2) bir-biriga nisbatan fiksatsiyalash uchun tirgaklardan (1) (7.11.e-rasm) qo'llaniladi.

Ushbu tirgaklar parchalangan fazalar orasidagi kerakli oraliqni hosil qilishga hamda bir-biriga urulishidan va o'ralib qolishidan saqlaydi.

Sinov savollari:

1. Havo liniyalarining asosiy konstruktiv elementlariga nimalar kiradi?
2. Bir simli hamda ko'p simli o'tkazgichlarni tushuntiring.
3. Havo liniyalarining tayanchlari necha guruhga bo'linadi va ularning bir-biridan farqini tushuntiring.
4. O'tkazgichlar va trosdarning tayanchlarda joylashuvi necha xil ko'rinishida bo'ladi?
5. Havo liniyalarining izolatorlarining vazifalari, shtirli va likobchasimon izolatorlar haqida ma'lumot bering.
6. Havo liniyalarining armaturalari asosiy turlarini sanab bering.
7. Tutashtirgichlar haqida ma'lumot bering.
8. Tebranish so'ndirgichlarning vazifalari, tuzilishi va ishlash prinsiplari.

8. ELEKTR STANSIYALARI VA PODSTANSIYALARINING JIHOZLARI

8.1. Sinxron generatorlar

Hozirgi zamon elektr stansiyalarida elektr energiyasi hosil qilish uchun uch fazali o'zgaruvchan tok sinxron generatorlari ishlatiladi. Sinxron generatorlar turbogeneratorlar (birlamchi dvigateli – bug' yoki gaz turbinasi) va gidrogeneratorlarga (birlamchi dvigateli – gidroturbina) bo'linadi.

Sinxron elektr mashinalari uchun normal ish holatida agregatning aylanish chastotasi (ayl/min) n bilan tarmoq chastotasi (Gs) f orasida quyidagicha aniq muvofiqlik bor:

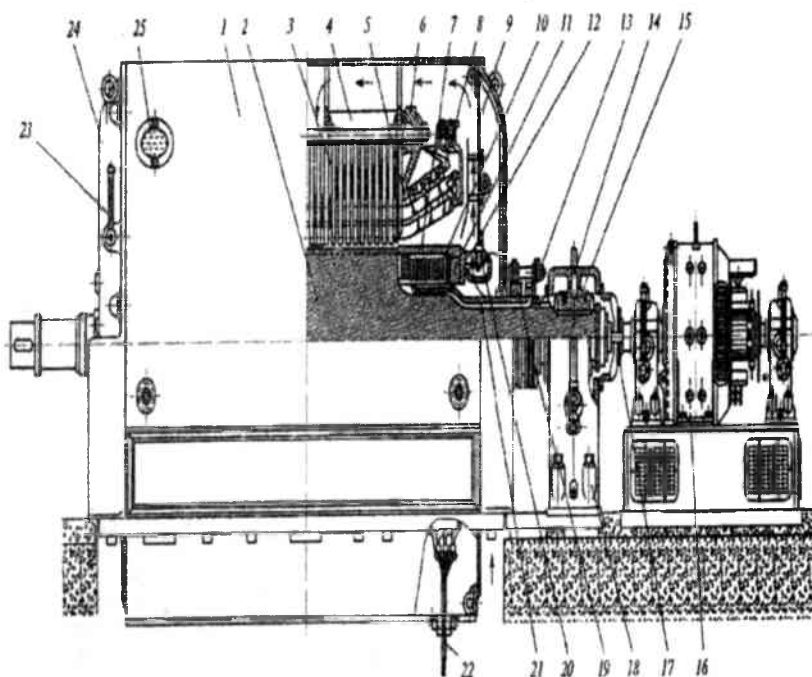
$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (8.1)$$

bu yerda, r —generator statori cho'lg'amlarining juft qutblari soni.

Bug' va gaz turbinalari aylanish chastotasi katta (3000 va 1500 ayl/min) qilib ishlab chiqariladi, chunki shunda turbogeneratorlar eng yuqori texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarga ega bo'ladi. Organik yoqilg'ida ishlaydigan issiqlik elektr stansiyalarida (IESlarda) agregatlarning aylanish chastotasi, odatda, 3000 ayl/min ni tashkil etib, ularda bir juft qutb bo'ladi. AESlarda aylanish chastotasi 1500 va 3000 ayl/min bo'lgan agregatlar ishlatiladi.

Turbogeneratorlar tez aylanishi sababli o'ziga xos tuzilishga ega bo'ladi (8.1, 8.2- rasmlar). Bu generatorlar vali gorizontal joylashadigan qilib tayyorlanadi. Turbogeneratorning katta mexanik va issiqlik yuklamalarida ishlovchi rotor magnit hamda mexanik xossalari yuqori bo'lgan maxsus (xrom-nikelli yoki xrom-nikel-molibdenli) po'latdan tayyorlanadi.

Rotorning qutbi aniq bo'lmaydi. Aylanish chastotasi katta bo'lganligi uchun, mexanik mustahkamlikni ta'minlash nuqtayi nazaridan, rotorning diametri 3000 ayl/min uchun 1,1 —1,2 m dan ortmaydi. Rotor bochkasining uzunligi ham ma'lum chegaraga ega bo'lib, 6— 6,5 m ga teng bo'ladi. U val statik egilishining ruxsat etiladigan kattaligi va ma'qul titrash xarakteristikasini hosil qilish shartiga ko'ra aniqlanadi.

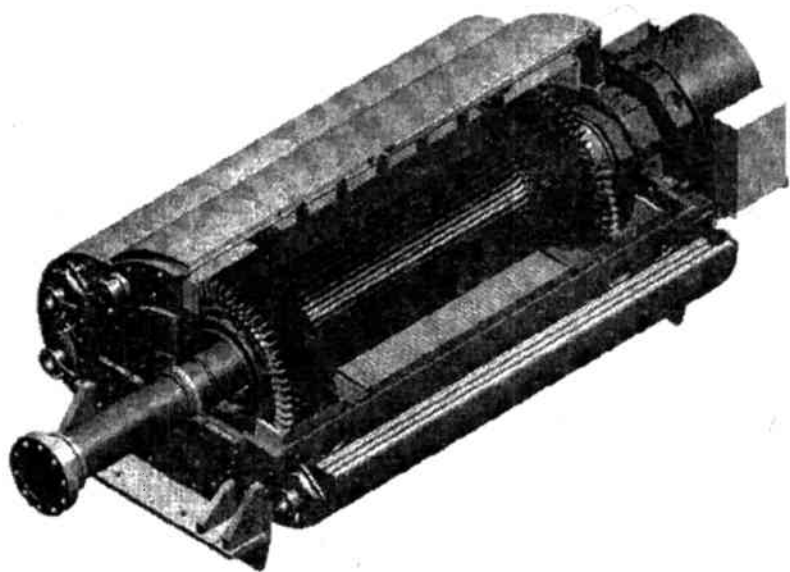


8.1-rasm. Bilvosita sovitish tizimli sinxron turbogeneratorning umumiy ko'rinishi: 1 – stator korpusi; 2 – rotorning magnit o'zagi; 3 – stator magnit o'zagining paketi; 4 – tortuvchi shpilka; 5 – stator cho'lg'aming o'zagi; 6 – bosuvchi halqa; 7 – rotorning bandaj halqasi; 8 – stator cho'lg'ami uch qismini mahkamlash uchun kronshteyn; 9 – diffuzorli havo ajratuvchi to'siq; 10 – qo'zg'atish cho'lg'aming g'altagi; 11 – markazlashtiruvchi halqa; 12 – markazdan qochma ventilator; 13 – cho'tkali tirsak; 14 – podshipnik qopqog'i; 15 – podshipnik gardishi; 16 – elektr mashinali qo'zg'atgich; 17 – moslanuvchan tutashtiruvchi mufta; 18 – podshipnik ustuni; 19 – kontakt halqa; 20 – ventilatorning yo'naltiruvchi tuguni; 21 – kontakt halqalari va qo'zg'atish cho'lg'ami orasidagi tutashma; 22 – stator cho'lg'aming chiqishlari; 23 – sovitilgan havo termometri; 24 – chekka shchiti; 25 – qarash tuynigi.

Rotorning asosiy magnit oqimi o'tadigan aktiv qismida qo'zg'atish cho'lg'aming g'altaklari joylashadigan pazlar frezalanadi. Cho'lg'am paz qismiga dyuraluminiydan tayyorlangan yengil, magnit xossasiga ega

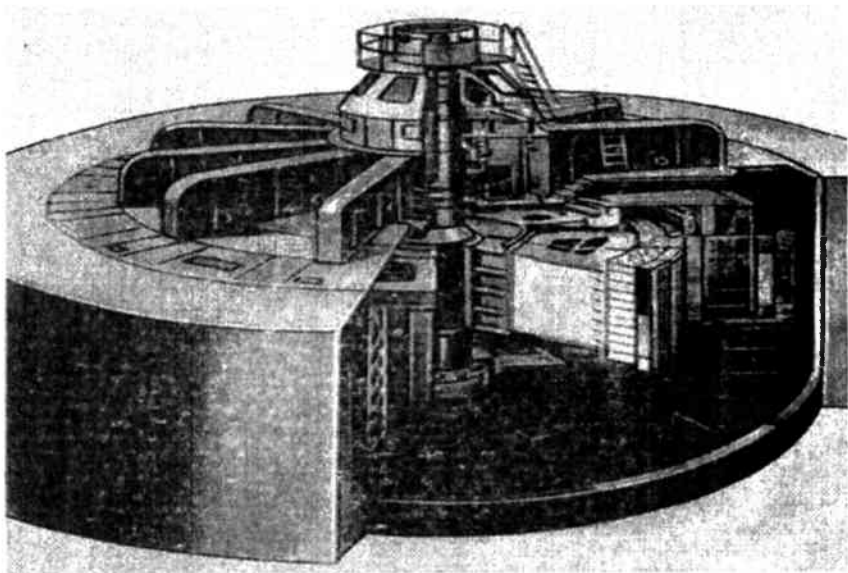
bo'lmagan, ammo mustahkam ponalar bilan mahkamlanadi. Cho'lg'amning pazdan tashqarida joylashgan old qismi markazdan qochirma kuch ta'sirida siljishidan bandaj yordamida saqlanadi. Bandaj mexanik nuqtayi nazardan rotorning eng mustahkam qismi hisoblanib, odatda, mustahkamligi yuqori nomagnit po'latdan tayyorlanadi. Rotorning har ikki tomonidan uning valiga mashinadagi sovituvchi gazning aylanib yurishi ta'minlaydigan ventilator (ko'proq propeller tipidagi) o'rnatiladi.

Turbogeneratorning statori korpus va o'zakdan iborat. Korpus payvandlab tayyorlanadi. Stator o'zagi qalinligi 0,5 mm bo'lgan po'latdan tayyorlangan, bir-biridan o'zaro izolatsiyalangan listlardan yig'iladi. Listlar paket ko'rinishida yig'ilib, ular orasida ventilatsiya kanallari qoldiriladi. O'zak ichidagi pazlarga uch fazali, odatda ikki qavatli cho'lg'am joylanadi. •



8.2-rasm. Turbogeneratorning qirg'imi.

Gidravlik turbinalarning aylanish chastotasi, odatda, nisbatan kichik (60—600 ayl/min) bo'ladi. Suv bosimi qanchalik past, turbina quvvati qanchalik katta bo'lsa, aylanish chastotasi shunchalik kichik bo'ladi. Aylanish chastotasi qanchalik kichik bo'lsa qutblari soni shunchalik ko'p bo'ladi.



8.3-rasm. Zamonaviy vertikal gidrogeneratorning umumiy ko‘rinishi.

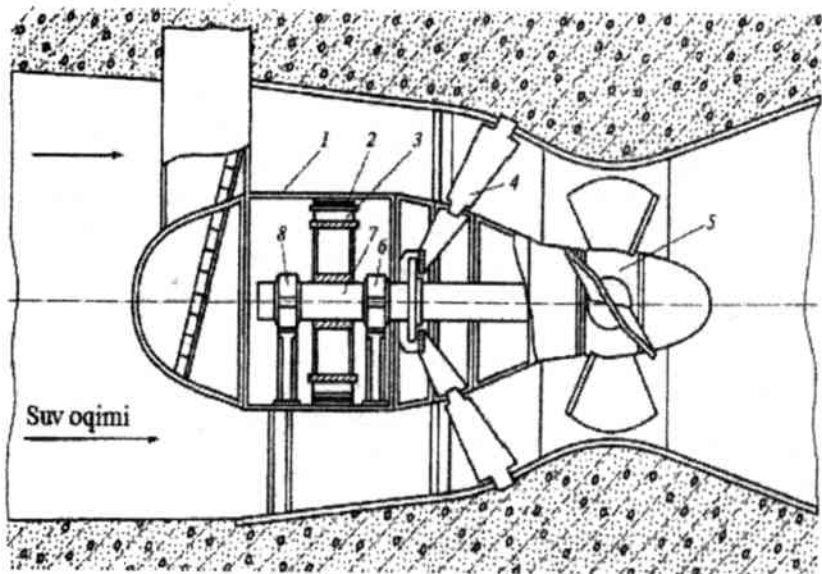
Gidrogeneratorlar ayon qutbli rotorli qilib va valı asosan vertikal joylashadigan qilib tayyorlanadi. Yuqori quvvatli gidrogeneratorlar rotorlarining diametri 14-16 m ga, statorlarining diametri esa 20-22 m ga yetadi (8.3-rasm).

Qutblarda qo‘zg‘atish cho‘lg‘amlaridan tashqari dempferlovchi cho‘lg‘am ham joylanadi. Bu cho‘lg‘am rotordagi tebranishiarni so‘ndirish uchun xizmat qiladi.

Turbogeneratorlarda tinchlantiruvchi cho‘lg‘am vazifasini rotorning massiv bochkasi va pazlarda qo‘zg‘atish cho‘lg‘amini berkitib turuvchi metall ponalar bajaradi.

Gidrogeneratorning statori turbogenerator statori tuzilishidan prinsipial farq qilmaydi, faqat turbogeneratorlardagidan farqli o‘laroq, ajraladigan qilib tayyorlanadi. U aylana bo‘ylib 2–6 qismlarga bo‘linadi. Bu esa uni tashish va montaj qilish ishlarini yengillashtiradi.

Keyingi yillarda vali gorizontall joylashgan, qobiqli generatorlar ham ishlatila boshlandi (8.4-rasm). Qobiqli generatorlar bir necha o‘nlab megavolt-amper quvvatga mo‘ljallab tayyorlanadi. Ularning aylanish tezliklari ayon qutbli generatorlardagiga nisbatan sekinroqdir ($n=60-150$ ayl/min).



8.4-rasm. Qobiqli gidrogenerator: 1 – qobiq; 2 – stator; 3 – rotor qutbi; 4 – generatorni suv oqimiga qarama-qarshi yo‘nalishda tutib turuvchi qurilma; 5 – gidroturbina; 6 va 8 – podshipniklar; 7 – val.

Generatorlarning nominal parametrlari. Generatorni ishlab chiqaruvchi zavod uni ma’lum ruxsat etilgan uzoq muddatli ish holatiga mo‘ljallaydi va bu holat nominal holat deb ataladi. Bu ish holati generatorning nominal ma’lumotlari degan nom bilan yuritiladigan va mashina pasportida ko‘rsatiladigan parametrlar bilan xarakterlanadi.

Generatorning nominal kuchlanishi – nominal holatda stator cho‘lg‘amining liniya (fazalararo) kuchlanishidir.

Normal sovitish parametrlari (sovituvchi gaz va suyuqlikning harorati, bosimi hamda sarfi) da va generator pasportida ko‘rsatilgan quvvat hamda kuchlanishning nominal qiymatlarida generatorning uzoq muddat normal ishlashiga ruxsat etiladigan tok qiymati generator statorining nominal toki deb ataladi.

Generatorning to‘la nominal quvvati quyidagi formuladan aniqlanadi (kVA):

$$S_n = \sqrt{3} U_n I_n. \quad (8.2)$$

Generatorning aktiv nominal quvvati uning turbina bilan birgalikda komplektda uzoq muddat ishlashi uchun mo'ljallangan eng katta aktiv quvvatdir.

Aktiv nominal quvvat quyidagi ifodadan aniqlanadi (kVt):

$$P_n = S_n \cdot \cos \varphi_n. \quad (8.3)$$

Rotorning nominal toki—generating eng katta uyg'otish toki bo'lib, stator kuchlanishining nominal miqdoridan $\pm 5\%$ atrofida o'zgarib turganida va nominal quvvat ko'effitsiyentida generator shu tokda nominal quvvat bera oladi.

Har qanday generator nominal yuklama va nominal quvvat ko'effitsiyenti ta'minlanganda eng katta FIK bilan ishlaydi. Hozirgi generatorlarda nominal FIK 96,3—98,8% oralig'ida o'zgarib turadi.

Generatorlarning sovitish tizimi. Sinxron generatorning ishlash vaqtida uning cho'lg'amlari va aktiv po'lati qiziydi.

Stator va rotor cho'lg'amlarining yo'l qo'yiladigan qizish harorati birinchi navbatda, foydalaniladigan izolatsiya materiallari va sovituvchi muhit haroratiga bog'liq. Standartlarga ko'ra B sinfidagi izolatsiya materiallari (asfalt – bitum asosidagi lok) uchun stator cho'lg'aming yo'l qo'yiladigan eng yuqori harorati 105°C, rotor uchun esa 130°C chegarasida bo'lishi kerak. Stator va rotor cho'lg'amlari izolatsiyasining issiqqa chidamliligi yuqori, masalan, F va N sinfida bo'lganida yo'l qo'yiladigan qizish haroratining chegarasi ortadi.

Generatorlarni ishlatish jarayonida cho'lg'amlarning izolatsiyasi asta-sekin eskiradi. Buning sababi izolatsiyaga qator faktorlarning: kirlanish, namlanish, havo kislorodi ta'sirida oksidlanish, elektr maydoni hamda elektr yuklamaning va boshqalarni ta'sir etishidir. Biroq izolatsiyaning eskirishiga asosiy sabab uning qizishidir. Izolatsiyaning qizish harorati qancha yuqori bo'lsa, u shuncha tez eskiradi, ishlash vaqti shuncha qisqaradi. B sinfidagi izolatsiyalarning xizmat qilish muddati qizish harorati 120°C gacha bo'lganida 15 yilga yaqin, 140°C gacha bo'lganida esa bu muddat ikki yilgacha qisqaradi. Qizish harorati 105°C gacha (ya'ni standartlarda belgilangan chegarasida) bo'lganda xuddi o'sha izolatsiya ancha sekin eskiradi va xizmat qilish muddati ortib, 30 yilgacha boradi. Shuning uchun ishlatish vaqtida generatorning ishlash rejimi qanday bo'lishidan qat'i nazar, uning cho'lg'amlari qizish haroratining ruxsat etilgan qiymatlardan ortishiga yo'l qo'yimaslik zarur.

Qizish harorati ruxsat etilgan qiymatlardan ortmasligi uchun elektr stansiyalarining hamma generatorlari sun'iy sovitiladigan qilib tayyorlanadi.

Sinxron kompensator generatsiyalayotgan yoki iste'mol qilayotgan reaktiv quvvat qo'zg'atish tokining qiymatiga bog'liq bo'ladi.

Sinxron kompensatorning ishini tahlil qilishda, uni kuchli tarmoqqa ulangan deb hisoblaymiz, shu sababli statorning toki o'zgarganda qisqichlardagi kuchlanish, amaliy jihatdan o'zgarmaydi deb qaraladi.

Havo bilan sovitiladigan quvvati katta bo'lmagan kompensatorlar uchun kompensator bilan bitta rotorga ulangan o'zgarmas tok generatoridan elektr mashinali qo'zg'atish sxemasi sifatida foydalaniladi. Bu sxemaning yuqorida ko'rib o'tilgan generatorlarni mustaqil elektr mashinali qo'zg'atish sxemasidan farqi shundaki, bunda rotorning, ayniqsa, kichik toklarida kerak bo'ladigan, asosiy qo'zg'atkich ishining turg'unligini ta'minlash uchun deyarli hamma vaqt o'rnatiladigan yordamchi qo'zg'atkich mavjudligidir.

Vodorod bilan sovitiladigan eng yirik kompensatorlarda qo'zg'atish, issiqlik elektr stansiyalari zaxirasidagi qo'zg'atkichga o'xshash maxsus qo'zg'atuvchi agregat vositasida amalga oshiriladi. Kompensatorning cho'lg'amiga tok kelishini ta'minlayotgan kontakt halqalar bilan cho'tkalar qobiqning maxsus bo'lagida joylashadi va ular vodorod muhitida ishlaydi.

Elektr mashinali qo'zg'atishda avtomatik rostlagich sifatida kuchlanishning elektromagnit korrektorli kompaundlash qurilmasi qo'llaniladi. Kompensatorlarda, shuningdek, qo'zg'atishni jadallashtiruvchi rele qurilmasi ham o'rnatiladi.

Hozirgi paytda, ekspluatatsiyada ionli yoki yarim o'tkazgichli o'z-o'zini qo'zg'atuvchi katta quvvatdagi kompensatorlar mavjud. Yuqorida aytib o'tilganidek, bu qo'zg'atish tizimi juda tez ta'sir etuvchi va parallel ishlovchi energotizimlarning turg'unligini oshirish uchun juda samarali hisoblanadi.

Kompensatorlarning qo'zg'atish magnit maydonini so'ndirish sinxron generatorlardagi singari amalga oshiriladi.

8.3. Kuch transformatorlari va avtotransformatorlar

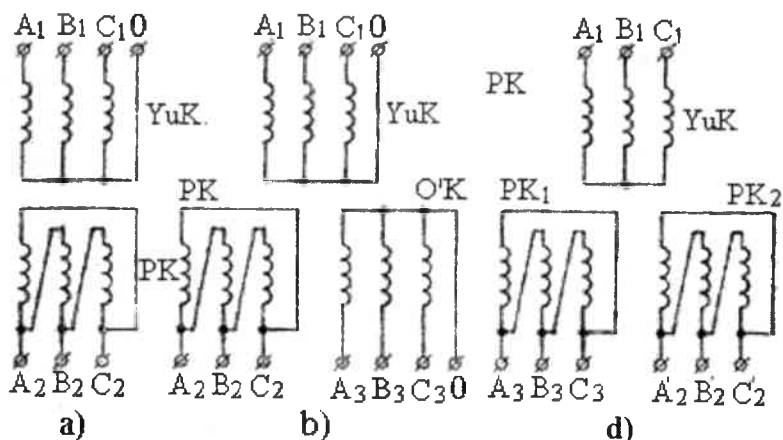
Kuch transformatorlarining turlari va ularning parametrlari.

Elektr stansiya va podstansiyalariga o'rnatilgan kuch transformatorlari elektr energiyani bir kuchlanishdan ikkinchisiga o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Transformatorlar uch va bir fazali bo'lib, hozirda uch fazali transformatorlar eng ko'p tarqalgan, chunki ularda umumiy

quvvati xuddi shuncha bo'lgan uchta bir fazali transformatorlar foydalanilgandagiga qaraganda isroflar 12—15%, aktiv materiallar sarfi 20—25% ga kam bo'ladi.

Transformatorsozlikdagi taraqqiyot 220 va 500 kV kuchlanishli, quvvati 630 MVA gacha, 330 kV kuchlanishli, quvvati 1000 MVA li uch fazali transformatorlarni va 500/110 kV li, birlik quvvati 250 kVA li avtotransformatorlarni ishlab chiqarish imkoniyatini berdi. Transformatorlar quvvatining chegaraviy qiymati ularni transportirovka qilish sharoitlari, massasi va o'lchamlari bilan cheklanadi.

Bir fazali transformatorlar, odatda, yetarli quvvatga ega bo'lgan uch fazali transformator tayyorlash mumkin bo'lmagan yoki transportirovka qilish ancha qiyin bo'lgan hollardagina qo'llaniladi. Bir fazali transformatorlar guruhlarining eng katta quvvati 500 kV kuchlanishda 1600 MVA; 750 kV kuchlanishda 1250 MVA ga teng.



8.5-rasm. Transformatorlarning prinsipial sxemalari:

a)-ikki cho'lg'amli; b)-uch cho'lg'amli; d)-past cho'lg'amli ajratilgan ikki cho'lg'am.

Har bir fazada turli kuchlanishdagi cho'lg'amlar soniga qarab transformatorlar ikki cho'lg'amli va uch cho'lg'amli transformatorlarga bo'linadi (8.5- rasm, a, b). Bundan tashqari, aynan bir xil kuchlanishdagi (odatda, past kuchlanish cho'lg'ami) bir-biridan va yerga tutashirilgan qismlardan izolatsiya qilingan ikki va undan ortiq parallel cho'lg'amlarga ega bo'lgan transformatorlar mavjud. Bunday transformatorlar ajratilgan cho'lg'amli transformatorlar deb ataladi

(8.5,d- rasm. Yuqori, o'rta va past kuchlanishli cho'lg'amlarni qisqacha YuK, O'K va PK deb belgilash qabul qilingan.

Past kuchlanish cho'lg'ami ajratilgan kuchaytiruvchi transformatorlarga bir nechta generatorlarni ulash imkoni paydo bo'ladi. Bunday transformatorlar o'z ehtiyojini ta'minlash sxemalarida, shuningdek, qisqa tutashuv tokining kattaligini cheklash maqsadlarida pasaytiruvchi podstantsiyalarda ham keng qo'llaniladi.

Transformatorning nominal quvvati, kuchlanishi, toki, qisqa tutashuv kuchlanishi, salt ishlash toki, salt ishlash bilan qisqa tutashuvdagi isroflar transformatorning asosiy parametrlari hisoblanadi.

Transformatorning nominal quvvati deb uning pasportida ko'rsatilgan to'la quvvatining qiymatiga aytilib, nominal chastota va kuchlanishda, o'rnatish joyi va sovitish muhiti nominal bo'lgan sharoitlarda transformatorni shu quvvat bilan uzluksiz yuklash mumkin.

Ikki cho'lg'amli transformatorlarning nominal quvvati uning har bir cho'lg'aming quvvatidan iborat. Uch cho'lg'amli transformatorlar cho'lg'amlarining nominal quvvatlari bir-biriga teng yoki har xil qilib tayyorlanadi. Quvvatlari har xil bo'lganda har bir alohida cho'lg'amlarning nominal quvvatlari orasida eng kattasi transformatorning nominal quvvati deb qabul qilinadi.

Cho'lg'amlarning nominal kuchlanishlari — transformatorning salt ishlashida birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlarining kuchlanishlaridir. Uch fazali transformator uchun — bu uning l'niya (fazalar orasidagi) kuchlanishidir. Bir fazali transformator agar yulduz sxemasida birlashtirilib uch fazali guruhga ulashga mo'ljallangan bo'lsa, bu kuchlanish $U/\sqrt{3}$ ga teng bo'ladi. Transformator yuklama bilan ishlaganda va uning birlamchi cho'lg'ami qisqichlariga nominal kuchlanish berilganda ikkilamchi cho'lg'amdagi kuchlanish nominalga qaraganda transformatorda isrof bo'lgan kuchlanishning kattaligiga teng bo'lgan miqdorga kichik bo'ladi. Transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti k yuqori va past kuchlanish cho'lg'amlarining nominal kuchlanishlari nisbatidan iborat bo'ladi:

$$k = \frac{U_{nomYuK}}{U_{nomPK}} \quad (8.4)$$

Uch cho'lg'amli transformatorlarda cho'lg'amlarning har bir jufti uchun transformatsiyalash koeffitsiyenti aniqlanadi: YuK va PK; YuK va O'K; O'K va PK.

Transformatorning istalgan cho'lg'aming nominal toki uning nominal quvvati bilan nominal kuchlanishi bo'yicha aniqlanadi.

Ikki cho'lg'amli transformatorning qisqa tutashuv kuchlanishi u_k uning ikkilamchi cho'lg'ami qisqa tutashtirilgani holda cho'lg'amlardan nominal tok o'tishini ta'minlovchi birlamchi cho'lg'am kuchlanishidir.

Qisqa tutashuv kuchlanishi transformator kuchlanishining pasayish kattaligini aniqlab, uning cho'lg'amlaridagi to'la qarshilikni xarakterlaydi.

Uch cho'lg'amli transformator qisqa tutashuv kuchlanishi uning bittadan cho'lg'amini navbatma-navbat uzib qo'yib, qolgan juft cho'lg'amlar uchun aniqlanadi. Shunday qilib, uch cho'lg'amli transformator u_k ning uchta qiymatiga ega bo'ladi.

Hamma transformatorlar uchun qisqa tutashuv kuchlanishi nominal kuchlanishga nisbatan foiz hisobida ifodalanadi.

Transformatorning qisqa tutashuv kuchlanishi aktiv va reaktiv tashkil etuvchilardan iborat bo'lib, ular orasidagi munosabat quyidagicha:

$$U_k = \sqrt{U_a^2 + U_r^2} . \quad (8.5)$$

Bu yerda, u_a – transformatorning aktiv qarshiligiga bog'liq bo'lgan qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv tashkil etuvchisi; u_r – transformatorning reaktiv (induktiv) qarshiligiga bog'liq bo'lgan qisqa tutashuv kuchlanishining reaktiv tashkil etuvchisi.

Cho'lg'amlarning induktiv qarshiligi aktiv qarshilikka qaraganda ancha katta (uncha katta bo'lmagan transformatorlarda 2-3 marta, yiriklarida esa 15-20 marta) bo'lganligi uchun u_k asosan reaktiv qarshilikka, ya'ni cho'lg'amlarning o'zaro joylashishiga, ular orasidagi kanalning eniga, cho'lg'amlarning balandligiga bog'liq bo'ladi.

Salt ishlash toki I_c , po'latdagi aktiv va reaktiv isroflarni xarakterlaydi va po'latning magnit xossasiga, magnit o'tkazgichning tuzilishi va uni yig'ish sifatiga hamda magnit induksiyasiga bog'liq bo'ladi. Salt ishlash tokining kattaligi transformatorning nominal tokiga nisbatan foiz hisobida ifodalanadi. Sovuqlayin prokatlangan po'latdan yasalgan hozirgi transformatorlarda salt ishlash toklarining qiymati katta bo'lmaydi.

Salt ishlashdagi ΔR_c va qisqa tutashishdagi ΔR_k isroflar transformatorning qanchalik darajada tejimli ishlashini bildiradi. Salt ishlashdagi isroflar po'latning o'ta magnitlanishi hamda uyurma toklarni hosil bo'lishidan kelib chiqadigan isroflar yig'indisidan iborat.

Qisqa tutashuv isrofida cho'lg'amlardan yuklama toki o'tganda hosil bo'ladigan isroflar, transformator cho'lg'amlari va tuzilishidan

kelib chiqadigan qo'shimcha isroflar kiradi. Sochilish magnit maydonlari cho'lg'amning chekka o'ramlari hamda transformator tuzilishlari (bak devorlari, yarmo balkalari va hokazo'lar) da uyurma toklar hosil qilib, qo'shimcha isroflarni keltirib chiqaradi. Ularni kamaytirish uchun cho'lg'am ko'p tomirli transpozitsiyalangan simdan tayyorlanib, bak devorlari esa magnit shuntlari bilan ekranlanadi (to'siladi).

Transformatorlarning cho'lg'amlari, odatda, yulduz Y , chiqarilgan neytralli yulduz Y_0 va uchburchak Δ ko'rinishidagi sxemalar bo'yicha ulanadi. Birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlarning EYuK lari (E_1 va E_2) orasidagi fazalar siljishini shartli ravishda ulanishlar guruhi bilan ifodalash qabul qilingan.

Uch fazali transformatorlarning cho'lg'amlarini turlicha ulash yo'li bilan ulanishlarning o'n ikkita turli guruhini hosil qilish mumkin. Bunda cho'lg'amlarni yulduz-yulduz sxemasida ulashda istalgan 2, 4, 6, 8, 10, 0 juft guruh, yulduz-uchburchak yoki uchburchak-yulduz sxemasida ulashda istalgan 1, 3, 5, 7, 9, 11 toq guruh hosil qilinadi.

Cho'lg'amning ulanish sxemasi belgisining o'ng tomoniga ulanish guruhi yoziladi.

Chulg'amlarning nol nuqtasini chiqarib, yulduz sxemasida ulash cho'lg'am neytrali yerga tutashtirilishi zarur bo'lgan hollarda qo'llaniladi. 330 kV va undan yuqori kuchlanishli transformatorlar va barcha avtotransformatorlarda YuK cho'lg'amlari neytralini yerga samarali tutashtirish shart. 110, 150 va 220 kV kuchlanishli tizimlar ham asosan neytrali yerga samarali tutashtirilgan holda ishiyaydi, biroq bir fazali qisqa tutashuv tokini kamaytirish uchun transformatorlar neytralining bir qismi yerga ulanmaydi. Chunki, chiqarilgan nol simlarning izolatsiyasi, odatda, to'liq kuchlanishga mo'ljallanmaydi, shuning uchun neytrali yerga ulanmagan ish rejimida hosil bo'lishi ehtimoli bor o'takuchlanishlarni transformatorning nol nuqtasiga ventilli razryadniklarni biriktirish yo'li bilan kamaytirish mumkin. Shuningdek, to'rt simli 380/220 va 220/127 V tarmoqlarni ta'minlovchi transformatorlarning ikkilamchi cho'lg'amidagi neytral ham yerga tutashtiriladi. 10-35 kV li kuchlanishdagi cho'lg'amlar neytrali yerga ulanmaydi yoki ular liniyalarning sig'im toklarini kompensatsiya qilish uchun yoy so'ndiruvchi g'altak orqali yerga ulanadi.

Kuch transformatorlari va avtotransformatorlarning asosiy texnik ma'lumotlari, ularning ulanish guruhiari sxemalari amaldagi standartlar bilan belgilangan.

Yuqori kuchlanish va quvvatli transformator murakkab qurilma bo'lib, ko'p sonli konstruktiv elementlardan tashkil topadi, ulardan asosiylari quyidagilar: magnit tizimi (magnit o'tkazgich), cho'lg'amlar, izolatsiya, chiqqichlar, bak, sovitish qurilmasi, kuchlanishni rostdlash mexanizmi, himoyalash va o'lchash qurilmalari hamda aravachalar.

Magnit o'tkazgich transformatorning konstruktiv va mexanik asosi hisoblanadi. Magnit o'tkazgich bir-biridan izolatsiyalangan elektro-texnik po'latdan tayyorlangan alohida-alohida listlardan yig'iladi. Transformatorning po'lat listlari bir-biridan puxta izolatsiyalangan bo'lishi kerak. Hozir 0,01 mm qalinlikda lak surkab, listlarni izolatsiyalash keng qo'llanilmoqda. Lak pardasi listlar orasida yetarli darajada ishonchli izolatsiya hosil qiladi, magnit o'tkazgichning yaxshi sovitishini ta'minlaydi, qizishga chidamliligi yuqori va yig'ish paytida buzilmaydi.

Magnit o'tkazgich va uning konstruktiv detallari transformator asosini tashkil etadi. Asosga cho'lg'am o'rnatiladi va cho'lg'am bilan kirish simlari o'tkazgichlar yordamida ulanib, asosga mahkamlanadi. Shu tariqa transformatorning aktiv qismi hosil qilinadi.

Transformatorlarning cho'lg'amlari yetarli elektrik va mexanik mustahkamlikka ega bo'lishi kerak. Cho'lg'amlar va ulardan chiqqan simlar izolatsiyasi kommutatsiya va atmosfera o'takuchlanishlariga buzilmasdan chidashi zarur. Cho'lg'amlar qisqa tutashuv toklari o'tishida hosil bo'lgan elektrodinamik kuchlarga bardosh bera olishi lozim. Izolatsiya yo'l qo'yilganidan ortiq qizib ketmasligi uchun cho'lg'amlarni ishonchli sovitish tizimi ko'zda tutilishi zarur.

Cho'lg'am mis yoki aluminiy simlardan yasaladi. Ma'lumki, mis kichik elektr qarshilikka ega, uni kavsharlash oson, mexanik jihatdan mustahkam, bu esa transformator cho'lg'amlarini tayyorlashda misni keng qo'llashga imkon beradi. Aluminiy arzon, zichligi kichik, ammo solishtirma qarshiligi katta bo'lganligi sababli undan cho'lg'amni tayyorlashda yangi texnologiya talab etiladi.

Hozirgi transformatorlarda cho'lg'am uchun parallel bog'lam tarzidagi alohida o'tkazgichlar o'z holatini davriy o'zgartirib turadigan transpozitsiyalangan sim qo'llaniladi. Bu elementlar o'tkazgichlar qarshiligining bir xil bo'lishini ta'minlaydi, mexanik mustahkamligini orttiradi, izolatsiya qalinligini va magnit o'tkazgich o'lchamlarini kichiklashtirish imkonini beradi.

Transformatorning izolatsiyasi uning eng muhim qismidir, chunki transformatorning ishonchli ishlashi asosan uning izolatsiyasining

ishonchliligiga bog'liq. Izolatsiyaning tuzilishi va xususiyatlari boshqa fan dasturiga muvofiq holda o'rganiladi.

Kuchlanishni rostlash uchun mo'ljallangan qayta ulagich qurilmalar va transformatorning aktiv qismi shoxobchalari bilan birga bakka joylanadi. Bakning asosiy qismlari – devorlar tagi va qopqoqdir. Bak qopqog'idan kirish simlarini, chiqarish trubasini, kengaytirgichni mahkamlovchi elementlarni, termometrlar va boshqa detallarni o'rnatish uchun foydalaniladi. Bakning devorlariga sovitgich qurilmalar, radiatorlar mahkamlanadi.

Kichik quvvatli transformatorlarda bakning tepa qismi ajraladigan qilib tayyorlanadi: chunki tuzatish ishlarida transformatorning qopqog'ini olish, so'ngra aktiv qismini bakdan ko'tarish zarur bo'ladi.

Transformator aktiv qismining massasi 25 t dan ortiq bo'lsa, u bakning tubiga o'rnatiladi, so'ngra bakning qo'ng'iroq shaklli yuqori qismi bilan yopiladi va moy quyiladi. Pastki qismi ajraladigan bunday transformatorlarning aktiv qismini chiqarish uchun og'ir yuk ko'taruvchi qurilmalarga hojat yo'q, chunki remont paytlarida moy chiqarilib, bakning yuqori qismi ko'tarilsa, cho'lg'am va magnit o'tkazgichlarga qo'l bema'lol yetadigan bo'ladi.

Transformatorning kengaytirgichi bak bilan quvur orqali tutashtirilgan silindrik idishdan iborat bo'lib, moyning havo bilan tegib turadigan sirtini kamaytirish uchun xizmat qiladi. Transformatorning baki moy bilan to'ldirilgan bo'lib, qizishdan yoki sovishdan moy hajmining o'zgarishi kengaytirgichdagi moy sathining o'zgarishiga olib keladi. Bunda havo kengaytirgichdan siqib chiqariladi yoki kamayadi. Moy namni yaxshi shimadi va agarda, kengaytirgich atmosfera bilan to'g'ridan-to'g'ri tutashgan bo'lsa, unda havoning nami moyga o'tib, uning izolatsion xossalarini keskin pasaytiradi. Buning oldini olish uchun kengaytirgich atmosfera bilan selikagelli havo quritgich orqali bog'lanadi. Selikagel so'rilayotgan havodagi namni shimadi. Yuklama keskin o'zgarib tursa, selikagelli filir havoni to'liq quritishga ulgurmaydi, natijada kengaytirgichda havoning namligi asta-sekin orta boradi. Bunday hollarda kengaytirgich orqali moyning namlanishini oldini olish uchun inert gazdan iborat yostiqli germetik bak qo'llaniladi yoki kengaytirgichdagi erkin bo'shliq maxsus elastik hajmdan keladigan inert gaz (azot) bilan to'ldiriladi. Moy-havo chegarasida maxsus parda - membrana qo'llash mumkin. Kengaytirgichda havoni termoyaxlatgichlar yordamida quritish mumkin.

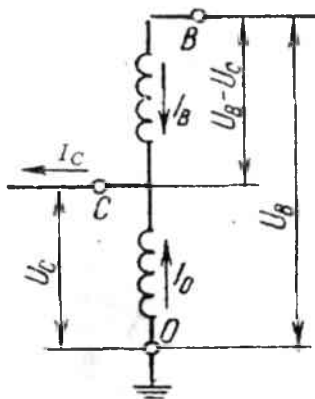
Transformatorning ishini nazorat qilib turish uchun nazorat-o'lchash va himoya qurilmalari ko'zda tutiladi. Nazorat qurilmalariga moy ko'rsatkich va termometr kiradi. Moy ko'rsatkich kengaytirgichga, termometr bakning qopqog'iga o'rnatiladi. Himoya qurilmalariga moy sathining pasayishini nazorat qilish relesi va gaz relesi kiradi.

Kuch transformatorlarning sovitish tizimi.

Transformatorning ishlashi jarayonida uning cho'lg'amlari va magnit o'tkazgichi qiziydi. Transformator qismlarining qizish chegarasini izolatsiya belgilaydi, chunki uning ishlash muddati qizish haroratiga bog'liq. Transformator quvvati qancha katta bo'lsa, sovitish tizimi shuncha intensivroq bo'lishi zarur.

Elektr mashinalaridagi singari transformatorlarning sovitish tizimlari, ulardagi ishchi massaning turi va ishlash prinsiplari ham turlicha. Hozirgi davrda turli transformatorlarda havo bilan tabiiy sovitish, moy bilan tabiiy sovitish, moyni puflash va tabiiy sirkulatsiyalash yo'li bilan sovitish, moyni puflash va sun'iy sirkulatsiyalash yo'li bilan sovitish, moy sun'iy sirkulatsiyalanigan moy-suvli sovitish tizimlaridan foydalaniladi.

8.4. Avtotransformatorlarning tuzilishi va ish rejimlarining xususiyatlari



8.6- rasm. Bir fazali avtotransformator cho'lg'amlarining sxemasi.

Keyingi o'n yillar ichida davlatimizda va chet davlatlarda katta quvvatli avtotransformatorlardan keng foydalanilmoqda. Bu ularning transformatorlarga qaraganda qator afzalliklarga ega bo'lishi bilan tushuntiriladi.

Bir fazali avtotransformator ikkita elektr bog'langan cho'lg'am OB va OC ga ega (8.6-rasm). Cho'lg'amning B va C qisqichlar orasida joylashgan qismi ketma-ket, C va O orasidagi qismi esa umumiy cho'lg'amlar deb yuritiladi.

Avtotransformator kuchlanishni pasaytirish rejimida ishlaganda ketma-ket cho'lg'amdan tok I_B o'tib magnit oqim hosil qiladi va bu

oqim umumiy cho'lg'amda I_0 tokni vujudga keltiradi. Ikkilamchi cho'lg'amning yuklanish toki I_C , cho'lg'amning galvanik (elektr) bog'lanishi sababli o'tuvchi I_B tok bilan shu cho'lg'amlarning magnit bog'lanishidan hosil bo'lgan I_0 toklar yig'indisiga teng:

$$I_C = I_B + I_0; \text{ bundan } I_0 = I_C - I_B.$$

Avtotransformatorning nominal quvvati sifatida o'zaro avtotransformatorli bog'lanishga ega bo'lgan tomonlardan birining nominal quvvati (o'tuvchi quvvat) qabul qilingan.

Avtotransformatorning birlamchi tomonidan ikkilamchi tomoniga uzatiladigan to'la quvvat uning o'tuvchi quvvati deb yuritiladi.

Agar avtotransformatorning cho'lg'amlari qarshiligidagi yo'qotishni hisobga olmasak, u holda quyidagini yozish mumkin:

$$S = U_B I_B = U_C I_C. \quad (8.6)$$

Ifodaning o'ng tomonini o'zgartirib quydagi tenglikni hosil qilamiz.

$$S = U_B I_B = [(U_B - U_C) + U_C] I_B = (U_B - U_C) I_B + U_C I_B. \quad (8.7)$$

Bunda $(U_B - U_C) I_B = S_T$ – birlamchi cho'lg'amdan ikkilamchisiga magnit yo'li bilan o'tayotgan transformator quvvati; $U_C \cdot I_B = S$ – transformatsiyasiz, galvanik bog'lanish hisobiga birlamchi cho'lg'amdan ikkilamchi cho'lg'amga o'tayotgan elektr quvvat.

Elektr quvvat umumiy cho'lg'amni yuklamaydi, chunki I_B tok OC cho'lg'amini chetlab, ketma-ket cho'lg'amdan chiqish joyi C ga o'tadi.

Nominal rejimdagi o'tuvchi quvvat avtotransformatorning nominal quvvati $S = S_{nom}$ bo'ladi, transformator quvvati esa – tipik quvvat deb yuritiladi:

$$S_T = S_{tip}. \quad (8.8)$$

Magnit o'tkazgichning o'lchamlari ham os holda uning og'irligi nominal quvvatning bir qismini tashkil etuvchi transformator (tipik) quvvati orqali aniqlanadi:

$$\frac{S_{tip}}{S_{nom}} = \frac{(U_B - U_C) \cdot I_B}{U_B \cdot I_B} = \frac{U_B - U_C}{U_B} = 1 - \frac{1}{n_{BC}} = k_{joy}. \quad (8.9)$$

bunda, $n_{BC} = U_B / U_C$ – transformatsiya koeffitsiyenti; k_{joy} – foydalilik yoki tipik quvvat koeffitsiyenti.

(8.9) ifodadan ko'rinadiki, U_B kuchlanish U_C ga qancha yaqin bo'lsa, k_{joy} shuncha kichik va tipik quvvat nominal quvvatga shuncha yaqin bo'ladi. Bundan, avtotransformatorning o'lchamlari, og'irligi,

aktiv materiallarni sarflash, nominal quvvati bir xil bo'lgan transformatorga nisbatan kamayadi degan xulosa kelib chiqadi.

Yuqoridagilardan ko'rinadiki, ketma-ket cho'lg'am quvvati:

$$S_{KK} = (U_B - U_C) \cdot I_B = S_{ip}. \quad (8.10)$$

umumiy cho'lg'am quvvati:

$$S_{\text{um}} = U_C \cdot I_0 - U_C \cdot (I_C - I_B) = U_C \cdot I_C \left(1 - \frac{1}{n_{BC}}\right) = S_{\text{nom}} \cdot k_{\text{fex}} = S_{ip}. \quad (8.11)$$

Shunday qilib, yana shuni qayd qilish mumkinki, avtotransformatorning cho'lg'ami va magnit-o'tkazgichi, ayrim hollarda hisobiy quvvat deb yuritiluvchi tipik quvvat hisoblanadi. B va C qisqichlarga qanday quvvat keltirilishiga qaramay, ketma-ket va umumiy cho'lg'amni S_{ip} dan ortiq yuklash mumkin emas. Bu xulosa, avtotransformatorning kombinatsiyalangan ish rejimlarini ko'rishda, ayniqsa, muhimdir. Bunday rejimlar avtotransformatorning cho'lg'amlari bilan faqat magnit orqali bog'langan uchinchi cho'lg'am mavjud bo'lgandagina kelib chiqadi.

Avtotransformatorning uchinchi cho'lg'ami (PK cho'lg'ami) yuklamani ta'minlash, aktiv yoki reaktiv quvvat manbalari (generatorlar va sinxron kompensatorlar) ni ulash, ayrim hollarda esa faqat uchinchi garmonik toklarni kompensatsiyalash uchun qo'llaniladi. PK cho'lg'amining nominal quvvati avtotransformatorning pasport ma'lumotlarida ko'rsatiladi.

Avtotransformatorning yuqori va o'rta kuchlanish cho'lg'amlarining quvvatlari uning nominal quvvatiga tengdir. Past kuchlanish cho'lg'amining quvvati esa, tipik quvvatga teng bo'lib, u nominal quvvatga nisbatan kichik. Shu sababli avtotransformatorni ishlatishda cho'lg'amlarini o'ta yuklanishigi yo'l qo'yilmaslik uchun uning rejimlari tekshirilib turiladi.

Avtotransformatorning aynan shu quvvatdagi transformatorlarga nisbatan *afzalligi* quyidagilardir:

- materiallar kam sarflanadi (mis, po'lat, izolatsiya materiallari);
- og'irligi va o'lchamlari kichik bo'lganligi uchun transformatorlarga nisbatan katta nominal quvvatli avtotransformatolar yaratish imkonini beradi;
- yo'qotishlar kam bo'lib, FIK katta;
- sovitish sharoitlari ancha yengil.

Avtotransformatolarning kamchiliklari: neytralini yerga mustahkam ulash zarurati bir fazali qisqa tutashuv tokining ortishiga olib keladi;

kuchlanishni rostlash jarayoni murakkab;

YuK va O'K cho'lg'amlari elektrik bog'lanishda bo'lganligi sababli atmosfera o'takuchlanishlarining o'tish xavfi tug'iladi.

8.5. 1000 V gacha kuchlanishda ishlatiluvchi apparatlar

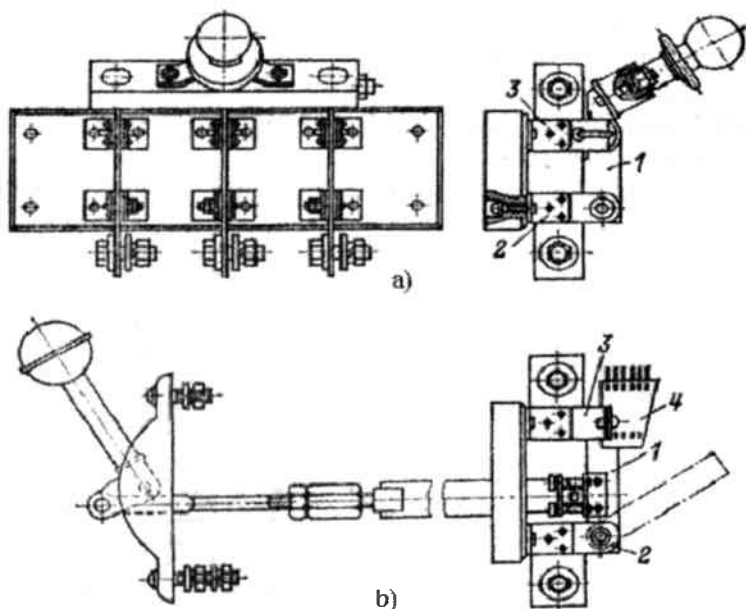
Rubilniklar va almashlab ulagichlar. Ikki (ulangan, uzilgan) holatga qo'lda harakatlantiriladigan noavtomatik uzgich *rubilnik* deb ataladi (8.7-rasm). Ikkita turli zanjirlarga navbati bilan ulash uchun xizmat qiladigan rubilnik *almashlab ulagich* deb yuritiladi.

Rubilnik va almashlab ulagichlarlar 500 V gacha bo'lgan nominal kuchlanishga bir, ikki va uch qutbli qilib ishlab chiqariladi. Yoy so'ndiruvchi qurilmasi bo'lmagan rubilniklar toksiz zanjirlarni uzish va ochiq uzilishlar hosil qilishga mo'ljallangan.

P va Π (uch qutbli) yoki PO, ΠO (bir qutbli) tipdagi markaziy dastakli rubilnik va almashlab ulagichlar 100-600 A toklar uchun ishlab chiqariladi. Rubilnikning hamma detallari izolatsion plitaga o'rnatiladi. O'tkazgichlar oldi yoki orqa tomonidan ulanish mumkin. Bunday rubilnik va almashlab ulagichlar bilan tokni uzish ruxsat etilmaydi, chunki hosil bo'ladigan yoy qisqa tutashuvga olib kelishi yoki ishlayotgan xodimlarni kuydirishi mumkin. Richag bilan harakatlantiriladigan rubilnik va almashlab ulagichlar (8.7,b-rasm) ikki tomondan xizmat ko'rsatiladigan shchitlarda keng qo'llaniladi. Bunday rubilniklar yoy so'ndiruvchi panjarali kamera (4) ga ega. Yuritma markaziy yoki yon tomondan bo'lishi mumkin. Nominal tok katta bo'lganda rubilniklar bir necha parallel pichoqlarga ega bo'ladi.

Yoy so'ndiruvchi kamera bilan jihozlangan 220 V o'zgarmas va 380 V o'zgaruvchan kuchlanish toklariga mo'ljallangan rubilniklar I_n (yuklamaning nominal toki) gacha miqdordagi tokni uza oladi. Kameronasizlari mos ravishda $0,2I_n$ va $0,3I_n$ toklarni uza oladi.

O'zgarmas tokning 440 V va o'zgaruvchan tokning 500 V ga mo'ljallangan kamerali rubilniklari $0,5I_n$ tokni uza oladi. Bunday kuchlanishda kamerasiz rubilniklar yordamida yuklama tokini uzish tavsiya etilmaydi.



8.7-rasm. Rubilnik: a) markaziy dastakli (P tipdagi), b) richag yuritmal (PTIC tipdagi),

1– pichoq, 2– qo‘zalmas kontaktlarning sharnirli stoykalari, 3– kontakt stoyka, 4– yoy so‘ndiruvchi kamera.

Paketli va kulachokli almashlab ulagichlar bir vaqtning o‘zida bir nechta elektr zanjirlarida murakkab qayta ulashlar uchun, masalan, boshqarish, o‘lchash va shunga o‘xshash zanjirlarda xizmat qiladi.

Avtomatik havoli uzgichlar (avtomatlar). Avtomatik havoli uzgichlar normal holatda ishlayotgan elektr zanjirlarni avtomatik ajratish va normal ish holatlarida, kam hollarda operativ, qayta ulash uchun xizmat qiladi. Ularda yoyni so‘ndirish uchun maxsus muhit qo‘llanilmaydi, u havoda o‘chiriladi. Shuning uchun ham havoli uzgichlar deb yuritiladi.

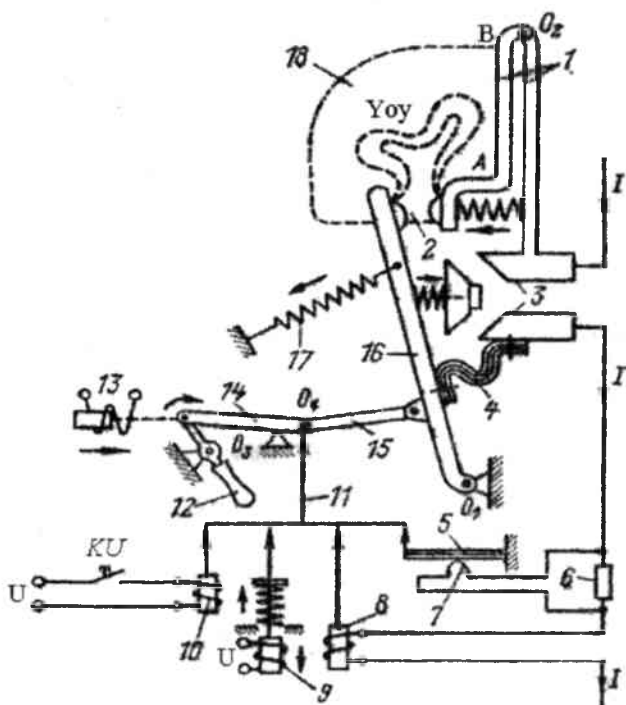
Qutblar soniga qarab avtomatlar bir, ikki va uch qutbli bo‘ladi.

Ishlash vaqti t_{ish} bo‘yicha, ya’ni tekshiriladigan parametr (tok, kuchlanish, harorat) belgilangan qiymatdan (avtomatning o‘rnatmasidan) ortish lahzasidagi vaqtdan kontaktlarning ajralish lahzasigacha bo‘lgan vaqt oralig‘iga qarab avtomatlar uch turga bo‘linadi: $t_{ish} = 0,02 - 0,1$ s bo‘lgan *normal* avtomatlar; ishlash vaqtini 1 s

gacha rostlovchi *selektiv* avtomatlar; $t_{ish} \leq 0,005s$ bo'lgan *tez ishlovchi* avtomatlar.

Avtomatlar o'zgaruvchan tokda 660 V gacha va o'zgarmas tokda 440 V gacha bo'lgan kuchlanishli zanjirlarda 6000 A gacha toklar uchun mo'ljallab ishlab chiqariladi.

Har qanday avtomat quyidagi asosiy elementlardan tashkil topgan (8.8-rasm): yoy so'ndiruvchi tizimga ega bo'lgan kontaktlar; yuritma; erkin ajratish mexanizmi; ajratkichlar; yordamchi kontaktlar.



8.8-rasm. Avtomatning asosiy qismlari: 1 – shinachalar, 2 – yoy so'ndiruvchi kontaktlar, 3 – bosh kontaktlar, 4 – elastik bog'lanish, 5 – bimetall ajratkich, 6 – qo'shimcha qarshilik, 7 – qizidrgich, 8 – maksimal ajratkich, 9 – minimal ajratkich, 10 – mustaqil ajratkich, 11 – ajratkichlar bilan mexanik bog'lanish, 12 – qo'lda ulash dastagi, 13 – elektromagnit yuritma, 14, 15 – erkin ajratish mexanizmining richagi, 16 – kontakt richag, 17 – uzuvchi prujina, 18 – yoy so'ndiruvchi kamera.

Kontaktorlar va magnitli ishga tushirgichlar. *Kontaktorlar – bu uzoqdan ta'sir etadigan apparatlar bo'lib, normal ish rejimidagi elektr zanjirlarni ko'p ulash, va uzish uchun xizmat qiladi.* Kontaktorlar 3-4000 A tokka kuchlanishining o'zgarmas tokida 220, 440, 650, 750 V va o'zgaruvchan tokida 380, 500 va 660 V ga mo'ljallab ishlab chiqariladi va soatiga 600-1500 marta ulash imkonini beradi. Kontaktorlarning ayrim maxsus seriyalari soatiga 14000 martagacha ulash imkoniyatini beradi.

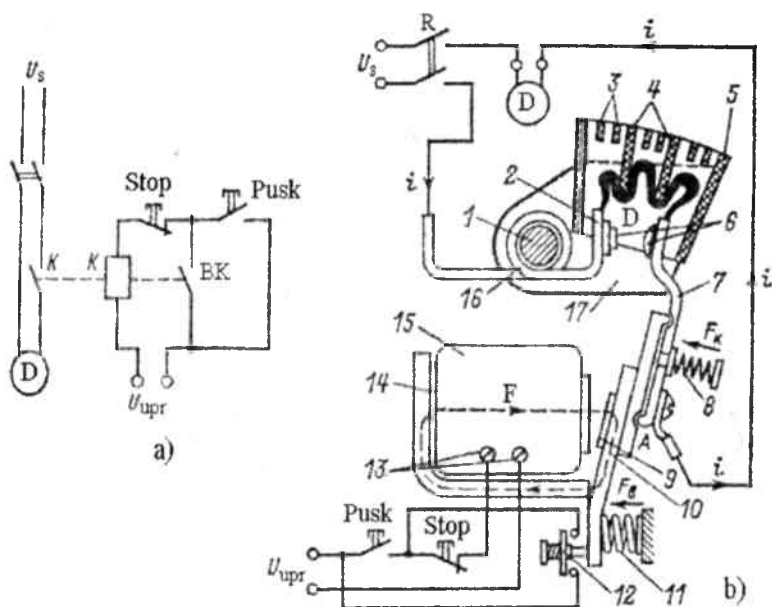
Kontakt tizimi elektromagnit yordamida ulanadigan elektromagnit kontaktorlar eng ko'p qo'llaniladi.

Kontaktorlar bosh kontaktlar tizimi, yoy so'ndiruvchi qurilma elektromagnit tizim va yordamchi kontaktlardan tashkil topgan. Kontaktorning ishlash prinsipini shartli sxemasi bo'yicha ko'rib chiqamiz (8.9-rasm). Elektr sxemasidan ko'rinadiki (8.9-rasm, a), kontaktorning bosh kontaktlari K dvigatel D zanjiriga ulangan, g'altak esa yordamchi kontaktlar BK hamda ishga tushirish «Pusk» va to'xtatish «Stop» tugmachalari ketma-ket ulangan zanjiridan iborat.

Kontaktorning shartli konstruktiv sxemasida (8.9-rasm, b) o'zak (14) ga o'rnatilgan g'altak (15) dagi kuchlanish uzilgan va harakatlanuvchi tizim prujina (11) ta'sirida normal holatga kelgan vaziyat tasvirlangan. Kontaktlar (2) va (7) orasida hosil bo'ladigan yoy izolatsion to'siqlar (4) bilan kamera (5) da so'nadi. Yoy kameraga magnit tizim hosil qilgan magnit maydon hisobiga tortiladi va u bosh zanjirga ketma-ket ulangan g'altak (16) dan, po'lat o'zak (1) va qutb uchliklar (17) dan tashkil topgan. Kameradan chiqish joyida, ionlashgan gazlarning kamera tashqarisiga chiqishiga to'sinlik qiladigan yoy so'ndiruvchi panjara (3) o'rnatilgan.

Kontaktorni ulash uchun g'altak qisqichiga ishga tushirish tugmachasi «Pusk»ni bosish yo'li bilan kuchlanish beriladi. G'altakda magnit oqim F hosil bo'ladi va u yakor 10 ni o'zakka tortadi. Yakorda harakatlanuvchi kontakt (7) mahkamlangan bo'lib, u qo'zg'almas kontakt (2) ga tekkandan keyin, uning ustida sirpanadi va kontaktlar sirtidagi oksid plyonkani buzadi. Kontaktlarda bosim kuchi prujina (8) yordamida hosil bo'ladi. Kumushdan tayyorlangan kontakt ustqo'ymalar (6) o'tish qarshiligining minimal bo'lishini ta'minlaydi. Ayrim hollarda ustqo'ymalar yoyga chidamli metallokeramikadan tayyorlanadi. Kontaktor ulangan vaziyatda o'zining g'altagi ulangan holda ushlab turiladi. Kontaktor ulangandan so'ng yordamchi kontaktlar (12) (BK)

ishga tushirish tugmachasi «Pusk»ni shuntlaydi, shuning uchun ishga tushirish tugmachasining ajralishi g'altak (15) (K) zanjirini uzmaydi.



8.9-rasm. Kontaktorning shartli sxemasi: a) – bir qutbli kontaktorning elektr sxemasi; b) – shartli konstruktiv sxemasi.

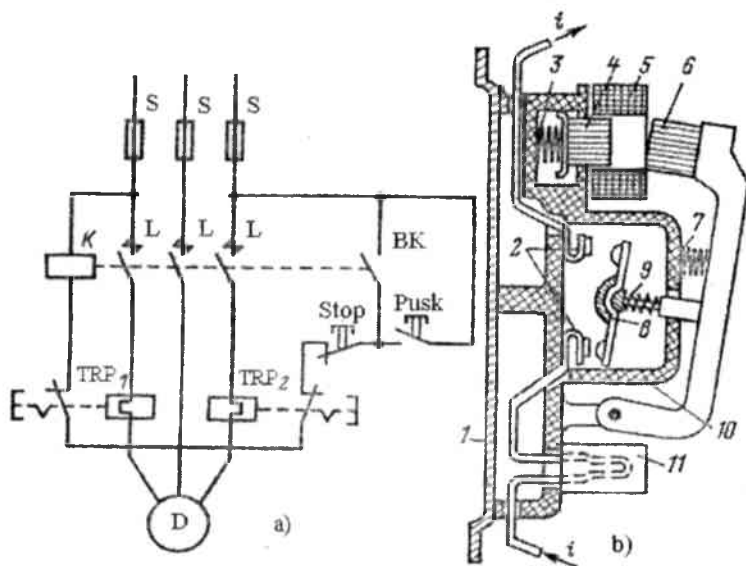
Yakor (10) da temirdan tayyorlangan nomagnit qistirma (9) bo'lib, u o'zakdagi qoldiq (4) induksiyadan hosil bo'ladigan tortish kuchini kamaytiradi. Shunday qilib, g'altak (15) dan kuchlanish olinganda yakor yopishib qolmaydi. Boshqarish zanjiridagi kuchlanish ancha kamayganda, shuningdek, u yo'qolganda kontaktor avtomatik ravishda uziladi.

Zamonaviy kontaktorlar yopiq plastmassa korpusda (KTU seriyasi) ishlab chiqariladi.

Kontaktorlar qurilmani normal bo'lmagan rejimlar (o'tayuklanish, q.t. toklari) dan muhofazalay olmaydi, shuning uchun ular avtomatik boshqarish sxemasida normal bo'lmagan rejimni sezadigan va elektromagnit g'altakning zanjirini uzadigan maxsus rele bilan birgalikda qo'llaniladi.

Magnitli ishga tushirgichlar – bu odatda, uch qutbli kontaktordan, o'rnatilgan issiqlik relelaridan va yordamchi kontaktlardan tashkil

topgan qurilmadir. Ular quvvati 75 kVt gacha bo'lgan uch fazall elektr dvigatellarni boshqarish uchun xizmat qiladi.



8.10-rasm. ПА tipli magnitli ishga tushirgich. a) – elektr sxemasi;
b) – konstruktiv sxemasi.

Magnitli ishga tushirgichning konstruktiv va elektr sxemasi 8.10-rasmda ko'rsatilgan. Ishga tushirish tugmachasi «Pusk» bosilganda, to'xtatish tugmachasi «Stop» va issiqlik relolari TRP₁, TRP₂ larning ajraladigan kontaktlari orqali kontaktor K (5) ning g'altagiga tok beriladi. Elektromagnitning yakori o'q O₁ atrofida aylanib, o'zak (4) ga tortiladi. Bunda qo'zg'almas kontaktlar (2) qo'zg'aluvchan kontakt ko'prigi (8) bilan tutashadi. Kontaktlardagi bosim kuchi prujina (9) yordamida amalga hosil qilinadi. Bir vaqtda yordamchi kontaktlar BK (8.10-rasm, a) tutashib, ular ishga tushirish tugmachasi «Pusk»ni shuntlaydi. Elektr dvigatelida yuklama ortganda issiqlik relolari (11) ning ikkalasi yoki bittasi ishga tushadi, g'altak zanjiri TRP₁ va TRP₂ kontaktlari orqali uziladi. Bunda yakor 6 o'zak orqali boshqa ushlab turilmaydi va o'zining xususiy og'irligi hamda prujina (7) ta'sirida qo'zg'aluvchan tizim kontaktlarini ajratib, uzilgan holatga o'tadi. Har bir fazadagi ikki marta (ikki joyda) uzilish va yopiq kamera (10)

hisobiga yoyning so'nishi maxsus qurilmasiz ta'minlanadi. To'xtatish tugmachasi «Stop» bosilganda ham ishga tushirgich xuddi kontaktor kabi uziladi.

Amortizatsiyalaydigan prujina (3) ulash vaqtida qo'zg'aluvchan qismni keskin zarblardan saqlaydi. Ishga tushirgichning hamma detallari metall asos (1) ga mahkamlanadi.

Dvigatelni qisqa tutashuvdan muhofaza qilish uchun zanjirga saqlagichlar qo'yiladi.

8.6 Saqlagichlar

Saqlagich – elektr zanjirda qisqa tutashuv yoki o'ta yuklanish yuz berganda uni avtomatik tarzda bir marta uzish uchun xizmat qiluvchi qurilmadir. Zanjirni saqlagich vositasida uzish eruvchan quymaning erishi orqali amalga oshadi. Eruvchan quyma o'zidan muhofazalanuvchi zanjirning o'ta yuklanish yoki qisqa tutashuv toki o'tganda qizib eriydi. Zanjir uzilgandan so'ng eruvchan qo'yma almashtirilishi lozim.

Tuzilishining soddaligi va arzonligi sababli eruvchan saqlagichlar sanoat elektr qurilmalarida, elektr stansiyalar va podstansiyalarda, turmushda keng qo'llaniladi. Ular turli tuzilishlarga ega bo'lishi va milliamperdan minglab ampergacha toklarga mo'ljallanishi mumkin. Har qanday saqlagichning asosiy elementi bo'lib: korpus, eruvchan quyma, kontakt qism, yoy so'ndiruvchi qurilma yoki yoy so'ndiruvchi muhit hisoblanadi.

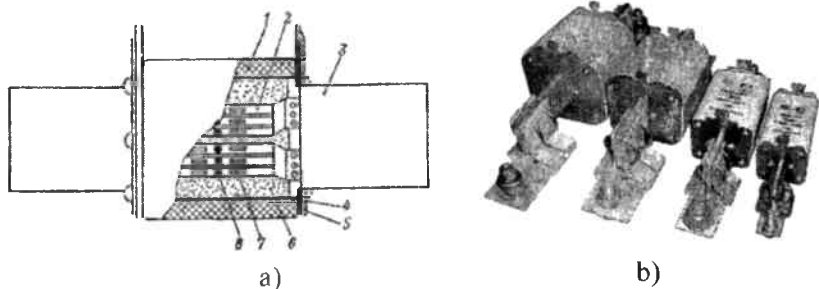
Saqlagichlar eruvchan quymaning nominal toki bilan, ya'ni eruvchan quyma uzoq ishlashi uchun hisoblangan maksimal tok bilan xarakterlanadi. Saqlagichning birgina korpusiga turli nominal toklarga mo'ljallangan eruvchan quymalar o'rnatilishi mumkin, shuning uchun muayyan saqlagich nominal toki bilan xarakterlanib, u shu konstruksiyadagi saqlagich uchun mo'ljallangan eruvchan quymalarning nominal toklari ichida eng kattasiga teng.

Erish vaqtining tokka bog'lanishi saqlagichning vaqt-tok xarakteristikasi deb yuritiladi.

Saqlagich ishlay boshlashidagi minimal tok – chegara toki deb yuritiladi. Shuningdek, hech qanday shikastlanish yoki deformatsiya sodir bo'lmasdan saqlagich uzishi mumkin bo'lgan eng katta tok uzishning chegara toki deb yuritiladi.

1000 V gacha kuchlanishga mo'ljallangan saqlagichlar. Yopiq qismlarga ajraladigan to'ldirgichsiz patronli ПР-2 tipdagi saqlagichlar

220 va 500 V kuchlanishga va ularning patronlari 15-1000 A tokka mo'ljallab ishlab chiqariladi. Uzishning chegara toki nominal tokka bog'liq bo'ladi va 1200-2000 A oralig'ida bo'ladi.



8.11- rasm. ПН2 tipdagi saqlagich: a) – tuzilishi;

b) – umumiy tashqi ko'rinishi:

- 1 – chinni qobiq, 2 – eruvchan quyma; 3 – kontakt pichoqlar;
4 – qopqoq; 5 – siquvchi tiqin, 6 – kvarsli qum; 7 – qirqimlar;
8 – qurg'oshin .

100 A va undan yuqori tokka mo'ljallangan PR-2 tipdagi saqlagichlarning patroni qalin devorli fibrali quvurchadan iborat. Bu quvurchaga uning yorilishini oldini oluvchi **jez** vtulkalar kiydiriladi. Vtulkaga qalpoqchalar burab o'rnatiladi. Eruvchan quymalar davomida har xil endagi uchastkalari bo'lgan plastinka ko'rinishida ruxdan tayyorlanadi. Uning toraygan uchastkasida keng uchastkasidagiga qaraganda ko'p issiqlik ajralib chiqadi. Nominal tokda ortiqcha issiqlik ruxning issiqlik o'tkazishi hisobiga keng uchastkalariga o'tadi, shuning uchun quymaning hamma qismi bir xil haroratda bo'ladi. Qisqa tutashuv toklarida tor uchastkalar shunchalik tez qiziydiki, bunda issiqlik deyarli uzatilib ulgurmaydi. Natijada quyma bir vaqtda hamma yoki bir nechta tor uchastkalarda kuyadi (eriydi).

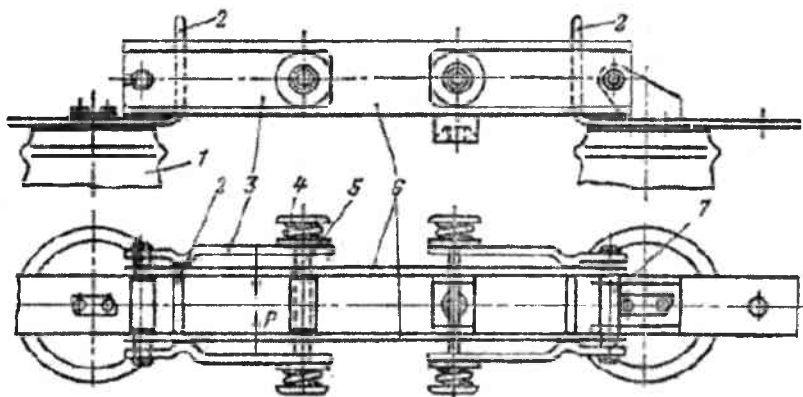
1000 V dan yuqori kuchlanishga mo'ljallangan saqlagichlar. Yuqori kuchlanishga mo'ljallangan saqlagichlar ham 1000 V gacha kuchlanishga mo'ljallangan saqlagichlar kabi vazifam bajaradi va ulardek ishlash prinsipiga ega.

Mayda donli to'ldirgichli PK tipdagi saqlagichlar 3, 6, 10, 35 kV kuchlanishga va mos ravishda 400, 300, 200 va 40 A nominal toklarga mo'ljallab ishlab chiqariladi. Bunday saqlagichlar tokni cheklash

kontaktlar qutisimon kesimda, ajratkich pichog'i, esa tog'ora shaklda tayyorlanadi.

Kesuvchi tipdagi ajratkichlarda pichoq qo'zg'almas kontaktlardan birining atrofida aylanadi, pichoqqa harakat chinni tortqi orqali valdan uzatiladi.

Kontaktlarda kerakli bosim prujinalar orqali hosil qilinadi.



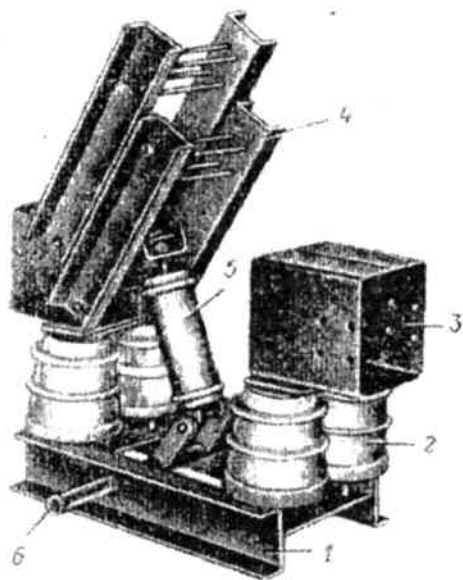
8.12- rasm. Kesuvchi tipdagi ajratgichlarning kontakt tizimi.

Kesuvchi tipdagi ajratkichlar kontakt tizimining tuzilishini ko'rib chiqamiz (8.12-rasm). Izolator (1) da to'g'ri burchak ostida bukilgan mis shina mahkamlangan bo'lib, u qo'zg'almas kontakt (2) hisoblanadi. Kontakt (2) ning yon tomonlari silindrik sirt ko'rinishida ishlangan, shuning uchun pichoq (6) plastinalari bilan chiziqli kontakt hosil qiladi. Sterjen (5) ga o'rnatilgan prujinalar (4) po'lat plastinalar Z ni bosadi, plastinalar chiqqan joylari bilan pichoqlarni qo'zg'almas kontaktga siqadi. Kontaktda bosim qancha katta bo'lsa, o'tish qarshiligi shuncha kichik bo'ladi, lekin uzishlar va ulashlardagi ishqalanish hisobiga kontaktlar yeyilishi va amallarni bajarish paytida ajratkichning harakatlanuvchi qismlarini yurgizish uchun katta kuch talab etiladi.

Qisqa tutashuv toklarining o'tishi paytida tokning pichoq plastinalaridan kontaktlarga o'tish joylarida elektrodinamik kuchlar hosil bo'ladi. Ular kontaktdan pichoqlarni itarishga harakat qiladi. Boshqa tomondan, pichoq plastinalari bir tomonga yo'nalgan toklarning o'zaro ta'siri sababli bir-biriga tortiladi. Qisqa tutashuv toklari katta bo'lganda itarish kuchlari plastinalar pichoqlarining tortish kuchidan katta bo'lishi

mumkin. Bu o'z navbatida plastinalar pichoqlarini kontaktdan otilib chiqishiga, yoyning paydo bo'lishiga, ya'ni avariya sodir bo'lishiga olib keladi. Buning oldini olish uchun, ajratkichlarda magnit qulf qurilmasi ko'zda tutiladi. U pichoq tashqarisiga joylashgan ikkita po'lat plastinalar (3) dan iborat bo'lib, birinchidan, prujinalar bosimini uzatish uchun xizmat qilsa, ikkinchidan, qisqa tutashuv toklaridan magnitlanib bir-biriga tortiladi va kontaktda qo'shimcha bosim hosil qiladi. Ikkinchi izolatoridagi ajratkichning kontakt tizimi ham shunday konstruksiyaga ega, faqat kontaktlar sirpanuvchi, sharnirli, lekin ajralmaydigan bo'ladi, chunki pichoq o'q (7) atrofida aylanadi.

Yerga tutashtiruvchi pichoqlar bo'lsa, ular sharnirli yoki ajraluvchi kontaktlar tomonida yoki ikkala tomonda joylashishi mumkin. Uch qutbli qurilmalarda, ular umumiy mis shinalar bilan qisqa tutashtiriladi.



8.13-rasm. Kesuvchi tipdagi PBK-20/6000 rusumli ajratkich: 1 – rama; 2 – ustun izolator; 3 – qo'zg'almas kontakt; 4 – pichoq; 5 – chinni tortqi; 6 – val.

Yerga tutashtiruvchi pichoqlar, bosh pichoqlar ulangan holatda, ularni ulanishiga yo'l qo'ymaydigan mexanik blokirovkaga ega. Yerga tutashtiruvchi pichoqlarni boshqarish uchun, harakatni dastadan valga

uzatuvchi richaglar (ПР) tizimidan yoki chervyakli (ПЧ) oddiy qo'l yuritmasidan foydalaniladi. Bosh pichoqlarni ulash yoki uzish bu amallarni masofadan amalga oshirish imkonini beradigan elektr dvigatel yuritmasi (ПДБ) tomonidan amalga oshiriladi.

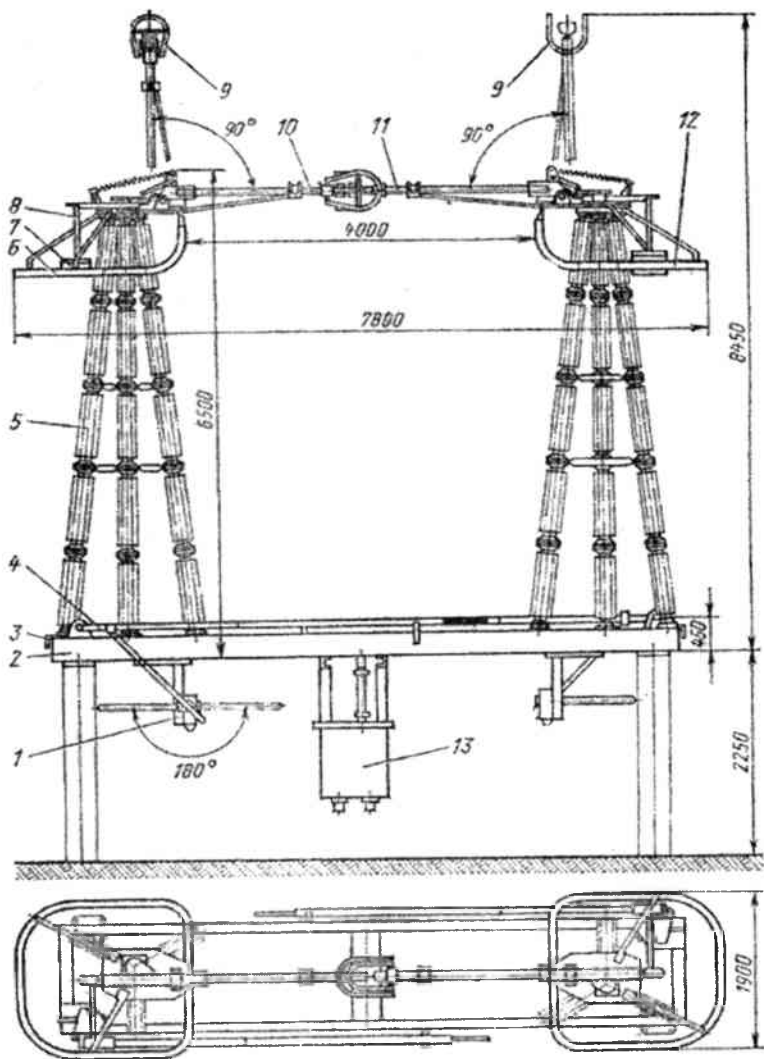
O'z-o'zidan uzilish yoki ulanishni bartaraf etish uchun ajratkich mos holatda yuritmaning richaglar tizimi yordamida ishonchli tutib turiladi.

Komplekt ekranlangan tok o'tkazuvchi qurilmalar uchun pichog'i ilgarilama harakat qiladigan ayianuvchi; chervyakli yuritma bilan boshqariladigan qirquvchi; 3P tipidagi yerga tutashtiruvchi ajratkichlar qo'llaniladi.

Tashqi qurilma uchun ajratkichlar. Ochiq taqsimlash qurilmalariga o'rnatiladigan ajratkichlar tegishli izolatsiyaga ega bo'lishi va o'z vazifasini atrof-muhit sharoitlari noqulay bo'lganda ham ishonchli bajarishlari shart.

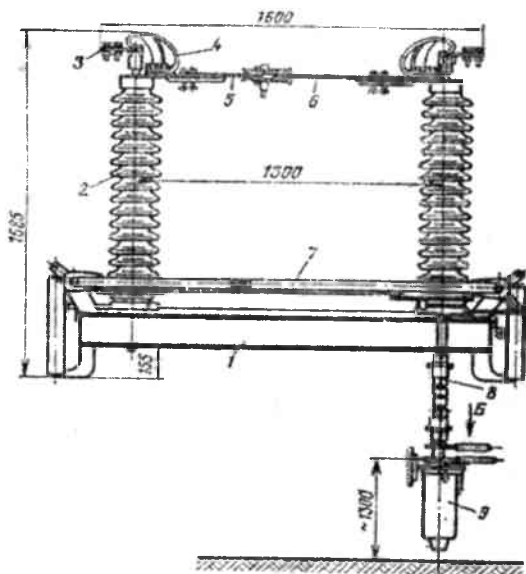
O'z vaqtida *kesuvchi tipidagi ajratkichlar* keng qo'llanilar edi. Ularning kamchiligi bo'lib pichoqni uzgan holatidagi gabaritining kattaligi hisoblanadi. Masalan, POH (3)-500/2000 ajratkichining pichog'i ko'tarilganda balandligi 9,8 m ga yetadi. Pichoqni ko'tarishda sarflanadigan kuchni kamaytirish, shuningdek, balandligi bo'yicha gabaritlarini kichiklashtirish uchun ajratkichning pichog'i ikki qismdan iborat qilib yasaladi. Ikkita yarim pichoqlari vertikal harakatlanadigan shunday (PHB-500) ajratkich 8.14-rasmda ko'rsatilgan. Uning uzilgan holatdagi balandligi 8,45 m. Ajratkich ikkita yerga tutashtiruvchi pichoqqa ega bo'lib, bosh pichoqlar yuritmasi – elektr dvigatelli (ПДН), yerga tut. shtiruvchi pichoqlar qo'lda harakatlantiriladi.

Gorizontal burilma tipdagi ajratkichlar 10-750 kV kuchlanishga mo'ljallab ishlab chiqariladi. Bu ajratkichlarning keng qo'llanilishiga sabab, ular gabaritining ancha kichikligi va boshqarish mexanizmining soddaligidir. Bu ajratkichlarda bosh pichoq PHB ajratkichlariga o'xshash ikki qismdan iborat, biroq ular ustun izolatorlari kolonkalariga o'rnatilgan bo'lib, kolonkalar burilganda gorizontal tekislikda harakatlanadi. Qutblardan biri yetaklovchi bo'lib, unga yuritma ulangan. Boshqa ikkita qutblar (yetaklanuvchi) ga harakat tortqichlar orqali uzatiladi. Ajratkichlar bir yoki ikkita yerga tutashtiruvchi pichoqqa ega bo'lishi mumkin. Ajratkichning kontakt qismi, pichoqlardan birining uchiga mahkamlangan lamellar va boshqa pichoqning oxiridagi kontakt sirtidan iborat. Ulanganda pichoq lamellar orasiga kiradi. Kontaktda bosim prujinalar yordamida hosil qilinadi.



8.14-rasm. Vertikal-aylanuvchi PHB-500 tipidagi tashqi qurilma uchun ajratgich: 1-yerga tutashtiruvchi pichoqlarning yuritish mexanizmi; 2-rama; 3-yerga tutashtiruvchi shina; 4-yerga tutashtirish pichog'i; 5-izolator; 6,9,12-ekranlar (to'siqlar); 7-kontakt; 8-biriktiruvchi shina; 10-lamelli bosh pichoq; 11-kurakchali bosh pichoq; 12-ПДН yuritmasi.

Gorizontaal burilma ajratkichlarida pichoq uzilgandan so'ng u ikki qismga go'yo singandek ajraladi. Shuning uchun ularda kontaktlar muzlangan hollarda yuritmaning ishi ancha osonlashadi. Kesuvchi tipdagi ajratkichlarda esa muz qatlamini buzish uchun pichoqqa ilgarilama-aylanma harakat berilganligi sababli yuritma kinematikasi murakkablashadi.



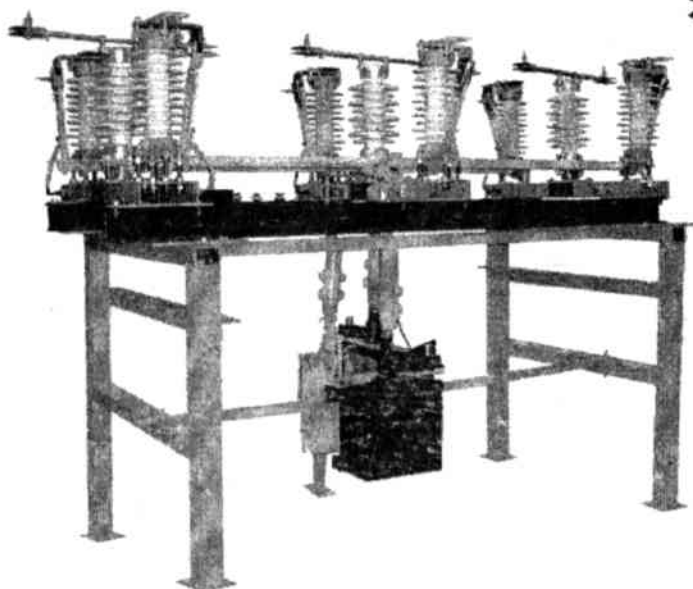
8.15- ras . Gorizontaal aylanuvchi ПНД 3-2-110/2000 tipdagi ajratgich (ulangan holatda):

1 – rama; 2 – tayanch izolator; 3 – shinalarni ulovchi bolt; 4 – elastik bog'lama; 5,6 – lamelli bosh pichoq; 7 – yerga tutashtiruvchi pichoqlar; 8 – tortqi; 9 – yuritma.

Keng qo'llanilgan ПЛНД tipdagi gorizontaal burilma ajratkichlar hozirgi paytda konstruksiyasi takomillashgan ПНД va ПНД (3) (ikki kolonkali yerga tutashtiruvchi pichoqlari bo'lgan, tashqi qurilma uchun mo'ljallangan) tipdagi ajratkichlar bilan almashtirilmoqda. 330-750 kV kuchlanishga mo'ljallangan ajratkichlarda kontaktlarni to'sib turuvchi muzdan saqlovchi qoplama mavjud.

Ajratkichning yuritmasi ham uzilgan, ham ulangan holatda ishonchli qulflanuvchi trosli elektr lebedkadan iborat. Yuritma

ajratkichning o'z-o'zidan ulanib qolishidan saqlovchi tormozlash qurimasiga ega.



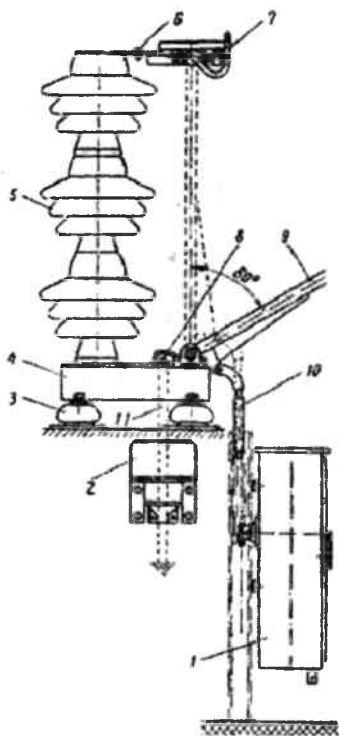
8.16- rasm. Zamonaviy ПГД-35 rusumli ajratgich.

8.8. Qisqa tutashtirgich va bo'lgichlar

Qisqa tutashtirgich – bu kommutatsion apparat bo'lib, elektr zanjirida sun'iy qisqa tutashuvni hosil qilish uchun xizmat qiladi.

Qisqa tutashtirgichlar ta'mimlovchi uzatish liniyasining releli himoyasi ta'sirida sun'iy qisqa tutashuv hosil qilinganidan so'ng shikastlangan transformatorni uzish uchun podstantsiyalarning soddalashtirilgan sxemalarida qo'llaniladi.

35 kV li qurilmalarda qisqa tutashtirgichning ikkita qutbi qo'llanilib, ular ishga tushganda sun'iy ravishda ikki fazali qisqa tutashuv hosil bo'ladi. Neytrali yerga tutashtirilgan (110 kV va undan yuqori kuchlanishli) qurilmalarda qisqa tutashtirgichlarning bir qutbi qo'llaniladi. Qisqa tutashtirgich yuritmasi kuchlanish ostidagi qo'zg'almas kontaktga yerga tutashtirilgan pichoqning ulanishini ta'minlaydigan prujinaga ega. Yuritmaning ishlashi uchun rele



8.17-rasm. KT-110 qisqa tutashtirgichning umumiy ko'rinishi: 1-yuritma, 2-tok transformatori, 3-izolator, 4-asos, 5-izolatorlar ustuni, 6 va 8-qisqichlar, 7-yuqori kontakt, 9-pichoq, 10-izolatsiyalovchi element, 11-yerga ulovchi shina.

bermaydi.

Ochiq konstruksiyali bo'lgich va qisqa tutashtirgichlar noqulay ob-havo sharoitlarida (qor, yaxlash) yetarli darajada ishonchli ishlamaydi. Bunday hollarda yopiq kameralarda joylashgan kontakt tizimiga ega bo'lgan bo'lgich va qisqa tutashtirgichlardan foydalaniladi.

himoyasidan impuls beriladi. Ularni uzish qo'lda bajariladi. Qisqa tutashtirgichni ulashda yoy hosil bo'lishi va apparatning buzilishini oldini olish uchun pichoqning katta tezlikda harakatlanishini ta'minlash zarur. Hozirga qurilmalarda qisqa tutashtirgichni ulash vaqti 0,4-0,5 s ni tashkil etadi.

Bo'lgich tashqi ko'rinishi jihatidan ajratkichdan farq qilmaydi, lekin unda uzish uchun prujinali yuritma mavjuddir. Bo'lgichni ulash qo'lda bajariladi. Bo'lgichlar, ajratkichlar singari, bir yoki ikki tomondan yerga tutashtiruvchi pichoqlarga ega bo'lishi mumkin. Mavjud qurilmalardagi bo'lgichlarning uzish vaqti 0,5-1 s ni tashkil etadi.

Bo'lgichlar, ajratkichlar singari, toksizlangan zanjirni yoki transformatorning magnitlovchi tokini uzishi mumkin, biroq qisqa tutashtirgichning

ishga tushishidan hosil bo'lgan qisqa tutashuv tokini bo'lgichlar uzishi mumkin emas. Shu sababli bo'lgich va qisqa tutashtirgichlarning boshqarish sxemalarida blokirovka mavjud bo'lib, u qisqa tutashtirgich zanjiriga o'rnatilgan tok transformatori orqali tok o'tganda bo'lgichni uzishga imkon

8.9. Yuqori kuchlanish uzgichlari

Uzgichlar elektr qurilmalarida asosiy kommutatsion apparat hisoblanib, istalgan holatlarda: uzoq muddatli yuklamada, o'ta yuklanishda, qisqa tutashuvda, salt ishlashda, asinxron ishlashda zanjirlarni ulash va uzish uchun xizmat qiladi. Qisqa tutashuv toklarini uzish va mavjud qisqa tutashuvga ulash eng og'ir mas'uliyatli amal hisoblanadi.

Yuqori kuchlanish uzgichlariga quyidagi talablar qo'yiladi:

– o'rnatilgan zanjirida istalgan kattalikdagi toklarni ishonchli uzish;

– tez ishlash, ya'ni uzish vaqtining kichik bo'lishi;

– avtomatik qayta ulash uchun yaroqliligi, ya'ni uzgichlar uzilgan zahoti tez qayta ulash;

– 110 kV va undan yuqori kuchlanish uzgichlari uchun faza (qutb) bo'yicha boshqarish imkoniyatining mavjudligi;

– kontaktlarini kuzatish va nazorat qilishning qulayligi;

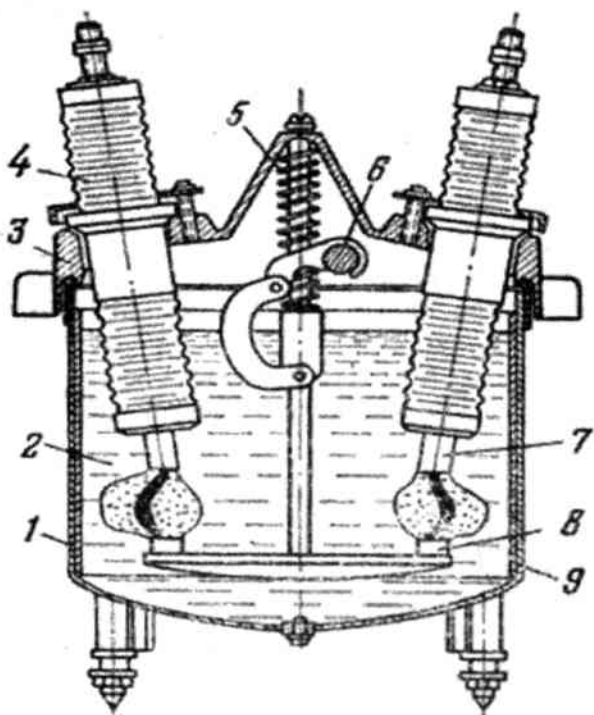
– yong'in va portlashga qarshi xavfsizligi;

– tashish va uni ishlatishning qulayligi.

Moyli bakli uzgichlar. Moyli bakli uzgichiardagi moy yoyini so'ndirish va tok o'tkazuvchi qismlarni izolatsiyalash uchun xizmat qiladi.

1- kV gacha bo'lgan kuchlanishlarda (35 kV gacha bo'lgan ayrim uzgichlarning turlarida) uzgich bitta bakka ega bo'lib, unda uchala fazaning hamma kontaktlari joylashtiriladi, kuchlanish katta bo'lganda esa har bir faza alohida baklarda o'rnatiladi.

8.18-rasmda yoyini so'ndirish uchun maxsus qurilmaga ega bo'lmagan moyli bakli uzgichning sxemasi ko'rsatilgan. Unda yoyini so'ndirish uchun maxsus qurilma bo'lmaganligi sababli, uzish qobiliyati yuqori emas. Bunday uzgichlar 6-10 kV kuchlanishli qurilmalarda qo'llaniladi. 35 kV va undan yuqori kuchlanishli tashqi qurilmalar uchun moyli bakli uzgichlarning tuzilishi soddaligi sababli, ular hozirgi paytda ham yetarli darajada keng qo'llanilib kelinmoqda. Ularda maxsus o'chirish kameralari ham mavjud.



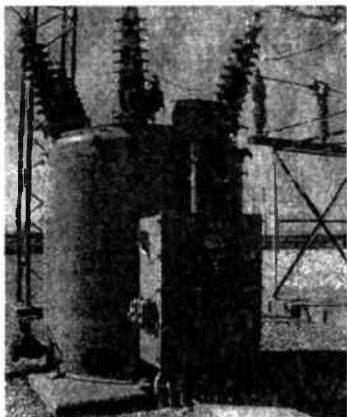
8.18-rasm. Moyli-bakli uzgichning sxematik kesimi: 1 – po‘lat bak; 2 – moy; 3 – qopqoq; 4 – chiquvchi izolatorlar; 5 – uzuvchi prujina; 6 – uzgich val; 7 – qo‘zg‘almas kontaktlar; 8 – qo‘zg‘almas kontaktlar (traverslar); 9 – bak devorlarining izolatsiyasi.

Ishlash prinsipi bo‘yicha yoy so‘ndiruvchi qurilmalarni uch guruhga bo‘lish mumkin:

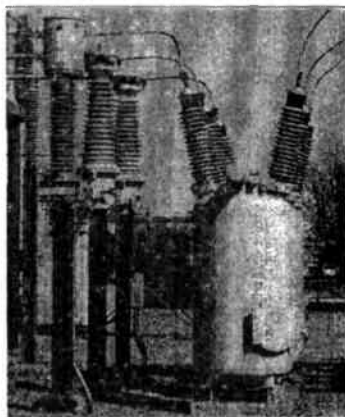
- yoy zonasida gazning katta tezlikda harakatlanishi va yuqori bosimning hosil bo‘lishi yoyda ajraladigan energiya hisobiga ta‘minlanadigan avtopuflagichli yoy so‘ndiruvchi qurilmalar;

- yoy zonasiga moy maxsus gidravlik mexanizm yordamida yuboriluvchi majburiy puflash liniyasiga ega bo‘lgan yoy so‘ndiruvchi qurilmalar;

- magnit maydoni ta‘sirida yoy tor kanal tirqishlariga yo‘naltirilish orqali so‘ndiriluvchi magnatli yoy so‘ndiruvchi qurilmalar.



a)



b)

8.19- rasm. Zamonaviy moyli bakli uzgichlarning tashqi kurinishi:
a) – uchala faza bitta bakda joylashgan; b) – fazalar alohida baklarda
joylashgan.

Moyli bakli uzgichlarning asosiy afzalliklari: tuzilishining soddaligi; tashqi qurilmalar uchun ham yaroqliligi; joylashtirilgan tok transformatorlarining mavjudligi.

Moyli bakli uzgichlarning kamchiliklari: protlash va yong'in sodir bo'lishi jihatidan xavfliligi; bakdagi va kirgichlardagi moy holati va satbini davriy nazorat qilib turish zarurligi; ko'p hajmdagi moyning talab etilishi; xonaning ichida o'rnatish mumkin emasligi; tez ta'sir etuvchi AQUni ishlatish mumkin emasligi; metall sarfining ko'pligi; massasi va gabaritining kattaligi sababli bir joydan ikkinchi joyga olib borish, montaj qilish va sozlashning noqulayligi.

Kam moyli uzgichlar. Kam moyli uzgichlar hamma kuchlanishdagi yopiq va ochiq taqsimlovchi qurilmalarida keng qo'llaniladi. Bu uzgichlarda moy asosan yoyni so'ndiruvchi sifatida ishlatilib, faqat ajratilgan kontaktlar orasida qisman izolatsiya muhiti bo'lib xizmat qiladi. Tok o'tkazuvchi qismlari bir-biridan va yerga tutashtirilgan qismlardan chinni yoki boshqa qattiq izolatsiyalovchi materiallar yordamida izolatsiyalanadi. 35 kV va undan yuqori kuchlanishli kam moyli uzgichlar chinni korpusga ega bo'ladi. 6-10 kV kuchlanishli osma tipdagi uzgichlar keng tarqalgan. Bu uzgichlarda uchala qutblar uchun korpus chinni izolatorlarda umumiy ramaga mahkamlanadi. Har bir

qutbda kontaktlarning bitta uzilishi va yoy so'ndiruvchi kamera nazarda tutiladi.

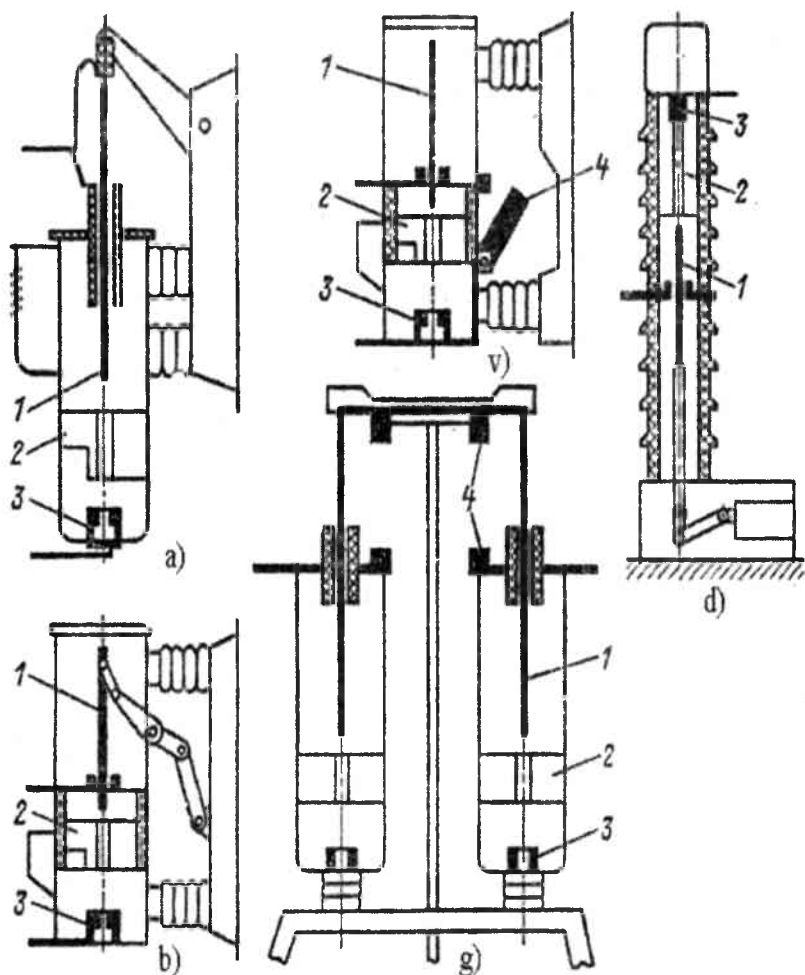
8.20,a-rasmda BMГ-10 tipdagi kam moyli uzgichning konstruktiv sxemasi ko'rsatilgan. 8.20,b-rasmda esa BMII tipdagi kam moyli osma uzgichning konstruktiv sxemasi tasvirlangan. Katta nominal toklarda bir juft kontaktlar (ular ishchi va yoy so'ndiruvchi vazifasini bajaradi) bilan kifoyalanish qiyin, shuning uchun uzgichning tashqarisiga ham kontaktlar, metall bak ichiga esa yoy so'ndiruvchi kontaktlar o'rnatiladi (8.20,d-rasm). Uziladigan tok katta bo'lganda har bir qutbga ikkitadan yoy so'ndiruvchi uzilish joyi mavjud bo'ladi (8.20,o-rasm). Shu sxema asosida MГГ va MГ seriyadagi 20 kV va undan kichik kuchlanishli uzgichlar ishlab chiqariladi. 35 kV va undan yuqori kuchlanishli uzgichlarning korpusi chinnidan tayyorlanadi (8.20,f-rasm). 35, 110 kV uzgichlarda har bir qutbga bitta uzilish bo'lib, katta kuchlanishlarda ikki va undan ortiq uzilish bo'ladi.

Kam moyli uzgichlarning afzalliklari: talab etiluchi moy miqdorining kamligi; massasi va gabaritining kichikligi; yoy so'ndiruvchi kontaktlarga borishning moyli bakli uzgichlardagiga nisbatan ancha qulayligi; unifikatsiyalangan tugunlarni ishiatish orqali turli kuchlanishlarga uzgichlarni turli seriyalarini yaratish imkonining mavjudligi.

Kam moyli uzgichlarning kamchiliklari: portlash va yong'in xavfining mavjudligi (bakli uzgichlardagiga nisbatan ancha kam bo'lishiga qaramasdan); tez ta'sir etuvchi AQU ni amalga oshirish mumkin emasligi; moyni davriy tarzda nazorat qilib, kamini quyib to'ldirib turish va yoy so'ndiruvchi baklardagi moyni nisbatan tez-tez almashtirib turish zarurligi; o'rnatiluvchi tok transformatorlarini joylashtirishning noqulayligi; uzish qobiliyatining nisbatan pastligi.

Kam moyli uzgichlarning qo'llanilish sohasi – 6, 10, 20, 35 va 110 kV kuchlanishli stansiya va podstansiyalarning yopiq taqsimlash qurilmalari; 6, 10, va 35 kV kuchlanishli komplekt taqsimlash qurilmalari; 35 va 110 kV kuchlanishli ochiq taqsimlash qurilmalari.

Havoli uzgichlar. Havoli uzgichlarda yoy siqilgan havo yordamida so'ndiriladi, tok o'tkazuvchi qismlar yoy so'ndiruvchi qurilmadan chinni yoki boshqa izolatsiyalovchi materiallar bilan izolatsiyalanadi.



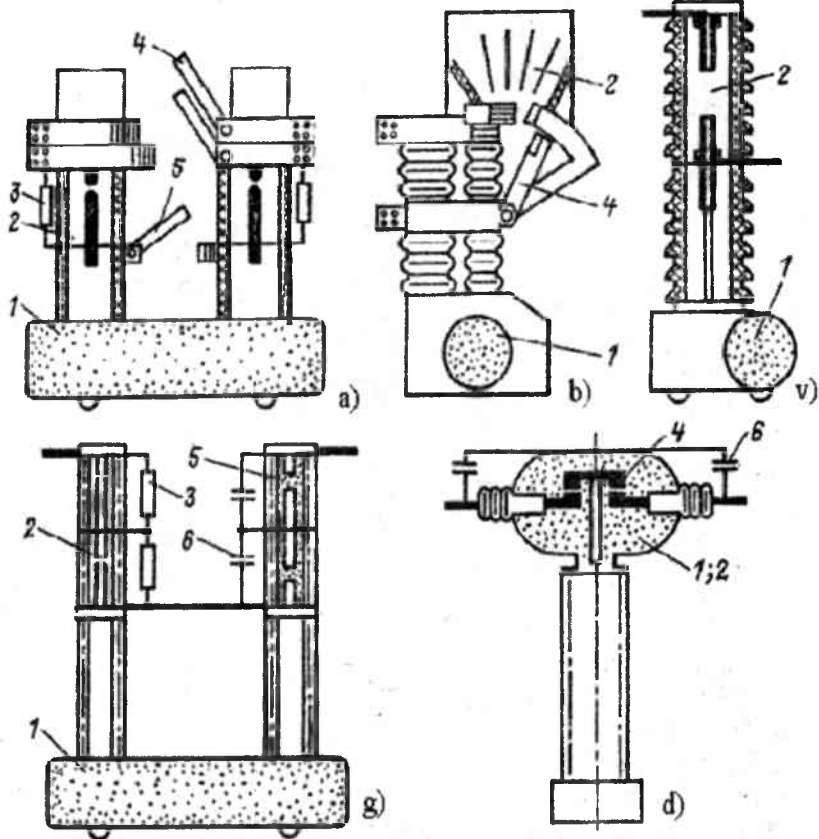
8.20-rasm. Kam moyli uzgichlarning konstruktiv sxemalari: a) – BMF-10 tipdagi kam moyli uzgichning konstruktiv sxemasi; b) – BMPI tipdagi kam moyli osma uzgichning konstruktiv sxemasi; d) – metall bak ichida yoy sundiruvchi kontaktlarning joylashishi; e) – ikkita yoy sundiruvchi kamerali; f) – korpusi chinni konstruksiyali; 1 – qo‘zg‘aluvchan kontakt; 2 – yoy so‘ndiruvchi kamera; 3 – qo‘zg‘almas kontakt; 4 – ishchi kontaktlar.

Havoli uzgichlarning konstruktiv sxemalari turlicha bo'lib, ular nominal kuchlanishi, uzilgan holatdagi kontaktlar orasida izolatsion orallqni hosil qilish va yoy so'ndiruvchi qurilmaga siqilgan havoni yuborish usuliga ko'ra farqlanadi.

Katta nominal tokka mo'ljallangan uzgichlarda (8.21,a,b-rasm) kam moyli MF va MIT tipidagi uzgichlarga o'xshash bosh va yoy so'ndiruvchi kontaktlar mavjud. Bunday uzgichlarda havoni purkash bo'ylama (8.21,a-rasm) yoki ko'ndalang (8.21,b-rasm) yo'nalishlarda bo'lishi mumkin. Uzilgan holatda kontaktlar orasida kerakli izolatsion oraliq yoy so'ndiruvchi kamerada kontaktlarni kerakli oraliqqacha ajratish yo'li bilan (8.21,b-rasm) yoki ochiq joylashgan maxsus ajratkich 5 (8.21,a-rasm) yordamida hosil qilinadi. Ajratkich (5) uzilgandan so'ng kameraga siqilgan havo haydalishi to'xtatilib, yoy so'ndiruvchi kontaktlar tutashadi. Bu konstruktiv sxema asosida tayyorlangan uzgichlar ichki qurilmalar uchun 15 va 20 kV kuchlanish va 20000 A gacha toklarga mo'ljallab (BBF seriyasi) ishlab chiqariladi.

Ochiq qurilmalardagi uzgichlarda yoy so'ndiruvchi kamera chinni izolator ichiga joylashtirilib, ularda 35 kV kuchlanishga har bir faza uchun bitta uzilish (8.21,d-rasm), 110 kV ga esa har fazaga ikkita uzilish joyi mavjud bo'ladi (8.21,e-rasm). Nominal kuchlanish qancha yuqori va uziladigan quvvat qancha katta bo'lsa, yoy so'ndiruvchi kamerada va ajratkichda shuncha ko'p uzilish joylari mavjud bo'lishi kerak. Odatda, 330 kV ga – sakkizta; 500 kV ga – o'nta uzilish joylari mavjud bo'ladi..

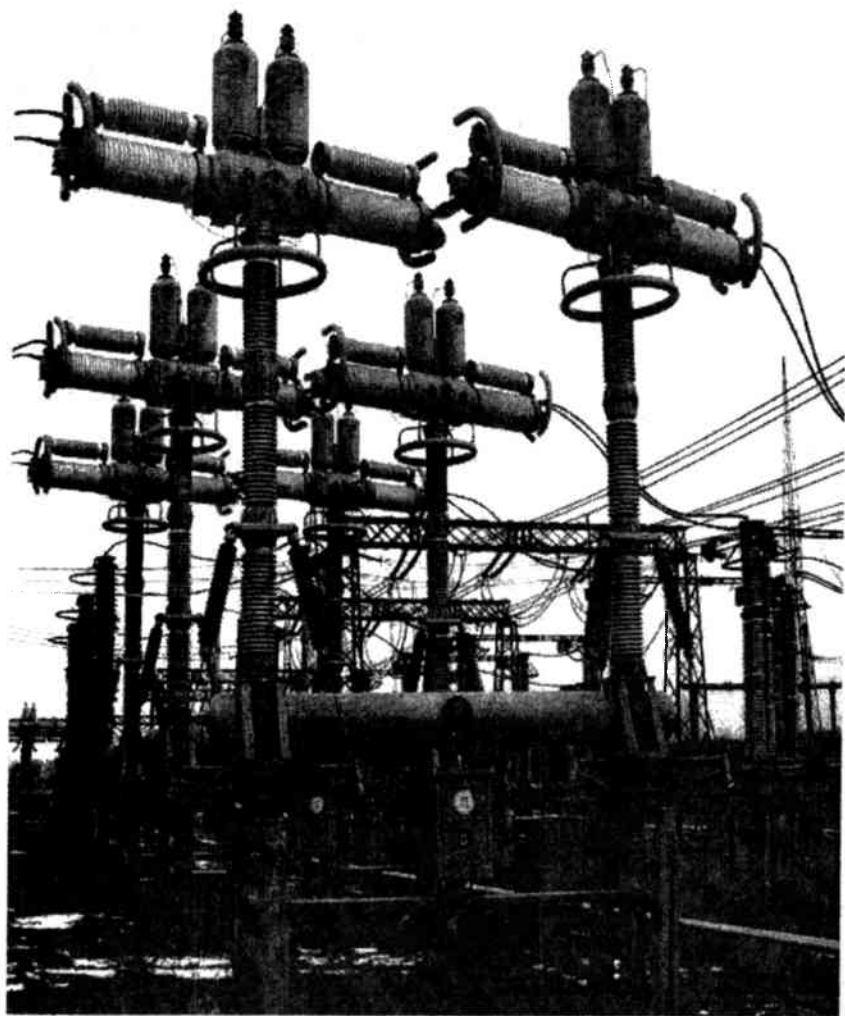
Ko'rilgan konstruksiyalarda uzgichlarning asosi oldida joylashgan idishdan havo yoy so'ndiruvchi kameraga beriladi. Agar kontakt tizimi yerdan izolatsiyalangan siqilgan havo idishiga joylatirilsa, u holda yoyni so'ndirish tezligi ancha ortadi. Shunday prinsip BBF seriyali uzgichlarga asos qilib olingan (8.21,f-rasm). Bunday uzgichlarda ajratkich bo'lmaydi, uzgich uzganda bir vaqtning o'zida siqilgan havo idishi hisoblangan yoy so'ndiruvchi kamera 2, purkash klapanlari orqali atmosfera bilan tutashadi, bunda yoyni so'ndiruvchi purkash hosil bo'ladi. Uzilgan holatda kontaktlar siqilgan havo muhitida bo'ladi. Bunday konstruktiv sxema asosida 750 kV gacha kuchlanishga mo'ljallangan uzgichlar yaratilgan. Yoy so'ndiruvchi kameralar (modullar)ning soni kuchlanishga bog'liq. Odatda 110 kV kuchlanishli uzgichda – bitta; 220 kV da – ikkita; 330 kV da – to'rtta; 500 kV da – oltita; 750 kV da – sakkizta kamera mavjud bo'ladi.



8.21-rasm Havoli uzgichlarining konstruktiv sxemalari: a, b – katta nominal tokka mo'ljallangan uzgich; d – 35 kVli ochiq qurilmalardagi uzgich; e – 110 kVli ochiq qurilmalardagi uzgich; 1 – siqilgan havoli rezervuar; 2 – yoy so'ndiruvchi kamera; 3 – shuntlovchi rezistor; 4 – bosh kontaktlar; 5 – ajratkich; 6 – sig'imli kuchlanish bo'lgichi.

Uzilishlar bo'yicha kuchlanishni bir xilda taqsimlash uchun aktiv qarshilikli (3) va kondensatorli (6) kuchlanish bo'lgichlari ishlatiladi.

8.22- rasmda 330 kV nominal kuchlanishli ochlq taqsimlovchi qurilmada o'rntilvchi havoli uzgichlarning umumiy ko'rinishi tasvirlangan.



8.22-rasm. Havoli uzgichning tashqi ko‘rinishi (330 kV).

Elektromagnit uzgichlar. Elektromagnit uzgichlarida yoyni so‘ndirish uchun moy ham siqilgan havo ham ishlatilmaydi, bu ularning boshqa tipdagi uzgichlarga nisbatan katta afzalligi hisoblanadi.

Bu tipdagi uzgichlar 6-10 kV li kuchlanishga, 3200 A gacha nominal tokka va 40 kA gacha uzish tokiga mo‘ljallab ishlab chiqariladi.

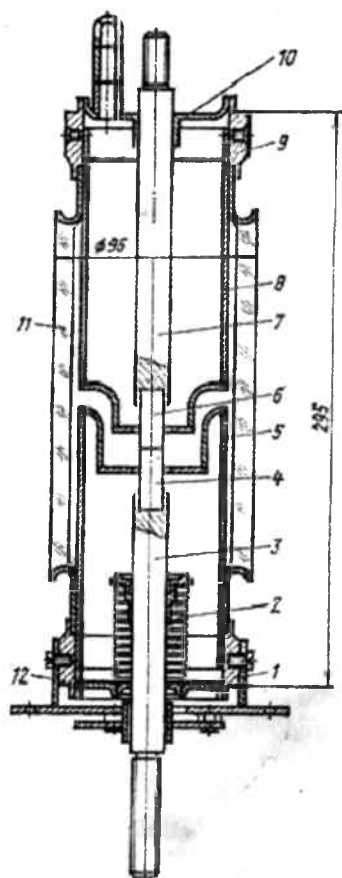
Uzgich ishchi va yoy so'ndiruvchi kontaktlarga ega. Uzishda avval ishchi, so'ngra esa yoy so'ndiruvchi kontaktlar ajralib, ular orasida yoy hosil bo'ladi. Konturning elektrodinamik kuchi va porshenli qurilma hosil qilgan havo oqimining ta'siri ostida, yoy oldindagi yoy so'ndiruvchi shoxga o'tadi va zanjirga magnit puflash g'alagini ulaydi. Magnit maydon hosil bo'lib, u yoy toki bilan o'zaro ta'sirlashadi va so'ndiruvchi kamera ichida yoyni 30 m/s tezlikda harakatlantiradi. Kamera yoyga chidamli yuqori issiqlik o'tkazuvchan keramikadan tayyorlangan. Yuqoriga harakatlanganda yoy cho'zilib, kameraning aylanma (labirint) tirqishlariga tushadi. Kameraning devorlariga tegib yoy soviydi va 0,01-0,02 s dan so'ng so'nadi.

Elektromagnit uzgichlarning afzalliklari quyidagilardan iborat: portlash va yong'inga xavfsiz; yoy so'ndiruvchi kontaktlarning yeyilish darajasi kichik; tez takrorlanadigan ulash va uzish sharoitida ishlash uchun yaroqli (tok yuklamasini ko'p marta uzishga sinash shuni ko'rsatadiki, 100 A tokni 1000 marta uzgandan so'ng yoy so'ndiruvchi kamera va kontaktlarda yeyilish izlari deyarli sezilmaydi va taftish hamda remont qilishni talab etmaydi); nisbatan yuqori uzish qobiliyatiga ega. *Elektromagnit uzgichlarning kamchiliklari quyidagilardan iborat:* magnitli puflash tizimi bo'lgan yoy so'ndirgich konstruksiyasining murakkabligi; nominal kuchlanishning yuqoriligi chegarasining cheklanganligi (15-20 kV dan ortiq emas); tashqi qurilmalar uchun qo'llanilishi cheklanganligi.

Vakuumli uzgichlar. Ma'lumki, vakuum oraliqning elektr mustahkamligi atmosfera bosimidagi havo oralag'iga nisbatan bir necha marta katta. Bu xususiyatdan vakuum yoy so'ndiruvchi kameralar KДВ da (8.23-rasm) foydalaniladi. Kontaktlar bir-biridan ajralganda ularning kontakt yuzalari tez kamayadi, shuning uchun tegib turgan nuqtada undan o'tayotgan tok hisobiga harorat keskin ko'tarilib, erigan metallardan ko'prikcha hosil bo'ladi. Bu ko'prikcha juda qisqa vaqt ichida qiziydi va bug'lanadi. Metall bug'lari muhitida yoy yonadi. Kuchli vakuum ostida zaryadlangan zarrachalar atrofdagi bo'shliqqa tez diffuziyanadi.

Tok noldan o'tishida yoy so'nadi. Taxminan 10 mks dan so'ng kontaktlar orasidagi vakuumning mustahkamligi tiklanadi. Metall bug'lari kameraning shisha korpusini ifloslanishdan saqlovchi po'lat ekranlar (5) va (8) ga o'tiradi. Kontaktlarning bug'lanishini kamaytirish uchun qiyin eriydigan metallardan tayyorlangan kontakt uchliklar qo'llaniladi. KДВ-5 kamerasi (8.23-rasm) silindrik shisha korpusga ega

bo'lib, uning ichiga qo'zg'almas kontakt yuqorigi flanets (10) orqali, qo'zg'aluvchan kontakt esa, pastki flanets bilan silfon zichlagich orqali



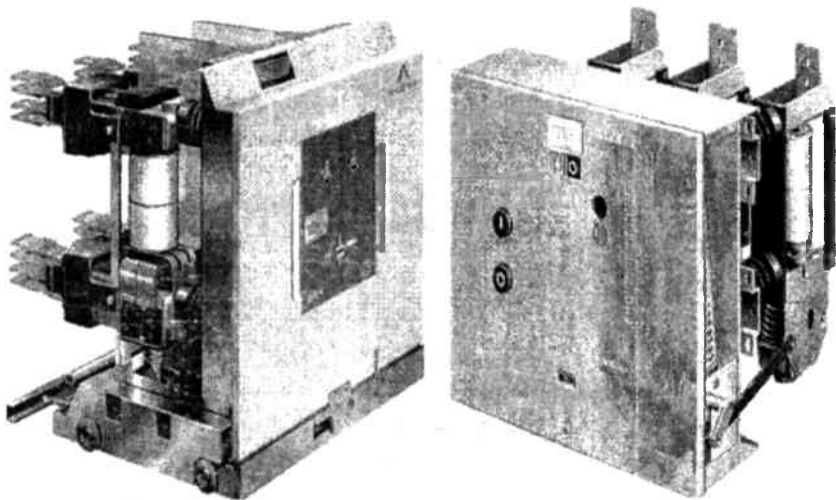
8.23-rasm. Vakuimli uzgichning yoy so'ndiruvchi kamerasi: 1, 9-po'lat vtulkalar; 2-silfon; 3-qo'zg'aluvchan kontakt; 4. 6-volfram uchliklar; 5, 8-metall to'siq(ekran)lar; 7- qo'zg'almas kontaktlar; 10, 12-po'lat flaneslar; 11-shisha ballon.

kiradi. Qo'zg'aluvchan kontakt 4 mm gacha suriladi. Kameradan havo yuqorigi flanetsga payvandlangan nippel orqali chiqariladi. Kameradagi bosim 10^{-4} Pa. Kameraning barcha qismlari vakuumni saqlovchi zich choklar bilan biriktiriladi. Uzishda kontaktlarning bug'lanishi hisobiga vakuum pasayadi, biroq kontaktlar qiyin eruvchan metallardan tayyorlansa, kamera ko'p marta uzishga chidaydi. 10 kV kuchlanishli ko'rilayotgan kamera 600 A li tokni 500 martadan ko'p, 200 A li tokni esa 30000 martagacha uza oladi. Kameraning eng katta uzish toki 1000 A, sinalgan kuchlanishi 42 kV. Uza oladigan toki nisbatan kichik bo'lganligi sababli vakuumli uzgichlarni qisqa tutashuv tokini uzish uchun ishlatib bo'lmaydi. Ular sig'im toklarini uzish uchun qo'llanilishi mumkin (yuqori kuchlanishli yuksiz liniyalar, kondensator batareyalari). Yuqori kuchlanishli uzgichlar yaratish

uchun bir necha yoy so'ndiruvchi kameralar ketma-ket ulanadi. Uziladigan tokni ko'paytirish uchun ham magnitli puflash qo'llanilib, u yoyni kontaktlar sirti bo'yicha tez aylanishini ta'minlaydi.

Dunyo amaliyotida vakuumli uzgichlar 500 kV va undan past kuchlanishli tarmoq qurilmalarida yuklamalarni uzish uchun qo'llaniladi.

Vakuum uzgichlarining kamchiligi bo'lib, uncha katta bo'lmagan toklarni uzishi va kichik induktiv toklarni uzishda kommutatsion o'takuchlanish hosil bo'lishining mumkinligidir (bunda kamerada yoyning o'chish tokning tabiiy noldan o'tishida sodir bo'ladi).

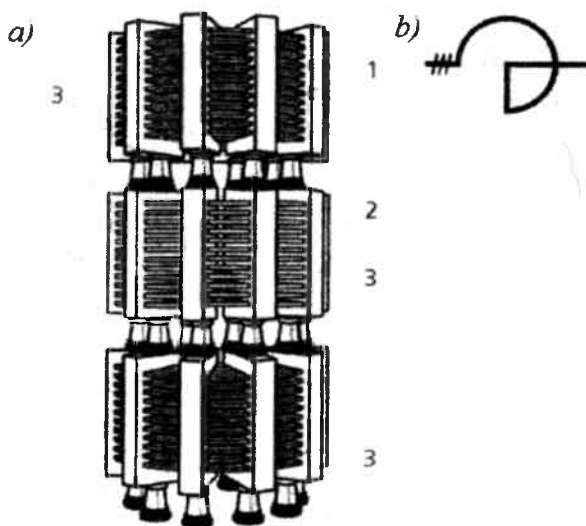


8.24- rasm. 10-20 kV zamonaviy vakuumli uzgichlarning tashqi ko'rinishi.

8.10. Reaktorlar

Reaktorlar elektr zanjirlaridagi qisqa tutashuv toklarini cheklash va tarmoqning reaktiv quvvat ortiqcha bo'lgan joylarida, masalan, ko'p miqdorda reaktiv quvvat (zaryad quvvati) ishlab chiqaruvchi liniyalar ulangan joylarda ortiqcha reaktiv quvvatni iste'mol qilish (kompensatsiyalash) maqsadlarida qo'llaniladi. Reaktor katta induktiv va kichik aktiv qarshilikka ega bo'lgan cho'lg'amli o'zaksiz g'altakdan iboratdir. Ular qisqa tutashuv toklarini cheklash maqsadida qo'llanilganda elektr tarmoqlariga ketma-ket, ortiqcha quvvatni kompensatsiyalash maqsadlarida qo'llanilganda esa, parallel ulanadi.

Oddiy-yakka reaktor va juftlangan reaktorlar $6 \div 10$ kV kuchlanishli zanjirda sodir bo'ladigan qisqa tutashuv toklarini cheklovchi asosiy elektr qurilma hisoblanadi. Reaktorlar 35 kV va undan yuqoriroq kuchlanishli tarmoqlarda liniyalarning ortiqcha sig'im toklarini kompensatsiyalash maqsadlarida qo'llaniladi. Ular 1000 V dan past kuchlanishda kam foydalaniladi. Elektr ta'minoti tarmoqlarida PB turidagi alumin cho'lg'amli faza beton reaktorlari keng qo'llaniladi (8.25-rasm).



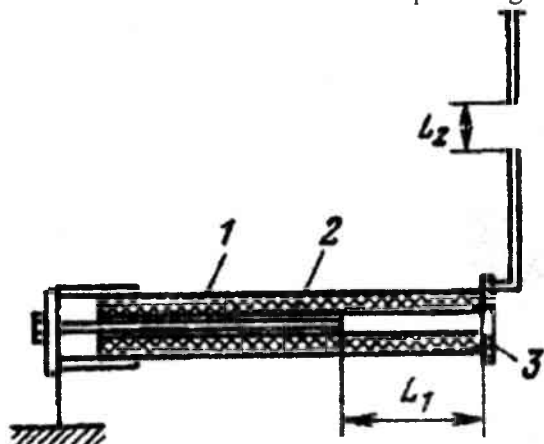
8.25-rasm. Faza beton reaktori: a – yon tomondan ko'rinishi; b – prinsipial sxemasi; 1-chulg'am; 2-beton ustuni (kolonna), 3- tayanch izolatorlari.

8.11. Razryadniklar

Himoya jihozlarining ishlashini asosiy tamoili-ishchi kuchlanish ostida ishlovchi elektr qurilmalarning ishiga halal bermaslik va ularning izolatsiyasiga xavfli o'takuchlanish impulsi ta'siridan saqlashdir. Podstansiyalarni o'takuchlanishidan himoyalash uchun quvurli razryadniklardan, ventilli razryadniklardan hamda yarimo'tkazgichli chiziqsiz kuchlanish chegaralagich jihozlardan keng foydalaniladi.

Quvurli razryadniklar PT o'zgaruvchan tok tarmog'idagi o'takuchlanishni chegaralashga mo'ljallangan. Quvurli razryadnik asosini elektr yoyi ta'sirida gaz ishiab chiqaruvchi materialdan yasalgan izolatsiyalovchi quvurcha (1) tashkil etadi (8.26-rasm). Gaz ishiab chiqaruvchi g'ovak material sifatida fibra, ya'ni qog'ozli karton yoki viniplast va organik shisha qo'llaniladi.

Quvurning bir tarafi metall qopqoq bilan yopilgan bo'lib, unga tayoqchasimon elektrod (2) biriktirilgan. Quvurning ochiq tarafida halqa shaklidagi boshqa elektrod (3) joylashgan. Quvurli razryadnikda ichki uchqun oralg'i L_1 va tashqi uchqun oralg'i L_2 hosil qilingan. Tashqi uchqun oralg'i L_2 himoyalalanuvi faza simi bilan razryadnik orasida bo'lib, u nominal kuchlanish paydo qilgan oqma tokning uzoq muddatli ta'siridan gaz ishlab chiqaruvchi quvurni asrashga mo'ljallangan. Yashin o'takuchlanishi ta'sirida ikkala uchqun oralg'i teshib o'tiladi va simdagi

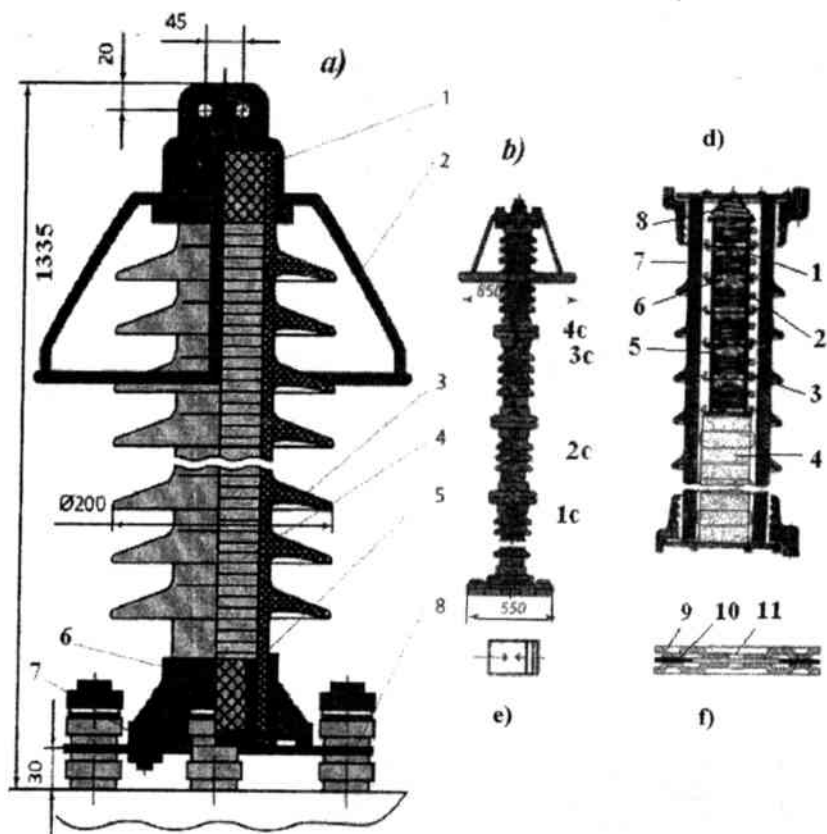


8.26-rasm. Quvurli razryadniklar: 1 – izolyatsiyalovchi quvurcha; 2 – tayoqchasimon elektrod; 3 – halqa shaklidagi elektrod.

zaryad yerga o'tkazib yuboriladi. Shundan so'ng razryadnikdan tizimning qisqa tutashuv toki o'tadi. Razryadnikda yongan elektr yoyi quvur ichida katta miqdorda gaz ishlab chiqarada va bosim $50 \div 150 \text{ kgs/sm}^2$ ko'payadi hamda gaz halqa (3) teshigidan katta tezlikda chiqadigan oqim hosil qiladi. Gaz oqimi yoyga bo'ylama siqib chiqarish bosimini hosil qilganligi sababli simdagi o'garuvchan

tok birinchi nol qiymatidan o'tishda yoy o'chadi.

Ventilli razryadniklar podstantsiyalarda o'takuchlanishiardan himoyalash uchun eng keng ko'lamda qo'llaniladi. Ventilli razryadniklarning asosiy qismini kema-ket ulangan ko'p sonli havo uchqun oraliqlari va nohiziq volt-sekund tizimli rezistorlar, ya'ni varistorlar tashkil etadi.



8.27- rasm. PBC-110 razryadnigi: a)-razryadnikning umumiy ko‘rinishi; d)-bir seksiyaning ko‘ndalang kesimi: e)-razryadnikni shartli belgilash; f)-bir uchqun oraliq ko‘rsatilgan; 1-uchqun oraliqlar to‘plami; 2-shuntlovchi rezistor, uchqun oraliqqa parallel o‘rnatilgan; 3-chinni silindr; 4-vilit diskleri; 5-bir uchqun orliqli bo‘lim; 6-latun qopqoq; 7-farfor g‘ilof-pokrishkasi; 8-po‘lat prujina; 9-figurali yasalgan latun elektrod; 10-izolatsiyalovchi quyma; 11-teshik.

Ventilli razryadniklarning ishi birinchi etapda havo uchqun oraliqlarini elektr teshishdan boshlanib, ikkinchi etapda uchqun oraliqlaridagi elektr yoyini o‘chirish bilan tugaydi. Ventilli 110 kV kuchlanishga mo‘ljallangan 4 seksiyali PBC-110 razryadnigi 8.27-rasmda keltirilgan..

8.12. Elektr stansiya va podstansiyalarining ulanish elektr sxemalari va ularga qo'yiluvchi asosiy talablar

Elektr uskunalari, shu jumladan elektr stansiyalarining elektr qismlari, belgilangan sxemalar bo'yicha yig'ilib, ularda uskunalarning ichki tuzilmalari va elementlarining o'zaro bog'lanishlari ko'rsatiladi. Umumiy holda elektr ulanishlar sxemasi elektr uskunalarning o'zaro amalda mavjud bo'lgan ketma-ketlikda ulangan elementlari tasvirlangan chizmadir.

Elektr ulanish sxemalari va ularga mos keluvchi taqsimlash qurilmalari elektr stansiya va podstansiyalarining muhim elementlari hisoblanadi. Ulanish sxemalari bosh va o'z ehtiyoj sxemalariga bo'linadi. Bosh sxemalar elektr uskunasi vazifasiga muvofiq holda elektr energiyasini manbalardan iste'molchilarga uzatish zanjirini, o'zehtiyoj sxemalari elektr uskunasi o'z ehtiyoj iste'molchilarini ta'minlash zanjirini tasvirlaydi.

Elektr stansiyalari va podstansiyalarining elektr ulanish sxemalari va taqsimlash qurilmalariga quyidagi talablar qo'yiladi:

a) ishonchli ishlash; b) iqtisodiylik; d) texnologik jihatdan elastiklik, ya'ni elektr uskunasi ish sharoitlarini o'zgarishga oson moslashish, birlamchi va ikkilamchi zanjirlarni ishlatishning qulayligi, avtomatlashtirish imkoniyatining mavjudligi; e) xizmat ko'rsatishning xavfsizligi; f) kengaytirish imkoniyatining mavjudligi; g) ekologik jihatdan tozalik, ya'ni atrof-muhitga ta'sirining kamligi (shovqin, kuchli elektr va magnit maydonlari, zararli moddalarning chiqishi va sh.k.).

Elektr stansiyalari va podstansiyalarining elektr ulanish sxemalarini tanlashga quyidagi bir qator faktorlar ta'sir etadi.

- elektr stansiyasining tipi;
- kuch transformatorlarining soni va quvvati;
- mahalliy yuklamaning mavjudligi, xususiyati va quvvati;
- iste'molchilarning toifalari;
- elektr stansiyasining energotizimdagi roli, sistemada quvvat zaxirasining ahamiyati; tizimning ichidagi va tizimlararo bog'lanishlarning o'tkazish qobiliyati, taraqqiyot istiqbollari;
- ulangan elektr tarmoqlarining sxemalari va kuchlanishlari;
- qisqa tutashuv toklarining qiymatlari;
- zaruriy parametrdagi jihozlarning mavjudligi va ularning ishonchliligi;

– elektr ta'minotining uzilishi va elektr energiya uzatishning cheklanishi natijasida ko'riluvchi zararning qiymati hamda generatorlar, bloklar, generatsiyalovchi tugunlar, yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalari, tizimlararo bog'lanishlar va sh.k.larning avariya tufayli uzilishi natijasida ko'riladigan tizimiy zararning miqdori;

– taqsimlovchi qurilmalarni o'rnatish uchun maydonning mavjudligi;

– loyihachining tajriba va mahorati.

Elektr stansiya va podstansiyalarining elektr qismini loyihalashda Davlat standartlari (DavSt)dan tashqari elektr uskunalarning tuzilish qoidalari (EUTQ), elektr stansiyalari va tarmoqlarini texnik ishlatish qoidalari (TIQ), elektr stansiyalari va podstansiyalarini ishlatishda xavfsizlik texnikasi qoidalari (XTQ) bilan birga bir qator texnologik loyihalash me'yorlari, yo'riqnomalar, qurilish me'yorlari va qoidalari, yong'in xavfsizligi qoidalari kabi me'yoriy materiallardan foydalaniladi.

Elektr stansiyalarining bosh elektr ulanish sxemalarini tanlash energotizimning tasdiqlangan taraqqiy etish loyihasi asosida amalga oshiriladi. Energetika obyektlari uchun odatda ikki bosqichli loyihalash qo'llaniladi. Bu bosqichlar texnik va ishchi loyihalarni ishlab chiqarishdan iboratdir.

Generator kuchlanishida elektr yuklamalari mavjud bo'lgan elektr stansiyalarining bosh elektr ulanish sxemalari taqsimlovchi elektr tarmoqlari yoki sanoat korxonalarining elektr ta'minoti sxemalari bilan birga loyihalalanadi.

35-750 kV tuman podstansiyalarining bosh ulanish sxemalarini tanlash energotizim taraqqiyotining tasdiqlangan sxemasi hamda tuman elektr tarmoqlari yoki tuman elektr ta'minoti sxemasining yaqin 5 yilga mo'ljallangan taraqqiyot sxemasi (10 yillik istiqbolini e'tiborga olgan holda) asosida amalga oshiriladi.

8.13. Elektr stansiya va podstansiyalarining o'z ehtiyojlari

Elektr stansiya va podstansiyalarning o'z ehtiyojini qondiruvchi energiya iste'molchilari qatoriga o'zgaruvchan tokda ishlovchi: ichki va tashqi yoritgichlar, yuqori kuchlanishli uzgichlarni va ularning yuritmalarini isituvchi qurilmalar, transformatorlarga havo puflagich tarmoqlari, moy xo'jalik uskunalari va boshqalarning elektr iste'moli kirs; o'zgarmas tokda ishlovchi: boshqaruv, signalizatsiya, himoya

tizimlari va avariya vaqtida ishlovchi yoritgichlarning elektr iste'moli kiradi.

Elektr stansiya va podstansiyalarning o'zgaruvchan tok iste'molchilari o'z ehtiyojini qondiruvchi transformatorga hamda o'zgarmas tok iste'molchilari akkumulator batareyalariga ulanadi. Akkumulator batareyalari mustaqil, ya'ni avtonom, manbadir. podstansiyalarda mustaqil, ya'ni avtonom, manbani qo'llanishi uchun qator sabablar mavjud: avariya yoritgichlari bilan ta'minlash zaruriyati; boshqaruv va signalizatsiya zanjirlari o'zgarmas tokda ishlovchi kommutatsiya jihozlari (o'zgaruvchan tokning yuqori kuchlanishli o'chigichi, tez ishlovchi o'chigichlar) qo'llanganligi. podstansiyalarning shinalarida kuchlanish yo'qolsa ham akkumulator batareyalari avariya yoritgichlarini va kommutatsiyalovchi hamda tez ishlovchi o'chirgichiarni elektr toki bilan ta'minlab turadi.

Akkumulator batareyalariga ulanuvchi iste'molchilarni uchta guruhga bo'lish mumkin:

- o'zgarmas tok shinalariga doimiy ulangan qurilmalar: yuqori kuchlanishli va tez ishlovchi o'chirgichlarning holatini ko'rsatuvchi signal lampalari; tez ishlovchi o'chirgichlarning ushlab turuvchi cho'lg'amlari; ba'zi boshqaruv va avtomatika qurilmalarining relelari;

- o'zgarmas tok shinalariga qisqa muddatga ulanuvchi qurilmalar: o'zgaruvchan tokning yuqori kuchlanishli o'chirgichi va tez ishlovchi o'chirgichlarning ulovchi cho'lg'amlari; kommutatsiya jihozlarining boshqaruv zanjiridagi va avtomatika sxemalaridagi ulovchi va o'chiruvchi relelar;

- podstansiyalarning yig'indi shinalarida kuchlanish yo'qolsa o'zgarmas tok shinalariga avtomatik tarzda ulanuvchi qurilmalar: avariya yoritgichlari.

Ma'lumki, har qanday podstansiyalarda umumiy energiya tizimidan xolis bo'lgan alohida mustaqil manbalar mavjud. Ular asosiy va rezerv o'z ehtiyoj manbalar ishlamay qolganda stansiya agregatlarini buzilishsiz va tashqi muhitga ta'sir o'tkazmasdan ishlashini ta'minlaydi. Masalan, podstansiyalarida bu vazifani akkumulatorlar batareyalari bajaradi. Katta quvvatli podstansiyalarda o'z ehtiyoj manbasining quvvati stansiyaning xavfsizligini to'la ta'minlash maqsadida podstansiya umumiy quvvatining 1,5% teng etib olinadi.

Podstansiya o'z ehtiyoj energiya manbalariga quyidagi talablar qo'yiladi:

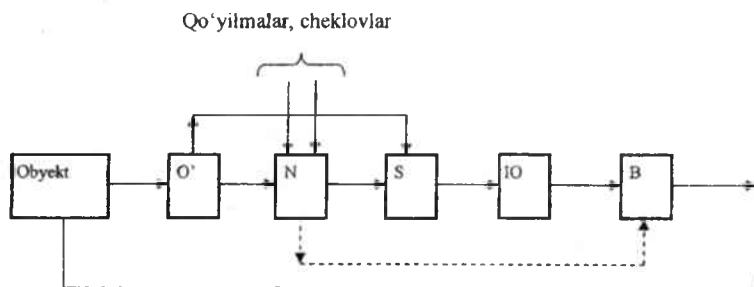
- o'z ehtiyoj mexanizmlarining ishonchli ishlashini ta'minlash;

- o‘z ehtiyoj mexanizmlarining tejamkorlik ishlashini ta‘minlash;
- ishga tushirish, boshqaruv, to‘xtatish jarayonlarini hamda mexanizmlarning ishonchli ishlashini ta‘minlash;
- stansiyadagi avariyaaviy holatlarni umumiy elektr energiya tizimiga ta‘sirini o‘tkazmaslik.

8.14. Elektr stansiya va podstansiyalarining o‘lchash, nazorat qilish, signallash va boshqarish tizimlari

Belgilangan ish holatlarini ta‘minlash uchun elektr stansiyalari va podstansiyalari turli yordamchi tizimlar va qurilmalar bilan jihozlanadi. Ularga o‘ziga xos avtomatlashgan ma‘lumot-boshqaruv majmuasini aks ettiruvchi o‘lchash (*O*), nazorat qilish (*N*), signallash (*S*) va boshqarish (*B*) tizimlari kiradi. Bu tizimlar maxsus ta‘minlash manbalarini talab etadi.

Yordamchi tizimlar, inson-operator (*IO*) va boshqariluvchi obyektlarning o‘zaro bog‘lanishini ifodalovchi tuzilma sxemasi 8.28-rasmda tasvirlangan.



8.28-rasm. Yordamchi tizimlar, inson-operator va boshqariluvchi obyektlarning o‘zaro bog‘lanish tuzilma sxemasi.

O‘lchash tizimi boshqariluvchi obyektning holat parametrlari haqida ma‘lumot olinishini ta‘minlaydi.

Nazorat qilish tizimi nazorat qilinuvchi parametrlarning qiymatlari yoki ularni belgilangan qo‘yilmalardan og‘ishlarini qayta ishlash va baholashni amalga oshiradi.

Signallash tizimi inson-operatorni u uchun zarur bo‘lgan elektr stansiyasi yoki podstansiyasida o‘rnatilgan elektr apparatlarining holatlari, obyektning ish holatini talab etilgan holatdan og‘ishi,

jihozlarning o'ta yuklanishlari, elektr stansiyasi yoki podstansiyasining elektr qismi turli elementlarining normal ishlashini buzilishi, o'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida yerga tutashuvlar, operativ tok zanjirlaridagi nosozliklar (uzilishlar, izolatsiya darajasining pasayishi va sh.k.) hamda elektr uskunasida sodir bo'lgan avariya haqida ma'lumotlar bilan ta'minlaydi.

Boshqarish tizimi boshqariluvchi obyektga optimal ta'sirni ta'minlashi zarur. Boshqarish qo'lda (inson-operator tomonidan) yoki avtomatik (avtomatika tizimi tomonidan) amalga oshirilib, u uzluksiz yoki diskret bo'lishi mumkin.

O'lchash tizimi va qurilmalari quyidagi vazifalarni bajaradi:

- elektrotexnik parametrlar (tok, kuchlanish, chastota, quvvat, elektr energiyasi va sh.k.)ni o'lchaydi;

- mexanik, kimyo, texnologik parametrlar (aylanish chastotasi, titrash, bosim, harorat, turli muhitlarning zichligi va kimyoviy tarkibi, suyuqliklar, gazlar va qattiq jismlarning sarfi va sh.k.)ni o'lchaydi.

Nazorat qilish tizimi va qurilmalari quyidagilarni nazorat qilishni ta'minlaydi:

- elektr uskunalar elementlari (generatorlar, sinxron kompensatorlar, elektr motorlari, transformatorlar, elektr uzatish liniyalari, reaktorlar va sh.k.)ning ish holatlari, o'ta yuklanishlarning mavjudligi, bir holatdan boshqasiga o'tishning mumkinligi;

- kommutatsiya apparatlari (uzgichlar, ajratkichlar va h.k.)ning holatlari;

- elektr tizimi elementlarining holat parametrlari (tugunlardagi kuchlanishlar, zanjirlarning toklari, tarmoqdagi chastota, elektr jihozlarining turli qismlaridagi harorat va h.k.);

- o'zgaruvchan tok kuch zanjirlari izolatsiyasining holati;

- operativ tok zanjirlari izolatsiyasining holati;

- elektr uskunasi va uning elementlarini belgilangan ish holatlarining ta'minlanish stabiligi;

- iste'mol qilingan elektr energiya miqdori;

- elektr uskunalarining navbatchi xodimlari tomonidan bajarilgan amallarning to'g'riligi.

Signallash tizimi va qurilmalari quyidagilar haqida navbatchi xodimni u yoki bu usulda xabardor qiladi:

- elektr uskunasi yoki uning elementlarini holatlarini belgilangan holatdan og'ishi;

- jihozning o'ta yuklanishlari;

– o‘zgaruvchan va o‘zgarmas tok zanjirlari izolatsiyasining buzilish;

- operativ tok zanjirlarida saqlagichlarning nosozligi haqida;
- kommutatsiya apparatlarining holatlari;
- jihozning ish holatini o‘zgartirishga va texnologik yoki elektr sxemalarda almashlab ulashlarga tayyorligi;
- navbatchi xodimning elektr uskunasini boshqarish bo‘yicha noto‘g‘ri faoliyati.

Boshqarish tizimi va qurilmalari quyidagi ishlarni amalga oshiradi:

- elektr stansiyalarining generatorlarini ishga tushirish, tarmoq bilan sinxronlash va unga ulash;
- elektr tizimi elementlarini tarmoqqa ulash va uzish;
- elektr uskunalarning taqsimlash qurilmalaridagi uzgich va ajratkichlarga ta’sir etish ulash va uzish amallarini bajarish;
- elektr stansiyalari va podstansiyalari elementlarining aktiv va reaktiv yuklamalarini o‘zgartirish;
- elektr uskunasining ish holatini o‘zgartirish.

Sinov savollari:

1. Sinxron generatorlar va ularning nominal parametrlari.
2. Sinxron generatorning tuzilishi va ishlash prinsipi.
3. Sinxron kompensatorning vazifalari.
4. Sinxron kompensatorning tuzilishi va ishlash prinsipi.
5. Transformatorning asosiy parametrlari.
6. Avtotransformatorlarni transformatorlardan farqi, afzalligi va kamchiliklari.
7. Rubilnik, avtomatik havoli uzgichlarning vazifalari, tuzilishi va ishlash prinsipi.
8. Saqlagichning vazifasi, tuzilishi va ishlash prinsipi.
9. Ajratkichlarning vazifalari, tuzilishi va ishlash prinsipi.
10. Ajratkichlar yordamida yuklama toklarini uzish mumkinmi?
11. Qisqa tutashtirgich va bo‘lgichlarning vazifalari, tuzilishi va ishlash prinsipi.
12. Uzgichlarning vazifasi tuzilishi va ishlash prinsipi.
13. Reaktorlarning vazifalari va turlari.
14. Reaktorlarning tuzilishlari va ishlash prinsiplari.
15. Razrayadniklarning vazifalari, tuzilishi va ishlash prinsipi.
16. Razrayadniklarning qanday turlari bor va ular qanday maqsadlarda qo‘llaniladi?

9. ELEKTR TARMOQLARIDA QUUVVAT VA ENERGIYA ISROFINI HISOBLASH VA KAMAYTIRISH

9.1. Liniyalarda quvvat va energiya isroflari

Elektr energiyani stansiyalardan iste'molchilarga uzatish jarayonida o'tkazgichlarni qizishi, elektromagnit maydonning hosil bo'lishi va boshqa effektlarga quvvat va energiyaning bir qismi isrof bo'ladi. Bunday isroflar havo va kabel liniyalarida, kuchaytiruvchi va pasaytiruvchi podstansiyalarning transformator va avtotransformatorlarida yuz beradi.

Uch fazali elektr tarmoqning R qarshilikka ega bo'lgan uchastkasida aktiv quvvat isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = 3I^2 R. \quad (9.1)$$

Bu yerda, I – yuklama toki.

Bu tokning qiymati quyidagi to'la quvvatning uzatilishi bilan belgilanadi:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (9.2)$$

Bu yerda, P – iste'molchilarda mexanik, issiqlik yoki yorug'lik energiyasiga aylantriluvchi aktiv quvvat; Q – elektr motorlari, transformatorlar va liniyalarda elektromagnit maydonlarni hosil qilishga sarflanuvchi reaktiv quvvat.

Quvvat isrofining (9.1) formulasidagi tokning o'rniga uning quvvat va kuchlanish orqali ifodasi $I = \frac{S}{\sqrt{3}U}$ ni qo'ysak, quyidagi formula hosil bo'ladi:

$$\Delta P = 3 \left(\frac{S}{\sqrt{3}U} \right)^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R. \quad (9.3)$$

Bu yerda, U – liniya kuchlanishi.

(9.3) formulaga muvofiq liniyadagi reaktiv quvvat isrofining formulasini yozish mumkin:

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X. \quad (9.4)$$

Elektr tarmoqning har qanday elementida, jumladan liniyada aktiv elektr energiya isrofi yuklamaning xarakteri va ko'rilayotgan vaqt jarayonida uning o'zgarishiga bog'liq. O'zgarmas yuklama bilan ishlab, ΔP aktiv quvvat isrofiga ega bo'lgan liniyada t vaqt davomida isrof bo'luvchi energiya quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta W = \Delta P t. \quad (9.5)$$

Agar yuklama yil davomida o'zgarib tursa, u holda liniyadagi elektr energiya isrofini bir nechta usullar yordamida hisoblash mumkin. Mavjud barcha usullarni foydalaniluvchi matematik modelga bog'liq ravishda ikkita katta guruhga bo'lish mumkin. Bular – aniq va ehtimoliy-statistik usullardir.

Elektr energiya isrofini hisoblashning eng aniq usuli –bu shoxobchalarning yuklama grafiklari bo'yicha aniqlashdir. Bunda hisoblash yuklama grafigining har bir darajasi uchun quvvat isroflarini aniqlash va ularning yig'indisini topishni ko'zda tutadi. Bu usul ba'zan grafik interpolatsiyalash usuli deb yuritiladi.

Yuklama grafiklari sutkalik va yillik yuklama grafiklariga bo'linadi. Sutkalik grafiklar yuklama quvvatlarini sutka davomida yillik grafiklar esa yil davomida o'zgarishini ifodalaydi. Yillik grafik bahorgi-yozgi va kuzgi-qishki davrlar uchun xarakterli sutkalik grafiklar asosida quriladi. Yillik energiya isrofini hisoblashda davomiylik bo'yicha yuklama grafiklaridan foydalaniladi. Bunday grafikni hosil qilish quyidagi tartibda amalga oshiriladi. Grafikning boshlang'ich ordinatasi maksimal yuklamaga teng qilib qabul qilinadi. Sutkalik grafiklar bo'yicha turli tipdagi sutkalar sonini hisobga olib (shanba, yakshanba, dushanba, ish kuni) yuklama quvvatining har bir qiymati uchun yil davomidagi soatlar soni aniqlanadi. Avvalo, maksimal yuklama o'rinli bo'lgan vaqt, so'ngra yuklama quvvatining boshqa qiymatlari uchun (kamayib borish tartibida) vaqt oraliqlari aniqlanadi.

Yillik *yuklama grafigi* bo'yicha yillik energiya isrofini aniqlash mumkin. Buning uchun har bir holat uchun quvvat va energiya isroflari aniqlanadi. So'ngra, bu isroflar qo'shish orqali yillik elektr energiya isrofi aniqlanadi.

Misol tariqasida uch pag'onali yuklama grafigini (9.1,b-rasm) olamiz. Yuklama P_1 bo'lgan holat uchun 9.1,a- rasmdagi liniyada quvvat isrofi quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta P_1 = \frac{S_1^2}{U_1^2} R. \quad (9.6)$$

Elektr energiya isrofini ushbu holat uchun quvvat isrofini shu holatning davomiylik vaqtiga ko'paytirish orqali topamiz:

$$\Delta W_1 = \Delta P_1 \Delta t_1. \quad (9.7)$$

Qolgan holatlar uchun ham elektr energiya isrofi shu tartibda topiladi. Yuklama P_2 bo'lgan holat uchun

$$\Delta P_2 = \frac{S_2^2}{U_2^2} R; \quad (9.8)$$

$$\Delta W_2 = \Delta P_2 \Delta t_2, \quad (9.9)$$

yuklama P_3 bo'lgan holat uchun

$$\Delta P_3 = \frac{S_3^2}{U_3^2} R. \quad (9.10)$$

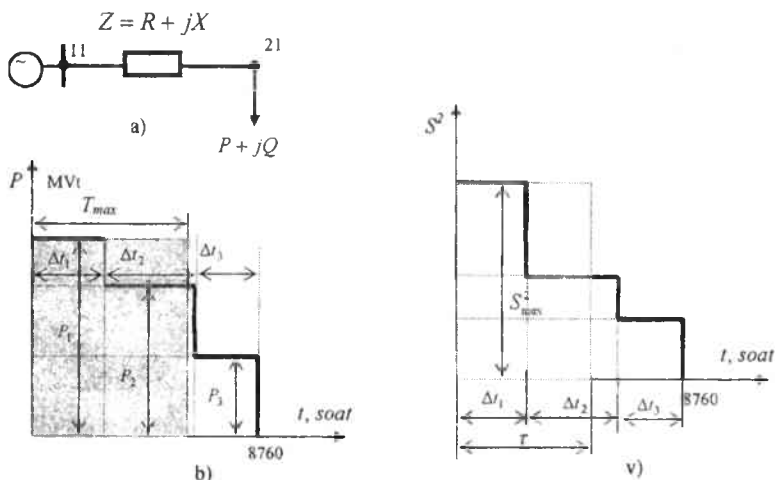
$$\Delta W_3 = \Delta P_3 \Delta t_3. \quad (9.11)$$

Yuqoridagilardan kelib chiqib, N ta pag'onaga ega bo'lgan ko'p pag'onali yuklama grafigining i -pag'onasi uchun quvvat va yil davomidagi energiya isroflari quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

$$\Delta P_i = \frac{S_i^2}{U_i^2} R, \quad i=1, \dots, N, \quad (9.12)$$

$$\Delta W = \sum_{i=1}^N \Delta P_i \Delta t_i. \quad (9.13)$$

Bu yerda, Δt_i – yuklama grafigining i -pag'onasi davomiyligi.



9.1-rasm. Elektr energiya isrofini yuklama grafigi va maksimal isroflar vaqti bo'yicha topish:

a)– liniyaning almashtirish sxemasi; b)– uch pag'onali yuklama grafigi; d) – uch pag'onali S^2 grafigi.

Isroflarni yuklama grafigi bo'yicha aniqlash usulining afzalligi – katta aniqlidir. Ammo barcha uchastkalarining yuklamalari haqida ma'lumotning yetarli emasligi ushbu usulning qo'llanilishini cheklaydi.

Isroflarni aniqlashning eng sodda usullaridan biri *maksimal isroflar vaqti bo'yicha* topishga asoslangan. Unga asosan, barcha holatlar ichidan quvvat isrofi maksimal bo'lgan holat aniqlanadi. Bu holatni hisoblab, maksimal quvvat isrofi $\Delta P_{\max}$ topiladi. Yil davomidagi energiya isrofi bu quvvat isrofini maksimal isroflar vaqti τ ga ko'paytirib topiladi:

$$\Delta W = \Delta P_{\max} \tau. \quad (9.14)$$

Maksimal isroflar vaqti shunday vaqtqi, agar bu vaqt davomida maksimal yuklama bilan ishlanganda isrof bo'luvchi energiya yil davomida yuklama grafigi bo'yicha ishlanganda isrof bo'luvchi energiyaga teng bo'ladi, ya'ni

$$\Delta W = \Delta P_1 \Delta t_1 + \Delta P_2 \Delta t_2 + \dots + \Delta P_n \Delta t_n = \Delta P_{\max} \tau, \quad (9.15)$$

bu yerda, N – yuklama grafigining pag'onalar soni.

Elektr energiyasi isrofi va iste'molchi tomonidan qabul qilinuvchi elektr energiya orasida bog'lanishni quyidagi tartibda hosil qilish mumkin.

Iste'molchi tomonidan qabul qilinuvchi energiya:

$$W = P_1 \Delta t_1 + P_2 \Delta t_2 + \dots + P_n \Delta t_n = \sum_{i=1}^N P_i \Delta t_i = P_{\max} T_{\max}. \quad (9.16)$$

Bu yerda $P_{\max}$ – yuklama qabul qiluvchi maksimal quvvat.

Maksimal yuklama vaqti $\Delta t_{\max}$ shunday vaqtqi, bu vaqt davomida maksimal yuklama bilan ishlovchi iste'molchi tarmoqdan olgan energiyasi bir yil davomida u yuklama grafigi bo'yicha ishlab tarmoqdan olgan energiyaga teng bo'ladi, ya'ni

$$T_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \Delta t_i}{P_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i \cos \phi_{o_i} \Delta t_i}{S_{\max} \cos \phi_{o_r}} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i \Delta t_i}{S_{\max}}. \quad (9.17)$$

$S^2 = f(t)$ grafikni quramiz (9.1,d-rasm). Faraz qilaylik, yuklama grafigining har bir i -pag'onasida quvvat isrofining taxminiy qiymati nominal kuchlanish U bo'yicha topiladi, ya'ni $\Delta P_i = \frac{S_i^2}{U^2} R$.

Agar $R/U^2 = \text{const}$ ekanligini e'tiborga olsak, Δt_i vaqt davomida aktiv quvvat koeffitsiyenti $\cos \phi$ o'zgarmas bo'lgan holatda isrof bo'luvchi energiya ma'lum masshtabda $S_i^2 \Delta t_i$ ga, ya'ni tomonlari Δt_i va S_i^2 ga teng bo'lgan to'g'ri to'rtburchakning yuzasiga teng bo'ladi (9.1,d-

rasm). Bundan kelib chiqib, elektr energiyasi isrofi ma'lum masshtabda 9.1,d- rasmlardagi grafiklarda tasvirlangan figuralar bilan chegaralangan yuzalarga tengdir. Bunday holatda elektr energiya isrofining formulasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\Delta W = \frac{R}{U^2} (S_1^2 \Delta t_1 + S_2^2 \Delta t_2 + \dots + S_n^2 \Delta t_n). \quad (9.18)$$

Bu ifodaga quyidagi belgilashni kiritish mumkin:

$$S_{\text{or kv}} = \sqrt{\frac{S_1^2 \Delta t_1 + S_2^2 \Delta t_2 + \dots + S_n^2 \Delta t_n}{8760}}. \quad (9.19)$$

Bu yerda, 8760 – bir yil davomidagi soatlar soni.

Shunday qilib, yuqoridagi elektr energiya isrofi formulasi (9.18) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\Delta W = \frac{R}{U^2} S_{\text{or kv}}^2 \cdot 8760. \quad (9.20)$$

Ushbu formuladagi $S_{\text{or kv}}$ quvvatning o'rtacha kvadratik qiymati, energiya isrofimi (9.20) formula asosida aniqlash usuli *o'rtacha kvadratik quvvat bo'yicha hisoblash usuli* deb yuritiladi. Ushbu usul bir qator noqulayliklarga ega bo'lib, u faqat yuklama grafigi mavjud bo'lgan hollardagina qo'llanilishi mumkin. Shu sababli, bu usuldan foydalanish unchalik keng tarqalmagan.

τ uchun yuqorida keltirilgan ta'rifga muvofiq

$$S_{\text{max}}^2 \tau = \sum_{i=1}^N S_i^2 \Delta t_i. \quad (9.21)$$

Bundan maksimal isroflar vaqti uchun quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2 \Delta t_i}{S_{\text{max}}^2}. \quad (9.22)$$

Pik ko'rinishidagi grafiklar uchun τ ning qiymati quyidagi imperik formuladan topiladi:

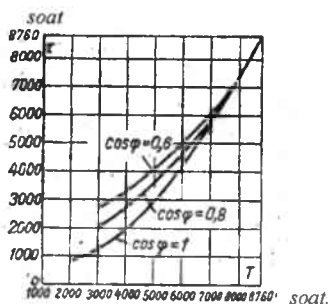
$$\tau = (0,124 + \frac{T_{\text{max}}}{10000})^2 \cdot 8760. \quad (9.23)$$

(9.23) formulani yil, ya'ni $T = 8760$ soat uchun foydalanish mumkin. Bunga nisbatan kichik vaqt davomi uchun hisoblash aniqligini oshirish uchun (9.23) o'rniga quyidagi ifodadan foydalanish maqsadga muvofiq:

$$\tau = 2T_{\text{max}} - T + \frac{T - T_{\text{max}}}{1 + \frac{T_{\text{max}}}{T} - \frac{2P_{\text{min}}}{P_{\text{max}}}} \left(1 - \frac{P_{\text{min}}}{P_{\text{max}}} \right)^2. \quad (9.23a)$$

Yuklama grafiklari bir qator turli xarakterda bo'lgan holatlar uchun hisoblashlar asosida $\tau = f(T_{\text{max}}, \cos \phi)$ bog'lanishni qurish mumkin va undan

foydalanib, $T_{\max}$ va $\cos \varphi$ larning ma'lum bo'lgan qiymatlari bo'yicha τ ni aniqlash mumkin (9.2- rasm).



9.2-rasm. $\tau = f(T)$ bog'lanishlari.

9.2. Transformatorlarda quvvat va energiya isroflari

Transformatorlarda isroflar umumiy holatda liniyalardagidan farqli o'laroq ikkita tashkil etuvchidan – cho'lg'amlardagi va o'zakdagi isroflar yig'indisidan iborat bo'ladi. Transformatorning cho'g'ami asosan misdan, o'zagi esa po'latdan yasalganligi sababli isrofning bu tashkil etuvchilari mos ravishda transformatorning misida va po'latida isrof bo'luvchi quvvatlar deb ham yuritiladi.

Liniya uchun yuqoridagilardan kelib chiqib, Δt vaqt davomida yuklama o'qarmas bo'lgan holatda transformatoridagi quvvat va energiya isroflari quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta P = \Delta P_s \left(\frac{S_{2l}}{S_{\text{nom}}} \right)^2 + \Delta P_i; \quad (9.24)$$

$$\Delta W = \left[\Delta P_s \left(\frac{S_{2l}}{S_{\text{nom}}} \right)^2 + \Delta P_i \right] \Delta t. \quad (9.25)$$

Bu yerda $\Delta P_s, \Delta P_i$ – mos ravishda transformatorning misi va po'latida isrof bo'luvchi quvvatlar; S_{2l} – transformatorning ikkilamchi tomonida yuklama grafingining i – pog'onasiga mos keluvchi yuklama; S_{nom} – transformatorning nominal quvvati.

κ ta transformator parallel ishlaganda N ta pog'onali yuklama grafigining i - pog'onasida isrof bo'luvchi quvvat va yillik energiya isrofi mos ravishda quyidagi formulalar bo'yicha topiladi:

$$\Delta P_i = \frac{1}{k} \Delta P_s \left(\frac{S_{2i}}{S_{nom}} \right)^2 + k \Delta P_s; \quad (9.26)$$

$$\Delta W_i = \left[\frac{1}{k} \Delta P_s \left(\frac{S_{2i}}{S_{nom}} \right)^2 + k \Delta P_s \right] \Delta t_i. \quad (9.27)$$

Yillik yuklama grafigi N ta pog'onadan iborat bo'lganda yil davomida transformatorlarda isrof bo'luvchi energiya quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\Delta W = \Delta P_s \sum_{i=1}^N \left(\frac{S_{2i}}{S_{nom}} \right)^2 \Delta t_i + 8760 \cdot \Delta P_s. \quad (9.28)$$

Transformator cho'lg'amlarining umumiy qarshiligi R_T dan foydalanilganda (9.28) formula quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\Delta W = \frac{R_T}{U^2} \sum_{i=1}^N S_{2i}^2 \Delta t_i + 8760 \cdot \Delta P_s. \quad (9.28a)$$

Ushbu formuladan transformatorning o'zagida isrof bo'luvchi quvvatning yuklamaga bog'liq emasligini ko'ramiz. Bu tasdiq 220 kVdan oshmagan nominal kuchlanishdagi tarmoqlardagi transformatorlarning normal ish sharoitlari uchun o'rinalidir. Shuningdek, taqsimlovchi elektr tarmoqlarini hisoblashda transformatorlardagi isrofning bu tashkil etuvchisi juda kichikligi sababli, odatda, hisobga olinmaydi. Bunday holatda (9.24)-(9.28a) formulalardagi ikkinchi tashkil etuvchilar nolga aylanib, transformatorlardagi isroflar liniyalardagi isroflar bilan bir xil tartibda hisoblanadi.

9.3. Elektr tarmoqlarida isroflarni kamaytirish tadbirlari

Elektr tarmoqlarida isroflarni kamaytirish yoqilg'ini iqtisod qilishning muhim manbalaridan biridir.

Elektr energiya isroflarini tahlil qilishda isrof asosan quyidagi turlarga ajratiladi:

- isrofning hisobot qiymati;
- isrofning hisobiy yoki texnik qiymati;
- tijoriy isroflar.

Elektr energiya isrofni kamaytirish uchun ko'plab tadbirlar ishlab chiqilgan bo'lib, ulardan eng optimalini tanlash masalasi murakkab bo'lganligi uchun ularni klassifikatsiyalash, ya'ni turlarga ajratishga

ehtiyoj hosil qildi. Bunday tadbirlar asosan uch guruhga bo'linadi: tashkiliy, texnik va elektr energiyani hisobiy va texnik hisobga olish tizimlarini takomillashtirish tadbirlari.

Tashkiliy tadbirlarni joriy qilish hech qanday qo'shimcha kapital xarajatlarni talab etmaydi. Texnik tadbirlar esa kapital xarajatlarni talab etadi.

Isroflarni yopiq konturlarning nojinsliligini bartaraf etish hisobiga kamaytirish. Elektr iste'molchilarini ta'minlashda yuqori ishonchlilikni ta'minlash maqsadida yopiq tarmoqlardan foydalaniladi. Bundan tashqari yopiq tarmoqlardan foydalanilganda, isroflarni ochiq tarmoqlardagiga nisbatan kamaytirish imkoniyatlari paydo bo'lishi mumkin.

Yopiq tarmoq bir jinsli bo'lganda ulardan iste'molchilarga quvvat uzatish eng kam isroflarda amalga oshadi. Bunday tarmoqlar konturni tashkil etuvchi shoxobchalarning aktiv va reaktiv qarshiliklarining nisbatlari bir xilligi bilan xarakterlanadi, ya'ni

$$\frac{x_i}{r_i} = \text{const.} \quad (9.29)$$

Nojinsli (bir jinsli bo'lmagan) yopiq elektr tarmoqlarda konturni tashkil etuvchi shoxobchalarning qarshiliklari nisbatlari turlichadir. Bunday tarmoqlarda quvvatlarning tabiiy taqsimlanishi to'la qarshilik $z=r+jx$ bo'yicha amalga oshadi.

Yopiq tarmoqda quvvatning undagi isrofni eng kam bo'lish holatiga mos keluvchi iqtisodiy taqsimlanishi uni faqat aktiv qarshilik bo'yicha taqsimlanishi bilan bir xil bo'ladi.

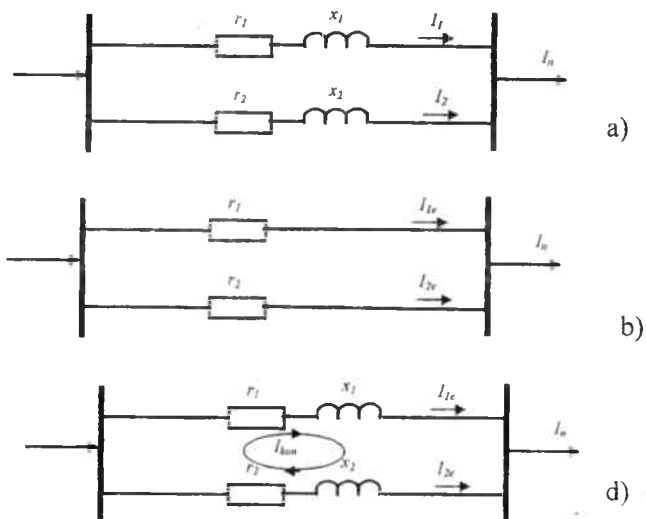
Nojinsli yopiq elektr tarmoqda quvvatlar oqimining iqtisodiy taqsimlash imkoniyatlarini o'rganish uchun bir konturli yopiq tarmoqni ko'rib o'tamiz (9.3,a-rasm).

Sxemalarda ko'rsatilgan I_1, I_2, I_{1e}, I_{2e} toklar konturda quvvatlar tabiiy va iqtisodiy taqsimlangan holatlarga mos kelib, mazkur tarmoq uchun ularning qiymatlari Kirxgofning birinchi va ikkinchi qonunlaridan foydalanib, quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$I_1 = I_n \cdot \frac{r_2 + jx_2}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)}, \quad I_2 = I_n \cdot \frac{r_1 + jx_1}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)}, \quad I_{1e} = I_n \cdot \frac{r_2}{r_1 + r_2}, \quad I_{2e} = I_n \cdot \frac{r_1}{r_1 + r_2}. \quad (9.30)$$

Agar 9.3,a-rasmda tasvirlangan konturda tarmoqning nojinsliligi tufayli tenglashtiruvchi tok I_{kon} oqadi deb hisoblasak (9.3,d-rasm), u holda tabiiy va iqtisodiy taqsimlanish holatlari uchun toklar quyidagi ifodalar bilan bog'langan:

$$I_1 = I_{1e} + I_{kon} ; \quad I_2 = I_{2e} - I_{kon} . \quad (9.31)$$



9.3-rasm. Yopiq elektr tarmoqda tokning taqsimlanishi: a) nojinsli yopiq elektr tarmoqda tokning taqsimlanishi; b) reaktiv qarshilik e'tiborga olinmaganda konturda tokning iqtisodiy taqsimlanishi; d)– nojinsli konturda tenglashtiruvchi tokning yo'nalishi.

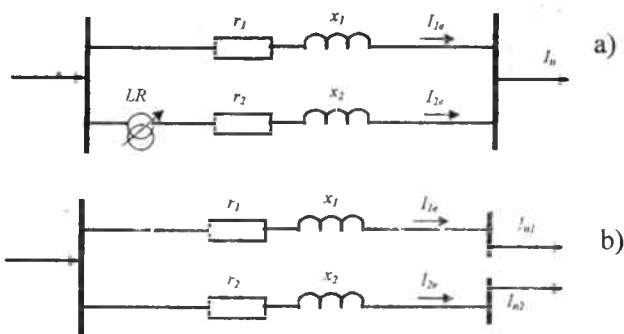
Shunday qilib, yopiq elektr tarmoqlarda quvvat isrofini minimallashtirish uchun ularda tenglashtiruvchi toklarni nolga keltirish lozim. Bu tarmoqning nojinsliligini kamaytirish yoki tenglashtiruvchi toklarni kompensatsiyalash orqali amalga oshiriladi.

Tarmoqning nojinsliligini kamaytirish o'tkazgichlarning kesim yuzalarini o'zgartirish va BKQ (bo'ylama kompensatsiyalovchi qurilma) ulash orqali amalga oshirilishi mumkin.

Tenglashtiruvchi kontur toklarini kompensatsiyalash ikki yo'l bilan amalga oshirilishi mumkin:

1) kompensatsiyalovchi tenglashtiruvchi toklarni hosil qilish orqali (konturda quvvat oqimini rostlash);

2) tenglashtiruvchi toklarning yo'lini uzish orqali (tarmoq konturlarini ochish orqali) (9.4,b-rasm).

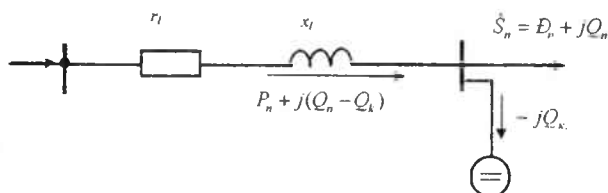


9.4-rasm. Tenglashtiruvchi kontur toklarini kompensatsiyalash: a – liniya rostlagich transformatorining transformatsiyalash koeffitsiyentini rostlash orqali; b– konturni ochish orqali.

Kompensatsiyalovchi tenglashtiruvchi toklarni hosil qilish konturlarga qo‘shimcha EYuK kiritish orqali amalga oshiriladi. O‘z navbatida qo‘shimcha EYuK liniya rostlagichlari hisobiga, ya‘ni kuchlanishni bo‘ylama-ko‘ndalang rostlash yoki muvozanatlashmagan transformatsiyalash koeffitsiyentlari hisobiga hosil qilinadi (9.4,a-rasm).

Ta‘minlovchi elektr tarmoqlarda qo‘shimcha EYuKning qiymatini yoki konturni ochish nuqtasini aniqlash uchun uning holatini optimallashtirish masalasi yechiladi. Buning uchun yuqorida keltirilgan algoritmdan foydalanish samaralidir.

Isroflarni reaktiv quvvatni kompensatsiyalash hisobiga kamaytirish. Elektr tarmoqlarida (xususan ochiq tarmoqlarda) elektr quvvati va energiyasi isrofni kamaytirishning eng samarali va keng foydalaniluvchi usuli reaktiv quvvatni kompensatsiyalashga asoslangan. Ushbu usul bo‘yicha isrofnı kamaytirish imkoniyatlari bilan sxemasi 9.5-rasmda tasvirlangan bitta liniyadan iborat bo‘lgan tarmoq misolida tanishamiz.



9.5-rasm. Bitta liniyadan iborat bo‘lgan tarmoqda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash.

Ma'lumki, reaktiv quvvati kompensatsiyalanmagan liniyada aktiv quvvat isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_n^2} \cdot r_l. \quad (9.32)$$

Liniyaning oxirida ulangan iste'molchilarning yonida kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan so'ng yuklamaning umumiy (kompensator hilan birga hisoblanganda) aktiv quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi$ oshadi va liniyadagi aktiv quvvat isrofi kamayadi:

$$\Delta P = \frac{P_n^2 + (Q_n - Q_k)^2}{U_n^2} \cdot r_l. \quad (9.33)$$

Kompensatorning tarmoqdagi quvvat isrofini eng kam bo'lishini ta'minlovchi optimal quvvatni isrof funksiyasi minimumligining zaruriy sharti, ya'ni u bo'yicha xususiy hosilaning nolga tengligidan foydalanib topish mumkin:

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_k} = -\frac{2(Q_n - Q_k)}{U_n^2} \cdot r_l = 0. \quad (9.34)$$

Shunday qilib, ko'rilayotgan tarmoq uchun $Q_{k, opt} = Q_n$. Demak, ushbu holatda yuklamaning reaktiv quvvati kompensator yordamida to'la kompensatsiyalanganda (liniya orqali iste'molchiga faqat aktiv quvvat uzatilganda) tarmoqdagi aktiv quvvat isrofi eng kam, ya'ni minimal bo'ladi.

Sinov savollari:

1. Liniyalardagi quvvat va energiya isroflarini tushuntiring?
2. Transformatorlarda quvvat va energiya isroflarini tushuntiring?
3. Elektr tarmoqlarida energiya isrofini kamaytirishni qanaqa tadbirlarini bilasiz?
4. Nojinsli yopiq elektr tarmoqda quvvatlar oqimining iqtisodiy taqsimlanishini tushuntirib bering?

10. ELEKTR TARMOQ ELEMENTLARINING EKVIVALENT ALMASHTIRISH SXEMALARI VA HISOBIY PARAMETRLARI

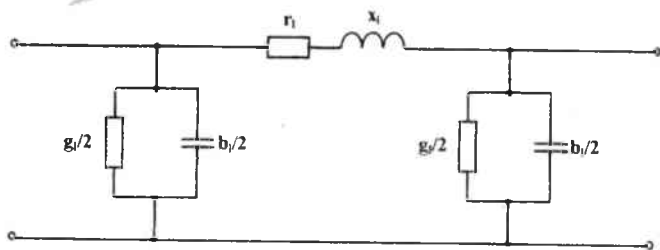
10.1 Elektr uzatish liniyalarining almashtirish sxemalari va hisobiy parametrlari

Ta'minlovchi elektr tarmoqlari asosan 110-220 kV kuchlanishli tarmoqlar bo'lib, elektr stansiyalari va sistemani vujudga keltiruvchi tarmoqlarni taqsimlovchi (mahalliy) elektr tarmoqlari bilan tutashtiradi. Bunday elektr tarmoqlar tuman elektr tarmoqlari deb ham yuritiladi. Yuqorida ko'rib o'tilgan mahalliy elektr tarmoqlaridagidan farqli ravishda tuman elektr tarmoqlarida ayrim parametrlarning qiymatlari va ularning elektr tarmog'i holatiga ta'siri sezilarli bo'ladi. Shunga mos ravishda bunday tarmoq elementlarining almashtirish sxemalari va parametrlari mahalliy tarmoqlardagidan biroz farq qiladi.

Ushbu bo'limda ta'minlovchi elektr tarmoqlari elementlarining almashtirish sxemalari, parametrlari va ularni hisoblash uslubi bilan tanishamiz.

Ko'pgina hollarda elektr uzatish liniyalarining parametrlari (aktiv va reaktiv qarshiliklari, aktiv va sig'im o'tkazuvchanliklari) uning uzunligi bo'ylab bir tekis taqsimlangan deb qarash mumkin. Nisbatan katta bo'lmagan uzunlikdagi elektr uzatish liniyalari uchun parametrlarning taqsimlanganligini e'tiborga olmaslik va jamlangan parametrlar – liniyaning aktiv va reaktiv qarshiliklari r_l va x_l , aktiv hamda reaktiv o'tkazuvchanliklari g_l va b_l lardan foydalanish mumkin.

Uzunligi 300-400 km dan oshmagan 110 kV va undan yuqori kuchlanishda ishlovchi havodagi elektr uzatish liniyasining almashtirish sxemasi odatda P-simon ko'rinishda tasvirlanadi (10.1-rasm).



10.1-rasm. Elektr uzatish liniyasining P-simon almashtirish sxemasi.

Aktiv qarshilik quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$r_l = r_0 l. \quad (10.1)$$

Bu yerda r_0 – liniya 1 km aktiv qarshiligi (muhitning harorati $+20^\circ\text{C}$ bo'lgan holatdagi), Om/km; l – liniyaning uzunligi, km.

O'tkazgichlar va kabellarning aktiv qarshiliklari 50 Gs chastotada taxminan omik qarshilikka (ya'ni o'zgaras tokdagi qarshiligiga) tengdir. Shu tufayli yuza effekti hodisasi e'tiborga olinmaydi. r_0 ning qiymati po'lat alyuminiy va boshqa rangli metallardan tayyorlangan o'tkazgichlar uchun (10.1) formula bo'yicha hisoblanishi yoki ko'ndalang kesim yuzalariga bog'liq ravishda qo'llanma jadvaldan aniqlanishi mumkin. Po'lat o'tkazgichlar uchun yuza effektini hisobga olmaslik mumkin emas. Ularda r_0 kesim yuzasi va oquvchi tokka bog'liq bo'lib, qiymatlari qo'llanma jadvaldan olinadi. O'tkazgichning harorati 20°C dan farq qilganda r_0 mos formulalar bo'yicha topiladi.

Reaktiv qarshilik quyidagi tartibda topiladi:

$$x_l = x_0 l. \quad (10.2)$$

Bu yerda x_0 – liniya 1 km uzunligining reaktiv qarshilik, Om/km.

Elektr uzatish liniyasining alohida fazalaridagi reaktiv qarshiliklar umumiy holda turlicha. Simmetrik holatlarni hisoblashda x_0 ning quyidagi formula bo'yicha topiluvchi o'rtacha qiymatidan foydalanish mumkin:

$$x_0 = 0,144 \lg(D_{o,r} / r) + 0,0157. \quad (10.3)$$

Bu yerda r – o'tkazgichning radiusi; $D_{o,r}$ – faza o'tkazgichlari oralaridagi o'rtacha geometrik masofa:

$$D_{o,r} = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}}. \quad (10.4)$$

Bu yerda D_{ab} , D_{bc} , D_{ca} – mos faza o'tkazgichlari oralaridagi masofa.

Ikki zanjirli tayanchlarda ikkita liniya parallel joylashganda har bir faza o'tkazgichini kesib o'tuvchi magnit oqimi liniyaning har ikkala zanjiri orqali oquvchi toklar bilan belgilanadi. Ikkinchi zanjirning ta'siri natijasida x_0 ning o'zgarishi birinchi navbatda zanjirlar orasidagi masofaga bog'liqdir. Bitta zanjir uchun x_0 ning ikkinchi zanjir hisobga olingan va olinmagan holatlardagi qiymatlari oralaridagi farq 5-6% dan oshmaydi va shu sababli ikkinchi zanjirning ta'siri amaliy hisoblashlarda e'tiborga olinmaydi.

Nominal kuchlanishi 330 kV va undan yuqori bo'lgan elektr uzatish liniyalarida faza o'tkazgichlari bir nechta o'tkazgichlarga

parchalanadi. Bunday hollarda (7.3) formuladagi r o'rniga quyidagi formula bo'yicha topiluvchi bitta fazadagi o'tkazgichlarning ekvivalent radius r_{ek} foydalaniladi:

$$r_{ek} = \sqrt[n]{r a_{o'r}^{n-1}}. \quad (10.5)$$

Bu yerda $a_{o'r}$ – bitta fazadagi o'tkazgichlar oralaridagi o'rtacha geometrik masofa; n – bitta fazadagi o'tkazgichlar soni.

Parchalangan o'tkazgichli elektr uzatish liniyalari uchun (10.3) formuladagi so'nggi tashkil etuvchi $0,0157/n$ ko'rinishda bo'ladi. Shuningdek, bunday liniyalar uchun solishtirma aktiv qarshilik quyidagicha topiladi:

$$r_0 = r_{o'r} / n. \quad (10.6)$$

Bu yerda $r_{o'r}$ – fazadagi bitta o'tkazgichning solishtirma aktiv qarshiligi.

Po'latalyuminiy o'tkazgichlar uchun x_0 (10.3) formula bo'yicha hisoblanishi yoki o'tkazgichning kesim yuzasi va liniyaning nominal kuchlanishi bo'yicha qo'llanma jadvaldan olishi mumkin. Po'lat o'tkazgichlar uchun esa uning qiymati kesim yuzasi va tokka bog'liq holda qo'llanma jadvaldan olinadi.

Liniyaning *aktiv o'tkazuvchanligi* ikkita ko'rinishdagi aktiv quvvat isroflarini ifoda etadi: izolatorlar orqali oquvchi daydi toklar tufayli yuz beruvchi isroflar va tojlanish isroflari.

Izolatorlardagi daydi toklar qiymati juda kam bo'lib, amaldagi hisoblashlarda ular tufayli yuz beruvchi isroflarni hisobga olmaslik mumkin. Tojlanish darajasi o'tkazgichdagi kuchlanish va uning radiusiga bog'liq bo'ladi. Shu sababli, bu isrofning qiymatini ruxsat etilgan oraliqda tutish uchun tojlanish bo'yicha ruxsat etiluvchi eng kichik kesim yuzasi belgilangan. Unga muvofiq eng kichik kesim yuzasi 110 kV uchun 70 mm^2 , 150 kV uchun 120 mm^2 , 220 kV uchun 240 mm^2 .

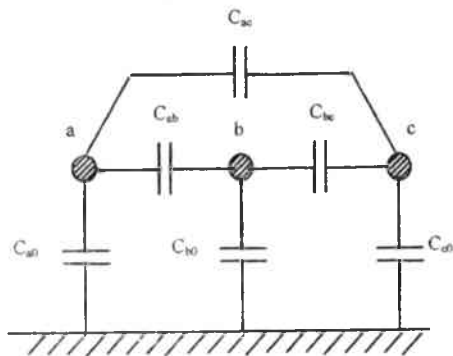
220 kV gacha kuchlanishli tarmoqlarning barqaror holatlarini hisoblashda aktiv o'tkazuvchanlik amalda e'tiborga olinmaydi. 330 kV va undan yuqori kuchlanishli tarmoqlarda quvvat isroflarini aniqlash va optimal holatlarni hisoblashda tojlanish isrofi hisobga olinishi lozim. Buning uchun odatda tojlanish isrofning kuchlanishga turli ko'rinishdagi bog'lanishlari hisobga olinadi.

Liniyaning *sig'im o'tkazuvchanligi* b_i alohida faza o'tkazgichiari oralaridagi va faza o'tkazgichlari bilan yer orasidagi sig'im ta'sirida (10.2- rasm) vujudga keladi va quyidagicha hisoblanadi:

$$b_i = b_0 l. \quad (10.7)$$

Bu yerda b_0 – liniyaning 1 km uzunligi uchun sig‘im o‘tkazuvchanlik bo‘lib, qo‘llanma jadvaldan aniqlanishi yoki quyidagi formula bo‘yicha hisoblanishi mumkin:

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D'x}{r}} \cdot 10^{-6}. \quad (10.8)$$



10.2- rasm. Havo liniyasining o‘tkazgichlari va ular bilan yer orasida hosil bo‘luvchi sig‘imlar.

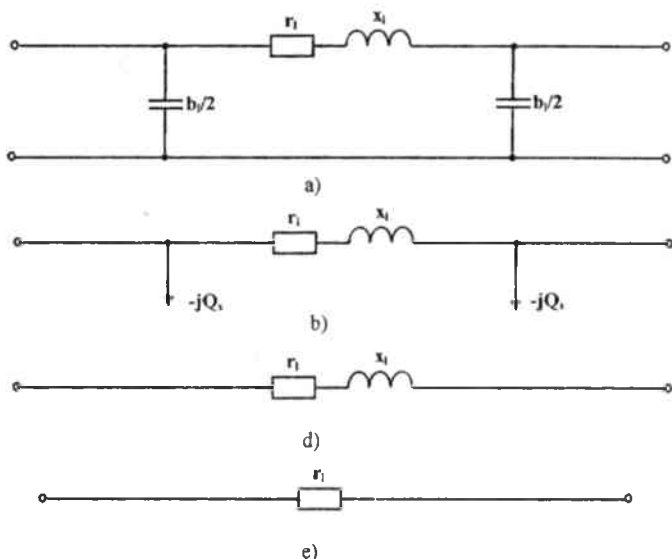
Ayrim hollarda 110-220 kV kuchlanishli havo liniyalarini hisoblashda ularning sxemalari yetarlicha sodda ko‘rinishda (10.3,b-rasm) ifodalanadi. Bu sxemada sig‘im o‘tkazuvchanlik o‘rniga u ta’sirida ishlab chiqariluvchi reaktiv quvvat hisobga olinadi (10.3,a-rasm). Bunday liniya sig‘im quvvatining yarmi quyidagicha topiladi:

$$Q_s = 3I_s U_f = 3U_f^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot b_0 l = \frac{1}{2} U^2 b_l. \quad (10.9)$$

Bu yerda U_f va U – faza va liniya kuchlanishlari, kV; I_s – yerga tomon oquvchi sig‘im toki, $I_s = U_f b_l / 2$.

(10.8) dan ko‘rinadiki, liniyada ishlab chiqariluvchi reaktiv quvvat Q_s (zaryad quvvati) kuchlanishning kvadratiga to‘g‘ri proporsionaldir.

35 kV va undan past kuchlanishli havodagi liniyalarda b_l va bunga mos ravishda Q_s juda kichik bo‘lganligi sababli e’tiborga olinmaydi (10.3,d-rasm). 330 kV va undan yuqori kuchlanishli 300-400 km dan uzun liniyalarning Π -simon almashtirish sxemasi parametrlarini aniqlashda qarshilik va o‘tkazuvchanliklarning liniya davomida bir tekis taqsimlanganligi hisobga olinadi.



10.3-rasm. Elektr uzatish liniyalarining almashtirish sxemalari:

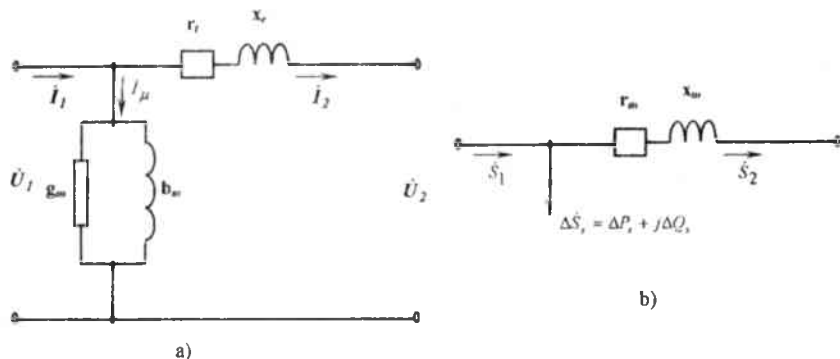
- a), b)- 110-220 kV kuchlanishli havodagi uzatish liniyalari uchun;
 d)- 35 kV va undan past kuchlanishli havodagi uzatish liniyalari uchun;
 e)- 10 kV va undan past kuchlanishli kabeli elektr uzatish liniyalari uchun.

Kabelli elektr uzatish liniyalarining almashtirish sxemalari ham umumiy hollarda havodagi liniyalardagi kabi Π -simon ko'rinishda ifodalanadi (10.1-rasm). Ularda ham 1 km uzunlikdagi aktiv va reaktiv qarshiliklar r_0 , x_0 havodagi liniyalardagi kabi hisoblanishi yoki qo'llanma jadval bo'yicha aniqlanishi mumkin. (10.3), (10.7) formulalardan ko'rinib turibdiki, o'tkazgichlarning yaqinlashishi bilan x_0 kamayadi va b_0 ortadi. Kabelli liniyalarda faza o'tkazgichlari oralaridagi masofalar kam bo'lganligi sababli x_0 havodagi liniyalardagiga nisbatan juda kam bo'ladi. 10 kV va undan past kuchlanishli kabelli liniyalarining holatlarini hisoblashda faqat aktiv qarshilikni hisobga olish mumkin (10.3,e-rasm). Kabelli liniyalarda sig'im toki va mos ravishda Q , havodagi liniyalardagiga nisbatan kattadir. Yuqori kuchlanishli kabel liniyalarida Q , hisobga olinib (10.3,b - rasm), bunda liniyaning 1 km uzunligi uchun zaryad quvvati Q_0 qo'llanma jadvaldan aniqlanishi

mumkin. g_f aktiv o'tkazuvchanlik 110 kV va undan yuqori kuchlanishli kabelli liniyalarda hisobga olinadi. Kabeli liniyalar almashtirish sxemalarining qo'llanma jadvallarda berilgan solishtirma parametrlari r_0 , x_0 va Q_{∞} taxminiydir. Kabelning zavod xarakteristiklari bo'yicha ularni yanada aniqroq hisoblash mumkin.

10.2. Ikki cho'lg'amli transformatorlarning almashtirish sxemalari va hisobiy parametrlari

Ikki cho'lg'amli transformatorning almashtirish sxemasini G-simon ko'rinishda ifodalash mumkin (10.4-rasm).



10.4 -rasm. . Ikki cho'lg'amli transformator va avtotransformatorning almashtirish sxemalari: a)- Γ -simon almashtirish sxemasi; b)- soddalashtirilgan almashtirish sxemasi.

Almashtirish sxemasining bo'ylama qismi transformatorning aktiv va reaktiv qarshiliklari r_f, x_f ga ega. Bu qarshiliklar mos ravishda transformatorning birlamchi va birlamchi cho'lg'amga keltirilgan ikkilamchi cho'lg'amining aktiv va reaktiv qarshiliklari yig'indasiga tengdir. Bunday sxemada transformatsiya, ya'ni ideal transformator mavjud bo'lmasdan, ikkilamchi cho'lg'amning qarshiliklari birlamchi cho'lg'amga keltirilgan. Bunday keltirishda ikkilamchi cho'lg'amning qarshiligi transformatsiyalash koeffitsiyentining kvadratiga ko'paytiriladi. Agar transformator bilan bog'langan tarmoq birgalikda ko'rilsa va bunda tarmoq kuchlanishning bir xil darajasiga keltirilmasa, u holda

transformatorning almashtirish sxemasida ideal transformator ko'rsatiladi.

Almashtirish sxemasidagi ko'ndalang shoxobcha (magnitlanish shoxobchasi) aktiv va reaktiv o'tkazuvchanliklar g_1 , b_1 dan tashkil topgan. Aktiv o'tkazuvchanlik transformatorning po'latdan yasaluvchi o'zagida magnitlovchi tok I_μ orqali isrof bo'luvchi aktiv quvvat isroflarini ifodalaydi. Reaktiv o'tkazuvchanlik esa transformator cho'lg'amlaridagi o'zaro induksiya magnit oqimi bilan belgilanadi.

220 kV va undan past kuchlanishli elektr tarmoqarini hisoblashda transformatorlar soddalashtirilgan almashtirish sxemalari bilan tasvirlanadi (10.4,b-rasm). Bu sxemada magnitlanish shoxobchasining o'miga transformator po'latida yoki salt ishlash holatida isrof bo'luvchi quvvat yuklama sifatida hisobga olinadi.

Har bir transformator uchun quyidagi parametrlar (katalog ma'lumotlari) ma'lumdir: S_n — transformatorning nominal quvvati, MVA; $U_{y.k.}, U_{p.k.}$ — yuqori va pastki cho'lg'amlarining nominal kuchlanishlari, kV; ΔP_s — salt ishlash holatidagi aktiv isrof, kVt; $I_s\%$ — salt ishlash toki, I_n dan %; ΔP_k — qisqa tutashuv isrofi, kVt; $u_k\%$ — qisqa tutashuv kuchlanishi, U_n dan %. Bu ma'lumotlar bo'yicha almashtirish sxemasining barcha parametrlarini (qarshiliklar va o'tkazuvchanliklarni), shuningdek, ulardagi isroflarni topish mumkin.

Magnitlanish shoxobchasi o'tkazgichlari salt ishlash tajribasi (10.5,a-rasm) natijalaridan foydalanib topiladi. Bu tajribada transformatorning ikkilamchi cho'lg'ami ochiq holatda bo'lib, birlamchi cho'lg'amga nominal kuchlanish beriladi. Bunda almashtirish sxemasining bo'ylama qismida tok nolga teng bo'lib, uning bo'ylama qismiga U_n kuchlanish qo'yilgan. Bunday holatda transformator faqat salt ishlash holatidagiga teng bo'lgan quvvatni isrof qiladi:

$$\Delta S_s = \Delta P_s + j\Delta Q_s. \quad (10.10)$$

Bundan kelib chiqib, o'tkazuvchanliklar quyidagi ifodalar bo'yicha topiladi:

$$g_1 = \Delta P_s / U_n^2, \quad (10.11)$$

$$b_1 = \Delta Q_s / U_n^2. \quad (10.12)$$

Transformatorning odatda po'latdan yasaluvchi o'zagida isrof bo'luvchi aktiv quvvat asosan kuchlanish bilan belgilanadi va u taxminan yuklamaning toki va quvvatiga (I_2 va S_2) bog'liq emas deb nazarda tutiladi. 10.4,b-rasmdagi sxemada ΔP_s o'zgarmas va katalog

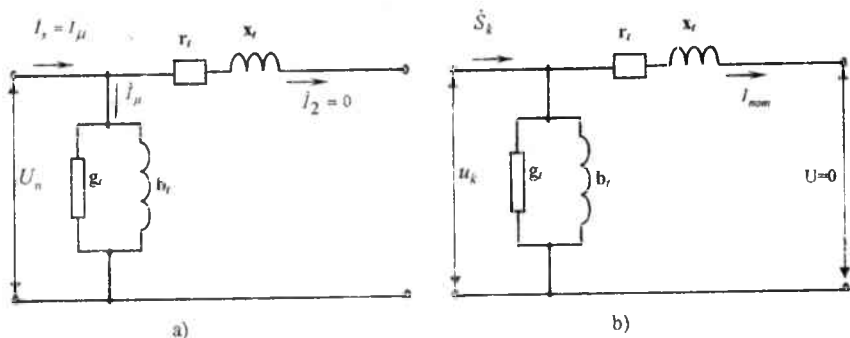
qiymatiga tengdir. Transformatorlarda magnitlash toki juda kichik aktiv tashkil etuvchiga ega, shu sababli

$$I_{\mu} = I_s \approx I_s' \quad (10.13)$$

Bu yerda I_s' - I_s ning reaktiv tashkil etuvchisi.

Yuqoridagidan quyidagilar kelib chiqadi:

$$\Delta Q_s = 3I_s' U_{\text{tn}} \approx 3I_s U_{\text{tn}} = 3 \cdot \frac{I_s \% S_n}{100} \cdot U_{\text{tn}} = \frac{I_s \% S_n}{100} \quad (10.14)$$



10.5- rasm. Ikki cho'lg'amli transformatorning salt ishlash va qisqa tutashuv tajribalari sxemalari: a)-salt ishlash tajribasi; b)-qisqa tutashuv tajribasi.

Transformatorning salt ishlash holatidagi aktiv quvvati isrofi ΔP_s , reaktiv quvvat isrofi ΔQ_s , dan ancha kichik bo'lib, salt ishlash holatidagi to'la quvvati S_s taxminan magnitlovchi quvvat ΔQ_s ga teng.

(10.13) ni hisobga olib, b_t quyidagicha aniqlanadi:

$$b_t = \frac{I_s \% S_n}{100 U_n^2} \quad (10.15)$$

Transformatorlarning r_t va x_t qarshiliklari qisqa tutashuv (QT) tajribasi natijalaridan foydalanib topiladi. Bu tajribada transformatorning ikkilamchi cho'lg'ami qisqa tutashtiriladi va birlamchi cho'lg'amiga har ikkala cho'lg'amlarda nominal toklar oqishini ta'minlovchi kuchlanish beriladi. Bu kuchlanish qisqa tutashuv kuchlanishi u_k deb yuritiladi. Qisqa tutashuv holatida u_k U_n ga nisbatan juda kichik bo'lganligi sababli magnitlanish shoxobchasida isrof bo'luvchi quvvat ham juda kichik bo'ladi va bu holatda deyarli barcha quvvat cho'lg'amda isrof bo'ladi, ya'ni

$$\Delta P_k = 3I_n^2 r_t = \frac{S_n^2}{U_n^2} r_t. \quad (10.16)$$

(10.15) formuladan r_t uchun formulani hosil qildamiz:

$$r_t = \frac{\Delta P_k U_n^2}{S_n^2}. \quad (10.17)$$

Zamonaviy katta quvvatli transformatorlarda $r_t \ll x_t$ va $u_k \approx u'_k$. Buni hisobga olib qisqa tutashuv tajribasidan quyidagini yozish mumkin (10.5,b-rasm):

$$u_k = \frac{u_k \% U_n}{100} \approx \sqrt{3} I_n x_t. \quad (10.18)$$

Oxirgi ifodadan x_t uchun formulani hosil qilamiz:

$$x_t = \frac{u_k \% U_n^2}{100 S_n}. \quad (10.19)$$

Transformator cho'lg'amidagi, ya'ni r_t qarshilikdagi aktiv quvvat isrofi yuklama toki I_2 va quvvati S_2 ga bog'liq bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P_r = 3I_2^2 r_t = \frac{S_2^2}{U_2^2} r_t. \quad (10.20)$$

Agar so'nggi ifodadagi r_t o'rmiga uning (10.16) dagi ifodasini qo'ysak va $U_2^2 \approx U_n^2$ ekanligini hisobga olsak, u holda quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

$$\Delta P_\delta = \frac{\Delta P_k S_2^2}{S_n^2}. \quad (10.21)$$

x_t dagi reaktiv quvvat isrofi ham (10.20) kabi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta Q_\delta = 3I_2^2 x_t \frac{S_2^2}{U_n^2} = \frac{u_k \% S_2^2}{100 S_n^2}. \quad (10.22)$$

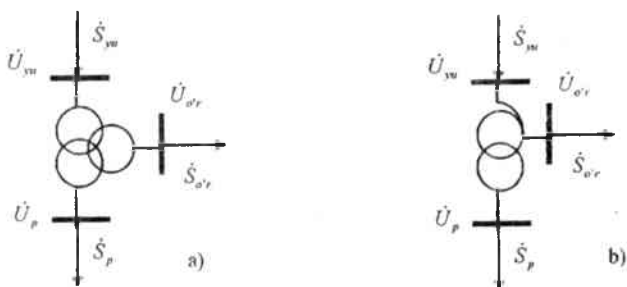
Yuklama toki I_2 va quvvati S_2 oqib o'tib turgan transformatorlarda quvvat isrofi (10.16), (10.20) va (10.21) larni hisobga olib, quyidagicha topiladi:

$$\Delta P = \Delta P_s + \Delta P_\delta = \Delta P_s + \frac{\Delta P_k S_2^2}{S_n^2}, \quad (10.23)$$

$$\Delta Q = \Delta Q_s + \Delta Q_\delta = \frac{I_s \% S_1}{100} + \frac{u_k \% S_2^2}{S_n^2}. \quad (10.24)$$

10.3. Uch cho'lg'amli transformator va avtotransformatrlarning almashtirish sxemalari va hisobiy parametrlari

Ko'p hollarda podstansiyada uchta nominal kuchlanish – yuqori U_{yu} , o'rta U_{or} va past U_p kuchlanishlar talab etiladi. Buning uchun ikkita ikki cho'lg'amli transformatorlardan foydalanish mumkin. Biroq ularga nisbatan bitta uch cho'lg'amli transformator yoki uch cho'lg'amli avtotransformatordan foydalanish iqtisodiy jihatdan samaralidir. Uch cho'lg'amli transformatorning cho'lg'amlari o'zaro magnitik bog'lanishda bo'ladi (10.6,a-rasm). Avtotransformatior cho'lg'amlarining tutashish sxemasi 10.6,b-rasmda tasvirlangan bo'lib, unda pastki cho'lg'ami qolgan ikkala cho'lg'amlar bilan magnitik, ketma-ket (P) va umumiy (O) cho'lg'amlari esa bir-biri bilan o'zaro elektrik va magnitik bog'lanishda bo'ladi (10.7,b-rasm). Ketma-ket cho'lg'am bo'ylab I_{yu} , umumiy cho'lg'am bo'ylab esa $I_{yu} - I_{or}$ tok oqadi.



10.6-rasm. Uchta nominal kuchlanishli podstansiyaning sxemalari:

a)- uch cho'lg'amli transformator; b)- uch cho'lg'amli avtotransformatior.

Avtotransformatiorning nominal quvvati deb uning nominal ish sharoitlarida yuqori kuchlanish tarmog'idan olishi yoki unga uzatishi mumkin bo'lgan eng katta quvvatga aytiladi:

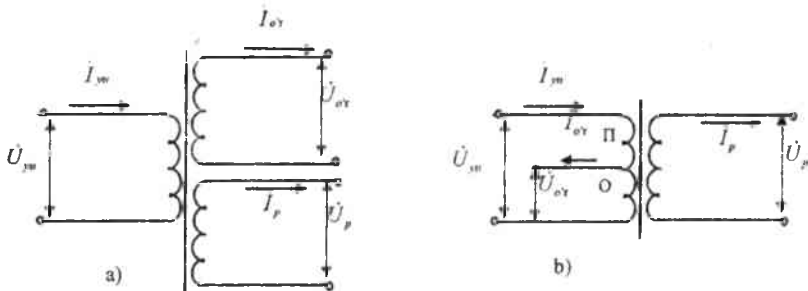
$$S_n = \sqrt{3} U_{yu,0} I_{yu,0} \quad (10.25)$$

Bu quvvat, shuningdek, *o'tish quvvati* deb ham yuritiladi. Bu quvvat avtotransformatiorning quyi cho'lg'amida yuklama bo'lmagan holda yuqori kuchlanish tarmog'idan o'rta kuchlanish tarmog'iga yoki teskari yo'nalishda uzatishi mumkin bo'lgan eng katta quvvatdir.

Avtotransformatorning ketma-ket cho'lg'ami P tip quvvatga mo'ljallab quriladi (10.7,b-rasm):

$$S_{tip} = \sqrt{3}(U_{yu,n} - U_{o'r,n})I_{yu,n} = \sqrt{3}U_{yu,n}I_{yu,n}(1 - \frac{U_{o'r,n}}{U_{yu,n}}) = \alpha S_n. \quad (10.26)$$

Bu yerda $\alpha = 1 - U_{o'r,n} / U_{yu,n}$ - S_{tip} ning S_n ga nisbatan necha marta kichik ekanligini ko'rsatib, *afzallik koeffitsiyenti* deb yuritiladi.



10.7-rasm. Uch cho'lg'amli transformator va avtotransformator cho'lg'amlarining tutashish sxemalari: a)- uch cho'lg'amli transformator cho'lg'amlarining tutashish sxemasi; b)- uch cho'lg'amli avtotransformator cho'lg'amlarining tutashish sxemasi.

Umumiy cho'lg'amda kuchlanish $U_{yu,n}$ ga, tok esa $I_{yu} - I_{o'r}$ ga teng, shu sababli uning quvvati S_n ga nisbatan kichikdir. Umumiy cho'lg'amning quvvati ham tip quvvatiga teng ekanligini ko'rsatish mumkin. Past kuchlanish cho'lg'ami ham S_{np} ga yoki undan kichik quvvatga mo'ljallab quriladi. Uning nominal quvvati avtotransformatorning nominal quvvati orqali quyidagicha ifodalanadi:

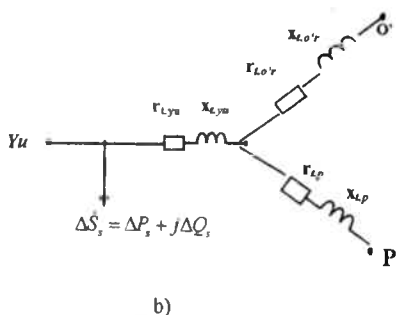
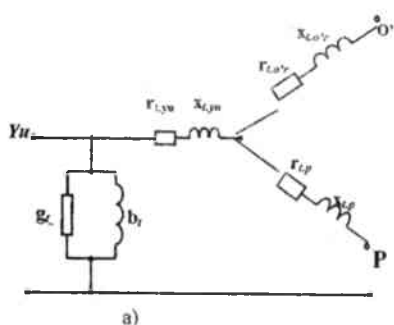
$$S_{pn} = \alpha_{pn} S_n. \quad (10.26a)$$

$U_{yu,n} \leq 330$ kV bo'lgan holatlarda $\alpha_{pn} = 0,25; 0,4; 0,5$ bo'lishi mumkin.

$U_n > 220$ kV bo'lgan holatlar uchun uch cho'lg'amli transformator va avtotransformatorning almashtirish sxemasi 10.8,a-rasmda, $U_n \leq 220$ kV bo'lgan holatlar uchun esa 10.8,b-rasmda tasvirlangan.

Uch cho'lg'amli transformator va avtotransformatordlarda ham salt ishlash isroflari ΔP va ΔQ ikki cho'lg'amli transformatorlardagidek hisoblanadi. Uch cho'lg'amli transformator va avtotransformatordlar uchun qisqa tutashuv isroflari va kuchlanishlari uchala cho'lg'amlar jufliklari uchun, ya'ni $\Delta P_{k(yu-o'r)}$, $\Delta P_{k(yu-p)}$, $\Delta P_{k(o'r-p)}$ va $u_{k(yu-o'r)}\%$, $u_{k(yu-p)}\%$, $u_{k(o'r-p)}\%$

ko'rinishida beriladi. Har bir ΔP_k va u_k % mumkin bo'lgan uchta tajribaning biriga taalluqlidir.



10.8-rasm. Uch cho'lg'amli transformator va avtotransformatorning almashtirish sxemalari:

a)- G-simon almashtirish sxemasi; b)- soddalashtirilgan almashtirish sxemasi.

Masalan, $\Delta P_{k(yu-p)}$ va $u_{k(yu-p)}$ larning qiymatlari quyidagi cho'lg'am qisqa tutashtirilgan, o'rta cho'lg'am ochiq holda bo'lgan, yuqori cho'lg'amga quyidagi cho'lg'am orqali nominal tok oqishini ta'minlovchi $u_{k(yu-p)}$ kuchlanish berilgan holatda aniqlanadi. Bunday holatda xuddi ikki cho'lg'amli transformatorlardagidek

$$r_{t,yu} + r_{t,p} = \Delta P_{k(yu-p)} U_n^2 / S_n^2, \quad (10.27)$$

$$r_{t,yu} + r_{t,o'r} = \Delta P_{k(yu-o'r)} U_n^2 / S_n^2, \quad (10.28)$$

$$r_{t,o'r} + r_{t,p} = \Delta P_{k(o'r-p)} U_n^2 / S_n^2. \quad (10.29)$$

(10.26)-(10.28) tenglamalarda uchta noma'lum aktiv qarshiliklar mavjud. Ularni birgalikda yechish asosida alohida cho'lg'amlarning qarshiliklari uchun ifodalarni hosil qilamiz:

$$r_{t,yu} = \frac{\Delta P_{k,yu} U_n^2}{S_n^2}, \quad (10.30)$$

$$r_{t,o'r} = \frac{\Delta P_{k,o'r} U_n^2}{S_n^2}, \quad (10.31)$$

$$r_{t,p} = \frac{\Delta P_{k,p} U_n^2}{S_n^2}. \quad (10.32)$$

Bu ifodalardagi $\Delta P_{k,yu}$, $\Delta P_{k,o'r}$, $\Delta P_{k,p}$ lar quyidagi formulalar bo'yicha topiladi:

$$\Delta P_{k,yu} = 0,5(\Delta P_{k(yu-o'r)} + \Delta P_{k(yu-p)} - \Delta P_{k(o'r-p)}), \quad (10.33)$$

$$\Delta P_{k, oT} = 0,5(\Delta P_{k, (yu - oT)} + \Delta P_{k, (oT - p)} - \Delta P_{k, (yu - p)}), \quad (10.34)$$

$$\Delta P_{k, p} = 0,5(\Delta P_{k, (yu - p)} + \Delta P_{k, (oT - p)} - \Delta P_{k, (yu - oT)}). \quad (10.35)$$

Xuddi shunga o'xshash tatibda $u_{k, yu} \%$, $u_{k, oT} \%$, $u_{k, p} \%$ lar hisoblanadi:

$$u_{k, yu} \% = 0,5(u_{k, (yu - oT)} \% + u_{k, (yu - p)} \% - u_{k, (oT - p)} \%), \quad (10.36)$$

$$u_{k, oT} \% = 0,5(u_{k, (yu - oT)} \% + u_{k, (oT - p)} \% - u_{k, (yu - p)} \%), \quad (10.37)$$

$$u_{k, p} \% = 0,5(u_{k, (yu - p)} \% + u_{k, (oT - p)} \% - u_{k, (yu - oT)} \%). \quad (10.38)$$

$u_{k, yu} \%$, $u_{k, oT} \%$, $u_{k, p} \%$ larning topilgan qiymatlaridan foydalanib, quyidagi formulalar bo'yicha alohida cho'lg'amlarning reaktiv qarshiliklari aniqlanadi:

$$\tilde{X}_{k, yu} = \frac{u_{k, yu} \% \cdot U_n^2}{100 S_n}, \quad (10.39)$$

$$X_{k, oT} = \frac{u_{k, oT} \% \cdot U_n^2}{100 S_n}, \quad (10.40)$$

$$X_{k, p} = \frac{u_{k, p} \% \cdot U_n^2}{100 S_n}. \quad (10.41)$$

Barcha zamonaviy uch cho'lg'amli transformatorlar cho'lg'amlarining nominal quvvatlari bir xil qilib ishlab chiqariladi. Cho'lg'amlarining nominal quvvatlari turlicha bo'lgan oldingi paytlarda ishlab chiqarilgan transformatorlarda yuqoridagi formulalar asosida qarshiliklarni topish uchun juft cho'lg'amlar uchun katalog ma'lumotlari $u_k \%$, ΔP_k lar avvalo bitta quvvatga (odatda, yuqori cho'lg'amning quvvatiga) keltirilishi shart. $u_k \%$ ni keltirish cho'lg'amlarning quvvatlari nisbatiga proporsional, ΔP_k ni keltirish esa bu nisbatning kvadratiga proporsional tarzda amalga oshiriladi.

Avtotransformatorlar uchun qo'shimcha tartibda past cho'lg'amining nominal quvvati ham avtotransformatorning nominal quvvatiga nisbatan foizlarda ($\alpha_{p,n}$) ko'rsatiladi. Juft cho'lg'amlar uchun $u_k \%$ ning qiymati yuqori cho'lg'am kuchlanishi va avtotransformatorning nominal quvvatiga keltirilgan. $\Delta P_{k(yu-u)}$ ning qiymati avtotransformatorning nominal quvvati S_n ga, $\Delta P_{k(yu-p)}$, $\Delta P_{k(oT-p)}$ larning qiymatlari esa past cho'lg'amining nominal quvvatiga, ya'ni $\alpha_{pn} S_n$ ga keltirilgan. Parametrlarning bunday ko'rinishda berilishi avtotransformatorning qisqa tutashuv tajribasi shartlari bilan belgilanadi.

Masalan, yuqori va past kuchlanish cho'lg'amlari juftligi uchun qisqa tutashuv tajribasida yuqori kuchlanish cho'lg'amida kuchlanish shunchalik darajagacha ortadiki, bunda $S_{n,n}$ ga mo'ljallangan qisqa tutashtirilgan past kuchlanish cho'lg'amida tok S_n ga emas, balki $S_{n,n}$ mos keladi. Yuqori va o'rta kuchlanish cho'lg'amlari juftligi uchun qisqa tutashuv tajribasida (10.7, b-rasm) ketma-ket cho'lg'amda tok S_n ga mos keladigan qiymatgacha ortadi. Avtotransformatorning juft cho'lg'amlari uchun ΔP_k ning turli kuchlanishlarga keltirilgan pasport qiymatlarini bitta quvvat – nominal quvvatga keltirish lozim. Yuqorida aytib o'tilganidek, bu keltirish cho'lg'amlar quvvatlarining kvadratlari nisbatiga proporsionaldir. Demak,

$$\Delta P_{i(u-p)} = \frac{\Delta P_{i(u-p)}^j}{\alpha_{n,n}^2}, \quad (10.42)$$

$$\Delta P_{i(oY-p)} = \frac{\Delta P_{i(oY-p)}^j}{\alpha_{n,n}^2}. \quad (10.43)$$

Sinov savollari:

1. Liniyalarning P simon almashtirish sxemasi va hisobiy parametrlari.
2. Ikki cho'lg'amli transformatorlarning almashtirish sxemasi va hisobiy parametrlari.
3. Uch cho'lg'amli transformatorlarning almashtirish sxemasi va hisobiy parametrlari.
4. Uch cho'lg'amli avtotransformatorlarning almashtirish sxemasi va hisobiy parametrlari.
5. Avtotransformator tuzilishining xarakterli jihatlar.

11. ELEKTR TARMOQLARI VA TIZIMLARINING HOLATLARINI HISOBLASH VA BOSHQARISH ASOSLARI

11.1. Elektr tarmoqlarining holatlarini hisoblash

Har qanday elektr tarmoqning, jumladan elektr uzatish liniyasini hisoblash uning sxemasi, barcha hisob parametrlari va holat parametrlarining bir qismi ma'lum bo'lganda qolgan – no'malum holat parametrlarini hisoblab topishni nazarda tutadi. Bunday hisoblashlar elektr tarmoqlarini loyihalash va ishlatish jarayonida ularning turli xarakterli holatlarda samarali ishlashini tekshirish va ta'minlash, holatlarini optimallashtirish kabi maqsadlarda amalga oshiriladi.

Oxirida tok I_2 va kuchlanish U_{2f} berilgan holat.

Ma'lum parametrlar (11.1-rasm): U_{2f} - 2 - tugunning faza kuchlanishi, I_2 - liniya oxiridagi tok, $Z_{l2} = r_{l2} + jx_{l2}$, b_{l2} - liniyaning bo'ylama qarshiligi va sig'im o'tkazuvchanligi.

Aniqlovchi parametrlar: U_{1f} , I_1 - EUL boshidagi kuchlanish va tok, I_{l2} - liniyaning bo'ylama qismidagi tok, ΔS_{l2} - liniyadagi quvvat isrofi.

Bunday holatni hisoblashda noma'lum o'zgaruvchilarning qiymatlari liniyaning oxiridan boshlanishiga tomon ketma-ket tartibda aniqlanadi. Tok va kuchlanishni aniqlashda Om va Kirxgof qonunlaridan foydalaniladi.

Hisoblashiarni faza kuchlanishi U_f va toki I bo'yicha olib borish tartibi bilan tanishamiz. Liniya oxiridagi sig'im toki Om qonuniga binoan (11.1,b-rasm) quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{c2} = jU_{2f}b_{l2}/2. \quad (11.1)$$

Liniyaning bo'ylama qismidagi tok, Kirxgofning birinchi qonuni bo'yicha topiladi:

$$I_{l2} = I_2 + I_{c2}. \quad (11.2)$$

Liniya boshlanishidagi kuchlanish Kirxgofning ikkinchi qonuni va Om qonunidan foydalanib hisoblanadi:

$$U_{1f} = U_{2f} + I_{l2}Z_{l2}. \quad (11.3)$$

Liniya boshlanishidagi sig'im toki:

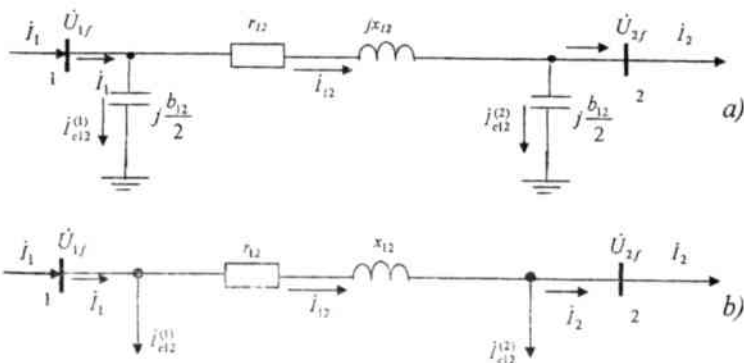
$$I_{c1} = jU_{1f}b_{l1}/2. \quad (11.4)$$

Liniyaning kirishidagi tok Kirxgofning 1-qonuniga asosan aniqlanadi:

$$I_1 = I_{l2} + I_{c1}. \quad (11.5)$$

Uchta fazada umumiy quvvat isrofi:

$$\Delta S_{l2} = 3I_{l2}^2 Z_{l2}. \quad (11.6)$$



11.1-rasm. Elektr uzatish liniyasini hisoblashi.

11.2. Oxirida yuklama quvvati berilgan liniyani hisoblash

Liniya oxirida kuchlanish berilgan holat ($\dot{U}_2 = const$). Ushbu holatda yuklama quvvati $\dot{S}_2$, kuchlanishi $\dot{U}_2$, liniyaning qarishiligi $Z_{12} = r_{12} + jx_{12}$ va o'tkazuvchanligi b_{12} ma'lum (11.2,a-rasm). Kuchlanish $\dot{U}_1$, uzatish liniyasining bo'ylama qismi oxiri va boshlanishidagi quvvatlar $\dot{S}_{12}^{(2)}, \dot{S}_{12}^{(1)}$, quvvat isrofi $\Delta \dot{S}_{12}$, uzatish liniyasi boshlanishidagi quvvat $\dot{S}_1$ larni topish talab etiladi. Qizish bo'yicha cheklovni tekshirish maqsadida, ba'zan, I_{12} tokni ham topish talab etiladi.

Hisoblash liniyaning oxiridan boshlanishiga tomon qidiriluvchi quvvat va kuchlanishlarni Kirxgof va Om qonunlaridan foydalanib aniqlash tartibida olib boriladi.

Liniyaning oxiridagi zaryad (sig'im) quvvati hisoblanadi.

$$Q_{e12}^{(2)} = 3P_{e12}^{(2)} \dot{U}_{2f} = \frac{1}{2} U_2^2 j b_{12}. \quad (11.7)$$

Kirxgofning birinchi qonuni bo'yicha liniya bo'ylama qismining oxiridagi quvvat topiladi:

$$\dot{S}_{12}^{(2)} = \dot{S}_2 - jQ_{e12}^{(2)}. \quad (11.8)$$

Liniyadagi quvvat isrofi aniqlanadi:

$$\Delta \dot{S}_{12} = 3I_{12}^2 Z_{12} = \frac{\dot{S}_{12}^{2(2)}}{U_2^2} Z_{12}. \quad (11.9)$$

Liniya bo'ylama qismining boshlanishi va oxirida tok bir xildir. Bo'ylama qismi boshlanishida quvvat bu qism oxiridagiga nisbatan quvvat isrofi miqdori ko'pligini e'tiborga olib, u quyidagicha topiladi:

$$\dot{S}_{12}^{(1)} = \dot{S}_{12}^{(2)} + \Delta \dot{S}_{12}. \quad (11.10)$$

Liniyaning boshlanishidagi kuchlanish Om qonuniga muvofiq quyidagicha hisoblanadi:

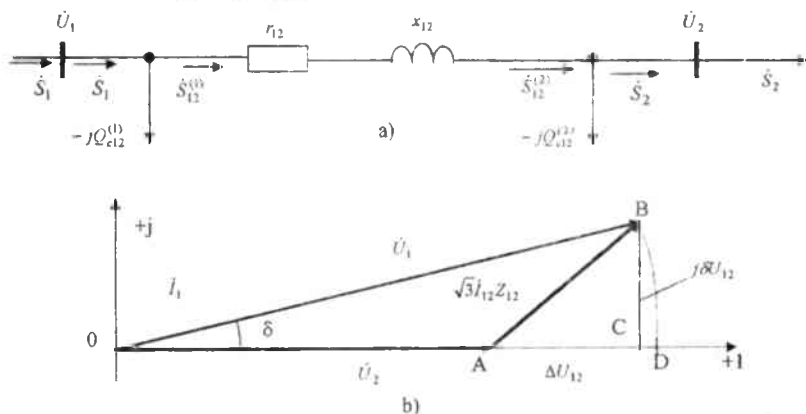
$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \sqrt{3} \dot{I}_{12} Z_{12} = \dot{U}_2 + \frac{\dot{S}_{12}^{(2)}}{\dot{U}_2} Z_{12}. \quad (11.11)$$

Liniyaning boshlanishidagi zaryad quvvati aniqlanadi:

$$Q_{c12}^{(1)} = \frac{1}{2} U_1^2 j b_{12}. \quad (11.12)$$

Liniyaning boshlanishidagi quvvat Kirxgofning 1-qonunidan foydalanib quyidagicha topiladi:

$$\dot{S}_1 = \dot{S}_{12}^{(1)} - j Q_{c12}^{(1)}. \quad (11.13)$$



11.2-rasm. Elektr uzatish liniyasini hisoblash: a) – yuklama quvvati berilgan holatda liniyani hisoblash sxemasi; b) – oxirida berilgan ma'lumot bo'yicha liniya holati hisoblanganda uning boshlanishi va oxiridagi kuchlanishlarning vektor diagrammasi.

Liniya boshlanishida kuchlanish berilgan holat ($\dot{U}_1 = const$). $\dot{S}_2, \dot{U}_1, Z_{12} = r_{12} + jx_{12}, b_{12}$ lar berilgan hisoblanib, $\dot{U}_2, \dot{S}_{12}^{(2)}, \dot{S}_{12}^{(1)}, \Delta \dot{S}_{12}, \dot{S}_1$ larni topish talab etiladi (7.5,a-rasm).

Ushbu holatda $\dot{U}_2$ noma'lum bo'lganligi uchun Kirxgof va Om qonunlaridan foydalanib liniyaning oxiridan boshlanishiga tomon ketma-ket ravishda noma'lum tok va kuchlanishlarni topish mumkin emas. Bunday liniyani hisoblashni Kirxgofning 1-qonuni asosida yoziluvchi egri chiziqli tugun kuchlanishlari tenglamasini yechish orqali

amalga oshirish mumkin. 2-tugun uchun bunday egri chiziqli tugun kuchlanishlari tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Y_{12}\dot{U}_2 + Y_{12}\dot{U}_1 = I_2(U) = \frac{\hat{S}_2}{\dot{U}_2}. \quad (11.14)$$

Bu tenglamani yechib, noma'lum $\dot{U}_2$ ni topish va so'ngra (11.7)-(11.10), (11.12), (11.13) ifodalar bo'yicha barcha quvvatlarni hisoblash mumkin.

Egri chiziqli tugun kuchlanish tenglamalarini yechishga asoslangan usul boshqa usullarga nisbatan universal usul hisoblanib, u har qanday murakkablikdagi elektr tarmoqlari holatlarini hisoblash imkonini beradi. Biroq undan foydalanish umumiy holda egri chiziqli tenglamalar sistemasini maxsus matematik usullarni qo'llash asosida yechishni nazarda tutadi. Yuklamalari, quvvatlari va ta'minlash punktida kuchlanish ma'lum bo'lgan ochiq elektr tarmoqlari, jumladan ko'rilayotgan liniya holatini nisbatan sodda va taxminiy *ikki bosqichli* usul yordamida hisoblash mumkin.

1-bosqich. Faraz qilaylik,

$$\dot{U}_2 = U_n. \quad (11.15)$$

Yuqorida keltirilgan ifodalar bo'yicha quvvat oqimlari va isroflarini hisoblaymiz:

$$Q_{12}^{(2)} = \frac{1}{2} U_n^2 j b_{12}; \quad (11.16)$$

$$\hat{S}_{12}^{(2)} = \hat{S}_2 - j Q_{12}^{(2)}; \quad (11.17)$$

$$\Delta \hat{S}_{12} = \frac{\hat{S}_{12}^{(2)}}{U_n^2} Z_{12}; \quad (11.18)$$

$$\hat{S}_{12}^{(1)} = \hat{S}_{12}^{(2)} + \Delta \hat{S}_{12}; \quad (11.19)$$

2-bosqich. 1-bosqichda topilgan quvvat oqimi $\hat{S}_{12}^{(1)}$ dan foydalanib, Om qonuni bo'yicha $\dot{U}_2$ kuchlanishni aniqlaymiz, bunda tok I_{12} ni $\hat{S}_{12}^{(1)}$ va $\dot{U}_1$ lar orqali ifodalaymiz:

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 - \sqrt{3} I_{12} Z_{12} = \dot{U}_1 - \frac{\hat{S}_{12}^{(1)}}{\dot{U}_1} Z_{12}. \quad (11.20)$$

(11.16) va (11.17) formulalarda $\dot{U}_2$ ning o'rniga U_n foydalanilganligi uchun 1-bosqichda quvvat oqimlarining taxminiy qiymatlari aniqlanadi. Bunga mos ravishda 2-bosqichda topilgan kuchlanish $\dot{U}_2$ ning qiymati ham taxminiy bo'ladi.

Quvvatlar va kuchlanishlarning yanada aniqroq qiymatlarini topish uchun 1 va 2-bosqichlarni ketma-ket takrorlash mumkin. Bunda har bir yangi qadamni (takrorlashni) bajarishda (11.16) va (11.18) formulalardagi $\dot{U}_2$ o'rniga uning bundan oldingi qadamda topilgan

qiymatini qo'yish lozim. Bunday hisoblashlarni EHMda amalga oshirish maqsadga muvofiqdir.

11.3. Elektr uzatish liniyasida kuchlanish pasayishi va kuchlanish isrofi

11.2,b-rasmda liniyaning boshlanishi va oxiridagi kuchlanishlarning vektor diagrammalari keltirilgan.

Kuchlanish pasayishi – elektr uzatish liniyasining boshlanishi va oxiridagi kuchlanishlar orasidagi geometrik farq, ya'ni bu kuchlanishlarning kompleks qiymatlari ayirmasidir. Kuchlanish pasayishi vektor (kompleks) kattalikdir. 11.2,b-rasmda kuchlanish pasayishi vektori $\overline{AB}$ vektordir:

$$\overline{AB} = \Delta \dot{U}_{12} = \dot{U}_1 - \dot{U}_2 = \sqrt{3} \dot{I}_{12} Z_{12} = \Delta U_{12} + j \delta U_{12}. \quad (11.21)$$

Kuchlanish pasayishining bo'ylama tashkil etuvchisi ΔU_{12} kuchlanish pasayishi vektorining haqiqiy sonlar o'qidagi yoki $\dot{U}_2$ vektori o'qidagi proeksiyasi bo'lib, 11.2,b-rasm bo'yicha u qabul qilingan masshtabda AS kesmaning uzunligiga teng. Kuchlanish pasayishining ko'ndalang tashkil etuvchisi δU_{12} esa kuchlanish pasayishi vektorining mavhum sonlar o'qidagi proeksiyasi bo'lib, 11.2,b-rasm bo'yicha u SB kesmaning uzunligiga teng.

Kuchlanish isrofi – elektr uzatish liniyasining boshlanishi va oxiridagi kuchlanishlarning modullari orasidagi farqdir, ya'ni

$$\Delta U_{12} = |\dot{U}_1| - |\dot{U}_2|. \quad (11.22)$$

11.2,b-rasmda tasvirlangan vektor diagramma bo'yicha kuchlanish isrofi qabul qilingan masshtabda AD kesma uzunligiga teng. Agar kuchlanish pasayishining ko'ndalang tashkil etuvchisi δU_{12} kichik bo'lsa (masalan, $U_n < 110$ kV bo'lgan tarmoqlarda) kuchlanish isrofini kuchlanish pasayishining bo'ylama tashkil etuvchisiga teng deb hisoblash mumkin.

Elektr tarmoqlarining holatlarini hisoblash asosan yuklamalarning quvvatlari berilgan holatda olib boriladi. Shu sababli kuchlanish pasayishi, uning tashkil etuvchilari va kuchlanish isrofini liniyadagi quvvat oqimlari orqali ifodalash zarur bo'ladi.

Liniya oxirida quvvat va kuchlanish ma'lum bo'lgan holat. Kuchlanish pasayishi formulasidagi liniya toki I_{12} ni liniyaning bo'ylama qismi oxiridagi quvvat $S_{12}^{(2)}$ va kuchlanish $\dot{U}_2$ orqali ifodalaymiz:

$$\Delta \dot{U}_{12} = \dot{U}_1 - \dot{U}_2 = \Delta U_{12} + j\delta U_{12} = \sqrt{3} \dot{I}_{12} Z_{12} = \frac{S_{12}^{(20)}}{U_2} Z_{12}. \quad (11.23)$$

Agar kuchlanish $\dot{U}_2$ vektorini 11.2,b- rasmdagidek haqiqiy sonlar o'qi bo'yicha yo'naltirib, qolgan barcha vektorlarning yo'nalishlarini unga nisbatan belgilasak, kuchlanish pasayishi va uning tashkil etuvchilari uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\Delta U_{12}^{(2)} + j\delta U_{12}^{(2)} = \frac{P_{12}^{(2)} - jQ_{12}^{(2)}}{U_2} (r_{12} + jx_{12}) = \frac{P_{12}^{(2)} r_{12} + Q_{12}^{(2)} x_{12}}{U_2} + j \frac{P_{12}^{(2)} x_{12} - Q_{12}^{(2)} r_{12}}{U_2}. \quad (11.24)$$

Hosil bo'lgan tenglamaning haqiqiy va mavhum qismlarini alohida tenglashtirib, kuchlanish pasayishining bo'ylama va ko'ndalang tashkil etuvchilarining liniya oxiridagi ma'lumotlar bo'yicha ifodalarini hosil qilamiz:

$$\Delta U_{12}^{(2)} = \frac{P_{12}^{(2)} r_{12} + Q_{12}^{(2)} x_{12}}{U_2}; \quad (11.25)$$

$$\delta U_{12}^{(2)} = \frac{P_{12}^{(2)} x_{12} - Q_{12}^{(2)} r_{12}}{U_2}. \quad (11.26)$$

Liniya boshlanishidagi kuchlanish:

$$\dot{U}_1 = U_2 + \Delta \dot{U}_{12}^{(2)} + j\delta \dot{U}_{12}^{(2)}; \quad (11.27)$$

Yuqoridagilarga muvofiq liniya boshlanishidagi kuchlanishning moduli va fazasi quyidagicha aniqlanadi:

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U_{12}^{(2)})^2 + (\delta U_{12}^{(2)})^2}; \quad (11.28)$$

$$\delta_1 = \arctg \left(\frac{\delta U_{12}^{(2)}}{U_2 + \Delta U_{12}^{(2)}} \right). \quad (11.29)$$

Liniyaning boshlanishidagi quvvat va kuchlanish berilgan holat.

Yuqorida ko'rib o'tilgan holatdagi singari liniya toki $\dot{I}_{12}$ ni liniyaning bo'ylama qismi boshlanishidagi quvvat $S_{12}^{(1)}$ va kuchlanish $\dot{U}_1$ orqali ifodalasak, u holda ma'lum shakl almashtirishlardan so'ng limiyada kuchlanish pasayishining bo'ylama va ko'ndalang tashkil etuvchilari uchun liniya boshlanishidagi ma'lumotlar bo'yicha ifodalarni hosil qilamiz:

$$\Delta U_{12}^{(1)} = \frac{P_{12}^{(1)} r_{12} + Q_{12}^{(1)} x_{12}}{U_1}; \quad (11.30)$$

$$\delta U_{12}^{(1)} = \frac{P_{12}^{(1)} x_{12} - Q_{12}^{(1)} r_{12}}{U_1}. \quad (11.31)$$

Liniya oxiridagi kuchlanish:

$$\dot{U}_2 = U_1 - \Delta \dot{U}_{12}^{(1)} - j\delta \dot{U}_{12}^{(1)}. \quad (11.32)$$

Yuqoridagilarga muvofiq liniya oxiridagi kuchlanish moduli va fazasi quyidagicha aniqlanadi:

$$U_2 = \sqrt{(U_1 - \Delta U_{12}^{(0)})^2 + (\delta U_{12}^{(0)})^2}; \quad (11.33)$$

$$\delta_2 = \arctg\left(\frac{\delta U_{12}^{(0)}}{U_1 - \Delta U_{12}^{(0)}}\right). \quad (11.34)$$

11.2,b- rasmda tasvirlangan kuchlanishlar vektor diagrammasidan ko'rinadiki, kuchlanish pasayishining ko'ndalang tashkil etuvchisi δU_{12} kichiklashgan sari kuchlanish isrofi kuchlanish pasayishining bo'ylama tashkil etuvchisiga yaqinlashib boradi. Shu sababli 110 kV va undan past kuchlanishli tarmoqlarni hisoblashda ushbu tashkil etuvchi yetarlicha kichik bo'lganligi sababli liniya oxiridagi ma'lumotlar bo'yicha hisoblashlarda

$$\Delta U_{12} \approx \Delta U_{12}^{(2)} = \frac{P_{12}^{(2)} r_{12} + Q_{12}^{(2)} x_{12}}{U_2}, \quad (11.35)$$

liniya boshlanishidagi ma'lumotlar bo'yicha hisoblashlarda esa

$$\Delta U_{12} \approx \Delta U_{12}^{(1)} = \frac{P_{12}^{(1)} r_{12} + Q_{12}^{(1)} x_{12}}{U_1} \quad (11.36)$$

qabul qilinadi.

11.4. Energetika tizimlari va elektr stansiyalarining dispatcherlik boshqaruvi

Energotizim tarkibiga kiruvchi elektr stansiyalari ularning turi va quvvatiga qarab turli xil ishlatish tavsiflariga va iqtisodiylikka egadir. Bu xususan katta quvvatli eski va yangi agregatlarni solishtirganimizda ko'zga tashlanadi. Elektr stansiyalarida xalq xo'jaligida katta samara bilan foydalanilishi lozim bo'lgan energetik resurslar foydalaniladi. Energotizimga ulangan iste'molchilarning elektr yuklamalarini doimiy o'zgarib turishi chastota, kuchlanish, quvvat oqimlari va h.k.larni rostlash kabi masalalarni yechishni talab qiladi. Energotizimning normal holatini ta'minlash va boshqa masalalar alohida elektr stansiyalarining rahbarlari tomonidan hal qilina olinmaydi. Buning uchun markazlashgan dispatcherlik boshqaruvi kiritilgan bo'lib, uning yuqori organi markaziy dispatcherlik xizmati (MDX) hisoblanadi. Xizmatda ikkita guruh – holatlar va tezkor-dispatcherlik guruhlar mavjud. Holatlar guruhi energetizimning holatlarini oldindan qayta ishlash va rejalashtirish bilan shug'ullanadi. Tezkor-dispatcherlik guruhi personali

navbatchi dispatcherlardan tashkii topib, energotizimning holatini tezkor boshqarish bilan shug'ullanadi.

Holatlar guruhi holatlarni xarakterli davrlar va yilning mavsumlariga rejalashtirishda quvvat oqimlarining tarqalishi, quvvatlar va qisqa tutashuv toklari, statik va dinamik turg'unlikni hisoblash, qurilmalar ta'mirini rejalashtirishni energiya iste'moli so'rovi bilan moslashtirish ishlarini bajaradi. Bu barcha ishlanmalar energotizimning alohida tugunlari, ta'mir turlari va normal sxemalarini tanlashning asosiga qo'yiladi. Hisoblashlar yordamida quvvat oqimlarini majburiy qayta taqsimlash va qisqa tutashuv toklarini kamayirish maqsadida taqsimlovchi qurilmalarda sxemalarni seksiyalash zarurligi belgilanadi. Holatlar guruhi oldindagi sutka uchun energotizimning ish holatini ishlab chiqadi va qurilmalarni ta'mirga chiqarish haqida tavsiyalar beradi, ishonchlilik talabini va texnik xususiyatlarni bir maromda ushlab turish uchun ko'rsatmalar beradi, energotizimning summaviy yuklama grafigini prognozlaydi va shu asosida alohida elektr stansiyalarida quvvatning sutkalik grafigini shakllantiradi. Elektr stansiyalari va tarmoqlarining ishi bilan bog'liq bo'lmagan boshqaruv energotizimning navbatchi dispatcheri orqali unga bo'ysunuvchi personal tomonidan amalga oshiriladi.

Energotizimning navbatchi dispatcheri quyidagi funksiyalarni bajaradi:

- stansiyalarning berilgan yuklama grafigini bajarishini va rejalashtirilgan aktiv quvvat zaxirasini ushlab turilishini nazorat qiladi;
- stansiyalarning optimal ish holatlarini ta'minlaydi;
- chastotani ruxsat etilgan og'ish chegarasida bo'lishini ta'minlaydi. Bu maqsadda yetarlicha quvvat va mobillikka ega bo'lgan stansiya ajratilib, u chastota belgilanganidan oqqanda yuklamasini o'zgartirish orqali umumiy ishlab chiqarilayotgan va iste'mol qilinayotgan aktiv quvvat o'rtasidagi balansni ushlab turadi. Energotizimning qolgan stansiyalari bu vaqtda qat'iy grafik asosida ishlaydi;

elektr tarmoqning tugunlarida talab qilingan kuchlanishni reaktiv quvvat manbalari (sinxron generator, sinxron kompensator), rostlovchi transformatorlar va volt-qo'shuvchi agregatlardan to'g'ri foydalanish, liniyalar orqali reaktiv quvvat oqimlarini qayta taqsimlash orqali ta'minlaydi. Dispatcher tarmoqning har bir nuqtasidagi kuchlanishni nazorat nuqtalaridagi kuchlanish miqdori bo'yicha baholaydi. Nazorat nuqtasi - bu guruhiiy tugun nuqtalardan biri hisoblanib, kuchlamish

qo'lda yoki avtomatik rostlanganda u bilan bog'langan barcha nuqtalarga ta'sir ko'rsatiladi;

- energotizimning muhim qurilmalarini ta'mirga chiqarish va ta'mirdan so'ng ishga tushirishga rahbarlik qiladi;

- energotizimning birlamchi tutashuv sxemasini o'zgartirishga rahbarlik qiladi. Bu o'zgarishlar liniyalar, transformatorlar, generatorlar va boshqa elementlarni uzish, ulash yoki uzib-ulashga; avtomatika va himoya sxemalarida rele qo'yilmalarini qayta qurish va o'zgartirishga; rostlovchi va kompensatsiyalovchi qurilmalarni sozlashga (holatlarini o'zgartirishga) keltiriladi;

- tizimli avariyalarni oldini olish va ularni bartaraf etish ishlariga rahbarlik qiladi.

Dispatcher o'ziga yuklatilgan funksiyalarni bajarib, energotizimni ishlatish jarayonida yuzaga keluvchi barcha masalalar bo'yicha yakka o'zi qaror qabul qiladi va bunga shaxsan javobgar hisoblanadi. Komanda funksiyalarini markazlashuvi dispatcherga bo'ysunuvchi personalning harakatini nazorat qilishga va energotizimning asosiy sxemasi qurilmalarining operativ holatini kuzatishga imkon beradi.

11.5. Energotizim va elektr stansiyalari holatlarini dispatcherlik boshqaruvining texnik vositalari

Energotizimning dispatcherlik boshqaruvida elektr tarmoqlari bilan qamrab olingan butun hududda tizimning holati va rejimi haqidagi ma'lumotlarni yig'ish, o'zgartirish, uzatish, qayta ishlash va aks ettirish; tizim tomonidan iste'molchilarni sifatli elektr va issiqlik energiyalari bilan ishonchli va kam xarajatlarda ta'minlash ishlarini bajarish maqsadida yig'ilgan ma'lumotlar asosida boshqarish komandalarini uzatish va natijaga oshirish ishlari bajariladi. Bu ishlar ierarxik tartibda qurilgan inson-mashina tizimi yordamida amalga oshiriladi. Bunday tizim avtomatlashtirilgan dispatcherlik boshqaruv tizimi (ADBT) deb yuritiladi.

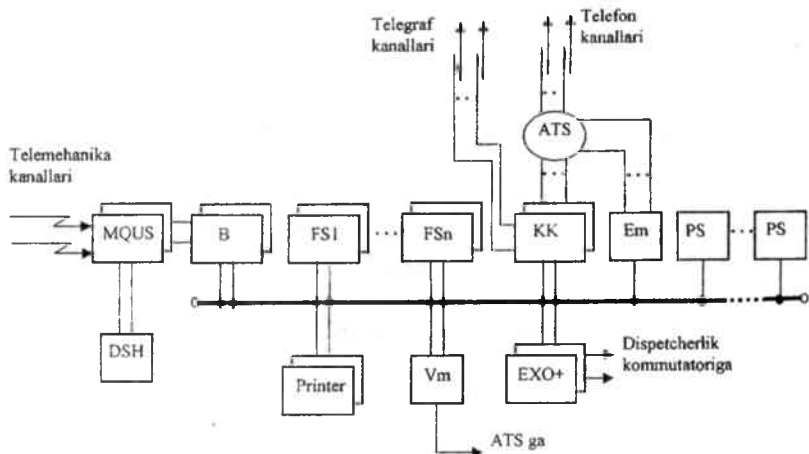
Birlashgan va alohida energotizimlar darajasida ADBTning asosiy tashkil etuvchisi bo'lib tezkor-informatsion boshqaruv majmuasi (TIBM) hisoblanadi. TIBM yordamida dispatcher boshqariluvchi energotizimning joriy holati (sxemasi, holati, boshqaruv vositalari)ni nazorat qilish, o'tgan jarayonlarni tahlil qilish, istiqbolli holatlarni baholash kabi ishlarni amalga oshiradi.

Umumiy holda tizimiy TIBM ning tuzilmasi 11.3-rasmda tasvirlangan.

Telema'lumotlarni kiritish nusxalangan markaziy qabul qilish – uzatish stansiyalari (MQUS)da amalga oshiriladi. Mikroprotessorli MQUS telemexanika qurilmalari va boshqa MQUSlar orasida telema'lumotlar almashinuvi, dispetcherlik shchiti (*DSH*)ni boshqarish hamda telema'lumotlarni real vaqt jarayonida (ON LINE rejimida) qayta ishlash va boshqa siklik vazifalarni, jumladan *FS* fayl-serverlarda real vaqt ma'lumotlar bazasini shakllantirish ishlarini, bajarish uchun xizmat qiluvchi ikkita PEHMLarning biri (*B*) bilan ma'lumotlar almashinuvini ta'minlaydi.

TIBM tarkibiga kiruvchi barcha PEHM enternet (LAN) lokal tarmog'i bilan birlashtiriladi va ular quyidagi ikki guruhga bo'linadi:

- turli vazifalarni bajaruvchi serverlarni o'z ichiga oluvchi (odatda EHM zalida joylashtiriluvchi) tizim PEHMLari;
- dispetcherlar, muhandis-texnologlar va boshqalarning avtomatlashtirilgan ish joylarini o'z ichiga oluvchi foydalanuvchilar PEHMLari.



11.3- rasm. Tarmoq TIBM sxemasi.

Tizim guruhining zarur bo'lgan minimal tarkibi yuqorida eslatib o'tilgan PEHM-ko'priklar *B* va dasturlarning asosiy hajmi hamda ma'lumotlar bazasi *BD* ni saqlash uchun ikkita o'zaro bir-birini takrorlovchi fayl-serverlar *FS* ni o'z ichiga olishi zarur. *B* va *FS* lardan

tashqari bu guruhning tarkibiga boshqa boshqarish darajalaridagi TIBMLar bilan ulanuvchi telefon va telegraf aloqa kanallari orqali ishlab chiqarish – texnologik ma'lumotlar almashinuvini ta'minlovchi kommunikatsion serverlar *KK* ham kirishi lozim. Bulardan tashqari tizim guruhiga lokal tarmoqqa bevosita yoki print-server orqali ulanuvchi tarmoq printerlari ham kiritiladi.

Taraqqiy etish jarayonida serverlar soni oshib borishi shart. Masalan, ma'lumotlar bazasini funksional vazifalari bo'yicha (tezkor-dispatcherlik, ishlab chiqarish-statistik, tijoriy ma'lumotlar va boshqalar) taqsimlash uchun bir nechta juft *FS* larni tashkil etish maqsadga muvofiqdir. Reglamentanmagan ma'lumotlar almashinuvi uchun pochta serveri *Em* o'rnatilishi mumkin. Tizim guruhiga dispatcherlik suhbatlarini qayd etuvchi serverlar (masalan, *EXO+* tipidagi); nutqiy ma'lumotlar almashinuvini ta'minlash uchun nutq pochta serveri *Vm*; siklik hisoblashlarni amalga oshirish serverlari; eng muhim dastur va ma'lumotlarni uzoq muddatga saqlash uchun xizmat qiluvchi arxiv serverlari kabilar kiritilishi mumkin.

Sinov savollari:

1. Liniyaning oxirida tok va kuchlanish berilgan holatda ushbu liniyaning boshidagi tok va kuchlanishlarni topishni tushuntiring?
2. Oxirida yuklama quvvati berilgan liniyani hisoblashni tushuntiring?
3. Liniya boshlanishida kuchlanish berilgan holatda liniyaning boshidagi kuchlanishni topishni tushuntiring?
4. Kuchlanish pasayishi va kuchlanish isroflarini tushuntiring?
5. Dispatcherlik boshqaruv tizimini tushuntiring?
6. Avtomatlashtirilgan dispatcherlik boshqaruv tizimi deganda nimani tushunasiz?

1. Аллаев К.Р. Энергетика мира и Узбекистана. Аналитический обзор. – Т.: Издательство «Молия», 2007, 388 с.
2. Фазылов Х.Ф., Насыров Т.Х. Установившиеся режимы электроэнергетических систем и их оптимизация. – Т.: Издательство «Молия», 1999, 370 с.
3. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие/А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов-н./Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006, 720 с.
4. Костин В.Н., Распопов Е.В., Родченко Е.А. Передача и распределение электроэнергии: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003, 147 с.
5. Электротехнический справочник: Т. 3, Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии./ Под общ. ред. профессоров МЭИ. – М.: Энергоатомиздат, 2004, 880 с.
6. Электрические системы. Электрические сети: Учеб. для электроэнерг. спец. Вузов/В.А. Веников, А.А. Глазунов, Л.А. Жуков и др.: Под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1998.
7. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ/Под редакцией И.Т. Горюнова, А.А. Любимова – М.: Папирус Про, 2003, 640 с.
8. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/Под общ. ред. Ю.Н.Руденко и В.А.Семенова. – М.: Издательство МЭИ, 2000, 648 с.

9. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М.: Энергоатомиздат, 1989, 592 с.
10. Gayibov T.Sh. Elektr tarmoqlari va tizimlari. - T.: VORIS-NASHRIYOT, 2010, 160 b.
11. Ғойибов Т.Ш. Электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар гўплами./Ўқув қўлланма. - Т.: ТошДТУ, 2006, 161 б.
12. G'oyibov T.Sh. Elektr tarmoqlari va jihozlariga texnik xizmat ko'rsatish, ishlatish va ta'mirlash. Kasb-hunar kollejlari uchun darslik. - T.: «ILM ZIYO», 2012. - 208 b.
13. Franklyn Ryder. Renewable energy commercialization. - Delhi.: Prakashdeep Bldg, 2011. - 146 p.
14. Stan Kaplan. Power Plant Characteristics and Costs. - New York.: Nova Sciencers Publishers, Inc., 2010. - 139 p.
15. Werner Vogel, Henry Kalb. Large-Scale Solar Thermal Power. - Germany, WILEY-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, 2010. - 509 p.
16. Planning and Installing Solar Thermal Systems. - London, Washington, DC: earthscan, 2010. - 369 p.
17. Henrik Lund. Renewable Energy Systems. - Amsterdam, Boston, New York: Elsevier, 2010. - 293 p.
18. Raja A.K., Amit Prakash Srivastava, Mamish Dwivedi. Power Plant Engineering. - New Delhi: New Age Publishers, 2006. - 491 p.
19. www.earthscan.co.uk
20. <http://dnb.d-nb.de>
21. www.elsevierdirect.com

MUNDARIJA

Soʻz boshi.....	3
1. JAMIYATNING ILMIY-TEXNIKAVIY TARAQQIYOTIDA ENERGETIKANING ROLI	
1.1 Jamiyat taraqqiyotida energiyadan foydalanishning ahamiyati.....	6
1.2 Energiya resurslaridan foydalanish.....	9
1.3 Oʻzbekiston Respublikasida elektr energetikaning taraqqiyoti va istiqbollari.....	12
2. ELEKTR ENERGIYANI ISSIQLIK ELEKTR STANSIYALARIDA ISHLAB CHIQRISH	
2.1 Energiyani saqlanish qonunining elektr energiyani ishlab chiqarish usullaridagi oʻrni.....	19
2.2 Kondensatsion issiqlik elektr stansiyalari.....	20
2.3 Issiqlik elektr markazlari.....	24
2.4 Bugʻ-gaz va gaz-turbina qurilmali issiqlik elektr stansiyalari.....	27
2.5 Atom elektr stansiyalari.....	32
3. ELEKTR ENERGIYANI GIDROELEKTR STANSIYALARDA ISHLAB CHIQRISH	
3.1 Gidroelektr stansiyasida suvning mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantirish.....	37
3.2 Gidroakkumulatsiyalovchi elektr stansiyalar.....	42
3.3 Kichik gidroelektr stansiyalar.....	43

4. ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB CHIQARISHNING NOAN'ANAVIY USULLARI

4.1	Quyosh energetika qurilmalari va elektr stansiyalari.....	46
4.1.1	Quyosh nuri energiyasini suvning issiqlik energiyasiga o'zgartirish.....	47
4.1.2	Quyosh nuri energiyasi asosida elektr energiyasini ishlab chiqarish.....	51
4.1.2.1	Quyosh nuri energiyasini fotoelementlar asosida elektr energiyasiga aylantirish. Fotovoltik elektr stansiyalar....	51
4.1.2.2	Parabolik kollektorli quyosh elektr stansiyalari.....	55
4.1.2.3	Minorali (geliostatli) quyosh elektr stansiyalari.....	60
4.2	Shamol energetika qurilmalari va elektr stansiyalari.....	63
4.3	Biomassa energiyasidan foydalanish.....	66
4.3.1	Biomassa tushunchasi.....	66
4.3.2	Biomassaning kimyoviy tarkibi.....	67
4.3.3	Biomassa manbalari.....	67
4.3.4	Biomassani foydali energiyaga o'zgartirish jarayonlari..	68
4.3.4.1	Biomassani foydali energiyaga issiqlik va kimyoviy jarayonlarda o'zgartirish.....	69
4.3.5	Biomassaning atrof-muhitga ta'siri.....	69
4.4	Geotermal energiyadan foydalanish.....	70
4.4.1	Geotermal elektr stansiyalarining turlari.....	75
4.4.2	Geotermal energiyadan foydalanish masshtablari va ularning atrof-muhitga ta'siri.....	77

5. ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB CHIQUARISH, UZATISH, O'ZGARTIRISH VA ISTE'MOL QILISH JARAYONLARINING FIZIK ASOSLARI

5.1 Elektromagnit induksiyasi va Lens prinsipi.....	81
5.2 O'zgaruvchan tokning asosiy parametrlari.....	84
5.3 Uch fazali sistemalar va ularning afzalliklari.....	86

6. ELEKTR ENERGETIKA TIZIMI VA UNING TASHKILIY QISMLARI

6.1 Elektr energetika tizimlari va tarmoqlari.....	90
6.2 Elektr energetika tizimining yuklama grafigi.....	93
6.3 Energetika tizimining afzalliklari.....	95
6.4 Elektr energiyaning sifati.....	96

7. ELEKTR UZATISH LINIYALARINING KONSTRUKTIV ELEMENTLARI

7.1 Havodagi elektr uzatish liniyalarining konstruktiv elementlari.....	102
7.2 Havodagi elektr usatish liniyalarining o'tkazgichlari va troslari.....	102
7.3 Havodagi elektr uzatish liniyalarining tayanchlari.....	104
7.4 Havodagi elektr uzatish liniyalarida foydalaniluvchi tayanchlarning turlari.....	107
7.5 Havodagi elektr uzatish liniyalarining izolatorlari.....	110
7.6 Havodagi elektr uzatish liniyalarining armaturalari.....	112

8. ELEKTR STANSIYALARI VA PODSTANSIYALARINING JIHOZLARI

8.1 Sinxron generatorlar.....	116
-------------------------------	-----

8.2	Simxron kompensatorlar.....	122
8.3	Kuch transformatorlari va avtotransformatorlar.....	124
8.4	Avtotransformatorlarning tuzilishi va ish rejimlariniig xususiyatlari.....	131
8.5	1000 V gacha kuchlanishda ishlatiluvchi apparatlar.....	134
8.6	Saqlagichlar.....	140
8.7	Ajratkichlar.....	142
8.8	Qisqa tutashtirgich va bo'lgichlar.....	149
8.9	Yuqori kuchlanish uzgichlari.....	151
8.10	Reaktorlar.....	161
8.11	Razryadniklar.....	162
8.12	Elektr stansiya va podstansiyalarining ulanish elektr sxemalari va ularga qo'yiluvchi asosiy talablar.....	165
8.13	Elektr stansiya va podstansiyalarining o'z ehtiyojlari.....	166
8.14	Elektr stansiya va podstansiyalarining o'lchash, nazorat qilish, signallash va boshqarish tizimlari.....	168
9. ELEKTR TARMOQLARIDA QUUVAT VA ENERGIYA ISROFINI HISOBLASH VA KAMAYTIRISH		
9.1	Liniyalarda quvvat va energiya isroflari.....	171
9.2	Transformatorlarda quvvat va energiya isroflari.....	176
9.3	Elektr tarmoqlarida isroflarni kamaytirish tadbirlari.....	177
10. ELEKTR TARMOQ ELEMENTLARINING EKVIVALENT ALMASHTIRISH SXEMALARI VA HISOBIIY PARAMETRLARI		
10.1	Elektr uzatish liniyalarining almashtirish sxemalari va hisobiy parametrlari.....	182

10.2 Ikki cho'lg'amli transformatorlarning almashtirish sxemalari va hisobiy parametrlari.....	187
--	-----

10.3 Uch cho'lg'amli transformator va avtotransformatorlarning almashtirish sxemalari va hisobiy parametrlari	191
---	-----

11. ELEKTR TARMOQLARI VA TIZIMLARINING HOLATLARINI HISOBLASH VA BOSHQARISH

ASOSLARI

11.1 Elektr tarmoqlarining holatlarini hisoblash.....	196
---	-----

11.2 Oxirida yuklama quvvati berilgan liniyani hisoblash.....	197
---	-----

11.3 Elektr uzatish liniyasida kuchlanish pasayishi va kuchlanish isrofi.....	200
---	-----

11.4 Energetika tizimlari va elektr stansiyalarining dispetcherlik boshqaruvi.....	202
--	-----

11.5 Energotizim va elektr stansiyalari holatlarini dispetcherlik boshqaruvining texnik vositalari.....	204
---	-----

Foydalanilgan adabiyotlar.....	207
--------------------------------	-----

QAYDLAR UCHUN

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper appears slightly aged or off-white. There is no handwriting or other markings on the page.

T.SH.GAYIBOV, H.F.SHAMSUTDINOV, B.M.PULATOV

ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB CHIQARISH, UZATISH VA TAQSIMLASH

Toshkent – «Fan va texnologiya» – 2015

Muharrir:

M.Hayitova

Tex. muharrir:

M.Holmuhamedov

Musavvir:

D.Azizov

Musahhih:

F.Ismoilova

Kompyuterda

sahifalovchi:

N.Hasanova

E-mail: tipografiyacent@mail.ru Tel: 245-57-63, 245-61-61.

Nashr.lits. AI №149, 14.08.09. Bosishga ruxsat etildi 26.01.2015.

Bichimi 60x84 $\frac{1}{16}$. «Timez Uz» garniturası. Ofset bosma usulida bosildi.

Shartli bosma tabog'i 13,0. Nashriyot bosma tabog'i 13,5.

Tiraji 500. Buyurtma №3.