

621,31  
S 89

621,311 (02)

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

---

## STANSIYA VA PODSTANSIYALARNING ELEKTR QISMI

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan  
5510200 — «elektr energetikasi» (energiyani ishlab chiqarish, uzatish va  
taqsimlash) ta'lim yo'nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun o'quv  
qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

*Texnika fanlari doktori,  
professor Q.R. Allayevning umumiy tahriri ostida*

O'QUV ZALI

2068854

10

Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti  
573459-468  
Axborot Resurs Markazi

*Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi  
Toshkent — 2014*

UO'K: 621.311(075)  
KBK 31.277.1  
S 89  
A 51

*Elektr stansiyalar  
va energetikasi*

**Mualliflar:**

**Q.R. Allayev, I.H. Siddiqov, M.H. Hakimov, R.I. Ibragimov,  
O.I. Siddiqov, H.F. Shamsutdinov**

**Taqrizchilar:**

*T.Sh. Gayipov – ToshDTU «Elektr stansiyalari, tarmoqlari va tizimlari»  
kafedrası mudiri, texnika fanlari doktori, professor;  
S.F. Amirov – TTYMI «Temiryo'l elektr ta'minoti» kafedrası mudiri,  
texnika fanlari doktori, professor.*

A 51 Stantsiya va podstantsiyalarning elektr qismi. Q.R. Allayev  
[va boshq.]. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim  
vazirligi – T.: Cho'lpon nomidagi NMIU, 2014. 304 b.  
ISBN 978-9943-05-676-3

Mazkur o'quv qo'llanmada elektr energetika tizimlari, elektr stan-  
tsiyalari va podstantsiyalari, elektr ta'minoti va taqsimlash qurilmalari,  
kuch transformatorlari, kommutatsiya va o'lchov elektr jihozlari,  
izolatorlar va tok o'tkazgich shinalar, kabellar, podstantsiyalar o'z energiya  
iste'moli qurilmalari, podstantsiya va elektr qurilmalarning relyeli himoya  
avtomatikasi va yashindan himoyasi hamda qisqa tutashuv muammolari  
tahlil etilgan.

Ushbu o'quv qo'llanma oliy o'quv yurti «Elektr energetikasi» ta'lim  
yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, undan shu soha muta-  
xassislari ham foydalanishlari mumkin.

**UO'K: 621.311(075)  
KBK 31.277.1**

ISBN 978-9943-05-676-3

© Q.R. Allayev va boshq, 2014  
© Cho'lpon nomidagi NMIU, 2014

---

---

## KIRISH

«Biz yangi davlat, yangi jamiyat qurayotgan ekanmiz, bu tizimda ijtimoiy-siyosiy munosabatlar, odamlarning ongi va tafakkuri ham o'ziga xos, shu bilan birga, mutlaqo yangicha ma'no kasb etishi shubhasiz» [1].

Yevropa va Osiyoda elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash 50Hz chastotali uch fazali o'zgaruvchan tok bilan bajariladi.

Buni o'zgaruvchan tokni oson boshqa turdagi energiyaga aylantirilishi va juda ishonchli bo'lgan asinxron elektr mashinalarini ishlatish mumkinligi bilan tushuntirish mumkin.

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

Ishlatilishi bo'yicha elektr qurilmalari quyidagilarga bo'linadi:

- elektr energiyasini ishlab chiqaruvchilar — elektr generatorlari;
- o'zgartiruvchi va taqsimlovchilar — transformator podstanziyalari, o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka yoki boshqa chastota tokka aylantiruvchi uskunalari;
- elektr tarmoqlari;
- iste'molchilar — elektr qabul qiluvchilar.

Elektr iste'molchilari deganda elektr energiyasini boshqa turdagi energiyaga aylantiruvchi agregatlar, mexanizmlar va qurilmalar tushuniladi.

Mazkur o'quv qo'llanma namunaviy va ishchi dastur talablariga muvofiq yozilgan bo'lib, unda elektr energetika tizimlari, elektr stansiyalari va podstansiyalari, elektr ta'minoti va taqsimlash qurilmalari, kuch transformatorlari, kommutatsiya va o'lchov elektr jihozlari, izolatorlar va tok o'tkazgich shinalar, kabellar, podstansiyalar o'z ehtiyoj energiya iste'moli qurilmalari, podstansiya va elektr qurilmalarning releli himoyasi, avtomatikasi va yashindan himoyasi hamda qisqa tutashuv muammolari tahlil etilgan.

---

---

## 1-bob ELEKTR TARMOQLARI VA PODSTANSIYALARI

### 1.1. Elektr tarmoqlari va tizimlari

«Stansiyalar va podstansiyalarning elektr qismi» fanini o'rganish hamda tegishli adabiyotlar va internet materiallaridan samarali foydalanish uchun quyidagi asosiy tushunchalarni bilish tavsiya etiladi.

Ishlash rejimining umumiyliigi hamda elektr va issiqlik energiyasini ishlab chiqarish va taqsimlashning uzluksizligi bilan bir butun bo'lib bog'langan elektr stansiyalar, podstansiyalar, havo elektr uzatish yo'llar va issiqlik tarmoqlari to'plami **elektr energetika tizimini** tashkil etadi.

Energetika tizimining elektr qismi *elektr tizimi* deb atalib, unga: elektr stansiyalar, ya'ni ularning sinxron generatorlari, taqsimlovchi elektr uskunalari, kuchlanishni oshiruvchi kuch transformatorlari; havo elektr uzatish yo'llari; elektr podstansiyalar; elektr tarmoqlari va iste'molchilari kiradi.

**Elektr tarmog'i** elektr tizimining bir qismi bo'lib, elektr energiyani uzatish va taqsimlash vazifasini bajaruvchi podstansiyalar va havo elektr uzatish yo'llaridan tashkil topadi. Elektr tarmoq ma'lum bir hududda podstansiyalar, elektr uzatkichlar va elektr taqsimlagichlarni hamda ularni boshqarish va himoyalash jihozlarini o'zida mujassamlashtirgan elektr qurilmalar to'plamidir. U taqsimlagich podstansiyalar va birlashtiruvchi havo hamda kabel elektr uzatish yo'llaridan tashkil topadi.

**Elektr qurilma** — bu shunday qurilmaki, unda elektr energiya ishlab chiqariladi, elektr energiyani bir turdan, masalan, o'zgaruvchan tokdan ikkinchi turga, ya'ni o'zgarmas tokka yoki teskarisiga aylantiriladi; kuchlanishni yoki chastotasi o'zgartiriladi, elektr energiya taqsimlanadi va iste'mol qilinadi. Elektr qurilmaning ishlash tartibi va vazifalarini uning elektr sxemasi va tuzilishi belgilaydi.

**Taqsimlovchi qurilmalar** RU (распределительные устройства) elektr qurilmalar safiga kirib, muayyan kuchlanishli elektr

energiyani qabul qilish va taqsimlash uchun mo'ljallangan hamda uning tarkibiga kommutatsiya jihozlari, yordamchi qurilmalar hamda shinali tok o'tkazgichlari kiradi. Taqsimlovchi qurilmalar atmosfera havosida ishlovchi ochiq taqsimlovchi qurilma (ORU – открытые распределительные устройства) va metall qobiqda ishlovchi yopiq taqsimlovchi qurilma (ZRU – закрытые распределительные устройства) turida bajariladi. Yopiq qurilma germetik zich qilib berkitilsa, (GRU – герметические распределительные устройства) deb ataladi.

**Elektr podstansiyalar** elektr qurilmalar to'plami bo'lib, unda elektr energiyaning kuchlanishi, tokining turi – o'zgarmas yoki o'zgaruvchan, chastotasi bo'yicha o'zgartirilib, iste'molchi fiderlariga bo'lib taqsimlanadi. Podstansiya tarkibi: elektr energiyaning ko'rsatkichlari – parametrlarini o'zgartirish uchun xizmat qiladigan kuch transformatorlari, elektr energiyani bir turdan ikkinchi turga aylantiruvchi o'zgartirgich qurilmalar (преобразовательные устройства), taqsimlash qurilmalari (распределительные устройства) RU, boshqarish qurilmalari, himoya qurilmalari – jihozlari (защитные устройства) va o'lchash asboblari (измерительные устройства) hamda yordamchi inshootlardan tashkil topadi. Podstansiyalarning **tashqi elektr ta'minoti** kuchlanishi 500 kV, 220 kV, 110 kV, 35 kV havo elektr uzatish yo'llari orqali amalga oshiriladi. Elektr podstansiyalar xizmat burchiga qarab, pasaytirish yoki birlashgan tortish-pasaytirish guruhlariga ajratiladi. Ular yerosti yoki yerustida joylashtirilishi mumkin.

**Tortuvchi podstansiya** (TP – тяговая подстанция) bu elektr energiyaning iste'mol qiluvchi podstansiyasi bo'lib, u elektrlashgan va yer ustida yo'naltirilgan transportlar: temiryo'l, metropoliten, tramvaylarning kontakt tarmog'ini yuqori sifatli elektr energiya bilan uzluksiz ta'minlab turishga mo'ljallangan. Tortuvchi podstansiyalardan boshqa notortuvchi iste'molchilar ham elektr energiya bilan ta'minlanadi. Tortuvchi podstansiya (TP – тяговая подстанция) kontakt tarmog'i (KS – контактная сеть) orqali transport vositalariga bog'liq elektr tortish tizimlarining elektr ta'minotini amalga oshiruvchi podstansiyadir. Tortuvchi podstansiyalar, seksiyalangan kontakt tarmog'i (KS) va ularni bog'lovchi havo yoki kabel elektr uzatish yo'llari **ichki elektr ta'minoti**ni tashkil qiladi.

Podstansiyalar quyidagi sifatlari bilan bir-biridan farqlanadi:

– transformatsiyalash usuli bilan: bir pogʻonalik yuqori kuchlanishi 6 kV, 10 kV, 35 kV va ikki pogʻonalik yuqori kuchlanishi 110 kV, 220 kV podstansiyalarga;

– podstansiyalarga kirib keluvchi tarmoq kuchlanishi bilan: 6 kV, 10 kV, 35 kV 110 kV, 220 kV podstansiyalarga;

– boshqarish sxemasi bilan: masofadan boshqaruvli, yaʼni teleboshqaruvli, podstansiyaga; mikroprotessor boshqaruvli podstansiyaga; teleboshqaruvsiz podstansiyaga;

– xizmat koʻrsatish usuli bilan: navbatda turuvchi xizmatchisi yoʻq podstansiyaga; navbatchilikni uyda bajaradigan xizmatchili podstansiya; muayyan navbatchi xizmatchiga ega podstansiyaga;

– tashqi energiya taʼminoti tizimiga ulanishlari bilan: tayanch (опорные – TP), oraliq – tranzit (промежуточные или транзитные – TP), shoxobcha yoki ulama (ответвленные или отпaseчные – TP) va chekka yoki boshi berk (концевые или тупиковые – TP) podstansiyalarga;

– elektr tortishga xizmat koʻrsatuvchi amaldagi elektr energiya tizimlari bilan:

1) 27,5 kV yuqori kuchlanishli 50 Hz chastotali oʻzgaruvchan tok tizimli;

2) 2x27,5 kV yuqori kuchlanishli 50 Hz chastotali oʻzgaruvchan tok tizimli;

3) 3,2 kV yuqori kuchlanishli oʻzgaruvchan tok tizimli;

4) oʻzgaruvchan tok va oʻzgaruvchan tok toʻqnashuvchi oraliq tizimiga ega tortuvchi podstansiyalarga;

– tok oʻzgartiruvchi (преобразователь) turlari bilan: oʻzgaruvchan tokni oʻzgaruvchan tokka aylantiruvchi toʻgʻrilagichli (выпрямительные – TP) va toʻgʻrilagich ham inventori (выпрямительно-инвенторные – TP) podstansiyalarga;

– harakat turi bilan: turgʻun podstansiya va harakatlanuvchi podstansiyaga.

**Tayanch podstansiya** (опорная подстанция – TP) elektr energiyaning tashqi elektr taqsimoti tarmogʻidan soni ikki va undan ortiq boʻlgan 35 kV, 110 kV yoki 220 kV kuchlanishli havo elektr uzatish yoʻllardan oladi hamda tranzit, shoxobchalangan va tupiksimon podstansiyalarning elektr taʼminoti tarmogʻini elektr energiya bilan taʼminlaydi.

**Tranzit-oraliq podstansiya** (промежуточная подстанция – ТП) tayanch podstansiyalar ichki elektr ta'minotining ikki tarmog'idan elektr energiyani olib, tarmoqlarning tayanch podstansiyalari oraliq'ini energiya bilan ta'minlaydi.

**Shoxobcha podstansiya** (ответвленная подстанция – ТП) yopiq shoxobchalangan bo'lib, tayanch podstansiyalar ichki elektr ta'minotining ikki tarmoqidan elektr energiyani olib, tarmoqlarning tranzit podstansiyalari oraliq'ini energiya bilan ta'minlaydi.

**Boshi berk podstansiya** (тупиковая подстанция – ТП) boshqa podstansiyalar elektr ta'minotining ikki tarmog'idan elektr energiyani olib, tarmoqlarning mazkur podstansiyagacha bo'lgan oraliq'ini energiya bilan ta'minlaydi.

**Pasaytiruvchi podstansiya** elektr qurilmalarining elektr ta'minoti va elektr iste'molchilarga mo'ljallangandir.

Ba'zi hollarda podstansiyalar boshqa elektr ta'minoti qurilmalari bilan birlashtirilib, uyg'unlashtiriladi: jumladan, rayon podstansiyasi yoki tarmoqlar bilan bog'lanadi. Bunday podstansiya *birlashgan podstansiya* deb ham yuritiladi.

Elektr energiyadan keng foydalanishning asosiy sababi uning boshqa energiyalarga nisbatan quyidagi afzalliklarga egaligidir:

– elektr energiya ishlab chiqarish uchun ko'pchilik tabiiy energiya manbalari, birinchi navbatda, yoqilg'i va suv manbalaridan foydalanish imkoniyati;

– elektr energiyani uncha ko'p mablag' sarflamasdan uzoq masofaga sifatli uzatish imkoniyati;

– elektr energiyani joylashishi va quvvati turlicha bo'lgan iste'molchilar orasida bema'lol taqsimlash imkoniyati;

– elektr energiyani boshqa xil energiyaga: issiqlik, mexanik, yorug'lik, yuqori chastota, magnit impuls, gidroimpuls, kimyoviy va boshqa energiyaga aylantirishning osonligi va yuqori samaradorligi.

Elektr energiya **elektr stansiyalarda sinxron generatorlar** yordamida ishlab chiqariladi. Elektr stansiyalarining asosiy vazifasi mexanik, issiqlik, atom, suv oqimi, yorug'lik, shamol va boshqa energiyalarni elektr energiyaga aylantirib berishdir. Elektr stansiyalarning ko'pchiligi faqat elektr energiyani ishlab chiqarsa, ba'zilarida elektr energiya hamda issiqlik energiyasi ishlab chiqariladi. Elektr stansiyalarida qo'llanilgan generatorlarining turiga qarab 3-24 kV



yuqori kuchlanishli elektr energiya ishlab chiqariladi. Bu kuchlanish kuch transformatorlari yordamida 35 500 kV yuqori kuchlanishga aylantiriladi va havo elektr uzatish yo'llar orqali iste'molchilarga yetkazib beriladi.

Elektr energiya iste'mol qilinayotganida ko'pincha boshqa turdagi energiyalarga qaytadan aylantiriladi: elektr motorda mexanik energiyaga; cho'g'lanma lampalarda, dastlab, issiqlik energiyaga, so'ngra esa yorug'lik energiyaga; temiryo'lda — poyezdning kinetik energiyasiga aylanadi. Energiyaning bir turdan boshqa turga aylanishida albatta ma'lum darajada isrof bo'ladi. Isroflar miqdori shu energiyani bir turdan ikkinchi turga aylantiruvchi qurilmalarning mukammalligiga bog'liq. Elektr energiya elektr stansiyadan iste'mol qilish joyiga uzatish jarayonida ham isrof bo'ladi.

Natijada, elektr energiyaning kichik qismi turli mashina, mexanizm va qurilmalarda bo'ladigan isrofga, katta qismi esa foydali ish bajarishga sarf bo'ladi.

**Energiya isrofi** qancha kam bo'lsa, elektr qurilmalarning, jumladan, ayrim generatorlar, elektr motorlar, havo va kabel elektr uzatish yo'llari va boshqalarning foydali ish ko'effitsiyenti (FIK) shuncha yuqori bo'ladi. Qurilmaning FIKi qancha yuqori bo'lsa, u shuncha tejamkor bo'ladi.

**Havo elektr uzatish yo'llari** tok o'tkazuvchi ko'p tomirli aluminiy-po'lat simlar; osma izolatorlar va izolator girlyandalari yoki tayanch izolatorlari; yog'och, beton yoki metall konstruksiyali tayanch ustunlar; izolatorlarni tutib turuvchi konstruksiyalar va yashindan himoyalovchi troslardan tashkil topgan bo'ladi. Havo elektr uzatish yo'llar bir yoki ikki zanjirli bo'lib, tuman, aholi punktlari va iste'molchi hududlarida joylashgan bo'ladi.

**Elektr sxemalar** blok sxema, prinsipial-tamoil sxema va montaj sxemalarga bo'linadi hamda birlamchi va ikkilamchi ulama shoxobchalar orqali ifodalanadi.

**Komplektli transformator podstansiya** (KTP) ichki yoki tashqi qurilmalar turida bajarilib, uch fazali sanoat chastotali o'zgaruvchan tokni qabul qilish va taqsimlash uchun xizmat qiladi. KTP ichiga shaklan kommutatsiya jihozlari, himoya, avtomatika va telemexanika hamda o'lchov asboblari va qo'shimcha qurilmalar joylashtirilgan zaminlangan (yerlangan) metall shkafdan tashkil topadi.

**Komplektli taqsimlovchi qurilma (KRU)**lar ikki tur: 10 kV yoki 6 kV kuchlanishli qurilmalardan iborat.

Ikkilamchi kuchlanishi 400 V gacha bo'lgan sanoat va shahar tarmoqlaridagi transformatorli kichik taqsimlash podstansiyalari *transformator punktlari* deyiladi.

Elektr energiya iste'molchisining turli quvvat talabi va har xil uzoqlikda joylashganligi sababli elektr energiyaning ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash uchun turli kuchlanishlardan foydalanishni taqozo etadi. Iste'molchining quvvati qancha katta bo'lsa, unga elektr energiyani shuncha yuqori kuchlanishda uzatish maqsadga muvofiqdir.

Elektr energiya, odatda, biron kuchlanishda ishlab chiqarilib, so'ngra bir necha marta yuqoriroq kuchlanishli energiyaga o'zgartiriladi hamda elektr tarmog'i orqali iste'molchiga yetkazib beriladi. Amalda uch fazali 50 Hz chastotali o'zgaruvchan tok keng ko'lamda qo'llaniladi.

Har qanday elektr qurilmaning asosiy ko'rsatkichi uning nominal kuchlanishi bo'lib, shu kuchlanishda uning rejadagidek yaxshi ishlashi ta'minlanadi.

**Nominal kuchlanish** — bu standart bo'yicha andozalangan kuchlanishlar qiymatining 1-jadvalda keltirilgan qatoridan olinadi va asosiy, ya'ni bazaviy kuchlanishni tashkil qiladi.

Nominal kuchlanish tarmoq va elektr jihozlar izolatsiyalari darajasini aniqlaydi. Tizimning har xil nuqtalaridagi kuchlanish nominal qiymatidan biroz farqlanishi mumkin. Elektrlashgan temir yo'llarning turg'un holatda ishlaydigan kuch elektr qurilmalari va tortish tarmog'i uchun qabul qilingan standartlangan nominal kuchlanish 1-jadvalda keltirilgan.

Xo'jaliklarda eng ko'p qo'llanadigan 3 fazali kuchlanishning qiyrnati 380/220 V ga teng.

Bunga sabab 380/220 V kuchlanishda kuch qurilmalari bilan birga yoritish vositalarini ham bir vaqtda ta'minlash mumkinligidadir.

Agar qurilmaning kuchlanishi 1 kV dan katta bo'lsa, elektr qurilmaning quvvati va elektr ta'minoti sxemasini hisobga olgan holda kuchlanish 1-jadvalda keltirilgan standart qiymatlardan tanlanadi.

Kuchlanish sinfi, kV	Eng katta ishchi kuchlanish, kV	Elektr tarmog'ini nominal kuchlanishi, kV	Eng uzoq vaqt ishlashga ruxsat etilgan kuchlanish, kV
<b>Turg'un qurilmalar</b>			
3	3,6	3,00	3,5
		3,15	3,5
		3,30	3,6
6	7,2	6,0	6,9
		6,6	7,2
10	12	10,0	11,5
		11,0	12,0
		13,8	15,2
15	17,5	15,0	17,5
		15,75	17,5
		18	19,8
20	24	20,0	23,0
		22,0	24,0
24	26,5	24,0	26,5
27	30,0	27,0	30,0
35	40,5	30,0	40,5
110	126,0	110,0	126,0
220	252,0	220,0	252,0
330	363,0	330,0	363,0
500	525,0	500,0	525,0
<b>O'zgarmas tokli tortuvchi tarmoqda</b>			
0,600	0,700	0,550	0,700 (0,72)
0,825	0,975	0,750	0,975 (1,95)
1,5	1,95	1,5	1,95
3,0	3,85 (4,0)	3,0	3,85 (4,0)
<b>O'zgaruvchan tokli tortuvchi tarmoqda</b>			
25,0	29,0	25,0	29,0
2x25	29,0	25,0	29,0

6 kV va 10 kV li kuchlanishlar, aksariyat, kichik, ya'ni 1-5 MWt, quvvatli korxonalar va elektr ta'minoti tizimida ichki taqsimlagichlar qo'llaniladi. Zamonaviy qurilmalardagi kuchlanish 6 kV o'rniga 10 kV qo'llanishi tavsiya etiladi.

**Bosh taqsimlovchi podstansiyalari** GRP bilan podstansiya TP lar orasida 6 kV, 10 kV, 35 kV, 110 kV, 220 kV kuchlanishli havo elektr uzatish yo'llaridan foydalaniladi.

Elektr energiya iste'mol qiluvchi ishlab chiqarish korxonalarining elektr ta'minoti quyidagi funksional qismlardan iborat:

– energetika tizimidan ta'minlanuvchi qurilmalar – bosh pasaytiruvchi podstansiya GPP (главная понижающая подстанция); elektr energiya, korxonada qudrati va quvvatiga qarab 6 (10) kV dan 220 kV gacha kuchlanishda energiya qabul qiladi va uni o'ziga qulay bo'lgan kuchlanishga, ya'ni 10 kV, ba'zan 6 kV kuchlanishga aylantirib, ya'ni transformatsiyalab oladi. Agar energiya bitta kuchlanishning o'zida qabul qilinib, taqsimlanadigan bo'lsa, unda GPP o'rniga bosh taqsimlovchi punkt (GRP – главный распределительный пункт) quriladi. U biron podstansiyasidan elektr energiya olib ishlashi ham mumkin;

– **yuqori kuchlanishli taqsimlovchi tarmoq**, bunday tarmoqning nominal kuchlanishi 6 kV, 10 kV va undan yuqori bo'ladi, gohida boshqa qiymatdagi nominal kuchlanish qo'llash ham uchrab turadi, bu tarmoq tarkibiga yuqori kuchlanishli taqsimlovchi qurilmalar kirishi mumkin;

– taqsimlovchi tarmoqqa ulanuvchi sex transformatorlari va o'zgarigich podstansiyalari;

– taqsimlovchi tarmoqqa ulanuvchi mahalliy faol – aktiv va reaktiv quvvat manbalari: turg'un va ko'chma elektr stansiyalar; zaxiraviy, yuklama maksimal holatda ishga tushiriluvchi (pikoviy) generator kabi qurilmalar; yuqori kuchlanishli kondensator batareyalari, kriogen induktiv g'altaklari va boshqalar;

– kuchlanishi 380 V bo'lgan past kuchlanish PK tarmog'i. Unga kuchli (силовые) iste'molchilar, avtomatika, boshqaruv qurilmalari ulanadi;

– sex tarmog'iga ulanuvchi mahalliy aktiv va reaktiv energiya manbalari: zaxira generator qurilmalari, akkumulator batareyalari va boshqalar.

Elektr ta'minoti va energiya tizimi oralarida xizmat ko'rsatish chegarasi mavjud bo'lib, ta'minlovchi elektr yo'lining bosh pasaytiruvchi podstansiyasi yoki korxonaning asosiy taqsimlovchi qurilma ulangan joyi chegara bo'ladi. U to'laligicha korxon bilan energiya tizim orasida «Elektr energiyadan foydalanish qoidalari»ga asosan tuzilgan shartnomada qayd etilishi shart bo'ladi.

Podstansiyalarda **yopiq qurilma**, ya'ni tashqi muhitdan mutlaqo ajratilgan va **ochiq qurilma**, ya'ni atmosfera havosida ishlaydigan, elektr qurilmalar qo'llanadi: bularga birinchi navbatda kuch va o'lchov transformatorlari, taqsimlash, himoya va boshqarishni avtomatlashtirish qurilmalari kiradi. Loyihalashda podstansiya tarkibining variant tanlovi texnik-iqtisodiy hisoblar orqali har bir variantning afzalliklari va kamchiliklarini hisobga olingan holda aniqlanadi.

Yopiq qurilmaning afzalligi sifatida uning uzoq muddat davomida puxta va ishonchli ishlashi qayd etiladi. Ichki muhitni hisobga olgan holda jihozlarning qulayligi, ekspluatatsiyada kam xarajat talab qilishi, ishlashda puxtaligi, gabarit o'lchamlarining kichikligi, o'rnatish uchun kam joy talab qilishi, hajmining kichikligi va boshqa xossalari ularga katta afzalliklar berdi.

Ochiq qurilmalarning afzalligi quyidagilardan iborat: ularni qurish va yig'ish oson; transport vositalarining yaqinlashishi imkoniyati qulay; yong'in xavfsizligi yuqori; transformator va uskuna-ning boshqa elementlarida hosil bo'luvchi issiqliklarni haydash imkoniyati yaxshi va tashqi havo elektr uzatish yo'llarni olib kelishi qulay.

Hozirgi vaqtda podstansiyalarning ochiq va yopiq qismlari yuqori darajada butlanganlik bilan ajralib turadi. Komplekt taqsimlovchi qurilmalar (KRU – комплектное распределительное устройство), komplet hajmli qurilish bloklari, komplet yordamchi qurilmalar va ularni ta'minlovchi manbalar keng ko'lamda qo'llanishga ega. Komplekt bo'laklardan tashkil topgan qurilma **komplektli transformator podstansiyasi** deb ham yuritiladi.

**Taqsimlovchi qurilmalar** nafaqat podstansiya bo'lagigina bo'lmay, ular mustaqil ravishda **tarmoq tuguni** ham hisoblanadi. Bu holda ular **taqsimlovchi punkt** (RP – распределительный пункт) deb ataladi. Agar korxon xo'jaligi taqsimlagichdan chiqqan kuchlanish

bilan ta'minlansa, u holda bosh pasaytiruvchi podstansiya GPP o'rniga tizimning markaziy tuguni asosiy taqsimlovchi punkt bo'ladi.

Taqsimlovchi punktlar va kam o'lchamli butlangan tarmoq taqsimlagich tugunlariga taqsimlovchi shitlar, ulagich va saqlagichli metall yashiklar va boshqalar kiradi.

Aktiv quvvatlarga ehtiyoj markazlashgan elektr manbalari tomonidan qoplansa, elektr energiya isroflarini tarmoqlarda kamaytirish uchun, reaktiv quvvatlarga ehtiyoj esa mahalliy manbalar tomonidan qoplanadi.

Ratsional reaktiv quvvatni tanlash va manbalarni, asosan, kondensator batareyalarining, har xil yerlarda joylashtirish elektr ta'minotini bajarishda katta texnik-iqtisodiy ahamiyat kasb etadi.

Elektr ta'minoti qurilmalarini kommutatsiya, rezonans va yashin o'ta kuchlanishlari ta'siridan asrash uchun yashinqaytargich tizimlari, kuch reaktorlari hamda turli razryadniklar qo'llaniladi.

*Elektr uskunalarining neytrallari* deb generator yoki transformatorlarning yulduz shaklida ulangan chulg'amlarining umumiy nuqtasiga aytiladi.

Mashina va transformatorlar neytrallarining yer bilan tutashish turi ko'p jihatdan elektr uskunalarining izolatsiyalanish sifati va kommutatsiya jihozlarini tanlashga, o'ta kuchlanishlar kattaligi va ularni cheklash usullariga, yer bilan bir faza orqali qisqa tutashuvdagi toklarning kattaligi, releli himoyaning ish sharoiti va elektr tarmoqlaridagi xavfsizlikka, aloqa liniyalariga ko'rsatiladigan elektromagnit ta'sir va hokazolarga bog'liq.

Neytrallarining ish holatlariga qarab elektr tarmoqlari uch guruhga bo'linadi:

- 1) neytrallari zaminlangan (πτυχο) tarmoqlar;
- 2) neytrallari zaminlanmagan (izolatsiyalangan) tarmoqlar;
- 3) neytrallari kompensatsiyalangan tarmoqlar.

Neytralning ish holati yerga tutashadigan tok miqdorini belgilaydi. Yerga bir fazasi tutashdagi toki 500 A dan kichik bo'lgan tarmoqlar yerga kichik toklar bilan tutashgan tarmoqlar bo'lib, bu, asosan, neytrallari zaminlanmagan yoki yerga rezonansli ulangan tarmoqlar deb aytiladi. Toki 500 A dan yuqori tarmoqlar yerga katta toklar bilan tutashgan tarmoqlar bo'lib, bu neytrallari zaminlangan qilib va samarali ulangan tarmoqlar deyiladi.

Ikkinchi guruhga kuchlanishi 6-35 kV li tarmoqlar hamda transformator yoki generatorlarning neytrallari kirib, bular yerdan izolatsiyalanadi, uchinchi guruh esa yerga yoy so'ndiruvchi g'altaklar orqali ulanadi.

Xalqaro elektrotexnika qo'mitasi MEK tavsiyasiga asosan samarali yoki qo'zg'almas zaminlangan neytralli tarmoqlarga neytrallari zaminlangan yoki katta bo'lmagan aktiv qarshilik orqali ulangan yuqori va o'rta yuqori kuchlanishli tarmoqlar kiradi.

## 1.2. Elektr stansiyalari va podstansiyalar

Elektr energiya ishlab chiqarishga mo'ljallangan korxonalar yoki qurilmalar *elektr stansiya* deb ataladi. Elektr energiyani o'zgartirish va taqsimlashga mo'ljallangan elektr podstansiyalar elektr energiya iste'molini ta'minlashda muhim vazifani o'taydi.

Elektr stansiya — bu birlamchi energoresurslarni yoqish yoki suvning energiyasidan foydalangan holda elektr, ba'zi hollarda esa qo'shimcha issiqlik energiyasi ishlab chiqariladigan sanoat korxonasi. Tabiiy manbaning turiga qarab elektr stansiyalari quyidagilarga bo'linadi:

1. Issiqlik elektr stansiyalari — TES:

a) kondensatsiyali elektr stansiyalar — KES;

b) issiqlik elektr markazlari — TES;

d) gaz-turbinali va bug'-gaz qurilmali elektr stansiyalar.

Katta turman iste'molchilariga xizmat ko'rsatadigan KESlar *davlat issiqlik elektr stansiyalari* GRES deb ataladi.

2. Hidroelektrstansiyalar va gidroakkumulatsion elektr stansiyalar — GES va GAES.

3. Atom elektr stansiyalari — AES.

4. Quyosh elektr stansiyalari — SES (солнечные).

5. Shamol elektr stansiyalari — VES (ветровые).

6. Dizel elektr stansiyalari — DG.

7. Dengiz oqim va to'lqin elektr stansiyalari.

8. Geotermal elektr stansiyalari — GTES — yerning ichki issiqlik manbalaridan foydalanuvchi elektr stansiyalar.

Dunyoda ishlab chiqariladigan elektr energiyaning ko'p qismi TES, AES va GESlarga to'g'ri keladi. O'zbekiston hududida 85%

dan ko'proq elektr energiya issiqlik elektr stansiyalarida ishlab chiqariladi.

KES lar, odatda, yoqilg'i qazib olinadigan va suv ta'minoti yaxshi bo'lgan joylarga quriladi. KES agregatlari katta quvvatli bo'lib, ularning xususiyati manyovrli emasliklaridadir, ya'ni bu agregatlarni ishga tushirib, sinxronlash uchun ketadigan vaqt 3÷6 soatni tashkil etadi. KES larda faqat elektr energiya ishlab chiqariladi va ishlatilgan bug' kondensatorlarga yig'ilib, qayta foydalanish uchun yuboriladi (1-rasm).

Bu elektr stansiyalarining foydali ish koeffitsiyentlari 32÷40% dan ortmaydi. Ularning atmosfera havoga tarqatgan chiqindilari atrof-muhitga salbiy ta'sir etadi.

Issiqlik elektr markazlari TES larini esa iste'molchilarga yaqin joylarga quriladi va TES lar tashib keltiriladigan yoqilg'idan yoki quvurda keluvchi tabiiy gazdan foydalanadi. TES larda elektr hamda issiqlik energiyasi ishlab chiqariladi. Ular nisbatan tejimli ishlaydi va foydali ish koeffitsiyenti 60÷70%ga yetadi (2-rasm).

Gaz turbinali elektr stansiyalarning asosini quvvati 25÷100 MWtli gaz turbinalar tashkil etadi (3-rasm).

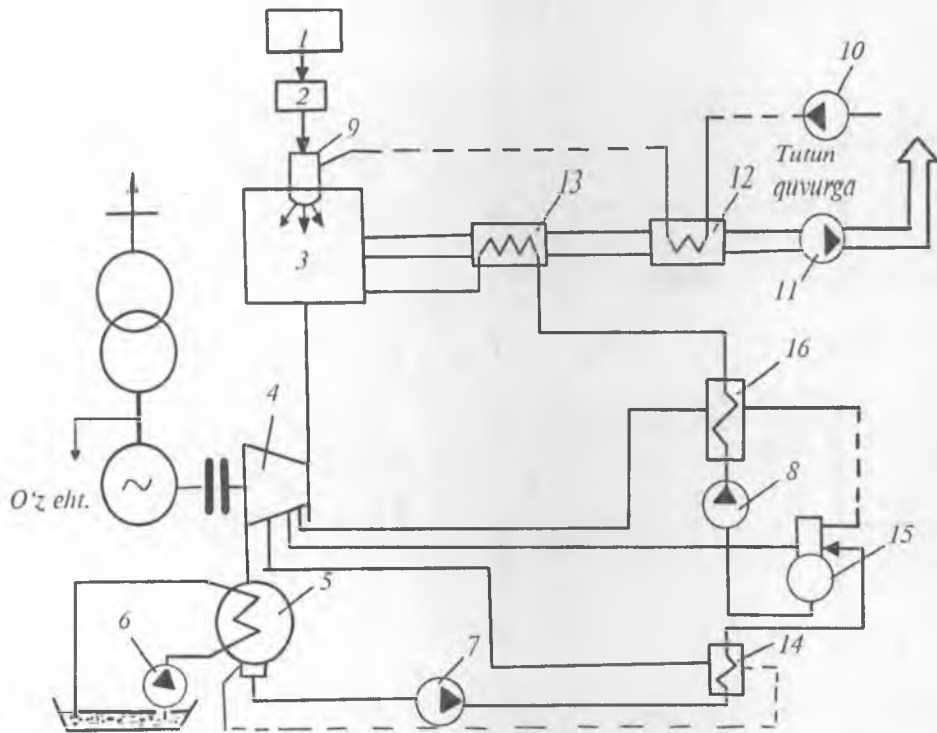
Yonish kamerasiga yoqilg'i: gaz yoki dizel yoqilg'isi tashlanadi, shuningdek, u yerga kompressor orqali siqilgan havo haydaladi.

Qizigan yonish mahsulotlari o'z energiyasini gaz turbinasiga beradi va u kompressor hamda sinxron generatorni aylantiradi. Qurilma ishga tushiruvchi elektr motori yordamida 1÷2 minut davomida ishga tushiriladi.

Gaz turbinalarining tejamkorligini oshirish uchun bug'-gazli qurilmalar ishlab chiqilgan. Ularda yoqilg'i bug' generatorining o'txonasida yoqilib, hosil bo'lgan bug' esa bug' turbinasiga yo'naltiriladi. Bug' generatoridan chiqayotgan yonish mahsulotlari, tegishli haroratgacha sovutilgandan so'ng, gaz turbinasiga yo'naltiriladi.

Atom elektr stansiyalarini (AES) har qanday jo'g'rofiy hududga qurish mumkin, faqat suv bilan yaxshi ta'minlangan bo'lishi zarur. AES larning FIKi 35÷38%ga yetadi (4-rasm). Bu elektr stansiyalaridan foydalanishdagi asosiy muammolar ularning radioaktiv chiqindilarini yo'qotish, ishonchli va avriyalarsiz ishlashlarini ta'minlash masalalaridir.





1-rasm. Kondensatsiyali  
elektr stansiya – KES  
sxemasi:

1 – yoqilg'ı ombori va  
yoqilg'ı uzatish tizimi;  
2 – yoqilg'ı tayyorlash  
tizimi;

3 – bug' generatori;  
4 – turbina;

5 – bug'ni suvga  
aylantiruvchi kondensator;

6 – sirkulatsion nasos;  
7 – kondensat nasosi;

8 – ta'minlovchi nasos;  
9 – bug' generatorining  
o'txonasi;

10 – parrak;

11 – tutun tortkich;

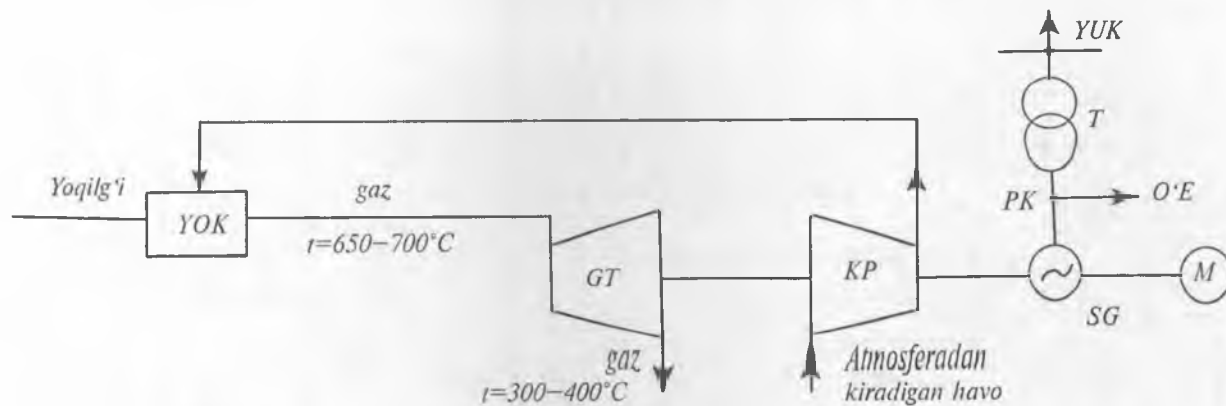
12 – havo isitkich;

13 – suv ekonomayzeri;  
14 – past bosimli suv  
isitkich;

15 – generator;

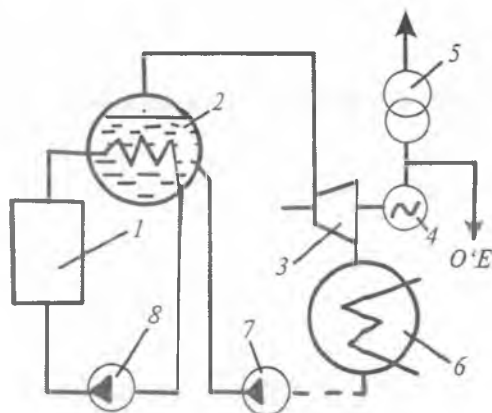
16 – yuqori bosimli  
isitkich.





3-rasm. Gaz turbinali elektr stansiya sxemasi:

YOK – yonish kamerasi; GT – gaz turbina; KP – kompressor;  
 SG – sinxron generator; T – transformator; M – ishga tushiruvchi motor;  
 YUK – yuqori kuchlanishli tarmoq; O'E – o'z ehtiyoj tarmog'i.



4-rasm. Atom-elektr stansiyasining sxemasi:

- 1 – reaktor; 2 – bug‘ generatori; 3 – turbina; 4 – sinxron generator;  
 5 – transformator; 6 – bug‘-suv kondensatori; 7 – kondensat nasosi;  
 8 – bosh sirkulatsion nasos.

Gidroelektrostansiya (GES) lar suv resurslari mavjud joylarga quriladi va bunda iste‘molchilarni elektr energiya bilan ta‘minlashdan tashqari ekin yerlarni sug‘orish masalalari ham hal etiladi. GES agregatlari yuqori manyovrli bo‘ladi.

Ularini ishga tushirish, tarmoqqa ulash va sinxronlash uchun 1÷5 minut vaqt yetarli. GESlarning foydali ish koeffitsiyenti 85÷90% ni tashkil etadi.

Stansiya qurilgan joy iqlimi, o‘sha joydagi o‘rmon va qishloq xo‘jaligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatishi mumkin.

Podstansiyalar tizimdagi holatlariga ko‘ra uchta kategoriyaga bo‘linadi: tayanch podstansiyalar, berk (tupik) podstansiyalar va oraliq-o‘tkazuvchi (tranzit) podstansiyalar.

Tizim tashkil etuvchi tayanch podstansiyalariga katta talablar qo‘yiladi, chunki ular katta iste‘molchilar, rayonlar elektr energiyani uzatib berganliklari uchun bu podstansiyalardagi shikastlanishlar og‘ir ahvollarga olib kelishi mumkin.

**Sinxron generatorlar.** Birlamchi mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirib beruvchi elektr qurilma **elektr generatori** deb ataladi. Zamonaviy elektr stansiyalarida elektr energiyani ishlab chiqarish uchun 3 fazali sinxron generatorlardan foydalaniladi.

Sinxron generatorlar birlamchi motorlarining turiga qarab turbo- va gidrogeneratorlarga bo'linadi.

Turbogeneratorlar (TG) bevosita bug' yoki gaz turbinalariga ulash uchun mo'ljallangan, ular tez aylanuvchan generatorlar deb ham ataladi. TG larning aylanish chastotasini quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}, \quad (1.1)$$

bunda  $f$  – sanoat chastotasi;  $p$  – juft qutblar soni.

Shunday qilib, tarmoqning chastotasi 50 Hz bo'lgan bizning va G'arbiy Yevropa davlatlaridagi TGlarning eng yuqori aylanish tezligi (GES) 3000 ayl/min ga teng.

Ba'zi hollarda turboagregatlarning chegaraviy aylanish tezligi turbinaga bog'liq ravishda 3000 ayl/min dan kam bo'ladi. Turbina o'qi valining aylanish tezligining pastligi turbina lopatkalarini uzunroq qilib tayyorlash imkonini beradi. Bu esa turbinaning chegaraviy quvvatining oshirilishiga olib keladi.

Ba'zi hollarda kichik quvvatli TGlar turbinaga reduktor orqali ulanadi. Bu turbinalarning ixcham va tejimli bo'lishiga olib keladi, chunki bunda turbinalarning aylanish chastotasi ortadi. Lekin bunday reduktorlar odatdagi IESlarda qo'llanilmaydi, chunki ular katta quvvatli turboagregatlarni ishonchli ishlashiga putur yetkazadi.

Gidrogeneratorlarning aylanish chastotasi gidroturbinalarning foydali aylanish chastotasiga teng qilib olinadi [2–4]:

$$n_{turb} = n_b \frac{H^{5/4}}{\sqrt{P}}, \quad (1.2)$$

bunda:  $n_b$  – tez aylanuvchanlik koeffitsiyenti, turbinaning tipiga bog'liq bo'ladi [ayl/min], cho'michli turbinalar uchun 20÷40 ayl/min, radial o'qli turbinalar uchun 50÷450 ayl/min, buriluvchan lopastli turbinalar uchun 400÷1200 ayl/min;  $N$  – bosim hosil qiluvchi suv sathi balandligi, [m];  $P$  – turbinaning quvvati, [MW].

Turli GESlarda suv bosimi va suv sarfi turlicha bo'lganligi uchun gidrogeneratorlarning aylanish chastotasi 50 ayl/min dan 750 ayl/min gacha bo'lishi mumkin. Gidrogeneratorlarning quvvati qanchalik

katta va suv bosimi qanchalik kichik bo'lsa, ularning aylanish chastotalari ham shuncha kichik bo'ladi. Ishlab chiqariladigan mashinalarning ko'pchiligi 50÷125 ayl/min aylanish chastotasiga ega.

Sovitish tizimi normal ishlab turgan sinxron generator uzoq vaqt ishlashi mumkin bo'lgan foydali quvvat **generatorning nominal quvvati** deb ataladi. Shu quvvatdagi mashina ishini tavsiflaydigan barcha parametrlar **nominal parametrlar** deyiladi. Bularga: stator kuchlanishi —  $U_n$ ; stator toki —  $I_n$ ; rotorning qo'zg'atish kuchlanishi —  $U_k$ ; rotorning qo'zg'atish toki —  $I_k$ ; generatorning aktiv, reaktiv, to'la quvvati —  $P_n$ ;  $Q_n$ ;  $S_n$ ; quvvat koeffitsiyenti —  $\cos\phi$ ; foydali ish koeffitsiyenti va boshqalar kiradi.

Uch fazali sinxron turbogeneratorlarning nominal kuchlanishi deb **stator chulg'aming fazalararo (liniya) kuchlanishiga** aytiladi. ГОСТ bo'yicha bu turbogeneratorlarning kuchlanishi va quvvati quyidagi standart qatorni tashkil etadi (2-jadval).

**Generatorlarning sovitish tizimlari.** Generatorlarning ishlashi mobaynida ularda turli energetik isroflar sodir bo'ladi. Bu isroflar issiqlikka aylanib, generator elementlarining qizishiga olib keladi. Generatorlarning FIK lari yuqoriligi va nisbiy isroflar 1,5÷2,5% ni tashkil etishiga qaramay, absolut isroflarning darajasi ancha katta bo'ladi.

Masalan, 800 MW li mashinada bu isroflar 10 MW ni tashkil etadi. Bu issiqlik faol po'lat o'zak, chulg'amlar misi va izolatsiyasining qizishiga olib keladi.

2-jadval

$U_n$ kV	3,15	6,3	10,5	18,0	20,0	21,0	24,0			
$R_n$ MW	2,5	4,6	12,3	100	160	200	300	500	800	1200

Generatorlarning chegaraviy qizishi stator va rotor izolatsiyasining ishlash imkoni bilan chegaralanadi, chunki issiqlik ta'siri natijasida ularning elektr izolatsiyalash tavsiflari yomonlashadi, mexanik mustahkamligi va elastikligi kamayadi. Izolatsiya hatto qurib, maydalanib ketishi va o'z funksiyasini bajarmay qo'yishi ham mumkin.

Energetikada qo'llaniladigan izolatsiyalovchi materiallar 85°C li qoida bo'yicha elektr jihozlari hisoblanganda, izolatsiyaning

harorati nominal haroratidan 85°C ga oshirilganda uning ishlash muddati 2 marta kamayadi.

Chulg'amlarni sovitish usuli bo'yicha sovitish tizimlari ikkiga bo'linadi: *bevosita sovitish* va *bilvosita sovitish tizimi*. Bevosita sovitish tizimida vodorod, suv yoki moy o'tkazgichlar ichidagi maxsus kanallar orqali aylanib, qizigan chulg'amlarga bevosita tegib, uni sovitadi. Bilvosita sovitish tizimida, bu usul faqat gazlar uchun qo'llaniladigan bo'lib, sovituvchi gaz chulg'am o'tkazgichlariga tegmaydi. Ajralib chiqayotgan issiqlik sovituvchi muhitga izolatsiya orqali o'tadi. Bu esa izolatsiyaning issiqlik jihatdan kattaroq yuklanishiga olib keladi.

Hozirgi paytda bilvosita sovitish usuli faqat 12 MW quvvatgacha bo'lgan generatorlardagina qo'llanadi.

Elektr stansiyalarda qo'llaniladigan juda katta quvvatli sinxron generatorlar bevosita sovitish usuli bo'yicha 4 guruhga bo'linadi:

- 1) statorni bilvosita va rotni vodorod bilan bevosita sovitish;
- 2) stator va rotni vodorod bilan bevosita sovitish;
- 3) statorni suyuqlik va rotni vodorod bilan sovitish;
- 4) stator va rotni bevosita suyuqlik bilan sovitish.

Izolatsion materiallar qizishi ga chidamlilik darajasi bo'yicha yettita klassga bo'linadi. Generatorlarda bulardan 3 ta klassga tegishli izolatsion materiallardan foydalaniladi.

Zamonaviy generatorlarda sovitish muhiti sifatida gazlardan: havo, vodorod va suyuqliklardan: suv, transformator moyidan foydalaniladi (3-jadval).

3-jadval

Sovitish muhiti	Havoga nisbatan ko'rsatkichlari	
	Issiq o'tkazuvchanligi	Sovitish darajasi
Havo	1,0	1,0
97% vodorod va 3% havo	5,9	1,33
Vodorod	7,1	1,44 4,0
Transformator moyi	5,3	21,0
Suv	23,0	50,0

### 1.3. Sinxron generatorlarni boshqarish va sinxron kompensatorlar

*Sinxron generatorning qo'zg'atish tizimi* deb qo'zg'atish tokini hosil qilib, uni boshqarishni ta'minlab beruvchi elektr mashina yoki elektr jihozlari yig'indisiga aytiladi (qo'zg'atgich, yordamchi va rostlovchi qurilmalar majmuyi). Qo'zg'atgich rotor chulg'amlari bilan kontakt halqalari va cho'tkalar orqali elektr jihatdan ulangan bo'ladi.

Qo'zg'atish tizimining ishonchli, mustahkam, tejamli qo'zg'atish tokini ruxsat etilgan chegaralarda rostlash imkonini beradigan, tez ishlovchi, avariya holatlarida qo'zg'atish tokining eng katta qiymatini ta'minlab beradigan bo'lishi talab qilinadi. Qo'zg'atish tizimi 2 guruhga bo'linadi: *mustaqil qo'zg'atishli, o'z-o'zidan qo'zg'atishli.*

Birinchi guruhga o'zgaruvchan va o'zgarmas tokda ishlovchi barcha elektr mashinali qo'zg'atgichlar kiradi. Ikkinchi guruhga bevosita generator chiqishlariga maxsus pasaytiruvchi transformator orqali ulangan qo'zg'atish tizimlari kiradi. Mustaqil qo'zg'atish tizimlarining ishlashi tarmoq holatiga bog'liq bo'lmaganligi sababli keng tarqalgan.

Hozirgi paytda generatorlarda quyidagi qo'zg'atish tizimlari keng ko'lamda qo'llaniladi: o'zgarmas tok elektr mashinali; yuqori chastotali; tiristorli va cho'tkasiz qo'zg'atish tizimli.

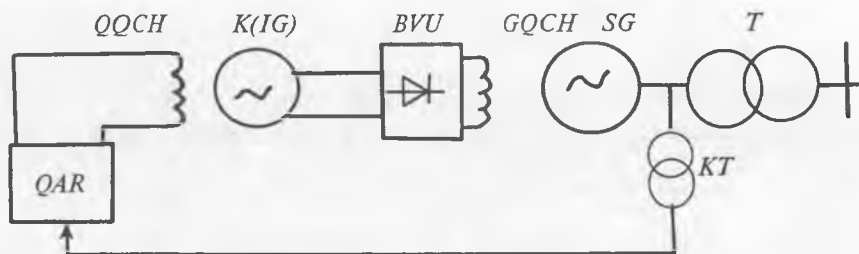
O'zgarmas tok mashinali qo'zg'atish tizimlari 150 MW quvvatgacha bo'lgan generatorlarda ishlatiladi. Bu qo'zg'atish tizimlarining kamchiligi ularning qo'zg'atish tokini o'sib borish tezligining yuqori emasligidadir.

Katta quvvatli generatorlarda yarimo'tkazgichli to'g'rilagichga ega bo'lgan qo'zg'atish tizimlaridan foydalaniladi. Bunda generator bilan bitta umumiy valga qo'shimcha generator ulangan bo'lib, uning kuchlanishi to'g'rilagichlar orqali rotor chulg'amlariga uzatiladi (5-rasm):

$$k_f = \frac{U_{chiq.}}{U_{fkir.}}, \quad (1.3)$$

bunda:  $k_f$  — jadallashtirish koeffitsiyenti;  $U_{chiq.}$  — chiqish kuchlanishi;  $U_{fkir.}$  — kirish kuchlanishi.





5-rasm. Generatorning qo'zg'atish tizimining sxemasi:

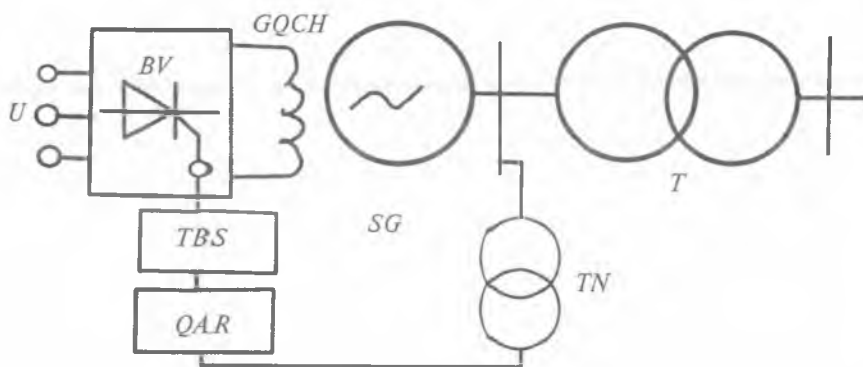
- K(IG) – induksion generator; BVU – boshqarilmas ventilli o'zgartirgich;  
 QQCH – induksion generatorning qo'zg'atish chulg'ami;  
 QAR – qo'zg'atishning avtomatik rostlagichi;  
 GQCH – sinxron generatorning qo'zg'atish chulg'ami;  
 SG – sinxron generator; T – kuch transformatori;  
 KT – kuchlanish transformatori.

Bu yerda energiya manbai bo'lib, induksion generator xizmat qiladi. Qo'zg'atish tizimlarida qo'zg'atish tokining o'sib borish tezligini oshirish uchun jadallashtirish, ya'ni qo'zg'atish tokini keskin oshirish – forsirovkalashdan foydalaniladi. Elektr mashinali qo'zg'atish tizimida qo'zg'atish tokining o'sib borish tezligi  $t = 0,4 \div 0,5$  soniya bo'lsa, yuqori chastotali qo'zg'atish tizimlarida  $t = 0,3 \div 0,4$  soniyaga, jadallashtirish karraligi  $K_r = 2$  ga teng. Yuqori chastotali qo'zg'atish tizimlari 300 MW gacha bo'lgan generatorlarda qo'llaniladi (6-rasm).

Tiristorli qo'zg'atish tizimlarida o'zgartirgich sifatida tiristorlardan foydalaniladi. Tiristorli boshqarish sxemasi orqali esa qo'zg'atish tokining qiymati o'zgartiriladi. Bu tizimning afzalligi jadallashtirish koeffitsiyenti  $K_r > 2$ , qo'zg'atish tokining o'sib borish tezligi esa  $t = 0,02 \div 0,04$  soniyani tashkil etadi. Shuning uchun bu qo'zg'atish tizimlari 500 MW gacha bo'lgan sinxron generatorlarda qo'llaniladi.

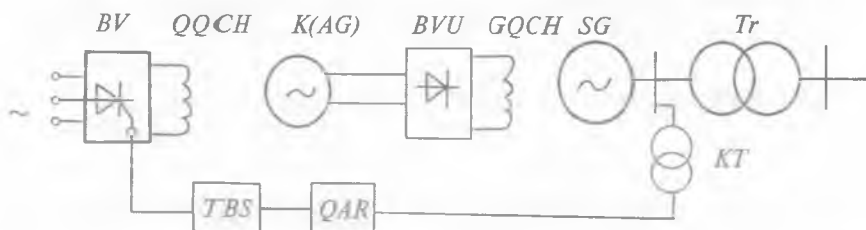
Yuqorida ko'rib chiqilgan qo'zg'atish tizimlarining umumiy kamchiligi ularda kontakt cho'tka jihozining mavjudligi bo'lib, bu narsa tizimlarning ishonchliligini pasaytirib yuboradi. Shuning uchun hozirgi paytda katta quvvatli generatorlarda cho'tkasiz qo'zg'atish tizimlari qo'llaniladi (7-rasm).

Bu qo'zg'atish tizimlari 800+1200 MW quvvatli sinxron generatorlarda qo'llanadi. Ularda qo'zg'atish tokining o'sib borish



6-rasm. Katta quvvatli generatorning yuqori chastotali qo'zg'atish tizimi:

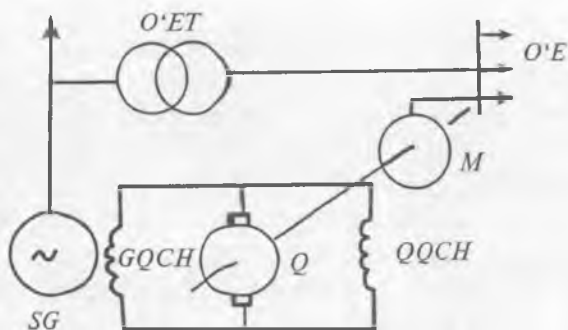
BV – tiristorli to'g'rilagich; GQCH – sinxron generatorning qo'zg'atish chulg'ami; TBS – tiristorni boshqarish sxemasi; QAR – qo'zg'atishni avtomatik rostlagich; TN – kuchlanish transformatori; T – kuch transformatori; SG – sinxron generator.



7-rasm. Katta quvvatli generatorlarda cho'tkasiz qo'zg'atish tizimlari:

K(AG) – aylantirilgan (обращенный) generator;  
 BV – tiristorli boshqarish sxemasi; QQCH – K(AG) generatorining qo'zg'atish chulg'ami; BVU – tiristorli to'g'rilagich generator;  
 GQCH – sinxron generatorning qo'zg'atish chulg'ami;  
 SG – sinxron generator; Tr – kuch transformatori;  
 KT – kuchlanish transformatori; QAR – qo'zg'atishning avtomatik rostlagichi; TBS – tiristorni boshqarish sxemasi.

tezligi  $t = 0,1s$ . Ikkinchi guruhga kiruvchi o'z-o'zidan qo'zg'atishli tizimlarning ishonchiligi kamroq, chunki ularda qo'zg'atgichning ishlashi o'zgaruvchan tok tarmog'ining holatiga bog'liq bo'ladi. Tarmoqdagi har qanday o'zgarish qo'zg'atish tizimining normal ishlashiga putur yetkazadi (8-rasm). Bu tizimlarda qo'zg'atish jihozi



*8-rasm. Generatorlarning quzg'atish tizimi:*

- O'ET – o'z ehtiyoj transformatori; M – asinxron motor;
- Q – qo'zg'atgich, ya'ni qo'zg'atmas tok generatori;
- QQCH – qo'zg'atgichning qo'zg'atish chulg'ami;
- GQCH – sinxron generatorning qo'zg'atish chulg'ami;
- SG – sinxron generator, O'E – o'lchov elementi.

bo'lib, o'z ehtiyoj shinalaridan ta'minlanuvchi asinxron motor va o'zgaras tok generatori xizmat qiladi. Bu qo'zg'atish tizimlaridan, odatda, elektr stansiyalarida qo'zg'atishning rezerv manbai sifatida foydalaniladi.

*Generatorlarning magnit maydonini so'ndirish* deb, ularning qo'zg'atish magnit oqimining qiymatini nolgacha kamaytirish jarayoniga aytiladi va bir vaqtda generatorning elektr yurituvchi kuchi kamayadi.

Magnit maydonini so'ndirish ayniqsa generatorning ichida shikastlanishlar yuz bergandagi avariya holatlarida katta ahamiyatga ega. Generatorlarning ichidagi qisqa tutashuvlar, odatda, elektr yoyi orqali yuz beradi. Shu sababdan bunday hollarda stator chulg'ami va aktiv po'lat ko'p shikastlanadi. Bu qisqa tutashuv toklari generator chiqishlaridagi yuz beradigan qisqa tutashuv toklariga qaraganda ancha katta bo'ladi. Bu holatlarda generatorning magnit maydonini so'ndirish avariya ko'lamini kamaytirish va stator chulg'ami hamda po'latni kuyib ketishdan saqlash uchun zarurdir.

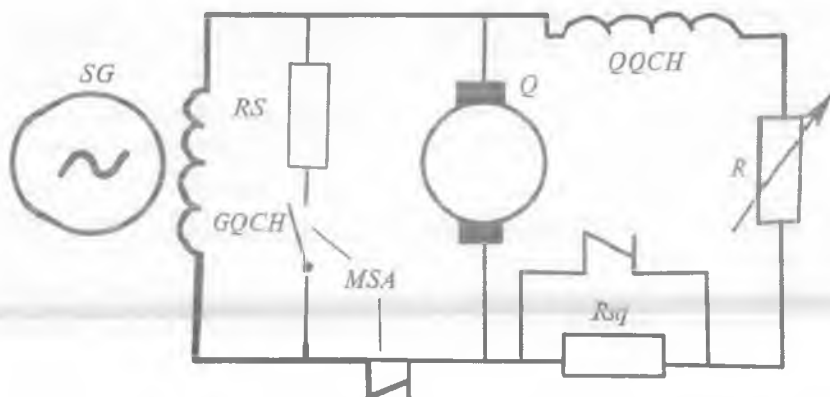
Maydonni so'ndirish uchun generatorning rotor chulg'amini qo'zg'atgichdan uzish kerak. Biroq bunda rotor chulg'amini katta induktivlikka ega bo'lganligi sababli uning chiqishlarida izolatsiyaning teshilishiga olib keluvchi kuchlanganlik hosil bo'lishi mumkin.

Shuning uchun maydonni shunday so'ndirish kerakki, natijada qo'zg'atgichni uzish bilan bir paytda generator rotor chulg'aming magnit maydonini tez so'ndirishga erishish zarur. Bunda chiqishlardagi kuchlanganlik ruxsat etilgan qiymatlardan ortib ketmasligi kerak.

Hozirgi paytda generatorning quvvati va uning qo'zg'atish tizimining xususiyatiga qarab magnit maydonini so'ndirishning 3 ta usulidan foydalaniladi:

- 1) rotor chulg'amini so'ndiruvchi faol qarshilikka ulash;
- 2) rotor chulg'ami zanjiriga tez ishlovchi avtomatning yoy so'ndiruvchi panjarasini ulash;
- 3) qo'zg'atgichni teskari ulash.

Birinchi 2 ta usulda qo'zg'atish zanjiridagi zaruriy ulashlarni *maydonni so'ndirish avtomati* (AGP – автоматическое гашение поля) deb ataladigan maxsus kommutatsion jihozdan foydalaniladi (9-rasm).

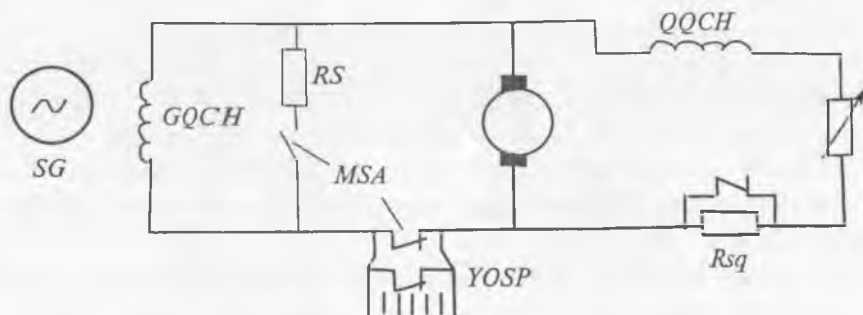


9-rasm. Rotor chulg'amini so'ndiruvchi faol qarshilikka ulash sxemasi:

SG – sinxron generator; GQCH – generatorning qo'zg'atish chulg'ami; RS – so'ndiruvchi faol qarshilik; MSA – maydonni so'ndirish avtomati, ya'ni AGP; Q – qo'zg'atgich; QQCH – qo'zg'atgichni qo'zg'atish chulg'ami; R<sub>sq</sub> – qo'zg'atgich maydonini so'ndiruvchi faol qarshilik.

Generatorning rotor chulg'amini so'ndiruvchi qarshilikka ulab so'ndirishda magnit maydonini so'ndirish jarayoni cho'zilib ketadi. Shuning uchun hozirgi paytda maydonning tezroq so'nishiga olib

keluvchi yoy soʻndiruvchi panjara (YOSP) orqali soʻndirish keng tarqalgan (10-rasm).



10-rasmi. Rotor chulgʻami zanjiriga tez ishlovchi avtomatning yoy soʻndiruvchi panjara YOSP ni ulash sxemasi.

Generatorda qisqa tutashuv sodir boʻlganda rele himoyasi uni tarmoqdan uzadi va MSAGA impuls beradi. Birinchi MSAning bosh kontaktlari uziladi, qoʻzgʻatish zanjiriga qarshilik ulanadi. Soʻng MSAning yoy soʻndiruvchi kontaktlari uzilib, hosil boʻlgan yoy panjara orqali oʻtadi va bir qancha yoychalarga boʻlinib ketib, tezda soʻnadi (soʻnish vaqti  $0,5 \div 1$  soniyani tashkil etadi). Yoy soʻndiruvchi panjara orasi  $1,5 \div 3$  mm masofaga ega boʻlgan mis plastinkalardan yigʻiladi. Plastinkalar soni yoydagi kuchlanish tushuvining qiymatiga qarab tanlanadi. Bunda yoydagi kuchlanish tushuvi —  $U_a$  qoʻzgʻatish kuchlanishining eng katta qiymati  $U_f$  dan katta boʻlishi kerak.

Magnit maydonini qoʻzgʻatgichni teskari ulash bilan soʻndirish usuli, asosan, tiristorli qoʻzgʻatish tizimli generatorlarda qoʻllaniladi. Bunda maydonni soʻndirish jihozi uzilgach, uning qoʻzgʻatish chulgʻamidagi toʻgʻrilagichlarni teskari ulab maydon soʻndiriladi. Agar bunda yoy soʻnmay qolsa, zanjirdagi yoy soʻndiruvchi qarshilikka ulash orqali soʻndiriladi. Bu usulda maydonni soʻndirish vaqti juda oz, lekin qoʻzgʻatish chulgʻamidagi kuchlanganlik ortib ketmasligi uchun bu vaqt avvalgi usuldagiga teng qilib olinadi.

**Generatorlarning parallel ishlashi.** Generatorlarni parallel ishlashga ulash aniq sinxronlash va oʻz-oʻzidan sinxronlash usuli bilan amalga oshiriladi. Generator aniq sinxronlash usuli bilan ulanganda quyidagi shartlar bajarilishi zarur:

1) generator kuchlanishi tarmoq kuchlanishi bilan teng bo'lishi shart;

2) generator va tarmoq chastotasi bir xil bo'lishi lozim;

3) fazalar ketma-ketligi bir xil bo'lishi kerak.

Bunda generator kuchlanishining tarmoq kuchlanishidan chetlashishi faza bo'yicha  $155^{\circ}\text{C}$  ga, modul bo'yicha 20% ga (odatda, 5%), chastota bo'yicha 0,1% (0,05Hz) gacha ruxsat etiladi.

Fazalar ketma-ketligi generatorning birinchi ulanish payti hamda ta'mirlanishdan so'ng uning birlamchi zanjirlarida tekshirilishi kerak.

Bu narsa kuchlanish transformatorlari yordamida maxsus sxema orqali amalga oshiriladi. Aniq sinxronlash usuli bilan generatorlarni parallel ishlashga ulash vaqti 3÷5 soatni tashkil etadi.

O'z-o'zidan sinxronlash usulida generatorga qo'zg'atish berilmasdan sinxron tezlikka yaqin tezlikkacha aylantiriladi va tarmoqqa ulanadi, so'ngra unga qo'zg'atish beriladi. Tarmoq generatorni sinxronizmga tortib ketadi. Lekin generator bu usul bilan ulanganda generator shinalarida qisqa tutashuv toklariga teng toklar hosil bo'ladi.

O'z-o'zidan sinxronlash orqali generatorlarni tarmoqqa ulash vaqti 1÷5 daqiqani tashkil etadi. Bu usul bilan bilvosita sovitish tizimli, blok sxemasida ishlovchi turbogeneratorlar va barcha gidrogeneratorlar tarmoqqa ulanadi. Boshqa generatorlar tarmoqqa faqat aniq sinxronlash usuli bilan ulanadi. Avariya holatlari va rezerv quvvatlarni tez ishga tushirish zarur bo'lib, qolgan paytlarda generatorlar sovitish tizimlarining turidan qat'iy nazar tarmoqqa o'z-o'zidan sinxronlash usuli bilan ulanishi mumkin.

**Qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlar.** Qo'zg'atishni avtomatik rostlash hozirgi paytda quyidagi vazifalarni bajaradi:

1) generatorlarni parallel ishlash turg'unligini ta'minlash;

2) yuklama turg'unligini oshirish;

3) kuchlanish «ko'chkisining» oldini olish;

4) qisqa tutashuv uzilgandan so'ng kuchlanishning tiklanish tezligini oshirish;

5) elektr tizimlarning statik va dinamik turg'unligini oshirish;

6) energetik tizim tugunlaridagi kuchlanishni normal va avariya holatlarida bir xil qilib ta'minlab turish.

Nazorat qilinayotgan parametrlarning o'zgarishiga qarab, ta'sir javob berish xarakteriga ko'ra qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlar ikkiga bo'linadi:

1) proporsional ta'sir qiluvchi avtomatik rostlagichlar ARV PD (автоматическое регулирования возбуждения пропорционального действия);

2) kuchli ta'sir qiluvchi avtomatik rostlagichlar ARV SD (автоматическое регулирования возбуждения сильного действия).

O'zgartiruvchi element O'zE da generator shinasidan kuchlanish transformatori KT orqali uzatilayotgan kuchlanish to'g'rilanib, kuchaytiruvchi element KE da etalon kuchlanish  $U_0$  bilan taqqoslanadi.

Berilgan kuchlanishdan og'ish qiymati kuchaytirilib, bajaruvchi element BE ga uzatiladi. Bajaruvchi element BE tokni qo'shimcha o'zgartirish orqali qo'zg'atish kuchlanishini rostlaydi. Bunda:  $\Delta U = U_g - U_0$  og'ish darajasi.

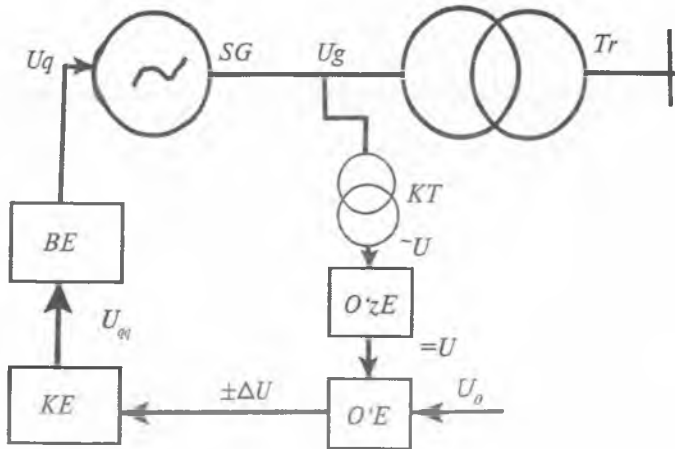
Proporsional ta'sir qiluvchi avtomatik rostlagichlar ARV PD nazorat qilinayotgan parametrning ishorasi va og'ish qiymatining kattaligiga javob beradi.

Zamonaviy katta quvvatli generatorlarda rostlash turg'unligini yaxshilash va kechikishini kamaytirish uchun nazorat qilinayotgan parametrlarni berilgan qiymatidan tashqari uning o'zgarish tezligiga qarab ham ishga tushadigan rostlagichlar qo'llanmoqda (11-rasm).

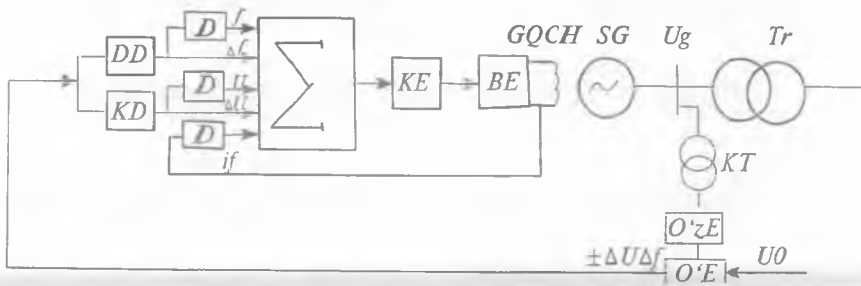
Bunday rostlagichlar **kuchli ta'sir qiluvchi qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlar** ARV SD deb atiladi (12-rasm).

**Sinxron kompensatorlar.** Qo'zg'atish tokining o'zgarishida motor holatida ishlaydigan valida yuklamasi bo'lmagan sinxron mashina *sinxron kompensator* deb ataladi. Sinxron kompensator qo'zg'atish tokining qiymatiga qarab tarmoqqa reaktiv quvvat berishi yoki tarmoqdan uni qabul qilishi mumkin. Sinxron kompensator statorning nominal toki, kuchlanishi va quvvati, rotorning chastotasi va nominal toki hamda nominal holatdagi isroflar bilan tavsiflanadi.

Hozirgi elektr yuklamalar juda katta reaktiv quvvat iste'mol qilishi bilan tavsiflanadi. Elektr qurilmalarida energiyani o'zgartirish



11-rasm. Kuchli ta'sir qiluvchi qo'zg'atishni avtomatik rostlagich:  
 O'zE — o'zgartiruvchi element; O'E — o'lchov elementi;  
 KE — kuchaytiruvchi element; BE — bajaruvchi element.



12-rasm. Kuchli ta'sir qiluvchi qo'zg'atishni avtomatik rostlagich.

uchun magnit maydonlaridan foydalaniladi, jumladan, generator, transformatorlar va h.k. Simobli ventillar, luminessentli yoritish va boshqa o'zgartirgich qurilmalarining toklari ancha katta reaktiv tashkil etuvchiga ega.

Shu sababli elektr tarmoqlari tokning reaktiv tashkil etuvchisi bilan yuklanadi, buning ta'sirida kuchlanish pasayadi va elektr energiyani uzatish hamda taqsimlashda quvvat isroflari ko'payadi.

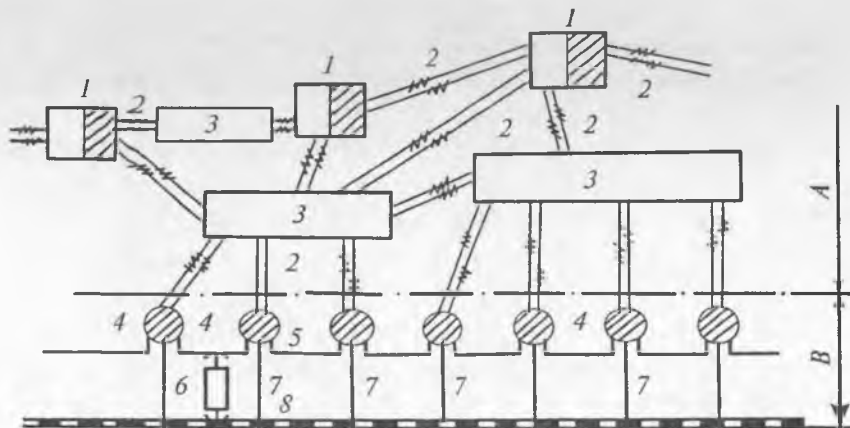


Agar yuklamalar markaziga sinxron kompensator ulansa, u iste'molchilarga kerak bo'lgan reaktiv quvvatni generatsiyalab, elektr stansiyalarni yuklama bilan bog'laydigan liniyalarning reaktiv tok yuklamasini kamaytirish imkonini beradi, bu esa butun tarmoq ishini yaxshilaydi.

Sinxron kompensatorlar elektr uzatish podstansiyalarda ham o'rnatiladi, ular yordamida liniya bo'ylab kuchlanishni to'g'ri taqsimlash va parallel ishlash turg'unligi ta'minlanadi. Elektr uzatkichning ish holatiga qarab sinxron kompensator reaktiv quvvatni generatsiyalash yoki uni iste'mol qilish holatida ishlaydi.

#### 1.4. O'zgaruvchan va o'zgarmas tokli podstansiyalar

Tashqi elektr ta'minoti tizimiga tortuvchi podstansiyalarga elektr energiyani ishlab chiqaruchi elektrostansiyalar, bosh pasaytiruvchi podstansiya GPP (главная понижающая подстанция), havo elektr uzatish yo'llari va podstansiyalarni o'zaro bog'lovchi havo elektr uzatish yo'llari kiradi (13-rasm).



13-rasm. Yuklamalarini elektr bilan ta'minlash sxemasi:

A – tashqi elektr energiya ta'minoti sxemasi; B – elektr energiyani taqsimoti sxemasi; 1 – elektr energiyani ishlab chiqaruchi elektrostansiyalar yoki bosh pasaytiruvchi podstansiya – GPP; 2 – uch fazali havo elektr uzatish yo'llar; 3 – podstansiyalarni o'zaro bog'lovchi elektr tarmoqlar; 4 – podstansiyalar; 5 – tarmoq; 6, 7, 8 – iste'molchilar.

**O'zgaruvchan tokli podstansiyalar.** Har turli podstansiya-larning elektr energiya ta'minoti va elektr energiya taqsimotini ko'rsatuvchi podstansiyalarning o'zaro ulanish sxemasi 14-rasmda keltirilgan.

Tayanch podstansiyalar 1 bilan kiruvchi 110 kV yoki 220 kV havo elektr uzatish yo'llar 5 orasiga yuqori kuchlanishli kommutatsiya jihozlari: uzgichlar Q va havo ajratkichlari QS o'rnatilgan.

Podstansiyalarni o'zaro bog'lovchi 110 kV yoki 35 kV havo elektr uzatish yo'llar 6 bilan tayanch podstansiyalar 1, tranzit podstansiyalar 2, shoxobcha podstansiyalar 3 va tupik podstansiyalar 4 orasiga ham xuddi shunday kommutatsiya jihozlari: uzgichlar Q va havo ajratkichlari QS o'rnatilgandir (14-rasm).

Podstansiyalarning tok o'tkazuvchi shinalariga ochiq taqsimlovchi qurilma ORU o'rnatilgan bo'lib, uning havo ajratkichlarining (QS) soni va o'rnatilish joyi shunday tanlab olinganki, agar bir kuch transformatori ishdan chiqib ta'mirga yoki rezerv bilan almash-tirishga o'chirilsa, bu holatda ikkinchi transformator tarmoqni tok bilan ta'minlab turadi.

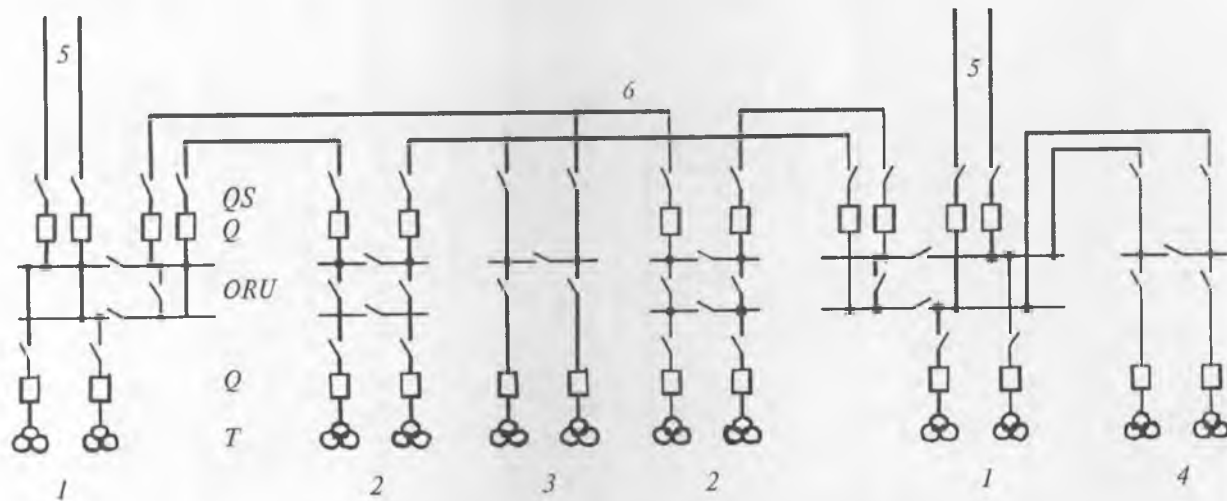
Agar ikkinchi transformator ham ishdan chiqsa, u holda tortuvchi podstansiyaning o'zi o'zaro bog'lovchi 6 havo elektr uzatish yo'llardan ajratiladi. Bu holat boshqa podstansiyalarning normal ishlashiga halal bermaydi.

Bundan tashqari, ochiq taqsimlovchi qurilma (ORU) tar-kibidagi havo ajratkichlari (QS) soni va o'rnatilish joyi bo'yicha barcha podstansiyalarga ikki tomonlama elektr ta'minotning doimiy bo'lishini belgilovchi tezkor o'chirib-ulashtirish imkonini beradi.

O'zgaruvchan tokli podstansiyaning tuzilish sxemasi 15- rasmda keltirilgan bo'lib, sxemada tarmog'iga chiquvchi fiderlarning ulanishi ham ko'rsatilgan.

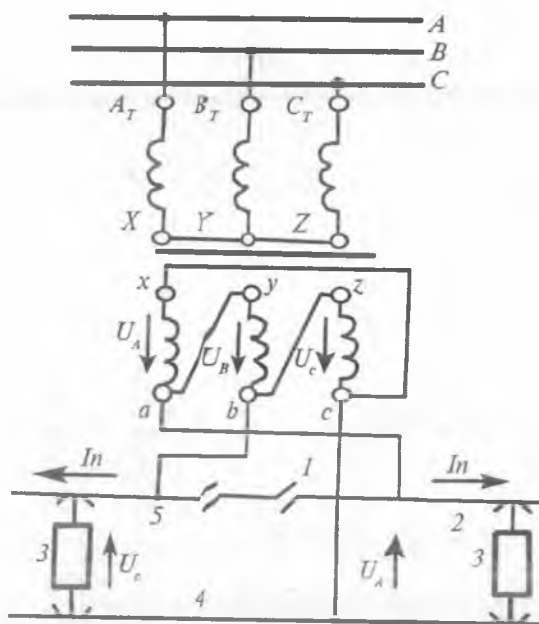
Podstansiyalarning ikki kuch transformatoridan 12 biri faqat tarmoqni elektr energiya bilan ta'minlashga xizmat qilsa, ikkinchi kuch transformatori qisman podstansiyaning o'z ehtiyojini qondirishga xizmat qiladi.

Podstansiya transformatorlari elektr energiyani 110 kV yoki 220 kV kuchlanishli havo elektr uzatish yo'lidan ta'minlanadi.



14-rasm. O'zgaruvchan tokli podstansiyalarni ulash sxemasi:

- 1 – tayanch podstansiyalar; 2 – tranzit-oralik podstansiyalar; 3 – shoxobcha podstansiyalar;  
 4 – tupik – boshi berk podstansiyalar;  
 5 – kiruvchi havo elektr uzatish yo'llari; 6 – podstansiyalarni o'zaro bog'lovchi havo elektr uzatish yo'llari;  
 QS – havo ajratkichlari;  
 Q – uzgichlar; ORU – ochiq taqsimlovchi qurilmalar;  
 T – uch fazali kuch transformatorlari ko'rsatilgan.



15-rasm. Yulduz-uchburchak ulanish guruhi kuch transformatorini tarmog'iga ulash sxemasi:

- 1 – havo elektr uzatish yo'llardan kelgan kirish qismlar; 2 – havo elektr uzatish yo'llardan kelgan kuchlanishni taqsimlovchi qurilmalar; 3 – iste'molchi; 4 – so'ruvchi fider; 5 – ta'minlovchi o'tkazgich.

Kirish kuchlashning taqsimlagich qurilmalari 6(10) kV va 35 kV taqsimlagich qurilmalar bilan uch chulg'amli transformatorlar orqali ulanishi mumkin.

Bir fazali tortish yuklamasi elektr energiyani transformatorning yulduz shaklida yig'ilgan chulg'amlaridan oladi.

Bir fazali yuklamasi elektr energiyani transformatorning yulduz – nol shaklida ulangan chulg'amlaridan oladi. Tashqi elektr ta'minoti tarmog'ida teskari ketma-ketlik toklarini kamaytirish va tarmoqlar bo'yicha podstansiyalarning parallel ishlashini ta'minlash zaruriyati podstansiyalarni maxsus sxema bo'yicha simmetriyalovchi ulashni taqozo etadi.

Simmetriyalash tadbiri podstansiya transformatorlarining birlamchi  $A_T$   $B_T$   $C_T$ ;  $X$   $Y$   $Z$  va ikkilamchi  $x$   $y$   $z$ ;  $a$   $b$   $c$  chulg'amlar

ulangan kirma izolatorlar ulagichlarini ma'lum sxema bo'yicha ulash yordamida tortuvchi hamda energiya ta'minlovchi tarmoqlarga mos ulanishini ta'minlaydi.

O'zgarmas tokli ikki bosqich transformatsiyali podstansiyaning tuzilish sxemalari 16-rasmda keltirilgan.

Podstansiya kuch transformatorlari elektr energiyani 110 kV yoki 220 kV kuchlanishli taqsimlovchi qurilmalardan oladi. Har bir transformatorning ikkilamchi chulg'ami ikki seksiyadan tashkil qilinadi.

Har bir podstansiyada bir nechta ishlab turuvchi va bitta zaxira transformatori o'rnatish ko'zda tutiladi (17-rasm). Biron ishlab turuvchi transformator buzilsa, o'rniga darhol zaxiradagi transformator o'rnatiladi.

**O'zgarmas tokli podstansiyalar** elektr energiyani 6 kV, 10 kV, 35 kV kuchlanishli elektr tarmog'idan va o'zgaruvchan tokli tortuvchi podstansiyalar elektr energiyani 110 kV yoki 220 kV kuchlanishli elektr tarmog'idan olishlari tavsiya etiladi.

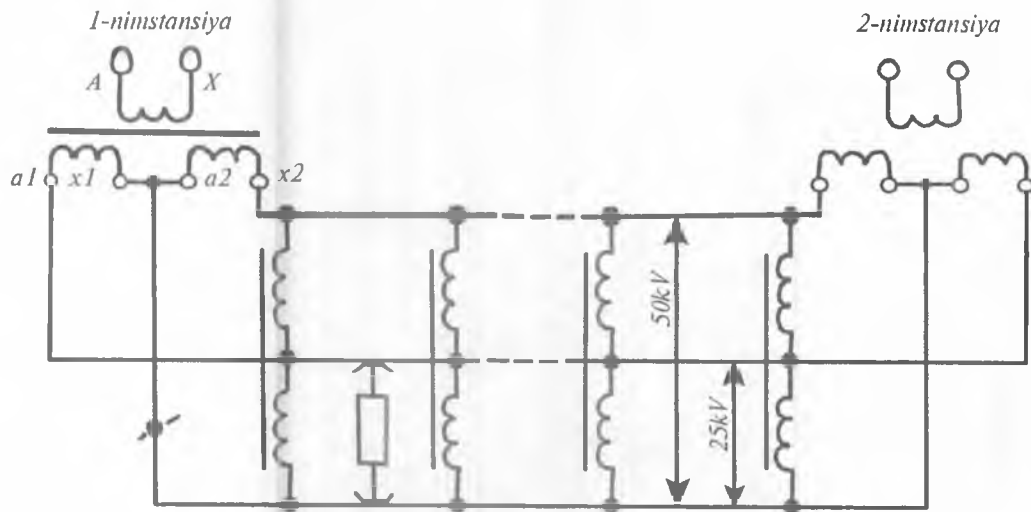
O'zgaruvchan yoki o'zgarmas tokli podstansiyalarga havo elektr uzatish yo'llardan kelgan kirish qismlari ochiq ORU yoki yopiq ZRU turdagi taqsimlovchi qurilmalarga kelib ulanadi.

Agar o'zgarmas tokli podstansiya 220 kV yoki 110 kV kuchlanishli havo elektr uzatish yo'llardan elektr energiyani olsa, unda kirgan kuchlanishning taqsimlovchi qurilmalardan energiya avval pasaytiruvchi transformatorlarga keladi. Transformatorlarda kiritilgan kuchlanish 6 kV yoki 10 kV gacha pasaytirilib, 6 kV yoki 10 kV taqsimlovchi qurilmalarga uzatadi, so'ngra energiya to'g'rilagich — inverter o'zgartgichiga yetib keladi. To'g'rilagich-inverter o'zgartgichining transformatori kuchlanishni 3,02+3,76 kV gacha pasaytiradi.

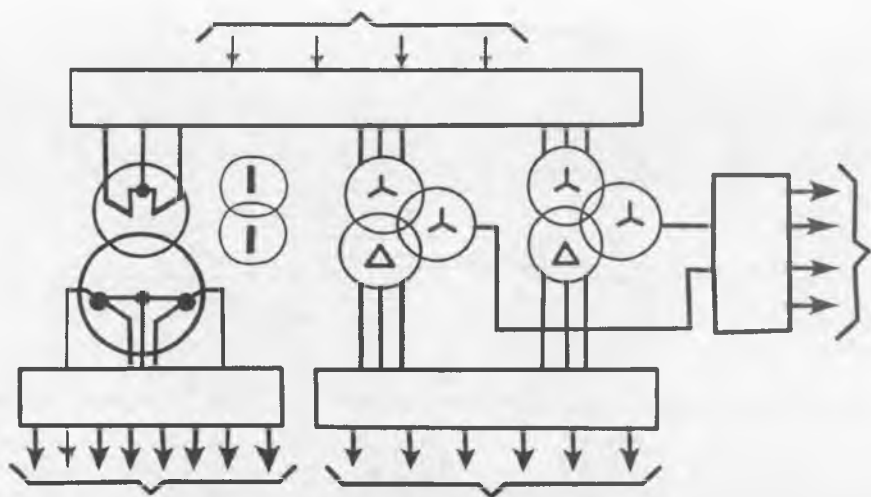
Shunday qilib, to'g'rilovchi o'zgartgichga ikki bosqichda transformatsiyalangan kuchlanish yetkazib beriladi va bunday podstansiya *ikki bosqich transformatsiyali podstansiya* deb ataladi.

18-rasmda o'zgarmas tokli ikki bosqichli TP va 19-rasmda bir ikki bosqichli podstansiya sxemasi keltirilgan.

Agar o'zgarmas tokli podstansiya 6 kV, 10 kV yoki 35 kV kuchlanishli havo elektr uzatish yo'llardan elektr energiyani olsa,



16-rasm. Ikki transformatoridan elektr ta'minlash sxemasi.



17-rasm. Uch transformatorli podstansiya.

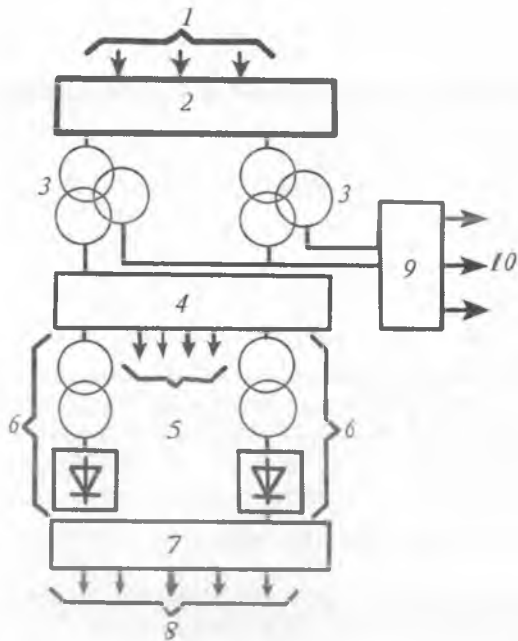
unda kirgan kuchlanish taqsimlovchi qurilmalariga berilib, so'ngra energiya o'zgartgich transformatorlarga keladi.

Rasmlarda: 1 — havo elektr uzatish yo'llardan kelgan kirish qismlar; 2 — havo elektr uzatish yo'llardan kelgan kuchlanishni taqsimlovchi qurilmalar; 3 — pasaytiruvchi uch chulg'amli transformatorlar; 4 — kuchlanishi 6 yoki 10 kV taqsimlovchi qurilmalar; 5 — kuchlanishi 10 kV iste'molchilarning fiderlari; 6 — tok o'zgartgich agregatlar; 7 — o'zgarmas tokli taqsimlovchi qurilmalar; 8 — tarmoqning fiderlari; 9 — kuchlanishi 35 kV taqsimlovchi qurilmalar; 10 — kuchlanishi 35 kV iste'molchilarning fiderlari; 11 — kuchlanishi 10/35 kV yoki 35/10 kV bo'lgan kuch transformatorlari.

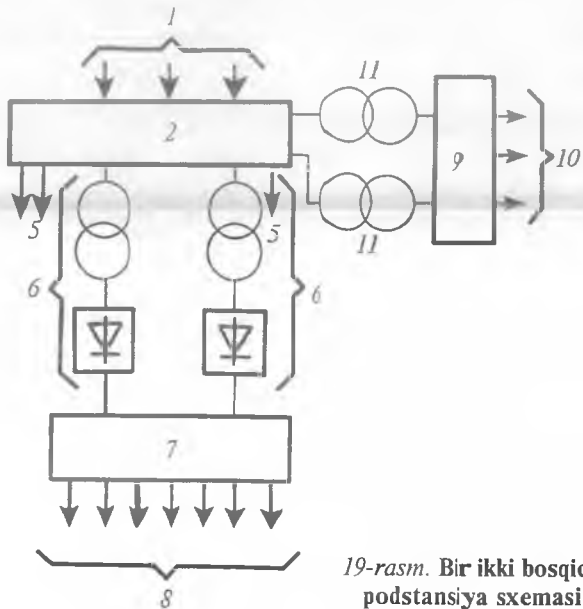
Bunday sxema bo'yicha bir bosqich transformatsiyali podstansiya yig'iladi. Ba'zi hollarda podstansiya 110 kV kuchlanishli havo elektr uzatish yo'llardan elektr energiyani olganda ham bir bosqich transformatsiyali qilib yig'iladi va maxsus o'zgartgich transformatoridan foydalaniladi.

#### *Nazorat uchun savollar*

1. Elektr tizimi va elektr tarmoqlari deganda nimani tushunasiz?
2. Taqsimlovchi qurilmalarga nimalar kiradi?



18-rasm. O'zgarmas tokli ikki bosqichli TP.



19-rasm. Bir ikki bosqichli podstansiya sxemasi.



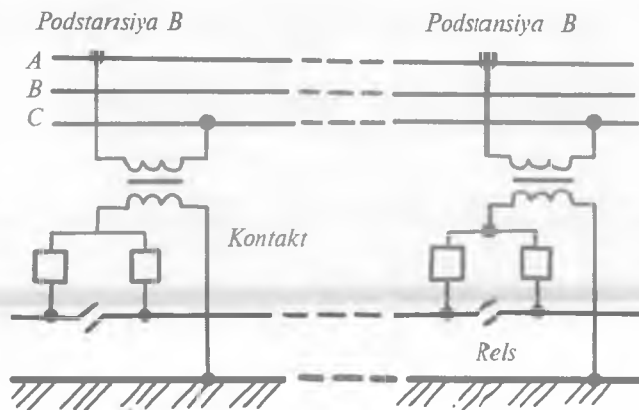
3. *Elektr podstansiyaning asosiy jihozlari nima?*
4. *Qanday podstansiya turlarini bilasiz?*
5. *Elektr stansiyalarning vazifasi va turlari nimalarni bilasiz?*
6. *Komplekt taqsimlovchi qurilmalar nima uchun xizmat qiladi?*
7. *Yuqori kuchlanishning standart qiymatlari qatorini ayting.*
8. *Ochiq va yopiq taqsimlovchi qurilmalar farqini ayting?*
9. *Elektr uskunalarning neytrallari deb nimaga aytiladi?*
10. *Sinxron generatorlarning sovitish tizimlari turlarini aytib bering.*
11. *Sinxron generatorlarning qo'zg'atish tizimlari haqida tushuncha bering.*
12. *Generator magnit maydonini so'ndirish nima uchun kerak?*
13. *Generatorlarning parallel ishlashi shartlarini aytib bering.*
14. *Qo'zg'atishning avtomatik rostlagichlari deganda nimani tushunasiz?*
15. *Sinxron kompensatorlarning vazifalarini aytib bering.*
16. *O'zgaruvchan tokli podstansiyalar asosiy qurilmalari nimalardan iborat?*
17. *O'zgarmas tokli podstansiyalar asosiy qurilmalarini ayting.*

## 2-bob PODSTANSIYALARNING TOK O'ZGARTGICHLARI

### 2.1. Podstansiya sxemalari

**O'zgaruvchan tokli podstansiyalar (TP).** Uch fazali 110÷220 kV kuchlanishli o'zgaruvchan tokning kuchlanishi 6(10) va 35 kV tokka aylantirish uchun podstansiyalarda (TP) uch fazali kuch transformatorlari keng qo'llaniladi. Bu transformatorlar ikki yoki uch chulg'amlidir.

Bir fazali yuklamalar podstansiyadan elektr energiyasi bilan ta'minlanganda elektr ta'minlovchi tarmoq fazalari orasida katta nosimmetriyalik yuzaga keladi (20-rasm).

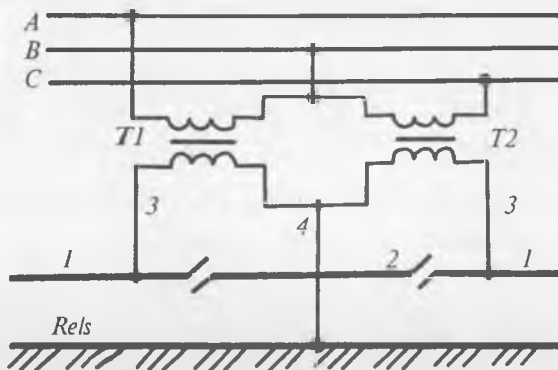


20-rasm. Bir fazali transformatorlarni ulash.

Bu holat ta'minlovchi tarmoqda ortiqcha yuklanish va qo'shimcha quvvat isrofiga olib keladi. Bundan tashqari, elektr stansiyadan rayon iste'molchilarini elektr energiya bilan ta'minlash uchun uch fazali kuch transformatorini o'rnatishga to'g'ri keladi.

Transformatorlar T1 va T2 ochiq uchburchak sxemasida ulanishi ham mumkin (21-rasm). Bu holda fazalar orasida nosimmetriyalik

ancha kamayadi va elektr taminlovchi tarmoq quvvat isrofi ham kichiklashadi. Hududiy elektr tarmog'i RES uchun uch fazali kuch transformator talab qilinadi. Zaxira transformatorini ulash uchun esa murakkab kommutatsiya zanjiri va qo'shimcha uskunalar talab qilinadi.

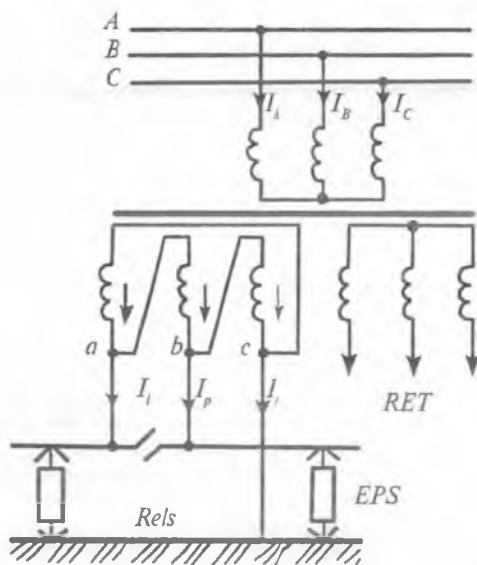


21-rasm. Transformatorlarning ochiq uchburchak sxemasida ulanishi:

- 1 - simlari; 2 - neytral qo'yima-vstavka; 3 - elektr ta'minlovchi simlar; 4 - qaytuvchi-so'ruvchi sim.

Transformatorning asosiy ikkilamchi chulg'amlari uchburchak shaklida ulanib, uchburchakning ikki uchidan kuchlanish beriladi (22-rasm). Kuch transformatorini ulanish sxemasi 22-rasmda keltirilgan. Transformator 6,6 kV, 11 kV va 38,5 kV kuchlanishli ikkilamchi chulg'amlari elektr tarmog'i uchun foydalaniladi.

ГОСТ bo'yicha podstantsiyalarda o'rnatiluvchi kuch transformatorlarining nominal quvvatlar qatori: 2,5, 4, 6,3, 10, 16, 25, 32, 40, 63, 80 100 MV·A va undan ortiq. O'zgaruvchan tokli elektr ta'minoti tarmog'idagi kuchlanish tebranishlarini kompensatsiyalash uchun yuklama ostida kuchlanishni roslash qurilmasi (RPN) (регулировка под напряжением) o'rnatiladi. Rostlash jarayoni transformatorning yuqori kuchlanishli (VN) tomonida zanjirni uzmay bir vaqtning o'zida uchala birlamchi chulg'amning o'ramlar sonini o'zgaritish hisobiga bajariladi. Birlamchi kuchlanishi 110 kV bo'lgan transformatorlarda  $\pm 9 \times 1,78\%$  oralig'ida va 220 kV transformatorlarda  $\pm 12 \times 1,00\%$  oralig'ida roslash ta'minlanadi.



22-rasm. Kuch transformatorining ulash sxemasi:  
RET — hududiy elektr tarmogʻi.

Transformatorning oʻrtacha kuchlanish chulgʻami ham kuchlanishni 2x5% oraligʻida rostlash uchun moʻljallangan kirmaga ega. Rostlash jarayoni yuklama toki oʻchirilgan holatda qoʻzgʻatishsiz qayta ulagich (ПБВ) (переключатель без возбуждения) qurilmasi yordamida ijro etiladi. 27,5 kV kuchlanishli chulgʻam rostlanishsiz bajariladi.

Oʻzgaruvchan tok bir fazali yuklamasining amplitudasi va fazasi vaqt boʻylab keskin oʻzgarib turadi. Podstansiyaning fider zonasining yuklamasi bir-biridan katta farq qilishi mumkin. Podstansiyaning oʻzgaruvchan tokli transformatori notekis va nosimmetrik yuklamasi bilan tavsiflanadi. Moslanish shartiga binoan uch sterjenli magnit tizimiga ega transformator uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$I_{Aw} = I_{Bw} + I_{Cw} = 0. \quad (2.1)$$

Bunda  $I_A, I_B, I_C$  — uchburchak shaklida ulangan ikkilamchi chulgʻam fazaviy toklari,  $w$  — faza chulgʻamlarining oʻramlar soni.

23-rasmidagi sxemada tasvirlangan kuch transformatori ikkilamchi chulgʻamlarining uchburchak shaklida ulanishidan hosil boʻlgan

$a$  va  $b$  tugunlari uchun Kirxgof qonuniga binoan quyidagi tengliklarni yozish mumkin:

$$I_A = I_B + I_l = 0. \quad (2.2)$$

$$I_B = I_C + I_n = 0. \quad (2.3)$$

Bu tenglamalarni birga yechib, quyidagilarni topamiz:

$$I_A = \frac{2}{3} I_l + \frac{1}{3} I_n; \quad (2.4)$$

$$I_B = -\frac{1}{3} I_l + \frac{1}{3} I_n; \quad (2.5)$$

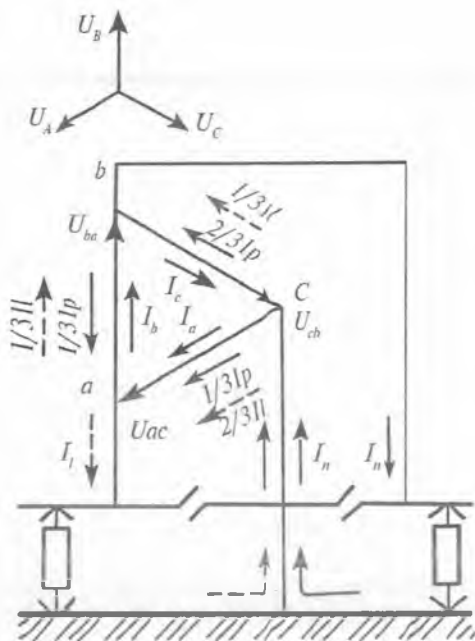
$$I_C = -\frac{1}{3} I_l - \frac{2}{3} I_n. \quad (2.6)$$

23-rasmda kuch transformatorining ikkilamchi chulgʻamlaridagi toklarning fazalar boʻyicha taqsimoti, yoʻnalishi va qiymatlari keltirilgan.

Fazalar boʻyicha yuklamaning nosimmetriyasi transformator oʻzagidagi induksiyaning notekis taqsimotiga olib keladi. Bu undagi kuchlanishning qoʻshimcha yoʻqotilishiga sababi boʻlib, rayon isteʼmolchilari energiya oladigan chulgʻamlarda kuchlanish shaklining buzilishini keltirib chiqaradi.

Transformator fazalaridagi toklar nosimmetriyasi kuchlanish shaklining buzilishini va taʼminlovchi elektr tizimining nosimmetrik ishlashini keltirib chiqaradi. Bu esa energiya tizimida quvvat va energiyaning qoʻshimcha isrofiga sabab boʻladi. Fazalar boʻyicha yuklamaning taqsimotini tenglashtirish, yaʼni elektr tizimida kuchlanish nosimmetriyasini kamaytirishning asosiy usuli boʻlib, taʼminlovchi elektr uzatkichga ulanishda podstansiya transformatorlari fazalarning almashib turishidir (24-rasm). Bunday ulanish eng katta yuklamali (qora nuqta bilan belgilangan) fazalarni boshqa fazalar orasida teng taqsimlash imkonini beradi.

Sanoatda elektr taʼminlovchi chulgʻam kuchlanishi 110 kV va 220 kV boʻlgan transformatorlar ishlab chiqariladi. Transformatorning chulgʻamida yuklama ostida kuchlanishni  $\pm 6,67\% U_{nom}$



23-rasm. Kuch transformatorining ikkilamchi chulgʻamlaridagi toklarning fazalar boʻyicha taqsimoti, yoʻnalishi va qiymatlari.

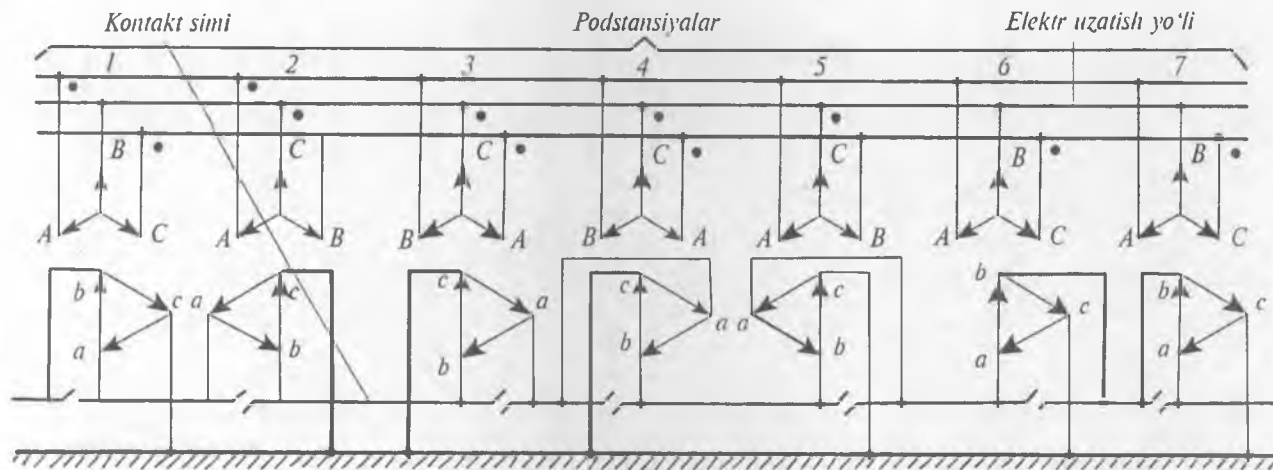
oraligʻida pogʻonali roslash (RPN) imkoni koʻzda tutilgan. 25-rasmda pogʻonali RPN roslash imkonli kuch transformatorining tarmogʻiga ulanishi keltirilgan.

Kuchlanishni roslash jarayoni tokni chegaralovchi rezistorli qayta ulagich RNTA-35/320 A bilan olib boriladi. Kuchlanishni pasaytirish uchun podstansiyalar orasiga AT avtotransformator oʻrnatiladi.

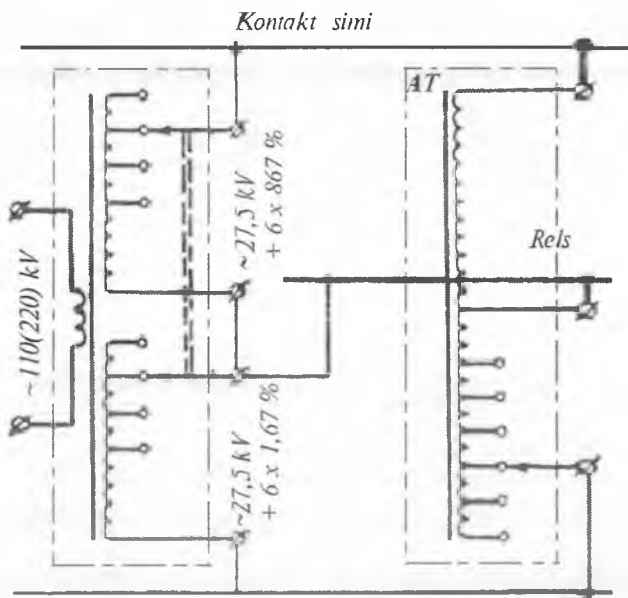
Kuchlanishi 110/10 kV butlangan-komplekt transformator podstansiyasi tashqi koʻrinishi 26-a rasmda va tepadan koʻrinishi esa 26-b rasmda keltirilgan.

26-rasmda butlangan-komplekt transformatorli podstansiya-sining umumiy koʻrinishi keltirilgan.

**Oʻzgaras tokli podstansiyalar.** Bunday podstansiya tarkibiga kuchlanishni toʻgʻrilagichlar, invertorlar hamda toʻgʻrilagich-invertor agregatlari bilan oʻzgartgich transformatorlar (PT) (преобра-



24-rasm. Fazalar bo'yicha yuklamaning taqsimotini tenglashtirish.



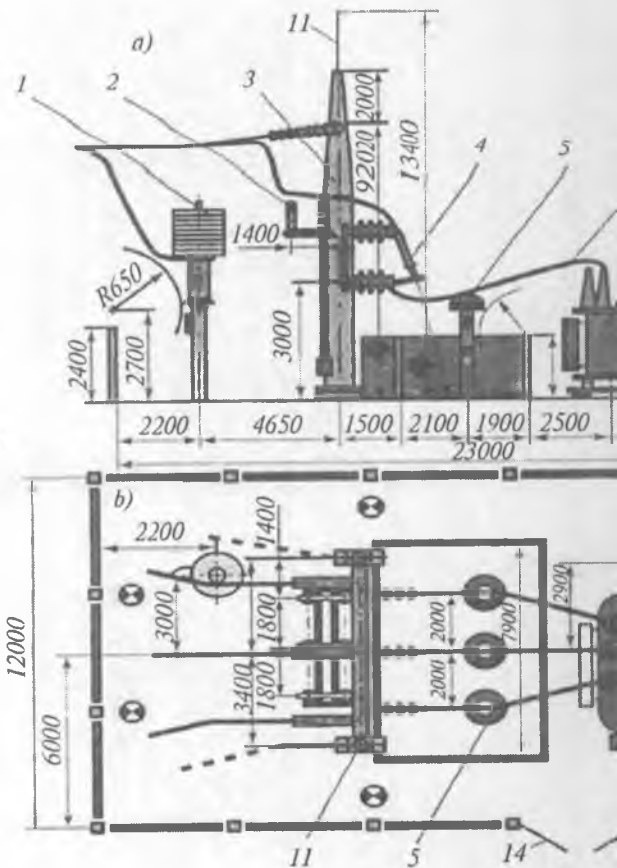
25-rasm. Pog'onali RPN rostdash imkonli kuch transformatorining tarmoqqa ulanishi.

зовательные трансформатори) ham kiradi. O'zgartgich transformator (PT)ning vazifasi to'g'rilagich (yoki inverter) sxemasining fazalari soni, kirish va chiqish kuchlanishlari miqdorini moslab o'zgartirishga mo'ljallangan. Shu transformator elektr ta'minoti zanjirini podstansiyanı ta'minlovchi tizımdan elektr jihatdan ajratadi.

O'zgartgich agregatlarning foydali ish koeffitsiyenti FIK va quvvat koeffitsiyenti  $\cos\phi$  shu transformatorga bog'liq bo'lib, unda energiya isrofi barcha energiya isrofining 30÷50% ni va o'zgartgich agregat energiyasining 2÷6% ni tashkil qiladi. To'g'rilagichlar va o'zgartgich (PT) transformatorlarda quvvatning yo'qotuvining eng kichik bo'lishi talab qilinadi.

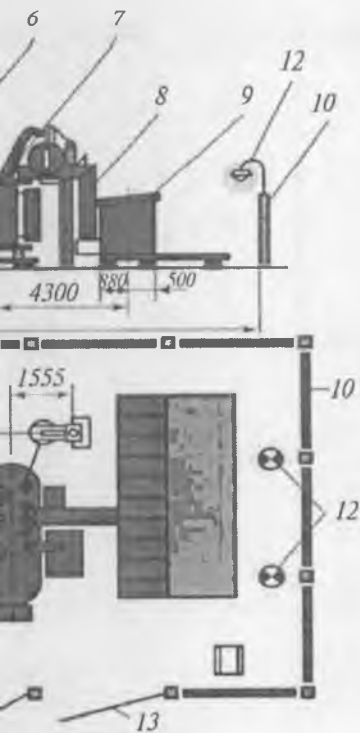
O'zgarimas tokli podstansiyalarda to'g'rilagichning uch fazali ko'prik sxemasi va rostlovchi reaktorli ikki teskari yulduz sxemalari keng tarqalgan. Ikkala sxema uchun ham to'g'rilangan kuchlanish sakrashlarining qaytarilishi va tok egri chizig'i garmonik tarkibining





**26-rasm. 110/10 kV butlangan transformatorli podstansiya**

[13]: a – yon ko‘rinishi va  
b – tepadan ko‘rinishi  
tasvirlangan.



- 1 – yuqori chastotali aloqa jihozi; 2 – ajratkich;
- 3 – P shaklidagi yerlangan metall konstruksiyasi, ya'ni portal; 4 – quvursimon razryadnik, ya'ni o'ta kuchlanish sababli yerga elektr qisqa tutashuvi sodir bo'lganda quvuridan tashqariga qizigan gaz otib, elektrodleri orasidagi elektr yoyini o'chiruvchi saqlagich; 5 – razryadniklar;
- 6 – tok o'tkazuvchi shinalar;
- 7 – kuch transformatori; KRUN kirma izolatorlari;
- 8 – shina; 9 – kuchlanishi 10 kV bo'lgan KRUN (комплект распределительного устройства, наружная);
- 10 – muhofazalovchi to'siq;
- 11 – balandligi 13,4 metrli ikkita tayoqchasimon yashin qaytargich, portal tepasiga o'rnatilgan; 12 – yoritgichlar;
- 13 – eshik; 14 – darvoza.

o'xshashligi mavjud. Uch fazali ko'prik sxemasida o'zgartgich transformator quvvati  $S_t = 1,045 P_d$  rostlovchi reaktorli ikki teskari yulduz sxemasidagi  $S_t = 1,045 P_d$  quvvatdan kichikroqdir.  $P_d$  — to'g'rilagichdan chiquvchi quvvat. Yarimo'tkazgichli ventillarda kuchlanish tushishi kichkina bo'lib, shuning uchun ham uch fazali ko'prik sxemasi yuqori texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarga ega va transformatoridan kamroq quvvat talab qiladi.

Podstansiyalarda o'zgartgich agregatlarning ishlash sharoiti o'ziga xosdir: yuklama toki tebranishining kattaligi; yerga qisqa tutashtuvlarning tez-tez sodir bo'lishi; faza ventillarning elektr teshilishining mavjudligi; invertorlarning teskarilanishi; atmosfera va kommutatsiyaga o'ta kuchlanishlar ta'siri.

Sanoatda quyidagi o'zgartgich transformatorlar ishlab chiqariladi: rostlovchi reaktorli ikki teskari yulduz sxemali to'g'rilagich uchun: TIRU-16000/10-1, TMPU-16000/10JU1, TMPU-6300/35, TMPU-6300/35JU1. Uch fazali ko'prik sxemasi uchun: TDP-12500/10IU1, TDP-12500/10JU1, TMP-6300/35IU1.

## 2.2. Transformatorlar

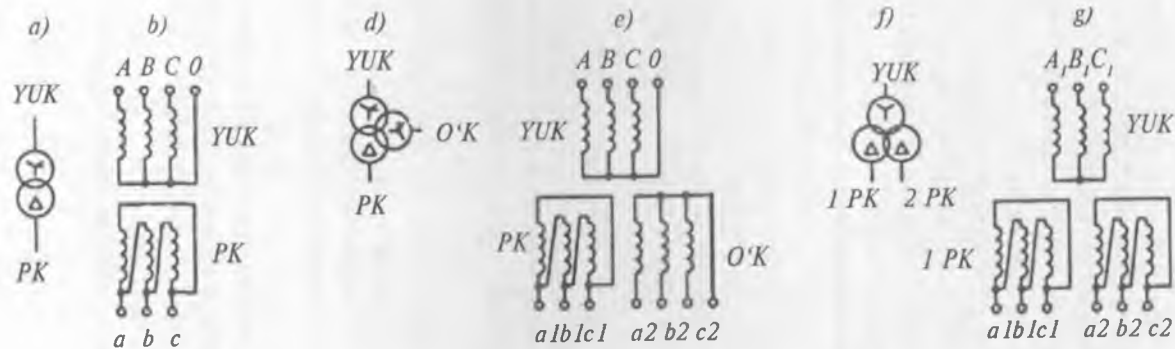
**Transformator** deb elektr energiyani birlamchi tok yoki kuchlanishni bir qiymatdan ikkilamchi tok yoki kuchlanishga o'zgartirib beruvchi elektromagnit statik apparatga aytiladi.

Transformatorlar bir fazali yoki uch fazali bo'ladi. Elektr stansiyalarida, odatda, uch fazali transformatorlardan keng foydalaniladi, chunki bitta uch fazali transformatoridagi isroflar uchta bir fazali transformatorlardagiga qaraganda 12÷15%, narxi 20÷25% kamroq bo'ladi.

Transformatorlarning maksimal quvvati ularning og'irligi va o'lchamlari, transportirovka qilish shartlari bilan chegaralanadi.

Transformatorlar ikki va uch chulg'amli bo'ladi. Bundan tashqari, pastki kuchlanish chulg'ami ikki va undan ortiq bir-biridan izolatsiyalangan parallel tarmoqlardan iborat bo'lishi ham mumkin.

Bunday transformatorlar *parchalangan chulg'amli transformatorlar* deb aytiladi. Past kuchlanish chulg'ami parchalangan transformatorlar bir necha generatorlarni bitta kuchaytiruvchi



27-rasm. Transformator chulg'amlarining ulanishi:

a – va b – ikki chulg'amli; d – va e – uch chulg'amli; f – va g – parchalangan past kuchlanish chulg'amli;  
 YUK – yuqori kuchlanishli; O'K – o'rta kuchlanishli va PK – past kuchlanishli chulg'amlar.

transformatorga ulash imkonini beradi. 27-rasmda transformator chulg'amlarining ulanishi berilgan [4].

Transformatorlarning asosiy parametrlariga nominal quvvat, kuchlanish, tok, qisqa tutashuv kuchlanishi, salt ishlash toki, salt ishlash va qisqa tutashuv isroflari kiradi.

*Transformatorning nominal quvvati* deb uning pasportida ko'rsatilgan, nominal chastota va kuchlanishdagi, o'rnatilgan joyi hamda sovitish muhiti nominal sharoitlarda bo'lgan holda uzluksuz yuklash mumkin bo'lgan to'la quvvatning qiymatiga aytiladi.

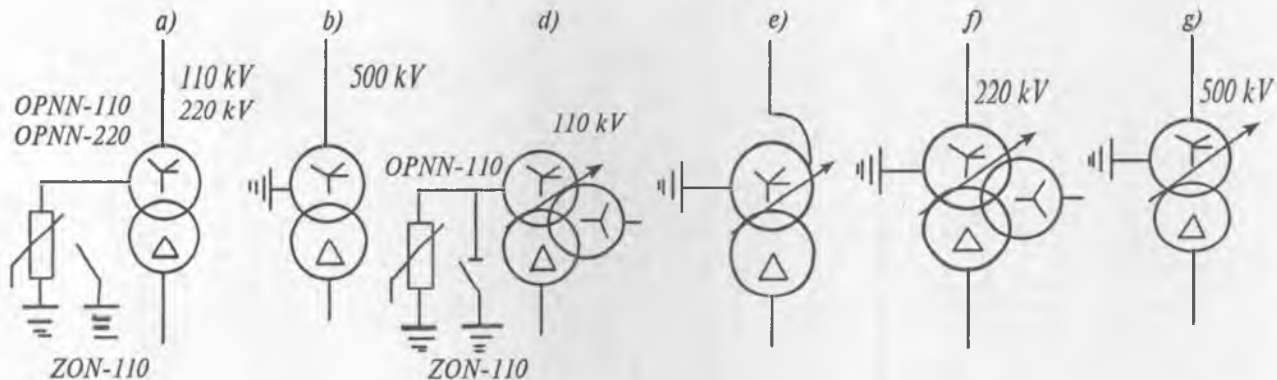
Zamonaviy katta elektr stansiyalarida 2 ta yuqori kuchlanish aloqasi uchun avtotransformatorlardan ham foydalaniladi. Avtotransformatorning narxi, aktiv materiallar sarfi, energiya isroflari oddiy transformatorga qaraganda kamroq bo'ladi va gabaritlarining kichikligi hisobiga chegaraviy quvvatlari ham kattaroq bo'ladi. Transformatorlarda kuchlanishning o'zgartirish darajasini xarakterlovchi transformatsiyalash koeffitsiyenti degan kattalik bo'lib, u kuchlanishni necha baravarga o'zgartirilganini ko'rsatadi va quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{tr} = \frac{U_{nom.yuk}}{U_{nom.pk}} \quad (2.7)$$

28-rasmda transformator va avtotransformatorlar neytralini yerlash usullari keltirilgan [4].

**Transformatorlarning sonini tanlash.** Transformatorlar soni ishonchlikka talablar bo'yicha aniqlanadi. Shu nuqtayi nazardan podstansiyada kamida 2 ta transformator o'rnatish birinchi toifali iste'molchilar elektr ta'minotida uzluksizlikni ta'minlaydi.

Agar pasaytiruvchi podstansiyada 2 ta transformator bo'lsa, ular bir-birini o'zaro rezervlashi orqali uzluksiz elektr ta'minotini ta'minlaydi. Bitta transformatorli podstansiyadagi uzilishlar katta miqdorda zarar keltiradi. Hisoblar va loyihalash tajribasi ko'rsatadiki, pasaytiruvchi podstansiyada 2 ta transformator o'rnatish maqsadga muvofiqdir. Bunda yuqori kuchlanish tomonida uzgichsiz soddalash-tirilgan sxema qo'llash tavsiya etiladi. Pasaytiruvchi podstansiyaning loyihalashda quyidagilarni hisobga olish lozim: birinchi toifaga kiruvchi elektr iste'molchilar uchun 2 ta mustaqil elektroenergiya manbayi kerak. Ba'zan alohida mustaqil manbalarga ulangan 2 ta



**28-rasm. Transformator va avtotransformatorlar neytralini yerlash usullari:**

- a – 110÷220 kV kuchlanishli RPN roslagichi yo‘q transformator;
  - b – 500 kV RPN roslagichi yo‘q transformator; d – 110 kV RPN roslagichli transformator;
  - e – barcha kuchlanishli avtotransformator; f – 150÷220 kV RPN roslagich transformator;
  - g – 330÷500 kV RPN roslagichli transformator;
- OPNN – tashqi qo‘llashga mo‘ljallangan o‘ta kuchlanishni chegaralagich;  
 ZON – tashqi qo‘llashga mo‘ljallangan bir fazali yerlagich.

bir transformatorli podstansiyalar qo'llaniladi va o'zaro rezervlash uchun 6÷10 kV li kabellardan foydalaniladi. Birinchi toifali iste'molchilar umumiy yuklamaning 15÷20% ini tashkil etganda bunday sxema qo'llaniladi. Ikkinchi toifaga kiruvchi iste'molchilar uchun rezerv manba avtomatik ravishda yoki xodimlar qo'l bilan kiritiladi.

Bu iste'molchilar uchun 2 ta transformatorli podstansiya kerak yoki bir nechta podstansiyalarga omborda, albatta, rezerv transformator bo'lishi shart. Shikastlangan transformatorni bir necha soat ichida almashtirish amalga oshiriladi. Bu vaqt davomida ishlayotgan transformatorning yo'l qo'yiladigan o'ta yuklanishini hisobga olgan holda elektr energiya iste'moli biroz cheklanishi mumkin.

Uchinchi toifaga kiruvchi iste'molchilar bir transformatorli podstansiyadan ta'minlanadi va omborda rezerv transformator bo'lishi kerak.

Podstansiyadagi transformatorlar soni yuklamalar grafigiga ham bog'liq. Agar grafikning to'ldirish koeffitsiyenti  $K_{gt}$  kichik bo'lsa, podstansiyada 2 ta transformator o'rnatilib,  $S(t)$  ning  $S_A$  quvvatidan kichik qiymatlarida 1 ta transformator ishlatiladi;  $S(t) > S_A$  qiymatlarida 2 ta transformator ishlatiladi. Bunda podstansiyaning yuqori kuchlanish tomonida operativ ulash-o'chirish uchun uzgichlar o'rnatiladi.  $S_A$  quvvatida 1 ta va 2 ta transformatorlar ishlagandagi quvvat yo'qotishlari o'zaro teng bo'ladi.  $S_A$  quyidagi formuladan topiladi:

$$S_A = S_{t,n} = \frac{\sqrt{2\Delta P_{s,yu}}}{\Delta P_k} \quad (2.8)$$

**Kuch transformatorlar quvvatini tanlash.** Transformator quvvati ularning iqtisodiy afzal ish tartibini va 1 ta transformator o'chib qolganda o'zaro rezervlash imkoniyatini hisobga olgan holda tanlanadi. Bunda transformatorning normal ish rejimidagi qizish natijasida uning ishlash muddatini qisqartirmasligi kerak.

Podstansiyada 2 ta transformator o'rnatish energiya ta'minot tizimining ishonchligini avariya dan keyingi tartiblarda to'la yoki biroz cheklashlar bilan ta'minlaydi. Kerakli quvvat transformatorining nominal quvvati va yo'l qo'yiladigan o'ta yuklamalardan foyda-

lanib ta'minlanadi. *Transformatorning nominal quvvati* deb normal muhit sharoitida butun xizmat davrida (o'rtacha 20 yil) yuklash mumkin bo'lgan quvvatga aytiladi. Normal muhit sharoiti quyidagicha: muhit harorati 20°C teng; transformator bakidagi moyning harorat muhit haroratidan  $M$  va  $D$  sovitish sistemalari uchun 44°C gacha,  $DS$  va  $S$  uchun 36°C gacha ortiq bo'lishi mumkin (6-jadval); chulg'amning eng qizigan nuqtasidagi harorat chulg'amning o'rtacha haroratidan 130°C ortiq bo'lishi; qisqa tutashuv va salt quvvat isroflarining o'zaro nisbati 5 ga teng bo'lishi.

Bundan tashqari, transformator haroratining nominal yuklanishidagi o'rtacha qiymati 85°C dan har 6°C ga oshganda yoki kamayganida izolatsiyaning xizmat muddati 2 barobar kamayishi yoki ortishini hisobga olinadi.

Sutka ichidagi o'tish jarayonlari natijasida moyning yuqori qatlamlarining harorati 95°C dan va chulg'am metallining eng yuqori harorati 140°C dan oshmasligi kerak.

Bu shart 20°C ga teng bo'lgan muhitning ekvivalent haroratida bajariladi. Bu harorat pasayganda transformator yuklamasi qiymatini nazorat-o'lchov asboblari bilan tekshirib turib, uni nominaldan 150 % dan ortishiga yo'l qo'ymaslik kerak.

Kuch transformatorlarini shartli belgilash quyidagini bildiradi: harflar bilan fazalar soni, sovitish turi, chulg'amlar soni yoki nechta tarmoq kuchlanishlariga mo'ljallanganli; nominal quvvati va kuchlanish sinfini belgilash; ishlab chiqarilgan yilini belgilash ko'zda tutilgan.

Harfli belgilashlar tartibi va ma'nosi quyidagicha: 0 – bir fazali transformatorlar uchun,  $T$  – uch fazali uchun; sovitish turi (4-jadval bo'yicha); chulg'amlar soni:  $T$  – 3 chulg'amli transformator uchun;  $N$  – RPN kuchlanishning yuklamani uzmasdan rostlovchi qurilmasi bor;  $R$  – PK chulg'ami 2 qismga bo'lingan.

4-jadval

Moyli transformatorning avariya holidayi  
o'ta yuklanishlari

$K_{o'yu}$ , %	200	100	78	63	60	58	47	45	42	25
$t_{o'yu}$ , min	1,5	10	20	30	40	50	60	70	80	120



Harflar fazalar sonidan keyin yoziladi; masalan, TRDN – nominal quvvat kasr suratida va kuchlanish klassi maxrajida keltiriladi. Quvvat transformatori TRDN – 40000/110 belgisining ma’nosi quyidagicha: 3 fazali, PK chulg’ami 2 ga bo’lingan, sovitish sistemasida havoning majburiy aylanishi va moyning tabiiy aylanishi ko’zda tutilgan, yuqori kuchlanish chulg’amida kuchlanishning yuklamani uzmasdan rostlovchi qurilma (RPN) bor, nominal quvvati 40000 kVA, yuqori kuchlanish chulg’ami klassi 110 kV.

Transformator quvvatini tanlashda uning o’ta yuklanish qobiliyati hisobga olinsa, transformatorning nominal quvvati kamayishi mumkin. Avariya dan keyingi o’ta yuklanishni ko’rib chiqamiz. Moyli transformatorlar uchun 4-jadval va quruq transformatorlar uchun 5-jadvallar bo’yicha o’ta yuklanish qiymati  $K_{o'yu}$  ni va vaqti  $t_{o'yu}$  ni aniqlash mumkin.

5-jadval

**Quruq transformatorning avariya holidayi  
o’ta yuklanishlari**

$K_{o'yu}$ , %	70	65	60	56	52	49	45	40	36	28	20
$t_{o'yu}$ , min	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60

Transformatorning normal rejimda yuklash koeffitsiyenti 93% ortiq bo’lmasa, uni avariya da 5 sutka davomida 6 soatdan 40% ga o’ta yuklash mumkin. Bu hollarda sovitish tizimi kuchaytirilishi lozim.

**Transformatorlarda o’ta yuklanish.** O’tayuklanish qobiliyati yukla-malar grafigiga bog’liq bo’lib, u quyidagi grafikning to’ldirish koeffitsiyent bilan xarakterlanadi:

$$K_{gt} = \frac{S_{shr}}{S_m} \quad (2.9)$$

Yozda yuklamalar pasayishi hisobiga qishda transformator qo’shimcha o’tayuklanishi mumkin. Uning qiymati  $S_{qo'yu}$  yozgi yuklamaning pasayishi foizi bo’yicha aniqlanadi, ammo  $S_{qo'yu}$  qiymati nominal yuklanishning 15% dan oshmasligi kerak. Umumiy o’tayuklanish 30% dan ortmasligi shart. Kuch transformatorlarining quvvati quyidagi shartlar bo’yicha tanlanadi:

– qizish bo'yicha:

$$\Sigma S_{in} \geq S_x; \quad (2.10)$$

– yuklanish koeffitsiyenti bo'yicha: birinchi toifali elektr iste'molchilari uchun:

$$K_{yu} = \frac{S_x}{\Sigma S_{in}} \leq 0,7; \quad (2.11)$$

II va III toifalarga kiruvchi elektr iste'molchilari uchun:

$$K_{yu} = 0,8 \div 0,85. \quad (2.12)$$

Bu bog'lanishlarda keltirilgan:  $\Sigma S_{in}$  – podstansiyadagi transformatorlarning nominal quvvatlari yig'indisi;  $S_{in}$  – bitta transformatorning nominal quvvatidir.

Transformatorlarning nominal quvvatlari quyidagi qatordan olinadi: 2,5; 4; 6; 3; 10; 16; 25; 40; 63; 80 MVA. Bu quvvatlar bosh podstansiya transformatorlari uchun ishlatiladi. Qatordagi quvvatlar bir-biridan 1,6 marta farq qiladi. Yo'l qo'yiladigan o'ta yuklanish hisobiga nominal quvvatlarini 1,3 marta oshirish mumkin: 2500 (3250) kV·A; 4000 (5200) kV·A; 6300 (8190) kV·A; 10000 (13000) kV·A; 16000 (20800) kV·A; 25000 (32500) kV·A; 40000 (52000) kV·A; 63000 (81900) kV·A; 80000 (104000) kV·A.

Yuqorida keltirilgan transformatorlarning nominal quvvatlari qatorda 18 ta quvvat kuch transformatorlarining quvvati tanlash shartlar bo'yicha podstansiya transformatorlarining soni va quvvatini bir necha variantlarda tanlash imkoniyatlarini beradi.

**Transformatorlar tanlashda texnik-iqtisodiy hisoblar.** Transformatorlar quvvati qatori texnik talablarga javob beruvchi transformatorlar soni va quvvatining bir necha variantini tanlash imkoniyatini beradi. Texnik iqtisodiy hisoblar yordamida shu variantlar ichidan iqtisodiy ko'rsatkichlari eng yuqorisini tanlash mumkin. Buni yillik keltirilgan sarflar uslubi bilan yechiladi. Bu uslubda kapital qo'yilmalar va ekspluatatsion sarflar aniqlanadi. Kapital qo'yilmalar sifatida kuch transformatorlarning qiymati olinishi mumkin. Chunki, ko'pincha podstansiyaning yuqori kuchlanish VN yoki YUK va past kuchlanish NN yoki PK tomonlarida o'rnatiladigan elektr jihozlarning qiymati ikkala variantda deyarli

bir xil bo'ladi. Asosan, quvvatlar qatoridagi qo'shni bo'lgan 2 ta variant ko'rib chiqiladi: 2,5 MV·A va 4 MV·A li variant; 4 MV·A va 6,3 MV·A li variantlar; 6,3 MV·A va 10 MV·A li variantlar va b. Ammo, 16 MV·A va 25 MV·A li variantlar solishtirilganda past kuchlanish NN tomonidagi tarqatish qurilmalari RU bir-biridan farq qiladi. Sababi shuki 16 MV·A quvvatli transformator 1 ta past kuchlanish NN chulg'amiga, 25 MV·A li transformator esa 2 ta past kuchlanish NN chulg'amiga ega.

Ekspluatatsion sarflarni aniqlash ancha murakkab hisoblanadi. Bu sarflar amortizatsiya ajratmalari  $S_{ai}$  va elektr energiya yo'qotishlari  $S_{pi}$  yig'indisidan iborat:

$$S_i = S_{ai} + C_{pi} \quad (2.13)$$

Elektr energiya yo'qotishlarini hisoblash jarayonida transformatorlarning o'zidagi aktiv quvvat yo'qotishlari  $\Delta R_i$  bilan birga transformator tomonidan iste'mol qilinuvchi reaktiv quvvatni generatordan transformatorgacha elektr uzatkichi elementlarida reaktiv quvvatni uzatishdan hosil bo'lgan qo'shimcha aktiv quvvat yo'qotishlarini ham hisobga olish kerak.

Bu quvvatlar yo'qotishlari *keltirilgan yo'qotishlar* deb ataladi va quyidagi formuladan topiladi:

$$\Delta R_{su} = \Delta R_{su} + K^2_{yul} R_{q,t} \quad (2.14)$$

bu formulada:

$$\Delta R_{q,t} = R_{q,t} + K_{ip} \cdot Q_{syu} \quad (2.15)$$

bunda  $\Delta Q_{su}$  – transformatoridagi keltirilgan salt ulanishdagi yo'qotishlar bo'lib, ular transformatorning o'zidagi salt ulanishdagi aktiv quvvat yo'qotishlari va transformatorning reaktiv quvvat iste'mol qilishi natijasida elektr ta'minot tizimi ETT ning barcha elementlarida hosil bo'luvchi yo'qotishlar yig'indisidan iborat:  $\Delta R_{q,t}$  – qisqa tutashuvdagi keltirilgan yo'qotishlar;  $\Delta R_{su}$  – salt ulanishdagi aktiv yo'qotishlar;  $\Delta R_{q,t}$  – qisqa tutashuv aktiv yo'qotishlari;  $K_{ip} = 0,007$  kVt/kVAR yo'qotishlar o'zgarishi koeffitsiyenti;  $K_{yu} = S_x/S_{tn}$  – transformatorning yuklanish koeffitsiyenti;  $\Delta Q_{q,t}$  – qisqa tutashuv reaktiv quvvati  $\Delta Q_k = S_{tn} \cdot U_k/100$ ;  $\Delta Q_{syu} = S_{tn} \cdot I_{syu}/100$  – transformator salt ulanishda iste'mol qiladigan reaktiv quvvat;  $I_{su}$  –

transformatorning salt ulanish toki, %;  $U_{qt}$  – transformatorning qisqa tutashuv kuchlanishi, %.

Elektr energiya yo‘qotishlar qiymati:

$$S_{yi} = (\Delta P_{syui} \cdot T_{yil} + K_{yui}^2 \Delta P_{qi} \cdot \tau) \cdot S_0. \quad (2.16)$$

Transformatorning soni va quvvatining 2 ta varianti ko‘rib chiqilganda qoplash muddati  $T_{qm}$  aniqlanadi:

$$T_{qm} = \frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1}. \quad (2.17)$$

Agar  $T_{qm} \leq 8$  yil bo‘lsa, kapital sarflari uchun katta variant qabul qilinadi. Agar  $T_{qm} > 8$  yil bo‘lsa, kapital qo‘yilmalari kichik bo‘lgan variant uzil-kesil qabul qilinadi.

**Transformatorlarning kuchlanishini rostdash.** Iste‘molchilarni normal ishlashlari uchun podstansiyalar shinasidagi kuchlanishni berilgan darajada bir xil ushlab turish zarur. Elektr tarmoqlarida kuchlanishni rostdash usullaridan biri transformatorlarning transformatsiyalash koeffitsiyentlarini o‘zgartirish orqali rostdash hisoblanadi. Ma‘lumki, transformatsiyalash koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{Tr} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \rightarrow U_2 = U_1 \cdot W_2 / W_1. \quad (2.18)$$

Chulg‘amlar sonini o‘zgartirish orqali transformator chiqishlaridagi kuchlanishni o‘zgartirish mumkin ekan.

Transformator chulg‘amlari qo‘shimcha shoxobchalar bilan ta‘minlangan bo‘lib, ularning yordamida chulg‘amlarning sonini o‘zgartirish orqali transformatsiya koeffitsiyenti o‘zgartiriladi.

Transformatorlarning kuchlanishini rostdash ikki xil usulda amalga oshirilishi mumkin:

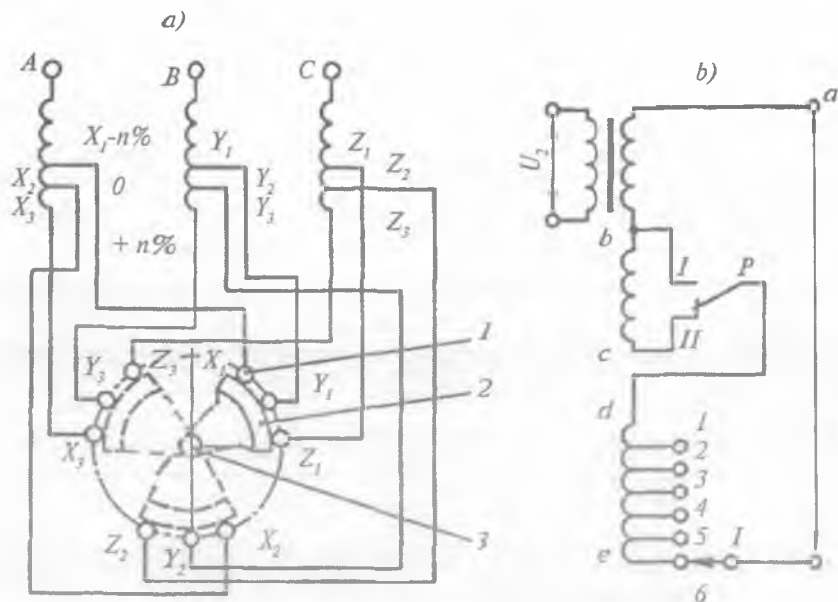
1) uch fazali qayta ulagich bilan qo‘zg‘atishsiz qayta ulash (PBV – регулированные напряжения с трехфазным переключателем) 29-*a* rasm;

2) yuklama ostida rostdash (RPN – регулированные под напряжением) 29-*b* rasm.

Birinchi usul bilan transformatorlarning kuchlanishi yilning ma‘lum bir paytidagina (odatda, bir yilda ikki marta) mavsumiy

rostlanadi. Bunda transformator tarmoqdan uzilib, kuchlanish  $\pm 2,5-5\%$  chegaralarda, katta  $-n$  pog'onalarda rostlanadi. Shuning uchun bu rostlash usuli qo'pol rostlash ham deb aytiladi.

Ikkinchi usul bilan kuchlanish transformatorini tarmoqdan uzmaganda maxsus qayta ulagichlar yordamida  $\pm 10 \pm 16\%$  chegaralarida rostlanadi. Bunda kuchlanish kichik  $n = 0,15\%$  pog'onalarda rostlanadi.



29-rasm. Transformatorlar kuchlanishini rostlash:

a — birinchi usul, uch fazali qayta ulagich bilan — PBV:

I — turg'un kontaktlar; 2 — harakatchan kontakt segmentli;

3 — o'q; b — ikkinchi usul, yuklama ostida RPN: P — qayta ulagich;

I — tanlagich; I — eng kichik kuchlanish; II — eng katta kuchlanish.

Shuning uchun bu rostlash usuli tekis rostlash deb ham aytiladi. Bu usulda kuchlanish rostlanganda elektr yoyi hosil bo'lganligi uchun ularda maxsus yoy so'ndiruvchi kameralar qo'llaniladi va qayta ulash qurilmasi transformatorning yuqori kuchlanish tarafiga bajariladi, chunki bu yerda tokning qiymati past kuchlanish tarafiga qaraganda kichikroq bo'ladi.

### **Transformator chulg'amlarining ulanish sxemalari va guruhlar.**

Transformator chulg'amlari quyidagi ulanish sxemalariga ega: yulduz — Y; neytrali chiqarilgan yulduz — Y; uchburchak —  $\Delta$ .

Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar EYUKlarning fazalari farqi shartli ravishda ulanish guruhlar bilan ifodalanadi. 3 fazali transformatorlarda har xil ulanish usullarini qo'llagan holda 12 ta ulanish guruhini hosil qilish mumkin. Chulg'amlar yulduz-yulduz sxemasi bilan ulanganda juft guruhlar (2, 4, 6, 8, 10, 12), yulduz-uchburchak sxemasi bilan ulanganda esa toq guruhlar (1, 3, 5, 7, 9, 11) hosil bo'ladi.

Ulanish guruhlar quyidagicha belgilanadi:

$$Y/\Delta -11; Y/Y/\Delta-0-11; Y/\Delta/\Delta-11.$$

Yuqori kuchlanish chulg'ami yulduz sxemasi bo'yicha ulanganda ichki izolatsiyani liniya kuchlanishidan  $\sqrt{3}$  marta kamroq kuchlanishga tayyorlashga imkon beradi. Past kuchlanish chulg'ami ko'pincha uchburchak sxemasi bo'yicha ulanadi. Bu narsa chulg'amlarni  $I/\sqrt{3}$  tokka hisoblab, ularning ko'ndalang kesim yuzasini kamroq olish imkonini beradi.

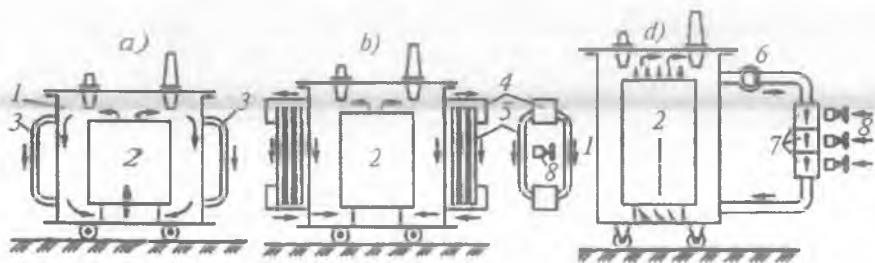
### **2.3. Kuch transformatorlari**

Kuch transformatorlari o'zgaruvchan tok elektr energiyani bir nominal kuchlanishdan ikkinchi nominal kuchlanishga aylantirib beruvchi elektr qurilmalardir (30, 31-rasmlar). Amalda uch fazali kuch transformatorlari keng tarqalgan, chunki ularda bir fazli uchta transformatorga nisbatan energiya isrofi 12-15% kichikroq va faol materiallar qo'llanishi 20-25% ga kamroq. Bitta transformatorning eng katta quvvatini oshirishga hech qanday to'siq bo'lmasa-da, uning og'irligi, tashqi o'lchamlari va tashib kelish muammolari bilan cheklanadi. Uch fazali quvvat transformatorlar 220 kV uchun 1000 MV·A gacha, 330 kV uchun 1250 MV·A va 500 kV uchun 1000 MV·A ga yasaladi. Agar kerakli quvvatga uch fazali transformatorni yasash yoki uni tashib kelish muammosi mavjud bo'lganda bir fazali quvvat transformatori yasaladi. Transformatorning yuqori kuchlash chulg'amini VN, o'rta kuchlanish

chulg'amini SN va past kuchlanish chulg'amini NN deb ifodalash qabul qilingan. Har fazadagi chulg'amlar soni jihatdan ikki yoki uch chulg'amli yasaladi. Ko'pincha transformatorning NN chulg'ami ikki va undan ko'p bir-biridan izolatsiyalangan o'ramlardan tuzilib, **bo'laklangan chulg'amlar** deb ataladi. Transformatorning asosiy ko'rsatkichlari: nominal quvvati, nominal kuchlanishi  $U_n$ ; nominal toki  $I_n$ ; qisqa tutashuv kuchlanishi  $U_{q.t}$ ; salt ishlash toki  $I_s$ ; salt ishlash quvvat isrofi  $P_s$  va qisqa tutashuv quvvat isrofi  $P_{q.t}$  lardir.

Transformatorning nominal quvvati, toki va kuchlanishi deganda nominal holatda zavod pasportida ko'rsatilgan miqdorlar tushuniladi. Qisqa tutashuv kuchlanishi  $U_{q.t}$  bu transformator bir chulg'amini qisqa tutashtirilib, undan nominal tok o'tkazilgan holda, ikkinchi chulg'amdagi kuchlanishdir. Salt ulash toki  $I_s$  o'zak po'latidagi faol va reaktiv isroflarni ifodalaydi. Salt ulash  $P_s$  va qisqa tutashuv quvvatining isrofi  $P_{q.t}$  transformator ishining iqtisod ko'rsatkichidir. Zamonaviy transformatorlarda quvvat isrofi juda kichik. Masalan, yil davomida to'xtovsiz ishlovchi 100 kV 250000 kV·A transformatorning quvvat isrofi 0,43% ni ( $P_s = 200$  kW va  $P_{q.t} = 790$  kW) tashkil etadi.

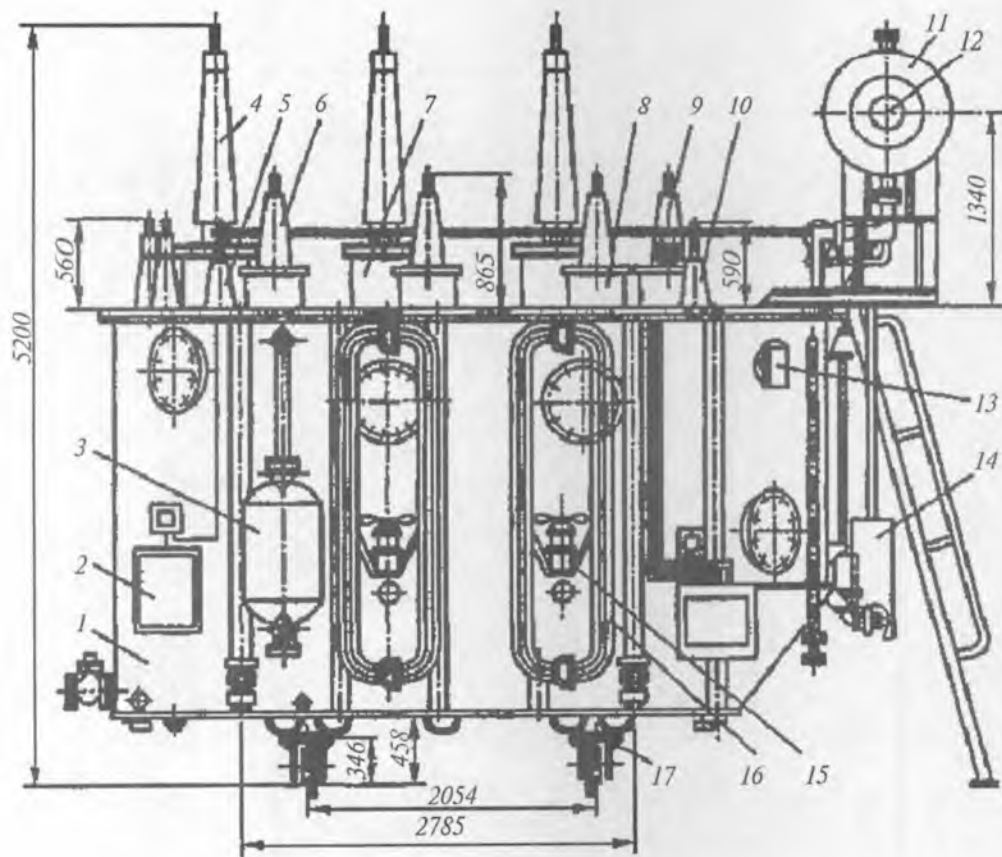
**Kuch transformatorlarini sovitish.** Transformator ishlab turganda elektr energiyaning yo'qotilishi sababli chulg'amlar va magnit o'zakda issiqlik ajralib chiqadi va ularni qizdiradi (32-rasm).



32-rasm. Kuch transformatorlarining sovitish tizimlari:

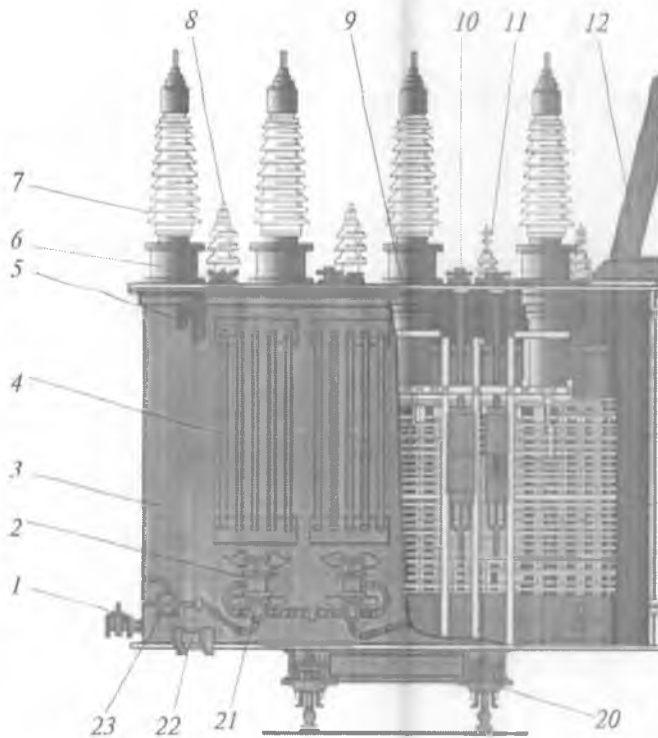
a — moy va havoning tabiiy aylanishi hisobiga ishlaydigan  $M$  tip sovitish tizimi; b — havoning majburiy va moyning tabiiy aylanishi bilan ishlaydigan  $D$  tip sovitish tizimi; d — havo va moyning majburiy aylanishi bilan ishlaydigan  $DS$  tip sovitish tizimi;

1 — bak; 2 — transformatorning chiqarib olinadigan qismi;  
3 — sovitiladigan yuza; 4 — kollektor; 5 — quvurchasimon radiatorlar;  
6 — elektr nasosi; 7 — sovutkich; 8 — ventilator.



- 30-rasm. ТДТН-16000/  
110-80U kuch  
transformatori: 1 – bak;  
2 – havo purkashning  
avtomatlashtirilgan  
boshqaruv shkafi;  
3 – termosifon moy filtri;  
4 – YUK kirma  
izolatorlari; 5 – PK kirma  
izolatorlari;  
6 – O‘K kirma  
izolatorlari;  
7 – 110 kV tok  
transformatori o‘rnatilishi;  
8 – izolator;  
9 – YUK nul kirma  
izolatori;  
10 – O‘K nul kirma  
izolatori;  
11 – moy kengayish baki;  
12 – strekkali moy sathini  
ko‘rsatkich;  
13 – bak ichida bosim  
ko‘tarilib ketishidan  
himoyalovchi klapan;  
14 – kuchlanishni  
rostlovchi elektr yuritma;  
15 – sovitish tizimining  
ventilatori;  
16 – radiatorlar;  
17 – g‘ildirakli aravacha.







**31-rasm. ТДТ-16000/110 kuch transformatori:**

- 1 – kran; 2 – ventilator;  
 3 – bak; 4 – sovitkich, radiator;  
 5 – ko‘tarish ilgagi; 6 – tok o‘lchov trasformatorlari o‘rnatilgan qopqoq; 7 – 110 kV kuchlanishli kirma izolator; 8–35 kV li kirma izolator;  
 9–10 kV kuchlanishli kirma izolatorning qog‘oz-bakelit silindri;  
 10 – PBV qurilmasining yuritmasi;  
 11 – kichik (10 kV) kuchlanishli NN kirma izolator;  
 12 – chiquvchi quvur;  
 13 – gazli himoya relyesi;  
 14 – kengaytirgich (расширитель); 15 – moy sathini ko‘rsatuvchi; 16 – havo quritgichi;  
 17 – yuqori kuchlanish VN chulg‘aming qayta ulakichi;  
 18 – yuqori (110 kV) kuchlanishli VN chulg‘ami;  
 19 – termosifonli filtr;  
 20 – aravacha; 21 – yuqori kuchlanishli VN chulg‘aming qayta ulagichi; 22 – domkrat o‘rnatiluvchi sirt; 23 – magistral quticha [13].

Transformator tashkiliy qismlarining eng yuqori qizishini izolatsiya cheklaydi. Kuch transformatorlarning tuzilishi yuqorida 30-rasmda va ularni sovitish tizimlari haqida ma'lumotlar 6-jadvalda keltirilgan.

6-jadval

**Kuch transformatorlarning sovitish tizimlari**

Belgi	Sovitish turlari	
<b>Moyli transformatorlar</b>		Quvvat kV·A
M	Moy va havoning tabiiy aylanishi	16000
D	Havoning majburiy va moyning tabiiy aylanishi	80000
MS	Havoning tabiiy va moyning majburiy aylanishi	
DS	Havo va moyning majburiy aylanishi	63000
MV	Suvning majburiy va moyning tabiiy aylanishi	
S	Suv va moyning majburiy aylanishi	160000
<b>Quruq transformatorlar</b>		Quvvat/kuchlanish kV·A/kV
S	Atmosfera havoli ochiq holatda	1600/15
SZ	Tabiiy havoli himoyalangan holatda	1600/15
SG	Tabiiy havoli germetik yopiq holatda	1600/15
SD	Havoni puflash holatida	1600/15
<b>Yonmaydigan suyuq dielektrikli transformatorlar</b>		
N	Yonmas dielektrik bilan tabiiy holatida	
ND	Yonmas dielektrikni puflash holatida	

Hozirgi vaqtda juda past haroratgacha sovitiladigan chulg'amli transformatorlarning yangi tuzilishlari ustida ish olib borilmoqda. Jumladan, elektr energiyani o'ta o'tkazuvchan materiallar va kriogen kabellar orqali uzatish ustida ilmiy-tatqiqot va tajriba-loyihalash ishlari keng ko'lamda olib borilmoqda.

Titan-neobiy va boshqa materiallar asosida yasalgan kriogen kabellari kelajak elektr energiyani ishlab chiqarish manbayi bo'li-

ish termoyadro reaktorlari hamda issiqlikdan elektr ishlab chiqarishga mo'ljallangan magnit gidrodinamik generatorlarning modellarida keng ishlatilmoqda.

## 2.4. Elektr yoyini so'ndirish

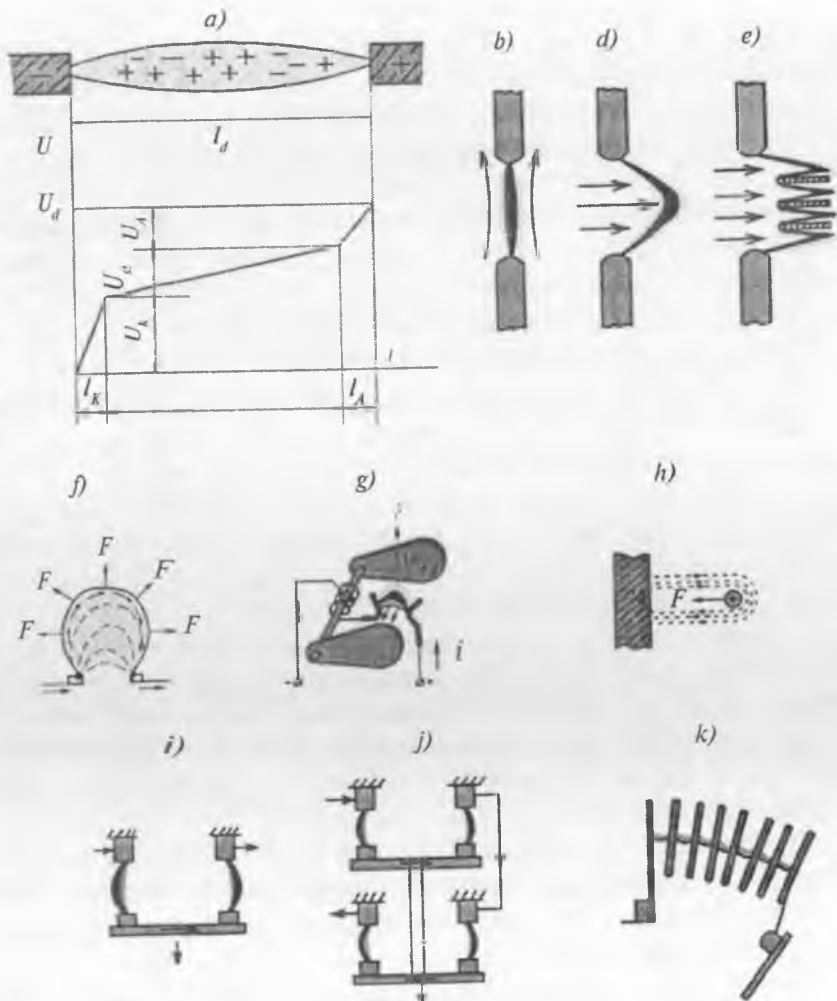
**Elektr yoyning hosil bo'lishi.** Katta kuchlanishli zanjirlar uzilganda kontaktlar orasida tok mavjud bo'lgan hollarda elektr yoyi hosil bo'ladi. Elektr yoyi yuqori haroratga va o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ionlashgan gazlar-plazmadan tashkil topgan bo'ladi. Kontaktlar ajralish momentida ular orasida potentsiallarning katta farqi hosil bo'ladi va katta kuchlanganlikka ega bo'lgan elektr maydoni hosil bo'ladi ( $N = U/L$ ).

Bu elektr maydon kontaktlararo bo'shliqdagi erkin elektronlarga ta'sir qilib, ularni kinetik energiya olib katoddan anodga qarab harakatlanishiga majbur qiladi. 33-rasmda elektr yoyning hosil bo'lish jarayoni va so'ndirish usullari keltirilgan [13].

Katod va anod orasidagi elektr yoyning ko'rinishi va yoy bo'ylab kuchlanish taqsimoti 33-a rasmda keltirilgan. Rasmda:  $l_d$  — yoy uzunligi;  $l_K$  — katod zonasidagi yoy uzunligi;  $l_A$  — anod zonasidagi yoy uzunligi;  $l_{st}$  — yoy ustuning uzunligi;  $U_k$  — katod zonasida kuchlanish tushuvi;  $U_A$  — anod zonasida kuchlanish tushuvi;  $U_{st}$  — yoy ustunida kuchlanish tushuvi;  $U_d$  — yoy kuchlanishi.

Yoyning hosil bo'lish turg'un yonishi kontaktlar orasidagi ionlashish hodisasiga bog'liqdir. Uzish jihozlarida quyidagi ionlashish omillari mavjud: zarbaviy ionlashish; avtoelektron emissiya ta'sirida ionlashish; termik yoki issiqlik bilan ionlashish; termoelektron emissiya bilan ionlashish.

Zarbaviy ionlashishda katoddan anodga harakatlanayotgan erkin elektronlar yetarli kinetik energiyaga ega bo'lsa, gazning neytral molekullari bilan to'qnashib, uning elektronini urib chiqaradi. Natijada erkin elektronlar hosil bo'ladi va ular ham zarbaviy ionlashishda ishtirok etadi. Avtoelektron emissiya ta'sirida ionlashish kontaklar ajralishining dastlabki momentida yuz beradi. Kontaktlar orasidagi masofa hali kichik bo'lgan paytda elektr maydonining kuchlanganligi yuqori bo'ladi va katod yuzasidan erkin elektronlarning uchib chiqishiga sabab bo'ladi.



33-rasm. Elektr yoyi va yoyni soʻndirish usullari:

a – katod va anod orasidagi elektr yoyning koʻrinishi va yoy boʻylab kuchlanish taqsimoti; b – gazning boʻylama puflashining hosil qilinishi; d – gazning koʻndalang puflashining hosil qilinishi; e – gazning dielektrik toʻsikli puflashining hosil qilinishi; f – yoyni magnet maydonda harakatlantirib, yoy soʻndirish usuli; g – magnetli puflab yoy soʻndirish usuli; h – poʻlat gʻilofga tortib yoy soʻndirish usuli; i – tok zanjirini ikki marta ajratish bilan yoy soʻndirish usuli; j – toʻrt marta ajratish bilan yoy soʻndirish usuli; k – poʻlat plastinalar bilan yoyni boʻlaklash.

Bu omillar sababli elektr yoyi hosil bo'ladi. Yoy yuqori haroratga ega bo'lganligi tufayli termik yoki issiqlik ionlashishi sodir bo'ladi. Haroratning ko'tarilishi natijasida zaryadlangan zarrachalarning issiqlik harakati ko'payadi va yetarli haroratda neytral molekulalar zaryadlangan zarrachalarga bo'linib ketadi.

Termoelektron emissiya hodisasida haroratning ortishi bilan katod materialidagi elektronlarning issiqlik harakati ortib boradi va yetarli energiyaga ega bo'lgan paytda ular kontaktlararo bo'shliqqa uchib chiqadi.

Yoyning yonish jarayonida ionlashish hodisasi bilan birga aksionlashish yoki rekombinatsiya, ya'ni zaryadlangan zarrachalarning birlashish hodisasi ham ro'y beradi. Yoy hosil bo'lgan dastlabki paytda ionlashish ko'proq bo'ladi, so'nishga yaqin paytda aksionlashish hodisasi ko'proq bo'ladi.

Kontaktlarni tezlik bilan ajratish orqali yoyning uzunligini oshirish mumkin. Bunda yoy ustuni qanchalik uzun bo'lsa, uni yonib turishi uchun shuncha ko'p kuchlanish kerak bo'ladi. Agar manba kuchlanishi yetarli bo'lmasa yoy so'nadi.

**Gaz puflab yoy so'ndirish usuli.** Agar gazlarning yo'naltirilgan harakatini, ya'ni gaz puflashni hosil qilinsa, yoyning sovishi yanada tezlashadi. Gazni bo'ylama (33-b rasm) yoki ko'ndalang (33-d rasm) hamda dielektrik to'siqli (33-e rasm) puflashi hosil qilinsa, yoy ustuniga gaz zarrachalarining kirishi, intensiv diffuziya va yoyning sovishiga olib keladi.

33-f rasmda yoyni magnit maydonda harakatlantirib yoy so'ndirish usuli ko'rsatilgan. Bu usul elektrodinamik kuchlar bilan yoyni tortib so'ndirish usuli ham deyiladi. Elektr yoyiga tokli o'tkazgich sifatida qarash mumkin. Agar yoy magnit maydonda bo'lsa, unga kuch ta'sir etadi. Yoy o'qiga perpendikular yo'naltirilgan magnit maydoni hosil qilinsa, yoy ilgarilanma harakatga erishib, yoy so'ndirish kamerasi tirqishidan tortilib yoy cho'ziladi va so'nadi.

33-g rasmda **magnitli puflab yoy so'ndirish usuli** berilgan. Yoyga ko'ndalang yo'naltirilgan magnit maydoni hosil qilish uchun magnit o'zagiga o'ralgan chulg'amdan yoy toki o'tkaziladi. Magnit o'zagi qutblari orasiga turg'un va harakatchang kontaktlar joylashtiriladi. Kontaktlar kengayuvchi shoxsimon tirqish hosil qiladi. Magnit

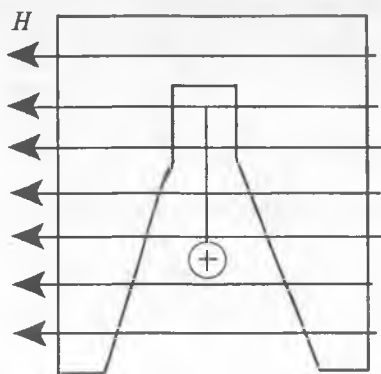
maydon kuchi  $F$  yoyni shoxsimon tirqish bo'ylab haydab, yoy uzunligini kattalashtirib boradi va nihoyat yoy so'nadi.

33-*h* rasmda po'lat g'ilofga tortib yoy so'ndirish usuli keltirilgan. Po'lat sirtida induksiyalangan magnit maydoni yoyni o'ziga maydon kuchi  $F$  bilan tortib, uzaytiradi va so'ndiradi.

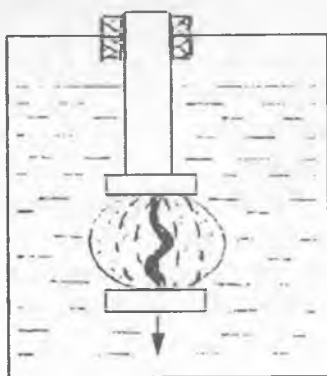
**Yoyni bo'laklab so'ndirish.** Tok zanjirini ikki marta ajratish bilan yoy so'ndirish usuli 33-*i* rasmda, to'rt marta ajratish bilan yoy so'ndirish usuli 33-*j* rasmda, po'lat plastinalar bilan yoyni bo'laklash usuli 33-*k* rasmda keltirilgan. Agar hosil bo'lgan yoyni metall plastinkalardan yig'ilgan yoy so'ndiruvchi panjaraga tortilsa, u kichik yoylarga bo'linib ketadi va har bir yoy o'zining katod va anod kuchlanishiga ega bo'ladi. Agar bu kuchlanishlar yig'indisi tarmoq kuchlanishidan kam bo'lganda yoy so'nadi.

**Yoyni tor tirqishlarda so'ndirish.** Agar yoy yoyga chidamli material hosil qilgan tor tirqishda yonsa, sovuq yuzaga tegish orqali intensiv sovish va zaryadlangan zarrachalarning atrof-muhitga diffuziyasi sodir bo'ladi. Bu esa rekobinatsiya-aksiyonlashish hodisasining tezlashuvi va yoyning so'nishiga olib keladi (34-rasm).

**Yoyni moyda so'ndirish.** Agar uzuvchi jihoz kontaktlarini moyga joylashtirilsa, hosil bo'lgan yoy moyning bug'lanishi va intensiv gaz hosil bo'lishiga olib keladi (35-rasm). Yoy atrofida, asosan, 70 ÷ 80% vodoroddan tashkil topgan gaz pufak hosil bo'ladi. Moyning tez bug'lanishi pufakdagi bosimning ortishiga olib keladi. Vodorod



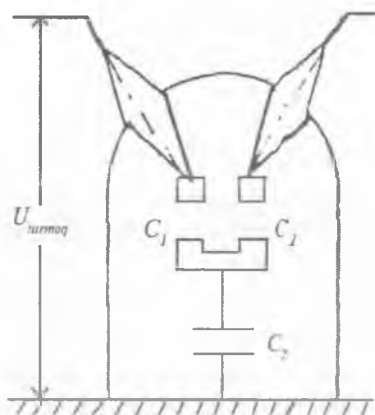
34-rasm. Elektr yoyining so'nishi.



35-rasm. Elektr yoyining moyda so'nishi.

yaxshi yoy soʻndirish xususiyatlariga ega boʻlgan holda yoy ustuniga bevosita tegish orqali uning tez soʻvishiga yordam beradi. Gaz sharcha ichida gaz va moy bugʻlarining toʻxtovsiz harakati sodir boʻlib turadi. Bu usul uzgichlarda keng qoʻllaniladi.

**Tok zanjirini qismlarga ajratib yuborish.** Yuqori kuchlanishlarda katta toklarni uzish birmuncha qiyinchiliklar tugʻdiradi. Bu holda energiya va tiklanayotgan kuchlanishning qiymati katta boʻlganligi uchun kontaktlar oraligʻining aksionlashuvi murakkablashadi. Shuning uchun yuqori kuchlanishli uzgichlarda yoyni har bir fazada qismlarga ajratish usuli qoʻllaniladi (36-rasm).



36-rasm. Yoyni har bir fazada qismlarga ajratish.

Bir fazaga toʻgʻri keladigan boʻlinishlar soni uzgich tipi va kuchlanishiga bogʻliq holda bajariladi. Misol uchun 500-750 kV kuchlanishli uzgichlarda 12 ta va undan ortiq boʻlinish boʻlishi mumkin.

**Yoyni vakuumda soʻndirish.** Vakuumdagi gaz atmosfera bosimidagi gazga qaraganda oʻnlab marta yuqori elektr mustahkamlikka ega. Agar uzgich kontaktlari vakuumda ajratilsa tok birinchi marta noldan oʻtgan paytidayoq oraliqning elektr mustahkamligi tiklanadi va yoy soʻnadi.

**Yoyni yuqori bosimli gazlarda soʻndirish.** Bosimi 2 MPa va undan yuqori boʻlganda havo ham juda yuqori elektr mustahkamlikka ega boʻlib qoladi.



Bu hodisa siqilgan gazli yoy so'ndiruvchi ixcham qurilmalar qurish imkonini beradi. Bu usulda havo bosimi 400 kPa dan oshirilmaydi, aks holda unda kisl orod miqdori kattalashib, yong'inga olib kelishi mumkin. Shuning uchun amalda yuqori elektr mustahkamlikka ega bo'lgan gazlar va gazlar aralashmasi keng ko'lamda ishlatiladi. Misol uchun elegaz SF<sub>6</sub>. U havo va azotga nisbatan yuqoriroq bo'lgan elektr mustahkamlikka ega. Odatda, siqilgan gazli uzgich va yopiq taqsimlash qurilmalarida 5+10 % elegaz SF<sub>6</sub> qolgani azot N<sub>2</sub> bo'lgan gaz aralashmasidan foydalaniladi.

**Elektr podstansiyalarida yerlash** quyidagi turlari qo'llaniladi: ishchi yerlash; yashindan himoyaviy yerlash; himoyaviy yerlash.

Ishchi yerlash — bu generator va transformatorlarning neytral-larini yerlash. Neytrali yerlangan qurilma va tarmoqlar nisbatan arzonroq bo'ladi, ekspluatatsiya xavfsizligi ortadi, chunki bunda releli himoyaning aniq va ishonchli ishlashi ta'minlanadi (37-rasm).

Yashindan himoyaviy yerlash — bu atmosfera o'takuchlanishlari natijasida sodir bo'ladigan xavfdan himoyalani sh uchun yashin qaytargich, yashin tutkich trosslar hamda turli razryadniklarni yerlashda ishlatiladi.

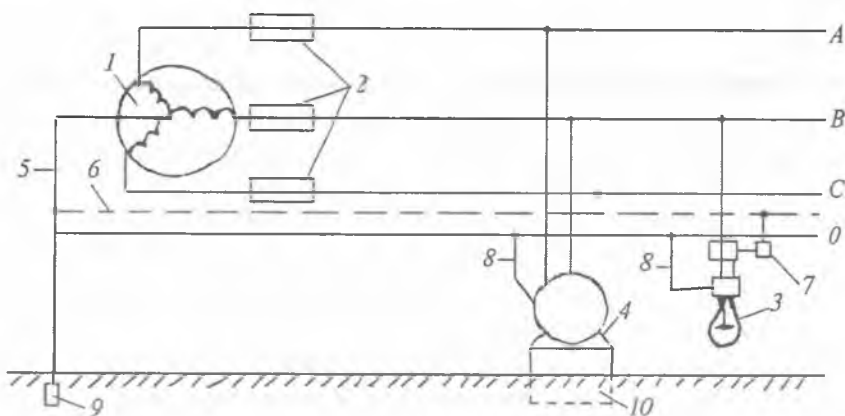
**Himoyaviy yerlash** — bu qurilmalarning barcha metall qismi: g'iloflari-korpuslari, karkaslar, to'siqlar va h.k. ni yerlashda foydalaniladi. Himoyaviy yerlash ekspluatatsiya xavfsizligini oshirish, ishlatuvchilarning tok ostida qolish ehtimolligini kamaytirish maqsadida bajariladi.

**Nollash** — yerlangan obyekt ni generator yoki transformatorning yerga ulangan neytrali bilan metall bog'lanishidir. Nollash 380/220 V kuchlanishli ochiq maydonchalarda o'rnatilgan, xavfli binolarda joylashgan qurilmalarda bajariladi.

Yerlashni bajarish uchun tabiiy va sun'iy zaminlagichlardan foydalaniladi.

Tabiiy zaminlagichlar sifatida suv uzatkich quvurlar, yer ostidagi metall quvur o'tkazgichlar, binolarning metall va temirbeton konstruksiyalari, kabellarning qo'rg'oshin qobiqlari, yuqori kuchlanish tayanchlarining zaminlagichlari va boshqalardan foydalanish mumkin.

Sun'iy zaminlagichlar sifatida diametri 10 mm dan kam bo'lmagan (ruxlanmagan) dumaloq va 6 mm li ruxlangan po'lat hamda



37-rasm. 380/220 V li tarmoqda elektr motor korpusi va chiroq armaturasini yerlash:

- 1 – transformator; 2 – eruvchi saqlagichlar; 3 – yoritish chiroqlari;  
 4 – elektr motor; 5 – himoya nol simi; 6 – ishchi yerlash simi;  
 7 – metall ustunlar; 8 – nollash simi; 9 – himoya yerlagichning qoziqlari;  
 10 – elektr motor metall tagligi.

qalinligi 4 mm dan kam bo‘lmagan yassi po‘lat listlardan foydalaniladi.

7-jadval

Kuchlanish, kV	1 gacha	6-35	35-110	120	500
Masofa, m	0,6	0,6	1,0	2,0	3,5

Odam tanasidan o‘tishi mumkin bo‘lgan tokning qiymatini kamaytirish uchun zaminlagichlarning qarshiligini kamaytirib, odam tanasining qarshiligini oshirish zarur. Buning uchun yuqori kuchlanishli qurilmalarni nazorat va profilaktika qilishda tekshirilgan asosiy himoya vositalaridan: yuqori kuchlanish qiymatiga mos izolatsiyalangan kursi yoki minora, izolatsiyalangan dastakli yerlagich, izolatsiyali shtanga-tayoqcha, izolatsiyali kuchlanish ko‘rsatkichi hamda yordamchi himoya vositalaridan: rezina gilamcha, rezina etik, rezina qo‘lqop va boshqalardan foydalanish talab qilinadi.

#### Nazorat uchun savollar

1. Uch fazali kuch transformatorning ulanish guruhlari ayting.

2. *Transformatorlardagi nosimmetriya rejimlarining salbiy oqibatlari nimadan kelib chiqadi?*
3. *O'zgarmas tokli podstansiyalar asosiy jihozlarini ayting.*
4. *O'zgaruvchan tokli podstansiyalar asosiy jihozlarini ayting.*
5. *Transformator turlari va ularning tarmoqqa ulanishlarini ayting.*
6. *Transformatorlarning asosiy parametrlari deganda nimani tushunasiz?*
7. *Podstansiya transformatorlarining soni va quvvati qanday aniqlanadi?*
8. *Kuch transformatorlarining ishlash prinziplarini tushuntiring.*
9. *Transformatorlarning yuklamasi bo'yicha quvvati va soni qanday tanlanadi?*
10. *Transformatorlarni tanlashda texnik-iqtisodiy hisoblar deganda nimani tushunasiz?*
11. *Transformator yordamida kuchlanish qanday rostanadi?*
12. *Transformatorlarning eng keng ishlatiladigan ulanish guruhlarini ayting.*
13. *Kuch transformatorining konstruktiv tuzilishi nimalardan iborat?*
14. *Kuch transformatorining qanaqa sovitish tizimlarini bilasiz?*
15. *O'zgaruvchan tok zanjirida elektr yoyini so'ndirish haqida nimalarni bilasiz?*
16. *Yuqori kuchlanishli jihozlarda elektr yoyini so'ndirish usullari qanday?*

---

### 3-bob

## YUQORI KUCHLANISHLI KOMMUTATSIYA VA O'LCHOV JIHOZLARI

Yuqori kuchlanishli elektr jihozlar o'zlarini ishlash tartibi va vazifalariga ko'ra quyidagi xillarga bo'linadi:

— kuch elektr zanjirlarini ulash, uzish, ajratish, ayirish va yerlash uchun yuqori kuchlanishli operativ kommutatsiya jihozlari: ajratkichlar va uzgichlar; ajratkich va uzgichlarning operativ ishlashini ta'minlaydigan yuritma mexanizmlar, elektr yuritmalar;

— operativ ishlarda qatnashmaydigan va qisqa tutashuv toklarini cheklash, o'tatok hamda ortiqcha kuchlanishlardan himoya qilish jihozlari: reaktorlar, saqlagichlar, razryadniklar;

— birlamchi yuqori kuchlanishli zanjirlardagi tok, kuchlanish, quvvat va boshqa ko'rsatkichlarning kattaligi o'lchanadigan ikkilamchi zanjirlar bilan bog'lash jihozlari. Tok va kuchlanishni o'lchash transformatorlari bunday jihozlar jumlasiga kiradi. O'lchov asboblari, rele himoyasi va avtomatik asboblar shunday transformatorlarga ulanadi va ularning normal tartibda ishlashini ta'minlaydi.

Kuch transformatorlari elektr stansiyalardan iste'molchilarga elektr energiyani uzatish va taqsimlashda kerakli kattalikdagi kuchlanish hosil qilish uchun ishlatiladi.

O'lchash asboblari taqsimlash qurilmasining ayrim zanjirlari ishini nazorat qilish, elektr energiya sifatini, ya'ni kuchlanish va chastotasini, tekshirish, ishlab chiqarilayotgan hamda iste'mol qilinayotgan energiyani hisoblash uchun ishlatiladi.

Releli himoya, avtomatika va signalizatsiya qurilmalari avariya va normal ish rejimlarining buzilish sabablarini tezda bartaraf qilishga imkon beradi, normal bo'lmagan ish rejimlarining kelib chiqish sabablarini topish va ularni yo'qotishga yordam beradi.

Elektr zanjirlarini uzuvchi va ulovchi operativ jihozlarni uchta asosiy guruhga bo'lish mumkin:

– yuklama toki bo'lganda yoki yuklama toki juda kam bo'lganda, operativ ish bajaruvchi jihozlar, jumladan, ajratkichlar;

– normal qiymatdan oshmaydigan operativ ish bajaruvchi jihozlar, jumladan, uzgichlar;

– har qanday yuklamada, o'tayuklama va qisqa tutashuv vaqtlarida elektr zanjirlarini uzish va ulash jihozlari, jumladan, quvvat uzgichlari.

*Elektr jihozli nominal kuchlanish* deb, uning zavod tomonidan berilgan pasport va shitida ko'rsatilgan fazalararo kuchlanishga aytiladi. Biroq kuchlanish nominal kuchlanishdan 15÷20 % ortiq bo'lganda ham jihozlarning izolatsiyasi uzoq vaqt ishonchli ishlay oladi. Bu kuchlanish jihozining maksimal ish kuchlanishi deyiladi. Jihozning nominal kuchlanishi qurilmaning nominal kuchlanishidan past bo'lmasa, u juda ishonchli ishlaydi.

Ma'lumki, kuchli elektr tok zanjirlarini uzish vaqtida ajraluvchi kontaktlar orasida, odatda, operativ jihozlar uchun xavfli elektr yoyi hosil bo'ladi. Shu sababli, ma'lum guruhdagi operativ jihozlarning vazifalariga qarab, ularning konstruksiyalarida mavjud operativ jihozning ishonchli va xavfsiz ishlashini ta'minlovchi, shuningdek, elektr yoyning tezlik bilan so'nishini hamda tok zanjirining tezda uzilishini ta'minlovchi zarur qismlar – yoy uzgichlar bo'lishi nazarda tutiladi.

### 3.1. Yuqori kuchlanishli taqsimlash qurilmalari

*Taqsimlash qurilmasi* – (RU – распределительные устройства) bu elektr energiyani qabul qilish va taqsimlash uchun xizmat qiluvchi hamda elektr jihozlar, shinalar va yordamchi qurilmalarga ega bo'lgan elektr uskunadir.

Agar taqsimlash qurilmasi bino ichiga joylashgan bo'lsa, u yopiq taqsimlash qurilmasi (ЗРУ – закрытые распределительные устройства) deb ataladi.

**Yopiq taqsimlash qurilmalar**, odatda, 3÷20 kV li kuchlanishga mo'ljallab quriladi. Biroq, taqsimlash qurilmaga ajratilgan maydon cheklangan bo'lsa yoki atmosfera juda ifloslangan bo'lsa, shuningdek, chekka shimol rayonlarida ham 35÷220 kV kuchlanishli yopiq taqsimlash qurilmalari qo'llanishi mumkin.

Taqsimlash qurilmalari elektr qurilmalarining ishonchli ishlashini ta'minlashi kerak. Bu talab elektr asbob-uskunalarini to'g'ri tanlash va joylashtirish, taqsimlash qurilmalari turi va konstruksiyasini tanlash (PUE) ga muvofiq bajariladi [26].

Taqsimlash qurilmalariga xizmat qilish qulay va xavfsiz bo'lishi kerak. Unda joylashgan asbob-uskunalar bir-birini to'smay, yaxshi ko'rinishi, ta'mirlash ishlarini bajarishga qulay bo'lishi, ularni ko'zdan kechirish va ta'mirlash paytida xavfsiz bo'lishi kerak.

Izolatsiyalanmagan tok o'tkazuvchi qismlarga tegib ketmaslik uchun ular maxsus kameraga joylanishi yoki muhofazalangan bo'lishi kerak.

Taqsimlash qurilmalari yong'inga qarshi xavfsizlikni ta'minlashi kerak. Yopiq taqsimlash qurilmalari konstruksiyalarining qurilish me'yorlari va qoidalari, shuningdek, yong'indan saqlanish qoidalariga javob berishi lozim.

Taqsimlash qurilmalari tejamli bo'lishi lozim. Uni qurish qiymati — qurilish qismi, elektr asbob-uskunalari, elektr montaj ishlari bilan boshqa xarajatlar qiymatining yig'indisiga teng. Qurilish qismining qiymatini kamaytirish uchun mumkin qadar bino hajmi kamaytirilib, uning konstruksiyasi soddalashtiriladi.

Atmosfera havosida joylashgan taqsimlash qurilmasi ochiq taqsimlash qurilmasi deb yuritiladi. Odatda, 35 kV va undan yuqori kuchlanishli taqsimlash qurilmalari ochiq joyga quriladi.

Taqsimlash qurilmalari ishlash ishonchligini, qurilishga kapital xarajat qilinishini hamda xizmat qilish xavfsiz va qulay bo'lishini, kengaytirish imkoniyatini, zavodda tayyorlanadigan yirik blokli qismlarni maksimal qo'llashni ta'minlashi lozim.

**Ochiq taqsimlash qurilmalari (ORU — открытые распределительные устройства)** barcha jihozlari, odatda, uncha balandda bo'lmagan fundamentda joylashadi. Uning hududi bo'ylab asbob-uskunalarni montaj hamda ta'mir qilishni mexanizatsiya yordamida bajarish uchun maxsus yo'llar qilinadi. Shinalar ko'p simli o'tkazgichlardan elastik qilib yoki trubalardan tayyorlanishi mumkin.

Ochiq taqsimlash qurilmalari yopiqqlariga qaraganda quyidagi avzalliklarga ega: qurilish ishlarining hajmi kichik, qurish vaqti kichik; kengaytirish va rekonstruksiya qilish uchun qulay; hamma jihozlarini kuzatish oson.

Shu bilan bir qatorda past haroratda va yog'ingarchilikda ochiq taqsimlash qurilmalariga xizmat qilish ancha noqulay, yopiqqa nisbatan ancha katta maydonni egallaydi, ulardagi jihozlar tez ifloslanadi, chang bosadi va harorati o'zgarib turadi.

Ochiq taqsimlash qurilmalari (ORU) konstruksiyalari turlicha bo'lib, elektr ulanishlar sxemasi, uzgichlar va ajratkichlar tipiga, kuchlanish klasslariga bog'liq bo'ladi.

3,3 kV li taqsimlash qurilmalari asosiy va zaxira ajratkichlar bilan uch seksiyaga seksiyalanadi, manfiy shina seksiyalanmaydi. Chetki shinalar seksiyasiga bittadan to'g'rilagich ulanadi, o'rta seksiyaga esa uzgich, razryadlovchi, tekislovchi (сглаживающий) jihoz va qabul (отсасывающий) fideri ulanadi.

**Nominal parametrlari.** Har bir elektr qurilmalar hamma jihozlar uchun umumiy bo'lgan parametrlar va tavsiflarga ega. Bular quyidagilardir: nominal kuchlanish; nominal uzluksiz tok; chegaraviy bo'ylama tok; elektrodinamik tok puxtaligining nominal toki; termik-issiqlik puxtalikning nominal toki; ulash va o'chirish nominal toklari; o'chirishning nominal quvvati; ulash va o'chirishning umumiy vaqti; kuchlanishning tiklanish tezligi; zanjirning xususiy chastotasi va boshqalar.

**Taqsimlash qurilmalar komplekti** (КРУ — комплект распределительных устройств) shkaflari yoki kameralari ichki qurilmalar uchun ham tashqi qurilmalar KRUN uchun ham chiqariladi. Bunda N harfi tashqi degani.

Taqsimlash qurilmalar RU ning har qaysi turi o'z afzalliklari va kamchiliklariga ega. Masalan, yopiq taqsimlash qurilmalar ЗРУ, bunda 3 harfi «yopiq» degani bo'lib, barcha elektr uskunalarining meteorologiya ta'sirlaridan, chang-to'zonlar, kul, qora kuya va hokazolar bilan ifloslanishdan ishonchli himoya qilinishi bilan qulaydir. Biroq berk taqsimlash qurilmalar (ЗРУ) ning narxi juda qimmatga tushadi. Berk qurilmalarni nazoratdan o'tkazish va ta'mirlash ham qiyin. Ochiq taqsimlash qurilmalari (ORU), bunda O harfi «ochiq» degani bo'lib, uning narxi arzon, qurish ishlari tez bitadi, elektr qurilmalarni nazorat qilish, ularni montaj va remont qilish qulay bo'ladi. Ammo ishlab turgan ochiq taqsimlash qurilmalari (ORU)ga yomon ob-havoda xizmat ko'rsatish qiyinlashadi. Ochiq taqsimlash qurilmalari ko'p joy egallaydi, uning

jihozlari havo haroratining keskin o'zgarishlari, yog'ingarchilik ta'sirida qoladi. Shamol, muzlash, tuzli changlar, kukun va loydan muhofaza qilinmagan.

Yopiq taqsimlash qurilmalari (3PY) 35 kV gacha kuchlanishga quriladi, bunday kuchlanish shaharlar va sanoat ichidagi elektr tarmoqlariga tegishlidir, ya'ni ular atmosferada elektr uskunalariga zararli ta'sir ko'rsatuvchi moddalar bo'ladigan joylarda va ochiq taqsimlash qurilmalari qurish va ularni ishlatish uchun zarur sharoit hamda yetarli joy bo'lmagan hollarda quriladi. Biroq zarur sharoitlar bo'lganda 6 kV, 10 kV, 35 kV kuchlanishli taqsimlash qurilmalari ochiq qilib qurilaveradi.

Ochiq taqsimlash qurilmalari, odatda, kuchlanish 35 kV va undan yuqori hollarda quriladi, chunki bunday kuchlanishlar elektr energiya uzoqda taqsim qilinadigan elektr tarmoqlari uchun tegishlidir. Bunday ochiq taqsimlash qurilmalari, odatda, shahar va sanoat markazlaridan ancha uzoq joylashgan bo'ladi.

Taqsimlash qurilmalari podstansiyalar tarkibiga kiradi. Biroq atmosferada elektr qurilmalariga zararli ta'sir ko'rsatuvchi moddalar bo'lgan regionlarda, masalan, kimyo kombinati, aluminiy va sement ishlab chiqarish zavodlari yaqinida, ekologik falokatga uchragan Orol dengizi regionida, juda sovuq tuz-changli tumanlarda taqsimlash qurilmalari zarur bo'lsa, ularning kuchlanishi 110 kV gacha ham ular yopiq qilib qurilishi maqsadga muvofiqdir.

Taqsimlash qurilmalariga qo'yiladigan asosiy talab — ular normal sharoitlarida ham, avariya sharoitlarida ham iste'molchilarni elektr energiya bilan uzluksiz va yuqori sifatli ta'minlab turishlari zarurligidadir.

Taqsimlash qurilmalarining ishonchli ishlashiga qurilmaning elektr ulanish sxemasining taqsimlash qurilmasining turlari va konstruksiyalarini, elektr jihoz apparaturasini, tok o'tuvchi qismlar va izolatorlarni to'g'ri tanlash va elektr montaj ishlarini sifatli bajarish yo'li bilan erishiladi.

Taqsimlash qurilmalarining barcha elementlari davomiy normal holatlarda ishonchli ishlashi hamda og'ir qisqa tutashuv sodir bo'lgan paytlarda termik va dinamik chidamlilikka ega bo'lishi kerak. Shuning uchun jihoz, shina, kabellar va ularning boshqa elementlarini tanlashda, ularning parametrlarini ishlatish sharoitida yuz berishi



mumkin bo'lgan uzoq muddatli ish va qisqa muddatli avariya holatlariga mos bo'lishi muhim ahamiyatga ega.

Ish holati sharoitlariga to'g'ri keladigan jihozlarning asosiy parametrlari bo'lib, nominal tok va kuchlanish hisoblanadi.

Ish holatlari normal va jadallashgan holatlarga bo'linadi. Jadallashgan holat transformator va kabellarning o'tayuklanish qobiliyatlaridan foydalanishda, parallel liniyalarning biri uzilganda, generator chiqishlarida kuchlanish pasayishi hollarida sodir bo'lishi mumkin. Barcha bunday hollarda jadallashgan holat nominal toki —  $I_{ish.j}$  jihozning uzoq muddatli nominal tokidan ortib ketmasligi kerak.

Podstansiya taqsimlash qurilmalari va ularning ayrim zanjir hamda qismlarilari normal rejimda ishlaganda, ulardan oquvchi tok va kuchlanish kattaligi shu qurilma uchun ruxsat etilgan chegarada bo'ladi. Demak, o'ta yuqori, ya'ni normal tokdan yuqori toklar, shuningdek, o'takuchlanishlar, ya'ni nominal qiymatidan katta kuchlanishlar, qurilmaning normal bo'lmagan va hatto avariya rejimida ishlashiga olib keladi. O'ta katta toklar o'tuvchi elektr uzatkichlardagi iste'molchilar va taqsimlash qurilmarining o'zida ish rejimlarining buzilishi natijasida ham yuklama ortib ketishidan hosil bo'ladi.

O'tayuklama toklari uncha xavfli bo'lmaydi, bu toklarni tegishli iste'molchilarga berilayotgan elektr energiyani cheklab pasaytirishi mumkin. Qisqa tutashuv toklari taqsimlash qurilmalarining kontaktlari va shinalari uchun juda xavflidir, chunki bu toklar to'satdan paydo bo'lib, juda qisqa vaqtda katta qiymatlarga ko'tariladi.

O'takuchlanish ba'zan elektr qurilma izolatsiyasini shikastlaydi. Shikastlangan izolatsiya esa qisqa tutashuvlar bo'lishiga sabab bo'ladi. O'takuchlanishning tashqi — atmosfera o'takuchlanishlari va ichki — kommutatsiya o'takuchlanishlari turlari bo'ladi.

Atmosfera, ya'ni yashin o'takuchlanishi ochiq elektr qurilmalarning yashindan shikastlanishi yoki yaqin orada bo'lgan chaqmoq razryadlarining havo elektr yo'li yoki kontakt tarmog'i simiga tegishi yoki boshqa ta'siri natijasida vujudga keladi.

Kommutatsiya o'takuchlanishi yuqori kuchlanish tarmog'ini operativ va avariya sababli ulab-uzilish vaqtida paydo bo'ladi. Masalan, yuklama ostida bo'lgan 110÷500 kV kuchlanishli elektr

uzatish yo'llarini va salt ishlayotgan katta quvvatli transformatorlarni zanjirdan uzishda yuzaga keladi. Neytrali izolatsiya qilingan tarmoqlarda elektr yoyi hosil bo'lib, yerga tutashganda yuza keladigan o'takuchlanishlar ham kommutatsiya o'takuchlanishiga kiradi.

Atmosfera, ya'ni yashin o'takuchlanishi juda xavfli, chunki bunda kuchlanish juda katta, 5÷10 martagacha nominal qiymatdan ko'tarilishi mumkin.

Kommutatsiya o'takuchlanishi, odatda, qurilma faza kuchlanishlari qiymatidan 3÷4 martadan ortiq bo'lmaydi, ya'ni elektr uskunalari izolatsiyalarining sinov kuchlanishdan ortib ketmaydi.

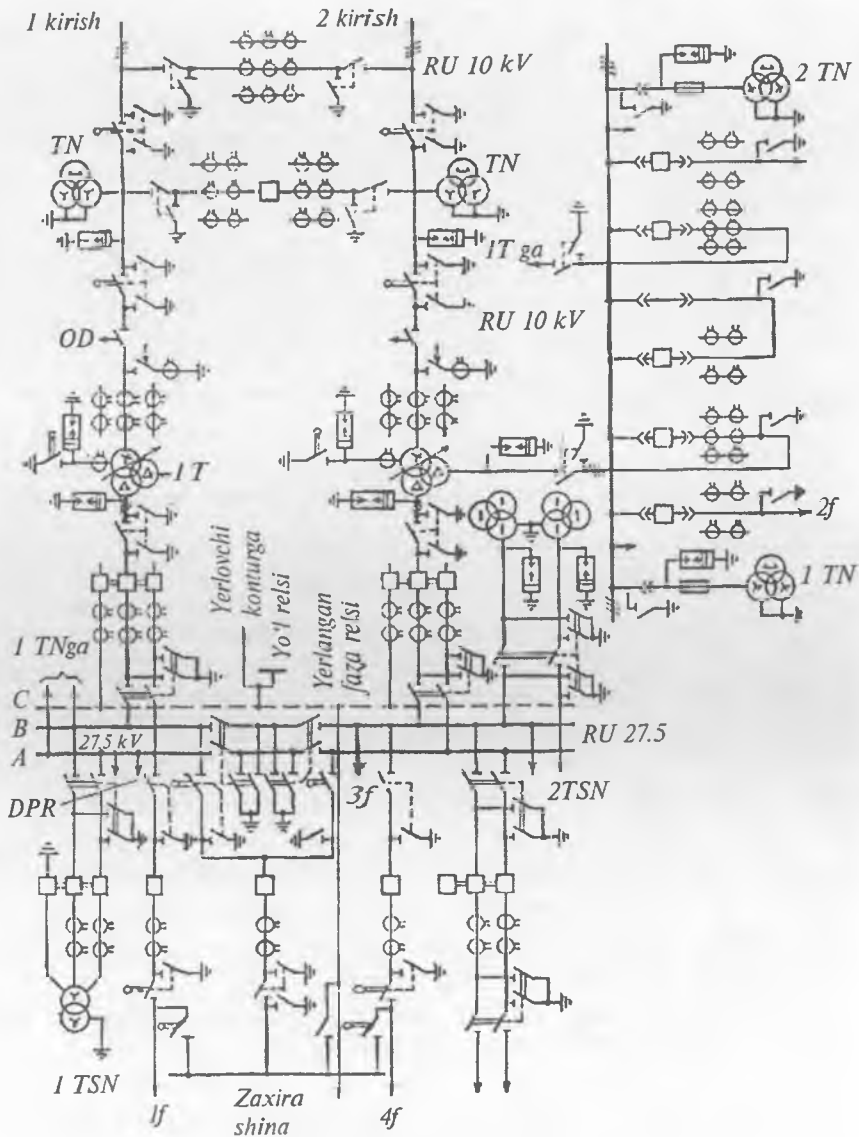
Elektr stansiyalari va podstansiyalarining elektr uskunalari ichida yuqori kuchlanishli taqsimlash jihozlari katta o'rin tutadi, shu bilan birga, xususiy ehtiyojlarda, ya'ni elektr bilan yoritish, yordamchi mexanizmlarning elektr dvigatellari va hokazolar ham xuddi sanoat korxonalarining yoritish va kuch elektr qurilmalaridagidek, past kuchlanishli taqsimlash jihozlaridan foydalaniladi.

Odatda, tortish podstansiyalari ikki tomonlama ta'minlanuvchi ko'rinishga ega bo'ladi. O'zgaruvchan tokli tortish podstansiyalari kuchlanishi 110÷220 kV li hamda o'zgarmas, tokli tortish podstansiyalari esa 6÷220 kV li elektr tarmoqlardan ta'minlanadi.

Tortish podstansiyalari elektr tarmoqlariga ulanishlariga qarab tayanch, oraliq va tupik turlarga bo'linadi. Ushbu podstansiyalar bosh elektr ulanish sxemalari bilan tavsiflanadi.

Tayanch podstansiyalarida 110÷220 kV kuchlanishli shinalarga kamida ikki havo elektr uzatish yo'li (EUY) ulanadi. Oraliq podstansiyalari 35÷110 kV li elektr uzatish yo'li kesimiga «uzgichli ko'priki» yoki «ikki ajratkichli blokli va noavtomatik ulovli (перемычка)» sxemalar bo'yicha ulanishi mumkin. Oraliq podstansiyalarining shinalaridan xuddi tayanch podstansiyalar kabi tranzit elektr energiyasi uzatiladi. Tupik podstansiyalar, odatda, tayanch podstansiyalarning turli yig'uv shinalaridan yoki rayon podstansiyasining shinasidan bir necha radial elektr tarmoqlar orqali ta'minlanadi (38-rasm).

Transformatorlardan boshqa jihozlarning tok o'tuvchi qismlari 200A, 400A, 600A, 1000A, 1500A, 2000A, 3000A, 4000A, 5000A va 6000A gacha mo'ljallab tayyorlanadi. Jihozning nominal toki uning zavod pasporti va shitida ko'rsatiladi.



38-rasm. Podstansiyasining bosh elektr ulash sxemasi:  
 TN – kuchlanish transformatori; OD – bo'lgich;  
 TSN – o'z ehtiyoj transformatori.

Podstansiyalar tarkibiga yuqori kuchlanishli taqsimlash qurilmalar (RU) bilan birga tok o'tkazuvchi shinalar, quvvat va o'lchov transformatorlari, tok yoki chastota o'zgartgichlari, avtomatika, signalizatsiya, nazorat, o'lchash va himoyalash asboblari hamda avariya holatda zarur bo'lgan uskunalar kiradi (39, 40-rasmlar).

40-b rasmda g'ildirakli aravachada o'rnatilgan uzgichlarning tashqariga tortib chiqarilgan ko'rinishi keltirilgan [43].

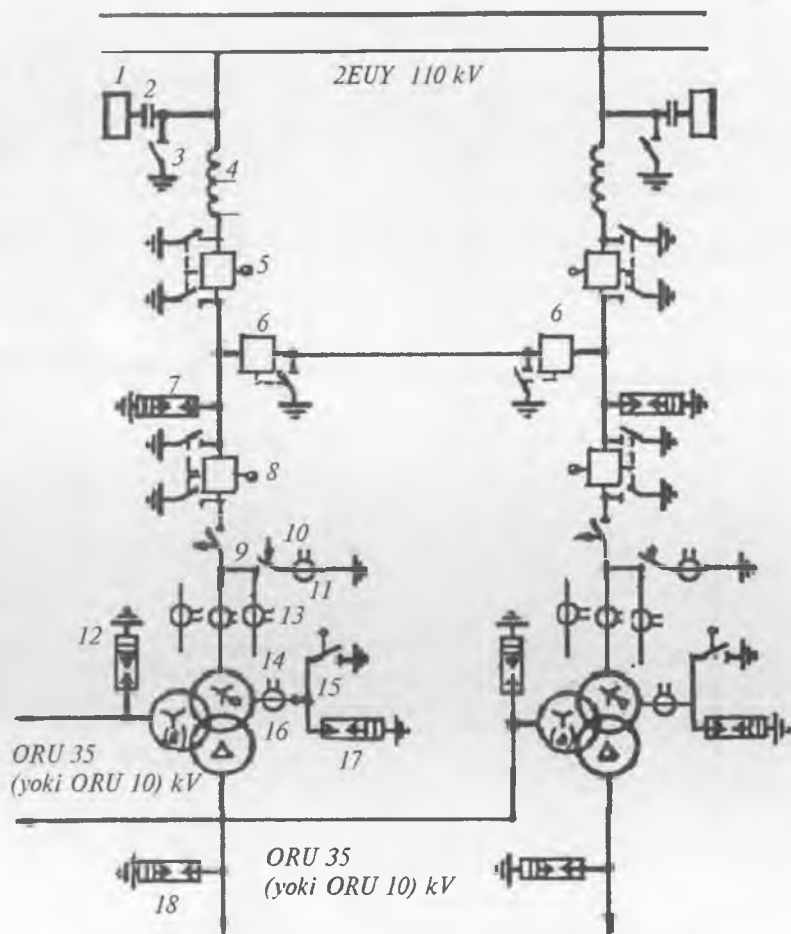
Ichki 10 kV fider kamerasi KVVO-2 podstansiya imorati ichiga o'rnatiladi. Bu qurilmaning ishonchli ishlashini ta'minlaydi. KVVO-2 bir tomonlama xizmat ko'rsatiluvchi bo'lib, uning uzgichi kamera ichidan yurgazib chiqarish imkoniga ega. Kameraning ichi metall to'sqichlar bilan beshta bo'limga bo'lingan bo'lib, bo'limlar avtomatik yopiluvchi eshikchalarga ega.

### 3.2. Yuqori kuchlanishli o'zgaruvchan tok uzgichlari

Yuqori kuchlanishli uzgichlar ishchi va shikastlanish hamda avariya toklarini tezkorlik bilan uzish va ulash uchun xizmat qiladi. Elektr stansiya va podstansiyalarda qo'llanadigan elektr jihozlari va qurilmalari orasida qo'llanadigan eng zaruriy jihoz — bu uzgich (включатель) bo'lib, uning samarali ishidan elektr ta'minotining uzluksizligi va puxtaligi to'la bog'liq bo'lib qoladi.

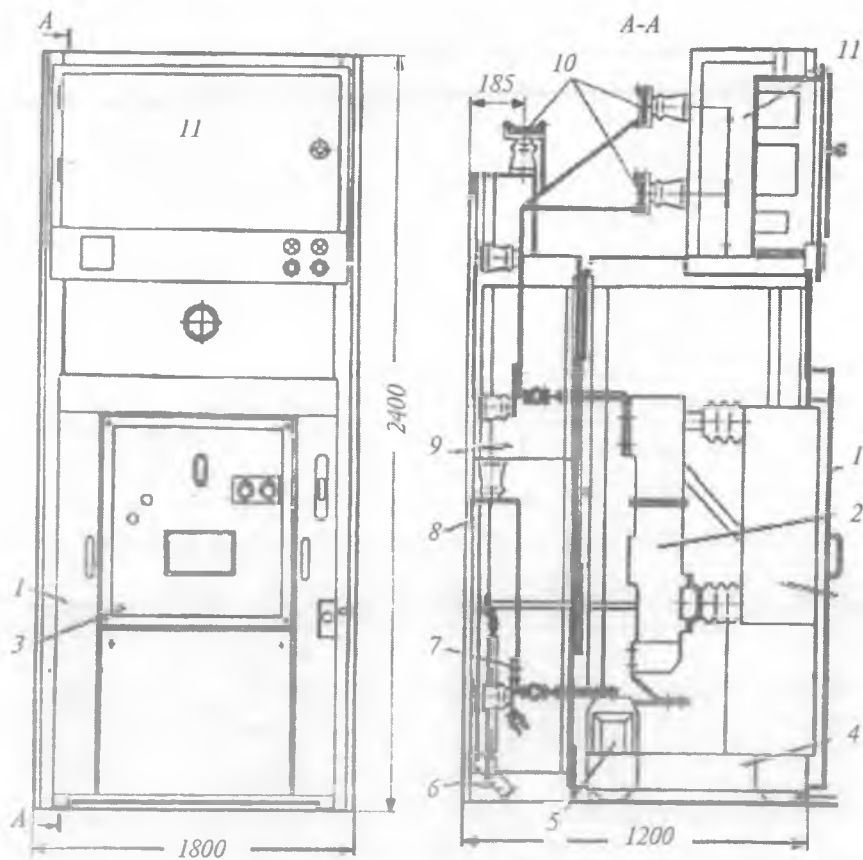
Yuqori kuchlanishli uzgichlar o'zgaruvchan tok zanjirlarining ekspluatatsiya sharoitidagi har xil rejimlarda kommutatsiyalash uchun, ya'ni nominal qisqa tutashish, salt ishlash toklarini, shuningdek, kondensator batareyalari, uzun elektr uzatish yo'li toklarini ulash, o'chirish kabi vazifalarni bajarish uchun mo'ljallangan. Uzgich ishlarining eng og'ir sharoitlari qisqa tutashuv toklarini ulash va uzish davriga to'g'ri keladi.

**Uzgichlarga qo'yiladigan talablar.** Yuqori kuchlanishli uzgichlar uchun quyidagi talablar qo'yiladi: har qanday toklarni ishonchli uzish va ulash; uzish vaqtining kichikligi; tez ishlovchi avtomatik qayta ulash (АПВ — автоматическое повторное включение) tizimida ishlashni ta'minlay olishi; ishlash puxtaligi; atrof-muhit uchun xavfsizlik; harakat-ishlash tezligi; kichik o'lchamlar va vaznga ega bo'lishi; nazoratining yengilligi va montaj ishlarining soddaligi; foydalanishda shovqin-suron bo'lmasligi; portlash va yong'in



39-rasm. Podstansiya ochiq taqsimlash qurilmasi –  
ORU 110 kV sxemasi:

- 1 – EUY – birinchi 110 kV havo elektr uzatish yo'li – LEP-110;
- 2 – EUY – ikkinchi 110 kV havo elektr uzatish yo'li – LEP-110;
- 3 – yerlatkich; 4 – tok o'lchov transformatori; 5 – ikki yerlatkichli uzgich;
- 6 – yerlatkichli uzgich; 7 – ventilli razryadnik – 110 kV; 8 – ikki yerlatkichli uzgich; 9 – ajratkich; 10 – yerlatkich; 11 – tok o'lchov transformatori;
- 12 – ventilli razryadnik; 13 – uchala fazaga o'rnatilgan tok o'lchov transformatorlari; 14 – tok o'lchov transformatori; 15 – yerlatkich;
- 16 – kuch transformatori; 17, 18 – ventilli razryadnik 35-kV.



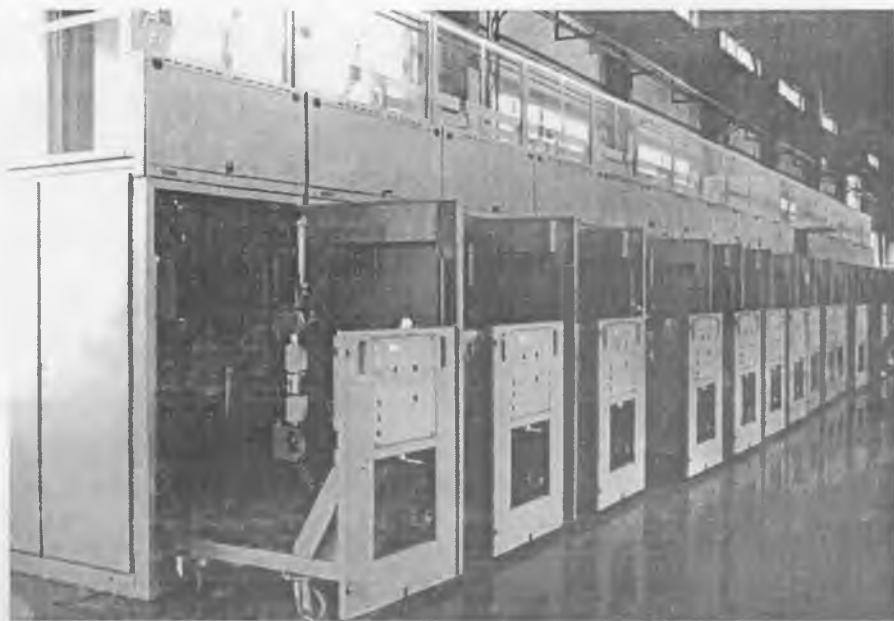
40-a rasm. BMII-10 uzgichli ichki 10 kV KBBO-2 kuchlanishli fider kamerasi:

1 – kameraning metall payvandli korpusi; 2 – uzgich; 3 – uzgichning elektromagnit yuritmasi; 4 – g‘ildirakli aravacha; 5 – tok transformatori;

6 – yerlovchi pichoq, 7 – harakatchang pastki barmoq (нижний пальцевой) kontakt; 8 – havo elektr uzatish yo‘li yoki kabelli kirishning ulash o‘rni; 9 – harakatchan tepa barmoq (верхний пальцевой) kontakt; 10 – kuchlanishi 10 kV li shinalar;

11 – past kuchlanishli nazorat jihozlari va asboblari bo‘limi.

xavfsizligi; 110 kV va undan yuqori kuchlanish uzgichlarini faza bo‘yicha boshqarish imkoniyati; transportda tashish qulayligi; nisbatan yuqori bo‘lmagan narxi.



40-b rasm. «KBBO-2» fider kameralari.

Oʻrnatilish joyiga koʻra, uzgichlar ichkariga va tashqariga oʻrnatiladigan hamda komplekt taqsimlash qurilmalari uchun ishlab chiqariladi.

Hozirda mavjud boʻlgan uzgichlar bu talablarga toʻla yoki chala javob beradi. Bu sohada ilmiy-texnologik va loyiha ishlari olib borish davom etmoqda.

**Uzgichlar tasnifi.** Uzgichlar tasnifi quyidagi belgilar orqali tuziladi: oʻrnatiladigan joyga qarab: ochiq havoda oʻrnatilganda (1-kategoriya, yaʼni tashqi oʻrnatuv); ichki binolarda (3- va 4-kategoriyalar); KRU metall qobiqda imorat ichida (3- va 4-kategoriyalar); ochiq havo-palatka, ayvon, kuzov, pritsep va boshqalarda (2-kategoriya).

**Uzgichlar tuzilishi va turi.** Yuqori kuchlanishli uzgichlar quyidagi asosiy qismlardan tashkil topadi: korpus yoki gʻilof-bak; kirma izolator chiqishlar; kontaktlar tizimi; yoy soʻndirish qurilmasi; yoy soʻndirish muhiti (havo, moy, siqilgan gaz-elegaz, vakuum); uzgichning yuritmasi (qoʻlda, havoli, solenoidli).

Uzgichlar elektr yoyining uzgich muhitga qarab: moyli, havoli, elegazli, elektromagnitli va vakuumli bo'ladi.

Uzgichlarning qutblar orasidagi aloqa konstruksiyasiga qarab: bir qutbli; uch qutbli; uchta qutb umumiy g'ilofda; uchta qutb uchta alohida-alohida g'iloflarda joylashadi.

Uzgichlarning yuritmasiga qarab: alohida yuritmalı, ya'ni uzgich mexanik qismi bilan uzviy bog'langan va o'rnatilgan yuritmalı, bunda yuritma uzgichning ajralmas qismi qilib yasalgan.

Har bir turdagi uzgich bajaradigan ishi bo'yicha generatorli, tarmoqli va podstansiyali bo'lishi mumkin. Generatorli uzgichlar katta qiymatdagi nominal toklar va kichik kuchlanishlarda katta tok uzilishi bilan tavsiflanadi. Tarmoqlari kichik qiymatli nominal tok nisbatan yuqori kuchlanishlar bilan aniqlansa, podstansiyalari — eng yuqori kuchlanishlari, uzgich uzish qobiliyatining tezkorligi va avtomatik rostdash qurilmasi (APY) borligi bilan tavsiflanadi. Shuningdek, uzgichlar fazalar soni, yuritma turi, rezistor va kondensator bor-yo'qligi va boshqalar bilan farqlanadi.

8-jadval

Kuchlanish, kV	6	10	35	110	220	500	750	1150
1. Moy g'ilof-bakli uzgichlar	—	—	+	+	+	+	—	—
2. Kam moyli uzgichlar	+	+	+	+	—	—	—	—
3. Havoli uzgichlar	—	—	—	+	+	+	+	+
4. Elegazli uzgichlar	—	—	—	+	+	—	—	—
5. Vakuumli uzgichlar	+	+	+	+	—	—	—	—
6. Elektr magnet uzgichlar	+	+	—	—	—	—	—	—

8-jadvalda sanoat va transport elektr energetikasida yuqori kuchlanishli uzgichlarning keltirilgan turlari.

Uzgich ulangan holatda uning kontaktlari qisqa tutashuv toklariga chidamli bo'lishi shart. Issiqlikka chidash (термическая стойкость) toki (IT) nominal kuchlanish  $U_{nom} \leq 330 \text{ kV}$  uchun vaqt  $t = 1 \div 2 \text{ s}$ , elektr toki  $IT \geq I_{nom}$ . Elektrodinamik ta'sirga chidash toki  $I_{cd} = 1,8 I_{nom}$  ga teng. Bu toklar pnevmatik yuritgichlarda bosim  $0,85 \div 1,05 \cdot P_{nom}$



hamda elektromagnit yuritgichlarda kuchlanish  $0,85 \div 1,1 \cdot U_{\text{nom}}$  bo'lgandagina ta'minlanadi.

**Uzgichning to'la o'chirish vaqti** (время полного отключения)  $t_0$  deganda uzishga buyruq berilgan vaqtdan boshlab, uchala fazalarda elektr yoyining to'la o'chirilishiga ketgan vaqt oralig'i tushuniladi.

Katta  $80 \div 100$  kA tokli uzgichlar ikki bosqichda o'chiriladi. Birinchi bosqichda o'chiriluvchi tok shuntlangan rezistrlardan o'tuvchi tok miqdorigacha kamaytirilsa, ikkinchi bosqichda to'la o'chiriladi. To'la o'chirish vaqti

$$t_0 = t_{01} + t_{02} \quad (3.1)$$

ga tengdir. Nominal kuchlanish  $U_{\text{nom}} = 110 \div 220$  kV bo'lganda  $t_0 = 0,04 \div 0,08$  s ga teng bo'lsa,  $U_{\text{nom}} 35$  kV da esa  $t_0 = 0,1 \div 0,2$  s ga teng qilinadi.

**Uzgichning ulash vaqti** (время включения)  $t_{\text{vk}}$  ulashga buyruq berilgan vaqtdan boshlab, uchala fazalar zanjirini tutashtirishga ketgan vaqt hisoblanadi. O'chirish vaqti pnevmatik yuritkichli uzgich uchun  $0,25$  s va elektromagnit yuritkichli uzgich uchun  $1$  s.

**Uzgichning ishonchligi** bilan butun enegetika tizimning ishonchligi ta'minlanadi. Uzgichning ishonchligi (отказ отключателя) deganda uning asosiy vazifasini bajarolmay qolishi, jumladan, o'chirish va ulash vazifalarini bajarmay qolish, uning izolatsiyasining ishdan chiqishi, tok o'tuvchi zanjirning nosozligi, ishchi tokning o'cha olmasligi, elektr yoyining o'chirilmaligi tushuniladi. Bunday uzgich foydalanishdan chetlashtiriladi.

Uzgichning kichik nosozligi aniqlansa, u hali ishlashini davom ettirishi mumkin va keyinroq, birinchi imkoniyatdayoq nosozlik tuzattiriladi.

Uzgich ishonchligining mezoni buzilmay ishlash ehtimoli yoki uni ishdan chiqishi bilan belgilanadi hamda foydalanishdan olingan statistik ma'lumotlar asosida umumlashtiriladi. Uzgich jihozlarining mexanizmlarini sinishi sababli 70% va izolatsiya ishdan chiqishidan 10% va boshqa sabablardan 20% uzgich ishdan chiqadi. Uzgich  $U_{\text{nom}} 35$  kV va  $I = 8$  kA da 2000 marta hamda  $U_{\text{nom}} = 110 \div 220$  kV bo'lganda 1000 marta ishlashga chidaydi.

**Uzgich tanlash.** Uzgichlar tanlashda quyidagi shartlar bajarilishi kerak: elektr zanjiriga o'rnatish kuchlanishi  $U_{\text{ust}}$  uzgichning nominal

kuchlanishi  $U_{u.nom}$  dan kichikroq bo'lishi kerak hamda o'rnatilayotgan elektr zanjirining maksimal ishlash toki  $I_{ish.mak}$  uzgichning nominal elektr toki  $I_{u.nom}$  dan kichikroq bo'lishi kerak:

$$U_{um} \leq U_{u.nom}, \quad U_{ish.mak} \leq U_{u.nom} \quad (3.2)$$

O'zgaruvchan tokli yuqori kuchlanish uzgichlar quyidagi guruhlarga bo'linadi: havo uzgichlari; moyli uzgichlar; elegazli uzgichlar va vakuumli uzgichlar.

### 3.3. Havo uzgichlari

Havo uzgichlarda elektr yoyi siqilgan havo oqimi yordamida so'ndiriladi. Tok o'kazuvchi qismlarning izolatsiyasi esa chinni, shisha, polimer yoki boshqa qattiq izolatsiyalovchi materiallar qo'llab bajariladi.

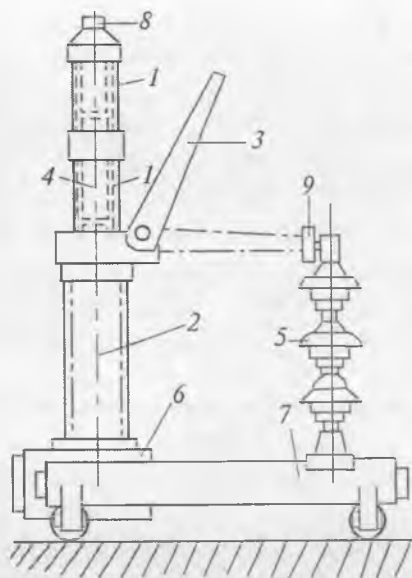
Havo uzgichlarining afzalliklari: yong'in va portlashga xavfsiz, tez ishlashi, yuqori uzish qobiliyatiga egaligi, tez ishlovchi avtomatik qayta ulash (АПВ) ni amalga oshira olishi, yoy so'ndiruvchi kontaktlarning kam yeyilishi, tashqariga va ichkariga o'rnatishga yaroqliligi, tannarxining nisbatan arzonligi, ta'mirlash qulayligidir.

Havo uzgichlarning kamchiliklari: kompressor qurilmasi bo'lishining zarurligi, qator detal va qismlar konstruksiyasining murakabligi, qimmatliligi.

Havo uzgichlarida elektr yoyi maxsus yoy o'chiruvchi qurilma (ДУ – дугогасительные устройства)larda o'chiriladi. ДУlar ichida yoy ustuniga katta tezlik bilan harakatlanuvchi havo oqimi bilan purkab, yoy o'chiriladi.

41-rasm da 110 kV kuchlashga mo'ljallangan ajratkichli havo uzgichining umumiy ko'rinishi keltirilgan.

Jihozning tagida boshqaruv qutisi (6), siqilgan havo to'ldirilgan gilof-bak (7) o'rnatilgan. Uzgich tashqi ochiq rezistiv bo'lgich (5) ga ega. Uzgichda ikkita yoy o'chirish qurilmasi (1) va ajratkich pichoq (3) bo'lib, ular chinni izolator (4) ga o'rnatilgan va izolator (2) yordamida yerdan izolatsiyalangan. Izolator (2) ning ichida yoy o'chirish qurilmasini siqilgan havo bilan ta'minlovchi asosiy havo uzatkichi va ajratkich pichoq (3) ning harakatini ta'minlovchi yordamchi havo uzatkichi joylashtirilgan. Yoy o'chirishni sifatli



41-rasm. ■ 110 kV kuchlanishga mo'jallangan ajratkichli havo uzgichining umumiy ko'rinishi.

bajarish uchun yoy o'chirish qurilmasida o'rnatilgan kontakt (4) lar oralig'ining uzunligi optimal miqdorda olinadi. Bu oraliq tiklanuvchi kuchlanishni ushlab qolishga o'ziga o'ziga bo'lib, kontakt (4) zanjiri uzilgach, ajratkich pichoq (3) ham zarur elektr mustahkamlikni ta'minlovchi masofaga ko'tariladi. Shundan so'ng kontakt (4) qayta ulanadi.

Uzgichning ulanishi ajratkich pichoq (3) yordamida bajariladi. Uzgichga kuchlanish kontakt (8) orqali kirib, kontakt (9) orqali chiqib ketadi.

Tashqi ochiq havoda ishlovchi uzgichlar yomg'ir, qor va muzlash kabi tabiat sharoitlarida ishonchsiz ishlashi sababli zarur bo'lganda yopiq jihozlardan foydalanishga to'g'ri keladi.

42-a rasmda kuchlanishi 110 kV bo'lgan yopiq havo uzgichining umumiy ko'rinishi keltirilgan. Jihozning nominal toki 2000 A, o'chirish toki 31,5 kA, to'la o'chirish vaqti 0,06 soniya, to'la ulash vaqti 0,2 soniya, nominal bosim 2,0 MPa.

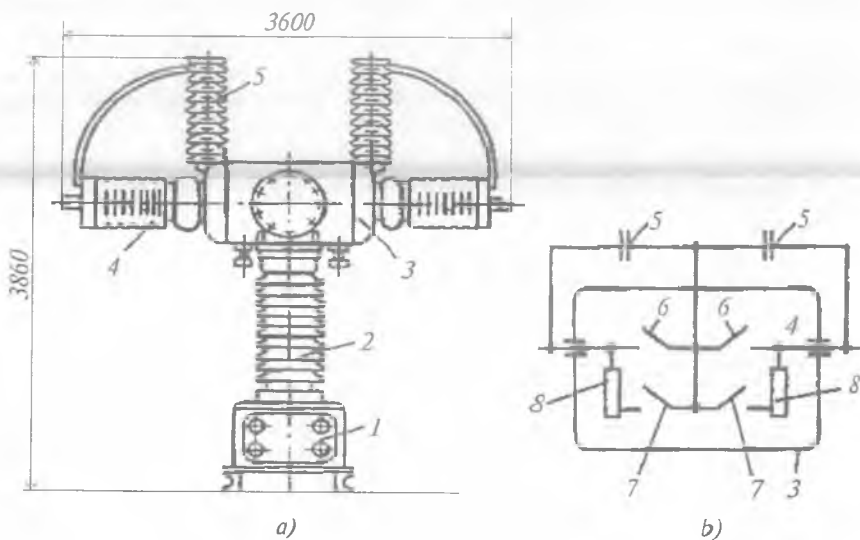
Jihozning tagida boshqaruv qutisi (1) va siqilgan havo to'ldirilgan yordamchi g'ilof-bak o'rnatilgan. Asosiy po'lat g'ilof-bak (3) tayanch

izolatori (2) ning ustiga joylashtirilgan. Asosiy g'ilof-bak (3) ning ichida ikki juft uzish kontaktlari va ikkita shuntlovchi rezistorlar o'rnatilgan. Jihozning kirish va chiqish polyuslari chinni pokrishkalar (4) yordamida o'rnatib qo'yilgan. Pokrishkalar (4) ichida epoksiddan yasalgan kirma izolatorlar joylashtirilgan. Juft kontaktlar orasida kuchlanishni teng taqsimlash uchun kondensatorlar (5) dan foydalanilgan. 42-b rasmda jihazning elektr sxemasi keltirilgan.

Uzgichda nominal tok va qisqa tutashuv toklari asosiy kontaktlar (6) dan o'tadi. Asosiy kontaktlar (6) ga parallel ravishda yordamchi kontaktlar (7) o'rnatilgan. Yordamchi kontaktlar (7) shuntlovchi rezistorlar (8) bilan ta'minlangan.

Shuntlovchi rezistor (8) qarshiligi 2x200 Om dan tuzilgan. Oradan  $0,03 \pm 0,035$  soniya o'tgach, kontaktlar (7) ham uziladi. Bunda uzish tokining qiymati rezistor (8) ning qarshiligi bilan belgilanadi va kichikroq tok o'chiriladi. Tokning bunday ikki bosqichli o'chirilishi jihaz ishini o'chiriluvchi zanjirda kuchlanish tiklanishi bilan bog'lanishdan holi qiladi.

O'chirishga o'chirish buyrug'i berilgach, avvalo, kontaktlar (6) uziladi va hosil bo'lgan elektr yoyi havo oqimi bilan puflab o'chiriladi.



42-rasm. 110 kV kuchlanishli yopiq havo uzgichi.

### 3.4. Moyli uzgichlar

Moy to'ldirilgan g'ilof-bakli uzgichlarda moy elektr yoyini so'ndirish va tok o'tkazuvchi qismlarni izolatsiya qilish uchun xizmat qiladi. 10 kV kuchlanishgacha va 35 kV gacha bo'lgan uzgichlarning ba'zi turlarida uzgichlarning barcha fazalari bitta g'ilof-bakka joylashtiriladi, kattaroq kuchlanishlarda har bir faza uchun alohida g'ilof-bak ko'zda tutilgan bo'ladi.

Moy to'ldirilgan g'ilof-bakli uzgichlar yoy so'ndirish qurilmalarining ishlash prinsipi bo'yicha 3 ta guruhga bo'linadi:

– avtopuflashli, bunda gazning yuqori bosimi va katta harakat tezligi yoyning energiyasi yordamida hosil qilinadi;

– majburiy moyli puflashli, bunda kontaktlarning ajralish joyiga gidravlik mexanizm yordamida moy haydab beriladi;

– moyda magnitli so'ndirish, bunda elektr yoyi magnit maydon ta'sirida tor tirqishlarga tortilib so'ndiriladi.

Moyli uzgichlarning afzalliklari: konstruksiyasi sodda, yuqori uzish qobiliyatiga ega, tashqariga o'rnatishga yaroqli.

Moyli uzgichlarning kamchiliklari: yong'in va portlashga xavfli, moy darajasini doimiy nazorat qilib turish kerakligi, katta moy zaxirasining zarurligi, metall sarfining kattaligi, katta og'irlikka egaligi hamda tashish, montaj qilish, ta'mirlash va sozlashning noqulayligi.

Kuchlanishi 6 kV dan 220 kV gacha bo'lgan energetika tizimlarida, asosan, moyli uzgichlardan foydalaniladi. Ular ikki asosiy guruhga bo'linadi: transformator moyi elektr yoyini o'chirish hamda zarur izolatsiyani ta'minlovchi omil; transformator moyi faqat elektr yoyining o'chirishni ta'minlovchi omil, ya'ni kam moyli uzgich.

Moy uzgichlari tuzilishi bo'yicha katta va kichik turiga bo'linadi.

**Katta hajmli yoki yon tomonli moy uzgichlarida** moy gaz generatsiya qiluvchi muhit xizmatini qilib, shu bilan birga o'chirilgan holatida turg'un va harakatchan kontaktlarni yerlangan metall g'ilof-korpusdan izolatsiyalovchi muhit xizmatini qiladi. Bunday uzgichlar 110 kV va 220 kV tashqi taqsimlovchi qurilmalari  $RU$  larda qo'llaniladi. Jumladan, U-110-2000-40 uzgichi nominal kuchlanishi  $U_{nom}=110$  kV, nominal o'tish toki  $I_{nom}=2000$  A, maksimal uzish toki  $I_{a,max}=40$  kA.

**Kam moyli uzgichlarda** moy faqat gaz generatsiya qiluvchi muhit xizmatini bajaradi. Turg'un va harakatchan kontaktlarni bir-biridan hamda yerlangan metall g'ilof-korpusdan izolatsiyalash uchun qattiq izolatsiyalovchi materiallar: stekloplastik, tekstolit, chinni, shisha va boshqalardan foydalaniladi.

Kam moyli uzgichlar yopiq va ochiq taqsimlash qurilmalarida keng tarqalgan. Moy bu uzgichlarda, asosan, yoy so'ndirish muhiti sifatida xizmat qilib, ajratilgan kontaktlarni qisman izolatsiyalash uchun ham ishlatiladi.

Kam moyli uzgichlarning afzalliklari: moy hajmining kamligi, nisbatan kichik og'irlikka egaligi, turli xil kuchlanishlarga ishlab chiqarish imkoniyati borligi.

Kam moyli uzgichlar kamchliklari: yong'in va portlashga xavfliligi, tez ishlovchi avtomatik qayta ulash (АПВ) tashkil etib bo'lmazligi, moyni tez-tez nazorat qilib, uni almashtirib turish zarurligi, nisbatan kichik tokni uzish qobiliyatiga egaligi.

43-rasmda БМП-10К kam moyli uzgichining tuzilishi va 44-rasmda shunday uzgichlarning tortuvchi podstansiyaning taqsimlash qurilmasida o'rnatilishi ko'rsatilgan. БМП-10К uzgich kichik hajmli, osma komplekt taqsimlash qurilma (КРУ) larga mo'ljallangan bo'lib, ichki holatda o'rnatiladi. Belgilanishi: V – uzgich (включатель); М – kichik hajmli (малообъемный); Р – osma (подвесной), kuchlanishi – 10 kV, К – komplekt taqsimlash qurilmalari uchun; nominal uzish toki – 20 kA, zanjirni uzish vaqti – 0,14 soniya, ya'ni tokning 7 – davri.

43-rasmdagi rama (1) ning ikki chekkasidagi ugolniklar orasida o'q (val) (4) erkin aylanuvchi holatda turadi. Unga uchta ikki yelkali richaglar (3) payvandlangan. Har bir richagning tepa uchi o'chiruvchi prujina (2) bilan bog'langan bo'lib, past uchi esa izolatsiyalovchi tortgich (11) orqali richag (12) bilan bog'langan. Shu richag (12) harakatchan kontakt (33) ni harakatga keltiradi.

Uzgichni ulash uchun richag (12) soat mili yurishiga qarshi tomonga buriladi, unda harakatchan kontakt (33) pastga yurib, turg'un kontakt (29) ning prujinalangan lameli (23) ga kiradi va oxiri turg'in kontakt (29) ga tegib-taqalib to'xtaydi. Ulash jarayoni yuritma (13) bilan o'q (4) ni taxminan 120° ga burganda sodir bo'ladi. (14) o'qning burilish harakati o'q (4) ga tortgich (16)

bilan ulangan richag (15) yordamida bajariladi. Kontaktlar (29) va (33) ning o'zaro tutashishi bilan bir vaqtda o'chiruvchi prujina (2) tortiladi, kinetik energiyani zaxiralaydi. Bu kinetik energiya keyinchalik uzgichni uzish imkonini beradi. Prujina (2) tortilgan holatda ushlab turilishini yuritma mexanizmi ta'minlaydi. Kontaktlarning tutashishida ularni ishdan chiqaruchi qattiq zarb bo'lmasligi kerak. Buni prujinali demfer (5) ta'minlaydi.

Harakatchan qismning uzish harakat tezligi ulash harakat tezligidan ancha kattaroq bo'lishi kerak. Ulashda tezlikni kamaytirish moy tinchlatgich, ya'ni demfer (9) yordamida bajariladi.

Uzgichning har bir idishi (8) uch qismdan tashkil topgan: pastki qism – turg'un kontakt (29) birlashtirilgan metall asos, qorin (31) bilan ta'minlangan stakan (30); o'rtadagi qism – izolatsiyalovchi stekloepoksid (22) bo'lib, unga yoy o'chiruvchi kamera (25) o'rnatilgan; tepadagi qism – metall flanes (34) va korpus (19) bo'lib, unga harakatchan kontakt (33) o'rnatilgan.

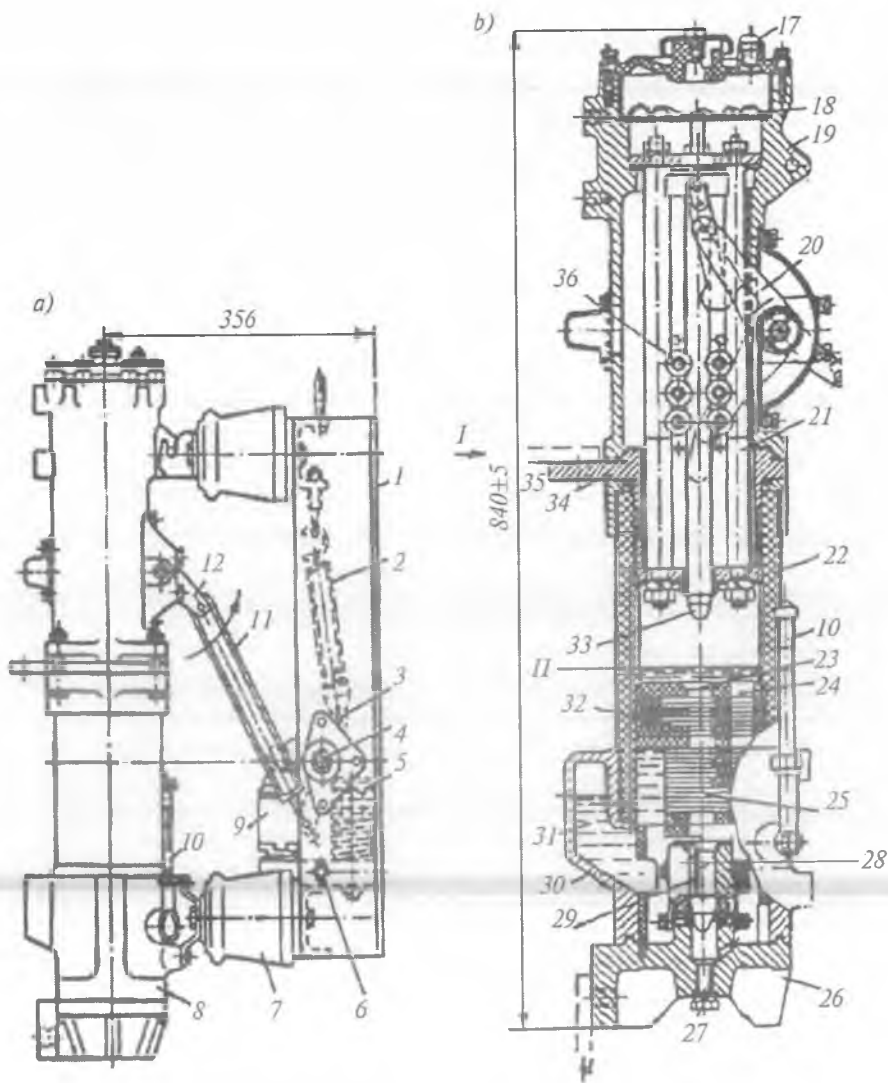
Kontakt tayoqchalari (21) dan elektr toki roliklar (36) yordamida harakatchan kontakt (33) ga beriladi. Harakatchan kontakt (33) richag (20) yordamida yurgaziladi.

Elektr tokining kelishi kontakt tayoqchalari (21) ga flanes (34) orqali bajarilsa, tokning chiqishi turg'un kontakt (29) dan asos (26) orqali bajariladi. Tok beruvchi (35) va tok oluvchi (28) shinalar detallar (34) va (26) ning teshikchalariga birlashtiriladi.

Uzgichning normal ishlashi moy sathi chiziq (I) da, ya'ni moy o'chiruvchi kamera (25) dan baland va harakatchan kontakt (33) ning uzilgan holatida turishidan pastda bo'lganda ta'minlanadi. Moy sathi moy ko'rsatkich (10) orqali nazorat qilinadi. Moydan namuna olish va uni tushurib yuborish uchun vint (27) o'rnatilgan. Moy miqdori 4,5 litr bo'lib, to'ldirish yuqoridagi vint (17) teshigidan bajariladi.

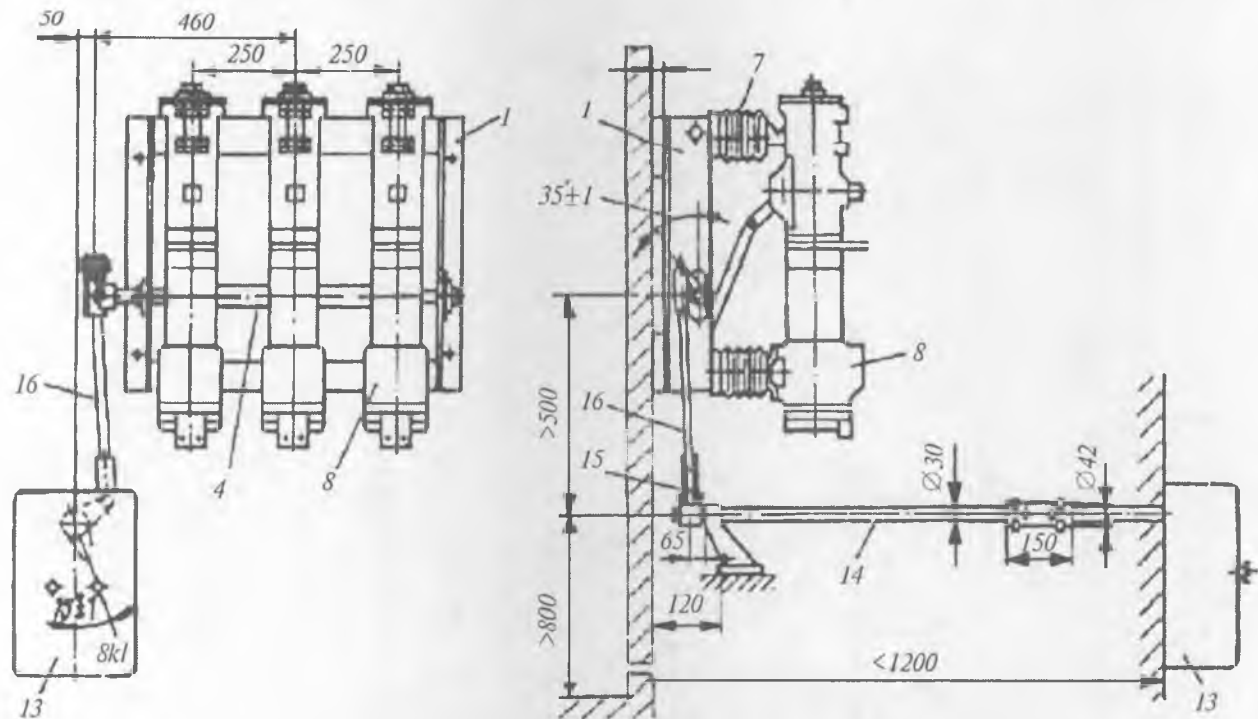
Uzgichning yerlangan tagligi po'lat rama (1) shaklida bajarilgan bo'lib, komplekt taqsimlovchi qurilma (KPY) larning panjarasiga birlashtirishga mo'ljallangan. Uchta quvursimon idish (8) uch fazali tokning uch qutbi bo'lib, rama (1) ga izolatorlar (7) yordamida birlashtirilgan. Ular parallel qator shaklda o'rnatilgan.

45-a rasmda 110 kV kuchlanishli МКП-110М kam moyli uzgich bir fazasining kesimi keltirilgan [13].

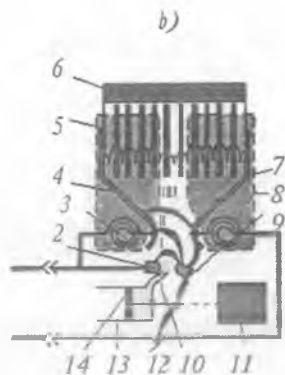
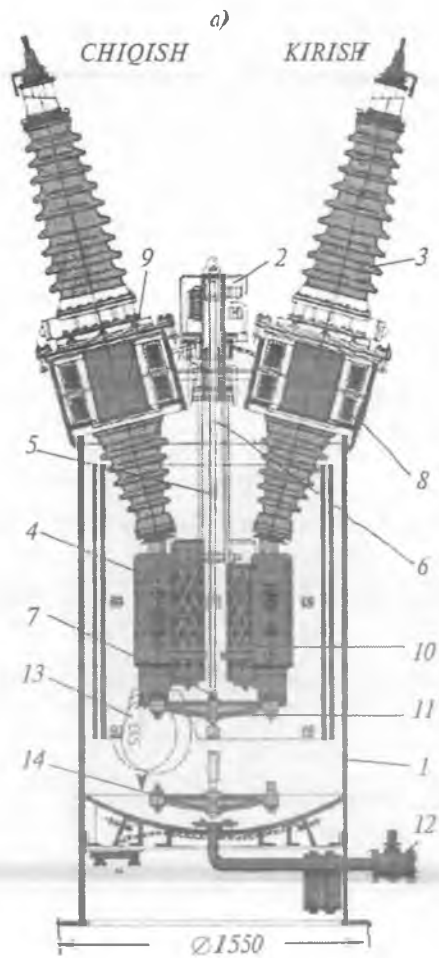


43-rasm. BMII-10K uzgichi:  
 a – ulangan va b – uzilgan holati.





44-rasm. BMPI-10K uzgichining o'rnatilishi.



45-rasm. Moyli (a) va elektromagnit (b) uzgichlar:

- 1 – metall idish-g'ilof-bak; 2 – yuritma mexanizmi;
- 3 – MVP turidagi yuqori kuchlanishli kirma izolatorlar;
- 4 – elektr yoyini o'chiruvchi kamera; 5 – tayog'cha-shtanga;
- 6 – yo'naltiruvchi qurilma; 7 – traversa; 8 – tok o'lchov transformatori;
- 9 – kontaktlar bloki; 10 – idish-g'ilof-bakning izolatsiyasi;
- 11 – shuntlovchi rezistor; 12 – moy chiqarib yuboruvchi jo'mrak;
- 13 – xizmat lyuki-tirqishi; 14 – moyni isituvchi qurilma tasvirlangan.

### 3.5. Vakuumli uzgichlar

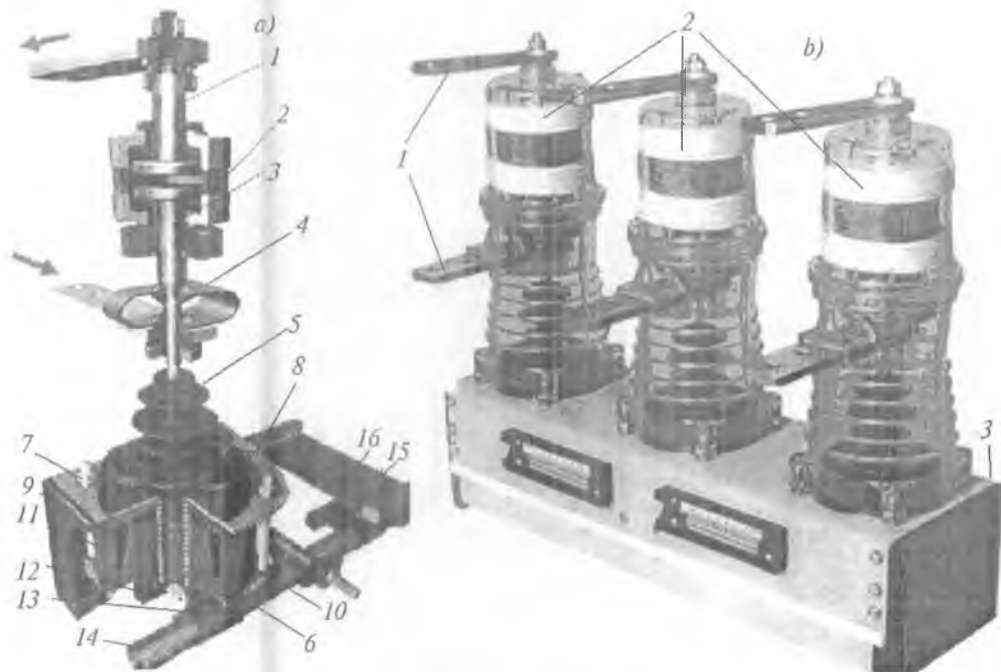
**Vakuumli uzgichlarning** afzalliklari quyidagilardir: nominal toklar va qisqa tutashuv toklarini komutatsiya qilishda kontaktlarning yuqori ishqalanib yemirilishiga chidamliligi; elektr yoyidan keyingi elektr chidamliligining katta tezlikda tiklanishi; katta agressiv muhitda ishlaganda ham portlab ketish va o't olib ketishga xavfsizligi; atrof-muhit harorati katta oraliqda o'zgarishiga chidamliligi ( $-70^{\circ}\text{C}$  dan  $+200^{\circ}\text{C}$  gacha); elektr apparatlarda vakuumli uzgichni xohlagan holatda, ya'ni tik-vertikal, yotiq-gorizontol, og'ma burchakli, o'rnatish mumkinlik imkoni; juda katta tezlikda ishlashi, chunki harakatdagi kontaktning yurish masofasi kichik, ya'ni bir necha mm ekanligi va harakat qiluvchi qismlar massasining kichikligi yoki harakat massa inersiyasining kichikligi; ekspluatatsiyada kapital xizmat ko'rsatish va ekspluatatsiya xarajatlarining kamayishi; atrof-muhitni ifloslashning umuman yo'qligi hamda shovqinsiz ishlashi.

O'rtacha kuchlanishda ishlaydigan vakuum uzgichlarini ishlab chiqarish miqdori uzgichlarning umumiy soniga nisbatan Yaponiyada 50÷60% ni, Buyuk Britaniyada 30÷40% ni, AQSHda 20÷30% ni tashkil qilib, tezda o'sib borish ehtimoli katta. Vakuumli kommutatsion jihozning boshqalaridan farqi shundaki, vakuumda yoy kichik toklarda umuman yonmaydi. Bu kichiklik ma'lum bir chegaraviy qiymatgacha bo'ladi. U, asosan, kontakt materialiga bog'liqdir.

Vakuumli uzgich yuritgichiga quyidagi shartlar qo'yiladi: ulash jarayonida harakatlanuvchi kontaktning o'rtacha tezligi  $v = 0,5\div 1,5$  m/s bo'lishi; o'chirish jarayonida  $v = 0,8\div 3,8$  m/s bo'lishi; o'tuvchi tok miqdori 40–100 kA bo'lganda elektrodlardagi kontakt bosimi 1000÷4000 N bo'lishi talab qilinadi.

46-rasmda BB/TEL turiga tegishli vakuumli uzgich qutbning kesimi o'chirilgan holatda tasvirlangan. 46-b rasmda BB/TEL turiga tegishli vakuumli uzgichining tashqi ko'rinishi keltirilgan [43].

Vakuumli uzgich KV-1,14 (kontaktor)ning tok himoyasida mikroprotessor boshqaruvli bloki mavjud bo'lib, o'zgaruvchan tok zanjirini o'chirib-yoqishga, ya'ni kommutatsiyalashga mo'ljallangan. Zanjirning nominal kuchlanish miqdori 140 V bo'lishi mumkin.



46-rasm. BB/TEA vakuum uzgichi:

a – uzgich qutbning kesimi o‘chirilgan holatda; 1 – VDK ning turg‘un kontakti; 2 – vakuumli yoy so‘ndiruvchi kamera VDK; 3 – VDK ning harakatchan kontakti; 4 – shina mahkamlagich; 5 – tortuvchi izolator; 6 – qisib beruvchi prujina; 7 – o‘chiruvchi prujina; 8 – tepa qopqog‘i; 9 – g‘altak; 10 – halqasimon magnit; 11 – yakor; 12 – yakor vtulkasi; 13 – figurali kulachok; 14 – val-o‘q; 15 – o‘zgarmas magnit; 16 – tashqi yordamchi zanjirlar uchun o‘tatezkor kontaktlar-gerkonlar; b – uzgichning tashqi ko‘rinishi; 1 – tok ulash kontaktlari; 2 – uzgich qutblari; 3 – yuritmal shkaf.

Mazkur ulagich temir yo'l transporti hamda quvur orqali uzatish transportidagi og'ir sharoitda ishlaydigan elektr jihozlarini boshqarishda qo'llaniladi. Bundan tashqari, elektroenergetika va neftgaz metallurgiya sohasida qo'llash ko'zda tutilgan. Mikrop-rotessorli boshqaruv bloki ulagichning qisqa tutashuv toki va fazalar nosimmetriyasi tokidan qo'shimcha himoyalashni ta'minlab beradi.

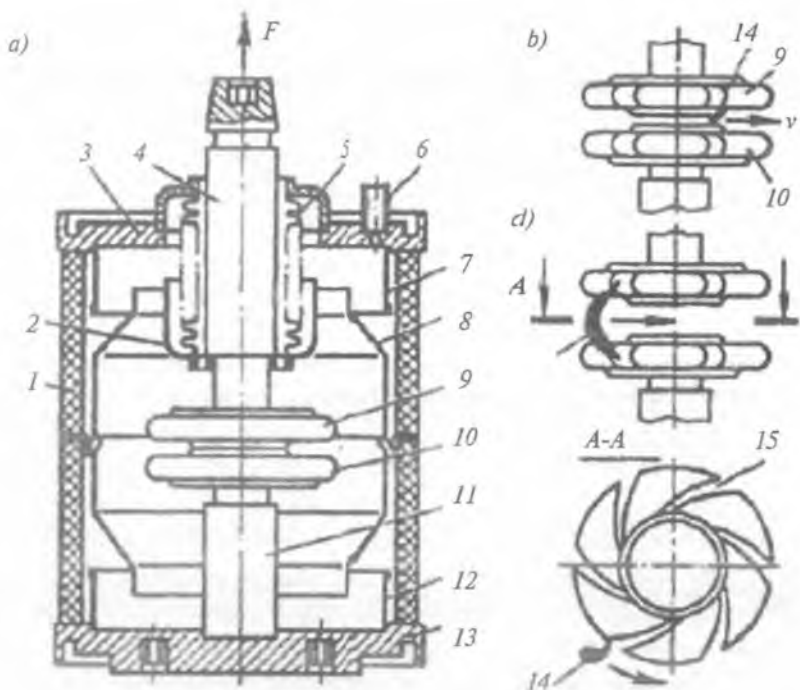
Vakuumli uzgich (ZAN) ichki qurilmalarda qo'llanishga mo'ljallangan bo'lib, 20 kA miqdorigacha nominal tokni uzish imkoniga egadir. Elektr zanjirlarida normal va avariya rejimida elektr tokini uzish uchun ishlatilishga mo'ljallangan. Bundan tashqari, 2KBE-6 belgili yuqori kuchlanishli tarmoqlagich shkaflarda va KRU hamda KRUN yacheyklarda ishlatiladi.

Vakuumli uzgich VBKE-10 prujina yuritkichlik seriyali elektr zanjirlaridagi normal va avariya rejimlarida nominal kuchlanishi 10 kV, chastotasi 50 Hz, nominal toki 20 kA va 31,5 kA bo'lgan uch fazali o'zgaruvchan tok tarmog'ini kommutatsiyalashga mo'ljallangan.

O'zgaruvchan tokli 27,5 kV tortuvchi podstansiyalarga mo'ljallangan vakuumli uzgich BBΦ-27,5 da KDV-10-1600-20UXL2 vakuum kamerasi qo'llaniladi. U ikki seksiyali izolatsiyalovchi keramik stakan (1) shaklida bo'lib, metall flanslar (3) va (13) bilan kavsharlab germetik zich ulangan (47-rasm).

Pastki flanes (13) ga qo'zg'almas kontakt (10) tok kirishi (11) orqali mustahkam o'rnatilgan. Yuqorigi flanes (3) ga harakatchan kontakt (9) gofrlangan silfon (5) bilan germetik kavsharlab o'rnatilgan bo'lib, tok qirmasi (4) orqali tashqariga chiqarilgan. 46-a rasmda o'chirgich kontaktlari 9 va (10) ulangan holatda hamda 47-b va 47-d rasmlarda mazkur kontaktlar ajratilgan holatda ko'rsatilgan.

Kontaktlar ajralish — elektr zanjirini uzish vaqtida ularning oralig'ida elektr yoyi (14) yonadi. Kamera (1) ning izolatsiyalovchi sirtiga yoy paydo qilgan erigan metall zarrachalarining sachrovidan asrash uchun metall ekranlar (7), (8) va (12) o'rnatilgan. Ulardan (7) va (12) ekranlar yuqori kuchlanishli bo'lib, ekran (8) yerlangandir. Ekran (2) esa gofrlangan silfon (5) sirtini yoy eritib yuborishidan muhofazalash uchun o'rnatilgan. Kamera (1) yasalish jarayonida unga maxsus vakuum-issiqlik ishlovi beriladi va naycha (6) orqali ichidagi havo so'rib olinadi. Kamera ichida bosim  $10^{-2}$  Pa



47-rasm. BBΦ-27,5 vakuumli uzgich kamerasing tuzilishi:

- a – vakuum kamerasi; b – kontaktlar orasida elektr yoyining harakat yoʻnalishi; d – oʻchirishdagi yoy; 1 – kamera; 2 – ekran; 3, 13 – metall flanslar; 4 – tok qirmasi; 5 – silfon; 6 – naycha; 7, 8, 12 – metall ekranlar; 9 – harakatchan kontakt; 10 – qoʻzgʻalmas kontakt; 11 – tok kirishi; 14 – elektr yoyi; 15 – spiralsimon shakl.

katta boʻlmagan vaqtda naycha (6) germetik kavsharlab yopiladi. Shuning uchun ham kamera ichida undan foydalanish davrida yetarli vakuum boʻladi. Silfon (5) orqali harakatchan kontakt (9) ga tashqi atmosfera havo bosimi taʼsirida kontaktlar normal holda oʻzaro ulangan boʻladi. Ularni ajratish uchun harakatchan kontakt (9) ga uzguvchi prujinaning  $F_{pr}$  kuchi beriladi. Silfon (5) gofirlari qisilib, kontakt (9) yuqoriga koʻtariladi va harakatchan kontakt (9) turgʻun elektron (10) dan ajratiladi. Kontaktlar tokli elektr zanjirini uzib, ajralish vaqtida oxirgi kontakt nuqtasida erigan metall bugʻidan yoy koʻprigi hosil boʻladi.

Yoy ichidagi bosim atrofdagi vakuumdan ancha yuqori bo'ladi. Shuning uchun metallning bug'lari katta tezlikda kamera hajmi bo'ylab tarqalib ketadi. O'zgaruvchan tok nol qiymatidan o'tishida yoy kanalining elektr o'tkazuvchanligi shiddatli kamayib, birinchi yoki uzog'i bilan ikkinchi noldan o'tishida kontaktlar (9) va (10) oralig'ining elektr mustahkamligi katta 5+50 kV/mks tezlik bilan tiklanib ulguradi. Kamera orqali tok o'tishi o'chiriladi. Tok ikki noldan o'tish vaqtida o'chmasa, bunday vakuumli uzgich ishdan chiqqan hisoblanadi. U sxemadan olib tashlanadi. 38-d rasmda keltirilgan kontaktlarning bir necha spiralsimon shaklli tilimlari (15) ko'zda tutilgan bo'lib, o'chirish jarayonida yongan elektr yoyi (14) magnit maydoni va spiral tilim bo'ylab yoyning aylanishi ta'sirida shu yoyning o'zini markazdan chekkaga tezda surilishiga olib keladi. Chekka qismda mazkur yoy (14) to o'chguncha qoladi. Shuning uchun ham kontaktlar (9) va (10) ning asosiy ishchi sirti yemirilmaydi. Natijada ishchi sirt uzoq muddat o'z shaklini saqlab qola oladi.

Vakuum muhiti juda yuqori elektr mustahkamlikka ega bo'lganligi sababli harakatchan kontakt (9) faqat 10+14 mm masofaga yuradi, xolos. Vakuum uzgichning boshqa ko'rsakichlari: nominal kuchlanishi — 10 kV; eng katta ishchi kuchlanishi — 12 kV; nominal tok 1600 A; qisqa tutashuv toki — 20 kA; (4) sekundli issiqlikka chidamliligi — 20 kA; chegaraviy tok amplitudasi — 70 kA, chegaraviy ulash toki — 51 kA; ishlash temperaturasi — 60 dan +45 °C. Zamonaviy yangi texnologiyalarning qo'llanishi vakuum kamerasing kuchlanishini 10 kV va 35 kV hamda kommutatsiya tokini 200 A va 4000 A ga olib chiqish imkonini beradi. 110 kV va 220 kV kuchlanishga uzgich loyihalashda har bir fazada bir necha vakuum kameralarni ketma-ket kaskad shaklida ulashdan keng foydalaniladi.

Vakuumli uzgich BFCO-27,5 ichki qurilmalarda ishlatiluvchi kuchlanishi 27,5 kV bo'lgan o'zgaruvchan tokli tortuvchi podstansiyalarning fiderlar blokini komplektlashda va temiryo'l uchastkalaridagi parallel ulanuvchi kontakt tarmog'ining punktlarida qo'llashga mo'ljallangan. Ulagich prujinali yuritgich bilan ta'minlangan bo'lib, ulaguvchi prujinaning taranglanishi elektromagnit yordamida bajariladi. Ulash, uzish, va prujinani taranglash elektro-

magnitlari 220 V o'zgaras (to'g'rilangan) tokli kuchlanishda ishlaydi. Vakuimli uzgich (BEC) ichki qurilmalarda ishlatiluvchi 35 kV nominal kuchlanishli uch fazali o'zgaruvchan tok tarmoqlaridagi elektr zanjirlarni normal va avariya rejimlarida kommutatsiyalashga mo'ljallangan.

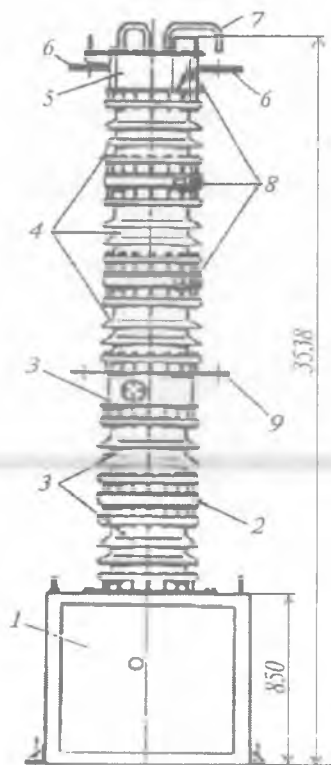
Uzgich ko'p kommutatsiyalanuvchi elektroenergetikada, elektr yo'ly va boshqa elektr qurilmalarida qo'llaniladi. Kommutatsiya o'takuchlanishini kamaytirish uchun uzgichda fazalarning boshqa-boshqa o'chirilishi ko'zda tutilgan.

BBΦ-27,5 uzgichining tayanchi sifatida shkaf (1) xizmat qiladi. Shkaf (1) da PE-11 turidagi elektromagnit yuritma joylangan. Uchta vakuum kamera modullari bir-birining ustiga ketma-ket joylashtirilgan bo'lib, ustiga ichi bo'sh silindrsimon izolator (4) kiygizilgan (48-rasm).

Izolatorlar (4) biriktiruvchi qismlar (10) bilan sovuqqa chidamli rezinka halqalari qo'yib o'zaro biriktirilgan. Metall korpusi (3) da richaglar tizimi joylangan bo'lib, ular izolatsiyalangan tortgich yordamida yuritma harakatini uchala kameraning harakatchan kontaktlariga yetkazib beradi.

Shkaf (1)ning vakuum kameralardan izolatsiyasi jihoz izolatori (2) yordamida ta'minlanadi. Uzgich korpusi ichida namlik kondensatsiyasini yo'qotish uchun yuqorida o'rnatilgan qopqoq (5) ga ventilatsiyalovchi quvurcha (7) biriktirilgan.

O'chirgich klemmlar (6) va (9) orqali yuqori kuchlanishli himoyalovchi elektr zanjiriga ulanadi. Uzgichdan foydalanish davrida vakuum kamera ichiga joylashgan kontaktlarning holatini kuzatish uchun uchta oynali lyuklar (8) ko'zda tutilgan.



48-rasm. BBΦ-27,5 uzgichining tashqi ko'rinishi.



Uzgich ББС-35 ichki qurilmalarining 35 kV sinfidagi har qanday uzgichning o'rniga ishlatilishi mumkin.

ББС-110 vakuumli uzgichi ichki qurilmalarda ishlatiluvchi nominal kuchlanishi — 110 kV chastotasi — 50/60 Hz bo'lgan uch fazali o'zgaruvchan tok tarmoqlaridagi elektr zanjirlarini normal va avariya rejimlarida kommutatsiyalashga mo'ljallangan.

Uzgich elektr energetika, temiryo'l transporti va sanoatdagi yopiq taqsimlovchi qurilmalarda hamda metallurgiyada elektr yoyli ko'plab eritish qozonlari transformatorlarini ulash-o'chirish bilan kommutatsiyalashda qo'llaniladi. Ulagich, ichiga o'rnatilgan va har bir qutbni, ya'ni polyusni, alohida boshqaruvchi elektromagnit yuritmasiga ega.

### 3.6. Elegazli uzgichlar

Elegaz  $SF_6$  sera geksoftorid inert gazlardan bo'lib, uning zichligi havodan 5 marta katta; elektr mustahkamligi  $E_p=72$  kV/sm, ya'ni havonikidan 2÷3 marta katta; qaynash harorati  $T_{kip}=-62^\circ C$ ; dielektrik singdiruvchanligi  $\epsilon=1,00191$ .

Elegazli uzgichlarda siqilgan gaz puflab yoy o'chirish usuli qo'llaniladi va yopiq gaz tizimini tashkil qiladi, ya'ni gaz atmosferaga chiqarilmaydi.

Ikki tomonlama gaz puflash usuli samaraliroq bo'lib, zamonaviy elegaz uzgichlarida modullangan yoy so'ndirish kameralari qo'llaniladi, jumladan, ular 110 kV kuchlanishgacha bir kamerali bajarilsa, 220 kV uchun ikki kamerali va 500 kV uchun to'rt kamerali bajariladi.

Elegazli uzgichlarning afzalligi: o'chirish darajasi yuqori; yoy so'ndiruvchi kontaktlar kam yemiriladi; ichki va tashqi qurilmalarda ishlay olishi; yong'in va portlashga bardoshligidadir. Ularning kamchiligi: elegaz  $SF_6$  qimmatligi va gaz to'ldirish, tozalash uchun maxsus gaz tizimining zarurligidadir. Elegaz  $SF_6$  juda ham zaharli gazdir.

Chinni g'ilof (26) ning ichi ishchi siqilgan gaz, ya'ni 85÷95% azot  $N_2$  va 5÷15% elegaz  $SF_6$ , bilan to'ldirilgan va uning ichidagi bosim atmosfera bosimidan 5÷10 marta kattaroq ta'minlanadi.

### 3.7. Elektromagnit uzgichlar

Elektromagnit uzgichlarda elektr yoyi magnit maydon ta'sirida yoy so'ndiruvchi kameraning tirqishlariga tortilib so'ndiriladi.

Elektromagnit uzgichlarning afzalliklari: yong'in va portlashga xavfsizligi, yoy so'ndiruvchi kontaktlarning kam yeyilishi, tez-tez ulash va uzish sharoitlarida ishlashga yaroqliligi, nisbatan yuqori uzish qobiliyatiga egaligi.

Elektromagnit uzgichlarning kamchiliklari: magnit puflash tizimli yoy so'ndiruvchi kameraning murakkab konstruksiyasi, nominal kuchlanishning yuqori qiymatining chegaralanganligi (45-b rasm). 1 va 15 – ajratuvchi kontaktlar; 2 – turg'un kontakt; 3 va 8 – magnit puflagichning chulg'amlari; 4 va 7 yoy kengaytiruvchi shoxlar; 5 – ko'ndalang to'sqichlar; 6 – deion to'ri; 9 – harakatchan kontakt; 10 – puflash naychasi; 11 – elektr yuritma; 12 – o'q; 13 – silindr; 14 – porshen; I, II, III, IV – so'ndirish vaqtidagi yoyning holatlari.

### 3.8. Ajratkich, bo'lgich va qisqa tutashtirgichlar

**Ajratkichlar.** Taqsimlash qurilmalarida ajratkich (разъединитель)lardan yuklama uzgich yordamida uzib qo'yilgandan so'ng qurilma shinalari va bino jihozlarning ayrim qurilmalarini tok manbayidan ajratib qo'yishda foydalaniladi. Ajratkichlar bu elektr zanjirini toksiz yoki kichikroq tok bilan uzishga mo'ljallangan va sxemalarda «ko'rinadigan oraliq» hosil qilish uchun xizmat qiladigan kommutatsion jihozdir.

Taqsimlash qurilmalarining elektr zanjirlarida o'rnatilgan ajratkichlar elektr uskunalarini butun qurilmaning ishini to'xtatmasdan remont qilishga imkon beradi. Ajratkichlar bilan yuklama toklarini uzib bo'lmaydi, chunki ularda yoy so'ndiruvchi qurilmalar yo'q va yuklama toklarini yanglish uzish turg'un qisqa tutashuv hosil bo'lishiga olib keladi.

Bundan tashqari, ko'pgina taqsimlash qurilmalarda ajratkichlardan yuklamani uzmasdan operativ qayta ulashlar, masalan, zanjirlarni taqsimlash qurilmasining bitta bosh shina tizimidan

ikkinchisiga o'tkazish uchun ham foydalaniladi. Ajratkichlar bilan elektr yoyi hosil bo'lish ehtimoli bo'lgan tok zanjiri uzilmasligi kerak.

Biroq sxemalarni soddalashtirish maqsadida ajratkichlar bilan quyidagi operatsiyalarni bajarishga ruxsat etiladi:

– transformator neytrallari va yerga ulovchi reaktorlarni uzish hamda ulash;

– shinalar va barcha kuchlanish jihozlarining zaryad toklarini uzish;

– yuklama toklarini 15 A gacha 10 kV va undan past kuchlanishlarda uch qutbli ajratkichlar yordamida uzish va ulash.

Ajratkichlar bilan uziladigan tokning qiymati uning konstruksiyasiga, qutblar orasidagi masofaga, qurilmalarning nominal kuchlanishlariga bog'liqdir. Shuning uchun bunday ishlar maxsus yo'riqnomalar orqali amalga oshiriladi.

Ajratkich bilan yuklama toki uzish vaqtida uncha katta yoy hosil qilmaydigan zanjirlarnigina uzish mumkin. Masalan, ajratkichlar yordamida kuchlanish o'lchov transformatorlari va yuklamasi bo'lmaganda kuch transformatorlarini uzish mumkin. Shu bilan birga 10 kV gacha mo'ljallangan qurilmalardagi kuch transformatorlarining quvvati 20000 kV·A, kuchlanishi 110 kV gacha mo'ljallangan qurilmalardagi kuch transformatorlarning quvvati esa 31500 kV·A dan oshmasligi kerak. 35 kV va undan ortiq kuchlanishli qurilmalarda transformatorlarni uzish uchun ajratkichlar gorizontol holatda qutblari orasidagi masofani biroz uzaytirib o'rnatiladi. Ajratkichlar o'zining o'rnatiladigan joyiga ko'ra, bino ichi va tashqarida o'rnatiladiganlarga; qutblar soniga qarab bir va uch qutbli; konstruksiyasi bo'yicha, ya'ni pichoqlarining joylashishi va harakat yo'nalishiga qarab, vertikal buralma, gorizontol buralma hamda tiqilgan (shtepselli), dumalovchi, pantografik va osma tipida ishlab chiqariladi.

**Ajratkichlarga qo'yiladigan talablar:** havoda «ko'rinadigan oraliq» hosil qilishi; qisqa tutashuv toklariga elektr dinamik va termik chidamlilikka ega bo'lishi; o'z holicha uzilishlarga yo'l qo'ymasligi; og'ir sharoitlarda (yomg'ir, qor, shamol, Orol bo'yida tuz zarrachali chang bilan ifloslanish) ham uzish va ulash ishlarini aniq bajarishi.

**Ajratkichlarni tanlash.** Ajratkichlar avvalo o'rnatish kuchlanishi  $U_{o'r}$  (напряжение установки) qiymatiga qarab tanlanadi. Ajratgichning nominal kuchlanishi  $U_{nom}$  o'rnatish kuchlanishi  $U_{o'r}$  dan katta yoki unga teng bo'lishi kerak:  $U_{nom} \geq U_{o'r}$  hamda o'rnatish o'rni va konstruksiyasi e'tiborga olinadi. Ajratkichlar tok bo'yicha, xuddi shinalar kabi, quyidagi talabga qarab tanlanadi:  $I_{nom} \geq I_{max}$ , bunda  $I_{nom}$  — ajratkich nominal toki, katalog bo'yicha tanlanadi va  $I_{max}$  — ta'mir yoki avariya dan keyingi tartibda yuklamaning maksimal toki.

Tanlangan jihozlarning termik chidamliligi quyidagi shartga muvofiq tekshiriladi:

$$B_i \leq I_T^2 T. \quad (3.3)$$

bunda:  $B_i$  — hisobiy issiqlik impulsi,  $(kA)^2 \cdot s$ ; tok  $I_T$  — termik chidamlilikning chegaraviy toki, kA, katalogdan olinadi;  $T$  — chegaraviy tokning ruxsat etilgan o'tish vaqti katalogdan olinadi.

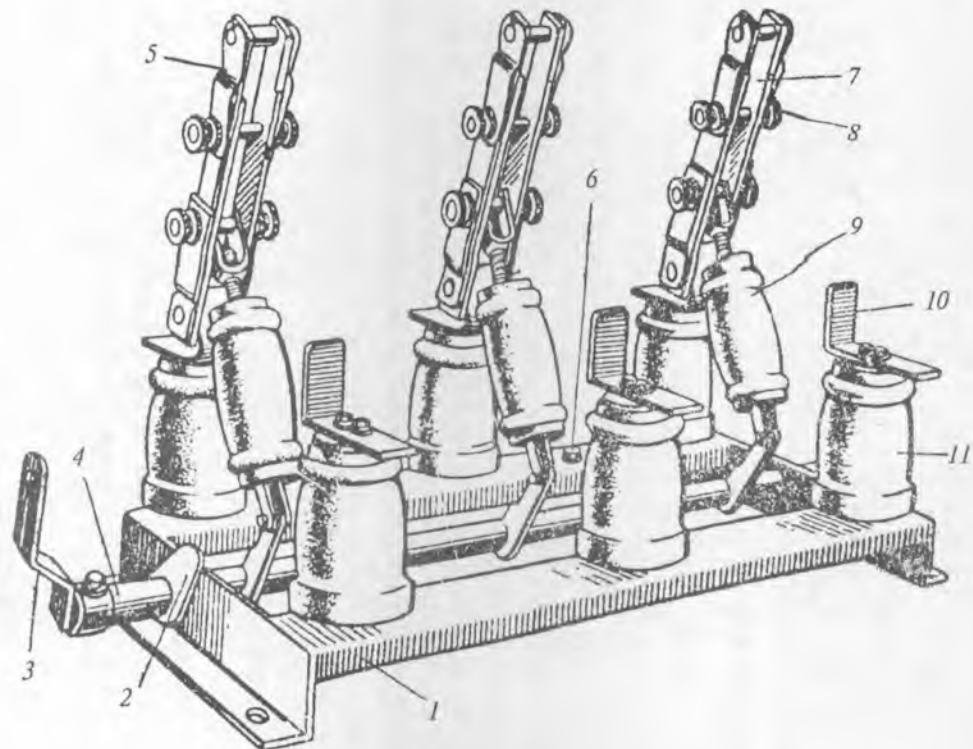
**Ichki ajratkichlar.** Bino ichida o'rnatiladigan uch qutbli va bir qutbli ajratkichlarda bir-birining orasiga kiruvchi kontaktlar bo'ladi. Bu kontaktlarning pichoqlari izolatorlar o'qi tekisligida vertikal harakatlanadi. Bino ichida o'rnatiladigan uch qutbli ajratkichlar (RV — разъединитель внутренний) harflari bilan, bir qutbli ajratkichlar esa (RVO — разъединитель внутренний однополюсный) harflari bilan belgilanadi. PB va PBO ajratkichlari 6 kV va 10 kV kuchlanishga hamda 400A, 600A, 1000 A nominal tokka mo'ljallab chiqariladi.

RV markali uch qutbli ajratkich asosi to'rtburchakli va profilli po'latdan payvandlab yasalgan (49-rasm).

Ramaga (6) ta chinni tayanch izolator (11) lar mahkamlangan. Har qaysi tayanch izolatorida qo'zg'almas kontakt ustunchasi (10) vazifasini bajaruvchi mis burchakli mahkamlangan.

Bir-biridan ma'lum masofada o'zaro parallel qilib joylashtirilgan ikkita mis plastinkadan iborat pichoqlar (7) ajratkichning qo'zg'aluvchan kontaktlari bo'lib, pichoq plastinalari kontakt ustunchalariga tegib, ularning yon qirralari bilan chiziqli birlashish hosil qiladi.

Bunda bosim kuchi prujina (8) lar yordamida hosil qilinadi. Rama bo'ylab val (4) o'tadi. Valning tashqi uchiga ishga soluvchi richag (3) shtift yordamida mahkamlagan.



49-rasm. «PB-10/600» uch qutbli ajratkichi:

- 1 – rama; 2 – tirgak; 3 – ishga soluvchi richag; 4 – val; 5 – po‘lat plastinalar;  
 6 – yerga ulash bolti; 7 – pichoq; 8 – prujina;  
 9 – chinni tortqi; 10 – qo‘zg‘almas kontakt ustunchasi; 11 – izolator.

Richag novsimon po'lat tortqi yordamida ajratkichni ulab-uzadigan yuritmaga ulangan. Valda har qaysi qutbning tayanch izolatori qarshisida richag (povodok)lar payvandlangan bo'lib, ular chinni tortqi (9) ning ostki asosiga mahkamlangan vilka bilan sharnir yordamida birlashtirilgan. Chinni tortqining ustki asosida mahkamlangan vilka pichoq (7) bilan sharnir yordamida birlashtirilgan. Val va ajratkich pichog'ining burilish burchagi valga payvandlangan tirgak (2) bilan cheklanadi.

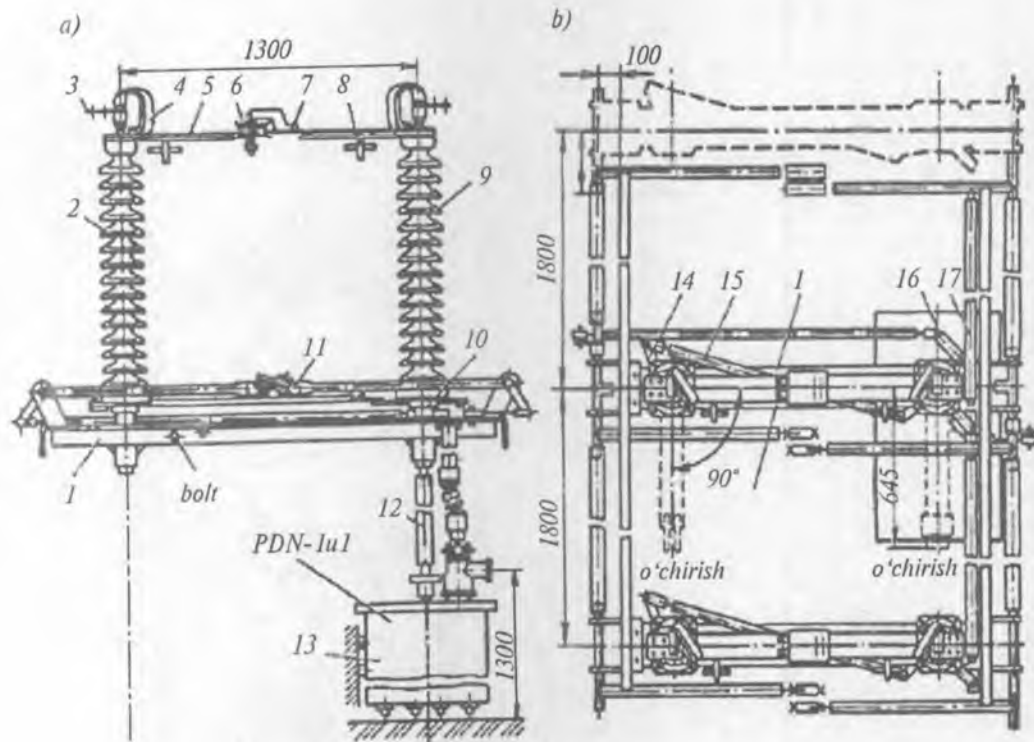
Uzgich kontaktlaridan qisqa tutashuv toklari o'tganda ularning elektrodina mik barqarorligini oshirish uchun pichoq mis plastinalarining kontakt ustunchalariga tegadigan joylari po'lat plastina (5) lar bilan qoplangan. Bu plastinalarning har jufti ombursimon magnit qulfi hosil qiladi. Qisqa tutashuv toki o'tganda magnit qulfining plastinalari bir-biriga tortilib, kontakt bosimini oshiradi.

Toki 4000A, 5000A va 6000A ga mo'ljallangan RVK ajratkichlarning pichoqlari to'rtta polosadan iborat. Har bir qo'zg'almas kontakt ikkita OMD-10 tayanch izolatorga mahkamlanadi.

**Tashqi ajratkichlar.** Tashqarida o'rnatiladigan ajratkichlarning tuzilishida ularning ochiq havoda ishlash sharoiti nazarda tutiladi: ajratkichlarning kontakt tizimlari shunday bajarilganki, kontakt tizimi yetarli darajada mexanik barqarorlikka ega bo'lib, yuritmaga uncha kuch sarf qilmasdan, izolatorlarga katta yuklama berilmasdan kontaktlarning ajraluvchi va ajratkichlarning ishqalanuvchi qismlarida hosil bo'ladigan muzlarni sindirishga imkon beradi.

Tashqarida o'rnatiladigan ajratkichlar zavodlardan alohida qutblar shaklida chiqarilib, o'rnatilayotgan joyida quvurchasimon tortqichlar vositasida birlashtirib, bitta uch qutbli jihoz hosil qilinadi. Jihoz umumiy yuritma bilan boshqariladi.

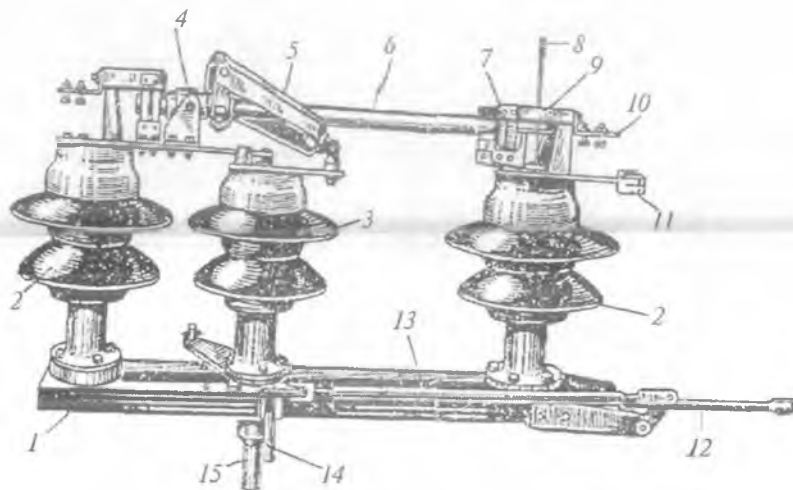
Tashqariga o'rnatiluvchi ajratkichlarning kuchlanishi 35 kV dan 500 kV gacha bo'ladi. Tortuvchi podstansiyalarning taqsimlash qurilmalarida (PY) 35 kV dan 220 kV kuchlanishli ajratkichlar ishlatiladi. 50-rasmda RNDZ-2-110-2000 ajratkichining tuzilishi RLNZ-35/600 ajratkichining tuzilishi esa 51-rasmda keltirilgan. Uning belgilanishi: R — ajratkich (разъединитель); N — tashqi, ya'ni o'rnatiluvchi (наружной установки); D — ikki ustunli двухколонковый) Z — yerlovchi 2 pichoqli (с двумя заземляющими ножами); kuchlanishi — 110 kV va toki — 2000A.



50-rasm. «RNDZ-2-110-2000» ajratkich.

Ajratkichning po'lat ramasi (1) ga ikkita izolator kolonkalar (2) va (9) vertikal holatda podshipniklar (10) yordamida o'rnatilgan. Kolonkalar o'qiga tortgich (15) bilan sharnirli bog'langan richag (14) payvandlangan. Chap tomondagi richagning soat mili bo'ylab burilishi o'ngdagi richagning teskari tomonga burilishiga olib keladi. Kolonkalarining tepasiga pichoqlar (5) va (8) birlashtirilgan bo'lib, ular kolonkalar bilan birga burilish imkoniga ega.

Kolonka o'qi bo'ylab pichoqlardan yuqoriroqqa shamir orqali qisqichlar (3) o'rnatilgan bo'lib, ularga ajratkich bilan 110 kV kuchlanishli faza shinalarni o'zaro ulovchi egiluvchan simlar ulanishi mo'ljallangan. Qisqichlar va pichoqlar o'zaro egiluvchan mis folgadan yasalgan tasmalar bilan ulangan. Pichoqlarning uchiga ajratkich kontaktlari bir pichoqqa barmoqli prujinasimon lamellar (6) va boshqasiga kurakchalar birlashtirilgan (7). Ulangan holda kurakchalar (7) lamelning barmoqlari (6) orasiga kirib, ishonchli turg'un birikma hosil qiladi (50-b rasm). Bunga ajratkichni ulash va uchish paytidagi lomel barmoqlari bilan kurakcha orasida sodir bo'luvchi ishqalanish yordam beradi. Ajratkichni yerlaguvchi simlar ramaning boltiga ulanadi.



51-rasm. «RLNZ-35/600» ajratkichi:

- 1 — asos-sokol; 2 — qo'zg'almas izolatorlar; 3 — burish izolatori; 4 — o'q;  
 5 — mexanizm; 6 — asosiy pichoq; 7, 8 — shox; 9 — qayishqoq sim;  
 10 — qisma; 11 — yerga ulash pichog'i; 12 — tortgich; 13 — tortqi; 14, 15 — vallar.



Kontaktlarning o'zaro burilishi qish vaqtida paydo bo'luvchi muzlarni maydalab yuboradi. Uchala qutb pichoqlarini tortgich (12) yordamida umumiy elektr yuritgichi (13) bilan harakatlantiriladi. Barcha izolatorlarning chap kolonka o'qlari unga payvandlangan richaglar (16) va tortgich (17) bilan bog'langan. Ajratkichni bosh-qarish elektr yuritma (13) PDN-1U1 bilan tortgich (12) yordamida olib boriladi. Sxemaga elektr yuritgich (13) PDN-1U1 o'rnatilgan.

Ajratkich ortidagi zanjirlar hududida ishchi o'rinlar tayyorlashni tezlatish hamda zanjirning yerlangan qismiga kuchlanish berish imkonini yo'qotish uchun ajratkichlar har bir qutbga bir yoki ikki yerlovchi pichoqlar (11) bilan ta'minlanadi. Bu pichoqlar (11) ning harakati bosh pichoqlar harakati bilan moslangandir. Yerlagich pichoqlar ajratkichning pastidagi asosiga o'rnatiladi. Ular o'chirilgan holatda ajratkich asosiga parallel ravshda joylashadi, ulangan holatda esa vertikal o'rinni egallab, prujinalangan barmoq kontaktlari bilan bosh pichoqlarga birlashtirilgan maxsus kontaktlar (9) ga tegib turadi.

Ajratkichlarning har qaysi qutbi payvandlangan sokoldan iborat bo'lib, sokolga 3 ta SHT-35 izolatori mahkamlangan. Chekka izolator (2) lar qo'zg'almas qilib mahkamlangan. O'rtadagi izolator (3) buralma izolator bo'lib, shtirning pastki qismida val (14, 15) va sokoldagi podshipnikdan o'tuvchi pishangi bor. Ajratkich o'rta qutbining vali (15) ajratkich yuritmaning vali bilan birlashtiriladi, richagi esa naysimon tortqichlar yordamida chekka qutblarning buralma izolatorlari pishanglari bilan birlashtiriladi.

O'rta izolator (3) aylanib, mexanizm (5) ni harakatga keltiradi, natijada ulanish va ajralish vaqtlarida asosiy naysimon pichoq (6) ikki xil harakat qiladi.

Ajratkich ulanganda pichoq dastlab o'q (4) atrofida vertikal tekislikda harakatlanadi, shu bilan birga pichoq uchiga kiydirilgan mis kurakcha qo'zg'almas kontakt (7) ning vilkasimon ustunchalari orasiga erkin kiradi. Undan so'ng, pichoq o'q atrofida 90°C ga yaqin burchakka burilib, o'z kurakchalari bilan kontakt ustunlariga qisilib kiradi, kontaktlarning sirtini tozalaydi va chiziqli birikish hosil qiladi. Qo'zg'almas kontaktlar shinalar ulanadigan qisqich (10) ga qayishqoq sim (9) bilan ulangan.

Ajratkichni ajratishdan so'ng ulash operasialari teskari tartibda bajariladi: dastlab pichoq (6) o'z o'qi atrofida 90°C ga burilib, kontaktlarni bo'shatadi va vaqtincha kontakt shox (8) vositasida saqlanadi, so'ngra vertikal tekislikda 60°C ga yaqin burchakka erkin ko'tariladi.

Yerga ulovchi pichoq (12) uchlariga mis uchlik kiydirilgan po'lat novdan iborat. U izolator (2) da joylashgan qo'zg'almas kontaktlar (11) ga qisilib kiritiladi. Ajratkich o'rta qutbi pichog'i 12 ning vali richaglar va tortqi (13) vositasida val (14) ajratkich yuritmasining tegishli valiga ulanadi. Ajratkich qo'shni qutblarini yerga ulovchi pichoqlarning o'qlari — vallari, montaj qilish vaqtida, umumiy o'qqa — valga birlashtiriladi.

**Bo'lgichlar.** Kuch transformatorlarining yuklamasi bo'lmagan vaqtda, shikastlangan transformatorni elektr ta'minlash shinasidan tok bo'lmagan vaqtda, mavjud transformatorning elektr ta'minlash zanjiridan uzgich yordamida uzilgan vaqtda avtomatik ravishda uzib ayirish uchun mo'ljallangan uch qutbli jihoz bo'lgich (отделитель) deb ataladi. Bo'lgichlar 35, 110 va 220 kV nominal kuchlanishlarga mo'ljallab chiqariladi.

OD-35, OD-110, OD-220 bo'lgichlari mos bo'lgan RLND ajratkichlari bazasida quriladi. Bo'lgichlar ajratkichlardan kontaktlarning tez ajratilishini ta'minlovchi uzish prujinalarining bo'lishi bilan tafovutlanadi.

Bo'lgichni montaj qilish vaqtida uning uchta qutbi birlashtirilib, uch qutbli ajratkich hosil qilinadi. Jihoz avtomatik qurilmasi bo'lgan, SHPO avtomatik yuritma, ya'ni bo'lgichning metall shkafdagi yuritmasi bilan boshqariladi. Bo'lgich ulanganda uning uzish prujinalari buralgan bo'lib, prujinani bunday holatda yuritma ushlab turadi. Yuritmaga o'rnatilgan rele, uzish elektromagnitining ishga tushishi bilanoq, yuritmaning uzish prujinalari ta'sirida ayriladi. Bo'lgichni ulash va uning uzish prujinalarini burash olinadigan dasta yordamida qo'l bilan bajariladi.

**Qisqa tutashtirgichlar.** Fazalarni sun'iy ravishda qisqa tutashtirish uchun mo'ljallangan jihoz *qisqa tutashtirgich* deb ataladi. Qisqa tutashtirgichlar yuqori kuchlanish tomonida uzgichlari bo'lmagan podstansiyalarda transformatorning ichi shikastlanganda ta'minlash uzatkichda qisqa tutashuv hosil qilish uchun ishlatiladi.

Qisqa tutashtirgich – elektr zanjirlarda sun'iy qisqa tutashuv hosil qilish uchun mo'ljallangan kommutatsion jihozdir. Qisqa tutashtirgichlar podstansiyalarning soddalashtirilgan sxemalarida shikastlangan transformatorlarni ta'minlovchi liniyaning himoyasi orqali uzishni tashkil etish uchun sun'iy qisqa tutashuv hosil qilib beradi. 35 kVli qurilmalarda qisqa tutashtirgichlar 2 ta qutbli qilib bajariladi, bunda sun'iy ikki fazali qisqa tutashuv hosil qilinadi, 110 kV va undan yuqoriroq kuchlanishlarda qisqa tutashtirgichlar bitta qutbli bajariladi.

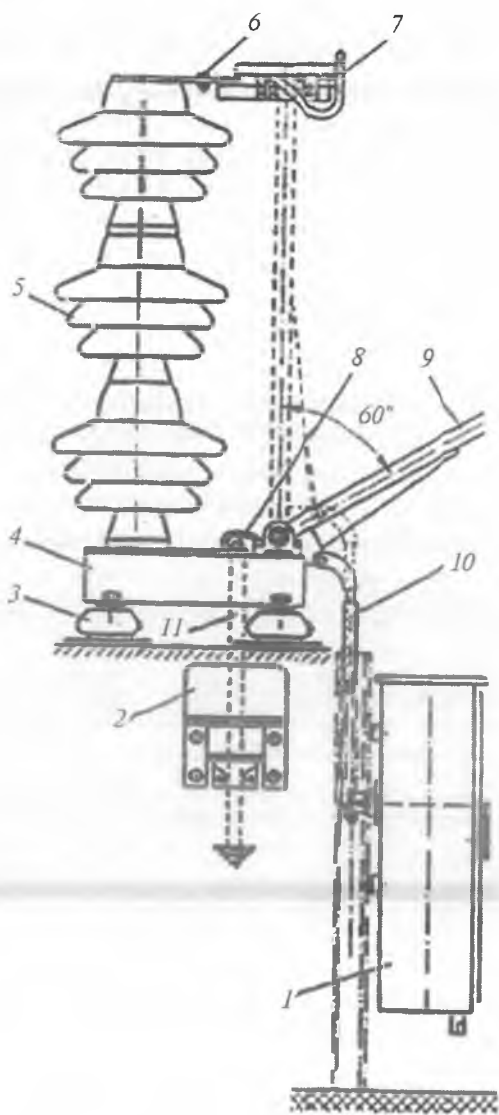
Qisqa tutashtirgich yuritmasining prujinali mexanizmi bo'lib, u yerga ulangan pichoqlarni kuchlanish ostidagi qo'zg'almas kontaktga ulashni ta'minlab beradi. Yuritmaning ishlashi uchun impuls rele himoyasidan beriladi, uzish qo'lda bajariladi. Qisqa tutashtirgichni ulash paytida elektr yoyi hosil bo'lishining oldini olish maqsadida pichoqlarning yuqori harakat tezligini ta'minlab berish zarur. Mavjud konstruksiyalarda qisqa tutashtirgichlarning ulanish vaqti 0,12–0,25 soniyani tashkil etadi.

Qisqa tutashtirgichlar 35kV, 110kV va 220kV nominal kuchlanishlarga mo'ljallab chiqariladi.

Qisqa tutashtirgich avtomatik yuritmal yerga ulovchi vertikal ajratkich ko'rinishidagi bir qutbli jihozdir. Qisqa tutashtirgich uchta ISHD-35 izolatoridan tuzilgan ustun (5) dan payvandlab yasalgan asos (4) dan; chiziq ulanadigan qisqich (6) yuqori kontakt (7) dan; yerga ulanish shinalari (11) ulanadigan qisqich (8) li novsimon pichoq (9) dan iboratdir. Asos (4) ning shvellerlari orasida jihozning prujinali mexanizmi joylashgan (52-rasm).

Qisqa tutashtirgich SHPK tipidagi yuritma (1) yordamida boshqariladi. Qisqa tutashtirgich quyidagicha avtomatik tarzda ulanadi: sun'iy qisqa tutashuv bo'lganda releli himoya ishlab yuritmani ishga tushiradi; prujinali mexanizm ta'sirida qisqa tutashtirgich avtomatik ulanadi. Qisqa tutashtirgichni elektromagnit yuritmasi ichiga o'rnatilgan o'zakka ta'sir qilib, qo'l bilan ham ulash mumkin. Qisqa tutashtirgichni uzish va mexanizm prujinasini burab qo'yish faqat qo'lda bajariladi.

Qisqa tutashtirgichlarni transformatorning releli himoyasi ishga tushiradi va uning ishlashi natijasida hosil qilingan qisqa tutashuv toklaridan esa releli himoyani ishga tushirish va elektr uzatkich



52-rasm. «KT-110» qisqa tutashtirgichining umumiy koʻrinishi:  
 1 – yuritma; 2 – tok transformatori; 3 – izolatori; 4 – asos;  
 5 – izolatorlar ustuni; 6 va 8 – qismalar; 7 – yuqori kontakt;  
 9 – pichoq; 10 – izolatsiyalovchi element;  
 11 – yerga ulovchi shina.

boshida, ya'ni energiya beruvchi podstansiyada o'rnatilgan uzgich bilan uzatkichni tez uzib qo'yish uchun foydalaniladi.

Avtomatik ajratkich konstruksiyasi jihatdan ajratkichdan deyarli farq qilmaydi, faqat unda uzish uchun prujinali yuritmasi bo'ladi. Avtomatik ajratkichning ulanishi qo'lda bajariladi. Ular toksiz pauza vaqtida kuchlanishsiz zanjirlar va transformatorlarni magnitlash toklarini uzish uchun xizmat qiladi.

### 3.9. Eruvchan saqlagichlar

Yuqori kuchlanishli eruvchi saqlagich (плавкий предохранитель) bu himoya qilinayotgan zanjirni, tok nominal qiymatdan ortib ketgan paytda tok o'tkazuvchi qismining erib ketishi bilan uzishga mo'ljallangan kommutatsion elektr jihozidir. Saqlagichlar qisqa tutashuv va o'tayuklama sharoitida elektr zanjirini o'chiruvchi kommutatsiya jihozidir. Saqlagichlar bir marta ishlovchi jihoz bo'lgan bo'lsa, keyingi vaqtda ko'p marta ishlovchi «abadiy»lari ham chiqarilmoqda. Saqlagich tuzilishida asosiy ishchi organ eruvchi qo'yilma (плавкая вставка) bo'lib, u izolatsiyalovchi patron ichiga joylashtiriladi. Saqlagichdan nominaldan katta tok o'tganda qo'yilma erishi va bug'lanib ketishi natijasida elektr zanjiri uziladi. Ko'pincha erigan metalning bug'ida elektr yoyi yonadi va yoy kanalidagi ionlar neytrallangachgina yoy o'chadi. Saqlagichda hosil bo'lgan elektr yoyining kanalida ionlarni neytrallash jarayonini tezlatish uchun patron ichiga yoy o'chiruvchi qurilma o'rnatiladi yoki ichi yoy o'chiruvchi material (oq kvars qumi) bilan to'ldiriladi. Patronning ikki chetiga saqlagichning ikkita kontaktlari o'rnatiladi. Kontaktlar o'zaro eruvchi qo'yilma bilan ulangan bo'ladi.

Saqlagichlar nominal kuchlanishi, nominal toki, eruvchi qo'yilmaning nominal toki, nominal zanjir uzilish toki himoyalovchi amper-sekund tavsifi bilan farqlanadi.

Zanjir uzilgandan so'ng uning erigan elementi yoki saqlagichning o'zi almashtiriladi. Saqlagich himoya qilinayotgan zanjirga ketma-ket ulanadi. Zanjirda ko'rinadigan oraliq hosil qilish uchun rubilnikdan foydalaniladi. Saqlagich korpus, eruvchan element, kontakt qismi, yoy so'ndiruvchi qurilma va yoy so'ndiruvchi muhitdan tashkil topgan bo'ladi. Saqlagichlar turli xil konstruksiyada

bajariladi. Masalan, tiqinsimon, yopiq fibra trubkali, qum to'ldirmali, otuvchi saqlagichlar bo'lishi mumkin.

Saqlagichlarning ishlashi eruvchan element va saqlagichning nominal toki hamda eruvchan elementning himoya tavsifi bilan belgilanadi. *Saqlagichning nominal toki* deb uning tok o'tkazuvchi va kontakt qismlari hisoblangan tokka aytiladi, *eruvchan elementning nominal toki* deb esa shu elementning o'zi uchun hisoblangan tokka aytiladi.

Eruvchan qo'ymaning nominal toki qilib, u uzoq vaqt erimasdan ishlay oladigan tok qabul qilinadi. *Eruvchan elementning himoya tavsifi* deb zanjirni uzilish vaqtini tokka bog'liqligiga aytiladi. Tok nominaldan 25-30% ko'p bo'lganda saqlagich elementi 1-2 soat mobaynida kuyadi, tok nominaldan 50% ortib ketganda 10-15 daqiqada, 100% ortib ketganda esa 1 daqiqaning ichida kuyishi lozim.

Saqlagichlarning ishlash tezligini oshirish uchun har xil materillardan tayyorlangan va maxsus shaklli eruvchan elementlar ishlatiladi. Eruvchan elementlar tayyorlashda mis, rux, aluminiy, qo'rg'oshin va kumushdan foydalaniladi.

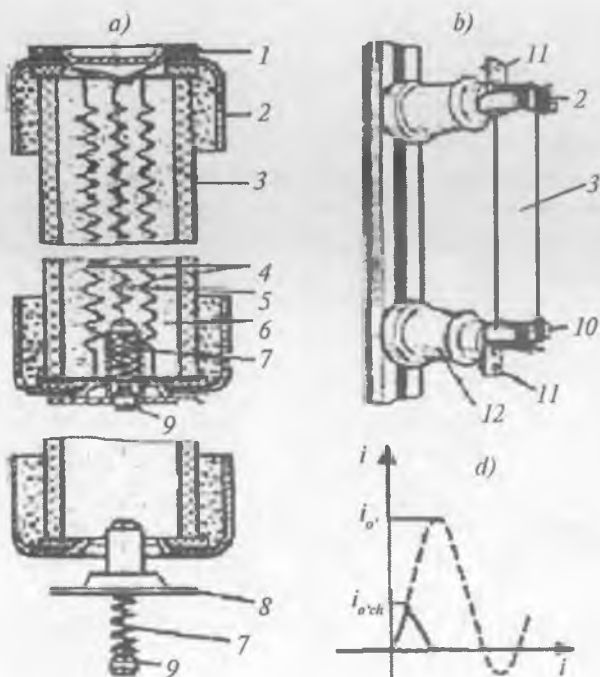
Kvars qumi to'ldirilgan PK saqlagichlar ichki va tashqi qurilmalar uchun yuqori kuchlanishi 3 kV, 6 kV, 10 kV, 35 kV hamda toki 400A, 300A, 200A, 30 A ga ishlab chiqariladi. Bu saqlagichlar tok cheklash xususiyatiga ega bo'lib, qisqa tutashuv toki eruvchi qo'yilmaning nominal tokidan yigirma marta oshsa, 0,005-0,007 soniyali o'chirish vaqtiga ega bo'ladi. PK turidagi saqlagichning tuzilishi 53-a rasmda, vertikal o'rnatilishi 53-b rasmda va uning volt-sekund tavsifi 53-d rasmda keltirilgan.

PK turidagi saqlagich patroni elektrotexnik chinnidan yasalgan quvurcha (3) dan tuzilgan bo'lib, uning ikki tomoniga latundan yasalgan yopqichlar (2) qo'zg'almas ravishda biriktirib qo'yilgan. Patronning ichiga ishchi eruvchi qo'yilma (4) o'rnatilgan. Eruvchi qo'yilma (4) bir yoki bir necha mis simdan iborat bo'lib, yana yordamchi qo'yilma (5) ham o'rnatilgan. Patronning pastki qismida qopqoqcha (8) yopqich (2) ga namlik o'tkazmas zichlikni ta'minlovchi kavsharlab yopishtirilgan. Patron quvurchasining ichi namlikdan quritilgan kvars qumi (6) bilan to'ldirilgach, yuqoridagi yopqich (2) ning teshigini qopqoqcha (1) bilan yopib, namlik o'tkazmas zichlikni ta'minlovchi kavsharlab qo'yilgan. Kvars qumida

namlik bo'lishi saqlagichning tok o'chirish imkoniga yomon ta'sir ko'rsatadi.

Yordamchi qo'yilma (5) kichikroq ko'ndalang kesimli bajarilib, odatda po'lat simdan yasaladi. Qo'yilma (5) ning elektr qarshiligi kattaroq bo'lganligi sababli normal holatda undan elektr tokning kichikroq qismi o'tadi. Qo'yilmani siqilgan holatda prujina (7) ushlab turadi. Pujinaning pastki uchiga saqlagichning ishlab ketganlik ko'rsatkichi bo'lmish yukcha (9) o'rnatilgan.

Saqlagichga katta tok kelganda, avvalo, ishchi qo'yilma (4) erib, uzilib ketadi. So'ngra tokning hammasi yordamchi qo'yilmadan o'tadi va bu tokka chid'ay olmay eruvchi qo'yilma ham erib ketadi. Bu holda prujina (7) bo'shshib, yukcha saqlagichning pastki yopqichi (2) dan chiqib, osilib qoladi. Yukchanning osilib turishi saqlagich ishlab ketganligini ko'rsatadi.



53-rasm. PK turidagi saqlagich:

- a — uning tuzilishi; b — vertikal o'rnatilishi;  
d — saqlagichning volt-sekund tavsifi.

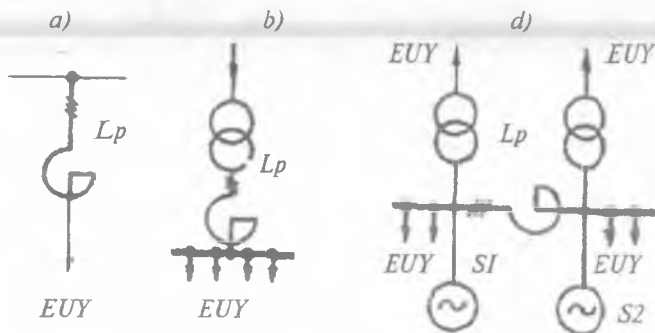
Saqlagich vertikal holatda stansion izolatorlar (12) ning prujinali kontakti (10) ga o'ratiladi (53-b rasm). Izolatorlar esa taqsimlovchi qurilmaning uzun tirqishli soqoliga biriktiriladi. Saqlagichni tashqi elektr zanjiriga kontaktlar (11) orqali ulanadi.

PK turidagi saqlagichlarda eruvchi qo'yilmaning erishi unga belgilangan (установочный) tok  $i_u$  ga yetmasdan ancha oldin eriy boshlaydi va tok  $i_{o'ch}$  yetganda, ya'ni sinusoidaning maksimal qiymatiga va nul qiymatidan o'tishga yetmasdan zanjirni uzadi (53-d rasm).

### 3.10. Reaktorlar

Zanjirdagi qisqa tutashuv toklarining qiymatini cheklash uchun reaktorlar qo'llaniladi. Ularning har biri katta induktiv qarshilikka va kichik aktiv qarshilikka ega bo'lgan maxsus magnit materialidan tayyorlangan o'zakka ega bo'lmagan g'altakdan iborat. Shuning uchun reaktor o'tayotgan tok kattaligiga bog'liq bo'lmagan doimiy induktiv qarshilikka ega. Odatda, reaktor katta quvvatli elektr stansiyalari va podstansiyalaridan ketuvchi elektr uzatish yo'llarining faza simlariga ketma-ket ulanadi.

Oddiy yakka reaktor va juftlangan reaktorlar 6÷10 kV kuchlanishli zanjirda sodir bo'ladigan qisqa tutashuv toklarini cheklovchi asosiy elektr qurilmadir. Reaktorlar 35 kV va undan yuqoriroq kuchlanishda hamda 1000 V dan pastroq kuchlanishda kamroq qo'llaniladi.



54-rasm. Reaktorlarning ulanish sxemalari:

- a – individual-alohida reaktor; b – bir necha iste'molchilarning havo elektr uzatish yo'li orqali ulanishi; d – seksiya reaktorining ulanishi.



Katta quvatli va mas'ul elektr uzatish yo'llari EUY, ya'ni LEP uchun, odatda, individual-alohida reaktorlar qo'llanadi (54-a rasm). Reaktor orqali elektr uzatish yo'llari guruhi ta'minlansa, masalan, o'z ehtiyoj tizimi, uni *guruhli ulash* deb ataladi. Taqsimlash qurilmalari seksiyalari orasiga ulanadigan reaktor seksiya reaktori deb yuritiladi (54-d rasm).

Yakka reaktorlar bir fazali magnit o'zaksiz induktiv g'altak shaklida tuzilgan. Reaktorlar uchala fazaga bittadan o'rnatiladi. Reaktor  $L_p$  iste'molchining har bir havo elektr uzatish yo'liga uchchala faza simlari kesilib, stansiya shinasini bilan iste'molchi orasiga joylashtiriladi (54-a rasm). Ba'zi hollarda reaktorlar bir-uch fazali guruhga jamlanadi va ulardan bir necha iste'molchilarning havo elektr uzatish yo'li energiya oladi (54-b rasm). Ba'zan esa reaktor taqsimlovchi qurilma RU shinalari orasiga o'rnatiladi (54-d rasm).

Reaktorning asosiy parametri uning nofaol-reaktiv induktivlik qarshiligi  $x_r$  bo'lib, o'lchov birligi Om yoki foizda ko'rsatiladi:

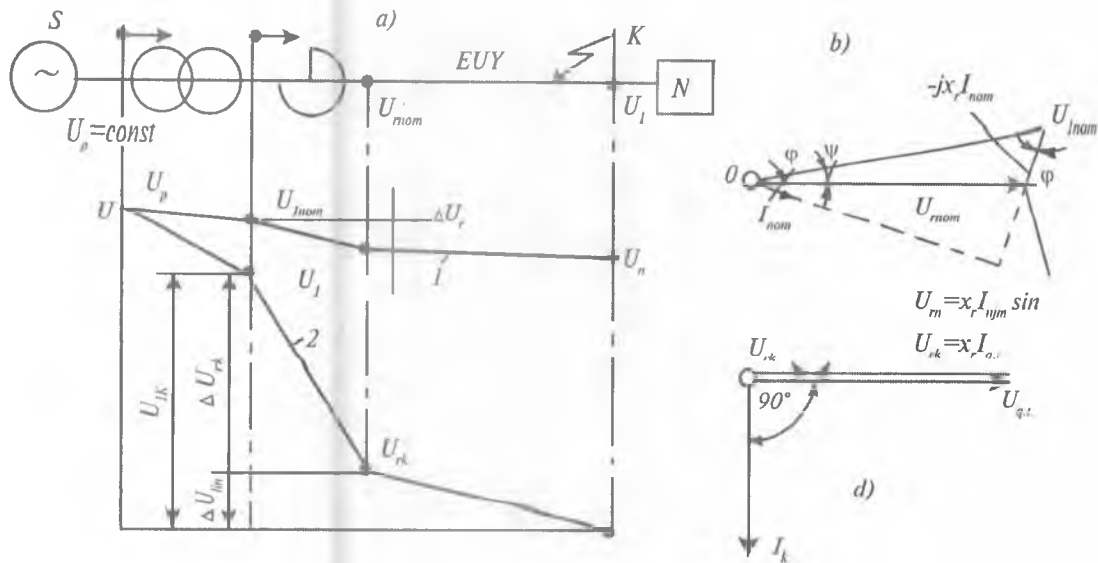
$$x_r = \omega L \text{ [Om]} \quad \text{yoki} \quad x_r = \frac{100x_r \sqrt{3} I_{nom}}{U_{nom}} [\%], \quad (3.4)$$

bunda:  $U_{nom}$  — reaktorning nominal kuchlanishi V va  $I_{nom}$  — reaktorning nominal toki A belgilangan.

Elektr zanjirga katta induktiv qarshilik  $x_p$  ga ega bo'lgan reaktorning ulanishi shu zanjirning reaktordan keyingi  $K$  nuqtasida qisqa tutashuv sodir bo'lganda, elektr manbasi  $S$  bilan reaktor orasida yetarli katta qoldiq yuqori kuchlanishi  $U_{IK}$  hosil bo'lishini ta'minlaydi (55-a rasm, 2-chiziq). Bu holat manba  $S$  bilan reaktor orasidagi elektr tarmoqdan energiya oluvchi iste'molchilar uchun katta qulaylik tug'diradi. Lekin reaktorning katta induktiv qarshiligi  $x_p$  normal ishlash holatida reaktorda ortiqcha kuchlanish yo'qolishi  $\Delta U_{p,nom}$  ga olib keladi.

Normal holatda (55-a rasm 1-chiziq):  $U_p = \text{const}$  manba  $S$  kuchlanishining o'zgarmasligi;  $U_1$  va  $U_{1,nom}$  — reaktorga kirish kuchlanishi;  $\Delta U_{r,nom}$  — reaktorda kuchlanish yo'qotilishi;  $U_{1,nom}$  — reaktordan chiqish kuchlanishi;  $U_n$  — elektr uzatish yo'li — liniyaning  $K$  nuqtasidagi kuchlanish.

Qisqa tutashuv holatida (55-a rasm, 2-chiziq):  $U_{IK}$  — reaktorga kirishdagi qoldiq yuqori kuchlanish;  $U_{1,nom}$  — reaktorda kuchlanish



55-rasm. Elektr ta'minoti sxemasi va vektor diagrammalari.

yo'qotilishi;  $U_{lin}$  — elektr uzatish yo'li — liniyada kuchlanish yo'qotilishi;  $U_{r,k}$  — reaktordan chiqish kuchlanishi.

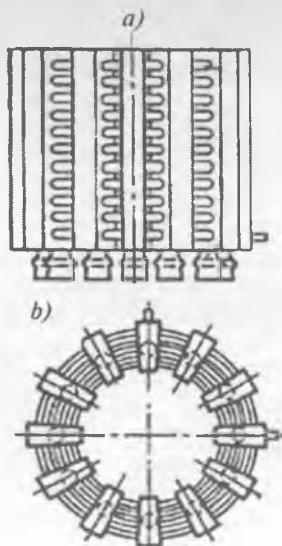
Tarmoqdagi kuchlanish vektor diagrammasi normal holatda 55-*b* rasmda va qisqa tutashuv holatida 55-*d* rasmda keltirilgan. Normal holatdagi vektor diagrammasidan reaktorda sodir bo'luvchi fazaviy kuchlanish yo'qotilishi quyidagicha, % da aniqlanadi:

$$\Delta U_r = \frac{\sqrt{3} I_{nom} x_r \sin \varphi}{U_{i.nom}} 100. \quad (3.5)$$

Elektr uzatish yo'li EUY ning  $K$  nuqtasida qisqa tutashuv holati sodir bo'lganda qisqa tutashuv elektr toki  $I_{q.t}$  modul bo'yicha qiymati e'tiborga loyiq darajada ko'payadi va  $I_{q.t}$  asosan, induktiv tok bo'lganligi sababli uning fazasi  $90^\circ$  ga kuchlanishdan orqada qoladi (55-*d* rasm).

Elektr taminoti tarmoq va tizimlarida RB turidagi aluminiy chulg'amli faza beton reaktorlari keng qo'llaniladi (56-rasm).

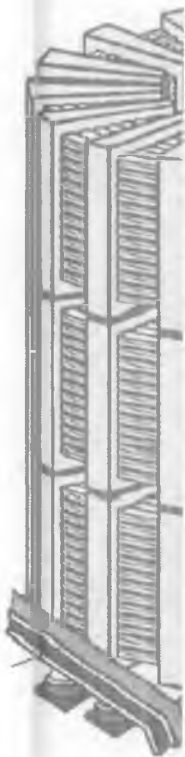
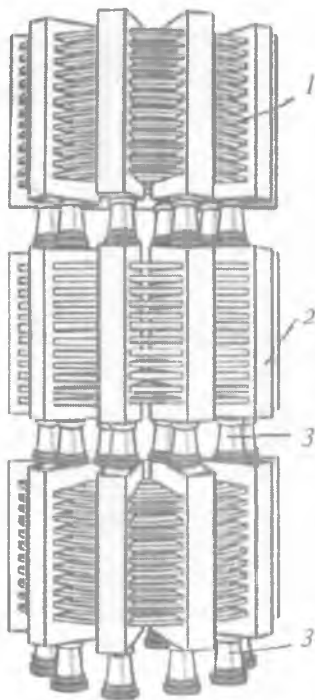
Chulg'am simlari paxta ipli qobiq (oplyotka) bilan qoplangan bo'lib, bir necha qavat kabel qog'ozi yordamida izolatsiyalanadi. Sanoatda qiymati 4000 A gacha tok o'tkazuvchi reaktorlar ishlab chiqariladi. Ular fazalarda tik-vertikal, yotiq-gorizontaal va pog'onapog'ona (ступенчатый) shaklida o'rnatishga mo'ljallangan. Reaktor-

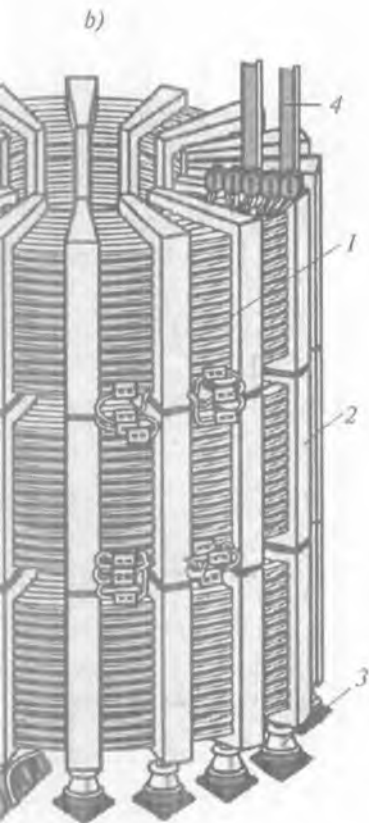


56-rasm. RB turidagi  
alyumin chulg'amli  
beton reaktori:

a — yondan ko'rinishi;  
b — tepadan ko'rinishi.

a)





**57-rasm. Aluminiy  
chulg'amli beton  
reaktorlar:**

- 1 – chulg'am (a);
- 2 – beton ustuni (kolonna),
- 3 – izolatorlar, unda (b):
  - 1 – sim o'ramlari;
  - 2 – beton ustunlar;
  - 3 – tayanch izolatorlar
- 4 – shinalar.

larda aktiv quvvat isrofi juda kichkina bo'lib, isrof o'tish ( $I_{nom} \cdot U_{nom}$ ) elektr quvvatining 0,1÷0,2 % ini tashkil etadi. Shuning uchun nominal tok 1000 A dan oshganda sun'iy sovitish tizimini qo'llashga to'g'ri keladi.

Iste'molchining faza shinalari I va II reaktorning ikki chekkasidagi klemmalarga va manba o'rtadagi klemmaga ulanishi mumkin (56-a rasm). Iste'molchi ikki manbadan quvvat bilan ta'minlangan holda esa manbalar reaktorning ikki chekkasidagi klemmalar va iste'molchi o'rtadagi klemmaga ulanishi ham mumkin (56-b rasm). Juflangan reaktorlarda ikki chulg'amlar orasida chuqur induktiv bog'lanish  $M$  mavjudligi sababli reaktorning umumiy induktiv qarshiligi normal holatda qisqa tutashuv holatga nisbatan ancha kamroqdir.

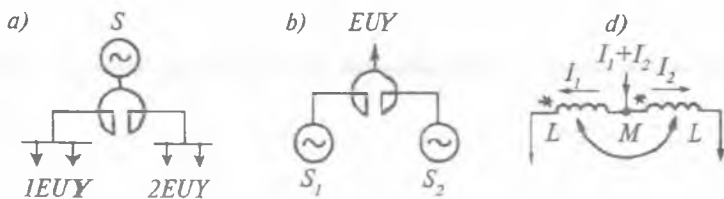
57-rasmda aluminiy chulg'amli faza beton reaktori keltirilgan [13].

Ko'pincha amalda juflangan reaktorlar keng qo'llaniladi. Juftlangan, ya'ni ikkilangan, reaktorlarning oddiy-yakka reaktordan farqi o'rtasida uchinchi ulash klemmasi mavjudligidadir. Odatdagi konstruksiyali reaktorlar bilan birga elektr uskunalarida ikkilangan reaktorlar ham qo'llaniladi. Konstruksiyasi jihatdan ular oddiy reaktorlarga o'xshash, lekin chulg'amining o'rtasidagi nuqtadan qo'shimcha sim chiqarilgan bo'lib, maxsus klemmaga ulangan. Juftlangan reaktorlarni qo'llash hollarida manba  $S$  o'rtadagi nuqtaga (58-a rasm), iste'molchilar I va II esa ikki chetki tomondagi nuqtalarga ulanishi yoki aksincha ikkita manba  $S_1$  va  $S_2$  ikki chetki tomondagi nuqtalarga hamda iste'molchi o'rtadagi nuqtaga ulanishi mumkin (58-b rasm).

Juflangan reaktorning ikkala chulg'ami bir xil o'ramlar soniga, induktivlikka  $L$  hamda nominal toka  $I_{nom}$  ega. Reaktor toklari va ularning yo'nalishi 58-d rasmda keltirilgan.

Juflangan reaktorning afzalligi shundaki, ulanish sxemasi va chulg'amlardagi tokning yo'nalishiga qarab, uning induktiv qarshiligi ko'payishi yoki kamayishi mumkin. Ikkilangan reaktorning bu xususiyati, odatda, normal holatda kuchlanishning pasayishini kamaytirish va qisqa tutashuvda toklarni cheklash uchun foydalaniladi.

Juflangan reaktorda kuchlanish yo'qotilishi  $\Delta U_p$  normal holatda bo'lganda quyidagi formula orqali ifodalanadi:



58-rasm. Reaktorlarning ulanish sxemalari:

a va b – juftlangan reaktorning zanjirga ulanish sxemasi;  
 d – ekvivalent sxemasi;  $S$ ,  $S_1$ ,  $S_2$  – sinkron generatorlar, sxemani soddalashtirish uchun generatordan so‘ng o‘rnatiladigan kuchlanishni ko‘tarib beruchi kuch transformatori ko‘rsatilmagan;  
 EUY, 1EUY, 2EUY – elektr uzatish yo‘llari.

$$\Delta U_r = I_1 \omega L \sin \varphi - I_2 \omega M \sin \varphi = I \omega L (1 - K_{sv}), \quad (3.6)$$

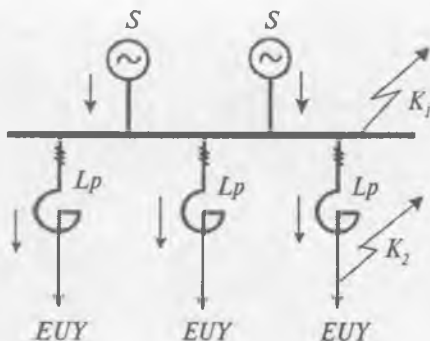
$$K_{sv} = M/L, \quad (3.7)$$

bunda  $K_{sv}$  – reaktor chulg‘amlari orasidagi magnit bog‘lanish koeffitsiyenti bo‘lib, odatda,  $K_{sv}$  0,4÷0,6 ga teng. Juftlangan reaktorning afzalligi yana shundaki, normal holatda reaktorning induktiv qarshiligi chulg‘am induktiv qarshiligining yarmiga teng bo‘lsa, qisqa tutashuv holatida reaktorning induktiv qarshiligi chulg‘am induktiv qarshiligidan ikki marta katta bo‘ladi.

Reaktordan keyingi  $K_2$  nuqtada qisqa tutashuv sodir bo‘lganda, qisqa tutashuv toki  $K_1$  nuqtada qisqa tutashuv bo‘lgandagidan kamroq bo‘ladi, chunki generatorning quvvati avvalgicha bo‘lganda zanjirning  $K_2$  nuqtagacha bo‘lgan umumiy qarshiligi reaktorning induktivlik qarshiligi hisobiga ko‘p bo‘ladi. Shu bilan birga  $K_2$  nuqtadan narida kuchlanish nolga teng bo‘ladi, stansiyaning shinalarida esa reaktorning induktivlik qarshiligi qancha ko‘p bo‘lsa, kuchlanish ham shuncha katta bo‘ladi (59-rasm).

Reaktor qarshiligi shunday tanlanadiki, reaktordan narida qisqa tutashuv bo‘lganda stansiya shinalaridagi qoldiq kuchlanishi 50÷60 % dan kam bo‘lmaydi.

Qisqa tutashuv toklarining kattaligining reaktorlar yordamida kamaytirilishi elektr taominotining ishonch-liligini oshiradi hamda elektr stansiya va podstansiyalar sodda hamda arzon jihozlar



59-rasm. Qisqa tutashuv holatida reaktorning induktiv qarshiligining o'zgarishi.

o'rnatishga, kichik kesimli shinalar, simlar va kabellar ishlatishga imkon beradi.

Shikastlangan uchastkalarini zudlik bilan zanjirdan ajratish tez ishga tushadigan himoya moslamalari va uzgichlar o'rnatib amalga oshiriladi.

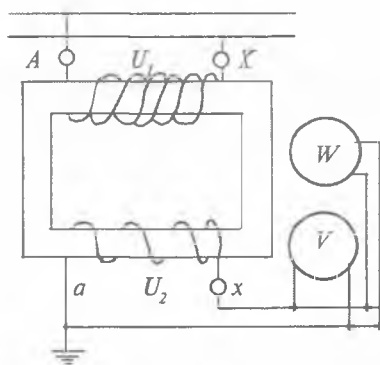
### 3.11. Kuchlanish o'lchov transformatorlari

**O'lchov transformatorlari** yuqori kuchlanishli elektr ta'minoti tarmoqlaridagi yuqori kuchlanish qiymati va zanjirdan o'tayotgan elektr tokini yuqori kuchlanishni uzmasdan masofadan o'lchashga mo'ljallangan. O'lchov transformatorlari, asosan, ikki turga bo'linadi: tok o'lchov transformatorlari va kuchlanish o'lchov transformatorlari. Yuqori kuchlanishning klassiga qarab, o'lchov transformatorlarining tuzilishi turlicha bo'ladi.

O'lchov transformatorlari yuqori kuchlanishli zanjirlarning nazorat-o'lchov asboblari sifatida hamda rele himoyasi va ularni avtomatika tizimlariga ulash uchun xizmat qiladi.

**Kuchlanish o'lchov transformatorlarining** birlamchi chulg'ami bilan yuqori kuchlanish tarmog'iga parallel holda ulanadi. Ikkilamchi chulg'amining kuchlanishi esa, odatda, 100 V yoki 220 V ga teng bo'ladi. 60-rasmda kuchlanish o'lchov transformatorining ulash sxemasi berilgan.





60-rasm. Kuchlanish transformatorlarning ulanish sxemasi.

Amalda kuchlanish transformatorlari salt ishlash holatiga yaqin holatda ishlaydi. Kuchlanish transformatori o'rnatilish joyiga ko'ra tashqari va ichkariga o'rnatiladigan qilib bajariladi. Ichki o'ranatishga mo'ljallangan kuchlanish transformatorining quyidagi konstruksiyalari keng qo'llaniladi: NOS, NOSK, NTS, NTSK – 6 kV gacha kuchlanishda, NOM, ZNOM, NTMK, NTMI-35 kV gacha kuchlanishda ishlatiladi.

Bu belgilardagi harflar ma'nosi: *N* – kuchlanish transformatori; *O* – bir fazali; *T* – uch fazali; *S* – quruq; *K* – kompensatsiyalangan; *M* – moyli; *Z* – ikkilamchi chulg'ami yerga ulangan; *I* – qo'shimcha chulg'amli.

Tashqariga o'rnatiladigan kuchlanish transformatori:

– NKF 500 – bir fazali moy to'ldirilgan chinni idish ichiga joylashtirilgan. *K* – kaskadli; *F* – chinni izolatsiyali kuchlanish transformatori;

– NDE-750-1150 kV kuchlanishning sig'imli bo'lgichga ega kuchlanish transformatori;

– ZNOG – germetik ishlangan elegazli taqsimlash qurilmalarida o'rnatish uchun mo'ljallangan kuchlanish transformatori, belgida: *Z* – germetik puxta yopib, zichlashtirilgan, *G* – gaz izolatsiyali.

Kuchlanish o'lchov transformatorlari dielektrik yo'qotish burchagi bo'yicha xatolikka –  $\delta = f(I_0)$  ga ega bo'ladi.

Bu xatoliklarni kamaytirish uchun kichik magnit qarshilikka ega bo'lgan magnit o'zaklar qo'llaniladi, zotan magnit o'tkazgichdagi

induksiya, magnit sochilishi kamaytiriladi. Kuchlanishni o'lchash xatoligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\Delta U\% = \frac{K_{kt} U_2 - U_1}{U_1} 100. \quad (3.8)$$

**Kuchlanish transformatorlarining tuzilishi.** Kuchlanish o'lchov transformatorlari quruq, moyli va quyma izolatsiyali qurilmalarga bo'linadi. Moyli transformatorning faol qismi — chulg'amlar o'ralgan magnit o'zagi moyga kirgazib qo'yiladi. Quruq transformatorlarning faol qismi havoda joylashtiriladi. Quyma izolatsiyali transformatorlarda faol qismi epoksid kompaundi bilan yaxlit blok shaklida quyib bajariladi.

Quruq transformatorlar 6 kV gacha kuchlanishni, quyma izolatsiyali transformatorlar esa 35 kV 6 kV gacha kuchlanishni o'lchash uchun yasaladi. Moy transformatorlari 500 kV gacha kuchlanishni o'lchash uchun mo'ljallanadi.

61-a rasmda 110 kV kuchlanishga mo'ljallangan kaskad shaklida qurilgan moyli kuchlanish o'lchov transformatori chizmasi keltirilgan. Transformatorning magnit o'zagi ulangan kuchlanish ishchi yuqori kuchlanishning yarmiga teng bo'lib, transformatorning yuqori kuchlanishli to'la izolatsiyasi ham ikkita yarim izolatsiyaga bo'linadi.

Kuchlanish 220kV, 500 kV bo'lganda ikki, uch yoki to'rt qismi ketma-ket ulangan kaskad sxemasi bo'yicha quriladi.

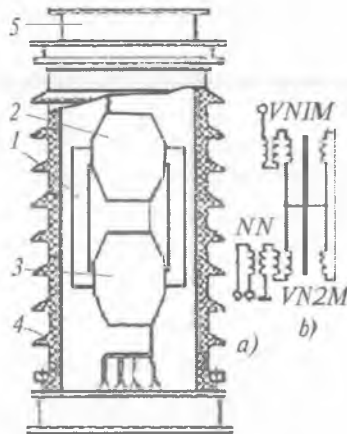
Kuchlanish o'lchov transformatori metall (62-a rasm) yoki izolatsiyalovchi (62-b rasm) idishiga joylangan bo'lishi mumkin.

63-rasmda kuchlanish transformatorlarining tortuvchi podstantsiyalarda qo'llanadigan ba'zi turlari keltirilgan [13].

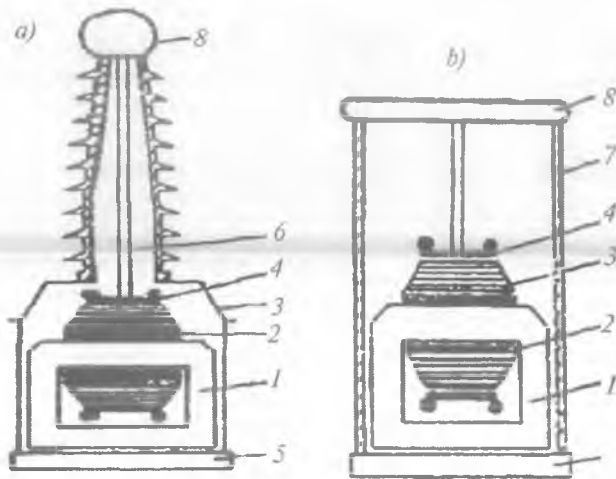
NOM-35 kuchlanish transformatorining tuzilishi: 1 — yuqori kuchlanishli birlamchi chulg'am kirma izolatori; 2 — ikkilamchi chulg'am kirmalari bor sandiqcha; 3 — g'ilof-bak (63-b rasm).

Bir kirma izolatorli 3NOM-35 kuchlanish transformatorining tuzilishi: 1 — yuqori kuchlanishli birlamchi chulg'am kirma izolatori; 2 — ikkilamchi chulg'am kirmalari bor quticha; 3 — g'ilof-bak (63-d rasm).

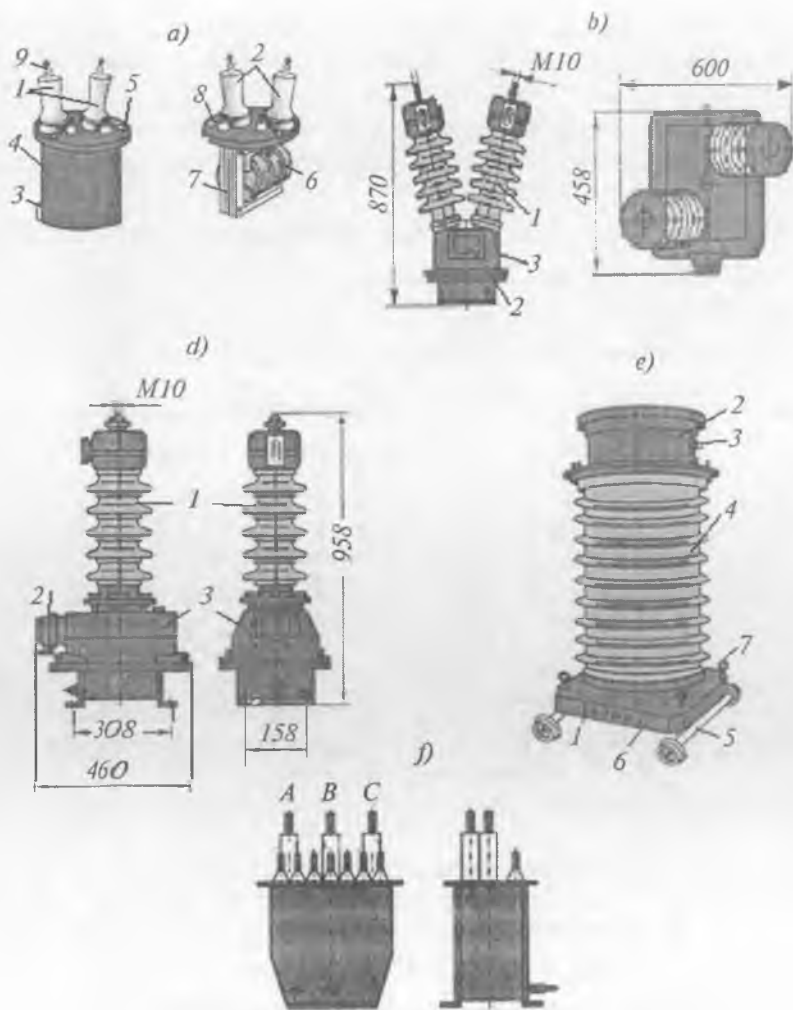
110 kV kuchlanish transformatorining tuzilishi: 1 — ikkilamchi kirma izolatorlar; 2 — kengaytirgich (расширитель); 3 — moy



**61-rasm. 110 kVli moyli kuchlanish o'lchov transformatori:**  
 a – tashqi ko'rinishi; b – chulg'amlarning ulanishi; 1 – magnit o'zagi;  
 2 – kaskadning yuqori qismi chulg'ami; 3 – kaskadning past qismi  
 chulg'ami; 4 – chinni pokrishkasi; 5 – yuqori kuchlanish ulanadigan qopqoq.



**62-rasm. Kuchlanish o'lchov transformatori:**  
 1 – magnit o'zagi; 2 – yuqori kuchlanish izolatsiyasi; 3 – metall idish;  
 4 – yuqori kuchlanishli ekran; 5 – taglik; 6 – metall quvurcha;  
 7 – yuqori kuchlanishli kirma izolator;  
 8 – yuqori kuchlanishli sharsimon ekрани va doirasimon ekрани.

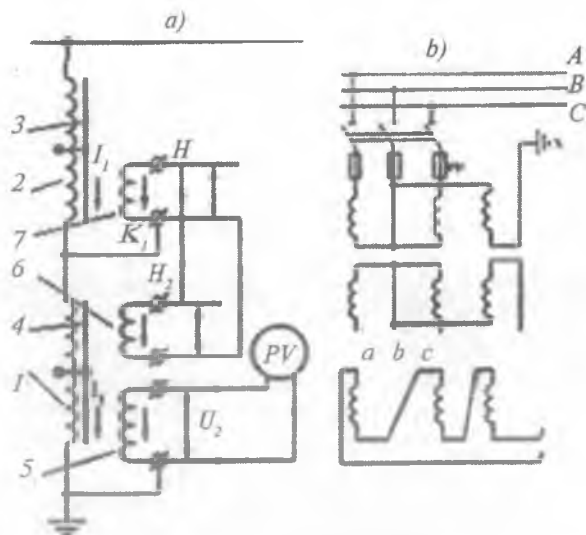


**63-rasm. Kuchlanish o'lchov transformatorlari:**

- a – bir fazali 10 kV kuchlanishga mo'ljallangan NOM-10 kuchlanish transformatorining tuzilishi; b – bir fazali va ikki kirma izolatorli 35 kV kuchlanishga mo'ljallangan kuchlanish transformatori NOM-35;  
 d – bir kirma izolatorli ZNOM-35; e – 110 kV kuchlanish transformatori;  
 f – aksil rezonans kuchlanish transformatori NAMI-10;  
 1, 2 – kirma izolatorlar; 3 – moy chiqarish probkasi; 4 – g'ilof-bak;  
 5 – yerlash bolti; 6 – chulg'am; 7 – magnet o'zak; 8 – vintli probka;  
 9 – yuqori kuchlanishni ulash nuqtasi.

sathining ko'rsatkichi; 4 — chinni g'ilof-pokrishka; 5 — aravacha; 6 — kirmalar qutichasi; 7 — ko'targich bolt (63-*e* rasm). Mazkur transformatorning elektr sxemasi 64-a rasmda keltirilgan. Unda: 1 va 2 — birlamchi chulg'am seksiyalari; 3 va 4 — magnit o'zak; 5 — ikkilamchi chulg'am; 6 va 7 — tenglashtiruchi chulg'amlar (уравнитель обмотки).

64-*b* rasmda aksil rezonans kuchlanish transformatori NAMI-10 ning elektr sxemasi keltirilgan.



64-rasm. Kuchlanish transformatori:

- a — 110 kV kuchlanish transformatorining tuzilishi,  
b — NAMI-10 aksil rezonans kuchlanish transformatorining elektr sxemasi.

### 3.12. O'lchov tok transformatorlari

**Tok o'lchov transformatorlari** birlamchi chulg'am-lari bilan tarmoqqa ketma-ket ulanadi. Ikkilamchi chulg'am-larida zanjirning uzunligiga qarab 1A yoki 5A elektr toki bo'ladi. Tok o'lchov transformatorlari qisqa tutashuv holatiga yaqin holatda ishlaydi.

Tok transformatorlari tuzilishi bo'yicha: alohida turuvchi; joylashtirilgan; o'tuvchi transformatorlarga bo'linadi va ichkariga hamda tashqariga o'rnatiladigan holda bajariladi. Ichkariga o'r-

natiladigan transformatorning turlari: TKL, TPL, TPOL, TSHLP, TPOF, TPF.

Belgilarda: T – tok transformatori; P – o‘tuvchi; K – ka-tushkali; L – quyma izolatsiyali; F – chinni izolatsiyali; O – bir g‘altakli. Tashqariga o‘rnatiladigan tok transformatorlari: TFN, TFKN. Belgilarda: N – tashqariga o‘rnatiladigan.

Tok transformatorlari ikki turdagi xatolikka ega:  
– tok bo‘yicha xatolik

$$\Delta I\% = \frac{K_r I_2 I_1}{I_1}; \quad (3.9)$$

– burchak  $\delta$  bo‘yicha xatolik.

Xatoliklarni kamaytirish uchun magnit o‘zak yuqori magnit sifatli po‘latdan tayyorlanadi hamda chulg‘amlarda maxsus ulash usullarini qo‘llash va magnit o‘zakni sun‘iy magnitsizlantirishdan foydalaniladi.

**Tok transformatorining tuzilishi.** Ular yuqori kuchlash tizim-larining shinalarida oqadigan elektr tokini yuqori kuchlanishni uzmasdan past kuchlanishli nazorat tizimda o‘lchashga mo‘ljallangan. TFN markali tok transformatorlari 110 kV kuchlanishli shinalarda o‘tayotgan bir faza tokini 0,4 kV kuchlanishli o‘lchov asboblari bilan yerlangan pultlarda o‘lchashga mo‘ljallangan. 66-rasmda bunday tok transformatorining chizmasi keltirilgan.

Transformatorning birlamchi chulg‘ami (1) toroid shaklda yasalgan. Ikkilamchi chulg‘ami esa toroid shakldagi magnit o‘tkaz-gich o‘zakka o‘ralgan.

Birlamchi va ikkilamchi chulg‘amlar toroidlarining tekisligi o‘zaro perpendikular tekisliklarda joylashgan. Transformator bir yaxlit chinnidan yasalgan ichi g‘ovak idish-pokrishkaga (4) joylangan. Idish (4) ning tepasi qopqoq (2) bilan yopilgan va pasti bilan taglik (5) ga germetik o‘rnatilgan.

Chinni idish (pokrishka) (4) ning ichi transformator moyi bilan to‘ldirilgan. Birlamchi chulg‘am (1) toroididan ikkita shina chiqib, idish (4)ning yuqori qismiga o‘rnatilgan kirma izolatorlar (6) va (7) ga ulab qo‘yilgan. Yuqori kuchlanishli tok kiruvchi shina kirmaga ulanadi va tok chiquvchi shina kirmaga ulanadi. Yuqori kuchlanishli tok birlamchi chulg‘amdan o‘tib, ikkilamchi chulg‘a-

ining toroid shaklidagi magnit o'tkazgich o'zagida magnit maydoni hosil qiladi. Bu magnit maydon esa past kuchlanishli ikkilamchi chulg'amda o'lchov kuchlanishini hosil qiladi.

Kuchlanishi 35 kV bo'lgan TFZM-35 tok transformatorining tashqi ko'rinishi 65-*i* rasmda keltirilgan [13]. 1 – birlamchi chulg'am; 2 – izolatsiya; 3 – magnit o'zakli ikkilamchi chulg'am tasvirlangan. 65-*b* rasmda: 1 – birlamchi chulg'am; 2 – chinni idish, ya'ni farfor pokrishka; 3 – transformator moyi; 4 – metall dan yasalgan asos; 5 – ikkilamchi chulg'am kirma izolatori; 6 – kirmalar qutisi; 7 – yerlash shinasi; 8 – metall qopqoq; 9 – nafas olish klapani; 10 – biriktiruvchi bolt; 11, 12 – birlamchi chulg'amning yuqori kuchlanishli ulagichlari; 13 – magnit o'zakli ikkilamchi chulg'am.

Izolatsiyalovchi kompaund quyilgan tok transformatorlarining ikki turi 65-rasmda ko'rsatilgan. 10 kV kuchlanishga mo'ljallangan TPL-10 tok transformatori 65-*e* rasmda tasvirlangan.

Unda: 1 – magnit o'zak; 2 – sinfi 0,5 bo'lgan o'zak; 3 – quyma tana-korpus; 4 – biramchi 10 kV kuchlanishli chulg'am kirma izolatori; 5 – ikkilamchi past kuchlanishli chulg'am kirma izolatori; 6 – burchakli metall biriktiruvchi; 7 – yerlangan bolt; 8 – pasport ma'lumotli taxtacha; 9 – ogohlantiruvchi taxtacha. TPOL-10 tok transformatori 65-*d* rasmda tasvirlangan. Unda: 1 va 2 – magnit o'zaklar; 3 – biriktiruvchi halqa; 4 – biramchi chulg'am tayyoqchasi (стержень); 5 – quyma tana-korpus; 6 – tayanch flanes; 7 – ikkilamchi chulg'amlar klemmalari; 8 – biriktiruvchi halqaning cheti; 9 – yerli bolt.

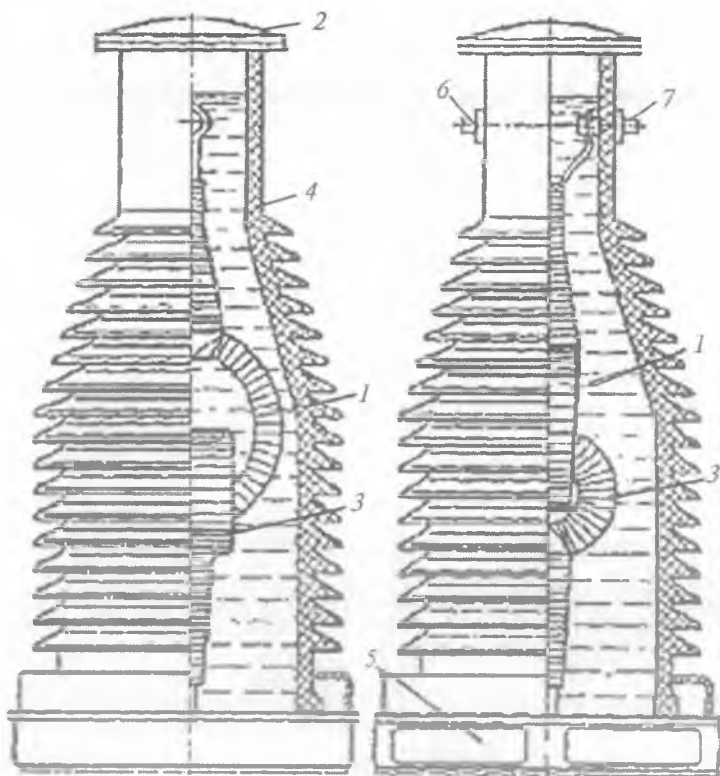
Yuqori kuchlanishli ichiga moy to'ldirilgan kirma izolatorlar (1) ga o'rnatiluvchi tok o'lchov transformatori (2) tortuvchi podstansiyada foydalaniladigan barcha kuch transformatorlarida mavjud bo'lib (65-*j* rasm), bu tok transformatorlari yordami bilan har bir fazada birlamchi va ikkilamchi chulg'am toklari o'lchab, nazorat qilib turiladi.

Kirmaga o'rnatiluvchi tok o'lchov transformatorining tashqi ko'rinishi 65-*i* rasmda keltirilgan.

Tok o'lchovchi S-90 rasimli qaychining tashqi ko'rinishi 65-*h* rasmda keltirilgan bo'lib, u bo'linuvchi magnit o'zakli tok transformatoridan tuzilgan. Unda: 1 – tok transformatorining ikkiga bo'linuvchi magnit o'zagi, 2 – toki o'lchanishi kerak bo'lgan







66-rasm. Tok transformatorining tashqi ko'rinishi.

sim yoki shina; 3 – tok transformatorining ikkilamchi chulg'am; 4 – o'lchanuvchi tok diapazonini o'zgartiruvchi qayta ulagich (переключатель); 5 – ampermetr; 6 – izolatsiyalangan juft dastaklar.

**Nazorat uchun savollar**

1. Yopiq va ochiq taqsimlash qurilmalarining tavsifini keltiring.
2. Kommutatsiya o'takuchlanishi nima?
3. Elektr jihozlarning nominal kuchlanishi va nominal toki deganda nimani tushunasiz?
4. Taqsimlash qurilmalarining tuzilishi nimalardan iborat?
5. Yuqori kuchlanishli o'zgaruvchan tok uzgichlarining vazifalariga nimalar kiradi?

6. Yuqori kuchlanishli uzgichlarga quyiluvchi talablarni sanab o'ting.
7. Yuqori kuchlanishli uzgichlarning turlarini ayting.
8. Havo uzgichlarning ishlash asoslarini tushuntiring.
9. Moyli uzgichlarning ishlash asoslarini tushuntiring.
10. Vakuum uzgichlarining ishlash asoslarini tushuntiring.
11. Elektromagnit uzgichlarning ishlash asoslarini tushuntiring.
12. Elegaz uzgichlarining ishlash asoslarini tushuntiring.
13. Ajratgichlar nima uchun xizmat qiladi?
14. Bo'lgichlar nima uchun xizmat qiladi?
15. Qisqa tutashtirgichlar nima uchun xizmat qiladi?
16. Eruvchan saqlagichlar ishlash asoslarini tushuntiring.
17. Reaktorlar nima uchun xizmat qiladi?
18. Kuchlanish o'lchov transformatorlarining vazifasi va ularning turlarini ayting.
19. Tok o'lchov transformatorlarining vazifasi va ularning turlarini ayting.

---

---

## 4-bob

### IZOLATORLAR VA TOK O'TKAZISH YO'LLARI

#### 4.1. Ichki va tashqi izolatsiya

**Havoning dielektrik xususiyati.** Tashqi izolatsiyaning asosiy dielektriki bo'lib, atmosfera havosi xizmat qiladi. Yuqori kuchlanishli elektrodlar yoki tok o'tkazgichlar havoda bir-biridan va yerdan ma'lum izolatorlar bilan ushlab turiladi. Izolatsiya masofasining havodagi uzunligi  $L$  yuqori kuchlanish qiymati  $U$  va havoning elektr mustahkamligi  $E_v$  ga,  $E_v$  esa atmosfera sharoiti va elektr maydonga bog'liq. Birjins maydonning barcha nuqtalarida kuchlanganlik  $E_r$  doimiy-o'zgarmas bo'lib qoladi. Elektrodlar oralig'idagi nobirjins maydonda kuchlanganlik  $E_r$  o'zgaradi. Bundan tashqari, kuchlanganlik  $E_r$  atmosfera sharoiti: havo bosimi  $P$ , havo temperaturasi  $T$  va havoning absolut namligi  $\gamma$  ga ham bog'liq.

Normal atmosfera sharoitida havo bosimi  $P = 101,3 \text{ kPa} = 760 \text{ mm}$  simob ustuniga, havo temperaturasi  $T = 293 \text{ K}$  ga va havo namligi  $\gamma = 1 \text{ lg/m}^3$  ga teng bo'ladi. Bu holatda birjins elektr maydonda havo oralig'ining uzunligi  $L = 1 \text{ sm}$  bo'lganda havoni teshib o'tish kuchlanganligi  $E_v = 25 \text{ kV/sm} = 2,5 \text{ MV/m}$  ga yaqin. Elektr uskunalarda ko'pincha keskin nobirjins maydon hosil bo'lib, razryad kuchlanganligi  $E_v$  keskin kamayib ketadi, masalan,  $L = 1+2 \text{ m}$  masofada  $E_v = 5 \text{ kV/sm}$  ga tushsa,  $L = 10+20 \text{ m}$  da  $E_v = 2,5+1,5 \text{ kV/sm}$  bo'lib qoladi.

**Gaz razryadi.** Havoning elektr izolatsiyalash qobiliyatining buzilishi **erkin elektron** paydo bo'lishi sababli boshlanadi. Kuchlanish berilgan elektrodlar oralig'i maydonidagi havoda erkin elektron anod tomon harakatlanib tezlashadi, ya'ni elektr maydonda kinetik energiyasi ko'payadi. Elektronning olgan kinetik energiyasi  $W_e$  uning havodagi erkin yurish masofasi  $\lambda_e$  uzunligiga bog'liq yoki  $W_e = eE\lambda_e$ ,  $\lambda_e = kT/2\pi p r_a^2$  bo'lib,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ,  $T$  — absolut temperatura,  $p$  — bosim,  $r_a$  — atom radiusidir. Agar elektron energiyasi  $W_e$  havo atomining ionlanish potentsiyali  $W_i$  dan kattaroq

bo'lsa, u holda elektron atomga urilib, uni ionlaydi. Ma'lumki, vodorod  $H_2$  uchun ionlash energiyasi  $W_i = 15$  eV, azot  $H_2$  uchun  $W_i = 15,6$  eV va kislorod  $O_2$  uchun  $W_i = 12,1$  eV. Gaz atomi musbat ionlanganda bitta yangi erkin elektron hosil bo'ladi. Boshlang'ich elektron bilan yangi elektron ikkita bo'lib harakatlanadi, ikkinchi to'qnashuvdan so'ng erkin elektronlar soni 4 taga, so'ng 8 taga yetadi va borgan sari ko'payib boraveradi. Elektr maydonda erkin elektronlarning anodga qarab yurgan sari havo atomlari bilan ketma-ket to'qnashib, erkin elektronlar sonining ortib borish jarayoni *elektron lavinasi* deb ataladi. Lavinadagi elektronlar soni

$$n = \text{exr}(\alpha x). \quad (4.1)$$

Bunda  $\alpha$  — to'qnashib ionlanish koeffitsiyenti,  $x$  — elektronning yurish masofasi.

To'qnashuv zarbidan ionlanish koeffitsiyenti  $\alpha$  ning bosim  $P$  ga nisbati elektr maydoni kuchlanganligi  $E$  bilan quyidagicha bog'langan:

$$\alpha/p = 0,257 \sqrt{\frac{E}{p} \exp\left(-\frac{p^2}{E}\right)}. \quad (4.2)$$

Agar  $E/p = 34$  V/(sm·mm simob ustuni) bo'lsa —  $\alpha/p = 5$ , agar  $E/p = 44$  bo'lsa —  $\alpha/p = 30$  ga teng. Bir jinsli elektr maydonida elektron lavinasi elektroddan tok o'tishiga olib keladi.

Quyidagi ionlash omillari natijasida havo atomi ionlanib, erkin elektron hosil qiladi:

1) tabiiy ionizatorlar: kosmos nurlari, yer radiatsiyasi, quyosh ultra binafsha nuri ta'sirida;

2) termoionlanish jarayonida temperaturaning ortishi bilan gaz molekullari kinetik energiyasining ko'payishi ionlash ehtimolini oshirganda;

3) musbat ionlar kam harakatlanuvchiligi va erkin yurish masofasi  $\lambda_i$  ning  $\lambda_e$  dan ko'p marta kichikligi uchun ularning ionlash ehtimoli ham 105 marta kamroqdir. Ammo ionlarning katodga urilishida energiyasi  $W_i > \varphi_E$ , ya'ni metalldan erkin elektron chiqish energiyasi  $\varphi_E \approx 4,5$ eV bo'ladi;

4) havo atomining ionlanishida ko'plab uyg'ongan atomlar hosil bo'ladi va uyg'ongan holatdan asosiy holatga qaytishida nur — foton

chiqaradi. Foton energiyasi  $h\nu > W_i$  bo'lib, ya'ni  $h$  — Plank doimiyliigi va  $\nu$  foton chastotasi, havo atomining fotoionlanishi mumkin;

5) foton energiyasining miqdori  $h\nu$  katoddan elektronni urib chiqarish energiyasi  $\varphi_e$  kattaroq bo'lsa, ya'ni  $h\nu > \varphi_e$ , bo'lganda, foton katoddan ham erkin elektron urib chiqarishi mumkin.

Shunday qilib, erkin elektrondan boshlangan *lavina razryadi* rivojlanib, anod tomon siljib, ko'ndalangiga ham kengayib boradi. Bunga diffuziya harakati va elektrostatik kuch sababdir. Lavina ichidagi elektron va ionlar ko'payavergach, uning oldidagi maydon kuchlanganligi  $E$  ko'payadi va orqa qismidagi  $E$  kamayadi. Lavina dumida qolgan elektronlar musbat ionlar bilan birga plazma hosil qiladi va bu plazma *strimer kanallarini* paydo qiladi. Strimer kanali elektrodgacha borishi yoki bormasligi mumkin. Agar elektrodga yetib borsa, havoning elektr teshib o'tilishi sodir bo'ladi. Elektron lavinasining plazma strimeriga o'tish sharti shuki, ion va elektronlarning elektr maydoni kuchlanganligi tashqi maydon kuchlanganligiga yaqinlashishi kerak. Bir jinsli maydonda strimer hosil bo'lish sharti razryad mustaqilligi shartiga mosdir.

Ionlash jarayoni bilan bir vaqtda unga zid jarayon — zaryadlangan zarrachalarning neytrallanish-rekombinatsiya jarayoni ham ketadi. Bu jarayon *rekombinatsiya* deyiladi. Musbat  $N^+$  va manfiy  $N^-$  ishora bilan zaryadlangan ionlar soni teng, ya'ni  $N = N^+ = N^-$  bo'lsa, ionlarning neytrallanish jarayoni natijasida ionlar konsentratsiyasi kamayadi:

$$N = \frac{N_0}{1 + \rho N_0 t}, \quad (4.3)$$

bunda  $N_0$  — boshlang'ich konsentratsiya,  $t$  — vaqt,  $\rho$  — rekombinatsiya koeffitsiyenti 1 soniyada 1  $\text{sm}^3$  dagi rekombinatsiyalar soni. Rekombinatsiya jarayoni tufayli elektron lavinasining rivoji sekinlashib, hatto o'chib qolishi ham mumkin.

**Gaz razryadining mustaqillik sharti.** Agar tashqi ionlash omillari yo'qotilsa, bor lavina elektrodga yetib kelmasligi va elektr toki o'tishi to'xtab qolishi mumkin. Bunday jarayon nomustaqil razryaddir.

**Mustaqil razryad** sodir bo'lganda tashqi ionlash omillari yo'qotilsa ham elektron lavinalari hosil bo'laveradi. Buning uchun

yuqorida hosil bo'lgan har bir erkin elektron yangi ikkilamchi elektronni paydo qilishi shart.

Bir jinslilik maydonda razryadning mustaqillik sharti quyidagicha:

$$\gamma \exp(aL) > 1. \quad (4.4)$$

Bunda  $\gamma$  — barcha ikkilamchi elektron hosil qilish jarayonlarining umumlashtiruvchi ionlash koeffitsiyenti. Bir jinslilik maydonda mustaqil razryad elektrodlar oralig'idagi havoni to'la teshib o'tish (probey) bilan yakunlandi. Nobirjins maydonda ionlanish jarayoni elektrod oralig'ining bir qismida sodir bo'lib, razryad faqat o'sha qismida yonadi hamda razryadning maxsus turitoj razryadi hosil bo'lishi mumkin. Nobirjins maydonda razryadning mustaqillik sharti elektrod oralig'ining faqat razryad paydo bo'lgan qismidagina bajariladi.

**Toj razryadi.** Yuqori kuchlanish ta'sirida katodning uchli qismlaridagi elektr maydon kuchlanganligi  $E$  o'rtacha kuchlanganlik  $E_0$  dan bir necha marta kattalashib ketadi. Bu katoddan erkin elektronlarning chiqishiga olib keldi. Yuqori kuchlanishli elektr maydonda katodning uchli qismidan erkin elektronlarning havoga chiqishi va havo atomlarining ionlashi jarayoni *toj razryadi* (коронный разряд) deyiladi. Radiusi  $r$  ga teng sim uchun toj razryadining boshlang'ich kuchlanganligi  $E_k$  [kV/sm]:

$$E_k = 24,5m \cdot \delta \left[ 1 + \frac{0,65}{(\delta \cdot r)^{0,38}} \right]. \quad (4.5)$$

Bunda:  $\delta = \delta_1/\delta_0$  gazning nisbiy zichligi bo'lib,  $\delta_0$  normal va  $\delta_1$  mazkur sharoitda havoning zichligi olinadi,  $m$  — koeffitsiyentdir,  $m$  — koeffitsiyent.

Toj razryadining yonib turish vaqti cheklanmagan. Toj razryadi energiya yo'qotuvi  $\Delta W_k$  ning kelib chiqishiga sabab bo'ladi. Toj razryadining asosiy ko'rsatkichlari: toj razryadi boshlanish kuchlanganligi  $E_k$ , va kuchlanishi  $U$ , hamda energiya yo'qotuvi  $\Delta W_k$ . Toj razryadi radio shovqin to'lqinlarini hosil qiladi va unga ob-havo sharoitining o'zgarishi juda katta ta'sir ko'rsatadi.

**Tashqi izolatsiya** (наружная) deb atmosfera havosining ta'siri sharoitida ishlaydigan izolatsiyaning qismiga aytiladi. Elektr

uskunalar va elektr uzatish yo'llarning havo oralig'i o'lchami  $L$  havoning elektr mustahkamligi  $E_v$  bilan belgilanib, nominal kuchlanish  $U$  ko'payishi bilan o'lcham  $L$  undan tezroq kattalashadi. Tashqi kuchlanish razryad kuchlanishi  $U_p$  ga yetganida elektrodlar orasidagi havo oralig'ining elektr izolatsiyalash xususiyati yo'qoladi. Bundan tashqari, havo oralig'i  $L \leq 1$  m lik izolatsiya uchun har 100 m balandlikka ko'tarilganda yoki temperatura har  $3^\circ\text{C}$  ga ko'tarilganda  $U_p$  taxminan 1% kamayadi va namlik  $g$  ikki marta ortsa,  $U_p$  6-8 % ga kamayadi.

Erkin elektrondan boshlangan elektron lavinasi rivojlanib, ya'ni anod tomon siljib boraveradi hamda ko'ndalangiga ham kengayib boradi. Bunga diffuziya hodisasi va elektrostatik kuch sabab bo'ladi. Lavina ichida elektron va ionlar ko'payavergach, polarizatsiya hodisasi sababli lavinaning oldida, ya'ni frontida elektronlar jamlanadi, shu sababli havodagi elektr maydoni kuchlanganligi  $E$  ko'payadi va shunga mos ravishda lavinaning ort qismida havodagi  $E$  kamayadi. Lavina dumida qolgan elektronlar musbat ionlar bilan birga plazma hosil qiladi va bu plazma strimer kanalini, ya'ni vaqt va fazoda tartibsiz hosil bo'luvchi razryad kanallarini paydo qiladi. Strimer kanali elektrodgacha yetib borishi yoki bormasligi mumkin. Agar strimer kanali elektrodgacha yetib borsa, havoni elektr teshib o'tishi hodisasi sodir bo'ladi.

Agar tashqi ionlash omillari yo'qolsa, bor lavina anodga yetib kelmasligi va elektr toki o'tishining to'xtab qolishi ham mumkin. Bunday jarayon *nomustaqil razryad* deyiladi. Mustaqil razryad sodir bo'lganda tashqi ionlash omillari yo'qolsa ham elektron lavinalari hosil bo'laveradi. Buning uchun yuqorida hosil bo'lgan har bir erkin elektron yangi ikkilamchi elektronni paydo qilish shart.

Atmosfera havosining asosiy xususiyati shundaki, agar elektrodlar oralig'idagi havo qatlami tashqi elektr maydon ta'sirida elektr teshilsa va tashqi elektr maydon yo'qotilsa, havoning elektr chidamligi tezda o'z-o'zidan mustaqil tiklanadi. Bunday izolatsiya *o'zi tiklanuvchan izolatsiya* deyiladi. Normal sharoitdagi gazlar va gazlarning aralashmasi, qizigan gazlar, atmosfera havosi o'zi tiklanuvchi izolatsiya safiga kiradi.

Tashqi izolatsiya tarkibiga elektr qurilmalar va uskunalar izolatsiyasining atmosfera havosi ta'sir ko'rsatuvi sharoitida ishlaydigan

qismi kiradi. Tashqi izolatsiyaning asosiy xususiyati, ya'ni uning elektr chidamliligi, atmosfera havosining o'zgaruvchan xossalari bilan chambarchas bog'langanligidir. Atmosfera havosining bunday xossalari: havo bosimi  $p$ , temperaturasi  $T$ , namligi  $\gamma$ , changlanganlik darajasi hamda ularga sezilarli ta'sir ko'rsatuvchi meteorologiya sharoitlari, jumladan: shamol, yomg'ir, do'l, qor, muzlash, tuman hamda tuzli yoki elektr o'tkazuvchan zarrachali ifloslanish va boshqalar.

Tashqi izolatsiya o'zi tiklanuvchan izolatsiya qatoriga kiradi va yuqori kuchlanish texnikasida keng ko'lamda qo'llanadi.

**Ichki izolatsiya** (внутренняя) deganda, elektr uskunalarning atmosfera havosidan mutlaq to'silgan qismi tushuniladi. Ichki izolatsiya siqilgan gaz, qattiq va suyuq dielektrik yoki ularning kombinatsiyasi bilan to'ldirilgan hajmga joylashtiriladi. Ichki izolatsiya murakkab va ko'p turli bo'lishiga qaramay uning asosiy xossalari qo'llanilgan dielektrik xossalar bilan chambarchas bog'liq. Qanday dielektrikni qo'llash lozimligi esa quyidagilarga bog'liq:

– ichki izolatsiya dielektriklarining elektr mustahkamligi havonikidan 5+10 va undan ham ko'proq marta katta. Bu elektr o'tkazgichlar orasidagi masofani shuncha marta qisqartirish va yuqori texnikaviy, iqtisodiy ko'rsatkichli uskuna yasash imkonini beradi;

– ichki izolatsiyaning jami yoki bir qismi o'tkazgichlarni mexanik-turg'un holatda ushlab turuvchi tayanch vazifasini bajaradi, shuning uchun mexanik pishiq qattiq dielektrik qo'llaniladi;

– ichki izolatsiya hajmi orqali issiqlik energiyasi atrofga tarqatiladi. Iloji bor joyda siqilgan gaz va suyuq dielektriklarni qo'llagan ma'qul.

Barcha ichki izolatsiya dielektriklari uchun quyidagi umumiylik bor: uning elektr mustahkamligi kuchlanishning ta'sir etish vaqti bilan juda murakkab bog'langanligi; elektr eskirishning mavjudligi; birgina elektr teshib o'tish (пробой)dan so'ng elektr mustahkamlikning qayta **o'zi tiklanmas izolatsiya** holati yuzaga kelishi; ekspluatatsiya jarayonida issiqlik, mexanik kuchlar, namlik va boshqa omillarning ta'sir ko'rsatishiga chidamliligini ta'minlash lozimligi.

Ichki izolatsiya quyidagi elektr mustahkamliklar  $U_{pr}$  bilan tavsiflanadi: standart yashin impulsiga qisqa muddatli mustahkamligi; ichki kommutatsiya o'ta kuchlanish impulsiga qisqa muddatli elektr



mustahkamligi; foydalanish davomida ishchi kuchlanishning uzluksiz ta'siriga uzoq muddatli elektr mustahkamligi  $U_v$ .

Ichki izolatsiyaning elektr mustahkamligini belgilovchi kuchlanishlar: izolatsiya hajmini teshib o'tuvchi kuchlanish  $U_v$  va izolatsiyaning sirti bo'ylab razryad paydo qiluvchi kuchlanish  $U_{pr}$  hamda tashqi izolatsiyaning atmosfera havodagi razryad kuchlanishi  $U_r$  ekspluatatsiya sharoitida izolatsiyaga ta'sir etuvchi nominal ishchi va kommutatsiya o'ta kuchlanishlardan ancha yuqori bo'lishi shart.

Ichki izolatsiya elektr mustahkamligi o'zining tiklanmas xususiyatiga ega, ya'ni biron marta elektr teshib o'tish sodir bo'lsa, kuchlanishlar  $U_v$ ,  $U_{pr}$  dastlabki qiymatidan pastga tushib ketadi. Yangi uskunalar ichki izolatsiyasining elektr mustahkamligini belgilovchi kuchlanishlar  $U_v$ ,  $U_{pr}$  ekspluatatsiyadan oldin o'lchab bo'lmaydi, chunki bir marta elektr teshilish (proboy) sodir bo'lgach, u ishlash qobiliyatini qisman yoki to'la yo'qotadi.  $U_v$  va  $U_{pr}$  ichki izolatsiya sifatini nazoratlash usuli bilan aniqlanadi. Jumladan, uning dielektrik yo'qotish tgδ miqdori, izolatsiya ichida qisman razryadlarning yo'qligi, sinov kuchlanishi ta'sirining natijasi, kutilgan o'ta kuchlanishlarning me'yori va boshqalarga qarab aniqlanadi.

## 4.2. Izolatorlarning asosiy turlari

Izolatorlar tok o'tuvchi qismlarni bir-biri va yerdan elektr hamda issiqlik, ya'ni teploizolatsiya qilishga, tok o'tuvchi qismlarni mustahkam mahkamlashga hamda tok o'tuvchi qismlardan qisqa tutashuv toklari oqqanda yuzaga keladigan elektrodinamik zarbalarning ta'siriga chidamli bo'lishga mo'ljallangandir.

Izolatorlar yuqori sifatli farfor, chinni (keramika), shisha, epoksid kompundi va polimerlardan yasaladi. Izolatorlar, jihozlarida ishlatiladigan jihoz izolatorlariga, taqsimlash qurilmalarida ishlatiladigan stansiya izolatorlariga, havo elektr uzatkich yo'llarida ishlatiladigan likobcha izolatorlar va ularning girlyandasiga bo'linadi.

**Stansion izolatorlar** o'z navbatida ochiq havoda va bino ichida o'rnatiladigan tayanch izolatorlari hamda kirma izolatorlariga bo'linadi (68-rasm) [13]. Tayanch izolatorlar shina konstruksiyalari va tok o'tuvchi boshqa qismlarni mahkamlash uchun ishlatiladi. Kirma izolatorlarda izolator quvuri ichidan o'tkazilgan mis tayoqcha yoki

shinalar bo'lad. Kirma izolatorlardan tok o'tuvchi qismlarini taqsimlash qurilmasining tokchalari, yopmalari va devorlardan o'tkazish uchun foydalaniladi. Izolatorlardagi metall detallar ularni tayyorlash vaqtida sement surkamasi va chinni kukuni yordamida mustahkam biriktiriladi, ya'ni armirovka qilinadi.

Bino ichida o'rnatiladigan stansiya tayanch va kirma izolatorlari 6 kV, 10 kV, 35 kV kuchlanishlarga moslab to'rt guruhda ishlab chiqariladi. Bu guruhlar sinish yuklamalariga ko'ra quyidagicha tavsiflanadi:

- A guruh sindiruvchi yuklamasi — 375 kg;
- B guruh sindiruvchi yuklamasi — 750 kg;
- D guruh sindiruvchi yuklamasi — 1250 kg;
- E guruh sindiruvchi yuklamasi — 2000 kg.

Ruxsat etilgan yuklama sindiruvchi yuklamaning 60 % ga teng bo'lad.

**Izolator materialiga talablar.** Izolator sirti bo'ylab oqadigan zaryad yo'lini uzaytirish uchun izolator sirtida maxsus shakldagi do'nglik qovurg'alar (пёбра) hosil qilinadi. Chinning elektr chidamliligi 30-40 kV/mm, shishaniki — 45 kV/mm. Chinning 1,5 mm da mexanik chidamliligi qisishga 45 MPa, tortishga 30 MPa, bukishga 70 MPa dan qolishmaydi.

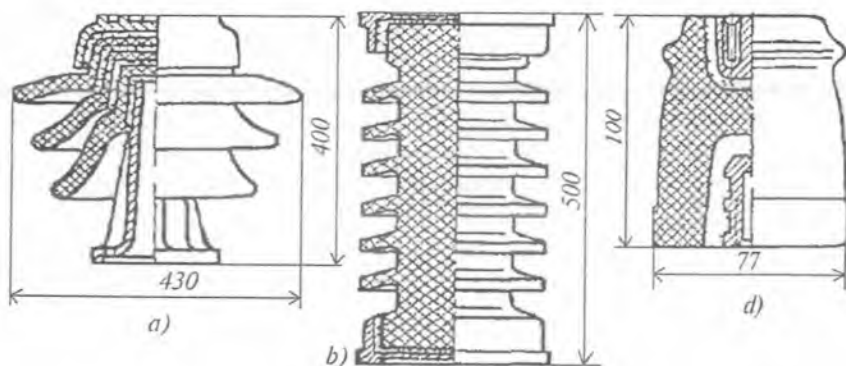
Namlanishdan saqlash uchun chinni izolator sirti oq yoki jigarrang glazur bilan qoplanadi. Izolator materialining sirti gigraskopik, ya'ni namlik yutuvchi bo'lmasligi, meteorologik sharoit ta'sirida o'z xossalarini o'zgartirmasligi hamda yuqori darajada trekingga chidamli bo'lishi shart.

Izolatorlar bajaradigan vazifasiga qarab quyidagilarga bo'linadi: tayanch izolator, osma izolator, kirma izolator.

**Tayoqcha tayanch izolator.** Tok o'tkazuvchi shisha yoki kontakt detallarni o'rnatishda qo'llanadi (67-b, d rasm).

Tuzilishi: uzunchoq chinni yoki farfor qismning ikki uchiga metall biriktirgich sement bilan mustahkam o'rnatilgan. Ichki qurilmaga tanasi to'la yoki g'ovak chinnili 35 kV gacha chiqariladi.

Belgilanishi: OF-35-375; O—tayanch (опорный), F — chinni, nominal kuchlanish  $U_n=35$  kV, bukish kuchi 375 kN. Ichki qurilmalarda ishlatiladigan stansion tayanch izolatorlar 67-d rasmda hamda 68-rasmda keltirilgan.



67-rasm. Izolyatorlarning tashqi ko'rinishi:

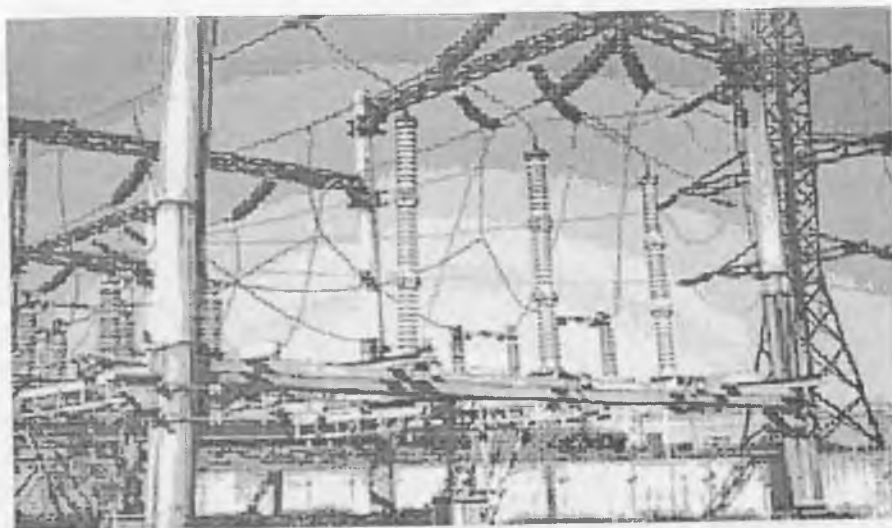
a – nayzabop tayanch izolyatorlar; b, d – tayoqcha tayanch izolator.

Tashqi qurilmada ishlatiladigan izolatorga sirt qovurg'alari ko'pincha kuchlanish 35 kV, 110 kV bo'lgandagina yasaladi. Belgisi: ONS-35-2000 bo'lib, unda O – tayanch, N – tashqi, S – tayoqcha,  $U_n=35$  kV, parchalash kuchi  $F=2000$  kN. Tayanch izolatorlar qisqa tutashuvda paydo bo'ladigan katta elektrodinamik kuchlarga chidashi kerak.

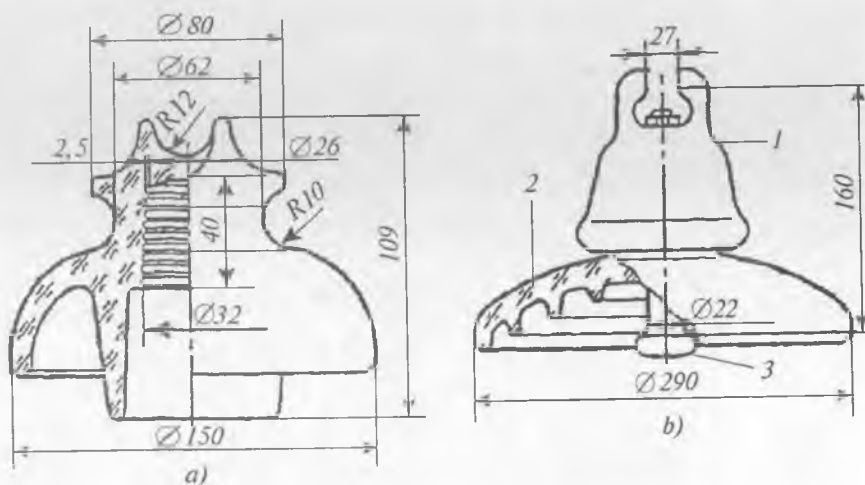
**Nayzasimon tayanch izolatorlar.** Yuqori kuchlanishli simlarni tayanchlariga o'rnatishda ishlatiladi. Tuzilishi: chinni tananing tagida metall nayzasi o'rnatiladigan maxsus chuqurcha va tepasida sim birlashtiruvchi ariqcha va simni ushlab turuvchi botiqlik bor (67-a rasm va 69-b rasm).

Bunday izolatorlarning 6 kV, 10 kV uchun tanasi bir elementli va 35 kV uchun tanasi bir-biriga mustahkam birlashtirilgan bir necha elementli bajariladi. Belgisi: SHF-6 va SHS-6. Dielektrik materiali: SH – nayza (shtir'), F – chinni, S – shisha, nominal kuchlanishi  $U_n=6$  kV.

Tuzilishi: 69-b rasmda metall tutkichli likobchasimon osma izolator keltirilgan. Chinni yoki shisha tana tepasiga metall do'ppi (1) va tagiga ilgakli metall tayoqcha (3) sement bilan izolator (2) ga birlashtirilgan bo'ladi. Likobchani yomg'ir va qorda ham quruq holda qoluvchi pastki qismiga ko'pincha bir, ikki va uch dona qovurg'alar yasaladi. Kuchlanish 6 kV va 10 kV bo'lganda ko'pincha yakka izolator, 35 kV, 110 kV, 220 kV va 500 kV da 2+20 dona



68-rasm. Izolatorlar shodasining ko'rinishi.

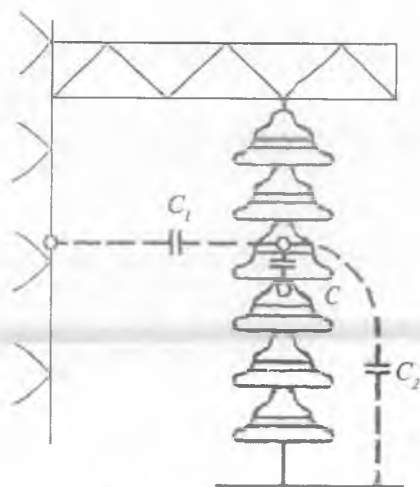


69-rasm. Izolatorlarning tashqi ko'rinishi:

a – nayzabop tayanch izolatorlar; b – likobcha osma izolator.

likobchasimon izolatorli *izolatorlar shodasi* – *girlyanda* shaklida ishlatiladi (70-rasm). Hisob uchun kerak bo'ladigan girlyandaning bitta izolatori elektrodlari (1) va (3) orasidagi  $C$  sig'im, izolator elektrodi (1) bilan metall tayanchi orasidagi  $C_1$  sig'im va yuqori

kuchlanishli sim orasidagi  $C_2$  sig'imi ko'rsatilgan. Girlyanda sharnirli bo'lgani uchun u faqat tortish kuchiga ishlaydi, ammo izolator chinnisi ichida metall do'ppi va tayoqcha shunday joylashtirilganki, chinni mexanik mustahkamligi yuqori bo'lgan faqat qisilish kuchi ta'siriga ishlaydi. Likobchasimon osma izolatorning tepa sirti tekis bo'ylab,  $5^\circ-10^\circ$  konus shaklida yasaladi va yomg'ir suvining to'xtamay oqib tushishini ta'minlaydi (69-*b* rasmga qarang). Izolatorning ostki sirti zaryad yo'lini uzaytirish uchun bir necha do'ngalak qovurg'ali yasaladi. Likobcha osma izolatorning ishdan chiqishiga do'ppi bilan tayoqcha orasida chinni yoki shisha hajmining elektr teshib o'tilishi sabab bo'lsa-da, ammo mexanik chidamliligi o'zgarmay qolgani uchun sim yerga tushmaydi. Belgilanishi: PS-16B; P — osma (подшевой) S — shisha dielektrikli, 16-tortish kuchi  $F = 160 \text{ kN}$  va B — izolatorning tuzilishini ko'rsatadi. Likobchasimon osma izolatorlar havo elektr uzatish yo'li simlar va unga ilashgan muzning tonnalab og'irligini ko'tarishga qodir.

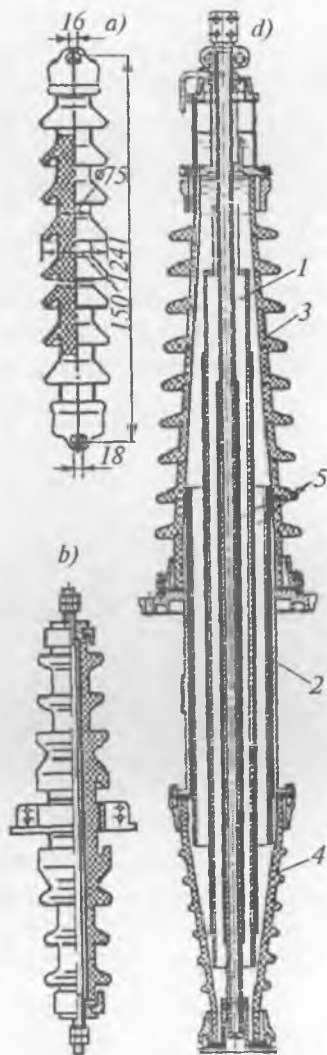


70-rasm. Izolator shodasi.

**Tayoqcha osma izolator.** Tuzilishi: ko'rinishi cho'zinchoq, sirti qovurg'ali shakldagi chinni tayoqchanning ikki uchiga metall do'ppi biriktirilgan (71-*a* rasm). Polimer va uzunasiga shisha tola bilan pishiqlashtirilgan epoksid kompaundidan yasalgan izolator ham keng qo'llaniladi. Jumladan, shisha tolali epoksid materialidan

yasalgan tayoqcha osma izolatorlardan havo elektr uzatish yo'llarining faza simlari orasidagi hamda ko'p simlik fazalardagi simlar orasidagi havo masofasining o'zgarmasligini ta'minlashda foydalanilmoqda. Osmo tayoqchasimon izolatorlar havo elektr uzatish yo'llari simini osib qo'yishda kam qo'llaniladi, chunki izolator sinsa, sim yerga tushib ketishi mumkin.

**Kirma izolator.** Devor yoki metall korpus orqali, ayniqsa tok yuqori kuchlanishli bo'lsa, elektr tokini o'tkazishda ishlatiladi (71-b rasm). Tuzilishi: uzun silidsimon chinni quvuri (1) ichiga yuqori kuchlanishli tok o'tkazuvchi metall tayoqcha (2) kiritilib, tashqarisining qoq o'rtasiga yerlangan biriktiruvchi yassi metall halqasimon flanes (3) o'rnatilgan. Kuchlanish 6 kV, 10 kV, 35 kV li kirma izolator quvirchasining ichi — g'ovak qismi metall bilan to'la chinni tayoqchasidan tuzilgan. Belgisi: PNSH-35/3000; P — kirma (проходной), N — tashqi (натурный), SH-shinalik,  $U_n = 35$  kV,  $I_n = 3$  kA,  $F = 20$  kN. Lekin 110 kV va undan yuqoriroq kuchlanish uchun mo'ljallangan kirma izolatorlar murakkabroq tuzilgan. 110 kV va undan yuqori kuchlanishlarga mo'ljallangan kirma izolatorlarda yerlangan tashqi flanes bilan o'qdan o'tgan yuqori kuchlanishli elektrod oralig'idagi elektr maydonni rostlash usuli qo'llaniladi. Izolatsiya elektr maydonini rostlashning asosiy mazmuni nobirjinslik koeffitsiyenti  $K_i$  ni kamaytirish va  $K_i = 1$  ga yaqinlashtirishdir.



71-rasm. Izolatorlarning tashqi ko'rinishi: a — tayoqcha osma izolator; b — kirma izolator; d — kirma izolatorning qirqimi.

$$K = E_{\text{mak}} / E_0 \quad (4.6)$$

Bunda  $E_{\text{mak}}$  — elektr maydonning eng katta va  $E_0$  — oʻrtacha kuchlanganligidir. Izolatsiyadan foydalanish koeffitsiyenti  $\eta$  esa nobirjinslik koeffitsiyenti  $K_i$  ga teskari qiymatdir:

$$\eta = 1 / K_i \quad (4.7)$$

Elektr maydonni rostlash amali izolatorning elektr chidamliligini oshirish, izolator uzunligini qisqartirish, toj razryadiga energiya sarfini va zararli radiotoʻlqinlar chiqishini kamaytirishga xizmat qiladi. Izolator atrofidagi elektr maydoni keskin nobirjins maydon boʻlib, unda  $K_i \geq 3$  gacha va undan ortiq boʻladi.

Elektrodlar yonidagi maydon kuchlanganligi kamida 3 marta kattalashadi. Umuman, maydonning eng katta kuchlanganligi

$$E_{\text{mak}} = f(\epsilon) \quad (4.8)$$

$\epsilon$  — izolator dielektrikning nisbiy elektr singdiruvchanligiga toʻgʻri proporsionaldir.

110 kV va undan yuqori kuchlanishlarga moʻljallangan kirma izolator elektr maydonning eng katta kuchlanganligi  $E_{\text{mak}}$  oʻq boʻylab oʻrnatilgan markaziy kirma elektrod (1) bilan yerlangan biriktiruvchi elektrod (2) oraligʻida radius boʻylab sodir boʻladi (71-d rasm). Bu oraliqda kondensator elektrodlari (5) dan foydalanib, bir oraliq bir necha ketma-ket oraliqlarga ajratiladi. Oraliqlarni chegaralovchi elektrodlar orasidagi sigʻim shunday olinadiki, natijada maydon rostlanadi. Kirma izolator tashqi va ichki konussimon izolator pokrishkalari (4) yordamida markaziy elektrod (1) ni qoʻzgʻalmas holda saqlaydi.

Kirma izolator ichiga transformator yoki kondensator moyi quyib qoʻyiladi, chunki ularning elektr chidamliligi juda yuqori. Transformator moyida razryadning shakllanish vaqti katta boʻlganligi uchun moyni teshib oʻtish kuchlanishi  $U_v$  kuchlanishning koʻtarish tezligiga bogʻliq: u qancha tez koʻtarilsa,  $U_v$  shuncha baland. Masalan, yangi transformator moyining 50 Hz da standart elektrodli  $S = 2,5$  mm masofani teshish kuchlanishi  $U_v = 40-60$  kV oraligʻida boʻlib, moyning namlik va tozaligiga bogʻliq. Moy eskirgach,  $U_v$  kamayib ketadi. Kondensator va transformator moylari tabiiy suyuq

uglevodorod birikmalari bo'lib, neftni qayta ishlab olinadi. Sintetik suyuq dielektriklar tuzilishida uglerod atomi kremniy atomi bilan almashtirilgan bo'ladi. Sintetik suyuq dielektriklarning ishlash temperaturasi ancha yuqori 400-500 °C bo'lib, tabiiy dielektrik esa 100+150 °C gacha ishlaydi.

**Izolatsiyani koordinatsiyalash – muvofiqlash** deb izolatsiya elektr mustahkamligi bilan unga ta'sir etuvchi kuchlanish orasidagi zaruriy moslashuvni ekspluatatsiyada ta'minlashga aytiladi. Bunda izolatsiyani iqtisodiy asoslangan kichik shikastlanish va javobgarligi kamroq iste'molchilarning elektr ta'minotida uzulish ehtimoli ko'zda tutiladi.

### 4.3. Tok o'tkazuvchi shinalar

Tok o'tkazuvchi ochiq shinalar mis, aluminiy va po'latdan yasaladi. Qattiq qilib tortiladigan shinalar sifatida ko'pincha aluminiy shinalar, egiluvchan qilib tortiladigan shinalar sifatida esa po'lat-aluminiy simlar ishlatiladi.

Shinalarning kesim va shakllari o'tuvchi tokning kattaligi, shinalarning sovish sharoitlari hamda qurilmaning nominal kuchlanishi kattaligiga bog'liqdir.

Nominal kuchlanish ma'lum qiymatiga yetganda havoda toj razryadi hosil bo'lishi hamda elektronlar oqimi shina chetlaridan atmosferaga chiqib ketishi mumkin.

Ko'pincha 6 kV dan 35 kV gacha kuchlanishli yopiq taqsimlash qurilmalari ZRU shinalarda, odatda, katta elektr toklari oqadi. Mazkur shinalar sifatida uzunligi 45 metrgacha va eni 30, 40, 50, 60, 80, 100 mm hamda qalinligi 2, 5, 6, 8, 10 mm bo'lgan to'g'ri to'rtburchak shaklli material tasmalari ishlatiladi.

Shinalar ko'ndalang kesim yuzasining o'lchami: uning eni va qalinligi bilan aniqlanadi. 40 mm x 4 mm (ko'ndalang kesim yuzi 160 mm<sup>2</sup>); 40x5 (200 mm<sup>2</sup>); 50x5 (250 mm<sup>2</sup>); 60x60 (300 mm<sup>2</sup>); 60x8 (480 mm<sup>2</sup>); 80x8 (640 mm<sup>2</sup>); 80x10 (800 mm<sup>2</sup>); 100x8 (800 mm<sup>2</sup>) va 100x10 (1000 mm<sup>2</sup>) o'lchamli shinalar eng ko'p ishlatiladigan shinalardir.

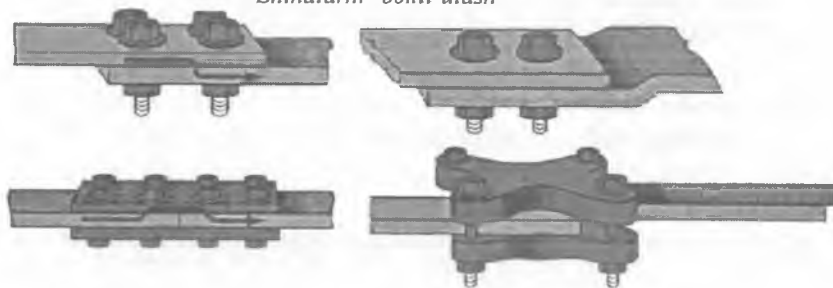
Yuqlama toklari, va ayniqsa, qisqa tutashuv toklari katta bo'lgan taqsimlash qurilmalarda, to'g'ri to'rtburchak kesimli shinalardan tashqari, katta quvvatli generatorlarning uchlaridan chiqqan ichki



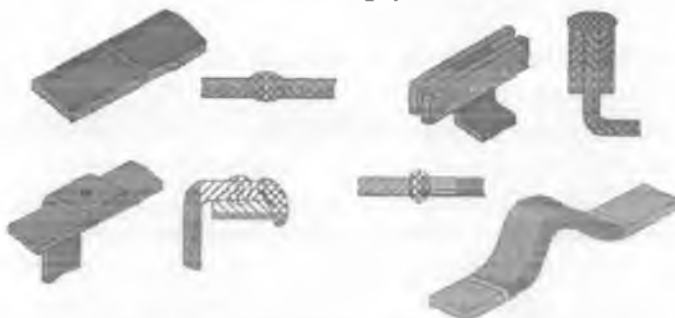
chiqish fazalariga ulanib, bino ichida tortiladigan tok o'tkazish simlari sifatida qobiqsimon kesimli shinalar ham ishlatiladi.

72-rasmda shinalarni turli ulash usullari keltirilgan [13].

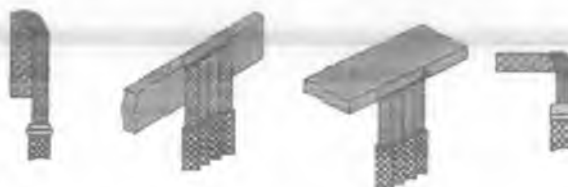
*Shinalarni boltli ulash*



*Shinalarni payvandlab ulash*



*Kabelni shiraga kavsharlab ulash*



72-rasm. Shinalarning turli ulash usullari.

To'g'ri to'rtburchak va qobiqsimon kesimli shinalar o'zlarining shakllariga ko'ra issiqlik tarqatish sirlari katta bo'lganligi sababli tez soviydi. Ular oqilona joylashtirilganda elektr dinamik jihatdan barqaror bo'ladi. Bunday shinalarning afzalligi ularning arzonligi va montaj qilishning qulayligidir. To'g'ri to'rtburchakli shinalarning

muhim kamchiligi shundan iboratki, kuchlanish katta qiymatga erishganda toj razryadi toki hosil bo'lishi bilan energiya isrofi sodir bo'lishidadir. Toj razryadi yonganda havoning ionlanishi natijasida izolatorlar va shinalar orasidagi havo oraliqlaridan tok o'tib, qisqa tutashuvga olib kelishi xavfidadir. Qisqa tutashuv toki shinalarni ham shikastlaydi.

35 kV, 110 kV kuchlanishli berk taqsimlash qurilmalari (ZRU) va har qanday kuchlanishli ochiq taqsimlash qurilmalari (ORU) uchun yumaloq doira shakldagi kesimli shinalar ham ishlatiladi. Bunday shinalarda ob-havo yaxshi bo'lganda toj razryadi hosil bo'lmaydi. Shinalar egiluvchan qilib tortilganda, yumaloq kesimli shinalar sifatida, havo elektr uzatkich yo'llariga mo'ljallangan AS markali ochiq po'lat-aluminiy simdan foydalaniladi. Bosh yig'ma shinalar taqsimlash qurilmasi konstruksiyasining bir qismi bo'lib, elektr energiyasi bu shinalarga elektr stansiyasi generatorlaridan yoki podstansiya transformatorlaridan keladi va energiya olib ketuvchi barcha elektr uzatkichlar shu shinalarga ulanadi.

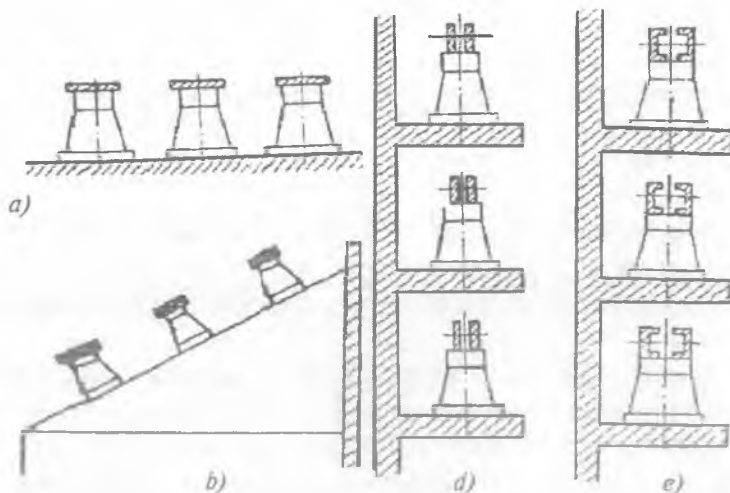
Berk taqsimlash qurilmalarida turli fazalarning shinasi vertikal, gorizontal yoki qiya joylashtiriladi. Shinalar vertikal joylashtirilganda har bir fazaning shinalari tokchalar yordamida ajratiladi. Qanday vaziyatda bo'lishidan qat'i nazar, to'g'ri to'rtburchak kesimli shinalar bir-birlariga ingichka tomonlari-qirralari bilan qaratib qo'yiladi. Bunday joylashtirishdan sabab qisqa tutashuv toklari oqqanda shinalarning elektrodinamik barqarorligi oshadi.

Yuklama toki katta bo'lganda shinalar guruh-paket qilib joylashtiriladi. Har qaysi guruh bir necha tasmadan iborat bo'lib, ular o'rtasidagi oraliq shina qalinligiga teng olinadi. Havo oraliqlari shinalarni yaxshi sovitib, ularga paket tasmalari kesimiga teng bo'lgan shisha va chinniga ko'ra ko'proq tok yuklamasi berish imkonini beradi.

Biroq guruhdagi tasmalar soni ortgan sari yo'l qo'yilgan yuklama ular soniga proporsional ravishda emas, balki juda kam ortadi, chunki paketda tasmalar soni qancha ko'p bo'lsa, shinalarning sovish sharoiti shuncha yomonlashib boradi. Bundan tashqari, o'zgaruvchan tokda guruhdagi qo'shni tasmalarning magnit maydonlari bir-biriga ta'sir qilib, shinalarni qo'shimcha qizitadi. Shuning uchun, o'zgaruvchan tok bo'lganda guruhlar faqat ikki-uch tasmadan yig'iladi.

Shina guruhining tasmalari orasida tirqish hosil qilish uchun RPSH (разборные прокладки шинные), ya'ni shinning kirgi qistirmalari ishlatiladi. Ularni butun guruh uzunligi bo'ylab ma'lum oraliqlarda o'rnatiladi. RPSH qistirmalari rezbali po'lat tayoqchashpilka, ikkita po'lat skoba, gaykalar va prujinali shaybalardan tuzilgan.

73-rasmda berk taqsimlash qurilmalari bosh shinalarining gorizontaal, vertikal va qiya joylashtirilishi ko'rsatilgan.



73-rasm. Shinalarning joylanishi:

a – gorizontaal joylashtirish, b – qiya joylashtirish, d – yassi shinalarni vertikal joylashtirish, e – qobiqsimon shinalarni vertikal joylashtirish.

Shinalarni qanday tekislikda qo'yilishiga qarab, izolatorlarga ular yo keng tomonlari bilan chalqancha yoki tor tomonlari-qirrasiga bilan o'rnatiladi.

Shinalarni izolatorlarga mahkamlash uchun shina tutqichlari ishlatiladi. Shinalarni chalqanchasiga va qirrasiga bilan mahkamlash uchun yotiq (PSH – плашмя) va tik (RSH – ребром) shina tutqichlardan keng foydalaniladi.

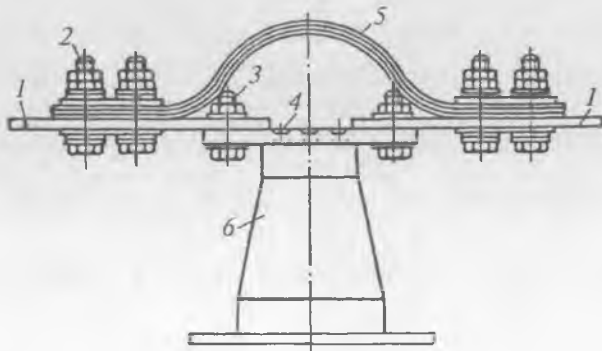
Mahkamlanadigan shinalarning kesimi va ularning paketdagi tasmalari soniga qarab shina tutqichlar o'lchami ham turlicha bo'ladi. PSH va RSH shina tutqichlar asos (1), po'lat varaqidan shtampovka

o'ylgan ustki nakladka (3) dan hamda gayka va shaybasi bo'lgan shpilka (2) dan iborat.

Uyurma toklarning hosil bo'lishi va shina tutqichlarning qizib ketishiga yo'l qo'ymaslik maqsadida, shpilkalardan biri po'latdan, ikkinchisi latundan yasaladi, latun shpilka shina atrofida po'lat hosil qilgan magnit konturini uzadi. Shina tutqichda o'rnatilgan shina bilan ustki nakladka o'rtasida  $1,5 \pm 2$  mm havo bo'shlig'i qoldiriladi, yuklama va qisqa tutashuv toklari shinani qizdirib yuborganida, bu bo'shliq, uning o'z o'qi bo'ylab erkin siljishiga imkon beradi.

Shina tutqichlar bino ichida o'rnatiladigan tayanch izolatorlarga shina tutqich asosining markazidagi teshik orqali o'tkazilgan bir bolt bilan mahkamlab qo'yiladi. Yassi qo'yiladigan shinalar ba'zan izolatorlarga boltlar yordamida shinadagi teshik orqali mahkamlanadi, bundan shinaning foydali kesimi biroz kamayadi.

Shinalar juda katta uzunlikka ega bo'lganda, ular uzunligi 14+16 m bo'lgan qismlarga bo'linadi. Bunday qismlar bir-biriga uzaytirish kompensatorlari yordamida ulanadi (74-rasm).



74-rasm. Shina kompensatori:

- 1 — shinalar; 2 — kompensator shinalarga mahkamlanadigan bolt;
- 3 — shinalar nakladkaga mahkamlanadigan bolt; 4 — birlashtiruvchi nakladka;
- 5 — egiluvchan folga tasmasi; 6 — tayanch izolator.

Kompensatorlar bir necha egik folga tasmlaridan iborat bo'lib, tasma shina materialidan yasaladi. Kompensatorning umumiy ko'ndalang kesimi shinalarning ko'ndalang kesimlariga mos kelishi kerak. Shinalar qattiq qilib tortilganda, yumaloq kesimli shinalar sifatida po'lat novlar ishlatiladi.

#### 4.4. Yuqori kuchlanishli kabellar

**Kabellarning turlari.** Kabel mahsulotlari ishlatilishi bo'yicha quyidagi turlarga bo'linadi: havo elektr uzatkich yo'llari va elektr transportida ishlatiladigan izolatsiyalanmagan simlar; turg'un va harakatdagi energiya iste'molchilarga mo'ljallangan quvvat kabellari; nazorat kabellari; montaj uchun simlar; chulg'amlar uchun simlar; xo'jalik va qurilma simlari; simli telefon aloqasi kabellari; maxsus kabellar.

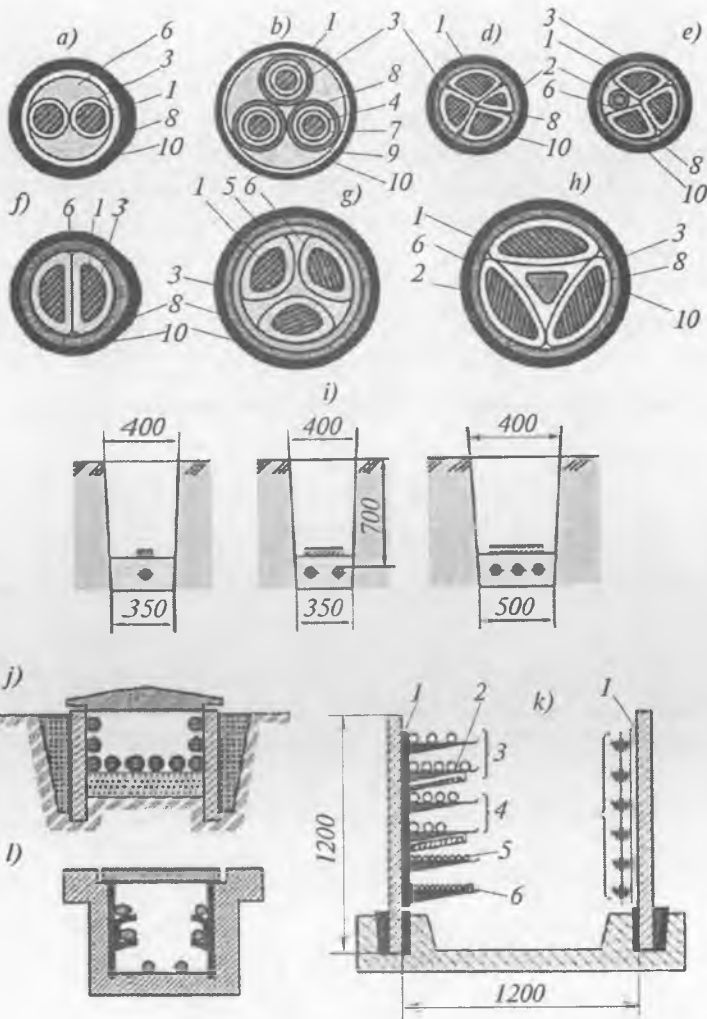
Havo elektr uzatkich yo'llari EUY da ishlatiladigan izolatsiyalanmagan simlarga katta mexanik yuklama, atmosfera yog'ingarchiliklari va havo kislorodi ta'sir ko'rsatadi. Bunday simlar po'lat-aluminiy va aluminiydan yasaladi. Po'lat-aluminiy simlarning o'rtasidan po'lat simlar joylashtirilib, uning atrofiga aluminiy simlar o'raladi. Simlar orasiga korroziyaga qarshi neytral qovushqoq modda kiritiladi. Elektr transportida ishlatiladigan simlar ko'ndalang kesimi maxsus shakl berilgan mis va mis qotishmalaridan yasaladi.

Kabel elektr uzatkich yo'llarning afzalligi: ularda namlanishning yo'qligi; egiluvchanligi va cho'ziluvchanligi; burilishlarga chidamliligi; ichidagi tomirlarning siljimasligi uchun yetarli qattiqligi, sanoat energetikasida 6, 10, 30, 110, 132, 220, 275, 345, 380, 400, 500, 750 kV kuchlanishli kabellar ishlatilmoqda. Kuch kabellari turg'un iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlashga mo'ljallangan bo'lib, ular yerosti handaqlari, kanallari, tunnellariga joylashtiriladi.

75-rasmda turli kuch kabellari ko'ndalang kesimining ko'rinishlari keltirilgan [13].

Korxonada ichida elektr energiyasini tarqatish uchun kabellar va tok o'tkazgichlar, ba'zan havo elektr uzatkich yo'llari ham ishlatiladi. Elektr ta'minoti tizimlarida 6 kV, 10 kV, 35 kV, 110 kV va 220 kV li kuch kabellari ishlatiladi.

Kabelni mexanik zararlanishdan asrash uchun qobiq ustiga po'lat tasmadan zirx hosil qilinadi. Metall zirxni korroziyadan asrash uchun ustiga bitum singdirilgan kabel qog'ozi yoki to'qima tasma o'rab muhofazalanadi. Kabel tomiri mis yoki aluminiydan yasaladi. Katta ko'ndalang kesimli kabel tomirining egiluvchanligini ta'minlash uchun tomir bir qancha simlardan tashkil qilinadi. Kabel



75-rasm. Yuqori kuchlanishli kabel kesimi va yotqizish usullari:

- a – dumaloq ikki tomirli; b – dumaloq uch tomirli; d – to‘rt sektor tomirli; e – uch sektor va bir dumaloq tomirli; f – ikki yarimdoira tomirli; g – uch sektor tomirli; h – uch segment va bir uchburchak tomirli; 1 – tok o‘tkazuvchi jilalar; 2 – nol jila; 3 – tok o‘tkazuvchi tomir (jila)larning izolatsiyasi; 4 – tok o‘tkazuvchi tomir (jila) ekrani; 5 – kesimni o‘rab turuvchi izolatsiya; 6 – to‘ldiruvchi material; 7 – tomir izolatsiyasining ekrani; 8 – tashqi obolochka; 9 – zirxli qoplama; 10 – tashqi himoya qoplamsi.

izolatsiyasi kornaund yoki moy shimdirilgan kabel qog'ozi yoki polimer materialdan yasaladi. Qog'oz tasmasining eni 12–32 mm, qalinligi 80–170 mkm va zichligi 0,78–1,1 t/m<sup>3</sup> bo'ladi.

Kuchlanishi 35 kV gacha kabelda moy-kanifol kompaundi ishlatiladi. Moyga 15–30 % kanifol qo'shilsa, uning quyushqoqligi ortadi va oqib ketishdan asraydi. Kabel tomini qiziganda atrofida kichik o'lchamli bo'shliqlar hosil bo'lib, bo'shliqdagi qismani razryadlar kabel elektr chidamligining kamayishiga olib kelishi mumkin. 110 kV va undan yuqori kuchlanishli kabellar bir tomirli yasilib, unda kam quyushqoqli moy qo'llaniladi va zichlangan qobiq ichiga bosim beriladi (9-jadval). 6 kV va 10 kV kuchlanishlarda mis tomirli SBG va SBGV kabellari va aluminiy kabellar ishlatiladi.

9-jadval

3x120 mm<sup>2</sup> kesimli kabelning turli kuchlanishlardagi texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari

Kuchlanish, kV	Kabel markasi	O'tqaziladigan quvvat, MVA	Qiymati, ming so'm/km	Solishtirma qiymati, so'm/(kVA km)
6	ASB	1,5	4,22	2,82
10	ASB	2,5	4,65	1,85
20	AOSB	5,0	10,65	2,13
35	AOSB	8,75	14,0	1,6
110	MSSV	75,0	150,0	2,0

Eslatma: MSSV kabeli (3x150) mm<sup>2</sup> kesim yuzasiga ega.

Tunnellarda MSS, MSSSHv va MSAV markali o'rta bosimli kabellar ko'proq ishlatiladi. Ular qo'rg'oshin qobiqda 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500, 625, 800 mm<sup>2</sup> aluminiy qobiqda 150, 185, 240, 270 mm<sup>2</sup> li ko'ndalang kesimlarga ega.

**Kabellarning yotqizish usullari.** Korxonada hududida kabellar trassalarini va yotqizish usullarini tanlash muhim masala hisoblanadi. Temir yo'llar, avtomobil yo'llari, sexlar binolarini ham kabel trassalari chetlab o'tishi kerak. Kabellar yotqizishning eng sodda usuli ularni yerosti handaqlarida, 10 kV gacha kuchlanishda 0,7 metr va 35 kV da 1 metr chuqurlikda yotqizish bo'lib, handaqq 1–2 ta kabel yotqizilsa, uning eni 0,4 m olinsa, uchta kabel uchun

0,55 m olinadi (75-*i* rasm) [13]. Kabellar beton kanallarga ham yotqiziladi. Kabellarning kanallardagi konstruksiyalarda joylash sxemasi 75-*k* rasmlarda berilgan. Unda: 1 – kabel joylash konstruksiyalari; 2 – yong‘inga chidamli to‘siq; 3, 4 – kuchlanishi 1 kV dan yuqori va 1 kV dan past kuchlanishli kuch kabellari; 5 – nazorat kabellari; 6 – nazorat va aloqa kabellari. Ichki hamda tashqi beton kanallarga yotqizish namunalari 75-*j* rasm va 75-*l* rasmda keltirilgan.

### *Nazorat uchun savollar*

1. Havoning dielektrik xususiyati haqida gapirib bering.
2. Gazli muhitda razryad nima?
3. Mustaqil va nomustaqil razryad deganda nimani tushunasiz?
4. Toj razryadi deganda nimani tushunasiz?
5. Qattiq izolatsiya materiallari nima?
6. Suyuq izolatsiya materillari nima?
7. Yuqori kuchlanishli izolatorlarning turlarini ayting.
8. Osmo izolatorlar turlarini ayting.
9. Kirma izolatorlar turlarini ayting.
10. Tayanch izolatorlar nima uchun qo‘llaniladi?
11. Osmo izolatorlar, odatda, qaysi kuchlanishdan boshlab qo‘llaniladi?
12. Osmo izolatorlarni ishlab chiqarishda qo‘llaniluvchi izolatsion materiallar qaysilar?
13. Tok o‘tkazuvchi shinalar turlarini ayting.
14. Shinalar o‘zaro qanday ulanadi?
15. Elektr kabellar turlari haqida gapirib bering.
16. Qog‘oz-moy izolatsiyali kabellar haqida nimalarni bilasiz?



---

## 5-bob

# PAST KUCHLANISHLI KOMMUTATSIYALASH JIHOZLARI

### 5.1. Elektr taqsimlash qurilmalari

Elektr energiyasini qabul qilish va uni boshqa elektr qurilmalari orasida taqsimlash uchun mo'ljallangan elektr jihozlar taqsimlash qurilmalari (RU – распределительное устройство) deb ataladi.

Taqsimlash qurilmalarning elektr bilan ta'minlash tizimi bo'lib, uning o'rniga qarab, elektr stansiyasi generatorlari, podstansiya-larning kuch transformatorlari, havo va kabel elektr uzatkich yo'llari, bino ichida tortilgan elektr simlar energiya beruvchi yoki energiya taqsimlovchi xizmatini qilishi mumkin.

Taqsimlash qurilmalaridan keladigan elektr energiya boshqa taqsimlash jihozlari, podstansiyalar, kuch transformatorlari va turli elektr qabul qiluvchilar orasida qayta taqsimlanishi mumkin. Bunday qurilmalariga elektr energiyasi taqsimlash jihozidan tarqaluvchi kabel va havo elektr uzatkich yo'llari orqali yuboriladi.

Taqsimlash qurilmalarida unga ulangan elektr uzatkichlarni ajratib qo'yish va himoya qilish jihozlari, shuningdek, butun taqsimlash jihozini ham, uning alohida bo'limlarining ham ishlashini nazorat qilib turuvchi turli o'lchov asboblari bo'ladi.

Elektr energiyani qabul qilib olish va taqsimlash, shuningdek, taqsimlash jihozining alohida elementlarini o'zaro ulash uchun, odatda, ochiq metall shinalar ishlatiladi. Ular alohida shinalar turkumini hosil qiladi. Shinalar turkumi asosiy yoki yig'ma, tarmoqlovchi va ulovchi shinalardan iboratdir. Asosiy shinalar taqsimlash shinalari vazifasini bajaradi. Ularga energiya manbayidan energiya kelib, ketuvchi uzatkichlarga beriladi. Asosiy shinalarga ulanuvchi qurilmalarga boruvchi shinalar *tarmoqlovchi shinalar* deyiladi. Tarmoqlanishning alohida qurilmalarini o'zaro ulovchi shinalar *ulovchi shinalar* deyiladi.

Taqsimlash qurilmasi har qanday kuchlanishga va har qanday maqsadga mo'ljallangan elektr tarmoqlarining tarkibiy elementidir.

Iste'molchilar quvvat va yoritish qurilmalarining kuchlanishi 1000 V gacha bo'lgan elektr tarmoqlari pasaytiruvchi transformator podstansiyalarining past voltli taqsimlash jihozlaridan elektr qabul qiluvchilarga tarqaladi. Elektr qabul qiluvchilarning uzatkichlari ham energiya bilan ta'minlovchi uzatkich taqsimlash jihozlari vositasida ulanadi. Turli taqsimlash jihozlarining tuzilish shakllari va o'lchamlari qurilmaning kuchlanishi hamda taqsim qilinayotgan quvvatiga bog'liq bo'ladi.

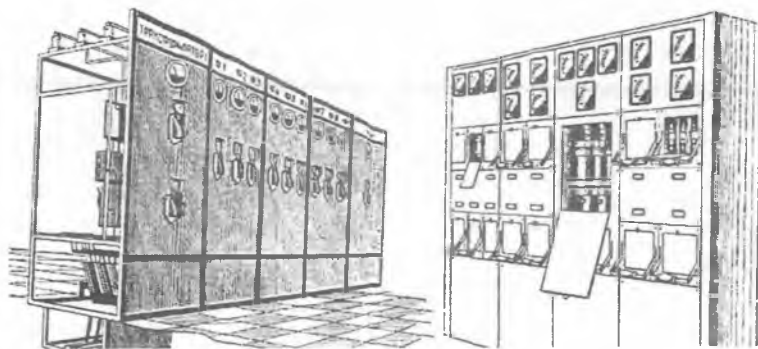
Taqsimlash qurilmalarida ishlatiladigan jihozlarning o'lchamlari va konstruksiyalari, ularning turli tartiblarda ishlash sharoitlari, tok o'tuvchi qismlar izolatsiyasining o'lchamlari, kuchlanishning kattaligiga bog'liq bo'ladi.

Ishlatilayotgan jihozlar tavsifi va uning yasali shakllariga qarab, taqsimlash jihozlari 1000 V gacha kuchlanishli tarmoqlarda ishlatiladigan past kuchlanishli qurilmalarga va 1000 V dan ortiq kuchlanishli tarmoqlarda ishlatiladigan yuqori kuchlanishli qurilmalarga bo'linadi.

Taqsimlash qurilmalarining tuzilishi xilma-xil bo'lib, ulardan ko'pchiligi elektr sanoati zavodlarida tayyorlanadi va tayyor holda tarqatiladi. Taqsimlash qurilmalari (shitlari) tuzilish shakliga qarab ikki xilga bo'linadi: ikkala tomondan ham ishga solinishi mumkin bo'lgan ochiq shitlar; faqat old tomonidan ishga tushiriladigan berk suyalma shitlar. Suyalma shitlar bevosita devorga taqab o'rnatilishi natijasida ular kam joy oladi. 76-rasmda ko'p seksiyali taqsimlash shitlaridan biri keltirilgan. Bunday shitlar yuqori kuchlanishli qurilmalarning past kuchlanishli tomoni 0,4 kV kuchlanish bilan ta'minlashga mo'ljallangan.

76-rasmda ikki tomonlama xizmat qilishni talab qiladigan shkaf keltirilgan. Old tomonida rubilniklarning dastaklari, elektr o'lchov asboblari o'rnatilgan. Orqa tomonidan esa rubilnik va eruvchi saqlagichlariga texnik xizmat ko'rsatish ishlari olib boriladi.

Taqsimlash qurilmalarining konstruktiv elementlari burchakli va polosa shaklidagi po'latdan qilingan karkaslar hamda ularga o'rnatilgan po'lat varaqlari yoki yonmaydigan izolatsiya materiallaridan qilingan panellardir. Karkas va panellarda taqsimlash qurilmasining barcha elektr uskunalari joylashtirilgan. Ba'zi hollarda taqsimlash qurilmasi metall shkaflarda joylashtiriladi.



76-rasm. Ko'p seksiyali taqsimlash shitlari.

Yoritish elektr qurilmalarda keng qo'llaniladigan taqsimlash qurilmalari yoritish guruhi taqsimlash shitlaridir.

Ketuvchi tarmoqlarda yuklamaning ortib ketishi va qisqa tutashuvlar bo'lishidan saqlash uchun, guruh shitlarida eruvchan po'kak saqlagichlar yoki maxsus avtomatlar o'rnatiladi. Avtomatlardan kerakli hollarda tarmoqlarni ajratib qo'yish uchun ham foydalaniladi.

Agar yoritish qurilmasida markazlashtirilgan boshqarish ko'zda tutilgan bo'lsa, guruhlar shitlaridagi har qaysi ketuvchi tarmoqqa bir qutbli yoki ikki qutbli uzgichlar o'rnatiladi. Sxemadan ko'rinib turibdiki, guruh shitida to'rt simli ta'minlovchi tarmoqdan, har bir fazaga kelib ulanadigan tarmoqlar sonini teng saqlagan holda, ikki simli guruh tarmoqlariga o'tiladi. Har qaysi fazaga ulanadigan tarmoqlar sonining tengligi saqlanganda uch fazali tizimning yuklamasi teng taqsimlanadi.

Ikki simli tarmoqlarda himoya moslamasi faqat bir simda, ya'ni faza simida, ba'zi hollarda esa ikkala simda ham o'rnatiladi. Bu tarmoqdagi elementlarning nol sim vositasida yerga ulanganiga yoki ulanmaganiga bog'liqdir.

Shitlarni guruh shitlari deb atalishiga sabab shuki, har qaysi tarmoq bir vaqtda bir necha lampani yoki lampalar guruhini energiya bilan ta'minlaydi, bunday tarmoqlarning himoyasi ham guruh shaklida bo'ladi.

Elektr energiyasini qabul qiluvchilar orasida taqsimlash uchun quvvat elektr qurilmalarida taqsimlash qurilmalari sifatida quvvat

taqsimlash shkaf-yig'malari, shuningdek, asosiy sex taqsimlash shitlari ishlatiladi.

Kuch taqsimlash shkaflaridan ketuvchi tarmoqlarni himoya qilish va ajratib qo'yish uchun, odatda, novsimon saqlagichlar ishlatiladi. Ayrim hollarda ulanadigan tarmoqlarga uzgichlar, paket uzgichlar, avtomatlar va o'lchov asboblari o'rnatiladi.

Taqsimlash qurilmasi shinalarini tok kelish tarmonidan uzgich yordamida ajratish mumkin. Taqsimlash qurilmasini tozalash, ta'mirlash, kuygan saqlagichlarni almashtirish kabi qator hollarda shunday qilish zarurati tug'iladi.

Elektr ta'minlash tarmoqlarini ulash uchun taqsimlash shiti-ning asosiy shinasidan tarmoqlar chiqarilib, bu tarmoqlarning har biri boshqarish, himoya jihozlari hamda o'lchov asboblari bilan ta'minlangan. Himoya jihozlari sifatida ko'pincha quvursimon saqlagichlar, boshqarish jihozlari sifatida esa uzgichlar ishlatiladi.

Hozirgi zamon qurilmalarida himoya va boshqarish jihozlari sifatida turli avtomatlar, magnitli yurgizgichlar va kontaktorlardan foydalaniladi. Har bir tarmoqning asosiy o'lchov asbobi ampermetr bo'lib, zarur bo'lganda hisoblagichlar va voltmetrlar ham o'rnatiladi.

Shitning asosiy shinalarida kuchlanish borligi va uning kattaligini nazorat qilish uchun panelning ta'minlash tarmog'iga ulangan joyiga voltmetr, ampermetr va qayta ulagich o'rnatiladi. Qayta ulagich yordamida voltmetr istalgan fazaga ulanishi mumkin.

Taqsimot shitining panellariga kabellar yoki izolatsiya novlarga kiritilgan izolatsiya qilingan simlar kiritiladi. Sim va kabellarni kiritishni osonlashtirish maqsadida, shit ostiga beton kanal quriladi.

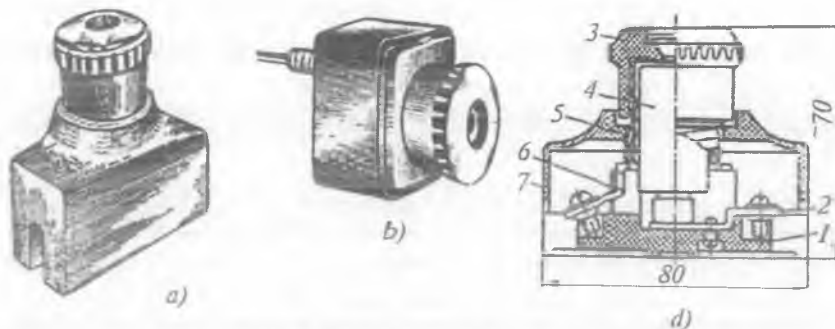
## 5.2. Saqlagichlar, rubilniklar va uzgichlar

**Eruvchan saqlagichlar** o'zining konstruksiyalariga ko'ra po'kakli, trubkasimon va plastinkali saqlagichlarga bo'linadi. Eng ko'p tarqalgan po'kakli saqlagichlar asosi to'g'ri to'rtburchak va kvadrat shaklida bo'lgan bir qutbli rezbali saqlagichlardir.

Po'kakli saqlagichlar turli konstruksiyalarda chiqariladi. 20 A gacha nominal tokka mo'ljallangan (PSU — плавкий предохранитель с сокольной резьбой, установочный) seriyasidagi saqlagichlar shular jumlasidandir.

PSU-20 seriyasidagi saqlagichning asosi (1) plastmassadan yasilib, simlarni ulash uchun asosga pastki (2) va yuqorigi (6) kontaktlar mahkamlangan (77-a rasm). Yuqorigi kontakt 6 ga S-27 sokol rezbali kontakt gilzasi (5) payvand qilingan. Gilzaga eruvchan qo'yma (вставка) (4) li saqlagich (3) boshchasi burab kiritiladi. Saqlagich to'g'ri to'rtburchak asosli va kvadrat qilib yasaladi.

10 A, 15 A yoki 20 A ga mo'ljallangan va almashtiriladigan eruvchan quyma saqlagichlar ikkala asosi kontakt qalpoqchalari bilan bekutilgan chinni silindrdan iborat bo'lib, kontakt qalpoqchalari silindr ichidan o'tkazilgan eruvchan ko'prikcha shaklidagi ingichka nazorat sim vositasida birlashtiriladi. Nazorat simining bir uchi quyma saqlagichning asos kontaktidagi nazorat ko'zchasini ushlab turadi. Chinni silindrning ichi mayda kvars qumi bilan to'ldirilgan.



77-rasm. Bir qutbli va rezbali saqlagichlar:  
 a – PSU-20 markali saqlagich; b – S-27 rezbali saqlagich;  
 d – saqlagichning qirqimi.

Ko'prikcha eriganda nazorat sim ham eriydi va ko'zcha kontaktdagi chuqurchadan tushib qoladi. Saqlagich boshchasining tashqi asos sirtidagi oyna qo'yilgan teshikdan nazorat ko'zcha ko'rinib turadi. Shunga qarab saqlagichning ishga yaroqliligi haqida hukm chiqarish mumkin. Saqlagichning tok keladigan barcha qismlari plastmassa qopqoq (7) bilan bekutilgan. Eruvchan quymani almashtirish uchun saqlagich boshchasini burab chiqarish va undan erigan quymani olib, yangisini qo'yish kerak.

S-27 rezbali saqlagichlar uchun eruvchan quymali po'kaklardan tashqari xuddi shu saqlagichga burab kiritiladigan maxsus avtomatik

uzgichlar ham ishlab chiqarmoqda. Yuklama ortib ketganda yoki tutashuv bo'lganda, bu uzgich yordamida ajratib qo'yilgan chiziq uzgichdagi knopkaga bosib qayta ulanadi.

Konstruksiyasi va turlari xilma-xil bo'lgan naychasimon saqlagichlar taqsimlash qurilmalari va quvvat elektr qurilmalarining alohida uchastkalarida keng qo'llaniladi. Eng ko'p tarqalgan naychasimon saqlagichlar jumlasiga (PR — предохранитель разборный) tipdagi qismlarga ajraluvchi, yumaloq fibra naychali saqlagich (78-a rasm) va shuningdek, PN tipli ichiga kvars qumi to'ldirilgan kvadrat chinni naychali saqlagichlar kiradi (78-b rasm).

PR tipli naycha simon saqlagichlar uchun nominal kuchlanishi 220 V (qisqa) va 660 V (uzun) bo'lgan patronlar 15 A, 60 A, 100 A, 200 A, 600 A va 1000 A gacha nominal tokka mo'ljallab chiqariladi.

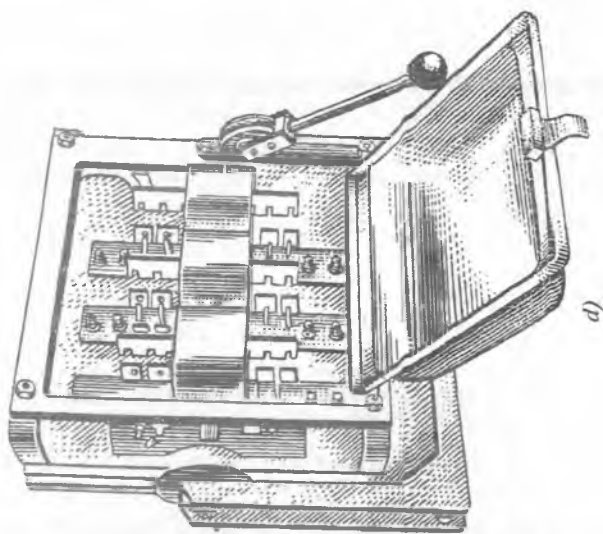
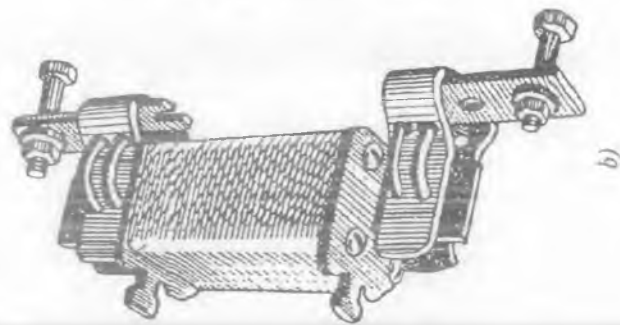
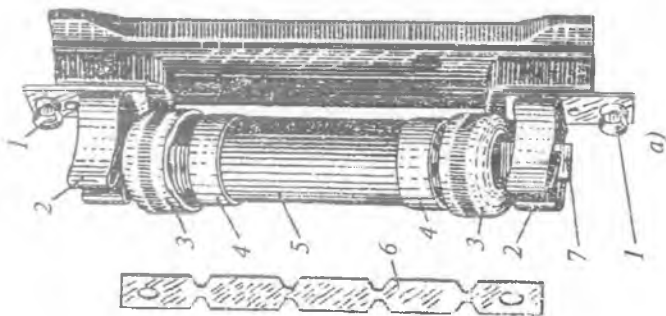
PR saqlagichning 100 A va undan yuqori tokka mo'ljallab chiqarilgan patroni fibra (5) dan iborat bo'lib, naycha uchlariga latun qopqoqchalari (4) zich kiydirilgan va ikki qator parchin mix yordamida parchinlab mahkamlangan.

Qopqoqchaga eruvchan qo'yma (вставка) (6) ni mahkamlaydigan qalpoqcha (3) lar burab qo'yilgan. Eruvchan qo'yma patronga o'matilayotganda pichoqchalar (7) ga burab kiritiladi. Patron o'zining pichoqlari bilan kontakt ustunchalari (2) ga kiritib qo'yiladi. Ustunchalar sim ulanadigan klemmalar (1) bilan birgalikda izolatsiya qiluvchi asosga mahkamlanadi.

15 A va 60 A elektr tokka mo'ljallangan patronlar yuqorida bayon qilingan patronlardan kontakt pichoqlarining bo'lmasligi bilan farq qiladi. Ularda tok prujinasimon kontakt ustunchadan eruvchan qo'ymaga qalpoqchalar orqali keladi; qalpoqchalar burab kiritilganda quyma bilan kontakt hosil qiladi.

Qo'yma (6) rux varaqidan qilingan bo'lib, qisqa patronlardan ikkita, uzun patronlardan 4 ta ingichkalangan joy-bo'yni bo'ladi. Saqlagichdan kattaligi nominal tokka yaqin normal yuklama toklari o'tganda bo'yinlar butun qo'ymani hamda butun saqlagichni ortiqcha qizib ketishidan asraydi.

PN saqlagichlar 40 A dan 600 A gacha nominal tokka va 500 V gacha nominal kuchlanishga mo'ljallab chiqariladi (78-b rasm).



78-*rasm*. Saqlagichlar:

a — PR naysimon saqlagich, b — PN qum to'ldirilgan saqlagich ya  
d — BPV saqlagichlar bloki.

Saqlagichning eruvchan qo'ymasi teshiklar teshilgan mis folgasining bir necha tasmalaridan yasaladi. Uni uzib tashlash qobiliyatini oshirish uchun kvarts qumiga ko'miladi.

Naysimon saqlagichlardan yana 500 V gacha nominal kuchlanishga mo'ljallangan, qismlarga ajralmaydigan, (NPR — предохранитель с наполнителем, неразборный) saqlagichlar va qismlarga ajraluvchi saqlagichlar 100 A dan 600 A gacha nominal tokka moslab chiqariladi.

Ba'zi korxonalarining yoritish qurilmalari uchun 10A va 24 A ga mo'ljallangan naysimon saqlagichlar: patroni va asosi plastmassadan yasalgan PPT-10 va KP-25 tipidagi va boshqa saqlagichlar chiqariladi.

**Avtomatlar.** Rezbali avtomatik uzgichning tashqi ko'rinishi 79-a rasmda va uning ko'ndalang kesimi 79-b rasmda hamda avtomat AP-50 g'ilofi (2) olingan ko'rinishi 79-d rasmda va uning ko'ndalang kesimi 79-e rasmda keltirilgan.

Rezbali avtomatik uzgichning tuzilishi: 1 — ulash tugmachasi; 2 — uzish tugmachasi; 3 — ushlagich; 4 — richag; 5 — kontakt ko'priklasi; 6 — harakatchan kontakt; 7 — rezbali gilza; 8 — turtgich; 9 — prujina; 10 — ulash joyi; 11 — turg'un kontakt; 12 — bimetall element; 13 — simli ulanish; elektromagnit chulg'ami; 14, 15 — kontaktlar; 16 — magnit o'zak [13].

Avtomat AP-50 ning tuzilishi: 1 — asos; 2 — plastmassa g'ilofi; 3 — turg'un kontakt; 4 — harakatchan kontakt; 5 — elektr yoyini o'chiruvchi plastinalar; 6 — elektromagnitli uzgich; issiqlik ta'siri bilan uzgichlardan tashkil topgan.

**Rubilnik va qayta ulagichlar.** Ulangan va uzilgan ikki holatga qo'lda o'tkaziladigan kommutatsion **jihoz uzgich-rubilnik** deb aytiladi. Ikkita va undan ortiq zanjirlarga navbati bilan ulash uchun xizmat qiladigan kommutatsion jihaz **qayta ulagich** (переключатель) deyiladi. Uzgich-rubilniklar va qayta ulagichlar 500 V gacha bo'lgan nominal kuchlanish uchun bir, ikki va uch qutbli holda ishlab chiqariladi. Yoy so'ndiruvchi qurilmasi bo'lmagan rubilniklar toksiz zanjirlarni uzish va yuqori kuchlanishli zanjirda **ko'rinuvchi uzilgan oraliq** (видимый разный) hosil qilishga mo'ljallangan. Yoy so'ndiruvchi qurilmali rubilniklar nominal tokkacha bo'lgan tokni uzish imkoniga ega.



**Uzgich rubilniklar** avtomatlashtirilmagan oddiy uzgichlar bo'lib, qo'l bilan harakatga keltiriladi. Markaziy taqsimlash shitlari, taqsimlash shkaflari va shunga o'xshash taqsimlash qurilmalarida elektr zanjirlarini qo'shish va ajratish uchun oddiy uzgichlar sifatida uzgichlar, bir-biriga kiruvchi qayta ulagich rubilniklar, maxsus bloklar, paket uzgichlar va boshqa jihozlar ishlatiladi.

Uzgichlar va qayta ulagich rubilniklar ikki yoki uch qutbli kontakt tizimiga ega bo'lib, 500 V gacha nominal kuchlanish va 60 A dan 600 A gacha nominal tokka mo'ljallangan (79-rasm) [13]. *R* va *P* tipidagi markaziy tutqichli ochiq uzgich rubilniklar va qayta ulagichlar faqat kichik yuklamali va yuklamasiz elektr zanjirlarni uzib ajratish uchun ishlatiladi.

Richagli yuritmalari markazida yoki yon tomonida bo'lgan RPS, RPB, PPS va PPB tiplaridagi uzgich va qayta ulagich rubilniklar ham yuklamasi kichik bo'lgan elektr zanjirlarining tutashtirish uchun ishlatiladi.

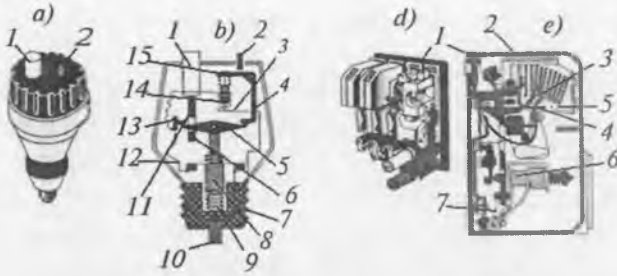
**Bloklar** deb taqsimlash shitlari va blok tipda komplektlanadigan metall shkaf ichiga joylashtirilgan tutashtirish va himoya jihozlariga aytiladi. Blokning nomi va turi uning ichida o'rnatilgan jihozlar nomi va tipiga mos bo'ladi.

Masalan, ichida saqlagichi bo'lgan blok BP (blok-qayta ulagich), ichida uzgichi bo'lgan blok esa BV (blok-uzgich) deb yuritiladi. Blok taqsimlash shitlarida aralash bloklar BPV (blok-предохранитель — uzgich) ishlatiladi. BPV bloklarida qum to'ldirilgan naysimon saqlagichlar ishlatiladi, ular uzgichning qo'zg'aluvchi kontakti rolini ham o'ynaydi. Buning uchun saqlagich naychalari o'zaro va richagli yuritma bilan mexanik birlashtiriladi. Ulash vaqtida saqlagich naychasi yuritma yordamida kontakt ustunchalariga tortiladi, ajratilganda esa ulardan itariladi.

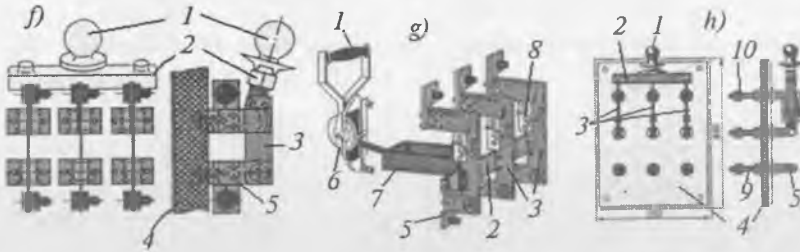
Blok mexanik blokirovka qurilmasi bilan jihozlanganligi uchun, elektr zanjiri ulanganida metall yashik eshiklari ochilmaydi. Bloklar 100 A, 200 A, 400 A, 600 A, 1000 A va 1500 A nominal elektr tokiga mo'ljallab chiqariladi.

**Paketli uzgichlar.** Paketli uzgich juda ixcham bo'lib, ko'pincha ikki va uch qutbli yasaladi va juda katta bo'lmagan quvvatli elektr zanjirlarini uzadi hamda ulaydi (79-*i, j* rasmlar). Rasmda paketli uzgich (*i*) hamda kulachokli uzgichlar (*j*) tasvirlangan [13].

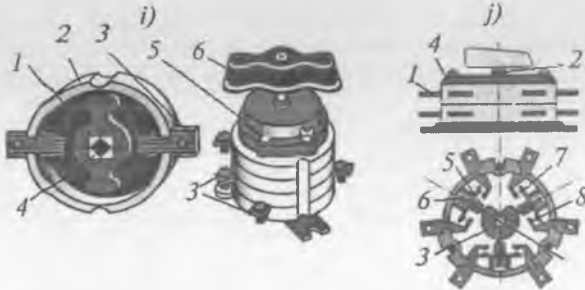
## Avtomatlar



## Ulagich, rubilnik va qayta ulagichlar



## Paketli uzgichlar



### 79-rasm. Kommutatsiya jihozlari:

- a, b, d – dastakli uzgich-rubilnik; g – richag yuritmalı uzgich-rubilnik;  
 f – pichoqli rubilnik; h – dastakli qayta ulagich; 1 – dastak; 2 – izolatsiyali tayoqcha; 3 – kontakt pichoqlari; 4 – izolatsiyali taxtacha; 5 – kontaktli turma; 6 – sharnirli turma; 7 – tortgich; 8 – yoy uzgich; 9 – birinchi zanjir; 10 – ikkinchi zanjir; i – paketli uzgich: 1 – kontakt ko'prigi; 2 – plastmassa halqa-paket; 3 – kontakt ulagichlari; 5 – yopgich; 6 – buraluvchi dastak; j – kulachokli uzgichlar: 1 – turg'un kontakt ulagichi; 2 – aylantiriluvchi o'q; 3 – kulachok; 4 – korpus; 5 – kulachokka bosib turuvchi tirgak-shtok; 6 – prujina; 7 – kontakt ko'prikchasi; 8 – turg'un kontakt; I va II – plastmassa halqalar-paketlar.

Uzgiçning ponasimon kontaktlari bo'lib, kontaktning qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas qismlari biri-birining ustiga o'rnatilgan baland plastmassadan yasalgan halqalar ichida turadi.

Paket uzgiçlar va qayta ulagiçlar bir qutbli seksiyalardan yig'iladi va bir qutbli, ikki qutbli, uch qutbli qilib 380 V nominal kuchlanishga va 6 A dan 400 A gacha nominal tokka mo'ljallab chiqariladi.

### 5.3. Avtomatlar, kontaktorlar va magnit yuritkiçlar

Turli xil konstruksiyadagi bir qutbli, ikki qutbli, uch qutbli avtomatik uzgiçlar (avtomatlar) o'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarini qo'lda ulash va ajratish, qisqa tutashuv toki yoki o'ta yuklama tokini avtomatik ajratish uchun qo'llaniladi. Ayrim hollarda tarmoq kuchlanishi nominal qiymatidan deyarli pasayganda elektr zanjirlarini ajratish uchun ham qo'llaniladi. Turli avtomatlar ta'minlash va taqsimlash tarmoqlarini tutashtirish va himoya qilish uchun ham, shuningdek, alohida elektr dvigatellarini boshqarish hamda ularni himoya qilish uchun ham ishlatiladi.

**Avtomat uzgiçlar.** Avtomatik havo uzgiçlari nonormal ishlayotgan elektr zanjirlarni avtomatik uzish va normal ish holatlarida, ba'zi hollarda operativ qayta ulashlarni bajarish uchun xizmat qiladi.

Avtomatik havo uzgiçlarida yoyni so'ndirish uchun maxsus muhit qo'llanilmaydi, u havoda so'ndiriladi, shuning uchun ular *havo uzgiçlari* deb aytiladi.

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

Ishga tushib ketish vaqti  $t_{i.t}$  bo'yicha, ya'ni tekshiriladigan parametr (tok, kuchlanish, harorat) belgilangan qiymat (avtomatning o'rnatmasi) dan ortish momentidagi vaqtdan kontaktlarning ajralish momentigacha bo'lgan vaqtga qarab quyidagi turlarga bo'linadi: normal avtomatlar —  $t_{i.t} = 0,02740,1$  s; selektiv avtomatlar — kutish vaqtini 1 s gacha roslash imkonini beruvchi; tez ishlovchi avtomatlar —  $t_{i.t}$ . [0,005 s].

Selektiv avtomatlar tarmoqlarni tanlab himoya qilish imkonini beradi. Tez ishlovchi avtomatlar esa tarmoqdagi avariya toklarini

cheklash imkonini beradi. Avtomatlar o'zgaruvchan tokda 660 V gacha va o'zgarmas tokda 440 V gacha kuchlanishda 6000 A gacha toklar uchun mo'ljallab ishlab chiqariladi. Avtomatlarning uzish qobiliyati 200-300 kA gacha yetadi.

Avtomatlarning quyidagi asosiy qismlari bor: zarur bo'lgan ajralma kontakt juftlaridan iborat bo'lgan tutashtiruvchi qurilma va har qaysi kontakt jufti yoy o'chiruvchi kamera bilan jihozlangan; qo'l bilan ishga tushiriladigan va erkin uzuvchi qurilmali ulash va uzish mexanizmi; avtomatlashtirilgan issiqlik va elektromagnit ajratkichlari; blokirovka kontaktlari.

Avtomat uzgichlar elektr tarmog'ining avtomat o'rnatilgan qurilmasini himoya qiladi. Buning uchun ajratkichlar tok yoki kuchlanishning ma'lum kattaligiga sozlab qo'yiladi. Tok kattaligi nominal qiymatidan deyarli ortib ketsa, ajratkich erkin ajratish qurilmaga ta'sir qiladi va avtomat tutashtiruvchi qurilma ajraladi.

Erkin ajratish qurilmasi avariya hollarida avtomatning ajralishini ta'minlaydi, shu bilan birga, avtomat qo'l bilan boshqariladigan dastak, ya'ni knopka yoki richag, ulangan («включено») vaziyatida tursa-da, uning kontaktlari ajralib qoladi.

Avtomat uzgichlar zanjirni avtomatik tarzda ajratib qo'yish sababi topilib, bartaraf qilingandan so'ng, avtomatni yana ulab qo'yish mumkin. Buning uchun dastlab dastak «uzilgan» («отключено») vaziyatiga o'tadi. Bu holda mexanizmning oldin tishlashib turgan kontekst qismlari ajralib qoladi. So'ngra «ulangan» (включено) vaziyatiga o'tganda ajralgan qismlar yana tishlash vaziyatiga o'tkaziladi.

Korxonalar, jamoat va ma'muriy binolarni yoritish qurilmalarida va guruh taqsimlash shitlarida 25 A gacha nominal toklarga mo'ljallangan va avtomatlashtirilgan issiqlik uzgichi bilan jihozlangan A-3160 va AB-25 tipidagi bir qutbli avtomatlar keng ishlatiladi.

Avtomat dastagi boshqarmaning uzish mexanizmiga birlashtirilgan ishga soluvchi richagchasiga qo'l bilan ta'sir qilib, ulanadi va uziladi. Uzatish tarmog'i avtomatik tarzda quyidagicha uziladi: uzatish tarmog'iga tok avtomatning bimetall plastinkasi orqali o'tadi. Plastinka uzgichning prujinali mexanizmini ushlab turadi. Yuklama ortib ketganda yoki uzatish tarmog'ida qisqa tutashuv ro'y berganda,

ortib ketgan tok bimetall plastinkani tez qizdiradi. Natijada plastinka deformatsiyalanib, ajratkich mexanizmini qo'yib yuboradi. So'ngra avtomat kontaktlari ajraladi va uzatish tarmog'i ajralib qoladi.

Uzatish tarmog'i avtomat ravishda ajralib qolgandan so'ng, kontaktlarni avvalgi vaziyatiga keltirish va uzatish tarmog'ini ulash, qo'l bilan boshqarish richagi yordamida amalga oshiriladi. Bu vaqt ichida bimetall plastinka soviydi, deformatsiya yo'qoladi va plastinka ajratkich mexanizmini yana qaytadan ulangan holda ushlab turadi. AB-25 avtomat ham shunday tuzilgan va shu tarzda ishlaydi, biroq uning o'lchamlari kichikroqdir.

AP-50 avtomatlari uch fazali 50 A gacha nominal tokka mo'ljallangan bo'lib, taqsimlash qurilmalarida ayrim zanjirlarni tutashtirish hamda himoya qilish uchun va, quvvati 14 kW gacha bo'lgan elektr dvigatellarini yurgizib yuboruvchi va himoya qiluvchi jihozlar sifatida keng qo'llaniladi.

Avtomat AP-50 o'zining g'ilofidagi ikkita mexanik knopka yordamida boshqariladi.

Avtomat quyidagilardan tuzilgan: metall asos, plastmassa qopqoq, qo'zg'almas kontaktlar, qo'zg'aluvchi kontaktlar, yoy so'ndiruvchi kamera, qayishqoq o'tkazgichlar, qo'zg'aluvchi kontaktlar tutqichlari, ulash knopkasi, uzish knopkasi, uzuvchi reyka, maksimal tok elektromagnit ajratkichlar, maksimal tok issiqlik ajratkichlari.

AP-50 avtomatlari maksimal tok elektromagnit va issiqlik uzgichlari bilan; faqat maksimal tok elektromagnit uzgichi yoki faqat maksimal tok issiqlik ajratkichi bilan; tok uzgichi va minimal kuchlanish uzgichi bilan va uzgichsiz chiqariladi.

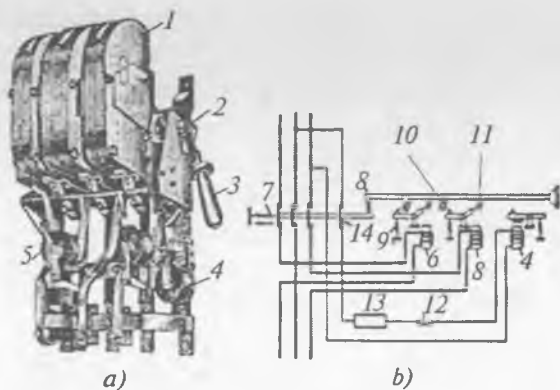
AP-50 avtomatlarining tok uzgichlari 1,6 A dan 50 A gacha nominal toklarga mo'ljallab tayyorlanadi. Uzgichda ishga tushirish tokini rostlovchi qurilma bo'ladi. Masalan, 25 A tokka mo'ljallangan uzgich ishga tushirish toki 16 A dan 25 A gacha bo'lgan avtomatda o'rnatilishi mumkin.

**Uch fazali avtomat A-2000** katta yuklamali elektr zanjirlarini tutashtirish va himoya qilishda ishlatiladi (80-a rasm). Avtomat ikkita maksimal tok elektromagnit uzgichi va bitta minimal kuchlanish uzgichi bilan jihozlangan.

Avtomatning tok uzgichlarida, uzgich ishga tushgandan so'ng, avtomatni biroz kechikib ajratuvchi qo'shimcha qurilmalari bo'lishi mumkin. Avtomatni kechiktirib ajratish, qisqa muddatli o'ta yuklama toklari oqqanda (masalan, katta quvvatli elektr dvigatellarini ishga tushirishda), avtomat ajralib qolmasligi uchun zarur bo'ladi.

Ulangan holda avtomat richak (8) yordamida ushlab turiladi. O'ta yuklama yoki qisqa tutashuv bo'lganda maksimal tok elektromagnit ajratkichlari tok relesi (6) ning g'altagi prujina (9) ning qarshiligini yengib, yakor (11) ni tortib turadi. Yakor (11) ning tepkisi (10), (8) ni urib chiqaradi. Shu bilan birga avtomatni tarmoqdan ajratuvchi prujina (7) uning kontaktlarini ajratadi. Ishga tushiruvchi mexanizmi erkin uzgichli qurilmaga ega.

Kuchlanishning pasayishi natijasida minimal kuchlanish elektrmagnit uzgichi kuchlanish relesi (4) ning g'altigidagi tok ham kamayadi, bunda g'altak yakori prujina ta'sirida g'altak o'zagidan ajraladi va o'zining tepkisi yordamida (8) ni bo'shatib yuborib, avtomatni tarmoqdan ajratib qo'yadi. G'altak (4) ning zanjiri uzgich



80-rasm. «A-2000» uch qutbli universal avtomat:

a – avtomatning umumiy ko'rinishi; b – ulanish sxemasi. sm larda:

- 1 – asosiy kontaktlarning yoy so'ndiruvchi kameralari; 2 – erkin ajratuvchi mexanizm; 3 – boshqarish dastasi; 4 – minimal kuchlanish rele g'altagi;
- 5 – chiziq ulanadigan qismlar; 6 – maksimal tok rele g'altagi; 7 – uzuvchi prujina; 8 – richag; 9 – rele prujinasi; 10 – rele yakorining tepkisi;
- 11 – rele yakori; 12 – masofadan uzish knopkasi; 13 – qo'shimcha qarshilik;
- 14 – blok-kontakt.

validagi blok kontaktlar (14), qo‘shimcha qarshilik (13) va uzoqdan turib uzish knopkasi (12) orqali tutashadi. Avtomat dastak yoki richagli yuritma yordamida qo‘l bilan ulanadi.

Avtomatni qo‘l bilan ajratishda ham tutqich yoki richagli yuritmadan foydalaniladi. Uzoqdan turib boshqarish zarur bo‘lgan avtomatlar elektromagnit yoki elektr dvigateli yuritmalar bilan jihozlanadi.

**Kontaktorlar** – bu masofadan boshqariladigan apparatlar bo‘lib normal ish holatidagi zanjirlarni ko‘plab ulash va uzishlar uchun xizmat qiladi. Kontaktorlar 3-4000 A tokkacha, o‘zgarmas tokda 220, 440, 650, 750 V kuchlanishga, o‘zgaruvchan tokda 380, 500, 660 V kuchlanishga ishlab chiqariladi va soatiga 600–1500 marta ulash imkonini beradi. Kontaktorlarni ayrim maxsus seriyalari soatiga 14000 martagacha ulash imkonini beradi.

Kontakt sistemasi elektr magnit yordamida ulanadigan kontaktorlar eng ko‘p qo‘llaniladi.

Kontaktorlar qurilmani nonormal holatlardan, ya‘ni o‘tayuklanish, qiska tutashuv toklaridan muhofazalay olmaydi. Shuning uchun ular avtomatik boshqarish sxemasida nonormal holatda ishga tushiadigan maxsus relelar bilan birgalikda qo‘llaniladi.

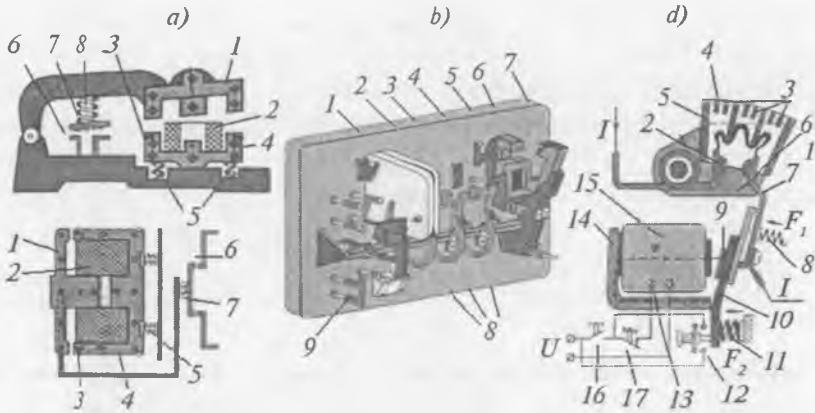
Magnitli ishga tushirgichlar – bu odatda, uch qutbli kontaktordan, o‘rnatilgan issiqlik relelaridan va yordamchi kontaktlardan tashkil topgan elektr qurilmadir. Ular quvvati 75 kW gacha bo‘lgan uch fazali elektr motorlarni boshqarish uchun xizmat qiladi.

Elektr zanjirlarni uzoqdan turib yoki avtomatik ravishda ulash va ajratishga mo‘ljallangan elektromagnit jihoz kontaktor deyiladi.

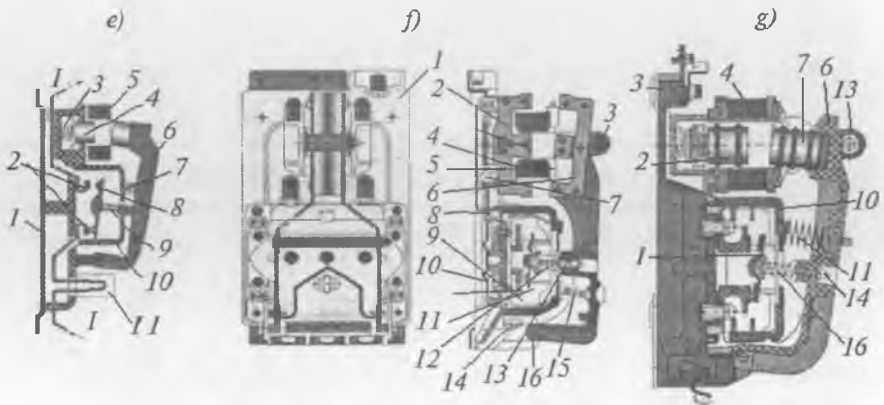
O‘zgaruvchan va o‘zgarmas tokli kontaktorlar 81-rasmda berilgan.

Kontaktorlar avtomatlardan farq qilib, elektr zanjirini himoya qilmaydi, ular sof tutashtirishivchi jihozlar bo‘lib, nominal chegarada bo‘lgan har qanday yuklamalarni tez-tez uzib-ulab turishi uchun ishlatiladi. Kontaktorni tarmoqdan ajratish uchun boshqarish kalitini ajratish kifoya. Ushlab turuvchi g‘altak toksizlanadi va kontaktor o‘zining qo‘zg‘aluvchi qismlari og‘irligi ta‘sirida ajralib qoladi. Ba‘zi kontaktorlarda elektr zanjirini uzuvchi prujinalar bo‘ladi.

O'zgaruvchan va o'zgarmas tokli kontaktorlar



Magnit yurkichlar



81-rasm. Kontaktorlar va magnet yuritikchlar:

a – klapan turidagi o'zgaruvchan tok kontaktori; 1 – yakor-harakatchang magnet o'zak; 2 – cho'lg'am; 3 – qisqa tutashgan o'ramlar; 4 – turg'un magnet o'zagi; 5 – amortizatsiya prujinalari; 6 – kontaktlar; 7 – qaytaruvchi prujina; 8 – shpilka; b – o'zgaruvchan tokda ishlaydigan uch fazali kontaktorning tuzilish sxemasi; 1 – elektr yoyini o'chiruvchi kamera; 2 – turg'un kontakt; 3 – harakatchang kontakt; 4 – kamerani biriktiruvchi skoba; 5 – chulg'am; 6 – magnet o'zak; 7 – yakor; 8 – elastik elektr ulovchilar; 9 – blokirovkaga mo'ljallangan kontaktlar; d – o'zgarmas tok kontaktorining tuzilish sxemasi; 1 – elektr yoyini so'ndiruvchi chulg'am magnet o'zagi; 2 – turg'un kontakt; 3 – yoy so'ndiruvchi panjara; 4 – izolyatsiyali to'siqlar; 5 – yoy so'ndiruvchi kamera; 6 – kontakt ushlagichi; 7 – harakatchan kontakt; 8 – prujina; 9 – magnet qo'yma; 10 – yakor; 11 – prujina; 12 – blokirovkaga mo'ljallangan



Kontaktorlar, odatda, yoyga chidamli izolatsiya materialidan yasalgan yoy so'ndiruvchi panjara (6) bilan jihozlanadi.

Kontaktorlar o'zgarimas tok uchun NP markali ikki qutbli va o'zgaruvchan tok uchun KT markali uch qutbli tayyorlanadi.

**Magnit yuritkich** o'zgaruvchan tokning uch qutbli kontaktoridan iborat bo'lib, odatda, ikkita fazasi issiqlik relelari va blokirovka qiluvchi kontaktlar bilan ta'minlangandir (81-rasm).

Bu elementlarning hammasi umumiy metall quticha ichiga joylashtirilgan [13].

Magnit yuritkichlari qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron elektr dvigatellarni uzoqdan turib boshqarish va ularni o'ta yuklamadan himoyalash uchun ishlatiladi. Magnit yuritkichlari, ayrim hollarda, taqsimlash qurilmalarining tutashtirish jihozlari sifatida ham ishlatiladi.

Magnit yuritkichini ulash hamda ajratish va unga ulangan elektr dvigatelini ishga tushirish va to'xtatish umumiy metall qobiqdagi ikkita knopka: «Pusk» va «Stop» vositasida amalga oshiriladi.

«Pusk» knopkasini bosganda kontakt tutashadi, «Stop» knopkasini bosganda esa kontaktlar ajraladi. Ikkala knopka ham qo'yib yuborilgandan keyin prujina yordamida o'zining dastlabki vaziyatiga qaytadi.

---

kontaktlar; 13 – chulg'amni ulash joylari; 14 – magnit o'zagi; 15 – chulg'am; 16 – kontaktorni ulash tugmachasi; 17 – kontaktorni uzish tugmachasi; e – magnit yuritkich; 1 – metall asos; 2 – turg'un kontakt; 3 – prujina; 4 – magnit o'zagi; 5 – chulg'am; 6 – yakor; 7 – qaytaruvchi prujina; 8 – kontakt ko'prikchasi; 9 – prujina; 10 – yoy so'ndirish kamerasi; 11 – issiqlik himoyasi; f – PA rusmlı magnit yuritkichning tuzilish sxemasi; 1 – yuritmaning asosi; 2 – magnit o'zagi; 3 – yakorning tayanchi; 4 – chulg'am; 6 – yakor; 7 – magnit o'zagi prujinasi; 8 – kamera; 9 – kameraning asosi; 10 – turg'un kontakt; 11 – harakatchan kontakt; 12 – kontakt prujinasi; 13 – tayanch; 14 – bloklovchi kontaktlar; 15 – qaytaruvchi prujina; 16 – yakorning o'qi. g – PAE-311 rusmlı magnit yuritkichning tuzilish sxemasi; 1 – kontakt ko'prikchasi; 2 – magnit o'zagi; 3 – yuritmaning asosi; 4 – g'altak; 6 – yakor ustunchasi; 7 – yakor; 10 – yoy so'ndiruvchi kamera; 11 – qaytaruvchi prujina; 13 – yakor tayanchi; 14 – vint; 16 – kontakt prujina.

#### 5.4. Operativ jihozlarning kontaktlari

Kontaktlar har qanday jihozning ham muhim qismidir. Operativ apparatlarning ajralmaydigan va bir-biriga nisbatan siljmaydigan va qattiq mahkamlangan bo'ladi. Qattiq kontaktlar doimiy bo'lib, jihozlarning shinalari va simlar ulanadigan qismlari kontaktlari bo'ladi. Jihozlarning, bundan tashqari, vaqti-vaqti bilan tutashuvchi va ajraluvchi kontaktlari ham bo'ladi.

Bunday kontaktlar elektr zanjirlarini ulaydi va uzadi. Ajraluvchi kontaktlar qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas qismlardan iborat bo'ladi. Ba'zi operativ jihozlarning sirpanuvchi kontaktlari ham bo'ladi, ular ajralmasdan bir-biriga nisbatan siljiydi, shu bilan birga ular o'zaro elektrik ulangan bo'ladi. Sirpanuvchi kontaktlarning ham qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas qismlari bo'ladi.

Jihozlarning bir-biriga tutashgan kontaktlari tutash joylarining ishonchli va zich bo'lishini ta'minlashlari, elektr zanjiridan oqayotgan tok kontaktlaridan o'tayotganda qo'shimcha qarshilik uchratmasligi va ularni ortiqcha qizitmasligi kerak.

Kontaktlar tutashgan joyining elektr tokiga qilgan qarshiligi *kontaktning o'tish qarshiligi* deyiladi. Operativ jihozlarning ajraluvchi kontaktlari tok oqayotgan zanjirni uzish vaqtida o'zlarining qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas qismlari orasida hosil bo'ladigan elektr yoyi ta'sirida qoladi. Bu vaqtda yoy harorati ta'sirida kontakt metallining erishi va qisman bug'lanishi yoki hatto kontaktlar erib, yopishib qolishi mumkin. Buning natijasida kontaktlar ishga yaroqsiz bo'lib qoladi.

Har qanday operativ jihozlarning ajraluvchi kontaktlari quyidagi asosiy talablarga javob berishi kerak:

- o'tish qarshiligi o'zgarmas bo'lishi kerak, bunga kontakt prujinalarini va materialining tabiiy elastikligi ta'sirida kontaktlarning o'zaro bosishi kuchi yordamida erishiladi;

- kontaktlar tutashmay turganida hosil bo'ladigan oksid pardasi o'z-o'zidan tozalanishi, ko'pincha kontaktlar tutashib ajralganda parda o'z-o'zidan tozalanadi;

- o'zaro tegib turish maydonining kattalashuvi tegish nuqtalari sonini yetarli bo'lishi bilan erishiladi.

Shu narsani qayd qilib o'tish kerakki, kontaktlar bir-biriga butun sirtlari bilan emas, balki chekli sondagi nuqtalari bilangina tegib turadi. Bunga sabab kontaktlarga ishlov berilganidan so'ng uning sirtlarida qolgan notekisliklar yetarlicha rostlanmagandan bo'ladigan o'zaro qiyshayishlar va hokazolardir. Tegib turgan nuqtalarining soni oz bo'lganda va kontaktlarni bir-biriga bosadigan kuchi kam bo'lganda o'tish qarshiligi katta bo'lib ketishi mumkin. Bu vaqtda zanjirdan katta tok oqqanda kontaktning tutashgan joylarida tok zichligi katta bo'lib, kontakt qiziy boshlaydi, o'tish qarshiligi yanada kattalashib, qizish ham zo'rayadi, natijada kontaktlar shikastlanishi mumkin.

Kontaktlarning o'zaro tegib turadigan nuqtalari sonining yetarli bo'lishi, ularning konstruksiyalaridan tashqari, teguvchi sirtlarning bir-biriga moslanishi va rostlash aniqligiga ham bog'liqdir. Kontaktlar yaxshi rostlansa, ular bir-biriga nisbatan to'g'ri joylashadi va bitta kontakt ikkinchi kontaktga chuqur kiradi.

Kontakt mexanik mustahkam bo'lishi kerak. Bunday kontakt ma'lum sondagi ulash va ajratishlarga chidashi kerak. Shu bilan birga, gaykalar va boltlar o'z-o'zidan buralib chiqmasligi, prujinalar bo'shashib qolmasligi, o'qlar va ishqalanuvchi boshqa qismlarning yeyilmasligi, cheklovchi tayanchlar siljimasligi kerak va hokazolalar.

Qisqa tutashuv toklarining issiqlik va elektrodinamik ta'sirlariga qarshi barqarorligi yetarli bo'lishi kerak.

Yuklama tok o'tayotgan zanjirlarni uzishga mo'ljallangan operativ jihozlarning ajraluvchi kontaktlari: yuklama uzgichlari va quvvat uzgichlari ham elektr yoyi bilan shikastlanmasligi kerak. Yoy kontaktlarning ma'lum qismlari orasidagina, ya'ni yoy so'ndiruvchi qismlaridagina, hosil bo'lgani uchun kontaktlar shikastlanmaydi; kontaktning asosiy qismi yoy ta'sirida qolmaydi. Bundan tashqari, jihoz ulanayotgan zanjirda qisqa tutashuv bo'lganda ham jihozning kontaktlari erib, yopishib qolmasligi va buzilmasligi kerak.

Shuning uchun ham jihozni juda tez ulash kerak; bunda qo'zg'aluvchi kontakt qo'zg'almas kontaktga urilganda ular titramasligi va bir-biridan sakrab ketmasligi uchun kontaktlar titrashlarga yo'l qo'yiladigan prujinalar bilan jihozlangan bo'ladi. Aks holda kontaktni erituvchi va yopishtirib qo'yadigan qisqa muddatli yoylar hosil bo'lishi mumkin.

Ajraluvchi kontaktlarning turli-tuman xillari bir-biriga tegish qonuniyati va yasalish shakliga qarab farq qilinadi. Bir-biriga tegish qonuniyatiga ko'ra kontaktlar uch xil bo'ladi: keng sirtlari tegib turuvchi yassi kontaktlar; chiziqli kontaktlar; bir yoki bir necha nuqtalari bilan tegib turuvchi nuqtaviy kontaktlar. Kontakt turlari 82-rasmda berilgan.

Yassi kontaktlarning bir qancha muhim kamchiliklari bor: tegib turish nuqtalarining kam va o'zgaruvchan bo'lishi hamda o'z-o'zdan yomon tozalanishi tufayli o'tish qarshiliklari o'zgaruvchanligi, elektrodinamik barqarorlik kamligi va hokazo (82-*a* rasm).

Chiziqli kontaktlar zamonaviy barcha jihozlarda keng qo'llaniladi. Ularning asosiy afzalligi o'tish qarshiligining o'zgarmas bo'lishidir. Chunki prujinalarning chiziqli kontaktga bo'lgan bosimi kichkina kontakt sirtga bo'linadi va natijada kontaktning solishtirma bosimi katta bo'ladi. Bosimning katta bo'lishi ishonchli tegib turadigan nuqtalar sonini ko'paytiradi va bir-biriga teguvchi sirtlarning o'z-o'zidan yaxshi tozalanishini ta'minlaydi. Chiziqli kontaktlarning elektrodinamik barqarorligi yuqori va ularni rostlash oson bo'lib rostlangan kontaktlar uzoq vaqt yaxshi ishlaydi (82-*b* rasm).

Nuqtaviy kontaktlar chiziqli kontaktlar bilan bir qatorda hozirgi zamon jihozlarida juda keng qo'llaniladi. Ularning bir-biriga tegib turgan nuqtalarida solishtirma bosim juda katta bo'lib, bosim kontaktlarining o'z-o'zini a'lo darajada tozalashni va o'tish qarshiligining doimiy o'zgarmas bo'lishini ta'minlaydi.

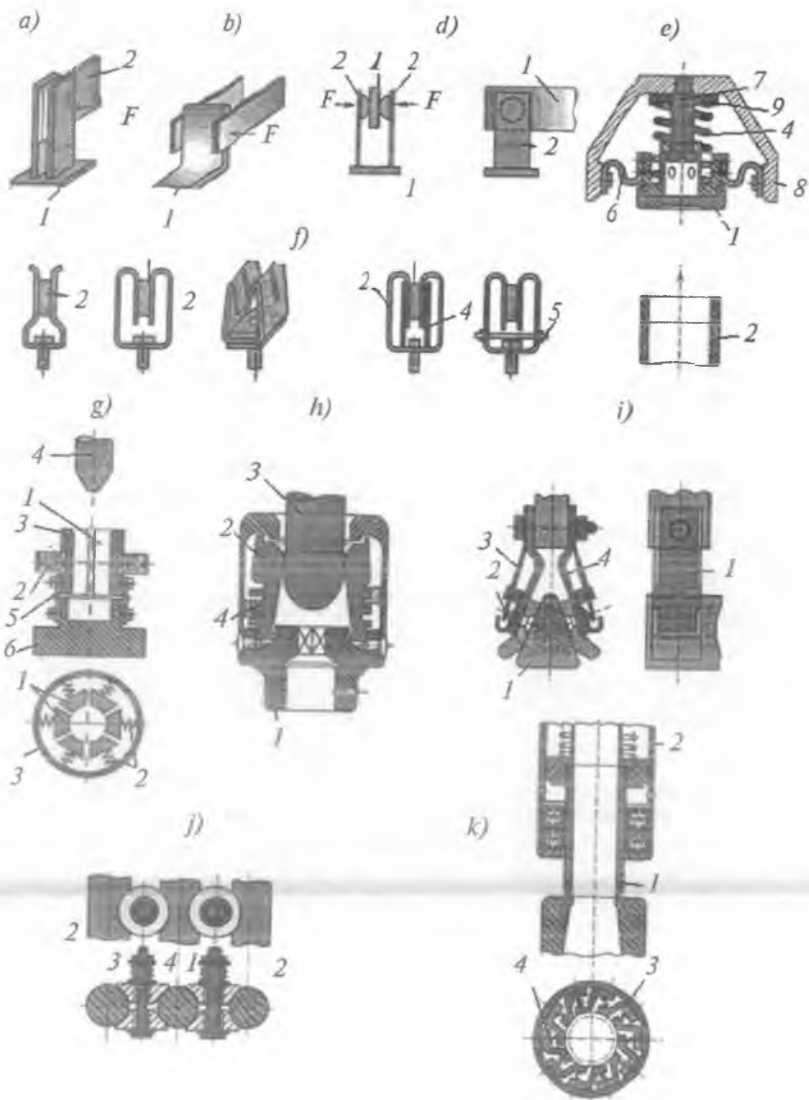
Yasalishiga ko'ra kontaktlar uch turga bo'linadi:

— tegib turuvchi sirti yassi (a), chiziqli (b) yoki nuqtali (d) bo'lgan asos kontaktlar (82-*d* rasm);

— qo'zg'aluvchan kontakt (1) pichoq va qo'zg'almas kontakt ustunchasi (3) dan iborat bir-biri orasiga kiruvchi kontaktlar (82-*e* rasm);

— rozetka-sterjenli kontaktlar (82-*g* rasm).

Bir-biriga kiruvchi kontaktlar quyidagicha tuzilgan: 1 — qo'zg'aluvchi ikki qutbli kontakt ayrili pichoq shaklida; 2 — qo'zg'aluvchi kontaktning kontakt chiziqlari; 3 — qo'zg'almas kontakt ustun shaklida; 4 — prujinalanuvchi skoba. Bir-birining orasiga kiruvchi kontaktlarning tegib turuvchi yuzalari yassi, chiziqli va nuqtali bo'lishi mumkin.



82-rasm. Operativ jihozlarning kontaktlari:

a – tekis sirtli kontakt; b – chiziqli kontakt; d – nuqtali kontakt;  
 e – tekis sirtli prujinali kontaktlar; f – asosli-torsevoy kontakt;  
 1 – harakatchan kontakt; 2 – turg'un kontakt; 3 – kontaktlarni qisish kuchi;  
 4 – prujina; 5 – qisish kuchini rostlovchi shpilka; 6 – egiluvchan bog'lama;  
 7 – yo'naltiruvchi tayoqcha; 8 – korpus; 9 – izolatsiyali halqa.

82-g rasmda egiluvchan bog'langan rozetkali kontaktlar ko'rsatilgan.

Unda: 1 — kontakt segmenti; 2 — prujina; 3 — tayanch halqa; 4 — harakatchan kontakt; 5 — egiluvchang bog'lama; 6 — kontakt tutkich.

82-h rasmda egilmas bog'langan rozetkali kontakt ko'rsatilgan.

Unda: 1 — kontakt tutkich; 2 — prujina; 3 — harakatchan kontakt; 4 — kontakt chiqmalari.

82-i rasmda barmoqli kontaktlar ko'rsatilgan.

Unda: ajralmas rolikli kontakt; sirpanuvchi ajramas kontaktlar.

82-j rasmda rolikli ajralmas kontaktlar ko'rsatilgan.

Unda: 1 — harakatchan kontakt; 2 — turg'un kontakt; 3 — roliklar; 4 — prujinalar.

82-k rasmda sirpanuvchi ajralmas kontaktlar ko'rsatilgan.

Unda: 1 — harakatchan kontakt; 2 — latun stakan; 3 — birtiruvchi plastinalar; 4 — prujinalar.

#### *Nazorat uchun so'vollar*

1. Jihozlarning iqlim va joylashish bo'yicha turkumlanishini ayting.

2. Taqsimlash qurilmalarining turlarini ayting.

3. Ko'p seksiyali taqsimlash shitlari nima?

4. Eruvchi saqlagichlarning tuzilishini tushuntiring.

5. Rubilniklarning tuzilishi va qo'llanilishini ayting.

6. Qayta ulagichlarning tuzilishi va qo'llanilishini tushuntiring.

7. Paketli uzgichlarning tuzilishini tushuntiring.

8. Rezbali avtomatik uzgichning tuzilishini tushuntiring.

9. Avtomat AP-50 ning tuzilishini tushuntiring.

10. Uch fazali universal avtomat A-2000 ning tuzilishini ayting.

11. O'zgaruvchan tok kontaktlarining tuzilishini ayting.

12. Magnit yuritkichning ishlash asoslari nima.

13. Operativ jihaz kontaktlarning turlari haqida gapirib bering.

14. Sirtli, nuqtali, chiziqli kontaktlar tuzilishini ayting.

15. Rozetka-sterjenli kontaktlarning tuzilishini ayting.

---

---

## 6-bob

### ELEKTR TARMOQLARIDA QISQA TUTASHUV

#### 6.1. Qisqa tutashuvlarning xavfi

Qisqa tutashuv paytida tokning ortishi natijasida elektr tizim elementlaridagi kuchlanish miqdori kamayib ketadi. Bu o'z navbatida elektr uzatish yo'lining barcha nuqtalarida kuchlanishning kamayishiga olib keladi, ya'ni:

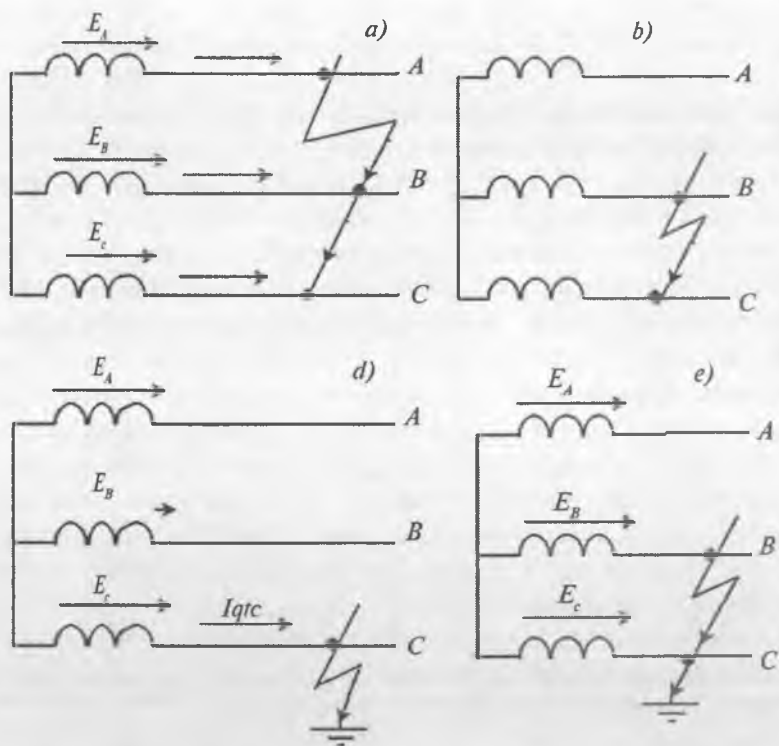
$$\dot{U}_m = \dot{E} - I_{q.t.} Z_m.$$

Qisqa tutashuv paytida kuchlanishning kamayishi va tokning ortishi quyidagi xavfli natijalarga olib keladi:

– qisqa tutashuv toki  $I_{q.t.}$ . Joul-Lens qonuniga asosan  $R$  qarshilikda  $t$  vaqt mobaynida  $A = k I_{q.t.}^2 R t$  miqdorda issiqlik ajralishiga olib keladi. Bu joylarda issiqlik va elektr yoyi katta miqdorda buzilishlarga olib keladi. Bu buzilishlarning natijalari qisqa tutashuv toki  $I_{q.t.}$  va vaqt  $t$  ga bog'liq. Tok  $I_{q.t.}$  ning miqdori me'yorli, ya'ni nominal, holat toki  $I_n$  dan shu qadar katta bo'lishi mumkinki, u izolatsiyalar va tok o'tkazgich qismlarini shikastlantiradi;

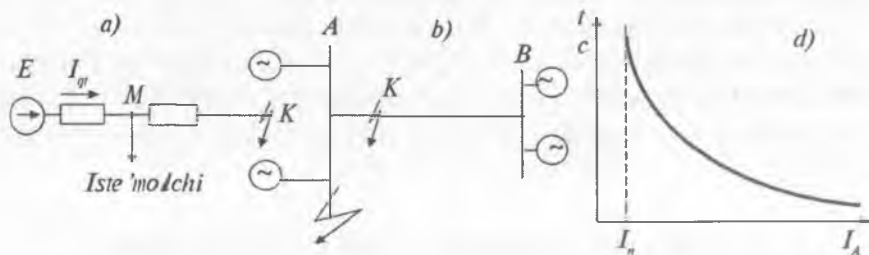
– qisqa tutashuv paytida kuchlanishning tushuvi elektr iste'molchilar ishlashiga xavfli ta'sir qiladi. Elektr energiyasining asosiy iste'molchilari sinxron motorlardir. Asinxron motorlarning aylantirish momentlari kuchlanish kvadratiga proporsional  $M = k U^2$ . Shuning uchun asinxron motorlarda kuchlanishning pasayishi paytida motorlarning aylantirish momenti mexanizmlarning qarshilik momentlaridan kichik bo'lib qolishi mumkin. Bu asinxron motorlarni aylanishdan to'xtashiga va chulg'am simlari qizib ketishiga olib keladi. Kuchlanishning tushuvi boshqaruvchi va hisoblovchi kompyuterlarga katta salbiy ta'sir qiladi.

Kuchlanish tushuvining eng xavfli va og'ir oqibatlaridan biri bu generatorlar va elektr energetika tizimlarining turg'un va parallel ishlashlariga shikast yetkazishdir. Bu barcha iste'molchilarni energiyasiz qolishiga olib keladi (84-rasm). Me'yorli holatda turbinaning mexanik aylanish momenti generatorning elektr yuki tomonidan



83-rasm. Qisqa tutashuvlarning turlari:

a - uch fazali; b - ikki fazali; d - bir fazaning yer bilan;  
e - ikki fazaning yer bilan qisqi tutashishi.



84-rasm. Qisqa tutashuvning kuchlanish tushishiga ta'siri:

a - qisqa tutashuvning iste'molchilarga ta'siri;  
b - qisqa tutashuvning energetika tizimlariga ta'siri;  
d - qisqa tutashuv tokining vaqtga bog'liqlik tavsifi.



hosil qilinadigan teskari ta'sir qiluvchi moment bilan tengdir. Buning natijasida generatorning aylanish tezligi o'zgaras va sinxronidir.

Havo uzatish yo'lining  $K$  nuqtasida qisqa tutashish sodir bo'lganda «A» elektrostansiyaning shinasidagi kuchlanish nolga yaqin bo'ladi (84-b rasm). Bu holda elektr yuk va bu bilan bog'liq generatorning teskari ta'sir qiluvchi momenti nolga teng bo'ladi. Bu vaqtda turbinaga oldingi miqdordagi energiya tashuvchi omil-bug' (yoki suv) ta'sir etaveradi va turbinaning momenti o'zgarmaydi. Buning natijasida generatorning aylanish tezligi tez ko'payib boradi, chunki turbinaning aylanishini boshqaruvchi qurilmaning inersiyasi «A» elektrostansiya generatorlarining aylanish tezligini zudlik bilan kamaytira olmaydi.

«B» elektrostansiya generatorlari ushbu holda boshqa sharoitda bo'ladi, ular  $K$  nuqtadan uzoqda, shuning uchun ularning shinalaridagi kuchlanish nominal — me'yoriyga yaqin. «A» elektrostansiyaning generatorlarining yuklari yengillaganliklari sababli barcha yuk «B» elektrostansiya generatorlariga tushadi. Buning natijasida ular ko'proq yuklanadi va aylanish tezliklari kamayadi. Shunday qilib, qisqa tutashuv natijasida «A» va «B» elektrostansiyalarining generatorlarini aylanish tezliklari har xil bo'ladi va bu ularning sinxron ishlashlarining buzilishiga olib keladi.

Uzoq vaqt davom etgan qisqa tutashuv iste'molchining asinxron elektr motorlari turg'un ishlashini buzadi. Kuchlanishning qiymati pasayganda asinxron elektr motorning aylanish tezligi kamayadi. Agar sirpanish kritik nuqtadan o'tib ketsa, motor noturg'un ishlash oblastiga o'tadi va to'liq to'xtashi yuz beradi.

Sirpanish ko'payishi bilan asinxron elektr motor iste'mol qilayotgan reaktiv quvvat ortadi va bu qisqa tutashuv tugagandan so'ng elektr tizimida reaktiv quvvat taqchilligiga olib keladi. Buning natijasida elektr energetika tizimida kuchlanishning tezkor kamayishi sodir bo'ladi va elektr tizimi o'z ishini to'xtatadi.

## 6.2. Havo elektr uzatish yo'llarida o'takuchlanish

**Elektr uzatish yo'llarining turlari.** Atmosfera havosining iqlimiy sharoitlari ta'siriga nisbatan ochiq va yopiq yuqori kuchlanishli elektr uzatish yo'llari (EUY) ishlab chiqilgan.

**Ochiq elektr uzatish yo'llarining** tuzilishi juda sodda bo'lib, havoda tortilgan elektr uzatuvchi simlar va ularni ushlab turuvchi tarelkasimon izolator girlyandalari osilgan tayanchlardan tuzilgan.

**Yopiq elektr uzatish yo'llari** yerlangan metall yoki muhofazalangan polimer quvuri ichida yuqori kuchlanishli tokni o'tkazuvchi izolatsiyalangan markaziy tomirga yoki 2, 3, 4-tomirlarga ega kabel shaklida bajariladi. Amalda keng tarqalgan va 6 kV dan 1 MV gacha kuchlanishga mo'ljallangan yopiq uzatish yo'llarining quyidagi turlari mavjud: qog'oz-moy izolatsiyali elektr kabellar; polimer, ko'pincha polietilen, izolatsiyali kabellar; siqilgan gaz, ko'pincha azot 95% bilan elegaz SF<sub>6</sub> 5% aralashma gaz, izolatsiyali kabellar; kriogen, ya'ni suyultirilgan havo haroratida ishlaydigan kabellar; o'ta o'tkazgichli kabellar. Yopiq elektr uzatish yo'llariga yana quyidagi tajribada sinalayotgan ichki tomirsiz kabel turlari ham kiradi: o'ta yuqori chastotali (SVCH) elektromagnit to'lqin yo'naltiruvchi quvur (volnovod) lar bilan birga vakuumlangan quvur va elektron nurdan tuzilgan elektr uzatish yo'llari ham kiradi.

Bulardan tashqari, o'ta aniq yo'naltirilgan kogerent yorug'lik nuri — lazerli quvursiz energiya uzatish yo'llari ham ishlab chiqilgan, kosmik fazo va maxsus elektrofizik qurilmalarda elektron nurli, tezlantilgan zaryadli yoki zaryadsiz atom, molekula, klaster oqimli energiya uzatish yo'llari qo'llanilishi ham mumkin. Dengiz va daryo suv havzalarida gidroakustik, ya'ni ultratovushli, energiya uzatish yo'llaridan foydalaniladi.

Elektr uzatish yo'llarining yuqori kuchlanishini jadallik bilan yildan yilga ko'tarilib borishi uzatiluvchi quvvat, FIK va iqtisodiy samaradorlikni oshirishning asosiy omilidir.

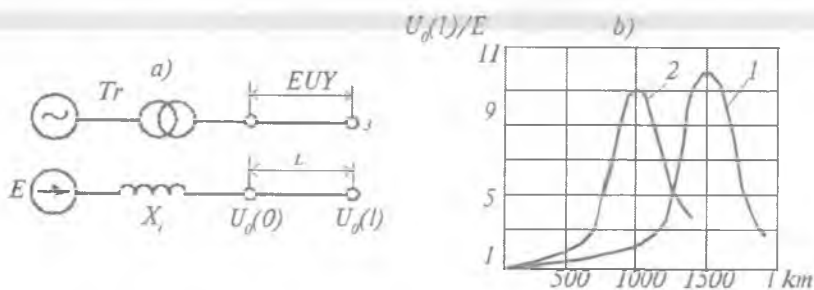
**Havo elektr uzatish yo'llarida o'takuchlanish.** Ma'lumki, havo elektr uzatish yo'llarida yashin ta'sirida juda xavfli o'ta kuchlanishlar paydo bo'ladi. Elektr uzatish yo'llarida kommutatsiyaviy o'ta kuchlanishlar yo'llarni manbaga uzib-ulash sababli hosil bo'lsa, rezonans natijasida ham yuzaga keladi. Kommutatsiya o'ta kuchlanishlari ichida eng xavfli avariyaaviy uzishdan keyingi avtomatik qayta ulash (APV) rejimida paydo bo'ladi. Odatda, elektr uzatish yo'llari manbaga bir tomonlama ulanadi. Bunday holatda 10 lab yoki 100 lab km uzunlikka ega elektr uzatish yo'llari uchun o'takuchlanish miqdorining kattarog'i manbaga ulangan tomondan

emas, aksincha qarama-qarshi tomondan paydo bo'ladi. Kommutatsiya o'ta kuchlanishlari elektr uzatish yo'llarini turg'un birinchi holatdan tebranma ikkinchi holatga o'tish jarayoni bo'lib, yo'l bo'ylab tarqoq sig'im va tarqoq induktivliklarning zaryadlanishi, razryadlanishi yoki qayta zaryadlanishi bilan bevosita bog'liqdir. Agar 6÷220 kV elektr uzatish yo'llarida kommutatsiya o'ta kuchlanishi  $K_0 = 2\text{--}3$  karralikka yetsa, 500 kV uzatish yo'llarida  $K_0 = 1,95$  ga boradi. Kommutatsiya o'ta kuchlanishini cheklash jihozlari: reaktorlar, razryadniklar, shuntli qarshilikka ega uzatish yo'llari va boshqalardir.

Uzunligi katta (EUY) – elektr uzatish yo'llarida sig'im ta'siri natijasida hosil bo'ladigan o'ta kuchlanishlar tahlili quyida ko'rib chiqiladi. Bunda o'ta kuchlanish miqdorini ochiq uzatkich uzunligi, manba induktivligi va toj razryadiga bog'lanishi aniqlanadi.

Tok manbai – generator E, transformator Tr va EUY – elektr uzatish yo'llaridan tuzilgan sxemaning (85-a rasm) simmetrik uch fazali rejimda kuchlanishni kattalashib ketishi, ayniqsa, EUY ning oxirgi uchi (3) da kuzatiladi. Bunga sabab sig'im toklarini transformatorning jamlangan induktivligidan hamda EUY bo'ylab tarqalgan induktivligidan o'tish jarayonidir. Hisob formulalarida albatta barcha qiymatlar birliksiz, ya'ni nisbiy qo'yilishi shart. Bunga keltirish uchun asos sifatida nominal faza kuchlanishi  $U_f$ , manba chastotasi  $\omega$  va EUY ning to'lqin qarshiligi  $Z_0$  olinadi.

Quyidagi belgilarni kiritamiz:  $E=U_f$  – manba elektr yurituvchi kuchi;  $U_{(0)}$ ,  $U_{(l)}$  va  $U_{(x)}$  – uzatkichning boshi, oxiri (3) va boshidan



85-rasm. Tok manbai – generator E, transformator Tr va elektr uzatish yo'llaridan tuzilgan simmetrik uch fazali holatda kuchlanishning kattalashib ketishi:

a – prinsipial sxemasi; b – kuchlanishning uzunlikka bog'liqlik tavsifi.

masofadagi kuchlanishi;  $Z_m = jx_u$  – manbaning umumiy qarshiligi, amalda uning induktiv qarshiligi  $x_m$  ga teng;  $Z_u$  – uzatkichning kirish qarshiligi;  $\gamma = \alpha + j\beta$  – uzatkich bo‘ylab to‘lqin tarqalish koeffitsiyenti, bunda  $\alpha$  – to‘lqin so‘nish koeffitsiyenti va  $\beta$  – faza o‘zgarish koeffitsiyenti; EUY uzunlik birligining  $L_1$  – induktivligi,  $C_1$  – sig‘imi,  $r_1$  – faol qarshiligi va  $g_1$  – o‘tkazuvchanligi;  $\ell$  – EUY ning uzunligi.

Havo elektr uzatish yo‘llari uchun faol qarshilik  $r_1$  nofaol qarshiliklardan ancha kichik bo‘lganligi uchun toj razryadi yo‘qligida  $g = 0$  teng deb olish mumkin. Unda

$$\gamma = \sqrt{(r_1 + j\omega L_1)j\omega C_1} = j\omega\sqrt{L_1 C_1} \sqrt{1 + \frac{r_1}{j\omega L_1}}. \quad (6.1)$$

Ildiz ostidan taxminiy chiqarsak:

$$\gamma = j\omega\sqrt{L_1 C_1} \left(1 + \frac{r_1}{2j\omega L_1}\right) = \frac{r_1}{2\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}} + j\omega\sqrt{L_1 C_1} = \alpha + j\beta. \quad (6.2)$$

Chiziqli chastota  $f = 50\text{Hz}$  bo‘lganda,  $\omega = 314 \text{ rad/km}$  va fazaning o‘zgarish koeffitsiyenti  $\beta = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ rad/km}$  yoki har 100 km uzatish yo‘liga  $6^\circ$  to‘g‘ri keladi. Elektr uzatish yo‘lining to‘lqin qarshiligi  $Z_u$ .

$$z_y = \sqrt{\frac{r_1 + j\omega L_1}{j\omega C_1}} = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} \left(1 - j \frac{\alpha}{\beta}\right). \quad (6.3)$$

Ochiq EUY ning kirish qarshiligi  $Z_k$

$$Z_{ku} = Z_u \operatorname{cth}(\gamma \ell) = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} \left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right) \operatorname{cth}(\alpha + j\beta)\ell. \quad (6.4)$$

Uzatkich kuchlanishlari quyidagicha topiladi:

$$\dot{U}(0) = E \frac{Z_k Y}{Z_M + Z_k Y}; \quad (6.5)$$

$$\dot{U}(\ell) = \frac{\dot{U}(0)}{\operatorname{ch}(\gamma \ell)} = \frac{\dot{U}(0)}{\cos(\beta \ell) + j\alpha \ell \sin(\beta \ell)}; \quad (6.6)$$

$$\dot{U}(x) = ch\gamma(l-x) \approx \dot{U}(l) \cos \beta(l-x). \quad (6.7)$$

Agar tizim rezonansdan uzoqda bo'lsa, unda faol isroflarni hisobga olmasa ham bo'ladi va

$$Z_{ku} = \sqrt{\frac{U}{C_1}} \operatorname{cthj} \beta l = -jZ \sqrt{\epsilon} \operatorname{tg} \beta l. \quad (6.8)$$

Agar  $\beta l < \pi/2$  hamda  $l < 1500$  km bo'lsa, kirish qarshiligi sig'imlikka moil bo'ladi va:

$$Z_{kl} = -jX_{ku}. \quad (6.9)$$

Bu holat uchun

$$v(0) = E \frac{-jx_{ky}}{jx_{y} - jx_{m}}; \quad (6.10)$$

$$U(l) = U(0) / \cos \beta l. \quad (6.11)$$

85-b rasmda hisob natijasi keltirilgan. Manba qarshiligi  $x_m = 0$  bo'lgan holatdagi o'ta kuchlanishni uzatkich bo'ylab o'zgarish grafigi (1) va manba qarshiligi  $x_m = 0,5 Z_u$  bo'lgan holatdagi tebranish fazasi bo'ylab o'zgarish grafigi (2) da keltirilgan. Punktir grafik esa kuchlanishning EUY boshidagi taqsimoti.

Cheksiz quvvatli manbaga ulangan elektr uzatish yo'lida rezonans holati, yoki  $\beta l = \pi/2$  yoki  $l = 1500$  km uzunlikda sodir bo'ladi. Bunday uzatish yo'lining o'z tebranish birinchi chastotasi  $\omega$  ning davri

$$T_1 = 4l/v = 4\sqrt{L_1 C_1} l = 4\beta l / \omega = 2\pi / \omega, \quad (6.12)$$

va o'z tebranishi birinchi chastotasi manba chastotasiga tengdir:  $\omega_1 = 2\pi/T_1$ .

Rezonans holatida elektr uzatish yo'lining oxiridagi kuchlanish (6.11) dan kelib chiqadi. Buning uchun  $\dot{U}(0) = E$  va  $\beta l = \pi/2$  ni hisobga olish kerak. Shunda:

$$U(l) = \frac{E}{\frac{\alpha \pi}{\beta 2}} = \frac{2E}{\pi \frac{r_1}{2\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}} \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}} = \frac{2}{\pi} \frac{E}{r_1 / 2\omega L_1} = \frac{4}{\pi} QE, \quad (6.13)$$

bu tenglik  $Q = \omega L_1 / r_1$  ga teng bo'lib,  $Q$  uzatish yo'lining asilligi, deb ataladi.

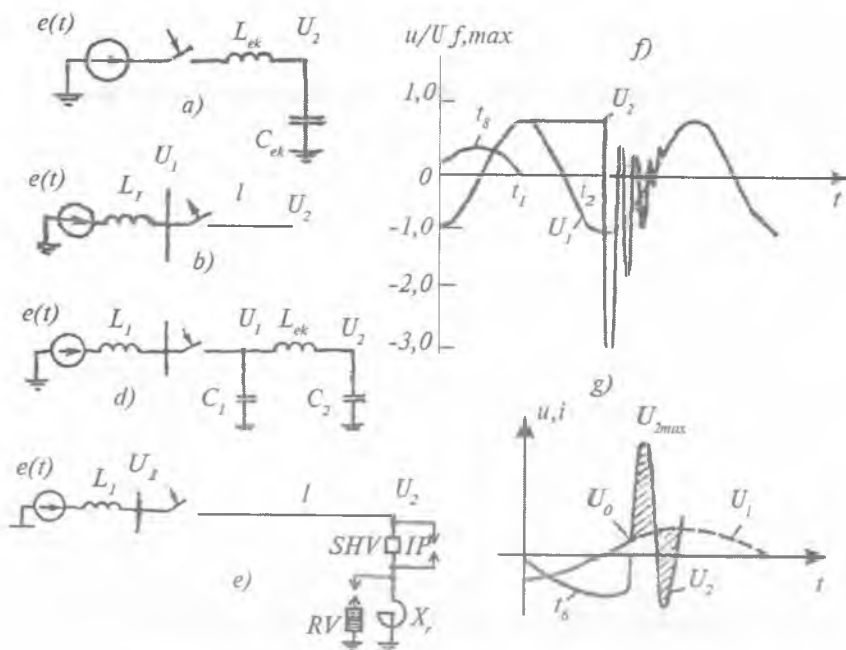
Agar  $x_m \neq 0$  bo'lsa, elektr uzatish yo'lining uzunligi bo'ylab rezonans sodir bo'lish o'rni kichikroq uzunlik tomon suriladi. Formula (6.10) dan kelib chiqadiki, rezonans holati  $x_m = x_{ku}$  da sodir bo'ladi. Bunda uzatkichning sig'im qarshiligi manbaning induktiv qarshiligiga teng bo'ladi va uzatish yo'lining o'z chastotasi manba chastotasiga tenglashadi. Rezonans grafigiga nisbatan formula bilan aniqroq hisoblanadi, elektr uzatish yo'lining asilligi qatorida manbaning asilligi ham hisoga olinadi.

86-rasmda havo elektr uzatish yo'lining hisoblash sxemalari va sodir bo'luvchi o'ta kuchlanishlar grafigi keltirilgan.

Elektr uzatish yo'lining ulash jarayoni tasvirlangan 86-a rasmdagi sxemasida:  $e(r)$  — generatorning EYUKi;  $L_{ek}$  — uzatish yo'li bo'ylab tarqoq induktivlikning ekvivalent qiymati; uzatish yo'lining oxiridagi kuchlanish —  $U_2$  va ekvivalent sig'imi —  $C_{ek}$ . Elektr uzatish yo'lining ulash jarayoni tasvirlangan 86-b rasmdagi sxemasida: generatorning  $L_1$  — induktivligi va  $U_1$  EYUKi;  $l$  — uzatish yo'lining uzunligi. Elektr uzatish yo'lining 86-d rasmdagi sxemasida: uzatish yo'liga kirish kuchlanishi  $U_1$  va sig'im  $C_1$  va uzatish yo'lining oxiridagi sig'im  $C_2$  ko'rsatilgan. Elektr uzatish yo'lining 86-e rasmdagi sxemasida: IP — havo uchqun oralig'i bilan parallel ulangan SHV — shina uzgichi blokiga ketma-ket qilib boshqa blok, ya'ni nofaol qarshiligi  $X_r$  bo'lgan reaktor va u bilan parallel ulangan ventilli razryadnik  $RV$  va havo uchqun oralig'i bloki. Yuklamasiz havo elektr uzatish yo'lini o'chirgandan so'ng qayta yongan elektr yoyi sababli sodir bo'lgan o'tish jarayoni 86-f rasmda keltirilgan. Yuklamasiz kuch transformatorini o'chirish sababli sodir bo'lgan o'tish jarayoni 86-g rasmda keltirilgan. Rasmdagi shtrixlangan hudud uzgichning kontaktlari orasidagi kuchlanishga to'g'ri keladi.

Formula (6.13) taxminiy bo'lib, ichki o'ta kuchlanish fizik modellarni tekshirishda foydalaniladi. Real sharoitiga yaqinlashish uchun toj razryadi ta'siri ham hisobga olinadi. Toj razryadining paydo bo'lishi elektr uzatish yo'lining ekvivalent sxemasiga shu nuqtadagi kuchlanish  $U_{(y)}$  ga bog'liq faol o'tkazuvchanlik  $g_1$  va qo'shimcha sig'im  $\Delta C_1$  kiritiladi.

Bunda rezonans grafigi shakli yoyilibroq chiqadi.



86-rasm. Elektr uzatish yo'lining ulanish usullari:

a — sig'imi orqali; b — uzunligi bo'yicha; d —  $C_1$  va  $C_2$  sig'imlar orqali;  
 e — yuklamasiz o'tish jarayonining tavsifi; f — yuklamasiz havo elektr  
 uzatish yo'lini o'chirgandan so'ng qayta yongan elektr yoyi sababli sodir  
 bo'ladigan o'tish jarayoni; g — yuklamasiz kuch transformatorini o'chirish  
 sababli sodir bo'lgan o'tish jarayonining tavsifi.

### 6.3. Elektr ta'minot tizimlarida qisqa tutashuv

**Tutashuv va qisqa tutashuv turlari.** Elektr nim stansiyalari va elektr tarmoqlarining ekspluatatsiya qilish jarayonida har xil turdagi tutashuv va qisqa tutashuv (QT) lar ro'y berib, elektr qurilmalari yoki energiya tizimi ishlarini normal holatdan chiqishlariga sabab bo'ladi.

Qisqa tutashuv deb atayin yoki tasodifan zanjirning ikki potentsiali har xil nuqtasining elektr birlashib qolishiga aytiladi. Bunda tarmoqning normal ishi buzilib, zanjirdan o'tayotgan tokning qiymati kattalashadi va miqdor jihatdan ruxsat etilgan qiymatdan bir necha bor oshib ketishi ham mumkin.

Tutashuv deganda faza tok o'tkazuvchi qismlarining tasodifan bir-biri bilan yoki «yer» bilan elektr birlashib qolishiga aytiladi. Amalda bunday birlashuvlar havoda elektr yoyining yonishi bilan yoki to'g'ridan-to'g'ri o'tish qarshiligisiz ro'y beradi, ikkinchi hol «metall birlashuvi» deb ham yuritiladi.

Tajribadan ma'lumki, aksariyat qisqa tutashuvlar bitta fazaning yer bilan tutashuvi oqibatida vujudga keladi. Uch fazali QT lar eng xavfli avariya hisoblansa-da, u kamdan-kam sodir bo'ladi.

Ma'lumki qisqa tutashuv jarayonida tokning keskin ortishi, kuchlanishning esa kamayishi tizim uchun salbiy ta'sir o'tkazadi.

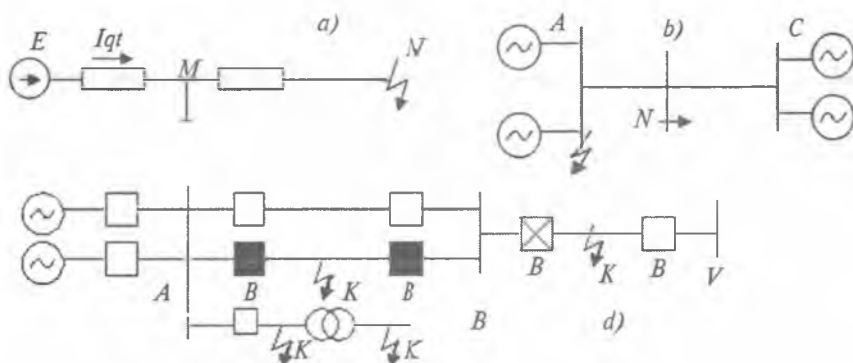
*Qisqa tutashuv* toki  $I_{qt}$  zanjirning ayrim uchastkasidagi  $R$  qarshilikda ma'lum vaqt ichida  $W = I_{qt}^2 R t$  miqdordagi energiya va shunga mos issiqlik ajralishiga sababchi bo'ladi. Bu issiqlik va elektr energiyasi o'ziga xos noxushliklarni keltirib chiqaradi. Bunda qisqa tutashuv toki  $I_{qt}$  ning miqdori tizim qismining nominal toki  $I_n$  dan necha karra kattaligiga bog'liq bo'ladi va shikastlanish darajasi ham shundan kelib chiqadi.

Qisqa tutashuv vaqtidagi kuchlanishning keskin pasayishi elektr energiya istis'molchilarining ishlab chiqarish sifatini belgilaydi. Masalan, asinxron motorlarining aylantirish momentlari manba kuchlanishining kvadratiga proporsional  $M = kU^2$  bo'lganligi uchun ularning aylantiruvchi momentlari keskin kichiklashadi va bu miqdor ularning o'qlariga o'rnatilgan ish bajaruvchi mexanizmlarning qarshilik momentlaridan kichik bo'lib qolishi mumkin. Bunday holat ularni o'ta yuklanish darajasiga keltiradi va buning natijasida motor to'xtashga majbur bo'ladi. Luminescent lampalarining qayta yona olmasligi ham kuchlanish miqdorining kichikligiga bog'liq bo'ladi. Kuchlanishning tushuvi kompyuterlarning normal ishlashiga katta ta'sir ko'rsatadi.

Kuchlanish tushuvining yana bir xavfli jihatlari generatorlar va buning natijasida butun elektr tizimlarining barqaror parallel ishlashlariga salbiy ta'sir etishidir. Bu esa o'z vaqtida iste'molchilarni energiyasiz qolishiga sabab bo'ladi.

Normal holatda turbinaning mexanik aylanish momenti generatorning elektr yuki tomonidan hosil qilinadigan teskari ta'sir qiluvchi moment bilan teng bo'ladi va generator sinxron aylanishlar chastotasi bilan aylanadi (87-b rasm).





87-rasmi. a – EUY oxirida sodir bo‘lgan qisqa tutashuv;  
 b – «A» elektrostansiyasiga yaqin joyda sodir bo‘lgan qisqa tutashuv;  
 d – sxemadagi shikastlangan qismlarni selektiv o‘chirishi.

Agar  $N$  nuqtada qisqa tutashuv sodir bo‘lganda «A» elektrostansiyaning shinasidagi kuchlanish nolga yaqin bo‘lib qoladi va yukning yo‘qolishi natijasida generatorlarning teskari ta‘sir qiluvchi momenti nolga teng bo‘ladi. Turbinaga esa avvalgi miqdordagi suv bug‘i ta‘sir etib, uning momentini o‘zgartirmaydi. Bu vaqt ichida generatorning aylanishlar chastotasi keskin ortadi.

Demak, bunday sharoitlarda generatorning tezligini boshqarish lozim, ammo boshqaruvchi tizimning o‘ziga xos ishga tushish vaqti mavjud. «B» stansiya generatorlari boshqa sharoitda bo‘ladi, ular  $N$  nuqtadan yetarli darajada uzoqroq masofaga joylashgan, shuning uchun ularning shinalaridagi kuchlanish nominal qiymatlarga yaqin bo‘lishi mumkin.

Endi «A» stansiya generatorlarining yuklari kamayganligi sababli qolgan barcha yuklar «C» stansiya generatorlariga tushib qoladi. Buning natijasida ularning aylanish tezliklari kamayadi. Shunday qilib, qisqa tutashuv natijasida «A» va «C» stansiyalari generatorlarining aylanish tezliklari har xil bo‘ladi. Natijada ikki stansiya generatorlarining ishlab chiqarayotgan kuchlanishlarining chastotalari ham o‘zgaradi va ular sinxron ishlay olmaydi.

Uzoq vaqt davom etgan qisqa tutashuv jarayonida iste’molchilarning asinxron motorlari barqaror ish rejimlarida ishlamaydi. Kuchlanish kamayganda ularning aylanish chastotalari pasayadi va

sirpanishlari oshadi. Agar sirpanish o'zining kritik miqdoridan katta bo'lib qolsa, u holda motor nobarqaror ish jarayoniga o'tadi va to'liq to'xtash yuz beradi. Sirpanishning ortishi bilan asinxron motorlarning reaktiv quvvatlari ortadi. Qisqa tutashuv tugagandan so'ng tizimda reaktiv quvvat tanqisligi yuzaga keladi. Bu uning ish jarayonini tugatishga majbur qiladi.

**Nonormal ish jarayonlari.** *Nonormal jarayonlar* deb tizim yoki uning qismlaridagi tok, kuchlanish va chastota qiymatlarining ruxsat etilgan miqdorlaridan ancha farq qilishi hamda qurilmalar va elektr tizimning barqaror ishlashiga xavf soluvchi holatlarga aytiladi.

Nonormal jarayonlar quyidagi ko'rinishlarda bo'lishi mumkin:

– tarmoqning himoyalangan qismida o'ta katta yoki qisqa tutashuv tokining paydo bo'lishi;

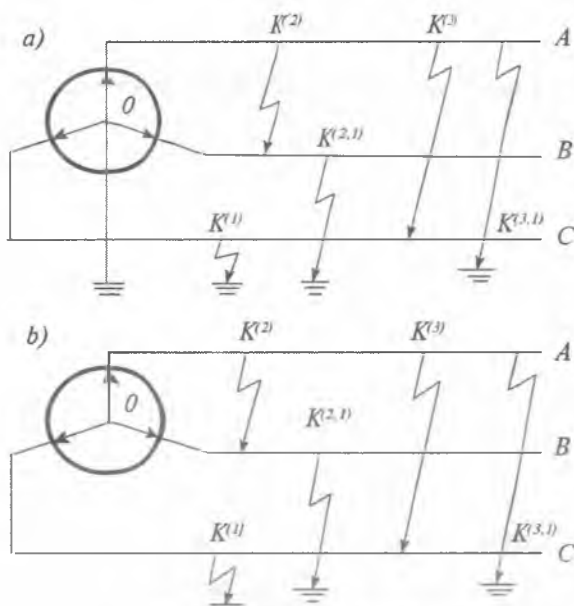
– parallel ishlovchi generatorlari chiqish parametrlarining tebranishi sababli ularning sinxronizm rejimlarining buzilishi;

– generator quvvatining yetishmasligi natijada chastotaning pasayib ketishi. Bu jarayon ayrim generatorlarning birdaniga o'chib qolishiga sabab bo'ladi. Chastotaning chuqur pasayishi, ya'ni 47-45 Hz bo'lib qolishi, elektr energetik tizim ishining batamom to'xtashiga olib keladi;

– tizim kuchlanishining oshishi, ya'ni parallel ishlovchi generatorlar yuklarining to'satdan o'chirilishi. Bunda yuki kamaygan generator tezroq aylanib uning statoridagi EYUK ko'payishi chulg'am izolatsiyasini ishdan chiqarish darajasiga yetkazishi ham mumkin.

Energiya tizimi tarmoqlarning fazalarida ishlash rejimlarining holatiga qarab har turli tutashuvlar ro'y berishi mumkin. Ularning klassifikatsiyalari va shartli belgilari 10-jadvalda va neytrali yerlangan (a) va yerlanmagan (b) tarmoqda tutashuvlarining sxemasi 88-rasmda keltirilgan. Neytrali yer bilan birlashtirilgan tizimlarda uch fazali simmetrik va ikki fazali nosimmetrik qisqa tutashuvlar paydo bo'lishi mumkin. Ikki fazali tutashuvlar bir yoki har xil nuqtalarda bo'ladi.

Generator eng katta boshlang'ich tokni manba yaqinida, ya'ni Kl nuqtasida, boshqacha aytganda tizim qarshiligi  $X_{rez1}$  manba qarshiligi  $X_i$  ga teng bo'lganda berar ekan. Bu chegaraviy qiymat



88-rasm. Qisqa tutashuvning turlari.

bo'lib, qisqa tutashuv toki faqat generator parametrlariga bog'liq bo'lib qoladi. Bu holda qisqa tutashuv tokining boshqaruv jihozlari va tok o'tkazuvchi elementlarga ta'sirini aniqlash uchun generator EYUKi va induktiv qarshiligi o'zgarishi qonunlarini hisobga olish talab etiladi.

Bu qiymatlar qisqa tutashuv davrida uning davriy tashkil etuvchisining vaqt birligida keskin o'zgarishga olib keladi.  $K_2$  nuqtasida sodir bo'lgan qisqa tutashuv tizim qarshiligi  $X_{re2}$  generator qarshiligi  $X_i$  bilan qiymat bo'yicha yaqinlasha boradi (89-rasm). Qisqa tutashuv toki ta'sirini generator EYUKi va induktiv qarshiligi o'zgarish qonuniyatlarini inobatga olgan holda olib boriladi.

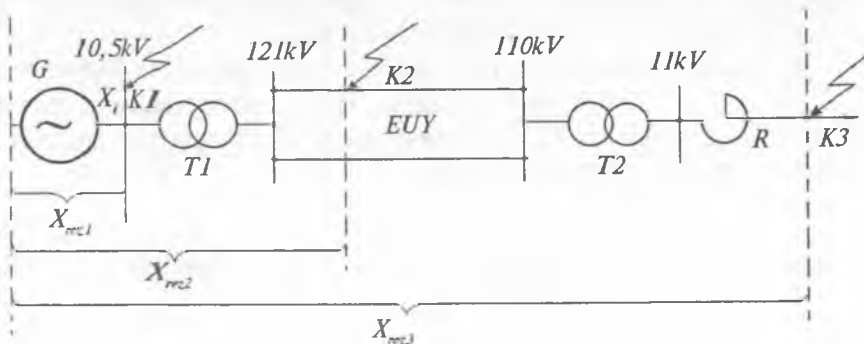
Qisqa tutashuvning oqibati har xil bo'ladi. Hozirgi zamon elektr stansiyalarida QT toki o'n va yuz ming amperlarni tashkil qilishi mumkin, chunki ular nominal tokga nisbatan bir necha barobar ko'p. Bu toklar o'tkazgichlar va kontaktlarda elektr energiya isrofini ko'paytirib, turli qizish holatlariga olib keladi. Bunday qizishlar izolatsiyalarning ishdan chiqishiga, kontaktlarning yopishib qo-

## Qisqa tutashuv turlari

Tutashuv turlari	Shartli belgi	Hisobiy formula	Shunday qisqa tutashuv paydo bo'lish ehtimoli % da
Uch fazali	$K^{(3)}$	$I^{(3)} = \frac{U_{ei}}{\sqrt{3}Z_k}$	1+7
Ikki fazali	$K^{(2)}$	$I^{(2)} = \frac{U_{ei}}{2Z_k}$	2+13
Ikki fazali bir nuqtada	$K^{(2,1)}$	$I^{(2,1)} = \frac{U_{ei}}{2Z_k}$	5+10
Bir fazali	$K^{(1)}$	$I^{(2)} = \frac{U_{ei}}{2X_k}$	60+92

lishiga, shinalarning mexanik pishiqligining kamayishiga sabab bo'ladi. Shikastlangan fazalardan katta qiymatdagi QT tokining o'tishi tizimda yong'in chiqishiga, kabel va boshqa tarmoqlarda avariyaning yanada rivojiga sababchi bo'lishi mumkin.

Shuning uchun ham o'tkazgich, izolatsiya va jihozlar berilgan vaqt ichida qisqa tutashuv tokini ko'tara olishi kerak, ya'ni termik chidamli bo'lishlari darkor.



89-rasm. Qisqa tutashuv joyini belgilovchi sxema.

Qisqa tutashuv toklari ta'sirida tok o'tkazgichlar va shinalar oralig'ida katta elektrodinamik kuchlar hosil bo'ladi. Bu kuchlarning ta'sirida tok o'tkazgich shinalarning izolatsiyalari mexanik jihatdan parchalanib ketishi mumkin. Tok o'tkazuvchi qismlar, jihozlar va elektr mashinalari konstruktiv jihatdan loyihalananayotgan vaqtdayoq ularning ana shu kuchlarga bardosh bera oladigan qilib loyihalaniishi talab qilinadi.

QT elektr jihozlariga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir etishdan tashqari, yana elektr ta'minlanuvchilar ishiga ham ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bu birinchi navbatda kuchlanishning pasayishi bilan bog'liq. Bu esa QT ro'y bergan joy bilan yuklama ulangan joylar farqiga bog'liq bo'ladi.

QT tokining kamaytirish omillarini amalga oshirish uchun qisqa tutashuv tokining miqdorini aniqlash va uning vaqt ichida o'zgarish tavsifini o'rganish zarur. QT tokining ahamiyatiga qarab, uning qiymatini qanday aniqlik bilan topishning ma'lum usullari mavjud.

Bir qancha elektr stansiyalar va podstansiyalardan tashkil topgan energiya tizimining har xil elementlari tavsiflarini hisobga olgan holda QT tokini hisoblash anchagina mushkul masala. Amalda ko'pincha bu toklarni yuqori aniqlik bilan topish shart emas. Shuning uchun istalgan vaqtda QT tokini aniqlash uchun taxminiy usullarni qo'llash joiz.

Bunda qo'shimcha soddalashtirishlar qo'llanilib, QT tokining sal oshirilgan qiymati aniqlanadi va aniqlik 10 foizdan oshmaydi. QT tokining eng aniq qiymatini aniqlash stansiyalar parallel ishlaganda uning muhim ishlashini aniqlash va rele himoyasining murakkab turlarini loyihalashda kerak bo'ladi.

Bir va ikki fazali QT toklarini aniqlashda simmetrik tuzilishlar usulidan foydalaniladi. Bu usullarga keng to'xtalmasdan shuni aytishimiz mumkinki, QT tokining o'rnatilgan qiymati quydagi umumlashgan formuladan aniqlanadi.

$$I_{qt} = m^{(n)} I_{K1}^{(n)}, \quad (6.14)$$

bunda  $n$  – shikastlangan fazalar soni;  $m^{(n)}$  – proporsionallik koeffitsiyenti, u QT turiga bog'liq;  $I_{K1}^{(n)}$  – to'g'ri tuzilish ketma-ketlik toki.

#### 6.4. Qisqa tutashuv tokining termik ta'siri

Odatda, QT soniya ulushida davom etadi, ma'lum vaqtlarda esa bir qancha soniya bo'lishi ham mumkin. O'tkazgichning QT toki bilan qizishning o'tkinchi jarayoni shu bilan tavsiflanadiki, qizish davomi qizish vaqt doimiyligidan kichik bo'ladi, chunki qizish vaqt doimiyligi 5+30 soniyaga teng. Qisqa tutashuv «hukmronlik» qiladigan vaqtda zanjir toki normal holdagiga qaraganda 10+20 marta ortib ketishi, o'tkazgichlar harorati esa normal holdagidan 2+3 marta kattalashishi mumkin.

Demak, issiqlik o'tkazuvchanlik kamida uch barobar, o'tkazgichdagi quvvat isrofi yuz barobargacha ortadi. Issiqlik o'tkazishlik o'tkazgichdan ajraladigan issiqlikning 1+3% ni tashkil etganligi tufayli bo'layotgan jarayon adiabatik ravishda bo'ladi, boshqacha aytganda, tashqi muhitga issiqlik uzatilmaydi.

O'tkazgichlar haroratining qisqa muddatda ko'tarilishi metallni magnitsizlantirishga va erishiga, izolatsiyaning mo'rtlashishga, kontaktlarni nurashiga va tok o'tkazuvchi elementlarning ishdan chiqishiga sababchi bo'ladi. Jihoz va o'tkazgichlarning qisqa tutashuv davridagi issiqlik ta'siriga bardosh bera olishi va o'z normal ishini yana davom ettira olishi xususiyatiga *termik bardoshlik* deb ataladi. Termik bardoshlikning omillari deganda metallning mexanik puxtaligi bilan cheklanadigan oxirgi harorati, jihozlar qismlarining defor-matsiyasi va izolatsiyaning issiqlikka bardoshligi tushuniladi.

Issiqlik hisob-kitobining asosiy vazifasi — issiqlik manbai quvvatini va issiqlik yoki harorat maydonini aniqlashdir. Dastlabki bosqichda elektr jihozlarida issiqlik manbalarini aniqlab, uning quvvatini kamaytirish bo'yicha tavsiya ishlab chiqish hamda jihozga materiallar sarfini kamaytirilgan holda harorat maksimal qiymatini ruxsat etilgan darajagacha tushirish zarur.

Issiqlik hisob-kitobining yana bir masalasi — QT vaqtida o'tkazgich haroratini aniqlash va uni shu turdagi o'tkazgichlar qisqa muddatdagi maksimal ruxsat etilgan harorat bilan ishlagan davridagiga qiyoslashdir. 11-jadvalda PUE da jihoz va o'tkazgichlar uchun ruxsat etilgan haroratlarning tajribadan olingan qiymatlari keltirilgan. Ruxsat etilgan harorat qiymatlari normal ishlaganda hosil bo'ladigan haroratdan yuqori bo'lar ekan, chunki metallning mexanik xusu-

siyati o'zgarishi va izolatsiya yemirilishi faqat harorat bilan emas, balki isitish vaqtiga ham bog'liq bo'ladi. QT davridagi oxirgi harorat 120-300°C atrofida bo'lar ekan, vaholanki normal holdagi ruxsat etiladigan harorat 60-80°C dan ortmaydi.

Izolatsiyalanmagan mis o'tkazgichlar uchun maksimal harorat 300°C, aluminiyli uchun 200°C qabul qilingan. Moy bilan shimdirilgan qog'oz izolatsiyali kabellar 10 kV kuchlanishida ruxsat etilgan harorat 200°C qabul qilingan. QT toki bilan adiabadik qizish sharoitlari uchun quyidagi energiya balansi tenglamasini yozish mumkin:

$$i_{qt}^2 \rho_0 (1 + \alpha \Theta) \frac{1}{S} dt = C_0 (1 + \beta \Theta) \gamma_0 S l d\Theta, \quad (6.15)$$

bunda:  $\rho_0 (1 + \alpha \Theta) = R_0$  - o'tkazgichning  $\Theta$  haroratidagi qarshiligi;  $C_0 (1 + \beta \Theta) = C$  -  $\Theta$  haroratida o'tkazgich materialining solishtirma issiqlik sig'imi;  $\rho_0, C_0$  - o'tkazgich materialining harorati 0°C bo'lgandagi solishtirma qarshiligi va issiqlik sig'imi;  $\alpha$  va  $\beta$  -  $\rho$  va  $C$  larning issiqlik o'zgarish koeffitsiyentlari;  $\gamma_0 S l = m$  - o'tkazgich materialining vazni;  $\gamma_0$  - material zichligi;  $\Theta$  - o'tish jarayonidagi o'tkazgichning harorati.

O'zgaruvchan qiymatlarni ajratib, ma'lum bir soddalash-tirishdan so'ng (6.15) tenglamani quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

$$\frac{1}{S^2} i_{qt}^2 dt = \frac{C_0 \gamma_0 (1 + \beta \Theta)}{\rho_0 (1 + \alpha \Theta)} d\Theta. \quad (6.16)$$

Ushbu (6.16) tenglamaning chap qismi  $\Theta$  haroratda  $dt$  vaqtida 1 m uzunlikdagi berilgan ko'ndalang kesimli o'tkazgichdan hosil bo'ladigan energiyani ko'rsatsa, o'ng tarafi esa harorat  $d\Theta$  ga o'z-garganda o'tkazgich tomonidan yutiladigan energiyani bildiradi. O'tkazgichning yakuniy haroratini aniqlash uchun o'zgaruvchan-larni ajratib, chap qismni noldan to  $t_q - QT$  uzulgunga qadar vaqt bo'yicha integrallash zarur. Tenglamaning o'ng tomonini o'tkaz-gichning haroratini  $QT$  boshlanishidan to  $\Theta_k$  gacha, ya'ni  $t_q$  vaqtigacha integrallash kerak:

## O'tkazgich va jihozlarning ruxsat etilgan haroratlari

O'tkazgich nomi va jihoz qismlari		Oxirgi harorat, °C
Izolatsiyalanmagan misli va latunli		300
Izolatsiyalanmagan aluminiy		200
Jihoz bilan bevosita ulanmagan po'lat ulagichlar		400
Jihoz bilan bevosita ulangan po'lat ulagichlar		300
Moy shimdirilgan qog'oz izolatsiyali kuch kabellari	10 kV gacha	200
	20+20kV	125
Kuch kabellari, izolatsiya qoplamali mis va aluminiy o'tkazgichlar	rezinali	200
	polivinilxlorid va polietilinli	125
Izolatsiyalanmagan mis tortiluvchi o'tkazgichlar, N/mm <sup>2</sup>	20 dan kam	250
	20 va undan ko'p	200
Izolatsiyalanmagan aluminiy tortiluvchi o'tkazgichlar, N/mm <sup>2</sup>	10 dan kam	200
	10 va undan ko'p	160
Po'lat aluminiyli o'tkazgichlar		200

$$\frac{1}{S^2} \int_0^{I_q} i_{qt}^2 dt = \frac{C_0 \gamma_0}{\rho_0} \int_{\Theta_n}^{\Theta_k} \frac{1 + \beta \Theta}{1 + \alpha \Theta} d\Theta, \quad (6.17)$$

bunda ikkala integral ham o'zlarining yuqori intilishlari funktsiyalaridir. O'ng tomondagi integral faqat materialning xususiyatlari  $C_0$ ,  $\gamma_0$ ,  $\beta$ ,  $\rho_0$ ,  $\alpha$  larga bog'liq. Integrallashdan so'ng

$$\frac{C_0 \gamma_0}{\rho_0} \int_{\Theta_n}^{\Theta_k} \frac{1 + \beta \Theta}{1 + \alpha \Theta} d\Theta = \frac{1}{K} (f_k - f_n), \quad (6.18)$$

bundagi  $f_k$  va  $f_n$  — integralning  $\Theta_k$  va  $\Theta_n$  darajalaridagi qiymatlari;  $K$  — o'tkazgichning solishtirma qarshilik va effektiv issiqlik sig'implashi (12-jadval).



## Koeffitsiyent K ning qiymatlari

O'tkazgichlar	Koeffitsiyent K qiymatlari mm <sup>4</sup> «S/(A2 · S) · 10 <sup>-2</sup> »
Aluminiy shinalar, ochiq aluminiy o'tkazgichlar, alurniniy tola-jilali va polimer izolatsiyali kabellar, aluminiyli tolali va moy shimdirilgan qog'oz izolatsiyali kabellar	1,0540
Mis tolali yuqoridagidek kabellar	0,4570
Ko'p aluminiy tolali moy shimdirilgan qog'oz izolatsiyali kabellar	0,9350
Mis tolali yuqoridagidek kabellar	0,4486

Tenglik (6.18) dan ko'rinadiki,  $f$  ning qiymati harorat  $\Theta$  ga nisbatan murakkab funksiya hisoblanadi. Agarda  $f$  ni mustaqil o'zgaruvchan deb hisoblasak,  $\Theta = \phi(f_n)$ ,  $\Theta \phi(f_k)$  qiymatlari ma'lumotnomada keltiriladi, xususan 90-rasmda ham ko'rsatilgan.

QT tokining kvadratini  $V_k = \int_0^{\tau_k} i^2 dt$  orqali belgilanadi va u o'tkazgichda hosil bo'ladigan issiqikka to'g'ri proporsional bo'ladi. Qabul qilingan belgilar bo'yicha quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{B_q}{S^2} = \frac{1}{K} (f_k - f_n). \quad (6.19)$$

$$f_k = f_n + \frac{KB_q}{S^2}. \quad (6.20)$$

Shunday qilib, tokning issiqlik impulsi konkret material va uning ko'ndalang kesimini o'tkazgich harorati bilan bog'laydi. Issiqlik impulsi qiymatiga ko'ra va berilgan kesim yuzasiga, asosan, o'tkazgichning haqiqiy haroratini aniqlash va uni ruxsat etiladigan harorat bilan solishtirish mumkin. Ruxsat etiladigan harorat bo'yicha QT toki bimalol o'tadigan o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasini aniqlash mumkin.

QT boshlanishidagi haroratni belgilovchi  $f_n$  qiymatini 90-rasmdan topish mumkin. Bu grafik adiabatik qizish grafigi deb yuritilib,  $\Theta_n$  qiymatini topishga xizmat qiladi. U quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\Theta_n = \Theta_0 - (\Theta_{rux} - \Theta_{0,nom}) \left( \frac{I_{max}}{I_{rux}} \right)^2, \quad (6.21)$$

bunda  $\Theta_0$  – atrof-muhit harorati;  $\Theta_{rux}$  – uzluksiz ishlagandagi ruxsat etilgan harorat;  $\Theta_{0,nom}$  – atrof-muhitning nominal harorati PUE bo'yicha havoda  $\Theta_{0,nom} = 25^\circ\text{C}$  bo'lib, yerda va suvda  $15^\circ\text{C}$ ;  $I_{max}$  – yuklamaning maksimal toki;  $I_{rux}$  – o'tkazgichning uzluksiz tok qiymati.

Agar aniqlangan  $f_n$  ga  $K \cdot \text{V}k/S^2$  qiymatini qo'shadigan bo'lsak, unda (6.20) dan  $f_k$  qiymatini inobatga olgan holda oxir-oqibatda o'tkazgichning QT davridagi eng so'nggi harorati  $k$  ni aniqlaymiz (90-rasmdagi 2-chiziq). Agarda  $\Theta_k \leq \Theta_{k,max}$  unda o'tkazgich termik jihatdan «baquvvat».  $\Theta_n$  qiymati bo'yicha 90-rasmning 1-grafigidan  $f_n$  ni topish mumkin.

Ma'lumki, QT toki ikki qismdan:  $I_m(t)$  amplitudali davriy tashkil etuvchidan (vaqt birligi ichida generator parametriga qarab o'zgaruvchan) va vaqt doimiyligi  $\tau_a$  bo'yicha ekvipotensial qonuniyat bilan o'zgaruvi nodavriy tashkil etuvchidan iborat. Shularga asosan to'la issiqlik impulsini quyidagicha yozamiz:

$$B_q = \int_0^{t_q} i_{qt}^2 dt = \int_0^{t_q} (I_{nt}^2 + i_{at}^2) dt = \int_0^{t_q} I_{nt}^2 dt + \int_0^{t_q} i_{at}^2 dt = B_{qn} + B_{qa}, \quad (6.22)$$

bunda  $V_{kn}$  va  $V_{ka}$  – QT davridagi issiqlik impulslarining davriy va nodavriy tashkil etiluvchilari;  $t_k = t_{re} + t_v$  – QT ning to'liq davri, unga rele himoyasi  $t_{re}$  va uzgich ishlashi uchun ketadigan vaqt  $t_v$  kiradi.

QT ning davriy tashkil etuvchisi vaqtining so'nmaydigan qiymati quyidagi ifodadan topiladi:

$$B_{kn} = \int_0^{t_q} I_n^2 dt = I_n^2 t_q. \quad (6.23)$$

Joul integralining hisobiy maksimal qiymati nodavriy tashkil etuvchi orqali quyidagicha aniqlanadi. Agarda  $t_q \geq \tau_1$  bo'lsa, unda  $e^{-2t_k/\tau_a} \leq 0,1353$  bo'ladi va bu holat tortish podstansiyalari uchun QT davriga taalluqlidir:

$$B_{ka} = \int_0^{t_k} i_{at}^2 dt = \int 2I_n^2 e^{2t/\tau} dt = I_n^2 \tau_a (1 - e^{-2t_k/\tau_a}). \quad (6.24)$$

Oddiy hisoblarda  $B_k \approx I_n^2 \tau_a$  olinadi. Joulning to'la integrali-issqlik impulsi olis masofali QT bo'lganda:

$$B_k = I_n^2 (\tau_k + \tau_a). \quad (6.25)$$

QT generator yaqinda ro'y bergandagi issqlik impulsini topish yetarlicha murakkab masala hisoblanadi. Taxminiy hisoblar uchun (6.25) tenglamadan foydalanilsa bo'ladi. Bunda QT kvadrat toki hisobi natijasi olingan qiymat biroz kattaroq chiqishi bilan tavsiflanadi. Uni aniqroq hisoblashga zarurat sezilmaydi, chunki sodda usulda topilgan qiymatda termik bardoshlik bo'yicha zaxira bo'ladi.

$V_k$  qiymatini topishda ishlatiladigan QT nodavriy tashkil etuvchisining vaqt doimiyligi ni aniqlash biroz qiyinchilik tug'diradi. Bu masala (2.26) formulasi yoki ma'lumotlar yordamida topiladi. Elektr stansiya shinalarida QT sodir bo'lgan taqdirda  $V_k$  qiymatini baholash uchun QT tok ja'mida  $\tau_a$  ni quyidagi qiymatga teng deb qabul qilish mumkin: elektr stansiya generatori quvvati 30÷60 MWt va shinadagi kuchlanish 6÷10 kV bo'lganda  $\tau_a = 0,185$  soniya; yuqori kuchlanishli shinalarda kuch transformatorining quvvati 32 MV·A va undan yuqori bo'lganda  $\tau_a = 0,115$  soniya hamda 100 MV·A va undan yuqorida  $\tau_a = 0,14$  soniya bo'ladi.

O'tkazgich termik bardoshligini sodda usul bilan tahlil qilish mumkin. Bunda berilgan ko'ndalang kesim yuzasiga ega o'tkazgich bu ko'rsatkichlar bilan emas, balki o'tkazgichning berilgan V funksiyasi bo'yicha termik bardoshlikka javob beruvchi sim ko'ndalang

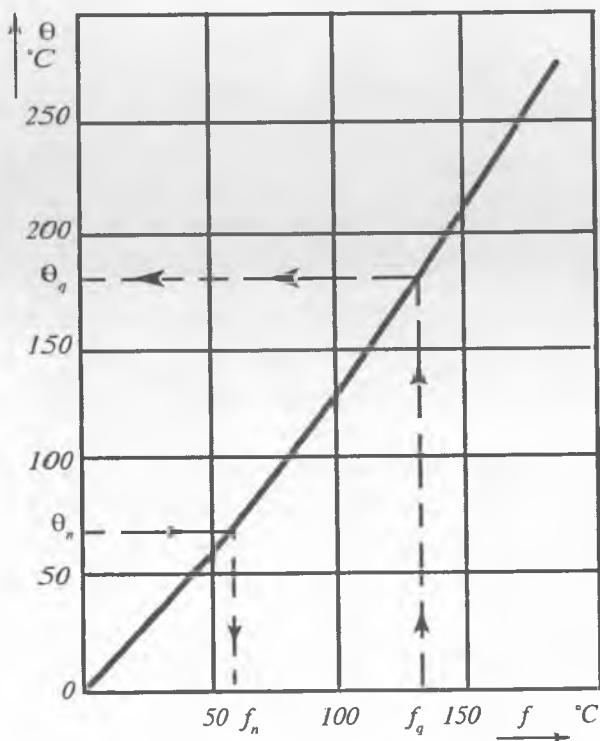
kesimining minimal qiymati aniqlanadi. Bu masalani yechish maqsadida 90-rasm grafiklari va (6.20) formulasiidan foydalanilib, quyidagi tenglama keltirib chiqariladi:

$$S_{\min} = \sqrt{\frac{KB_q}{f_{q \max} - f_n}}, \quad (6.26)$$

bunda  $f_k \max$  va  $f_n$  qiymatlari  $\Theta_k$  va  $\Theta_n$  haroratlariga ko'ra olinadi.

Taxminiy hisob-kitoblar uchun (6.26) ni boshqacha ko'rinishda yozish mumkin:

$$S_{\min} = \sqrt{\frac{B_q}{C}}, \quad (6.27)$$



90-rasm.  $f$  ning harorat  $\Theta$  ga bog'liqlik grafigi.

bunda  $C = \sqrt{(f_{q\min} - f_n) / K}$  funksiyasining qiymati 13-jadvaldan olinadi. Agar hisob natijasida  $C \geq C_{\min}$  bo'lib chiqsa, tanlangan o'tkazgich termik nuqtai nazaridan bardoshlidir.

Elektr jihozlari ishlab chiqaruvchi zavod va korxonalar nominal termik holatni nominal tok  $I_n$  va nominal vaqt  $t_n$  orqali ifodalaydilar. Elektr jihozi ishga tushish davrida shu tokni taxminan  $t_n = 1 \div 4$  soniya vaqti ichida «ko'tara olib», uning harorati qisqa vaqtdagi 11-jadvalda keltirilgan haroratdan oshmasligi kerak.

Elektr jihozining termik holati quyidagi tengsizlik bilan aniqlanadi:

$$B_q \leq I_{tnom}^2 t_{nom}, \quad (6.28)$$

bunda tenglamaning chap tarafi jihozda QT davrida ajraladigan issiqlik energiyasini bildiradi.

13-jadval

C – funksiyasining qiymatlari

O'tkazgich	C – funksiyasining qiymati $A \cdot S^{1/2} / \text{mm}^2$	
Shina turlari		
Aluminiy shinalari	91	
Mis shinalari	167	
Kabel turlari:	Kuchlanishning nominal qiymati, kV	
	6	10
Aluminiy to'liq tomirli va qog'oz izolatsiyali	92	94
Aluminiy ko'p sim tomirli va qog'oz izolatsiyali	98	100
Mis to'liq tomirli va qog'oz izolatsiyali	140	143
Mis ko'p sim tomirli va qog'oz izolatsiyali	147	150
Aluminiy tomirli va polivinilxlorid izolatsiyali	75	78
Mis tomirli va polivinilxlorid izolatsiyali	114	118
Aluminiy tomirli va polietilen izolatsiyali	62	65

### *Nazorat uchun savollar*

1. *Elektr uzatish yo'llarining turlari va nominal kuchlanishlari haqida gapirib bering.*
2. *Havo elektr uzatish yo'llarida o'takuchlanish nima?*
3. *O'takuchlanishni cheklash chora-tadbirlarini ayting.*
4. *Havo elektr uzatish yo'llar (EUY) asosiy parametrlariga nimalar kiradi?*
5. *Havo EUYda qo'llaniluvchi o'tkazgichlarni ayting.*
6. *Qisqa tutashuv turlari nima?*
7. *Bir fazali qisqa tutashuv deb nimaga aytiladi?*
8. *Uch fazali qisqa tutashuv deb nimaga aytiladi?*
9. *Ikki fazali qisqa tutashuv deb nimaga aytiladi?*
10. *Elektrostansiya qurilmarini tanlash nima?*
11. *Tizimdagi shikastlangan qismlarni selektiv o'chirish deganda nimani tushunasiz?*
12. *Qisqa tutashuv sababli yuz beradigan salbiy oqibatlarni ayting.*
13. *Qisqa tutashuv tokining hisoblash ketma-ketligini ayting.*
14. *Qisqa tutashuv tokining termik ta'siri haqida gapirib bering.*
15. *Qisqa tutashuv vaqtidagi issiqlik impulslari nima?*
16. *O'tkazgich va jihozlarning ruxsat etilgan haroratini ayting.*

---

---

## 7-bob RELELI HIMOYA VA AVTOMATIKA

### 7.1. Releli himoyalash va avtomatika

**Releli himoya vazifalari.** Har qanday elektr energetika tizimini hisoblashda, loyihalashda, ishlatishda ularda uchraydigan shikastlanish va nome'yoriy jarayonlar sodir bo'lishi mumkin. Bunga elektr stansiyalar, elektr tizimlar, elektr uskunalar, elektr uzatkichlar, ularning iste'molchilari hamda turli jihozlarida nome'yoriy tartib-rejim, ishdan chiqish yoki shikastlanish sodir bo'lishi sababli avariya holatlari vujudga kelishi sabab bo'ladi. Bunday jarayon ko'p hollarda elektr tizimlarining ayrim bo'laklarida tokning me'yoridan oshib ketishi yoki kuchlanishning haddan ziyod pasayishiga olib keladi. Tok miqdorining oshib ketishi katta qiymatda issiqlik ajralib chiqishiga va buning natijasida me'yoridan ortiq qizib ketishga hamda og'ir shikastlanishiga sabab bo'lishi mumkin.

Releli himoyalash (релейная защита) ning vazifasi uch fazali elektr tizimlarini qisqa tutashuv KZ (короткое замыкание) hamda o'tayuklanish (перенагрузка) toklaridan muhofaza qilishdir.

Elektr tizimlaridagi shikastlanish va nome'yoriy ish jarayonlari ularni avariya holatiga keltirishi mumkin. Bundan esa elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi, uzatuvchi, taqsimlovchi uskunalar zarar ko'rishi, elektr energiyasining sifati buzilishi hisobiga iste'molchilarning ishlab chiqarish mahsulotining hajmi va sifati kamayishi mumkin.

Avariyaning kelib chiqishiga ko'p hollarda energiya ishlab chiqaruvchi yoki taqsimlovchi uskunalarining ayrim kamchiliklari, loyiha xatoliklari, montaj va foydalanishdagi nosozliklar asosiy o'rinni egallaydi. Iste'molchilarni tinmay sifatli elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun elektr tizimining shikastlangan qismini tez uzib tashlash zarur. Qisqa tutashuv jarayonini o'chirib yo'qotish juda qisqa vaqt, ya'ni  $0,1 + 0,01$  soniya ichida amalga oshirilishi lozim.

Elektr tizimida bir necha energiya manbalarining o‘zaro elektr zanjiri orqali bog‘langanligi hisobga olinsa, u holda tizimning har qanday qismida sodir bo‘ladigan qisqa tutashuv (QT) qolgan boshqa uchastkalarga ta’sir etishi mumkin. Elektr tizimni saqlashda maxsus sxemalar, avtomat ravishda ishlovchi releli himoya uskunalari yoki saqlagichlari ishlatiladi.

Releli himoyaning asosiy vazifasi elektr tizimning shikastlangan qismini avtomatik tarzda boshqa shikastlanmagan qismlaridan uzib ajratish hisoblanadi. Shuning uchun releli himoya umumiy elektr tizimining avtomatlashtirilgan qismi deb yuritiladi.

Releli himoyaning qo‘shimcha vazifasi elektr tizimi elementlarini nome’yoriy ish jarayonlaridan muhofaza etish hisoblanadi. Bunda ish jarayonlariga qarab u yoki bu uskuna himoya axborotiga ko‘ra ishda qoldirilishi yoki o‘chirilishi mumkin. Chunki hosil bo‘lgan nome’yoriy jarayon qisqa muddat ichida o‘z holiga qaytishi mumkin. Shunday qilib, releli himoyaning qo‘shimcha vazifasini bajaruvchi tizim birmuncha sekinroq ishlashi kerak.

Elektr tizimlarining uzliksiz ishlashini ta’minlash uchun **avtomatik qayta ulash** (APV – автоматическое повторное включение); **zaxira quvvatlarni ishga kiritish** (AVR – автоматическое включение резервов); **avtomatik chastotani rostlash** (ACHR – автоматическое частотное регулирование); **avtomatik zaxirani ulash** (AVR – автоматическое включение резерва), ya’ni zaxira elektr ta’minlash manbayi va qurilmalarni ulash kabi tadbirlarni avariya qarshi maxsus avtomatlashtirilgan sxemalar yordamida amalga oshirish talab etiladi.

**Releli himoya turlari.** Releli himoya alohida avtonom qurilma sifatida elektr tizimining elementlari va sxemalariga kiritiladi. Himoya tizimi qisqa tutashuv yoki boshqa nome’yoriy ish jarayoniga qarab aniqlangan elementni o‘chirish uchun uning uzuvchi uskunasi ta’sir etadi. Releli himoya elektr avtomatikasining asosiy turi bo‘lib, energetika tizimidagi barcha elementlarning holatlarini uzluksiz tekshirib, nazorat qilib boradi. Energetika tizimlaridagi shikastlanishni rele himoyasi aniqlaydi va tizimning shikast ko‘rgan qismini maxsus katta tokka mo‘ljallangan uzgichlariga ta’sir etib o‘chiradi. Energetika tizimida nome’yoriy sharoit vujudga kelganda himoya uni aniqlaydi va bu holatning tavsifiga qarab, normal sharoitni tiklash uchun



kerakli bo'lgan chora-tadbirlarni qo'llaydi yoki navbatchi shaxsga xabar beradi.

Releli himoyaning yana bir xususiyati shuki, u ichki shikastlanishga ta'sir etishi, ammo tashqi shikastlanishga ta'sir etmasligi mumkin va uning aksi. Ichki shikastlanishga: tarmoqning taqsimlovchilari, elektr uzatish yo'llari, transformatorlari, generatori va boshqalardagi shikastlanishlar kiradi. Releli himoya asosiy va zaxira turlarga bo'linadi: asosiy releli himoya deb har qanday qisqa tutashuv jarayonida yoki uning ayrim ko'rinishlarida boshqa barcha himoya turlaridan vaqt bo'yicha avvalroq ishga tushuvchi majmuuga aytiladi. Zaxira releli himoya deb asosiy va boshqa turdagi himoyalar ishlamay qolganda ishga tushuvchi himoya majmuasiga aytiladi.

Ulardan tashqari releli himoyaning o'zidagi kamchiliklar hisobiga ayrim noaniqliklar paydo bo'lishi mumkin. Bunga releli himoyaning noaniq ishlashi, buzilishi, umuman ishlamasligi yoki mo'ljaldan tezroq o'chirib qo'yishi va hokazolar kiradi.

**Releli himoya va avtomatikaning mazmuni.** Elektr energetika tizimlari, elektr stansiyalar elektr qurilma va asboblari, elektr uzatish yo'llarida, elektr energiyasining iste'molchilarida nome'yorli va ishdan chiqish holatlarini, shikastlanishni uchratish mumkin. Ishdan chiqish yoki shikastlanish ko'p hollarda elektr energetika tizimining elementlarida tokning me'yoridan oshib ketishi yoki kuchlanishning pasayishi bilan bog'liq bo'lib, bu issiqlik ajralib chiqishiga olib keladi. Natijada elektr uzatish yo'llari va qurilmalari xavfli qizib ketishi va shikastlanishi mumkin. Kuchlanishning me'yordan pasayishi elektr iste'molchilarning me'yorli ishlashiga yo'l qo'ymaydi va parallel ishlayotgan generator va elektr tizimining turg'unligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Elektr tizimlari va elektr iste'molchilarning me'yorli ishlashi uchun shikastlangan qurilma yoki elektr yo'li tezda aniqlanishi, o'chirilishi kerak va shu tadbir orqali boshqa elektr iste'molchilar va elektr tizimlarning me'yorli ishlashiga sharoit yaratilishi kerak. Me'yordan tashqari holatlar o'z vaqtida aniqlanib, choralar ko'rilsa xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik ta'minlanadi.

Elektr tizimlarida dastavval himoya qurilmasi sifatida eruvchan saqlagichlar qo'llanilgan. Quvvatlar, tok va kuchlanishlarning kattalashishi hamda elektr tizim sxemalarining murakkablashishi

sababli himoyalovchi qurilma sifatida avtomatlashgan releli himoya ishlab chiqildi.

**Elektr qurilmalaridagi shikastlanishlar.** Elektr tizimidagi ko'pgina shikastlanishlar fazalarning o'zaro yoki yer bilan qisqa tutashishlari sababli sodir bo'ladi. Boshqa shikastlanishlarga: izolatsiyaning sirt yo hajm elektr teshilishi; kuchlanish va tokning me'yordan oshib yoki tushib ketishi; xizmat ko'rsatuvchi shaxslarning noto'g'ri amali va xatolari: ajratkichni yuqori kuchlanish ostida uzish, yerlagich olinmagan holda kuchlanish berish va boshqalar kiradi. Qisqa tutashuv ko'p shikastlanishlarga olib keladigan eng xavfli va og'ir holatdir (6-bobga qarang).

Nome'yor holatlar deb tok kuchi, kuchlanish va chastota qiymatlari belgilangan miqdor chegarasidan chiqib ketishi yoki qurilma va elektr energetika tizimining turg'un ishlashiga xavf bo'lishiga aytiladi. Asosiy nome'yorli holatlar quyidagilardir:

– qurilmaning o'tayuklanishi, ya'ni tokning me'yordan juda oshib ketishi.

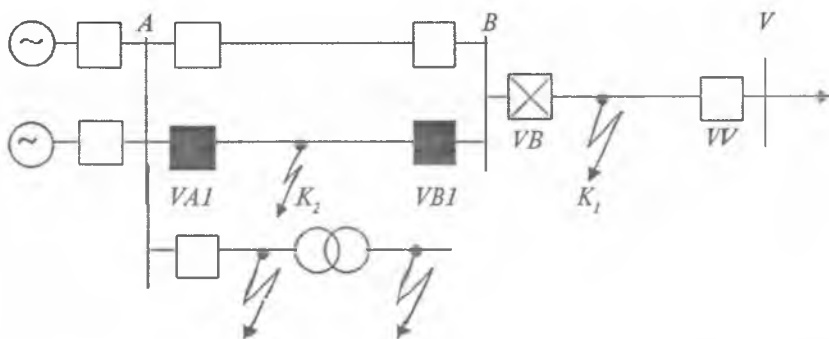
– chastotaning pasayishi, ya'ni generatorlar quvvatining yetishmasligi, bu hol, odatda, bir qism generatorlarning birdaniga o'chishi bilan bog'liq. Chastotaning chuqur pasayishi (47÷45 Hz) og'ir shikastlanish holati bo'lib, elektr tizim ishlashining to'liq to'xtashi kuzatiladi.

– kuchlanishning oshishi, ya'ni generator yuklarining birdan o'chirilishi, bu holda yuki yengillashgan generator tezroq aylanadi va bunda stator elektr yurituvchi kuchi izolatsiya uchun xavfli katta qiymatga yetadi.

**Releli himoyalarga qo'yiladigan asosiy talablar:** tanlovchanlik-selektivlik, ya'ni oldinma-keyin yoki tanlab o'chirish; tezkorlik; sezgirlik; ishonchlilik; iqtisodiylik himoya sxemasining soddaligidir.

**Releli himoyaning tanlovchanlik xususiyati** deb uning faqat shikastlangan elementini, ya'ni ayrim qismigina, tanlab o'chirish imkoniga aytiladi. Bunday xususiyat zaxira manbayi mavjud bo'lgan tizimlarda elektr energiya ta'minlanishi uzluksiz mavjud bo'lishiga olib keladi. Ichki qisqa tutashuv jarayonlarida tanlovchanlik tizimini himoyalash o'zining tezkor ishga tushish tomonlari bilan belgilanadi.

91-rasmda shikastlangan qismlarini tanlab o'chirishga misollar keltirilgan.



91-rasm. Shikastlangan qismlarning tanlab o'chirilishi.

Qisqa tutashuv  $K_1$  nuqtada yuz berganda VB uzgich elektr uzatish yo'lining shikastlangan, ya'ni qisqa tutashuv nuqtasiga yaqin bo'lganligi uchun avvalroq uzadi. Bunday o'chirishda shikastlangan uzatish yo'lidan tashqaridagi boshqa iste'molchilarning ish holatini saqlab qoladi.

Agar podstansiyaga bir necha elektr uzatish yo'llari ulangan bo'lsa, u holda biron-bir yo'ldagi qisqa tutashuvning tanlab o'chirilishi bu podstansiyani boshqa yo'llar bilan ulanishini saqlab qoladi va iste'molchilarning uzluksiz energiya ta'minotini bajarishga sharoit yaratiladi.

**Himoyaning tezkorlik xususiyati** ayniqsa ichki qisqa tutashuv jarayonini tezlik bilan o'chirishda muhim ahamiyatga ega, zotan:

- butun tizimdagi parallel ishlovchi mashina va uskunalarning barqaror ishlashini ta'minlaydi;
- elektr uzatish yo'llari xususiyatini yaxshilash imkonini beradi;
- elektr uzatish yo'llardagi kuchlanish tushuvi miqdorining iste'molchilarga ta'sirini kamaytirishga yordam qiladi;
- shikastlangan elementdagi buzilish hodisasini kamaytiradi, ayniqsa katta quvvatlik, qimmatbaho generatorlar uchun buning ahamiyati katta;
- avtomatik qayta ulash (APV) jarayoni samaradorligini oshiradi;
- ichki zanjirlarda o'takuchlanish hosil bo'lishining oldi olinadi;
- elektr yoritish sifati yaxshilanadi.

Qisqa tutashuvning o'chirilishi mumkin qadar tez, qisqa vaqtda olib borishilishi kerak, chunki bu elektr qurilmalarining ishdan chiqishiga, yo'llarni avtomatik qayta ulash (APV) unumdorligini oshirish, iste'molchilarda kuchlanish tushishi vaqtini kamaytirish, generatorlarning elektr energetika tizimi bilan turg'un parallel ishlashlarining saqlanib qolishiga juda katta ta'sir ko'rsatadi. Yuqori kuchlanishli elektr uzatish yo'llari EUY da yuz bergan shikastlanishlar quyida ko'rsatilgan vaqt ichida o'chirilishi shart:

EUY 300÷500 kV  $t_{o'chirish} = 0,1+0,12$  soniya.

EUY 110÷220 kV  $t_{o'chirish} = 0,15+0,3$  s.

EUY 6÷10 kV  $t_{o'chirish} = 1,5+3$  s.

PEU (elektr qurilmalari tuzilish qoidalari) ko'rsatadiki [33]: agar qoldiq kuchlanish me'yordan 60% dan kam bo'lsa, u holda elektr tizimi turg'unligini saqlash uchun tez o'chiruvchi releli himoyalarni qo'llash kerak.

Ma'lumki, shikastlanishni bartaraf etish vaqti  $t_{brt}$ , releli himoyaning ishlashi uchun sarf bo'lgan vaqt  $t_{RH}$ , bilan uzgichning o'chirish vaqtlari  $t_{o'ch}$  yig'indisidan tashkil topadi:

$$t_{brt} = t_{r,h} + t_{o'ch}. \quad (7.1)$$

O'takuchlanishli tizimlarda bu vaqtni  $t \leq 0,08+0,1$  soniya bo'lishi talab qilinadi. Demak, uzgichlarning o'chirish vaqti  $t_{o'ch} = 0,06$  s bo'lsa, u holda releli himoya uchun  $t_{r,h} = 0,02+0,04$  s vaqt qoladi. Bunday kichik vaqtni releli himoyaning hozirgi zamon turlari to'la ta'minlay oladi. Ammo boshqa birmuncha yengilroq shikastlanish holatlari uchun texnik iqtisodiy jihatdan releli himoya vaqti birmuncha kattaroq bo'lishi mumkin.

Tezkor va tanlovchan himoyalarni ishlab chiqish juda muhim va releli himoya texnikasining asosiy masalasidir. Bu himoyalar murakkab va qimmat baholanadi, shuning uchun shunday joylarda ishlatilishi zarurki, bu joylarda oddiy himoyalar, ya'ni vaqt bo'yicha kutuvchan sabrli (viderjka) ishlovchi himoyalar talab qilingan tezkorlikni qanoatlantira olmaydi. Nome'yorli holatlardan saqlash himoyalarning ishlash vaqtlariga talablar shikastlanishlarning oqibatlaridan kelib chiqadi.

**Himoyaning sezgirlik xususiyati** uning qisqa tutashuv jarayonida himoyalash barqaror bo'lishini ta'minlaydi. Elektr tizimida bunday

xususiyatni ta'minlash ayrim qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Masalan, elektr energiyasini juda katta miqdorda uzoq masofaga jo'natishda ularda uchraydigan qisqa tutashuv jarayonining toki ishchi toklarning maksimal qiymatlariga yaqin bo'lishi mumkin. Bunday holat simlar va boshqa elementlardagi ichki qarshiliklarning yetarli darajada katta bo'lishi bilan bog'liq. Demak, bunday hollarda oddiy himoya turlarini ishlatish o'rniga ancha murakkab hamda qimmat narxli himoya turlarini ishlatish maqsadga muvofiqdir.

Himoyaning sezgirligi uning sezgirlik koeffitsiyenti  $K_{szg}$  bilan belgilanadi, jumladan, tok bo'yicha himoyada:

$$K_{szg} = I_{min.QT} / I_{hm}, \quad (7.2)$$

kuchlanishning pasayishi bo'yicha himoyada:

$$K_{szg} = U_{hm} / U_{maks.qold}. \quad (7.3)$$

Bularda:  $I_{min.QT}$  – minimal qisqa tutashuv toki;  $I_{hm}$  – himoya ishlab ketishi uchun yetarli tok miqdori;  $U_{hm}$  – himoya ishlab ketishi uchun yetarli kuchlanish miqdori;  $U_{maks.qold}$  – qisqa tutashuvdagi maksimal kuchlanish. Bu qiymatlar «Elektr qurilmalarning tuzilish tartiblari» PEU ga muvofiq ravishda tanlab olinadi [33].

**Himoyaning ishonchliligi** unga qo'yilgan vazifalarni berilgan texnik shartlar asosida bajarilishini ta'minlash hisoblanadi. Qisqa tutashuv himoya o'rnatilgan zonadan tashqarida yuz berganda ham himoya beto'xtov ishlashi kerak, shuningdek, ular ishlamasligi kerak bo'lgan va hisoblanmagan hollarda aniq ishlamasligi kerak.

Himoyaning mustahkamligi sxemaning soddaligi, unda o'rnatilgan rele, ularning turi va kontaktlarining soni, o'rnatilish va bajarilish sifati, o'rnatish materiallari, texnik xizmat ko'rsatishga bog'liq.

**Releli himoyalashni tashkil etish.** Releli himoya ma'lum bir sxema bo'yicha ulangan bir necha relelar majmuasidan tashkil topadi.

Elektr tizimlarini releli himoyalash ularga salbiy ta'sir etuvchi qisqa tutashuv toki, o'ta yuklanish jarayoni, kuchlanishning keskin kamayishi va boshqalarga qarab juda ko'p usullarda bajarilishi mumkin. Releli himoya qurilmalari ikki asosiy qismdan tashkil topadi: o'lchash va mantiqiy qismlar.

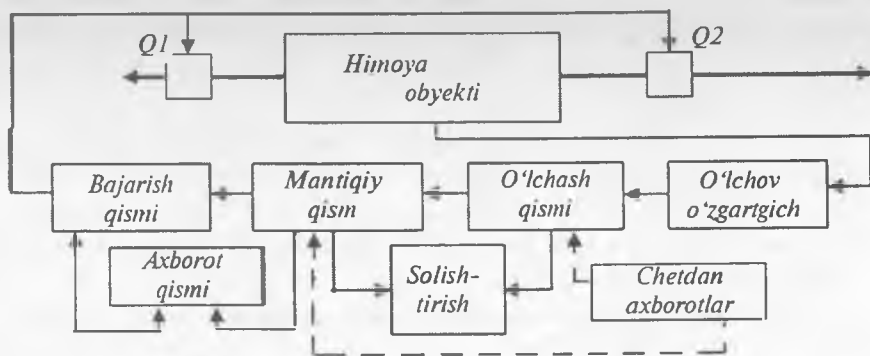
O'lchash qismidagi o'lchov relelari belgilangan qismning holatini tinmay nazorat qiladi va uni o'chirish shartlariga, asosan, umumiy

holatini aniqlaydi. Mantiqiy qism esa himoyaning o'lchash qismidan unga uzatilgan axborotlarga ko'ra ta'sir etuvchi signal buyruq tayyorlaydi. Odatda, mantiqiy qism o'chirish qurilmalariga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir etmaydi, balki ish bajaruvchi uskunalarni ishga tushiradi. Undan tashqari himoyaning ikkala qismiga chetdan axborot qismi orqali aloqa yo'llari bilan ham nazorat axborotlari yuborilishi mumkin.

Bularga yana axborot qismi kiritiladiki, ular butunlay tizimning yoki uning ayrim qismining uzilganliklari haqida xabar beradi. Hozirgi kunlarda himoyaning ishonchligini oshirish maqsadida ularning barcha elementlari alohida tayanch manbadan energiya bilan ta'minlanadi.

92-rasmda releli himoyaning tuzilish blok sxemasi keltirilgan.

Ta'sirga javob beruvchi, yoki o'lchov o'zgartkichli qism bosh qism bo'lib, u asosiy relelardan iborat bo'ladi. Bu o'lchov o'zgartkichli relelar himoyalalanuvchi obyekt to'g'risidagi axborot va xabarlarini doimo qabul qilib turadi va shikastlanish, nome'yorli holatda himoyaning mantiq qismiga o'lchov organidagi axborotni solishtiruvchi organga mos kelganida axborot uzatish bilan ta'sir javob beradilar.



92-rasm. Releli himoya tuzilish sxemasi.

Mantiq-logik qism yordamchi qism bo'lib, u o'lchov organidan olgan axborotni qabul qiladi, agar bu axborotlar ketma-ketligi va qo'shilishlari solishtirish organiga berilgan dasturga mos bo'lsa, oldindan ko'zlangan amallarni bajaradi va uzgich boshqaruvi

bajarish elementiga impuls bilan xabar beradi. Mantiq qism elektromexanik rele, elektron lampali yoki yarimo'tkazgich qurilmali sxema yordamida tayyorlanadi. Yuqoridagilar asosida aytish mumkinki, himoya qurilmalarining bo'linishi kabi relelar ham asosiy, ya'ni shikastlanishga ta'sir javob beruvchi va yordamchi, ya'ni asosiy relening axboroti ostida ishlovchi va sxemalarning mantiq qismida ishlovchi, guruhlariga bo'linadi.

Releli himoyalarda ta'sirga javob beruvchi rele sifatida tok relelari, ya'ni tokning kattaligiga qarab ta'sir javob beruvchi, kuchlanish relelari, ya'ni kuchlanishning kattaligiga qarab ta'sir javob beruvchi, chastota relelari, ya'ni chastotaning kattaligiga qarab ta'sir javob beruvchi va qarshilik relelari, ya'ni qarshilikning o'zgarishiga qarab ta'sir qiluvchi, qo'llaniladi. Ko'rsatilgan relelar birligi asosidagi qurilgan quvvat relelari himoya o'rnatilgan joydan oqayotgan qisqa tutashuv quvvati kattaligi va yo'nalishi asosida ta'sir javob beradi.

## 7.2. Rele va operativ tok manbalari

Rele bu avtomatik qurilma bo'lib, ma'lum bir ta'sir etuvchi birlamchi o'lchamning qiymatida ikkilamchi zanjirda sakrashsimon o'zgarish sodir qiladi, ya'ni harakatga keladi yoki ishlaydi. Rele texnikasida kontaktli elektromexanik relelar va kontaktsiz yarimo'tkazgichli yoki ferromagnit elementli relelar qo'llaniladi. Relelarning 2 turi mavjud:

– 1-tur – relelar ishlagan paytida kontaktlar ulanadi yoki uziladi;

– 2-tur – relelar ishlagan paytida kiruvchi o'lcham masalan, kuchlanishning, ma'lum bir qiymatida chiqish kattaligi sakrash bilan o'zgaradi.

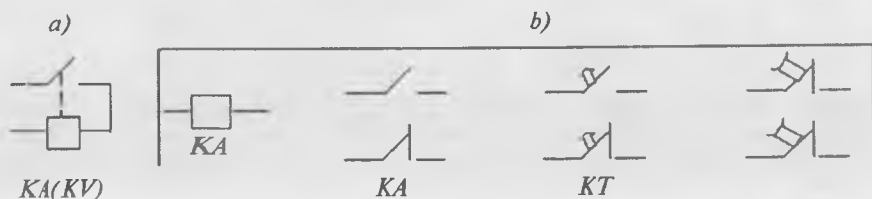
Asosiy relelar qatoriga maksimal relelar, minimal relelar va tok relelari, kuchlanish relelari kiradi. Agar rele biror o'lchamning kattalashishi natijasida ta'sir javob bersa, bu rele *maksimal rele* deyiladi. Agar rele parametrning kamayishi natijasida ta'sir javob bersa, bu rele *minimal rele* deyiladi. Nome'yorli holatlardan himoya qilish uchun ham qisqa tutashuvdagi kabi tok va kuchlanish relelari ishlatiladi. Tok relelari (RT) o'tayuklangan hollarda, kuchlanish relelari (RN) esa elektr tizimlarida kuchlanishning xavfli oshib

yoki kamayib ketishida ta'sir javob beradi. Maxsus relelardan bo'lgan chastota relelari va issiqlik relelari nome'yorli holatlarda ta'sir javob berish uchun ishlatiladi.

Yordamchi relelar qatoriga vaqt relelari, ko'rsatkich relelar va oraliq relelar kiradi. Vaqt rele (RV) himoyaning harakat ta'sirigacha bo'lgan vaqtni oshiradi. Ko'rsatkich rele (RU) himoya elementlari harakatini xabarlaydi va qayd qiladi. Oraliq rele (RP) himoya elementlarini o'zaro bog'laydi va asosiy relening uzatayotgan xabarini uzgichga yetkazadi.

Har bir releni ikki qismga ajratish mumkin: qabul qiluvchi va bajaruvchi qism. Rele va himoya elementlarining chizmalarda tasvirlashning ikki tamoyili mavjud.

Releli himoya uzgichga bevosita va bilvosita ta'sir ko'rsatishi mumkin. 93-rasmda relening bevosita himoyada qo'llanish chizmasi ko'rsatilgan bo'lib, unda: a — birlamchi rele, b — ikkilamchi relening tamoyil chizmalardagi tasviri.

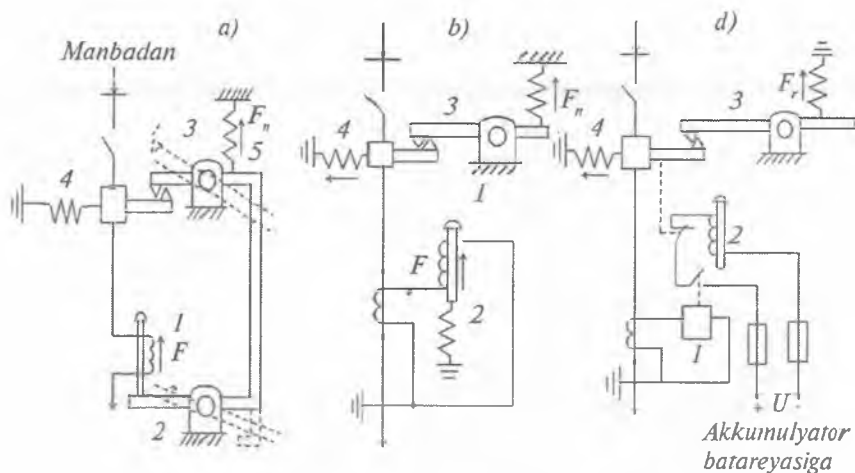


93-rasm. Relelarning tamoyil chizmalardagi shartli tasvirlari.

Rele (1) ishlagan paytda uning qo'zg'aluvchi qismi (2) uzgichning bir-biridan ajratuvchi richagi (3) ga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir qiladi (94-a rasm). Shundan keyin uzgich (4) prujina harakati yordamida o'chiriladi. Bevosita ta'sir qilish relelari to'g'ridan-to'g'ri uzgichning yuritma uzatmasiga o'rnatiladi. Shuning uchun bu relelar o'ramtilgan relelar deyiladi.

Rele (1) ishlagan paytda uning kontakti (2) elektromagnitning chulg'amini ulaydi (94-a rasm). Bu chulg'am o'chirgich chulg'ami O'CH (соленоид отключения SO) deyiladi. U kuchlanish ta'siri ostida (maxsus manbaning zanjiridan olinuvchi) o'chiruvchi chulg'amda tok paydo bo'ladi. (2) o'chirish chulg'amining o'zagidan tok oqqan paytida richag (3) halqa (4) ni qo'yib yuboradi. Buning natijasida (5) prujina yordamida va harakatida uzgich o'chiriladi.





94-rasm. Releli himoyaning uzgichga ta'sir ko'rsatishi:  
 a – va b – bevosita ta'sirli; d – bilvosita ta'sirli relelar.

Uzgich ishga tushgach, rele chulg'amidagi tok yo'qoladi va rele kontakti qo'shiladi.

Ularining ishini yengillatish uchun yordamchi blok kontakt (BK) ishlatiladi. BK o'chirish chulg'amining zanjirini ham rele kontaktini o'chirmasdan uzib qo'yadi. Bilvosita harakatlanuvchi releli himoya uchun yordamchi kuchlanish manbai, ya'ni operativ tok manbai, kerak. Bevosita harakatlanuvchi releli himoyaga operativ tok manbasi zarur emas, lekin bu himoyaning relelari uzgichning mexanizmini ajratish yoki qo'shish uchun katta kuch bilan ta'sir qilishi kerak. Shuning uchun bevosita harakatlanuvchi relelar aniq bo'lmaydi va katta quvvat talab qiladi.

Bilvosita harakatlanuvchi relening kuchi kichik bo'lishi mumkin, shuning uchun ular katta aniqlikka ega va kamquvvat sarf qiladi. Ko'p releli himoyalarda o'zaro aloqa operativ tok orqali olib boriladi, chunki bu mexanik yo'lga nisbatan osonroq va soddaroqdir. Shuning uchun ham ikkilamchi bilvosita ta'sir qiluvchi relelar himoyada keng tarqalgan va ko'proq qo'llaniladi. 3 kV, 6 kV, 10 kV, 35 kV kuchlanishli havo elektr uzatish yo'llarida bevosita ta'sir qiluvchi tok relelari keng qo'llanadi. Bu himoyaning soddaligi, relening mustahkamligi bilan bog'langan va kamchiliklarning muhim emasligi bilan asoslanadi.

**Operativ tok manbalari.** *Operativ tok* deb uzgichni masofali boshqarishni ta'minlovchi zanjirlarni, rele himoyasining operativ zanjirlarini, avtomatika, telemexanika va axborotlarni qabul qiladigan uskunalarni ta'minlaydigan tokka aytiladi.

Operativ zanjirlar himoya elementlarini, shikastlangan yo'l va qurilmalarni o'chiradigan uskunalarini tok bilan ta'minlashi juda muhimdir. Shuning uchun operativ tokka qator muhim talablar qo'yiladi. Bularga qisqa tutashuv paytida va me'yorli holatlarda operativ tok tomonidan kuchlanish va quvvatlar uzgichining uzilishi va ulanishini, himoyaning qo'shimcha rele va avtomatikasini doimo va o'zgarishsiz ta'minlab turishi kiradi.

Podstansiyalarda operativ tokning quyidagi tizimlari ishlatiladi:

— o'zgarmas operativ tok zanjirlarni akkumulator batareyalari bilan ta'minlash;

— o'zgaruvchan operativ tok zanjirlarni himoyalanayotgan qurilmalarning o'lchov tok va kuchlanish transformatorlari, o'z ehtiyoji transformatorlari va zaryadlangan kondensatorlar bilan ta'minlash;

— to'g'rilangan operativ tok zanjirlarni ta'minlash bloki yoki kuch qurilmalarining to'g'rilagichlari yordamida to'g'rilangan, ya'ni o'zgarmas, tokka aylantirilgan o'zgaruvchan tok bilan ta'minlash, bunda yordamchi manba sifatida impuls bilan ishlovchi va oldindan zaryadlangan kondensator batareyalari ishlatilishi mumkin;

— operativ toklarning aralashgan operativ zanjirlarni to'g'rilangan va o'zgarmas hamda to'g'rilangan va o'zgaruvchan toklar bilan ta'minlash.

**O'zgarmas operativ tok manbayi** sifatida kuchlanishi 110÷220 V, kichik podstansiyalarda esa 24÷48 V bo'lgan va hamma operativ zanjirlarni markaziy ta'minlovchi akkumulator batareyalari ishlatiladi (95-a rasm). Barqarorlikni oshirish uchun o'zgarmas tok yo'llari bir necha qismlarga bo'linib, har biri alohida batareyaning qo'shma ishlash tizimiga ulanadi.

Asosiy qism bo'lib himoya zanjirlari, avtomatikalar, o'chirish chulg'amlari hisoblanadi va ular boshqarish shinasini BSH dan elektr ta'minlanadi. Ikkinchi qism bo'lib qo'shish shinasini QSH dan elektr ta'minlanuvchi qo'shish chulg'aming zanjiri hisoblanadi. Bu QSH 400÷500 A tok qabul qiluvchi o'chirish chulg'amli uzgichlarning uzish-qo'shish chulg'amlarini ta'minlaydi. Uchinchi qismga kamroq

javobgarlikka ega bo'lgan xabar shinasidan (XSH) ta'minlanuvchi xabarchi qurilmalar kiradi. Operativ tok bilan boshqa ta'minlanuvchilar: ishdan chiqqanda, avariya-shikastlanish holatida yoritish, o'z motorlari alohida shinadan tok iste'mol qiladi.

Operativ zanjirlarni qisqa tutashuv tokidan himoya qilish uchun saqlagich yoki tokning oshishiga ta'sir javob beruvchi maxsus avtomatlar ishlatiladi. Bu jarayon eruvchan saqlagichlarning ishga yaroqlik holati yaroqlilik relelari (YAR) bilan kuzatiladi (95-a rasm). Akkumulator batareyasi doimiy zaryadlanish holatida aniq ishlaydi. Bunda elementli kommutatordan foydalanilmaydi.

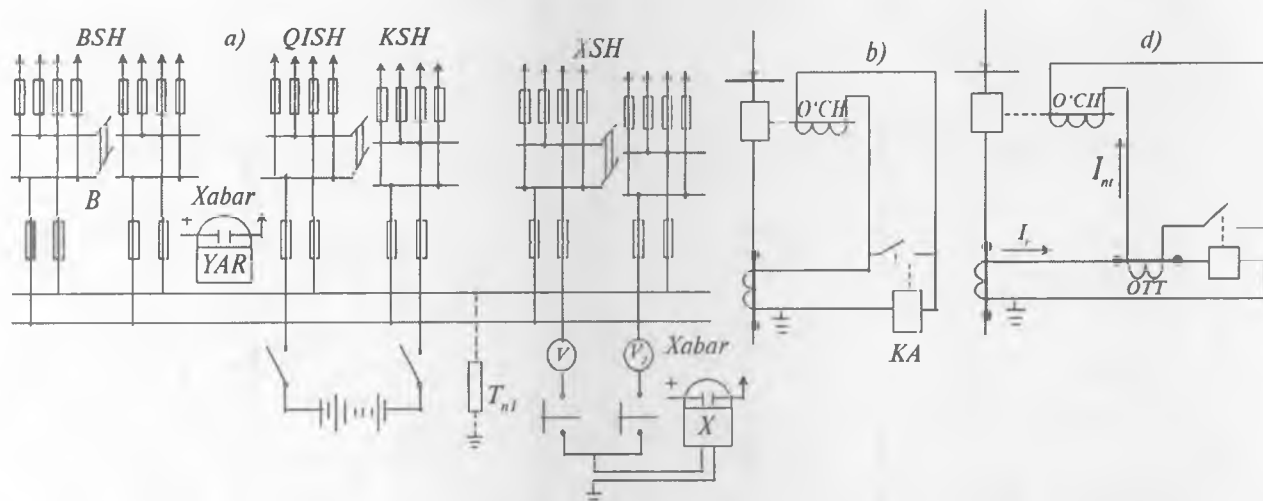
O'zgarmas tok shiti kuch shinasi (KSH) va boshqarish shinasidan (BSH) iborat. BSH ning 108 ta elementli akkumulator batareyasidan hamda musbat «+» ishorali va manfiy «-» ishorali shinalardan iborat. Elementlar soni 108 dan ko'p bo'lganda ular oshirilgan element kuchlanishi «-» shingaga ulanadi.

Shina BSH uzgich holatini ko'rsatuvchi xabar lampalarini ulashga mo'ljallangan. Boshqaruvchi ballast qarshilik  $RR$  asosiy ( $n = 100, 108$ ) va qo'shimcha ( $n = 120, 128, 140$ ) elementlarni bir xil zaryadlanish, zaryad ostida bo'lish va razryadlanishni ta'minlaydi. Ballast qarshilik sifatida RZV-41 (40 A, 4,5 kW) yoki qo'zg'atishni rostlagich (регулятор возбуждения) qo'llaniladi.

O'zgaruvchan operativ tok manbayi bo'lib, tok va kuchlanish transformatorlari va o'z ehtiyojlar transformatorlari xizmat qiladi. Tok transformatorlari operativ zanjirlarni qisqa tutashuv paytida ta'minlovchi eng mustahkam manbalardan hisoblanadi (95-b, d rasm). Qisqa tutashuv paytida tok transformatorlarida tok va kuchlanish ortadi. Shuning uchun tok transformatorlarida himoyaning ishlash vaqtida quvvat ortadi va operativ zanjirlar barqaror-ishonchli energiya bilan ta'minlanadi.

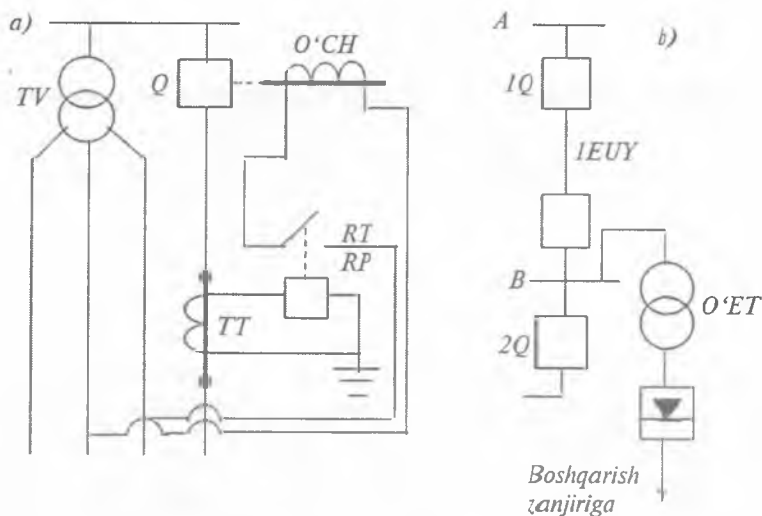
Kuchlanish transformatorlari (TV) va o'z ehtiyoj transformatorlari (O'ET) qisqa tutashuvda himoyalarni operativ zanjirlarini ta'minlashga mo'ljallanmagan, chunki qisqa tutashuv paytida yo'l kuchlanishi birdan pasayib ketadi va ma'lum bir hollarda nolga teng bo'lib qoladi (96-rasm). Bu holda operativ tok manbasi sifatida oldindan zaryadlangan kondensatorlar batareyasi ishlatiladi.

Kuchlanish transformatorlari uchta aniqlik sinfga bo'linadi: aniqlik sinfi 0,5 TV uchun kuchlanish bo'yicha ruxsat berilgan xatolik



95-rasm. Operativ tok manbalari:

- a – operativ boshqarish – BSH, qo‘shish – QISH, kuch – KSH, xabar berish – XSH zanjirlarini o‘zgarmas tok bilan ta‘minlash; b – bevosita tok transformatoridan ta‘minlanish; d – oraliq tok transformatori yordamida ta‘minlash chizmalari.



96-rasm. O'zgaruvchan operativ tok manbai:  
 a — kuchlanish transformatorini ta'minlash;  
 b — o'z ehtiyoj transformatorini ta'minlash.

$\Delta U = \pm 0,5\%$  va burchak bo'yicha ruxsat berilgan xatolik  $\delta = \pm 20$  min bo'lib, ular laboratoriya o'lchovlarida ishlatiladi. Aniqlik sinfi 1 TV uchun  $\Delta U = \pm 1\%$ ,  $\delta = \pm 40$  min olib, ular elektr energiya hisob-kitoblarida ishlatiladi. Aniqlik sinfi 3 TV uchun  $\Delta U = \pm 1\%$ ,  $\delta$  — me'yorlanmagan, ulardan xabar qurilmalari va himoya zanjirlarida foydalaniladi. Kuchlanish transformatorlarining ikkilamchi kuchlanishlari: NOSK-3 uchun 100V; ZNOM-35 uchun 100/1,73V; NTMK-10 uchun 100V; NTMI uchun 100V.

Kondensatorning oldindan zaryadlanishi, odatda, elektr uzatish yo'lida nome'yorli kuchlanish bo'lganda amalga oshiriladi. Podstansiyada kuchlanish yo'qolganda himoya va avtomatlarni zaryadlangan kondensator yordamida energiya bilan ta'minlash mumkin.

Energiya bilan ta'minlash manbayining quvvati operativ zanjirlar tomonidan, ya'ni uzgichlarning ulash va uzish chulg'amlari va yuritmalari tomonidan qabul qilinayotgan quvvatidan ko'proq bo'lishi kerak. Tok va kuchlanish transformatorlaridan foydalanilganda quvvat taqchilligi yaqqol uchraydi va bu ko'p qiyinchilikka olib keladi.

Uzgiichni ulash va uzish qisqa vaqtli amal bo'lib, bu vaqtda o'lchash transformatorlari ishlatilishi mumkin. Ish sharoitida tok transformatorlaridan foydalanishning ikki usuli mavjud: operativ zanjirlarni tok transformatorlari tomonidan bevosita ta'minlash (96-b rasm); operativ zanjirlarni yordamchi oraliq tok transformatorlar (OTT) vositasida ta'minlash (96-d rasm).

### 7.3. Tokli himoyalar

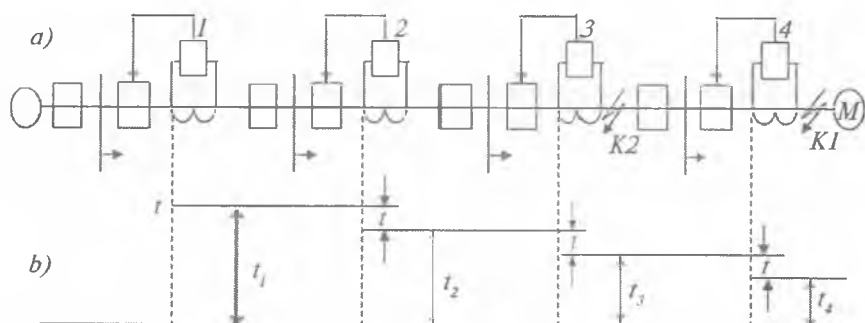
**Tokli himoyalarning ishlash asoslari.** Qisqa tutashuvlarning asosiy belgilaridan biri bu elektr uzatish yo'lidagi tokning oshib ketishidir. Bu belgi tokli himoyalar deb ataluvchi himoyalarning tayyorlanishida asos bo'ladi.

Tokli himoyalar elektr uzatish yo'l fazasidagi tokning qiymatini ma'lum bir belgilangan kattalikdan oshib ketganda ishlaydi. Tokning oshishiga ta'sir javob beruvchi asbob bo'lib, maksimal tok relelari xizmat qiladi.

Tokli himoyalar ikki guruhga bo'linadi: maksimal tok himoyalari va tokni tez uzuvchi himoya. Bu ikki xil himoya orasidagi farq tanlovchanlikni ta'minlab berish usullariga asoslanadi. Maksimal tokli himoyalarning tanlovchan ishlashlari sabr vaqti (время задержки) bilan tavsiflanadi. Tokni tez uzuvchi himoyalarning tanlovchan ishlashi, himoyani ishlash tokini mos tanlash bilan ta'minlanadi.

Maksimal tokli himoyalar bir tomonlama ta'minlanuvchi uzatish yo'llarida asosiy himoyalardan biri bo'lib xizmat qiladi. Murakkab ulangan uzatish yo'llarida maksimal tok himoyasi yordamchi himoya bo'lib ishlatiladi. Bir tomonlama ta'minlanuvchi uzatish yo'llarida maksimal tok himoyasi manba tomondan har bir yo'lining boshiga o'rnatilgan bo'lishi kerak (97-a rasm).

Bunday joylangan himoyalar har bir uzatish yo'lining mustaqil himoyalani ta'minlaydi, ya'ni uzatish yo'lida yoki undan ta'minlanuvchi pasaytirish podstansiyasida shikastlanish bo'lganda uni o'chiradi. Yo'lining biror-bir nuqtasida, masalan, K1 nuqtada, qisqa tutashuv yuz berganda, qisqa tutashuv toki yo'lining barcha qismlaridan, ya'ni manbadan to shikastlangan joygacha oqadi va buning natijasida hamma himoyalar harakatga keladi (1, 2, 3, 4).



97-rasm. Bir tomonlama ta'minlanuvchi radial elektr uzatish yo'lidagi maksimal tokli himoya:

a – himoyalarning joylanishi;  
b – pog'ona asosida joylangan himoyalarning vaqtlari.

Lekin tanlovchanlik xususiyatiga shikastlangan yo'lga o'rnatilgan (4) himoyagina o'chirishi kerak.

Ko'rsatilgan tanlovchanlikni ta'minlab berish uchun maksimal himoyalar iste'molchidan manbaga qarab kamayib boruvchi sabr (выдержка) vaqtli qilib bajariladi (97-b rasm), ya'ni  $t_1 > t_2 > t_3 > t_4$ . Bu asosga amal qilingani uchun K1 nuqtada qisqa tutashuv yuz berganda hammadan oldin (4) himoya ishlaydi va shikastlangan yo'lni o'chiradi. 1, 2 va 3 himoyalar o'chirishga ta'sir qilishga ulgurmay, boshlang'ich holatiga qaytadi. Xuddi shunday K2 nuqtada qisqa tutashuv yuz berganda hammadan ilgari (3) himoya ishlaydi va katta vaqtga ega bo'lgan (1) va (2) himoyalar harakat etmaydi. Ko'rib o'tilgan sabr vaqtini tanlash usuli pog'onasimon deb ataladi. Ikki tomonlama ta'minlanuvchi yo'llar maksimal himoyalarning tanlovchanligi nafaqat sabr vaqtini tanlash balki maksimal tok himoyalari bilan birgalikda qo'llanilgan murakkab yo'naltirilgan himoyalar hisobiga erishiladi.

**Maksimal tokli himoya sxemalari.** Maksimal tok himoyalari ikki, uch fazali, bevosita va bilvosita ta'sir etuvchi qilib tayyorlanadi. Operativ zanjirlarni ta'minlanish usullariga qarab bilvosita maksimal tok himoyalar o'zgaras va o'zgaruvchan operativ tokli bo'ladi. Rele ishlash vaqtining maksimal himoya tokiga bog'liqlik xarakteriga qarab, himoyalar bog'liq va bog'liq bo'lmagan tavsifli guruhlariga bo'linadi.

Uch fazali himoya sxemalarida tok transformatorlari va tok relelarining chulg'amlari to'la yulduz sxemasi bo'yicha ulanadi. Maksimal himoyaning asosiy elementlariga qisqa tutashuv toki hosil bo'lganda ishlovchi va ishga tushiruvchi organ bo'lgan tok relelari (RT), sabr vaqti hosil qiluvchi va vaqt organi funksiyasini bajaruvchi bo'lgan vaqt relelari (RV) kiradi. Sxemalarda yordamchi relelardan oraliq relelar (RP) ishlatiladi.

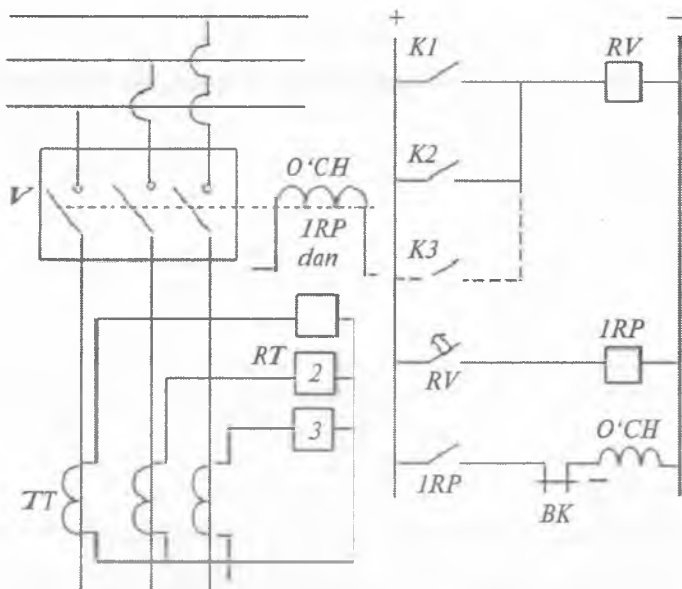
98-rasmda sabr vaqti bo'yicha bog'liq bo'lmagan uch fazali maksimal tok himoyasi uch chiziqli sxemasi berildi. Qisqa tutashuv yuz berganda qisqa tutashuv toki oqayotgan fazadagi tok rele (RT) ishlaydi. Tok relelarining barcha kontaktlari parallel ulangan, shuning uchun ma'lum bir tok relesi ishlaganda vaqt relesi (KT) ning chulg'amining zanjiri 1 RP kontakti bilan ulanadi. Ma'lum bir vaqt oralig'idan so'ng vaqt relesining kontakti ulanadi va oraliq rele 2RP ni harakatga keltiradi. Oraliq rele 2 RP lahzada, ya'ni tezkor ishlaydi va uzgich V ning o'chirish chulg'amiga (CO) o'z kontaktini ulab, tok beradi. Ko'rsatkich rele (RU) o'chirish chulg'ami (CO) bilan ketma-ket ulanadi. Bu zanjirda tok oqsa, ko'rsatkich rele ishlaydi. Uning bayroqchasi yiqilib tushadi va shu bilan maksimal himoya ishlagani va o'chirish chulg'ami zanjirida tok oqib o'chirgich (V) orqali yuklama zanjiri o'chirilganligini bildiradi.

**Himoyaning ishlash toki.** Qisqa tutashuv toki ta'siridan saqlovchi maksimal tok himoyalarni ishlash toklarini tanlash uchun asos bo'lib, uni shikastlanishlarda barqaror ishlashi, shu bilan bir vaqtda uni yukning maksimal tokiga motorni ulash va uzishda bo'ladigan qisqa vaqtli tok o'zgarishlariga va iste'molchi yuki o'zgarishiga va boshqa sabablarga ta'sir javob bermasligi talablari qo'yiladi.

Himoyaning yuk tokidan to'liq bo'lmagan sozlashi bilan bog'liq bo'lgan ortiqcha sezgirligi xavfsiz darajadagi yuk tokining ortishida iste'molchini noto'g'ri o'chirib qo'yilishiga olib keladi. Juda ham yuqori sezgir himoyaning o'zi iste'molchilarni manbadan o'chirishlari va ishdan chiqishlarning asosi bo'lishi mumkin. Bulardan kelib chiqadiki, ishlash tokini tanlashning asosiy masalasi, bu himoyani yuk tokida ishlamasligiga sozlashdir. Bu maqsadda ikki shartni bajarish kerak:

— himoya tok relelari yukning maksimal ish toki  $I_{i \max}$  da ishlamasligi kerak, ya'ni himoyaning ishlash toki uzatish yo'li





98-rasm. Maksimal tokli himoya sxema.

fazasidan oqayotgan va himoyani harakatga keltirish uchun va yetarli bo'lgan eng kichik birlamchi tokning maksimal ish tokidan katta bo'lishi kerak;

– tashqi qisqa tutashuvda ishlovchi tok relolari qisqa tutashuv o'chgandan keyin va tokni maksimal yuk tokiga kamayguncha oldingi holatiga mustahkam qaytishlari kerak.

Himoyalarning sabr vaqti bo'yicha yetarli tanlovchanlikni ta'minlab berish uchun maksimal himoyalar pog'onali tanlanadi.

**O'zgaruvchan operativ tokdagi maksimal himoya.** Maksimal himoya sxemalarida o'zgaruvchan operativ tok manbalari sifatida, odatda, tok transformatorlari xizmat qiladi. Operativ zanjirlarni ta'minlayotgan tok transformatorlariga bo'ladigan asosiy talablardan biri bu tok transformatorlarining quvvati  $S_t$  operativ zanjir qabul qilayotgan quvvat  $S_{o.z}$  ni, ya'ni uzgichning o'chirish chulg'ami va himoya operativ zanjirini yordamchi relolari qabul qilayotgan quvvatni, qoplashga teng va yetarli bo'lishidadir  $S_t > S_{o.z}$ . Quvvat  $S_{o.z}$  kattaligi uzgichning uzatma va yuritmasi turiga qarab 30 W dan 500÷1000 W ga yetadi.

Himoyani ta'minlayotgan zanjirlardagi katta xatoliklarni kamaytirish uchun operativ zanjirlarni ta'minlash uchun alohida tok transformatorlari ajratiladi. Lekin maksimal himoyalarda himoya va operativ zanjirlarni alohida ta'minlash talab qilinmaydi, chunki himoyaning to'g'ri ishlashini kuchli yuklangan tok transformatorlari bilan ta'minlash mumkin.

110+220 kV kuchlanishli uzgichlar uchun maksimal quvvat berish holatlarida tok transformatorlarining ko'rib o'tilgan imkoniyatlari yetarli bo'lmay qoladi, chunki u uzgichlarning yuritmalari u holatlarda katta quvvat qabul qiladi. Shuning uchun o'zgaruvchan tezkor tokning ishlatilish oblastini oshirish uchun yuritmalarni kamquvvat qabul qiladigan va o'zgaruvchan tokdagi bir necha o'chirish chulg'amli qilib tayyorlash kerak.

#### 7.4. Differensial himoyalar

Elektr tizimining javobgarligi yuqori bo'lgan, masalan, katta quvvatli elektr stansiyasidan ketuvchi elektr uzatish yo'llari turg'unlik talabiga asosan butun yo'lda bo'lgan, qisqa tutashuv sabr vaqtsiz ( $t = 0$ ) o'chirilishi kerak. Bu talabni yuqorida ko'rib o'tilgan himoyalar bilan bajarib bo'lmaydi, chunki ular ishlash bo'yicha himoya qilinayotgan uzatish yo'lining faqat bir qismini himoyalaydi. Bu hollarda shunday himoyalar qo'llaniladiki, ular ishlash asoslari bo'yicha sabrsiz o'chirishni ta'minlaydi va bu o'chirish yo'lining uzunligiga bog'liq bo'lmaydi.

Bunday talabga differensial himoyalar javob beradi. Ular elektr uzatish yo'lining xohlagan nuqtasida qisqa tutashuv sodir bo'lsa, uni lahzada tezkor o'chiradi va u yuqori tanlovchanlikka egadir. Differensial himoyalar bo'yilama va ko'ndalang differensial himoyalarga bo'linadi. Bo'yilama differensial himoya bitta va parallel uzatish yo'llari hamda transformatorlar himoyasida, ko'ndalang differensial himoya esa parallel uzatish yo'llari himoyasida keng qo'llaniladi.

**Bo'yilama differensial himoya** ishlashi himoyalananayotgan elektr uzatish yo'lining boshi va oxiridagi toklarning kattaligi va faza bo'yicha solishtirishga asoslangan.

Himoyalananayotgan zondan tashqarida qisqa tutashuv yuz bersa (99-a rasm),  $AB$  elektr uzatish yo'ldan oqayotgan  $I_1$  va  $I_{11}$  toklar

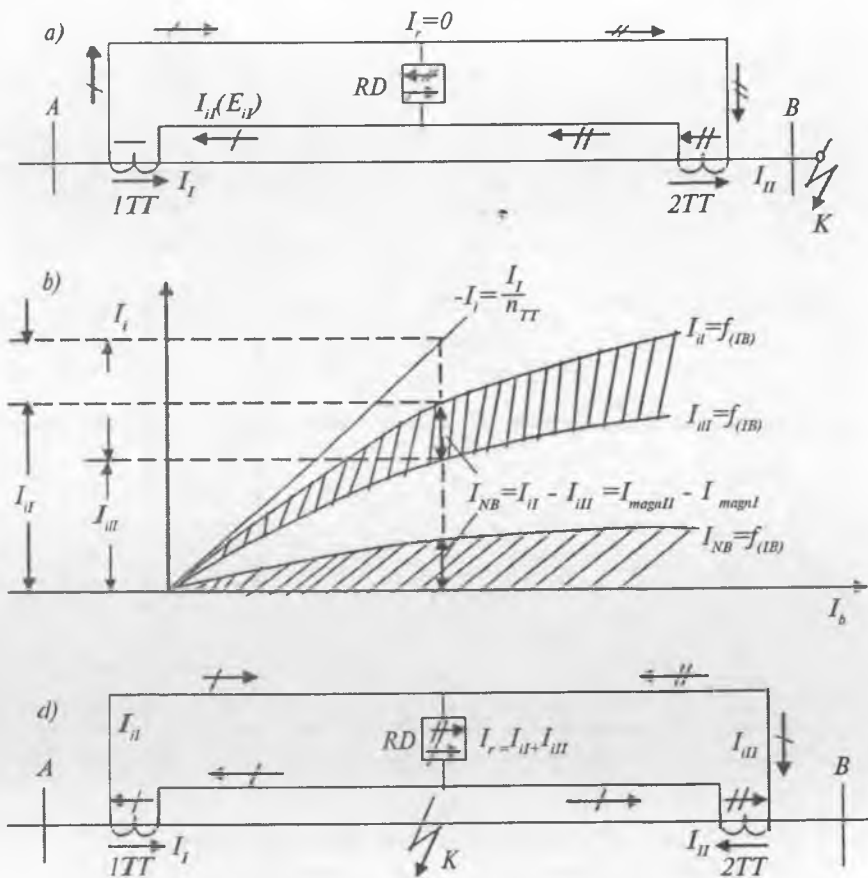
bir tomonga yoʻnalgan va kattaligi boʻyicha bir xil, lekin himoyalalanayotgan zonada qisqa tutashuv yuz berganda ular har xil tomonga yoʻnalgan va ular bir-biriga teng emas boʻladi (99-b rasm), chunki shinadan elektr uzatish yoʻliga oqayotgan tok musbat, shunaga oqayotgan tok esa manfiy deb qabul qilingan. Shunday qilib, tashqaridagi qisqa tutashuvda toklar bir tomonga yoʻnalgan va kattaligi boʻyicha bir xil boʻlsa, ichkaridagi qisqa tutashuvda yoʻllar oxirlaridagi toklar bir-biridan farq qiluvchi ishoraga ega, yaʼni faza boʻyicha  $180^\circ$  ga tengdir. Toklar  $I_I$  va  $I_{II}$  ning kattaliklari va fazalari boʻyicha solishtirib, qayerda qisqa tutashuv yuz berganini: elektr uzatish yoʻlidami yoki tashqaridami sodir boʻlganini aniqlash mumkin. Bu koʻrinishdagi toklarni kattalik va faza boʻyicha solishtirish differensial himoyaning taʼsir javob beruvchi organi — releda amalga oshiriladi.

Shu maqsadda yoʻlning oxirlariga bir xil transformatsiya koeffitsiyentli tok transformatorlari 1 TT va 2 TT oʻrnatiladi. Ularning ikkilamchi chulgʻamlari ulovchi kabel yordamida differensial relega shunday ulanadiki, bunda tashqi qisqa tutashuvda reledagi tok elektr uzatish yoʻlining boshi va oxiridagi toklarning farqiga teng boʻlsin, yaʼni  $I_I - I_{II}$ , qisqa tutashuv elektr uzatish yoʻlida yuz berganda ular yigʻindisiga teng boʻlsin, yaʼni  $I_I + I_{II}$ .

Differensial himoyalarning bir-biridan farq qiluvchi ikki sxemasi mavjud: aylanuvchi tokli va kuchlanishlari tenglashtirilgan holatli (100-rasm).

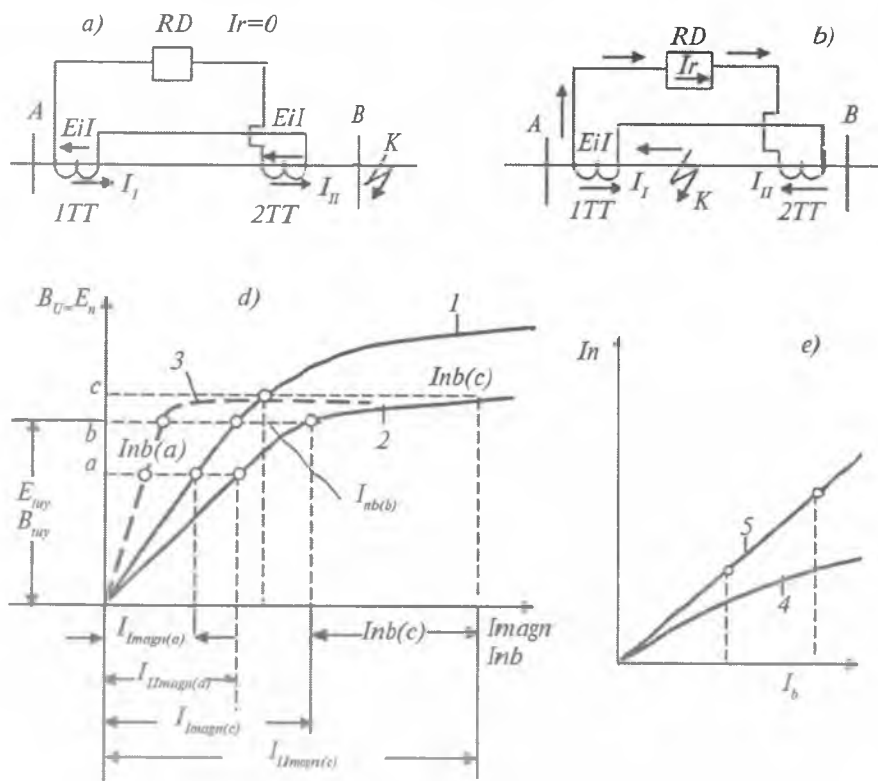
**Aylanuvchan tokli sxemalarda** (99-rasm) tok transformatorlarining ikkilamchi chulgʻamlari shunday ulanadiki, bu ulanishda tashqi qisqa tutashuvda ulardagi EYUK ketma-ket yoʻnaladi, ulovchi simlardagi toklar esa bir xil yoʻnaladi. Differensial rele (RD) tok transformatorlarining ikkilamchi chulgʻamlariga parallel ulanib, ikkilamchi toklar  $I_I$  va  $I_{II}$  larning oqishiga zanjir hosil qiladi.

Himoyalalanayotgan uzatish yoʻlidan tashqarida qisqa tutashuv yuz berganda (99-a rasm) va meʼyorli holatda yoʻlning boshi va oxiridagi birlamchi toklar  $I_{II}$  va  $I_I$  kattalik jihatdan bir xil va bir tarafga yoʻnalgan. Har bir tok transformatorining ikkilamchi toki  $I_I$  va  $I_{II}$  rele differensial rele (RD) ning chulgʻami orqali ulanadi va unda qarama-qarshi tarafga oqadi. Shuning uchun reledagi tok ikkilamchi toklarning geometrik farqiga teng, yaʼni  $I_r = I_I - I_{II}$ .



99-rasm. Differensial himoyaning ishlashi:  
 a – tashqi qisqa tutashuvda; b – nobalanslik toklari;  
 d – himoyalananayotgan yo‘lda qisqa tutashuvda.

Himoyalananayotgan yo‘lda qisqa tutashuv yuz berganda (99-d rasm) birlamchi toklar  $I_I$  va  $I_{II}$  pasaytirish stansiyasi shinasidan uzatish yo‘liga yo‘nalgan (qisqa tutashgan joyga). Bunda uzatish yo‘lining biror-bir oxiridan yo‘nalgan birlamchi tok tashqi qisqa tutashuvdagiga nisbatan o‘z ishorasini qarama-qarshisiga o‘zgartirgan bo‘ladi ( $I_{II}$  tok 99-d rasmda). Bunga mos ravishda ikkilamchi tok  $I_{III}$  ning yo‘nalishi ham o‘zgaradi.  $I_{II}$  va  $I_{III}$  toklar bu holda rele (RD) ning chulg‘amidanda bir xil yo‘nalib oqadi, shuning uchun rele



100-rasm. Kuchlanishlar tengiligi differensial himoyasi:

a – tashqi qisqa tutashuvda; b – himoyalananayotgan yo‘lda qisqa tutashuvda;  
 1 TT va 2 TT tok transformatorlarining magnitlanish tavsifi va tavsiflarning  
 har xilligi bilan bog‘liq bo‘lgan nobalanslik toki;

d – 0,5 sinf va D sinf tok transformatorlarining magnitlanish tavsiflari:

1 – tok transformatori 1 TT ning ikkilamchi elektr yurituvchi kuchi EYUK:

$E_{II} = f(I_{Imagn})$ ; 2 – tok transformatori 2 TT ning ikkilamchi EYUK i:

$E_{III} = f(I_{Imagn})$ ; 3 –  $I_{nb} = f(E_I \text{ yoki } B_U)$ ,

bunda  $E_{II} = E_{III}$ ; e – 4–0,5 sinf tok transformatorlarining tavsifi;

5 – D sinf tok transformatorlarining tavsifi.

(RD) dagi tok ularning geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi. Bu tokning ta‘sirida himoya ishlaydi.

Himoyaning ta‘sir zonasi uzatish yo‘lining 1 TT va 2 TT tok transformatorlari o‘rnatilgan oraliq qismini o‘z ichiga oladi.

**Kuchlanishi tenglashtirilgan sxemalarda** tok transformatorlarining ikkilamchi chulgʻamlari shunday ulanadiki, bunda tashqi qisqa tutashuv shartida ulardagi EYUK bir-birlariga yoʻnalgan boʻladi, rele esa ulovchi simlar zanjiriga ketma-ket ulanadi (100-rasm). Tashqi qisqa tutashuvda va uning qisqa tutashuv toki oqqanda tok transformatorlarining ikkilamchi EYUK lari teng va faza boʻyicha mos keladi. ( $E_{I} = E_{II}$ ), chunki  $I_I = I_{II}$  va  $nT_I = nT_{II}$ . Himoyalalanayotgan zonada qisqa tutashuv yuz berganda (100-b rasm) ikkilamchi EYUK  $E_{I}$  va  $E_{II}$  qoʻshiladi va bu releda  $I_p$  tok oqishiga olib keladi. Bu tok taʼsirida rele ishlaydi. Differensial himoyalarning sxemalarida ikkala tamoyil ham ishlatiladi.

Differensial himoya bajarilishining umumiyligi:

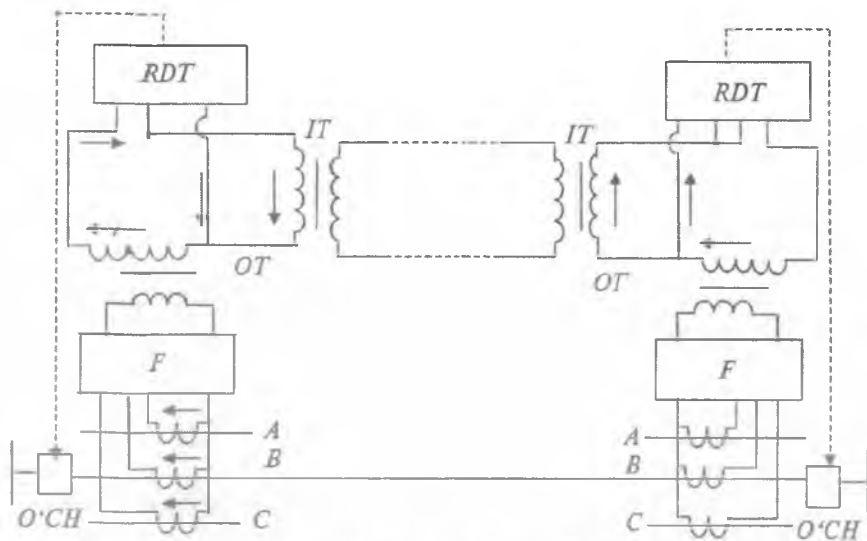
– uzatish yoʻllarining differensial himoyalaridagi differensial sxema boʻyicha ulangan tok transformatorlari bir-birlaridan uzoq masofada joylashadi. Ularni ulovchi simlar katta qarshilikka ega va bu qarshilikning barcha ruxsat berilgan zamonaviy tok transformatorlari tokidan bir necha marta koʻpdir.

– differensial himoya himoyalalanayotgan uzatish yoʻlining ikkala tarafidan qoʻyilgan uzgichlarni oʻchirishga taʼsir qilishi kerak, buni bajarish uchun ikki differensial rele 1 RDT va 2 RDT bittadan uzatish yoʻlining har ikkala chekkasiga oʻrnatiladi. Bu relelarning har biri oʻzining uzgichini oʻchirishga taʼsir qiladi (101-rasm);

– uzatish yoʻllarning differensial himoyalarida nobalanslik toki oʻtuvchi qisqa tutashuvda katta qiymatga nafaqat oʻtish holatida balki turgʻun holatda ham erishadi. Nobalanslik tokining qiymatini tashqi qisqa tutashuv tokining katta karraligi bilan, uzatish yoʻllar ikki chetiga oʻrnatilgan tok transformatorlarining har xilligi tufayli ularni har xil yuklashi tufayli, ulovchi simlarning har xil katta qarshiligi katta boʻladi;

– yuqorida koʻrib oʻtilgan barcha sxemalarda himoyaning barcha turida qisqa tutashuvlarga taʼsir javob berishning taʼminlash uchun relelar uchala fazaga ham oʻrnatilgan boʻladi. Bu sxemani bajarish uchun oltita differensial rele (RDT) va kamida toʻrtta ulovchi sim kerak boʻladi. Relelarni va ulovchi simlarning sonini kamaytirish uchun relelar simmetrik tashkil qiluvchi ikkita filtr ( $F$ ) va ikkita yigʻuvchi transformator ( $IT$ ) lar orqali ulanadi (101-rasm).

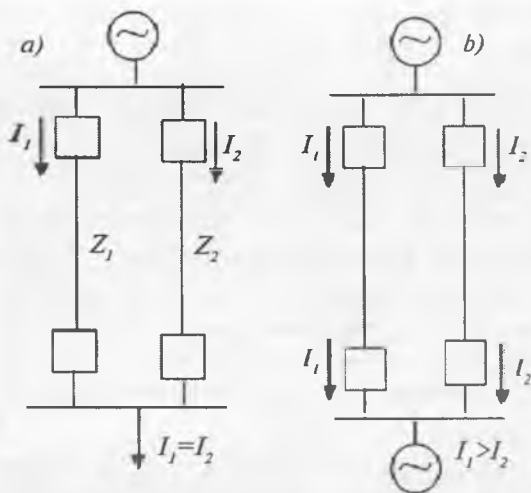
Bu sxemada yuqoridagi sxemalardagi elementlardan tashqari ajratuvchi — izolatsiyalovchi transformatorlar (*IT*) ishlatiladi. Ular yordamida ulovchi kabel (*AB*) ning zanjiri relelar zanjiridan ajratiladi. Bu ko‘rinishdagi ajratish rele (*RDT*) zanjirida himoyalayotgan uzatish yo‘li yoki boshqa joyda qisqa tutashuv yuz berganda yuqori kuchlanishning paydo bo‘lib qolishining oldini oladi. To‘g‘ri va teskari ketma-ketlik yoki to‘g‘ri va nol ketma-ketligi kombinatsiyalariga asoslangan filtrlı himoyalar keng qo‘llaniladi.



101-rasm. Bir tizimli differensial himoya.

**Parallel elektr uzatish yo‘llari ko‘ndalang differensial himoyasi.** Ko‘ndalang differensial himoyalar bir xil qarshilikka ega bo‘lgan parallel uzatish yo‘llarda qo‘llaniladi va har ikki uzatish yo‘ldan oqayotgan toklarni kattalik va faza bo‘yicha solishtirishga asoslangan. Uzatish yo‘llari qarshiligining bir xilligi uchun me‘yorli holatda va tashqi qisqa tutashuvda ulardagi toklar kattalik va faza bo‘yicha teng  $I_I = I_{II}$  (102-rasm).

Yer bilan qisqa tutashuv toklari ham bo‘lgan EUY yo‘llarda himoya sxemasi ikki fazali qilib tayyorlanadi. Yer bilan qisqa tutashuv toki katta bo‘lgan EUY yo‘llarda himoya uch fazaga o‘rnatiladi. Bu



102-rasm. Parallel elektr uzatish yo'llari ko'ndalang differensial himoyasi:  
 a – me'yorli-normal yukdagi toklar; b – bir uzatish yo'lidagi qisqa tutashuvdagi toklar ko'rsatilgan.

holda har bir EUY yo'ldagi tok transformatorlari nol simli to'la yulduz sxemasi bo'yicha ulanadi. Ko'ndalang differensial himoyaning quyidagi turlaridan foydalaniladi.

**1. Yo'naltirilgan ko'ndalang differensial himoya** har birida mustaqil uzgichli parallel EUY yo'llarda qo'llaniladi. Bu ko'rinishdagi yo'llarning himoyalari qaysi yo'lda shikastlanish yuz bersa o'sha yo'lni o'chirish talabi qo'yiladi. Bu talabni bajarish uchun tokli ko'ndalang himoya ikki taraflama harakatlanuvchi quvvat yo'nalishi relesi bilan yoki ikkita bir taraflama ishlovchi quvvat yo'nalishi relesi bilan ta'minlanadi. Quvvat yo'nalishi relesi shikastlangan yo'lni aniqlash uchun xizmat qiladi. Parallel yo'llardan birida qisqa tutashuv yuz berganda  $I_p$  tokning ta'sirida himoyaning ishga tushiruvchi relolari ishlab, operativ tokning quvvat yo'nalishi relesiga olib keladi. Quvvat yo'nalishi relesining quvvatiga mos ravishda shikastlangan yo'l aniqlaydi va uning uzgichi bilan yo'lni uzadi. Yo'naltirilgan ko'ndalang differensial himoyaning kaskadli ishlashi mumkin. Himoyaning avtomatik blokirovkasi ham mavjud. Yo'naltirilgan ko'ndalang differensial himoya ham kuchlanishi bo'yicha EUY yo'llari bo'ylab «o'lik» zonaga ega.



2. Nol ketma-ketlikning yo'naltirilgan differensial himoyasi. Mazkur himoya o'lcham va yo'nalishi bo'yicha parallel EUY yo'llarda yer bilan qisqa tutashuvda nol ketma-ketlik toklarini solishtirib, ish holatini aniqlashga mo'ljallangan. Himoyada foydalanuvchi  $3I_0$  tokni hosil qilish uchun yulduz sxema bo'yicha ulangan tok transformatorining nol simi ishlatiladi.

3. Fazalararo va bir fazali qisqa tutashuvlarning alohida kompleksli yo'naltirilgan *ko'ndalang differensial himoyalari* mavjud. Fazali ko'ndalang differensial himoya bir fazali qisqa tutashuvlarga yetarli sezgirlikka ega bo'lmaganda uni nol ketma-ketlikning differensial himoyasi to'ldiradi. Bunday sxemada fazalar toki farqiga ulangan komplekt ikki fazali qilib bajariladi. Faza komplekti yer bilan qisqa tutashuvda bloklanadi.

4. Ko'ndalang differensial himoyalarning ishga tushirish organlarining sezgirligini oshirish usullari ishlab chiqilgan. Fazalar toki farqiga ulanuvchi himoya katta miqdordagi yuk toki va kichik miqdordagi qisqa tutashuv toklarida himoyaning ishga tushiruvchi tok relexlari yetarli sezgirlikka ega bo'lmay qoladi. Ularda sezgirlikni oshirish uchun kuchlanish relesi orqali blokirovka qo'llaniladi. Barcha tur qisqa tutashuvlarda ishlovchi blokirovka uchta chiziqli kuchlanishga ulangan minimal kuchlanish relexlari  $RN_{AB}$ ,  $RN_{BC}$ ,  $RN_{CA}$  va nol ketma-ketlik kuchlanishga ulangan  $RN_0$  rele bilan bajariladi.

5. Yo'naltirilgan ko'ndalang differensial himoyalarning samaradorligini baholash usullari mavjud. Yo'naltirilgan ko'ndalang himoyaning afzallik tomonlariga ularning sxemasining soddaligi, bo'ylama differensial himoyaga nisbatan arzonligi, vaqt bo'yicha sabrsizligi, tebranishga ta'sir javob bermasligi, himoya parametrlarini tanlashning soddaligi kiradi. Himoyaning kamchiligiga uning kaskadli ishlash zonasi borligi, bu zona hisobiga o'chirish vaqtining kechiktirilishi, kuchlanish bo'yicha «o'lik» zonani borligi, bir EUY yo'li o'chirilganda himoya ishdan chiqarilib turishligini, bunda qo'shimcha himoyaning talab qilinishi, bir tomonlama yer bilan ulangan EUY yo'llarida sim uzilganda himoyaning noto'g'ri ishlashligini aytish mumkin.

6. Tok balansli himoya ko'ndalang differensial himoyaning bir turi hisoblanadi. U parallel EUY yo'llaridagi toklarning kattaligini

maxsus balans relelari yordamida solishtirishga asoslangan. Yo'naltilgan differensial himoyadan farqli o'laroq u parallel yo'ldagi toklarning yo'nalishiga ta'sir javob bermaydi va shuning uchun yo'llarning qabul qiluvchi oxirlarida ishlatilmaydi. Bu himoya kam tarqalgan himoyadir.

**Tokli ko'ndalang differensial himoya** ikki elektr uzatish yo'liga umumiy bir uzgichli parallel yo'llar uchun mo'ljallangan. Parallel EUY yo'llar bir tomonlama ta'minlanganda himoya faqat manba tarafdin qo'yiladi, ikki tomonlarni ta'minlanuvchi EUY yo'llarda parallel EUY yo'llarning ikkala tarafidan qo'yiladi. Har bir yo'lning bir xil tokli fazalariga bir xil transformatsiya koeffitsiyentli tok transformatori (TT) o'rnatiladi, ya'ni  $n_1 = n_{11} = n_T$ . Tok transformatorlarining ikkilangan chulg'amlari har xil tokli chiqishlari bilan aylanuvchi tokli sxema bo'yicha ulovchi simlarga va bu simlarga parallel holda tok relesining chulg'amiga ulanadi.

Parallel ishlayotgan yo'llardan biri ishdan chiqqanda, masalan, shikastlangan I EUY yo'ldagi  $I_1$  tok ikkinchi yo'ldagi tokdan katta bo'ladi  $I_1 > I_{11}$  (103-b rasm). Differensial RDT reledagi balans buziladi. Toklar  $I_p > I_{p,i}$  bo'lganda himoya ishlaydi va ikkala EUY yo'l uchun umumiy bo'lgan O'CH uzgichni o'chiradi.

Qisqa tutashuvda EUY yo'lning bir qismida himoyalovchi tok himoyaning ishlashi uchun yetarli bo'lmaydi, shuning uchun bu zona himoyaning o'lik zonasi deyiladi. O'lik zonaning borligi ko'ndalang differensial himoyaning kamchiligi hisoblanadi va qisqa tutashuvni o'chirish uchun qo'shimcha himoya o'rnatish kerak. Agar «o'lik» zonaning uzunligi EUY yo'l uzunligining 10% dan kam qismini tashkil qilsa, himoya samarali hisoblanadi.

**Yuqori chastotali differensial-faza himoyalar** ishlash tamoyillari himoyalayotgan EUY yo'lining bosh va oxiridagi toklarni faza bo'yicha solishtirishga asoslangan. Himoya komplektlari himoyalayotgan yo'lning har ikki oxiriga o'rnatiladi va ularning har biri yo'lning qarama-qarshi tomonidagi tokning fazasi to'grisidagi ma'lumotga ega bo'lishi shart. Toklarning fazasi to'grisidagi ma'lumotni uzatish uchun yuqori chastotali kanal ishlatiladi. Yuqori chastotali toklar yo'l chegarasidan chiqmasligi uchun, yo'lning har bir boshi va oxirlariga maxsus yuqori chastotali to'siqlar (защититель) o'rnatiladi. Maxsus yuqori chastotali to'siqlar tuzilishi



ishlashi blokirovka qilinadi, ya'ni ishlamaydi. Himoyalananayotgan EUY yo'lda qisqa tutashuv yuz berganda ikkala komplektning ham signal uzatuvchilari bir vaqtda ishlaydi. Yo'ldan oqayotgan yuqori chastotali signal uzlukli xarakterga ega bo'ladi va u signalning yo'q paytida signal qabul qiluvchi qurilmalar o'chirish relesiga manbani ulaydi va uzgichning o'chirilishiga axborot uzatiladi.

Yuqori chastotali differensial faza himoyalar elektr yuklamlarining ko'payishi va tebranishlariga ta'sir javob bermaydi. Himoyaning noto'g'ri ishlashi faqat biror-bir yuqori chastota generatori yoki signal qabul qiluvchi qurilmaning noto'g'ri ishlashi bilangina kuzatilishi mumkin. Bu holning oldini olish uchun yuqori chastotali himoya sxemalarida turli sezgirlikka ega bo'lgan ikki ishga tushiruvchi organlar  $P_1$  sezgir ishga tushiruvchi uzatish qurilmasi, va  $P_2$  – dag'al, o'chirish zanjirini tashkil qiluvchi organlar qo'llaniladi.

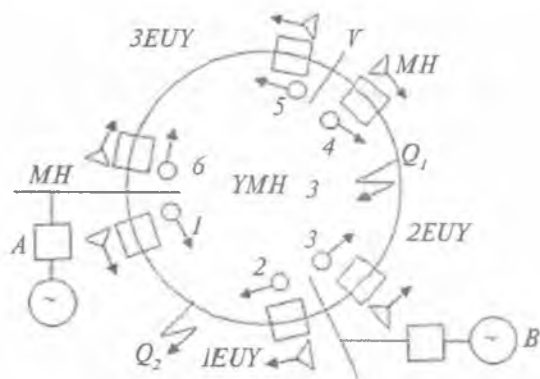
Yuqori chastotali differensial faza himoyalar barcha tur ulanishdagi va ixtiyoriy sondagi elektr energiya manbalari ulangan EUY yo'llarning asosiy himoyasi qo'llanilishi mumkin va bunda yuqori sezgirlik va tanlovchanlik talablariga to'la javob beradi.

**Masofali himoya.** Murakkab ulanishli, bir necha manbali EUY yo'llarida yuqorida aytib o'tilgan himoyalardan maksimal tok va yo'naltirilgan differensial himoyalar qisqa tutashuvni tanlovchan o'chira olmasliklari mumkin. 2EUY yo'lda qisqa tutashuv yuz berganda maksimal yo'naltirilgan himoya (1) dan tezroq ishlashi kerak, 1EUY yo'lda qisqa tutashuv yuz berganda uning teskarisi, ya'ni (1) himoya (3) himoyadan tezroq ishlashi kerak (104-rasm). Bu qarama qarshi talabni maksimal yo'naltirilgan himoya yordamida bajarib bo'lmaydi.

Bundan tashqari, maksimal va yo'naltirilgan himoyalar qo'yilgan tezkor ishlashlik talabini bajara olmaydi.

104-rasmda ikki manbali uchta aylanasimon EUY yo'llari tasvirlangan.

Shuning uchun boshqa asosda ishlovchi himoyaning qo'llanilishi talab qilindiki, u himoya yetarli tez ishlashlikni, tanlovchanlik va sezgirlikni barcha tur EUY yo'llarida ta'minlab berish imkonini berishi kerak. Bu himoyalardan biri *masofali himoya* deb ataladi. Masofali himoyaning ishlash vaqti  $t$  himoya o'rnatilgan joydan



104-rasm. Ikki manbali uchta aylanasimon elektr uzatish yo'li:

- ◄◄ — yo'naltirilgan maksimal himoya;
- ◄○ — masofali himoya ko'rsatilgan.

qisqa tutashuv nuqtasigacha bo'lgan masofa uzunligiga bog'liq. Bu asosda ishlagan masofali himoya doimo yaqinroq masofadagi shikastlanishda kam sabr vaqt bilan ishlaydi, uzoqdagi himoyalarga nisbatan, shuning natijasida shikastlangan zonani tanlovchan o'chirilishligiga erishiladi va bu to'liq ta'minlanadi.

Masofali himoyaning asosiy elementi bo'lib, himoya o'rnatilgan joydan qisqa tutashuv nuqtasigacha bo'lgan masofani aniqlovchi masofa organi ya'ni o'lchovchi organ xizmat qiladi. Masofa o'lchov organi sifatida EUY yo'lining aktiv, reaktiv yoki to'la qarshiligining o'zgarishi bevosita yoki bilvosita ta'sir javob beruvchi qarshilik relesi ishlatiladi. Himoya o'rnatilgan joydan qisqa tutashuv joyigacha bo'lgan yo'l fazasining qarshiligi bu yo'lining uzunligiga proporsionaldir.

Tanlovchanlikni ta'minlab berish uchun murakkab ulanishli yo'llarda masofali himoyalarni faqat bir tomonga, ya'ni qisqa tutashuv quvvatini shinadan yo'lga oqqanda ishlaydigan yo'naltirilgan qilib bajarish kerak (104-rasm). Bir tomonga quvvat yo'nalishida ishlovchi himoyalarning sabr vaqti bir birlari bilan shunday kelishtiriladiki, bunda himoyalananayotgan zonadan tashqarida qisqa tutashuv yuz berganda har bir himoya sabr vaqti bo'yicha keyingi zonadan bir pog'ona katta sabr vaqtga ega bo'ladi. Masofali himoyaning yo'naltirilganligi odatdagiday quvvat yo'nalish relesi hisobiga olib boriladi yoki yo'naltirilgan o'lchovchi organlar hisobiga

yoki ishga tushiruvchi rele qisqa tutashuv quvvati yo'nalishiga ta'sir javob beradi.

Masofali himoya murakkab himoyalar qatoriga kiradi. Ularning barcha turlari bir necha umumiy bir xil vazifalarni bajaruvchi elementlardan, ya'ni himoya organlaridan iborat bo'ladi.

Masofali himoyalarni sxemalarining maqsadi, masofa organlarining tipi va tuzilish tamoyili bilan guruhlarga bo'lish mumkin. Maqsadi bo'yicha sxemalar fazalararo, bir fazali yer va barcha tur shikastlanishlardan himoya sxemalariga bo'linadi. Masofali organlarining tipiga qarab to'la va reaktiv qarshilikli masofa organlar bor sxemalarga bo'linadi. Tavsiflarning ko'rinishi bo'yicha ikki pog'onali va uch pog'onali sxemalarga bo'linadi va nihoyat sxemaning tuzilishiga qarab, himoyadagi masofa organlarining soniga qarab 3 ga bo'linadi: uch tizimli (uch masofa organli); ikki tizimli (ikki masofa organli); bir tizimli (zonaga masofa organli).

Elektr bilan ta'minlash tizimlarida to'la qarshilikka mo'ljallangan masofa organli fazalararo QT dan himoya qo'llaniladi.

Masofali himoyaning asosiy afzalliklari:

1) ixtiyoriy manbalar sonida va EUY yo'llarining ulanishida tanlovchan ishlashligi;

2) himoyalananayotgan EUY yo'lining boshida birinchi zona tomonidan kichik sabr vaqti ni ta'minlab berishlik;

3) qisqa tutashuvda katta sezgirligi va yuk tebranishidan maksimal himoyaga nisbatan yaxshi sozlanishlar kiradi.

Masofali himoyaning kamchiligiga:

1. Himoyaning sxema va unga kiruvchi relelar qismida murakkablik, elektromexanik releli masofali himoya eng ko'p releli va kontaktli himoya hisoblanadi. Yarimo'tkazgich qurilmalarda tayyorlangan kontaktsiz himoyalar sxemaning mantiq qismi bo'yicha murakkabligiga va unda ko'p element borligi bilan xarakterlanadi.

2. Barcha himoyalananayotgan EUY yo'li ichida qisqa tutashuvni lahzada o'chirish imkonining yo'qligi. Shuning uchun bu talab qo'yilgan yo'llarda yordamchi zaxira himoya hisoblanadi.

3. Yuk va tebranishga ta'sir javob bermaslik. Yukdan sozlash kerakligi himoyaning sezgirligini kamaytiradi va uni ehtiyot himoya sifatida qo'llanilish effektini kamaytiradi, tebranishlardan esa blokirovka qo'llanilishini talab qiladi.

4. Kuchlanish zanjirida nosozlik yuz berganda himoyaning noto'g'ri ishlashligi, uning mustahkamligining pasayishi va mos blokirovkaning qo'llanilishini talab qiladi.

### 7.5. Kuch transformatori va avtotransformatorlar himoyasi

Kuch transformatori va avtotransformatorning ishida shikastlanish va nome'yorli holatlar va bulardan himoyalarning turlari va bu himoyalarga talablarni ko'rib chiqamiz.

Transformatorlar va avtotransformatorlardagi shikastlanishlarning asosiy turlariga quyidagilar kiradi: transformatorlarning ichidagi va chulg'amlarning chiqishlaridagi fazalararo qisqa tutashuv; o'ramlardagi qisqa tutashuv; yer bilan yoki tashqi chiqishdagi qisqa tutashuv. Transformator va avtotransformatorda chulg'amdagi qisqa tutashuv va chulg'amlar chiqishidagi qisqa tutashuv eng ko'p uchraydi. Uchta bir fazali transformator guruhlarda faza chulg'amlarida qisqa tutashuvning yuz berishi mumkin emas. Chulg'am o'ramlarida qisqa tutashuv yuz berganda manbadan kelayotgan toklar kam bo'lishi mumkin: masalan o'zaro qisqa tutashgan o'ramlar bo'lsa undagi tutashuv toki  $I_{qt\alpha}$  bo'ladi, manbadan oqayotgan shikastlanish toki esa transformatoridagi magnitlash kuchining balansidan hisoblanadi, ya'ni

$$I_{qt} W_1 = I_{qt\alpha} W\alpha, \quad (7.4)$$

$$I_{qt} = \frac{\omega\alpha}{\omega_1} I_{km\alpha}, \quad \frac{\omega\alpha}{\omega_1} < 1 \quad (7.5)$$

bo'lganligi uchun  $I_{qt} < I_{qt\alpha}$ . Chulg'am o'ramlari soni kam bo'lsa, shuncha  $I_{qt}$  kam bo'ladi.

Transformatorning chulg'ami yer bilan neytrali izolatsiyalangan, yer bilan qisqa tutashuv toki kam bo'lgan EUY yo'llarda yuz bersa, shikastlanish toki yo'lning sig'im tokining kattaligi bilan aniqlanadi. Shuning uchun transformatorning chulg'ami o'ramlaridagi shikastlanish va shuningdek, chulg'amni yer bilan tutashuvdagi neytrali izolatsiyalangan yo'lda ishlayotganda himoya yuqori sezgirlikka ega bo'lishi kerak.

Shikastlanish transformatorni to'liq ishdan chiqarmasligi uchun himoya yuqori tezlikda ishlashi kerak. Sabr vaqtsiz  $t = 0,05 \div 0,1$  sek ichida transformator o'chirilishi kerak. Transformatorni shikastlanishdan himoyalash uchun himoya sifatida tokli kesim, differensial va gazli himoya qo'llaniladi.

Kuch transformatorlarining ish holatlarida eng ko'pi katta tokli holat, bu transformator chulg'amining nominal tokidan katta tokli holatidir. Katta tok transformator chulg'amidan tashqi qisqa tutashuvlari, o'tayuklanishdan paydo bo'ladi.

**Tashqi qisqa tutashuv.** Transformatorning shinasidagi yoki shinadan ta'minlanuvchi yo'llarning ulanishlaridagi qisqa tutashuvlarda transformatoridan  $I_{qt} > I_{nom}$  qisqa tutashuv toki oqadi va uning chulg'amini me'yoridan ko'proq qizitadi, bu uning shikastlanishiga olib keladi. Shuning uchun ham kuch transformatori tashqi qisqa tutashuv sababli undan shikastlanish tokining oqishiga yo'l qo'yamaydigan himoyaga ega bo'lishi kerak. Tashqi qisqa tutashuv EUY yo'li kuchlanishining kamayishi bilan birga yuz berganligi tufayli himoya o'z tanlovchanligini oshirish uchun qisqa sabr vaqti bilan ishlashligi kerak.

Tashqi qisqa tutashuvlardan himoya sifatida maksimal tok himoyasi, minimal kuchlanish bilan blokirovkalanagan maksimal himoya, nol ketma-ketlikning tokli himoyasi va teskari ketma-ketlik himoyalari ishlatiladi. Tashqi qisqa tutashuvdan himoya ishlash zonalariga, odatda, pasaytirish stansiyasining shinasini, ya'ni himoyaning 1-zonasi, va bu shinada tarqaluvchi barcha ulanishlar, ya'ni himoyaning 2-zonasi kiradi. Katta tokdan himoyalar transformatorning shikastlanishning ehtiyot himoyasi hisoblanadi.

**O'tayuklanish,** odatda, yo'l kuchlanishining sezilarli kamayishi kuzatilmaydi. Bu talabga asosan himoyaning ishlashi faqat chulg'amning izolatsiyasining qizishi bilan aniqlanadi. Moyli kuch transformatorlariga tok bo'yicha 5 % uzoq yuklanish ruxsat beriladi. O'tayuklanishning  $1,5 \div 2 I_{nom}$  qiymatlarida bir necha o'nlab minut ko'p yuklash mumkin. Juda ko'p hollarda qisqa vaqtda yo'qoladigan xavfsiz o'tayuklanishlar transformatorlarda uchrab turadi. Masalan, elektr motorlarning o'zi ishga tushishi bilan bog'liq bo'lgan qisqa muddatli  $(4 \div 6) I_{nom}$  va shu kabi tez o'zgaruvchi yuklar bo'lishi mumkin. Bu paytda transformatorni o'chirish talab qilinmaydi.



Shikastlanish holatlarida kuch transformatorlariga quyidagi qisqa vaqtli o'tayuklanish ruxsat beriladi:

14-jadval

O'tayuklanish karraligi, $I_{yu}/I_{nom}$	1,3	1,6	1,75	2	3
Ruxsat berilgan o'tayuklanish vaqti, min	120	45	20	10	1,5

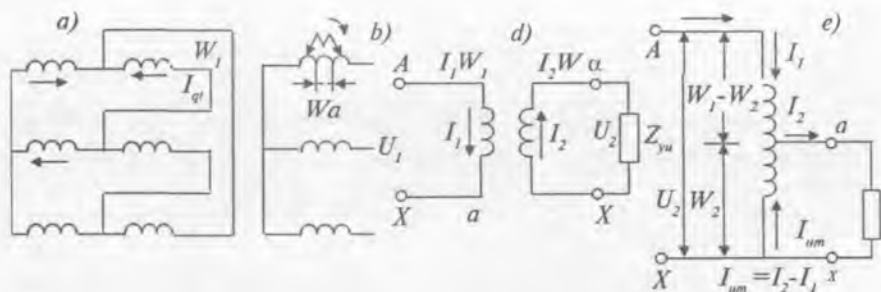
Transformatorlarni o'tayuklanishdan himoyalar faqat xizmat ko'rsatuvchi shaxs bu holatni o'chirmaganda o'chirishga ta'sir qiladi. Boshqa barcha hollarda himoya xabar tizimiga ta'sir qiladi. O'tayuklanishdan himoya, odatda, pasaytirish stansiyasiga ko'rsatilayotgan xizmatning tavsifiga yoki xabarga yoki o'chirishga qarab ishlaydi.

Avtotransformatorning xuddi ikkilamchi chulg'ami  $\alpha x$  birlamchi chulg'ami  $AX$  bilan birlashgan transformator deb qarash mumkin. Transformator va avtotransformatordagi toklar tarqalishi har xil. Transformator birlamchi tok  $I_1$  birlamchi chulg'am bo'yicha, ikkilamchi tok  $I_2$  ikkilamchi chulg'am  $W_2$  bo'yicha oqadi. Avtotransformatordagi birlamchi tok  $I_1$  faqat avtotransformatorning birlamchi chulg'aming bir qismidan, ya'ni  $W_1-W_2$  qismidan ketma-ket qism deb ataluvchi qismidan, oqib o'tadi ( $Aa$  chulg'am).  $W_2$  ikkilamchi chulg'amdan, ya'ni umumiy deb ataluvchi  $I_{um}=I_2-I_1$ , umumiy tok oqadi (105-rasm). Transformator bilan farqli ularoq, avtotransformatordagi ikki qiymat nominal quvvat bilan tavsiflanadilar: o'tuvchi nominal quvvat  $S_y$  va hisobiy nominal quvvat  $S_x$ . O'tuvchi quvvat birlamchi tarafdin ikkilamchi tarafga avtotransformator holida uzatiladi:

$$S_y = U_1 I_1 = U_2 I_2. \quad (7.6)$$

O'tuvchi quvvat  $S_x$  deb shunday quvvatga aytiladiki, bu quvvatga avtotransformatordagi chulg'ami va magnit o'zagi hisoblanadi. Hisobiy quvvat chulg'amdan oquvchi tok va chulg'amning chiqishlardagi kuchlanishidan aniqlanadi.

Avtotransformatordagi ikkilamchi zanjir birlamchi zanjir bilan o'zaro elektr ulangan, shuning uchun yer bilan bir «A» fazali qisqa tutashuvda avtotransformator yuqori kuchlanishli tarmog'i



105-rasm. Transformator chulg'ami o'ramida toklar:

a – qisqa tutashuv yuz bergandagi toklar; b – va d – transformator chulg'amlarida tok tarqalishi; e – avtotransformator chulg'amlarida tok tarqalishi.

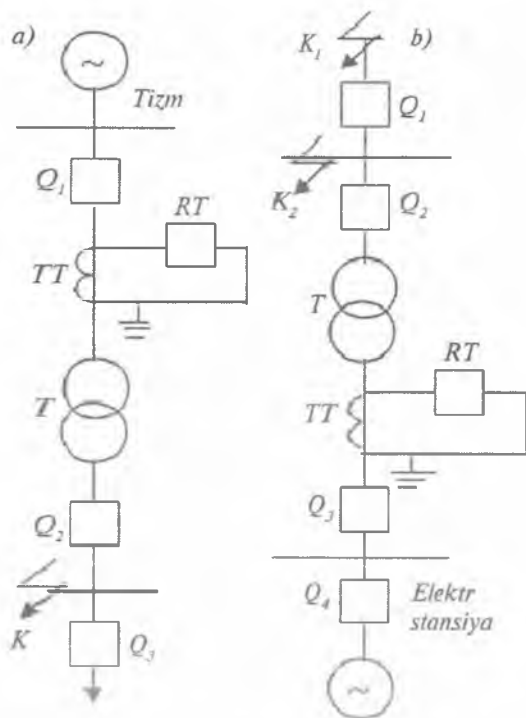
shikastlanmagan fazalari «B» va «C» da faza kuchlanishining yerga nisbatan kattaligi ortadi (106-rasm). «B» fazaning yerga o'rta taraf kuchlanishi  $U_A + U_B$  bo'ladi, «C» fazaniki  $U_A + U_C$ . Kuchlanishning bunday oshib ketishining oldini olish uchun avtotransformatorning neytrali yer bilan ulanishi kerak.

**Tashqi qisqa tutashuv katta toklaridan himoya.** Tashqi qisqa tutashuvlardan transformatorning himoyasi bir vaqtning o'zida shikastlanishdan ham himoyalaydi. Lekin tanlovchanlik nuqtayi nazaridan tashqi qisqa tutashuvdan himoya sabr vaqtli bo'ladi, ya'ni tez o'chira olmaydi. Transformatorning shikastlanishdan himoya esa sabr vaqtsiz o'chirishlari kerak. Transformatorlar agar ichki qisqa tutashuvlardan maxsus himoyaga ega bo'lsa, tashqi qisqa tutashuvlardan himoya u himoyani zaxiralaydi, ular ishlamagan va ishdan chiqqanida ishlaydi.

Tashqi qisqa tutashuvlardan eng sodda himoya bo'lib, tokli maksimal himoya hisoblanadi. Himoyaning sezgirliги yetarli bo'lmasa, yuqori sezgirlik, kuchlanish bo'yicha ishga tushiriladigan tokli maksimal himoya yoki teskari va nol ketma-ketlik toki himoyalari ishlatiladi.

106-rasmda transformatorlarni katta tokdan himoya qilish sxemasi keltirilgan.

Tashqi qisqa tutashuvlarda bu transformatorlardan tizimning barcha generatorlarining qisqa tutashuv toklari oqadi (107-a rasm). Shuning uchun qisqa tutashuv tokining karraligi bu yerda sezilarli



106-rasm. Transformatorlarni katta tokdan himoya sxemasi:

- a – pasaytiruvchi transformatorlar uchun;
- b – kuchaytiruvchi transformatorlar uchun.

va maksimal himoyaning ishlashi uchun yetarli bo‘ladi. Oddiy maksimal himoyalarning sezgirligi yetarli bo‘lmaganda sezgirligi yuqori kuchlanish bo‘yicha ishga tushiriluvchi maksimal himoyalar va teskari ketma-ketlik himoyalari qo‘llaniladi.

Elektr stansiyalarida o‘rnatiladigan kuchaytiruvchi transformatorlar qiyinroq sharoitda bo‘ladi. Bu transformatorlarda maksimal tok himoyalarning qo‘llanilishi ko‘pchilik hollarda mumkin bo‘lmaydi, chunki yuqori kuchlanish tarafda qisqa tutashuv yuz berganda himoya yetarli sezgirlikka ega bo‘lmay qoladi. Bu holda himoyadan oqayotgan qisqa tutashuv toki  $I_{qt}$  (107-b rasm) elektr stansiyasining quvvati bilan aniqlanadi, bu quvvat kuch transformatorning quvvati bilan teng va unga yaqin, qisqa tutashuv tokining

karraligi kichik bo'ldi, himoyaning sezgirligi yetarli bo'lmaydi. Shu sabablarda kuch transformatorlarda tashqi qisqa tutashuvlarda yuqori sezgirlikka ega bo'lgan teskari ketma-ketlik tokiga ta'sir javob beruvchi himoyalar, nol kema-ketlik toki himoyalari va kuchlanish bo'yicha ishga tushiriluvchi maksimal himoya qo'llaniladi.

**Ikki chulg'amli pasaytiruvchi transformatorlar himoyasi.** 107-rasmda bir tomonlama ta'minlanuvchi bunday transformatorning sxemasi berilgan. Himoya manba tarafdin qo'yiladi, chunki bunda ish zonasida transformatorning o'zi ham bo'ldi. Maksimal tok himoyasining zonasini kengaytirish maqsadida tok transformatorlari uzgichga (Q) o'rnatiladi. Ikki chulg'amli transformatorning maksimal tok himoyasi 107-rasmda berilgan. Himoya manba tarafdin qo'yiladi, chunki bunda ish zonasida transformatorning o'zi ham bo'ldi. Maksimal tok himoyasining zonasini kengaytirish maqsadida tok transformatorlari TT uzgich 1 Q o'rnatiladi.

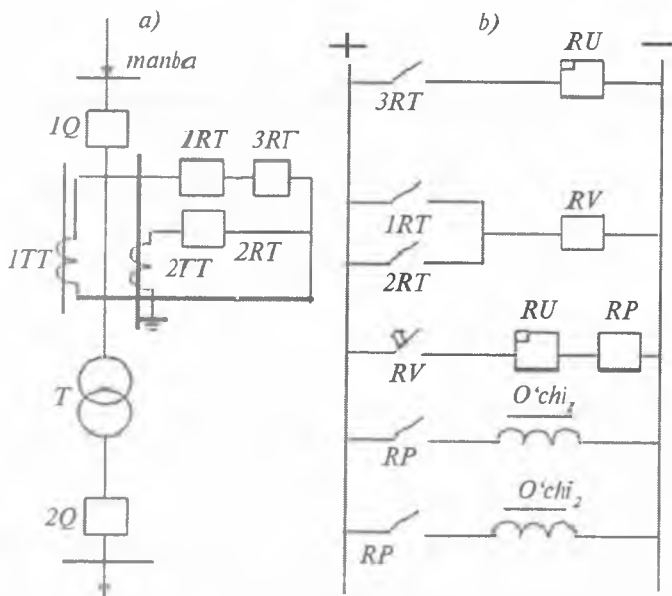
Bir tomonlama ta'minlanuvchi ikki chulg'amli transformatorlarda himoya ta'minlanuvchi tarafga o'rnatilgan Q uzgichga ta'sir qilishi kerak. Lekin mustahkamlik nuqtayi nazaridan ikkala uzgich 1 Q va 2 Q ga ham ta'sir bo'lish shart, bunda bir uzgich ikkinchisi bilan zaxiralanadi. Tok transformatorlarining (TT) ulanish sxemalari va maksimal tok himoyalarning relelari barcha tur qisqa tutashuvlarda himoyaning barqaror ishlashini ta'minlab berishi kerak.

Neytrali yer bilan to'g'ridan-to'g'ri ulangan EUY yo'llarida himoya uch fazali qilib bajariladi, neytrali izolatsiyalangan yo'llarda to'liq bo'lmagan yulduz sxemasida bajariladi. Fazalar toki farqiga ulangan bir releli sxema chulg'ami yulduz-uchburchak sxema bo'yicha ulangan transformatorlarda qo'llanilmaydi, chunki bu holda himoya uchburchak tarafdin bir necha tur qisqa tutashuvlarda ishlamay qoladi.

Sezgirlikni oshirish uchun uchinchi releni tok transformatorining umumiy simiga ulash mumkin, bu holda unda shikastlangan fazaning

toki oqadi:  $I = I_A + I_C = 2 \cdot \frac{I_{q,t}}{\sqrt{3}}$ . Maksimal tok himoyaning ishlash

toki shunday shartdan tanlanadiki, bunda qisqa tutashuvdan himoya o'tayuklanishda, ya'ni transformatorni tez-tez o'chirishini talab qilmaydigan ishlamasligi kerak.



107-rasm. Bir tomonlama ta'minlanuvchi bunday transformatorning sxemasi:

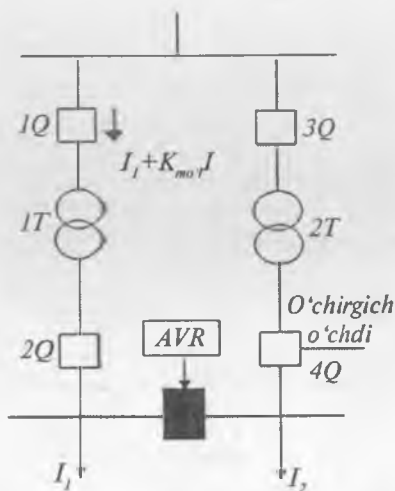
a — prinsipial sxemasi; b — ishga tushirish sxemasi.

Himoyaning sozlanishi kerak bo'lgan maksimal yuk toki, odatda, ikki xil holatni ko'rishdan aniqlanadi: birinchi holat parallel ishlayotgan transformatoridan birini o'chirish va AVR ishlaganda yukning avtomatik qo'shilishi (108-rasm). Birinchi holda ishlab turgan transformator ikki marta ko'p yuklanadi  $I_{yukmax} = 2I_{nom}$  ikkinchi holda  $1T$  transformatorning o'ta yuklanish toki  $I_2$  tok bilan  $2T$  ga ulangan  $I_2$  yuk tokining yig'indisiga teng, ya'ni  $I_n = I_1 + I_2$  bunda  $I_2$  — qo'shilgan yukning turg'un toki. Yukning ulanishliligi bosh daqiqalarida uning toki o'zining turg'un toki qiymatidan ko'p bo'ladi. Bunga asosiy sabab ishda qolgan motorlarning o'zi ishga tushishidir. Bu tokning oshib ketishni  $K_{mo'i}$  bilan, ya'ni  $I_2$  tokka o'z ishga tushish tokining karraligini tavsiflovchi koeffitsiyent bilan baholab, avtomatik zaxira ulash (AVR) ta'sirida transformatorning maksimal tokini topamiz, ya'ni  $I_{yukmax} = I_1 K_{mo'i} \cdot I_2$ . Himoyaning ishlash toki, odatda, relening qaytishi shartiga, asosan, barcha maksimal himoyalar kabi topiladi, ya'ni:

$$I_{x,i} = \frac{K_{ext} \cdot K_{mui}}{K_{qay}} \cdot I_{i,max}. \quad (7.7)$$

Sezgirlik koeffitsiyenti qisqa tutashuvda ikkinchi zonada yuz bergandagi holda aniqlanadi.  $K_{sez} = I_{qmin}/I_{hi} \geq 1,3$ . Agar maksimal himoyaning sezgirliги yetarli bo'lmasa u holda yuqoriroq sezgirli himoyalar qo'llaniladi. Sabr vaqti tanlovchanlik shartidan transformatoridan ta'minlanayotgan EUY yo'lining sabr vaqti  $t_{EUY}$  dan bir pog'ona yuqori qilib olinadi, ya'ni  $t_{tr} = t_{EUY} + \Delta t$ .

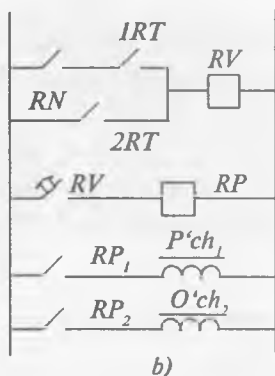
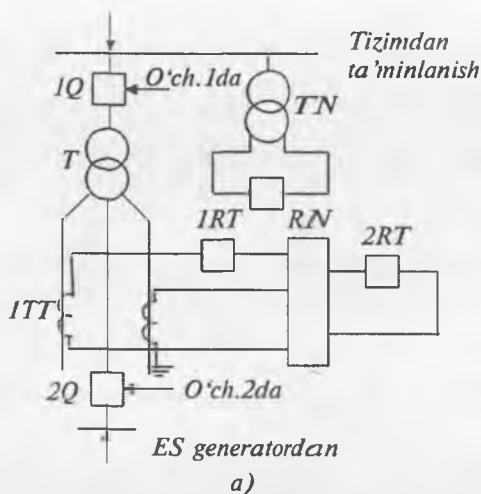
Tashqi qisqa tutashuvlarda uch chulg'amli transformatorlarning himoyalari transformatorning shikastlangan joyini ta'minlovchi chulg'amini tanlovchan o'chirilishni ta'minlashlari kerak. Masalan, III shinada qisqa tutashuv yuz berganda uzgich o'chirilishi kerak, transformatorning I va II chulg'amlari ishda qolishi kerak (109-rasm).



108-rasm. Uch chulg'amli transformatorning himoyasi.

Bir tomonlama ta'minlanuvchi uch chulg'amli transformatorlarda (masalan, I shinadan) II va III chulg'amlarga mos o'chirgichlarga ta'sir qiluvchi mustaqil maksimal himoya komplektlari ishlatiladi. Ikki yoki uch tarafdin ta'minlanuvchi uch chulg'amli transformatorlarda maksimal tok himoyalari tanlovchanlikni ta'minlab bera olmagani uchun murakkabroq himoya sxemasi tuziladi.





**110-rasm. Transformatorlarning tashqi qisqa tutashuvlarga ta'sir sxemasi.**

Himoya 110-a va 110-b rasmda ko'rsatilgandek, ikki bajarilish variantiga ega. Ikkala holda ham himoya tok rele (RT) dan iborat va bu rele nol ketma-ketlik toki  $I_0$  ga ulanadi. 111-a rasmda tok transformatorning nol ketma-ketlik filtrdan olinadi va u filtr transformatorning neytrali yer bilan ulovchi simdan iborat. Ikkinchi sxema sodda bo'lib, o'z ishlash zonasida kuch transformatorining yulduz ulangan qismini oladi. Tanlovchanlikni ta'minlab berish uchun (RV) vaqt relesidan iborat bo'ladi.

Uch chulg'amli transformatorlarda, agar ulardan ikki chulg'amning neytrali yer bilan ulangan bo'lsa, nol ketma-ketlik himoyalari tanlovchanligini ta'minlab berish maqsadida himoya yo'naltirilgan qilib tayyorlanadi (111-rasm).

**Kuchlanish bo'yicha ishga tushiriluvchi tokli himoya.** O'tayuklanishlarda kuchlanish bo'yicha ishga tushiriladigan himoya ishlamaydi, shuning uchun himoyaning tok relelari KA1 va KA2 ni xavfli yuklanishdan sozlash shart emas, bu o'z navbatida himoyani maksimal himoyadan sezgirligining ko'p bo'lishga olib keladi.

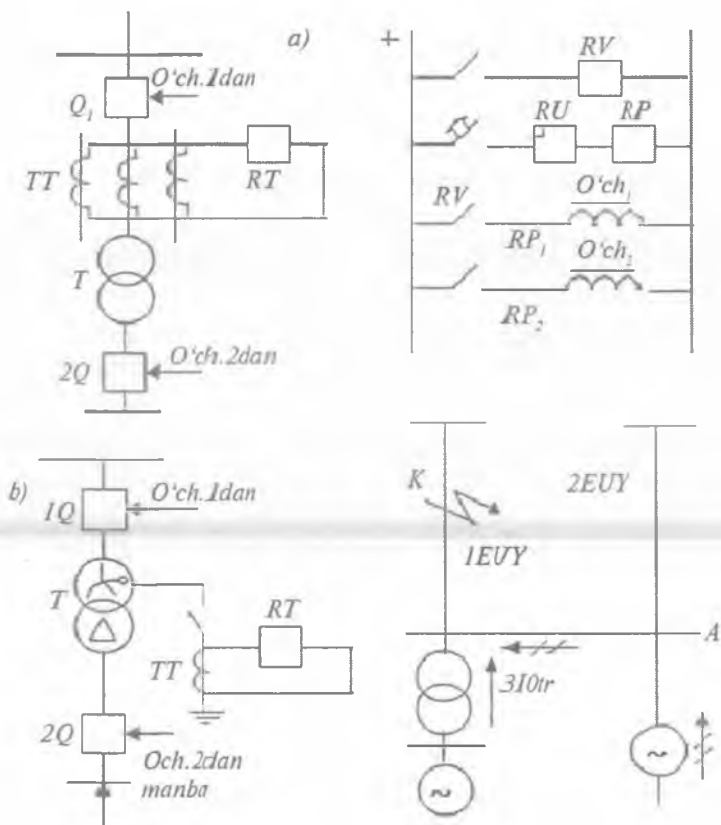
**Katta yuklanishlardan transformator himoyasi.** Xizmat ko'rsatuvchi shaxsning kuzatuvda bo'lgan transformatorlarning o'tayuk-



lanishdan himoyalari, odatda, tok relesi yordamida ishga tushib, xabar berishga ishlaydi (112-rasm). Tok relesi (3) bitta fazaga o'rnatiladi, chunki transformator ko'p yuklanganda barcha fazalar bir xil sharoitda bo'ladi.

Qisqa tutashuv yoki qisqa vaqtli o'tayuklanishda noto'g'ri xabarlar berilmasligi uchun himoyada chulg'ami uzoq vaqt tok oqishiga mo'ljallangan vaqt relelari qo'llaniladi.

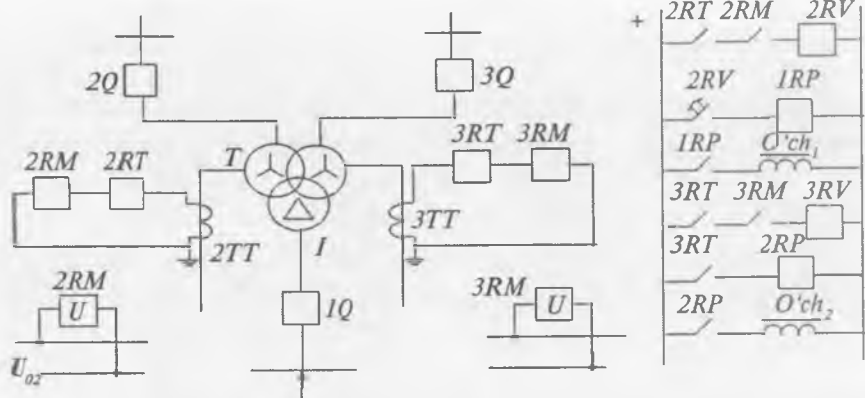
Xizmat qiluvchi shaxssiz bo'lmagan pasaytirish stansiyalarida o'tayuklanishdan himoya uch pog'onali qilib bajariladi. Birinchi



111-rasm. Kuch transformatorlarining himoyalari:

a – nol ketma-ketlik filtri himoyasi;

b – transformatorning yulduz ulangan qismining himoyasi.



112-rasm. Transformator katta yuklanishlardan himoya sxemasi.

pog'ona kam roq o'tayuklanishda ishlaydi va bu to'g'rida (xizmat punktiga telemexanika orqali) xabar beradi. Bu pog'ona  $t_1 = t_{m.t.x} + \Delta t$  sabr vaqtga ega. Ikkinchi pog'ona tezda o'tayuklanishni yengillatish kerak bo'lganda ishlaydi. Bu pog'ona bir qism iste'molchilarni o'chirib, transformatorni ruxsat berilgan qiymatigacha yengillatadi. Ikkinchi pog'onaning sabr vaqti  $t_2 = t_{rux}$ . Bu yerda  $t_{rux.ber}$  - transformatorning o'tayuklanish tavsifidan aniqlanuvchi ruxsat berilgan o'tayuklanish vaqti.

Uchinchi pog'ona ehtiyotlovchi bo'lib, agar ba'zi bir sabablarga ko'ra ikkinchi pog'ona yengillatmasa ishlaydi. Sabr vaqti  $t_3 = (t_2 + \Delta t) < t_{rux.ber}$ . Uch chulg'amli transformatorlarda o'tayuklanish himoyalari shunday o'rnatilgan bo'lishi kerakki, birinchidan u barcha chulg'amlar o'tayuklanishga ta'sir javob berishi kerak.

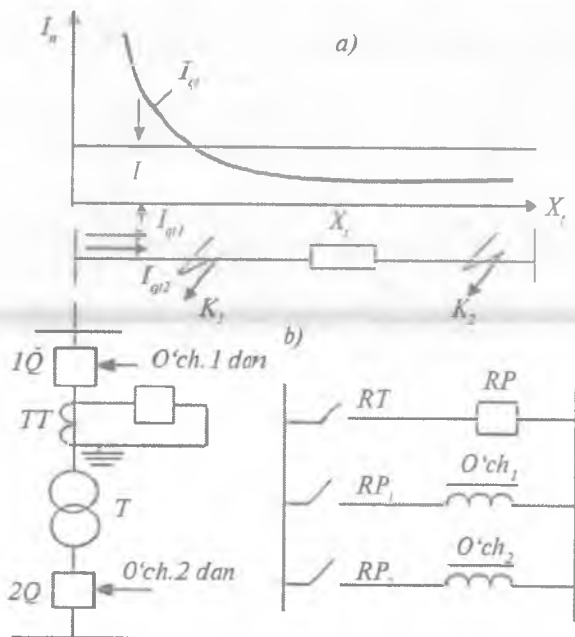
**Tokli kesish himoyasi** (токoвая отсечка) transformatoridagi shikastlanishning  $t = 0$  vaqtda o'chiruvchi eng sodda va tez ishlovchi himoyadir. Lekin u juda yaxshi sifatga ega emas, chunki faqat katta toklarga ta'sir javob beradi va o'zining ishlash zonasiga transformatorning bir qismini oladi.

Tokli kesish bir chulg'ardagi o'ramlararo qisqa tutashuvlarga va yer bilan kam qisqa tutashuv elektr uzatish yo'liga ishlovchi chulg'amning yer bilan qisqa tutashuviga ta'sir javob bermaydi, ya'ni, asosan, transformatorning fazalararo qisqa tutashuvda himoyasi hisoblanadi. Shikastlanishda transformatorning manba tarafi-

dagi chiqishlarida qisqa tutashuv toki, odatda, transformatorlarning ketidagiga  $K_1$  va  $K_2$  nuqtalardagi nisbatan sezilarli katta qisqa tutashuvlarda yuzaga keladi (113-a rasm). Toklarning bunday nisbatlari transformatorning himoyasi sifatida lahzada ishlovchi tokli kesim ishlatilish imkonini beradi (113-b rasm).

Tokli kesim, odatda, transformatorni ta'minlovchi tarafga qo'yiladi, agar RT-80 maksimal himoyada ishlatilgan bo'lsa, lahzada ishlovchi RT rusmidagi tok relelari yoki RT-80 relening elektromagnit elementi asosida bajariladi. Neytrali yer bilan to'g'ridan-to'g'ri ulangan elektr uzatish yo'lini ta'minlovchi transformatorlarda kesim uch fazaga, izolatsiyalangan yo'lga ishlovchilarda esa ikki fazaga o'rnatiladi.

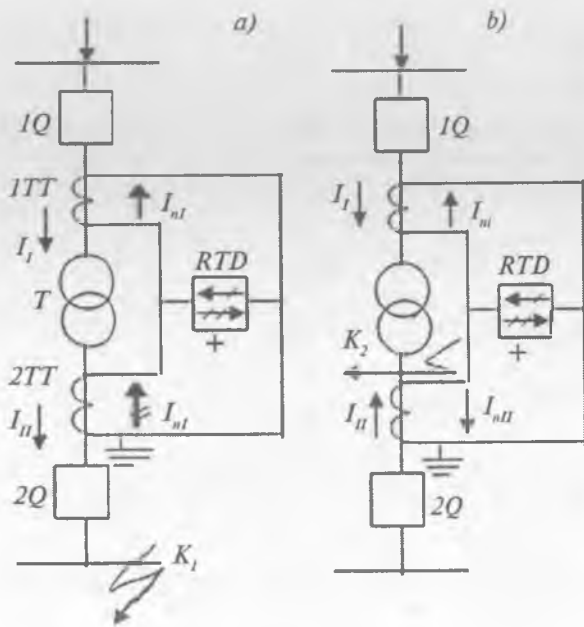
Tokli kesishning ishlash toki transformatorning orqasida ( $K_2$  nuqtada) yuz bergan qisqa tutashuv maksimal tokidan katta qilib olinadi  $I_{XT} = K_{EHT} I_{KG \text{ MAKS}}$ . Bundan tashqari, tokli kesim magnitlash tokining transformatorni ulaganda yuz beradigan katta o'zgarish-



113-rasm. Transformatorning tokli kesim himoyasi:  
 a — ishlashi asosi; b — bir chiziqli sxemasi.

laridan sozlanishi kerak:  $I_{XTL} > I_{MAGN}$ . Bu shartni bajarish uchun ishlash toki transformatorning nominal tokidan 3–5 marta katta bo‘lishi kerak. Kesimning ishlash zonasiga shinalar, chiqishlar va transformator ishi kesim o‘rnatilgan tarafdagi chulg‘aming bir qismi kiradi. Bu zonadagi shikastlanishlarda kesim sabr vaqtsiz qisqa tutashuv tokini o‘chiradi.

**Transformator differensial himoyasi.** Transformatorlarni fazalararo, yer bilan va bir faza chulg‘amlaridagi qisqa tutashuvlardan saqlashda eng ko‘p tarqalgani differensial himoyadir (114-rasm). Differensial himoyaning ishlash asosiga ko‘ra ikkita tok transformatorlari 1 TT va 2 TT kuch transformator T ning ikki tarafga, ya‘ni old va ketiga, bo‘ylama shaklda qo‘yiladi. Ularning ikkilamchi chulg‘amlari shunday ulanadiki, tashqi qisqa tutashuvda reledan toklar farqi oqib o‘tish  $I_R = I_I - I_{II}$  (114-a rasmda  $K_1$  nuqta). Himoyalananayotgan zonada qisqa tutashuv yuz berganda ( $K_2$  nuqta 114-



114-rasm. Transformatorning differensial himoyasi:

a – tashqi qisqa tutashuvda;

b – himoyalananayotgan zonada qisqa tutashuv.

b rasm) reledagi tok  $I_R = I_{II} + II_{II}$ . Agar  $I_R = I_{PI}$  bo'lsa, rele ishlaydi va transformator o'chiriladi. Transformatorning differensial himoyalarda transformatorning har xil chulg'amlarida birlamchi toklar kattalik bo'yicha teng emas va umumiy holda faza bo'yicha ham mos kelmaydi. Yuk va tashqi qisqa tutashuv holatlarda past kuchlanish tarafdagi transformatorning toki  $I_1$  doimo yuqori kuchlanish tarafdagi tokdan  $I_1$  katta. Ular orasidagi nisbat kuch transformatorining transformatsiya koeffitsiyentidan aniqlanadi. Chulg'ami yulduz-uchburchak ulangan transformatorlarda  $I_1$  va  $I_{II}$  toklar nafaqat kattalik jihatidan balki faza jihatdan ham farq qiladi. Fazalarning burilish burchagi transformator chulg'amlarining ulanish guruhlariga bog'liq. Eng ko'p tarqalgan o'n birinchi guruhda uchburchak tarafdagi chiziqli tok yulduz tarafdagi chiziqli tokdan  $30^\circ$  ga oldinda bo'ladi. Chulg'ami yulduz-yulduz ulangan transformatorlarda  $I_1$  va  $I_{II}$  toklar yoki faza bo'yicha mos keladi yoki  $180^\circ$  ga farq qiladi. Shunday qilib, tanlovchanlikni ta'minlab berish uchun ikkilamchi toklar  $I_{I, I} = I_1/n_{TI}$  va  $I_{I, II} = I_{II}/n_{TII}$  ni kattalik va faza bo'yicha tenglashtirib beruvchi maxsus choralar qo'llash kerak, shunda reledagi toklar teng bo'ladi.

**Differensial tokli kesish** oddiy tok relelari yordamida bajariladi va bu relelar sabr vaqtsiz ishlaydilar. Himoya sxemasi 115-rasmda berilgan.

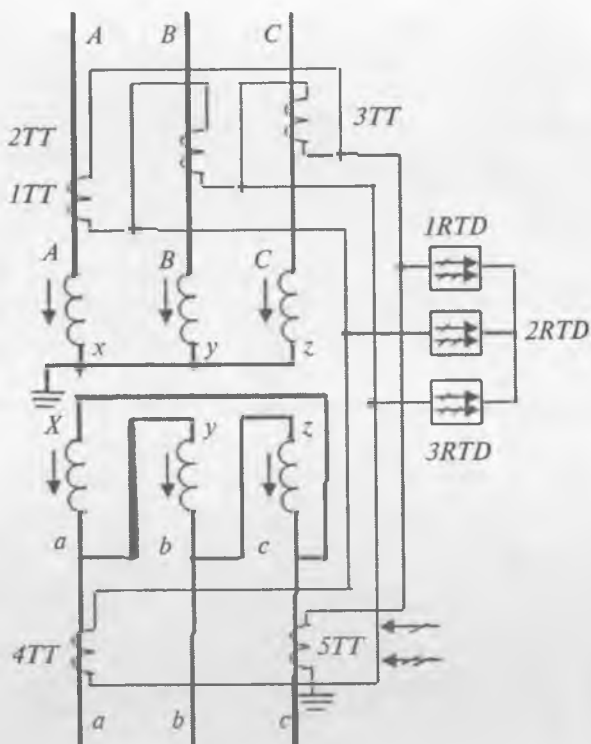
Himoyaning to'g'ri ishlashining asosiy sharti bo'lib, himoya relesini ishlash tokining transformatorni ulagan paytda yuzaga keluvchi magnitlash tokining sakrashlaridan hamda tashqi qisqa tutashuvdan nobalanslik tokidan ishonchli sozlashdir.

$$I_{x,i} = (3+5)I_{nomi}; \quad I_{x,ii} = (3+5)I_{nomii}$$

$$K_{sez} = \frac{I_{x,max}}{I_{x,i}} \geq 1,5. \quad (7.8)$$

Ishlash toki katta bo'lganligi sababli himoya chulg'am o'ramlaridagi qisqa tutashuvlarni yaxshi sezmaydi. Himoyaning afzalliklariga uning soddaligi va tez ishlashligi kiradi, kamchiligiga esa uning chegaralangan sezgirligi kiradi.

Differensial kesim, odatda, kamquvvatli transformatorlarda qachonki fazalararo qisqa tutashuvlarda ikki taraflama tanlovchan va tez o'chirish talab qilganda ishlatiladi.



115-rasm. Transformatorning differensial tokli kesim himoyasi.

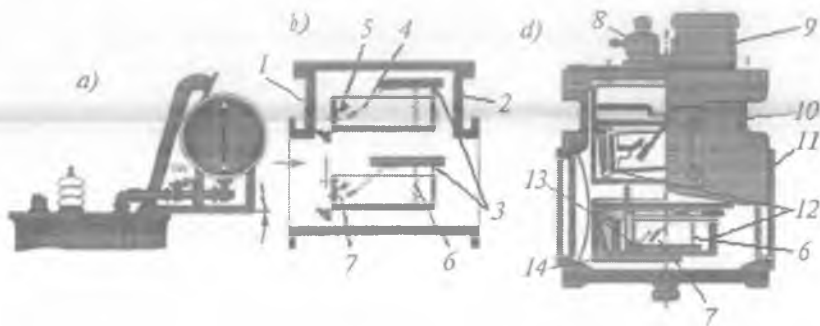
**Transformatorlar gaz himoyasi.** Transformatorlarning ichki shikastlanishlarini erig sezuvchan himoyalardan biri gaz himoyalari hisoblanadi. Transformatorning qobig‘i (korpusi)ni ichida yuz bergan shikastlanishlar elektr yoyi va qismlarning qizishi moyning parchalanishi va uchuvchi gazlarning paydo bo‘lishiga olib keladi. Moydan yengil bo‘lganligi uchun gaz kengaytiruvchi qurilmaga ko‘tariladi, chunki u yuqorida joylashgan va tashqi muhit bilan bog‘langan.

Transformator qobig‘i ichida havoning paydo bo‘lishi va moyning kengaytiruvchi qurilma tomon siljishi transformatorning ichidagi shikastlanishning belgisi bo‘lib xizmat qiladi. Bu belgilar gaz relelari yordamida (gaz paydo bo‘lishi va moy harakatiga ta‘sir javob beruvchi) quriladigan maxsus himoyaning asosini tashkil qiladilar. Gaz relesi transformatorning qobig‘ini kengaytiruvchi qurilma bilan

ulaydigan trubada o'rnatiladi, chunki u orqali havo va moy oqimi o'tadi. Gaz releslari ta'sir javob beruvchi elementlarning asosiga ko'ra uch guruhga bo'linadi: po'kakli PG-22, RGZ-22, PGZ-61; kurakli; piyolasimon elementli, RGCHZ-67. Kuch transformatorining gaz relesi RGCH-66M keltirilgan [13].

O'zining ishlash asosiga ko'ra gaz himoyalari nafaqat shikastlanishlar va xavfli nome'yorli holatlarda ishlaydi, balki transformatorning qobig'i ichida havo bo'lib qolganda, moy mexanik ta'sir natijasida harakatlenganda ham ishlaydi. Havo transformatorga moy quyayotganda, ta'mirdan so'ng moy to'latilayotganda kirib qolgan bo'lishi mumkin. Gaz himoyasi moyning harakat tezligi 15÷20 sm sek bo'lganda xabarga, 50÷160 sm/sek bo'lganda esa o'chirishga ishlaydi. Gaz himoyalari transformatorida moyning balandligining pasayib ketishida ham ishlaydi. Aytilganlarda kelib chiqadiki, gaz himoyalari shikastlanishlarning turiga qarab, xabar yoki o'chirishga ishlaydilar.

Gaz himoyalarning afzalliklaridan bo'lib, uning qurilmasining soddaligi, yuqori sezgirlik, sezilarli shikastlanishida qisqa o'chirish vaqti, shikastlanishining turiga qarab xabar yoki o'chirishga ishlashlari kiradi. Gaz himoyalari, asosan, chulg'amning o'ramlararo qisqa tutashuvlariga eng sezgir himoya hisoblanadi, hozirgi vaqtda quvvati



116-rasm. Kuch transformatori gaz relesi:

- a — transformatorida o'rnatilishi; b — gaz relesining tuzilishi.  
 Unda: 1 va 2 — aluminij idishlar; 3 — o'q; 4 — harakatchan kontakt;  
 5 — turg'un kontakt; 6 — prujina; 7 — kontaktlar; d — gaz relesining tashqi  
 ko'rinishi; 8 — kran; 9 — qisqichli korobka; 10 — korpus;  
 11 — ko'rish oynagi; 12 — chashkalar; 6 — prujina; 7 — kontaktlar;  
 13 — plastina; 14 — ekranlar.

1000 KVA va undan yuqori barcha transformatorlarda gaz himoyalari oʻrnatiladi. Gaz himoyalari transformatorning yuki shikastlanishlariga qoʻshimcha himoya hisoblanadi.

## 7.6. Podstansiya elektr qurilmalarining himoyalari

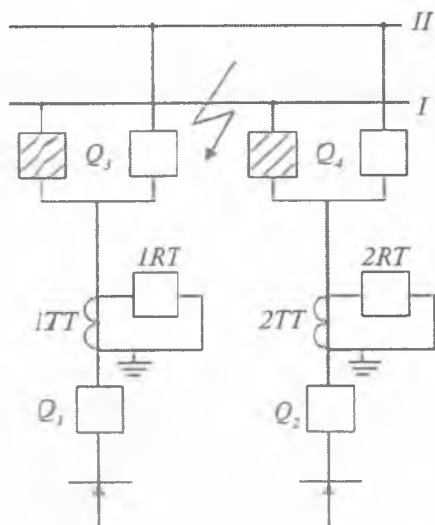
Taqsimlovchi qurilmalarining elementlaridan boʻlgan shinalarda ham shikastlanishlar uchray turadi. Bularga shina izolatorlari va uzgichlar chiqishlarining qoplanib qolishi, kuchlanish transformatorini, shina va uzgich orasiga oʻrnatilgan tok transformatorining shikastlanishi, oʻzgichlar izolatorining va havo uzgichlarining ish mobaynida izolatsiyalarining ishdan chiqishi, tarqatuv qurilmalarida ishlayotgan xizmat koʻrsatuvchi shaxsning notoʻgʻri ishlashlari sabab boʻladi. Turgʻunlik nuqtayi nazaridan shinalardagi shikastlanishlar lahzada oʻchirilishi talab qilinadi. Bu hollarda shikastlanishlarni oʻchiruvchi maxsus shina himoyalari talab qilinadi.

Baʼzi hollarda yoʻl, transformator va generatorlarning himoyalari shinalar tizimidagi shikastlanishlarni tanlovchan oʻchira olmaydi. Bunga misollardan biri sifatida har bir ulanishda ikki uzgichli pasaytirish stansiyasini aytish mumkin (117-rasm). Birinchi shinalar tizimida qisqa tutashuv yuz berganda  $Q_1$  va  $Q_2$  uzgichlar ishlab har ikkala shinalar tizimini manbadan uzadi, vaholanki bu ulanish sxemasi boʻyicha butun pasaytirish stansiyasining ishini  $Q_3$  va  $Q_4$  uzgichlarni oʻchirish bilan saqlab qolish mumkin. Bu koʻrinishdagi shikastlanishning oldini olish yoki oʻchirish maxsus shina himoyalari yordamida amalga oshiriladi.

Shunday qilib aytish mumkinki, maxsus shina himoyalari shunday hollarda qoʻllaniladiki, bunda ulanishlar himoyalari yetarli tezkorlik va tanlovchanlikni taʼminlay olmaydi.

Shinadagi qisqa tutashuvni toʻxtatish uchun himoya barcha shinani taʼminlovchi ulanishlarni oʻchirishi kerak. Hozirgi paytda shinning tez va tanlovchan himoyasi sifatida differensial asosda ishlovchi himoyalar keng tarqalgan. Shinalarni taʼminlovchi transformator va seksiya uzgichlarida maxsus shina himoyasi ishlatiladi. Oxirgi paytlarda shinalardagi qisqa tutashuvlarni tezda oʻchiruvchi himoya (APV) bilan birlashtirilib ishlatiladi. Shinada qisqa tutashuv yuz berganda barcha manbasi boʻlgan ulanishlardan





117-rasm. Ikki uzgichli pasaytiruvchi stansiya himoyasi.

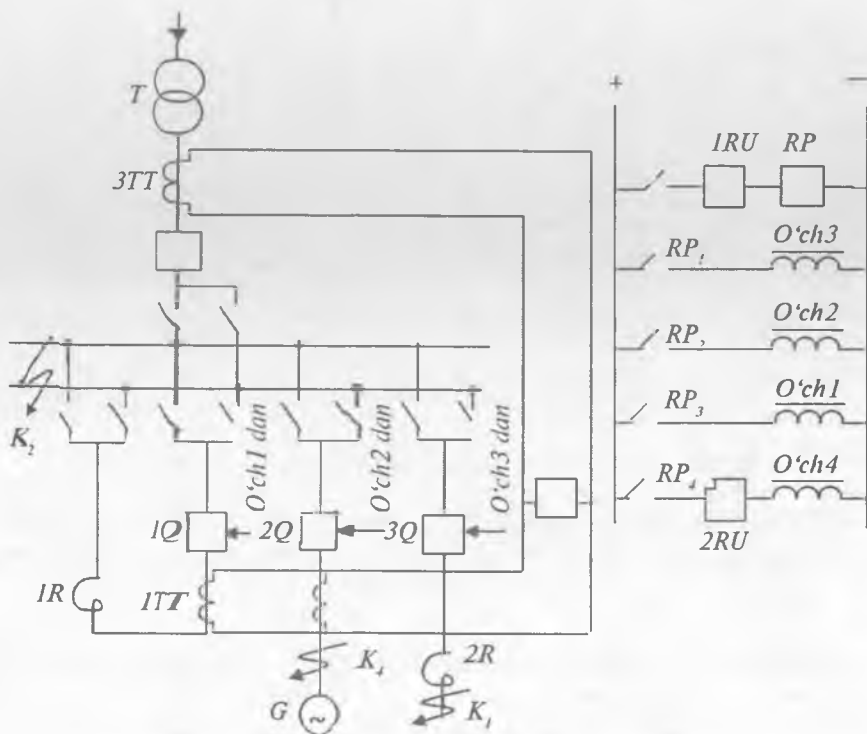
shikastlanish joyiga, ya'ni pasaytirish stansiyasining shinasiga qisqa tutashish toki oqadi (119-b rasm). Shina differensial himoyasining eng asosiy afzalliklaridan bo'lib uning tezkorligi, tanlovchanligi va yuqori sezgirligi hisoblanadi. Shu bilan birga differensial himoya tebranish va o'tayuklanishga ta'sir javob bermaydi. Aniq tok transformatorlari o'rnatilganda, tanlanganda, yaxshi sozlanganda himoya aniq va to'g'ri ishlaydi. Shinalarning differensial himoyasi kuchlanish 110 kV dan yuqori bo'lgan tarqatish punktlarida keng qo'llaniladi. Reaktorli yo'lli va bir necha manbasi bo'lgan taqsimlash punktlarida 118-rasmda ko'rsatilgan to'liq bo'lmagan differensial himoya sxemasi qo'llaniladi.

**10(6) kV li kondensator qurilma himoyalari.** O'zgaruvchan tokli yo'llardagi reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi kondensatorlarini himoyalash uchun ko'p fazali qisqa tutashuvdan releli himoya, o'tayuklanish va kuchlanish ortishidan himoyalar qo'llaniladi. Kondensator qurilmalarini ulovchi yo'llar bir fazali yer bilan qisqa tutashuvdan himoyalangan bo'lishi kerak.

PUE da aytiladi, kondensator qurilmalari kuchlanish ortishidan himoyalanmasligi mumkin, agar kondensatorlar yo'lining mumkin bo'lgan maksimal kuchlanishiga qarab tanlangan bo'lsa, ya'ni bitta

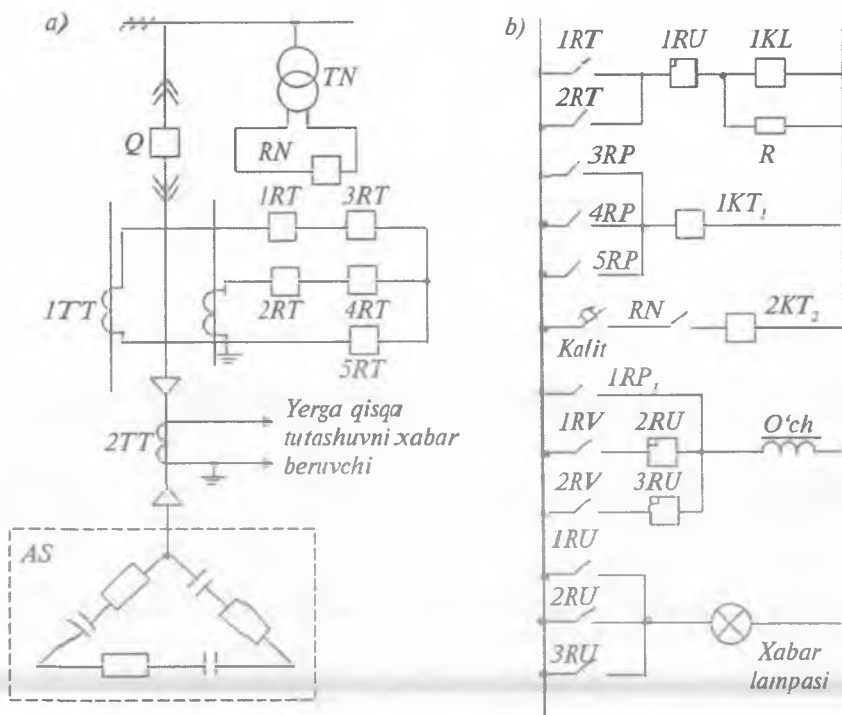
kondensator qurilmaga berilayotgan kuchlanish nominal kuchlanishni 110% dan katta bo'lsa. Kondensatorlarni ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoya sifatida sabr vaqtsiz ishlovchi ikki fazali ikki releli maksimal tok himoyasi qo'llaniladi. Agar bir necha seksiyadan tashkil topgan kondensator qurilmalarida alohida kondensatorlar o'zlarining eruvchi saqlagichlari bilan himoyalangan bo'lsa, bu holda har bir seksiya uchun umumiy himoyaga qo'shimcha ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoya o'rnatilgan bo'lishi kerak.

O'tayuklanishdan himoya ikki fazali uch releli qilib maksimal tok himoyasi shaklida bajariladi va u yuqori garmonika toklaridan kondensator qurilmasini saqlaydi. Kuchlanishni ortib ketishidan himoya katta qaytish koeffitsiyentli bitta maksimal kuchlanish relesi asosida bajariladi va kondensator qurilmasini sabr vaqt bilan



118-rasm. Reaktorli va bir necha manbasi bo'lgan taqsimlash punktlarining to'liq bo'lmagan differensial himoya sxemasi.

o'chiradi. Kondensator qurilmalari barcha turdagi o'chirilishlardan so'ng 5 minutdan kam bo'lgan vaqtda qayta ulanmaydi, chunki ular to'liq razryadlangan bo'lishi kerak. Ko'p kuchlanishdan himoyaning birlamchi ishlash kuchlanishi qurilmani me'yorli holatda o'chirilmalik shartidan olinadi (119-rasm).



119-rasm. Kondensator qurilmasi (AS) yo'lining himoyasi:

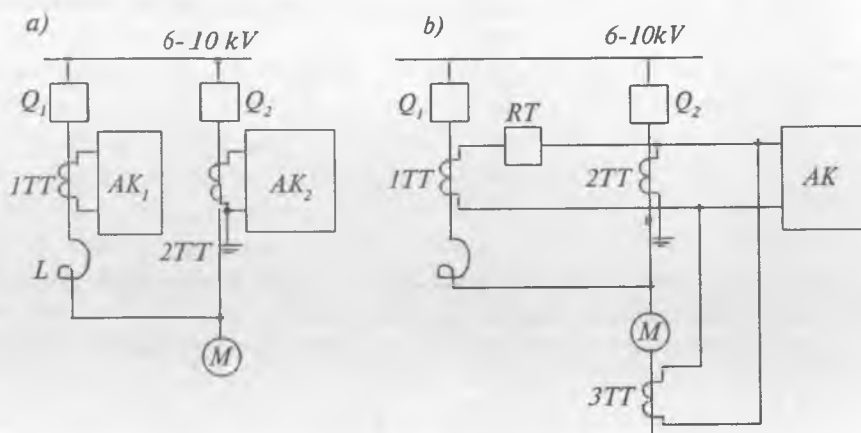
- a – himoya sxemasi; b – ishga tushirish sxemasi; Q – uzgich;  
 1TT, 2TT – tok transformatorlari; TN – RN-58 tipidagi kuchlanish relezi;  
 KT<sub>1</sub>, KT<sub>2</sub> – vaqt relelari; KL – oraliq rele;  
 KN<sub>1</sub>, KN<sub>2</sub> – ko'rsatkich relelar;  
 KQC – uzgich Q ni o'chirish kontaktini «ulangan» ko'rsatkich kontakti.

Yuqori kuchlanishli sinxron va asinxron motorlar himoyasi sifatida chiqishlardagi va stator chulg'amidagi yuz beradigan ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoya, chiqish va stator chulg'amida yer bilan bir fazali qisqa tutashuvdan himoya, o'tayuklanishdan himoya, ta'minlashning yo'qolishi va kuchlanish tushuvidan

himoya, sinxron motorlarni asinxron holatdan himoyalar qo'llaniladi. Ko'p tezlikli elektr motorlarning himoyasi har bir tezlik uchun alohida qilib bajariladi.

Ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoya barcha sinxron va asinxron motorlarda o'rnatilgan bo'lib, motor chiqishlari va stator chulg'amida qisqa tutashuvda motorni o'chirish uchun xizmat qiladi. Sinxron motorlarda himoya motorda maydonning avtomat uzgichi bo'lsa, unga ham ta'sir qiladi.

120-rasmda reaktor bilan ishga tushiriluvchi elektr motorning ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoyalari tok zanjirlarining sxemasi keltirilgan.



120-rasm. Reaktor bilan ishga tushiriluvchi elektr motorning ko'p fazali qisqa tutashuvdan himoyalari tok zanjirlarining sxemasi:

a – tokli kesim qo'llanilganda; b – differensial himoya qo'llanilganda;

M – motor; L – ishga tushiruvchi reaktor;

AK, AK<sub>1</sub>, AK<sub>2</sub> – tokli kesim komplektlari.

Nominal quvvati 4000 kW gacha bo'lgan elektr motorlarning aytib o'tilgan himoyasi fazalar tokiga ulangan ikki releli sabr vaqtsiz ishlovchi tokli kesim sifatida bajariladi. Nominal quvvati 4000 kW va undan katta bo'lgan motorlarning aytib o'tilgan himoyasi sabr vaqtsiz tokli bo'ylama differensial himoya sifatida bajariladi. Bu himoya kichikroq quvvatli motorlarda agar tokli kesim yetarli sezgirlikka ega bo'lmasa va stator chulg'ami nol chiqish tarafiga ega bo'lsa yoki

ularga tok transformatorlari o'rnatilgan bo'lsa ham qo'llaniladi. Bu motorlarda fazalar toki farqiga ulangan bir releli tokli kesimni himoya sifatida qo'llab bo'lmaydi.

### 7.7. Podstansiyada mikroprotessorli boshqaruv

Mikroprotessorli boshqaruv tizimini tortuvchi podstansiyaning releli himoyasi va avtomatikasi (RHA) da qo'llash mazkur qurilmaning tuzilishiga qat'iy o'zgarishlar kiritish bilan chegaralanmay, butun himoya, avtomatika va boshqaruv tamoyilini o'zgartirishga olib keladi. Boshqaruv tamoyili doirasiga nazariyaning ba'zi asoslari, zarur texnik vositalar va shunga mos texnologik jarayonlar kiradi.

Odatda, RHA ni tuzish xususiy holdan umumiy holga o'tish usulida bajarilar edi. Mikroprotessorli boshqaruvda esa samaraliroq bo'lgan *tizimli yondoshish* qo'llaniladi va umumiy holdan xususiy holga kelish usulida bajariladi. Mikroprotessorli boshqaruv joriy etilganda RHA ni tuzish avvalo himoyaning umumiy muammolaridan boshlanib, ayrim qurilma shakliga keltiriladi. So'ngra RHA qurilmasi tuzish bir yo'la ikkilamchi zanjirlar funksiyalarining to'la to'plamini, ya'ni himoyalash, avtomatlashtirish, boshqarish, signalizatsiya va diagnostikani qamrab olishi kerak.

Releli himoya, avtomatlashtirish, boshqarish, signalizatsiya uchun mo'ljallangan releli himoyaning mikroprotessorli bloklari BMRZ (блоки микропроцессорных релейной защиты) quyidagilardir:

– BMRZ-FKS – kontakt tarmog'i fiderlarining releli himoya, avtomatlashtirish, boshqarish va signalizatsiya bloki;

– BMRZ-FVV – uzgich fiderining releli himoya, avtomatlashtirish, boshqarish va signalizatsiya bloki;

– BMRZ-UPK – ko'ndalang kompensatsiya qurilmasining releli himoya, avtomatlashtirish, boshqarish va signalizatsiya bloki;

– BMRZ-DPR – ikki sim va rele fiderining releli himoya, avtomatlashtirish, boshqarish va signalizatsiya bloki;

– BMRZ-TSN – o'z ehtiyoji transformatori fiderining releli himoya, avtomatlashtirish, boshqarish va signalizatsiya bloki.

BMRZ bloklarining o'lchami 300x355x195 va og'irligi 9 kg gacha bo'lib, ularning tashqi ko'rinishi 121-rasmda keltirilgan.

27,5 kV tortuvchi tarmoq BMRZ larining  
bajarish vazifalari

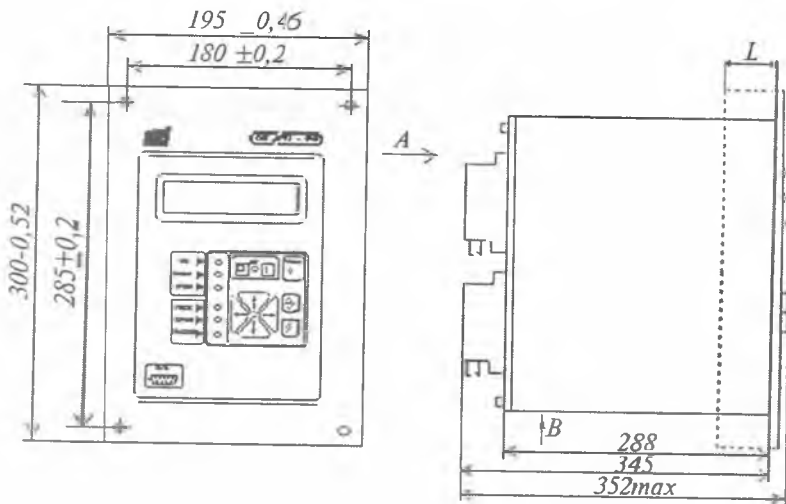
Tokli kesish	++	+	+	+	+
Yaqin QT himoyasi – tokli kesish 2	++	-	-	-	-
Yo'naltirilmagan masofa himoyasi	+	+	-	-	-
Yo'naltirilgan masofa himoyasi	+	+	-	-	-
Maksimal tok himoyasi	-	+	+	+	+
Minimal kuchlanish himoyasi	+	+	+	+	+
Kuchlanish differens. himoyasi	-	-	+	-	-
Nosimetriya va faza uzilish	-	-	-	+	-
Bo'ylama tok himoyasi	-	-	+	-	-
Yuqori garmonikadan kondensator o'tayuklama himoyasi	-	-	+	-	-
Kuchlanish kattalashishidan himoya	-	-	+	-	-
Kontakt simi otjigidan himoya	+	-	-	-	-
Shinalarning mantiqiy himoyasi	+	+	+	+	+
KRU ni ichki QT dan himoya	+	+	+	+	+
Ikki marta qayta ulash APV	+	-	-	+	+
Uzgich ishlamaslik rezervi	+	+	+	+	+
Tashqi himoya buyrug'ini bajarish	+	+	+	+	+
Avariya avtomat ossilloqflash	+	+	+	+	+
Avtomatik chastota yuksizlanishi	-	-	-	+	+

\* Tezkor himoya, ishlash vaqti  $t = 25$  ms dan ortmas.

BMRZ bloklari NTS «Mexanotronika» bilan OOO «NIEFA-Energiya» tashkilotlari tomonidan ishlab chiqarilgan.

*Nazorat uchun savollar*

1. Relening vazifasi nima dan iborat?
2. Maksimal tok himoyasi qachon qo'llaniladi?



121-rasm. BMRS bloklarning tashqi koʻrinishi.

3. Releli himoyaning vazifasi nima?
4. Avtomatlashning asosiy qurilmalari.
5. Releli himoyaga talablarni ayting.
6. Relelarning asosiy turlarini keltiring.
7. Operativ tok qanday tok?
8. Bevosita va bilvosita taʼsir qiluvchi relelarni ayting.
9. Differensial himoya qachon va qayerda qoʻllaniladi?
10. Masofali himoyaning vazifasi nimadan iborat?
11. Tok relesining vazifasi nima?
12. Kuch transformatorida qanday himovalar qoʻllaniladi?
13. Kondensator qurilmalari qanday himoyalani?
14. Motorlar qanday himoyalani?
15. Releli himoyaning mikroprotessorli bloklari (BMRZ) nima?

---

## 8-bob

# STANSIYA VA PODSTANSIYALARNING O'Z ENERGIYA IST'EMOLI

### 8.1. Podstansiyaning o'z energiya iste'moli

Elektr stansiya va podstansiyalarning o'z ehtiyojini qondiruvchi energiya iste'molchilari qatoriga o'zgaruvchan tokda ishlovchi: ichki va tashqi yoritkichlar, yuqori kuchlanishli uzgichlarni va ularning yuritmalarini isituvchi qurilmalar, transformatorlarga havo puflagich tarmoqlari, moy xo'jalik uskunalari va boshqalarning elektr iste'moli kirsa; o'zgarmas tokda ishlovchi: boshqaruv, signalizatsiya, himoya tizimlari va avariya vaqtida ishlovchi yoritkichlarning 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, manbaning qo'llanishi uchun qator sabablari mavjud: avariya yoritkichlari bilan ta'minlash zaruriyati; boshqaruv va signalizatsiya zanjirlari o'zgarmas tokda ishlovchi kommutatsiya jihozlari (o'zgaruvchan tokning yuqori kuchlanishli o'chirgichi, tez ishlovchi o'chirgichlar) qo'llanganligi. Podstansiyalarning shinalarida kuchlanish yo'qolsa ham akkumulator batareyalari avariya yoritkichlarini va kommutatsiyalovchi hamda tez ishlovchi o'chirgichlarni 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 chulg'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 chulg'amlari; kommutatsiya jihozlarining



boshqaruv zajiridagi va avtomatika sxemalaridagi ulovchi va o'chi-ruvchi relelar;

– podstansiyalarning yig'indi shinalarida kuchlanish yo'qolsa o'zgarma tok shinalariga avtomatik tarzda ulanuvchi qurilmalar: avariya yoritkichlari.

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, podstansiyalarda 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% ga teng yetib 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;

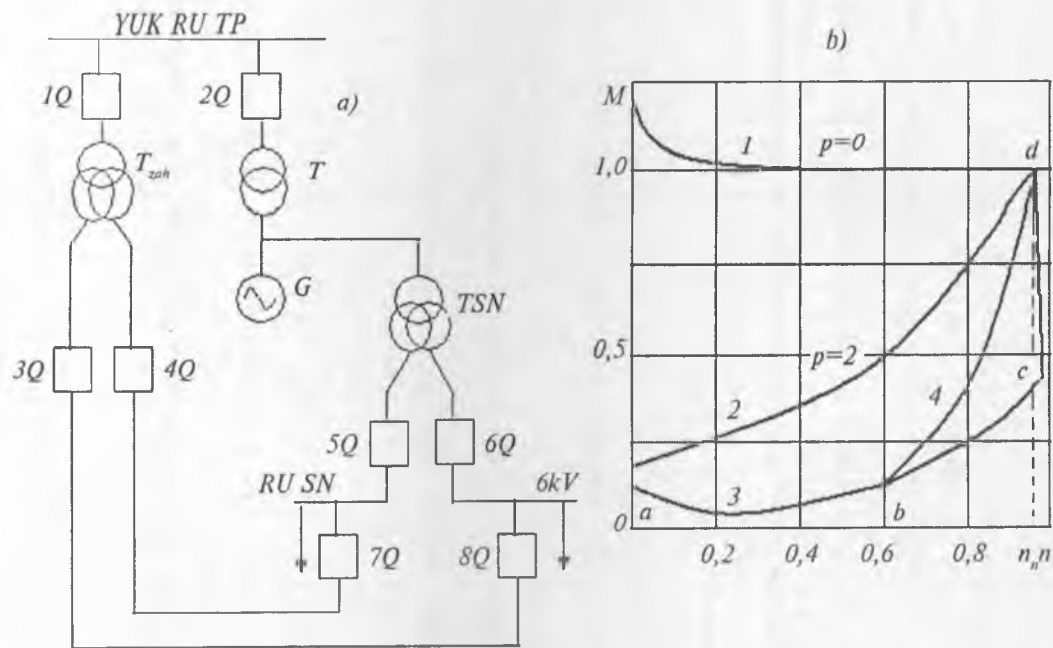
– stansiyadagi avariya holatlarni umumiy elektr energiya tizimiga ta'sirini o'tkazmaslik.

O'z ehtiyoj energiya manbalarini qurishning ikki usuli mavjud: o'z ehtiyoj energiyasini umumiy elektr tizimidan olish; o'z ehtiyoj energiya quvvatini kichik quvvatlik generatorlardan olish.

Birinchi usulning kamchiligiga uning asosiy elektr tizimi qiymatlari, chastota, kuchlanish va boshqalarning o'zgarishiga bog'liqligi kiradi. Ikkinchi usulning kamchiligi esa unga sarf bo'ladigan mablag'ning ko'pligi hisoblanadi.

Bunday sxemalarning ishlaridagi ishonchlilik, barqarorlik, quyidagi chora-tadbir va vositalar natijasida olinadi:

– o'z ehtiyoj tizimlarida qisqa tutashgan;  
– rotorlik asinxron motorlarini ishlatish, bunda ularni ishga tushirish to'g'ridan-to'g'ri manbaga ulab amalga oshirilishi mumkin, tezliklari boshqarilmaydi va manba kuchlanishining pasayishi bo'yicha himoyalanaadi, xolos;



122-rasm. O'z ehtiyoj manbalarining ko'p tarqalgan turlaridan biri:

a – o'z ehtiyojini energotizimdan yoki zaxira generatordan ta'minlash;

T – asosiy kuch transformatori, TSN – o'z ehtiyoj transformatori, RU SN – o'z ehtiyoj shinasini,  
 $T_{zah}$  – zaxira transformatori, YUK RU TP – podstansiyaning yuqori kuchlanish taqsimlash qurilmasi;

b – o'z ehtiyoj elektr yuritmalari mexanik tavsiflari; 1 – tegirmon,

2 – ventilator, 3, 4 – nasos va teskari bosimga ishlovchi nasos.

– o‘z ehtiyoj va elektr energiya tizimidagi avariya holat tugagach, ularni qayta o‘z-o‘zidan ishga tushib ketishini ta‘minlash;  
– elektr energiya tizimi va o‘z ehtiyoj manbalarining barcha elementlariga tez ta‘sir etuvchi avtomat ravishda ishlovchi sxemalar, uzgichlarni qo‘llash.

Hozirgi kunda podstansiyalarining o‘z ehtiyoj manbalari energiya tizimida sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan avariya holatlarni faqat energiya tizimni to‘la avtomatlashtirish orqaligina bartaraf etishi mumkin.

Elektr energiyasi tizimlaridagi barcha hodisalarni nazorat etuvchi umumiy avtomatlashtirilgan tizimni yaratish (chastota bo‘yicha avtomat ravishda yuksizlantirish, zaxiradagi manba va o‘z ehtiyoj mexanizmlarini tizimga kiritish, generatorning qo‘zg‘atuvchi chulg‘amini avtomat ravishda boshqarish va karralik qo‘zg‘atish usulini ta‘minlash).

O‘z ehtiyoj mexanizmlari qarshilik momentlari bo‘yicha ikki turda bo‘ladi: aylanishlar chastotasiga bog‘liq bo‘lmagan, aylanishlar chastotasiga bog‘liq bo‘lgan. (122-b rasm).

O‘zgarmas qarshilik momentlik kranlar, lebyodkalar, kompressorlar va yonilg‘ini tayyorlovchi va yetkazib beruvchi transportlar (ko‘mir maydalagichlar, tegirmonlar, transportyorlar, ko‘mir changini yutuvchilar) kiradi. Bunday mexanizmlarning ishga tushirish moment qarshiliklari ancha yuqori.

Juda ko‘p mexanizmlar ventilator yuklamasi bilan ishlatiladi ( $M = n^2$ ). Shuning uchun ularning ishga tushish momentlari nominal momentga nisbatan juda kichik bo‘ladi, ya‘ni  $M_{\text{vent}} = (0,1 \div 0,3) M_n$ .

Xuddi shunday juda ko‘p mexanizmlar nasos yuklamasi bilan ishlatiladi. Nasos momentlarining o‘zgarishi ventilatori yuklamalik mexanizmlarin ikiga o‘xshasa-da, ulardan ancha murakkabroq hisoblanadi. Chunki ular faqat dinamik moment qarshiligi ostida ishlaydi, balki ularga statik moment ham ta‘sir qiladi. Bunda suyuqlikni ko‘tarish balandligi va teskari bosimning ta‘sirini hisobga olish lozim. Nasoslarning ochib va yopib turiladigan to‘g‘onlari, eshiklarining ish jarayoni juda katta ahamiyatga ega.

Umuman olganda, o‘z ehtiyoj mexanizmlari ish jarayonlarining barcha turlarini hisobga olish lozim, chunki ayrim mexanizmlarning miqdorlarini boshqarish zarur. Boshqarish esa ularning tavsiflarining

o'zgarishiga olib keladi. Bunda aylanish chastotasini o'zgartirish, nasos lopastlarining burchaklarini boshqarish, drossel boshqarish usullari keng qo'llaniladi. Nasos va ventilatorlarning ishlab chiqarishini boshqarish usulini tanlashda ularga qo'yilgan talablar: silliqlik, boshqarish ko'lami, tejamkorlik, ishonchlilik va boshqalar bajarilishi talab qilinadi.

Ventilatorlarning aylanish chastotalarini boshqarish ularning elektr yuritmalarning tezligini o'zgartirishni taqozo etadi. Bunda asinxron motorlarning tezligi asinxron-ventillik kaskad, tiristorlik boshqarish, manba chastotasini o'zgartirish, kollektorlik motorlarni qo'llash, ikki tezliklik asinxron motorlarini ishlatish usullari bilan boshqariladi. Ayrim hollarda bug' turbinalari yuritmalarini ham boshqarishga to'g'ri keladi. Markazdan qochma va o'q bo'ylab harakatlanuvchi nasoslarning ishlab chiqarish hajmini tezlikni o'zgartirish yoki parraklarning joylashish burchagini o'zgartirish usulini qo'llash mumkin. Bunday usul juda tejamkorli hisoblanadi va uning ko'rsatkichlari chastota yordamida boshqarish usulining ko'rsatkichlariga yaqin bo'ladi.

Ko'p hollarda parrakli nasos va ventilatorlarning ishlab chiqarish ko'rsatkichlari drosselash, elektromagnit yoki gidravlik muftalarni qo'llash bilan ham amalga oshiriladi.

Podstansiyaning barcha mexanizmlar tinmay ishlatilmaydi, ularning ko'plari davriy yoki qisqa muddatli ishlatilishi mumkin. Transformatorning umumiy quvvatini aniqlashda asosiy, zaxira va kam ishlatiladigan mexanizmlarning quvvatlari ham hisobga olinadi. Ko'p hollarda transformatorlarning birinchi kuchlanishlari generator kuchlanishiga teng qilib olinadi:

$$S_{r0.4} = 0,75\Sigma P'_{dv} + 0,35\Sigma P''_{dv} + 0,2\Sigma_{lug'on.dv} + 0,9\Sigma P_{vorit} \quad (8.1)$$

Bunda:  $\Sigma P'_{dv}$ ,  $\Sigma P''_{dv}$  — transformatorga ulanadigan, motorlarning umumiy quvvatlari, ya'ni  $P_{n.dv} > 75 \text{ kW}$ ,  $P_{n.dv} < 75 \text{ kW}$ ;  $\Sigma_{lug'on.dv}$  — to'g'on elektr motorlarning quvvati;  $\Sigma P_{vorit}$  — isitish va yoritish asboblarning umumiy yuklamasi.

Elektr stansiyalarida ishlatiladigan motorlarning aksariyati katta quvvatlik bo'lganligi sababli 6 kV manbaga ulanadi. Endi yuqori kuchlanishli motor va transformatorlarning quvvatlariga qarab

6 kW kichik kuchlanish iste'molchilarining umumiy quvvatini topish mumkin:

$$S_{t, 6} = 0,9(\Sigma P_{mot, 6} + \Sigma S_{t, 0,4}). \quad (8.2)$$

Bunda:  $\Sigma P_{mot, 6}$  – 6 kV kuchlanishlik barcha qurilmalarning umumiy quvvatlari.  $\Sigma S_{t, 0,4} 6/0,4$  kV – kuchlanishlik asosiy, zaxira, kam ishlatiladigan transformatorlarga ulangan quvvatlarning yig'indisi.

Zaxira energiya manbalari, ularning soni texnologik jarayon va ishlab chiqarish tajribalariga asosan aniqlanadi.

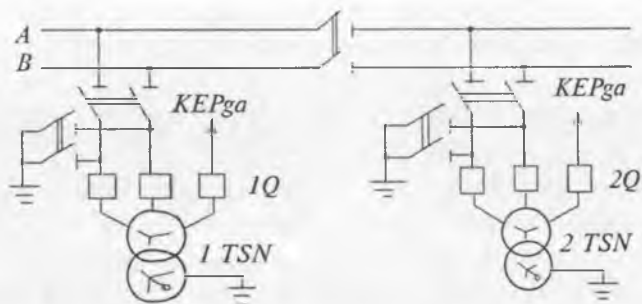
## 8.2. O'z ehtiyoj transformatorlari

O'z ehtiyoj transformatorlari (TSN – трансформаторы собственных нужд) barcha turdagi har bir podstansiya uchun ikkitadan o'rnatiladi. Har bir TSN transformatorining quvvati asosiy yuklamlarning quvvatiga teng qilib olinadi. TSN transformatorining bittasi ishchi va ikkinchisi zaxira xizmatini o'taydi. Iste'molchilarning energiya ta'minoti uzluksizligini ta'minlash uchun TSN transformatorlariga zaxirani avtomatik ulash qurilmasi o'rnatiladi. Moy uzgichli 110 kV va 220 kV tayanch hamda 220 kV tranzit podstansiyalarda moy uzgichlarini isitib turish uchun ko'proq energiya talab qilinishini hisobga olib, ikkita qo'shimcha TSN transformatorlari o'rnatiladi.

Tok transformatorlaridan o'lchov asboblari (faol quvvat schyotchiklari, ampermetrlar, voltmetrlarni) energiya ta'minotida foydalaniladi (123-rasm). O'z ehtiyoj TSN transformatorlarining quvvati podstansiyalarning turiga qarab 16-jadval bo'yicha tanlanadi. Unda tayanch, tranzit, shoxobcha va boshi berk turidagi o'zgaruvchan va o'zgarmas tokda ishlovchi podstansiyalar uchun asosiy va qo'shimcha TSN transformatorlari soni keltirilgan.

## 8.3. Podstansiya akkumulator batareyalari

Podstansiyalarda ilgari, asosan, ishqorli akkumulatorlar ishlatilgan bo'lsa, hozir ular 18 yillik fodalani davrida kam texnik xizmat ko'rsatiluvchi A-600 va texnik xizmat ko'rsatilmaydigan A-



123-rasm. Podstansiyalarning o'z ehtiyoj transformatorlarini ulash sxemalari.

700 rusmdagi qo'rg'oshin-kislotali akkumulatorlar bilan almash-tirilmoqda (124, 125-rasmlar).

Ishqorli akkumulator elementlarining EYUK 1,25 V ga teng bo'lib, 12 V kuchlanishga ega bo'lgan akkumulator batareyasini hosil qilish uchun o'n ta akkumulator elementi ketma-ket ulanadi. Ishqorli akkumulator batareyalarining ichki qarshiligi nisbatan katta bo'ladi, shuning uchun katta tok bilan razryad qilinganda, ya'ni startyor tartibida ishlaganda, ularning tutqichlaridagi kuchlanish, qo'rg'oshin-kislotali akkumulatorlarga nisbatan ancha past bo'ladi.

16-jadval

O'z ehtiyoj (TSN) transformatorining quvvatini tanlash

Podstansiya turi	Tok turi	Ta'minlovchi elektr uzatish yo'lining kuchlanishi, kV	Soni va quvvati kVxA	Qo'shimcha TSN soni va quvvati kVxA
Tayanch (опорная)	O'z-garuvchan va o'z-garimas	110 va 220	2x400	2x400
Tranzit oraliq (промежуточная)		220, uch ulagichli	2x400	
		220, uch ulagichli	2x400	2x250
Shoxobcha (ответвленная)		110	2x400	—

12 V kuchlanishga mo'ljallangan ishqorli akkumulator batareyasi, qo'rg'oshin-kislotali akkumulatorga nisbatan 1,5 marta og'ir, narxi esa 2÷3 barobar ortiq bo'ladi.

Shuning uchun, ishqorli akkumulatorlar avtomobilda juda kam ishlatiladi.

Lekin, ishqorli akkumulatorlarning mexanik mustahkamligining yuqoriligi va xizmat muddati qo'rg'oshin-kislotali akkumulatorlarga nisbatan 4÷5 barobar ortiq bo'lishi diqqatga sazovordir.

Shu sababli, akkumulatorlarni ishlatish jarayonida ularning ishonchlilik va chidamlilik omillari o'ta zarur bo'lganda, masalan, yer sharining shimoliy yoki janubiy qutblarida, umuman yetib borish qiyin bo'lgan joylarda ishlash uchun, ishqorli akkumulatorlarni ishlatish maqsadga muvofiq bo'ladi.

**Qo'rg'oshin-kislotali akkumulatorlar.** Kam texnik xizmat ko'rsatiladigan akkumulatorlarga Sonnenschein A-600 OpzV akkumulatorlar misol bo'ladi. Ularning sig'imi 91 A · soatdan 3286 A · soatgacha bo'lib, ishlash davri 18 yildir. Akkumulatorlar bir yoki ikki elementli bajarilgan bo'lib, 6 V va 12 V, 24 V, 48 V kuchlanishli akkumulator batareyalari ishlab chiqariladi.

Bunday akkumulatorlar tuzilishi jihatdan farq qiladi. Ularning musbat ishorali elektrodi quvurcha shaklidagi qo'rg'oshin taroqdan tuzilgan bo'lib, taroq bosim bilan quyib yasaladi. Qo'rg'oshin taroq g'ovak himoya g'ilofiga joylangan.

Har bir quvurcha ichiga musbat faol materialining suspenziyasi solib qo'yilgan. G'ilof uzoq foydalanish davrida musbat plastina faol materialining erib yoki maydalanib ketishidan ishonchli saqlab turadi. G'ilof musbat plastina faol materiali bilan sulfat kislota  $H_2SO_4$  eritmasi orasida sodir bo'ladigan ionlar almashuviga qarshilik ko'rsatmaydigan g'ovak holda yasalgani uchun kimyoviy reaksiya tezligi va samaradorligiga ta'sir etmaydi. Bunday quvurchalar shaklidagi musbat plastinaning faol sirti tekis surkalgan plastinaga nisbatan bir necha marta kattaroqdir.

Manfiy ishorali elektrodi tekis surkalgan plastina hoida yasalgan. Elektrodlar orasiga joylashtirilgan separatorning vazifasi musbat va manfiy ishorali plastinalarni o'zaro elektr izolatsiyalashdir. Separator mikrog'ovakli elektr o'tkazmas va kislotaga chidamli materialdan yasalgan. Elektrodlar orasidagi sulfat kislota  $H_2SO_4$  eritmasidan

tashkil topgan elektrolit yuqori quyushqoqli jelesimon holda qoʻllanilgan.

Podstansiyalarda kam xizmat koʻrsatiluvchi A-600 8OpzV800 akkumulator elementlaridan yigʻilgan batareyalar qoʻllanilsa, metropolitenda 6OpzV600 batareyalar ishlatilmoqda. Mutlaq xizmat koʻrsatmaydigan katta sigʻimli A-700 TXE rusmli akkumulator batareyalari ham mavjud. Ularning tashqi oʻlchamlari 124-rasmda berilgan. A-600 8OpzV800 akkumulyator elementlarining tashqi koʻrinishlari 125-*d, e* rasmlarda hamda texnik tavsiflari 17-jadvalda keltirilgan [46].

Foydalanish davrida mutloq texnik xizmat koʻrsatilmaydigan qoʻrgʻoshin-kislotalali akkumulatorlar ham ishlab chiqariladi. Bunga A-700 rusmli akkumulator misol boʻlib, texnik kursatkichlari 17-jadvalda, tashqi oʻlchamlari 124-rasmida va tashqi koʻrinishlari 125-*b* rasmida keltirilgan.

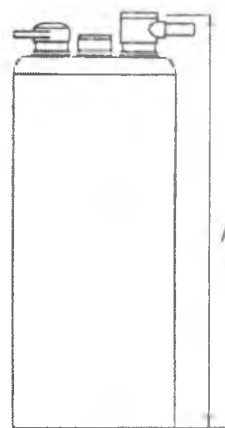
17-jadval

A-600 OpzV hamda A-700 TXE akkumulatori parametrlari

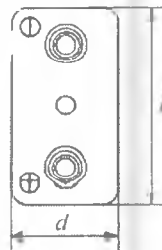
	U,V	Sigʻim, A·soat	h,mm	d, mm	b,mm	P,kg	Ele- ment soni	Tok razrya- di A
A-600 akkumulatori								
6OpzV600	2	600	710	147	208	57,7	1	60
8OpzV800	2	800	710	215	193	68	2	80
12OpzV1200	2	1200	710	215	277	113	2	120
24OpzV6000		6000	857	455	656	722	4	600
A-700 akkumulatori								
A702/1300	2,2	380	513	126	208	30		38
A702/4400	2,2	1430	688	215	272	96		143

A-600 qoʻrgʻoshin-kislotalali akkumulatorining maksimal razryad tokini vaqtga bogʻliq oʻzgarishi 18-jadvalda keltirilgan. Buni bilish akkumulator tanlashga yordam qiladi.

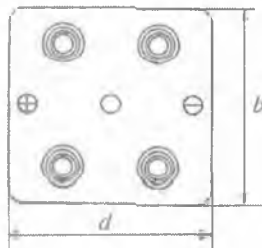




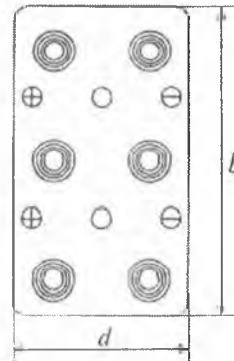
4OpzS125 LA  
8OpzS685 LA  
TXE 135 LA  
TXE 700 LA



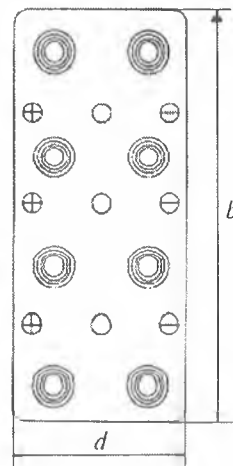
7OpzS 800 LA  
12OpzS11760 LA  
TXE 900 LA  
TXE 1800 LA



16 OpzS 2000 LA  
TXE 2250 Ca



24 OpzS 3140 LA  
TXE 3800 Ca



124-rasm. OpzV va TXE rusmli qo'rg'oshin-kislotali akkumulatoring tashqi o'lchamlari.



Sonnenschein

a)

A-700 TXE

b)

A-600

OPzS



125-rasm. Akkumulatorlar:  
a, d - A-700 TXE; b, e - A-600 OpzV.

Soat	0,25	0,5	1	2	3	5	8	10
6 OpzV 600	458	388	314	227	185	130	89,4	74,5
8 OpzV 800	611	518	419	303	247	173	119	99,8

Elektr yurituvchi kuch  $E$  akkumulatorning asosiy ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, u tashqi zanjir uzilgan holda, musbat va manfiy elektrodlar orasidagi potentsiallar ayirmasiga teng. Qo'rg'oshin-kislotali akkumulatorning EYUK faqat razryadlanish – zaryadlanish jarayonlarida ishtirok qilayotgan moddalarning kimyoviy va fizik xususiyatlariga bog'liq. Plastinalarning kattaligi va aktiv massaning miqdori EYUK ga mutlaqo ta'sir ko'rsatmaydi.

**Qo'rg'oshin-kislotali akkumulator EYUKi** –  $E$  quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$E = 2,047 + \frac{RT}{F} \ln \left[ \frac{\alpha(H_2SO_4)}{\alpha(H_2O)} \right], \quad (8.3)$$

bunda,  $R$  – universal gaz doimiysi,  $T$  – absolyut temperatura,  $F$  – Faradey soni,  $\alpha(H_2SO_4)/\alpha(H_2O)$  – elektrolit aktivligi.

Ko'paytma  $RT/F$  ning  $25^\circ\text{C}$  dagi qiymati  $0,02565$  V ga teng. Elektrolit aktivligi uning konsentratsiyasiga, ya'ni zichligi  $\rho$  ga bog'liq. Elektrolitning akkumulatoridagi elektrkimyoviy jarayonlarda ishtirok qilishi natijasida, zichligi va plastinalar orasidagi potentsiallar ayirmasi o'zgaradi va ularga mos ravishda EYUK ham o'zgaradi.

Amalda, akkumulatorning EYUK ini aniqlashi uchun tajriba yo'li bilan topilgan ifodadan foydalaniladi:

$$E = 0,84 + \rho_{25} \cdot 10^{-3}, \quad (8.4)$$

bunda,  $\rho_{25}$  – elektrolitning  $25^\circ\text{C}$  ga keltirilgan zichligi,  $\text{kg/m}^3$  da.

**Akkumulator razryadi va qutblanishi.** Akkumulator tashqi zanjirga ulanganda, uning elektrodleri orasidagi potentsiallar ayirmasining o'zgarishi qutblanish deb ataladi. Qutblanish, asosan, razryadlanish va zaryadlanish jarayonining boshlanishida, elektrolitning plastinalarga yaqin qatlamlaridagi zichligi o'zgarishi bilan bog'liq.

Razryad vaqtida plastinalarga yaqin qatlamlardagi elektrolit zichligi kamayadi, natijada akkumulatorning EYUK ham qutb-

lanishning razryad EYUK ( $E_{qR}$ ) qiymatiga teng miqdorda kamayadi. Zaryadlanish vaqtida, buning aksi elektrolit zichligi ortadi, demak, akkumulatorning EYUK ham qutblanishning zaryad EYUK ( $E_{qR}$ ) qiymatiga teng miqdorda ortadi.

Qutblanish o'tish jarayonidir. Batareyani razryadga qo'yilgandan so'ng qutblanishning davom etishi razryad tokining kattaligi va elektrolit temperaturasi bog'liq. Masalan, akkumulator katta tok razryad qilinganda va elektrolit temperaturasi  $-30^{\circ}\text{C}$  gacha bo'lganda, qutblanish vaqti 10 soniyadan oshmaydi. Razryad toki kamayishi bilan qutblanish vaqti ortadi.

Razryad vaqtidagi qutblanish EYUK ning maksimal qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$E_{kr} = m \cdot I n \left( \frac{0,1I}{(n-1)S} \right) \cdot \left( \frac{4300 - 45t_{el}}{110 + t_{el}} \right) \cdot 10^{-3} \quad (8.5)$$

bunda,  $m$  – batareyada ketma-ket ulangan akkumulatorlar soni;  $n$  – akkumulatoridagi plastinalar soni,  $S$  – plastinalarning umumiy yuzasi,  $\text{m}^2$ ;  $t$  – elektrolit temperaturasi,  $^{\circ}\text{C}$ .

Akkumulatorning ichki qarshiligini quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:  $R = R_0 + R_q$ , bu yerda,  $R_0$  – aktiv qarshilik,  $R_q$  – qutblanish qarshiligi.

Aktiv qarshilik  $R_0$  – elektrodlar, elektrolit, separatorlar va akkumulatoridagi metall qismlarning, ya'ni elementlararo ulagichlar, plastina panjaralari va hokazolarning qarshiliklari yig'indisidan iborat. Tadqiqotlar, aktiv qarshilik  $R_0$  akkumulator to'la zaryadlangan holda eng kichik qiymatga ega bo'lishini ko'rsatdi. Razryadlanish jarayoni boshlangandan so'ng elektrodlardagi aktiv massaning kimyoviy tarkibi o'zgarib boshlaydi, elektrolitning zichligi pasayadi. Bu esa, o'z navbatida,  $R_0$  ning ortishiga olib keladi, chunki g'ovak qo'rg'oshinning solishtirma qarshiligi  $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ Om} \cdot \text{sm}$ , qo'rg'oshin ikki oksidniki –  $74 \cdot 10^{-4} \text{ Om} \cdot \text{sm}$  bo'lsa, qo'rg'oshin sulfat tuzining solishtirma qarshiligi  $1 \cdot 10^7 \text{ Om} \cdot \text{sm}$  ni tashkil qiladi. Keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, razryad natijasida hosil bo'ladigan qo'rg'oshin sulfat tuzining qarshiligi birlamchi moddalarning ( $R_v$ ,  $R_v O_2$ ) qarshiligidan ancha katta qiymatga ega.

Elektrolitning qarshiligi uning zichligi va temperaturasi bog'liq. Zichlik va temperatura qancha past bo'lsa, elektrolitning qarshiligi

shuncha yuqori bo'ladi. Demak, aktiv qarshilik  $R_0$  asosan, akkumulatorning razryadlanganlik darajasi va elektrolit temperaturasiga bog'liq ekan.

Zaryadlanish va razryadlanish vaqtida qutblanish EYUK akkumulatorning ichki zanjirlaridagi kuchlanishning pasayishi (yoki ortishi) sifatida namoyon bo'ladi. Shuning uchun, qutblanish EYUK ni shartli ravishda qutblanish qarshiligi  $R_q$  orqali ifoda etish mumkin, ya'ni  $E_q = I R_q$ .

Qutblanish qarshiligi elektrolit temperaturasi pasayishi bilan ortadi va tok ortishi bilan razryadlanish va zaryadlanish vaqtida kamayadi.

**Akkumulator sig'imi.** Akkumulatorning asosiy parametrlaridan biri sig'imdir. Sig'imning ikki turi bor: razryad va nominal sig'im. Razryad sig'imi deb, to'la zaryadlangan akkumulator ma'lum cheklangan kuchlanishgacha  $U_{CHEK}$  qiymati o'zgarmas tok bilan razryad qilinganda, tashqi zanjirga bergan maksimal elektr miqdoriga aytiladi.

Akkumulatorlarni bir-biri bilan solishtirish uchun nominal sig'im —  $C_{20}$  nomli shartli tushuncha kiritilgan. Nominal sig'im deb, ma'lum belgilangan shart-sharoitda akkumulator to'plashi va berishi mumkin bo'lgan elektr miqdoriga aytiladi. Davlat standarti bo'yicha nominal sig'im  $C_{20}$  elektrolitning temperaturasi  $25^\circ\text{C}$ , razryad vaqti 20 soat, razryad toki  $I_R = 0,05 C_{20}$  bo'lganda aniqlanadi. Razryad 6V li batareyalar uchun kuchlanish 5,25 V gacha, 12 V li batareyalar uchun 10,5 V gacha kamayganda to'xtalishi kerak.

Sig'im A soat bilan o'lchanadi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$C = I_R t, \quad (8.6)$$

bunda,  $I_R$  — razryad toki, A;  $t$  — razryad davom etgan vaqt, soat.

Akkumulatorning razryad sig'imi o'zgaruvchan bo'ladi, va asosan, quyidagi omillarga bog'liq: manfiy va musbat plastinalardagi aktiv massaning miqdori va g'ovakligi; razryad tokining qiymati; elektrolit harorati; elektrolit zichligi va kimyoviy tozaligi.

Razryad tokining qiymati, akkumulatorning sig'imiga katta ta'sir ko'rsatadi. U qanchalik kichik bo'lsa, akkumulatorning sig'imi, ya'ni undan olish mumkin bo'lgan elektr miqdori shunchalik katta bo'ladi.

Chunki, razryad toki kichik bo'lganda, akkumulatorlarda sodir bo'layotgan kimyoviy jarayonlar sekinlik bilan davom etadi, elektrolit aktiv massaning eng ichki qatlamlarigacha singib boradi va, natijada, reaksiyada ishtirok qilayotgan moddalar miqdori ortadi, demak sig'im ham ortadi.

Razryad sig'imiga elektrolitning temperaturasi ham katta ta'sir ko'rsatadi. Temperaturaning pasayishi uning qovushqoqligini oshiradi, natijada akkumulatoridagi kimyoviy jarayonlar sekinlashadi, elektrolit plastinalarning mayda g'ovak teshikchalaridan ichki qatlamlariga o'tishini qiyinlashtiradi.

Bundan tashqari, oldingi bo'limlarda qayd qilingandek, elektrolit temperaturasining pasayishi akkumulatorning aktiv va qutblanish qarshiliklarini oshiradi. Yuqorida aytilgan sabablarga ko'ra elektrolit temperaturasi pasayishi bilan akkumulatorning sig'imi kamayadi. Razryad toki qanchalik katta bo'lsa, elektrolit temperaturasining pasayishi sig'imga shunchalik kuchli ta'sir qiladi.

Elektrolit temperaturasi 25°C dan 45°C gacha oshganda akkumulatorning sig'imi 10-15% gacha ortadi. Lekin bunda plastinalar qattiq qayishib, aktiv massa to'kilib, musbat plastina panjaralari yemirilib ketish xavfi bor.

Akkumulatorning quvvati quyidagi ifoda bilan belgilanadi:

$$P = U \cdot I_r, \quad (8.7)$$

bunda,  $P$  – akkumulatorning quvvati,  $W$ ;  $U$  – kuchlanishi,  $V$ ;  $I_r$  – razryad toki,  $A$ . Ma'lum  $t$  vaqt davomida akkumulator berishi mumkin bo'lgan energiya quyidagi ifoda orqali aniqlanadi  $W \cdot \text{soat}$

$$W_r = \int_0^{t_r} I_r \cdot U_r \cdot dt. \quad (8.8)$$

Akkumulator ishlaganda bir qism elektr energiya isrof bo'lib, u, asosan, elektrolizga, ya'ni suvning kislorod bilan vodorodga parchalanishiga, o'z-o'zidan razryad va issiqlik ajralib chiqishiga sarf bo'ladi.

Shuning uchun, zaryadlash vaqtida akkumulatorga, razryad vaqtida olinishi mumkin bo'lganga nisbatan ko'proq elektr miqdori berilishi kerak.

Akkumulatorning sig'im bo'yicha foydali ish ko'ffisiyenti razryad vaqtida olingan elektr miqdorni, zaryadlash davomida berilgan elektr miqdoriga nisbati bilan aniqlanadi.

$$\eta_r = \frac{C_r}{C_z} = \frac{\int_0^{t_r} I_r \cdot dt}{\int_0^{t_z} I_z \cdot dt} \quad (8.9)$$

Sig'im bo'yicha foydali ish ko'ffisiyenti, zaryadlash jarayoni qanchalik to'la o'tkazilganligi, elektrolit temperaturasi va razryad tokiga bog'liq. To'la zaryadlangan akkumulatorni nominal tok bilan ( $I_r = 0,05 C_{20}$ ) razryad qilinganda  $\eta_c$  ning qiymati 0,9÷0,95 ga yaqinlashadi. Akkumulatorning energiya bo'yicha foydali ish ko'ffisiyenti, razryad vaqtida uzatilgan energiyani zaryadlash vaqtida berilgan energiyaga nisbati orqali ifodalanadi:

$$\eta_w = \frac{W_p}{W_k} = \frac{\int_0^{t_p} U_p I_p dt}{\int_0^{t_k} U_k I_k dt} \quad (8.10)$$

Akkumulatorning energiya bo'yicha foydali ish ko'ffisiyenti, u nominal tok bilan razryad qilinganda, 0,75÷0,85 doirasida bo'ladi. Bu ko'ffisiyent, asosan, razryad oxiridagi elektroliz va o'z-o'zidan razryad hisobiga sodir bo'ladigan energiya isrofini bildiradi.  $\eta_w$  ning qiymati  $\eta_c$  ga nisbatan kamroq, chunki bu yerda yuqorida ko'rsatilgan isroflardan tashqari, issiqlik energiyasiga aylangan elektr miqdori ham hisobga olinadi.

#### 8.4. Zaryadlash va podzaryadlash qurilmalari

Akkumulatorlarni zaryadlash uchun, odatda, maxsus o'zgarmas tok manbalaridan foydalaniladi. Hozirgi vaqtda zaryadlashning, asosan, ikki usuli qo'llaniladi: zaryadlash tokining qiymati o'zgarmas bo'lganda; zaryadlash kuchlanishi o'zgarmas bo'lganda.

Tok qiymati o'zgarmas zaryadlanganda, akkumulator batareyalari o'zgarmas tok manbayiga ketma-ket ulanadi (126-*a* rasm).

Zaryadlash mobaynida, tok o'zgarmas holda saqlanadi va uning qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$I_z = \frac{U_z - E_b}{R_b}. \quad (8.11)$$

Zaryadlash davomida tok qiymatini o'zgarmas holda saqlash va uni nazorat qilish uchun akkumulatorlarga ketma-ket reostat  $R$  va ampermetr ulanadi. Zaryadlash jarayoni bir yoki ikki bosqichda amalga oshirilishi mumkin. Bir bosqichli jarayonning boshidan oxirigacha zaryadlash tokining qiymati o'zgarmaydi va  $0,05 C_n$  ga teng bo'ladi, bunda  $C_n$  – akkumulatorning nominal sig'imi. Ikki bosqichli jarayonda, elektrolitda gaz ajralib chiqish boshlanguncha, ya'ni I bosqichda, akkumulator qiymati  $0,15 C_n$  ga teng tok bilan zaryadlanadi. Bunda akkumulatorning har bir bankasidagi kuchlanish  $2,4 V$  gacha oshadi (126-*b* rasm). Shundan keyin, II bosqichda zaryadlash toki 2÷3 marta kamaytiriladi va jarayon  $0,05 \cdot C_n$  ga teng tok bilan tugallanadi.

Ikki bosqichli zaryadlash jarayonining afzallik tomoni shundaki, birinchidan, I bosqichda zaryadlash tokining oshirilishi hisobiga akkumulatorlarni to'la zaryadlash uchun ketadigan vaqt tejaladi. Ikkinchidan, zaryadlashning oxirida, ya'ni II bosqichda, zaryadlash tokini sezilarli darajada kamaytirish hisobiga elektrolit qattiq «qaynab» ketishiga yo'l qo'yilmaydi va natijada plastinalardagi aktiv massa muddatidan avval yemirilishining oldi olinadi.

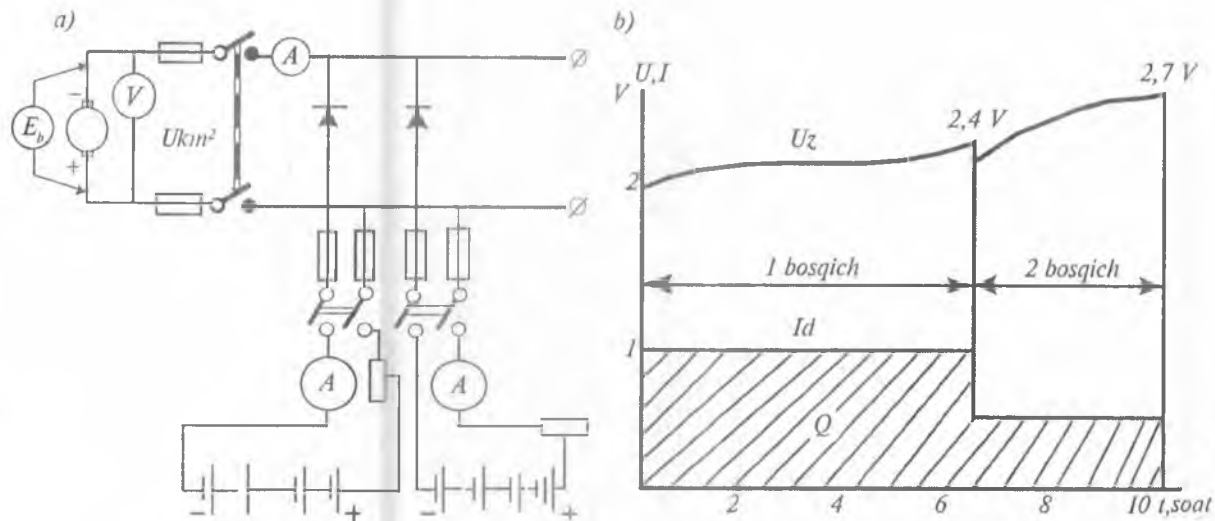
Reostat qarshiligi  $R = 0$  bo'lganda, kuchlanishi  $U_m$  ga teng bo'lgan o'zgarmas tok manbayiga ketma-ket ulanishi mumkin bo'lgan akkumulator bankalarining soni quyidagicha aniqlanadi:

$$n = \frac{U_m}{2,7}; \quad (8.12)$$

bunda,  $U_m$  – o'zgarmas tok manbaya kuchlanishi,  $V$ ; son  $2,7 V$  – zaryadlash oxirida har bir akkumulator elementiga to'g'ri keladigan kuchlanish.

Zaryadlashga qo'yilayotgan akkumulator batareyalarning sig'imi bir xil yoki imkon boricha, bir-biriga yaqin bo'lishi kerak, aks





126-rasm. Akkumulator batareyalarini tok qiymati o'zgarmas holda zaryadlash:

a – ulanish sxemasi, b – tavsifi;  $U_z$  – akkumulator qisqichlaridagi kuchlanish, V;

$E_t$  – zaryadlanayotgan batareyaning EYUK, V;

$R_p$  – akkumulator batareyasining ichki qarshiligi, Om.

holda zaryadlash toki qiymatini, sig'imi eng kichik bo'lgan batareya bo'yicha belgilashga to'g'ri keladi va sig'imi katta bo'lgan batareyalar juda sekin zaryadlanadi.

Tok qiymati o'zgarmas bo'lganda zaryadlash, hozirgi vaqtda akkumulatorlarni zaryad qilishning asosiy usuli hisoblanadi. Bu usul yordamida akkumulatorlarni to'la zaryadlashga erishish mumkin. Bundan tashqari, zaryadlash tokining qiymatini ma'lum chegarada tanlash, uni rostlab turish va nazorat qilish imkoniyati borligi, yangi akkumulatorlarni birinchi bor zaryad qilishda, plastinalari sulfatlanib qolgan akkumulatorlarni tiklashda juda qo'l keladi.

Akkumulatorlarni zaryadlash uchun sarflanadigan vaqtning nisbatan ko'pligi, zaryadlash davomida tok qiymatini doimo nazorat qilish va rostlab turish zarurati bu usulning kamchiliklaridir.

Kuchlanish qiymati o'zgarmas bo'lganda zaryadlash usuli, asosan, avtomobilda o'rnatilgan akkumulatorni generator yordamida qo'shimcha zaryadlab turishda ishlatiladi.

Amalda akkumulatorlarni zaryadlashning baravarlashtiruvchi, jadallashtirilgan va impuls usullari ham qo'llanadi.

Baravarlashtiruvchi zaryadlash, asosan, uzoq muddat davomida ishlatilgan akkumulatorlarning alohida bankalarida elektrolit zichligi va zaryadlanganlik darajasi har xil bo'lib qolish hollarini bartaraf qilish uchun qo'llaniladi. Bu usulda ham zaryadlash tokining qiymati o'zgarmas bo'lib, akkumulator sig'imining  $(0,05-0,1) C_n$  qismini tashkil qiladi. Baravarlashtiruvchi zaryadlash akkumulatorning hamma plastinalaridagi aktiv massani to'la tiklash va ulardagi hosil bo'lgan sulfatlanish o'choqlarini bartaraf qilish maqsadida amalga oshiriladi. Baravarlashtiruvchi zaryadlash hamma akkumulator bankalaridagi elektrolit zichligi va kuchlanishi 3 soat mobaynida bir xil o'zgarmas qiymatga ega bo'lguncha davom ettiriladi va odatdagi zaryadlash usullaridan ancha ko'proq vaqt oladi.

Jadallashtirilgan zaryadlash kuchli razryadlangan akkumulatorlar qisqa vaqt ichida ish qobiliyatini tiklashi uchun ishlatiladi. Bu usulda tok qiymati akkumulator sig'imining  $0,7 C_{20}$  qismini tashkil qilishi mumkin. Zaryadlash toki qanchalik katta bo'lsa, zaryadlash vaqti shunchalik kam bo'ladi. Masalan, zaryad toki qiymati  $0,7 C_{20}$  bo'lganda — 30 daqiqa,  $0,5 C_{20}$  bo'lganda — 45 daqiqa,  $0,3 C_{20}$  bo'lganda — 90 daqiqa. Jadallashtirilgan zaryad

davomida doimo elektrolit temperaturasini nazorat qilib turish zarur va u  $45^{\circ}\text{C}$  ga yetganda zaryadlashni darhol to'xtatish kerak.

Akkumulatorlarni impuls usulida zaryadlash uchun ZU-7 belgili turdagi moslama ishlatiladi. Impuls usulida akkumulatorlar quyidagi tartibda zaryadlanadi: 300 soniya davomida batareya nominal tok bilan zaryadlanadi, so'ngra 100 soniya davomida 100 mA tok bilan razryadlanadi. Bu jarayon avtomatik ravishda amalga oshiriladi. Shunday «zaryadlash-razryadlash» davrining 80 tasidan keyin zaryadlash moslamasi batareyadan avtomatik holda uziladi. Mutaxassislarning fikricha, impuls usuli zaryadlash sifatini yaxshilashga, plastinalar sulfatlanib qolish darajasini kamaytirishga va, natijada, akkumulatorlarning xizmat muddatini ikki baravar oshirishga yordam beradi.

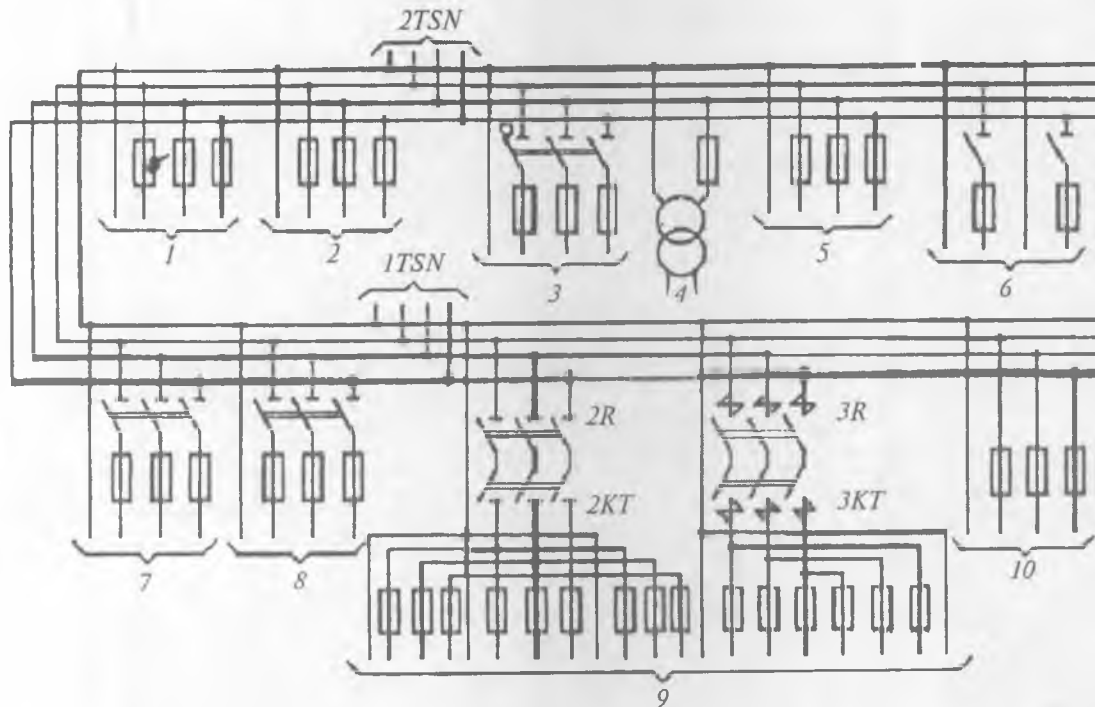
**Akkumulator batareyalarini saqlash.** Yangi, elektrolit quyilmagan, quruq zaryadlangan akkumulator batareyalar isitilmaydigan, quruq, havo harorati  $-50^{\circ}\text{C}$  dan past bo'lmagan xonalarda saqlanadi. Bu batareyalarning tiqinlari yaxshi yopilgan holda bo'lishi kerak. Elektrolit quyilmagan, quruq akkumulatorlarni saqlash muddati 3 yildan ortiq bo'lmashligi kerak.

Ishlatilgan akkumulatorlarni saqlashga qo'yishdan avval, to'la zaryadlanadi; elektrolit sathi tekshirilib, me'yoriga keltiriladi; akkumulator yuzasi 10% li navshadil spirt bilan yaxshilab artiladi; qutb quloqlari tozalanib, ularga texnikaviy vazelin surib qo'yiladi. Akkumulatorlar imkon boricha temperaturasi  $0^{\circ}\text{C}$  dan yuqori bo'lmagan, havosi yaxshi almashib turadigan xonalarda saqlanishi zarur. Chunki havo temperaturasi manfiy bo'lganda, akkumulatorlarning me'yoridan ortiq, o'z-o'zidan razryad bo'lish darajasi juda past bo'ladi.

### 8.5. O'z ehtiyoj elektr ta'minoti sxemalari

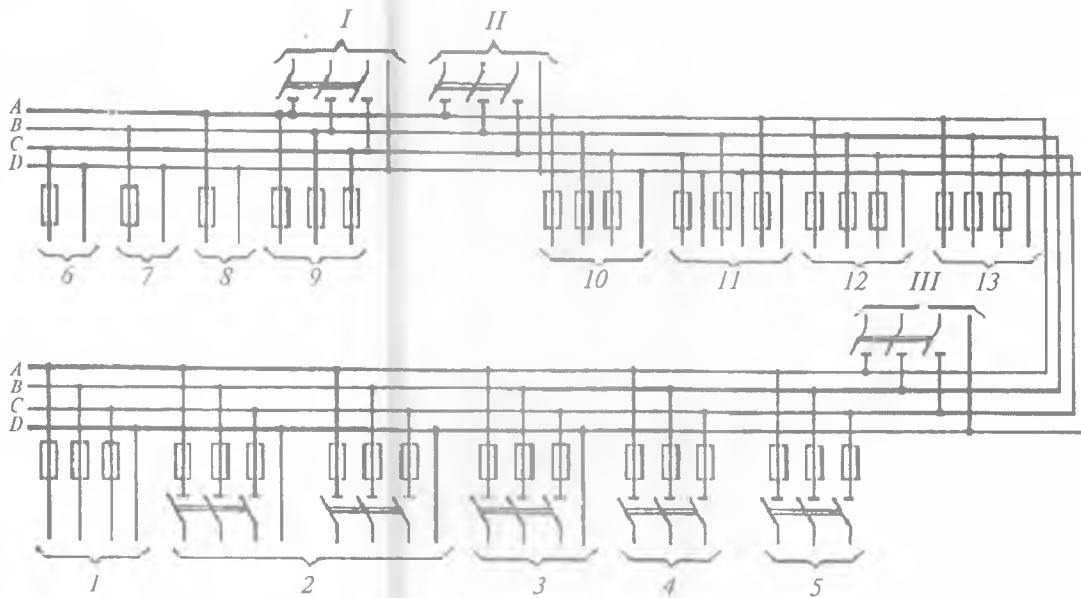
Podstansiyaning ochiq qismi va yopiq qismida joylashgan o'z ehtiyoj elektr iste'molchilari mavjud. 127, 128-rasmlarda podstansiyaning ochiq qismidagi o'z ehtiyoj elektr iste'molchilarini o'zgaruvchan tok bilan ta'minlash sxemasi keltirilgan.

Podstansiyaning o'z ehtiyoji uchun o'zgaruvchan tokli elektr energiyaning zaxira manbayi sifatida **dizel-generator**dan foydalaniladi.



127-rasm. O'z ehtiyoj elektr ta'minoti sxemasi:  
 1+10 – podstansiya imorati ichida joylashgan o'z ehtiyoj elektr iste'molchilarining fiderlari, jumladan:  
 1 – 2 – havo purkagich transformatori fideri;  
 3 – SSB uchun havo elektr uzatkich yo'li fideri;  
 4 – kuchlanishi 10 kV kameralarining yoritkichlari va

SSB (signalizatsiya, sentralizatsiya, blokirovka) fideri; 5, 10 – rezerv fiderlari; 6 – podstansiya ochiq qismining yoritkichlarining fideri; 7 – harakatlanuvchi moy xo'jaligining fideri; 8 – kontakt tarmog'i distansiyasining elektr ta'minlash fideri; 9 – yuqori kuchlanishli uzgichlar moyi va yuritmalarini hamda qisqa tutashtirgichlar, tezkor ajratkichlar va KRUN yacheykalarining isitish fideri.

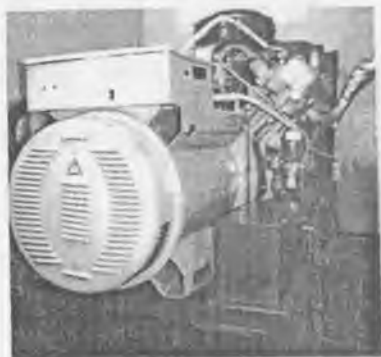


128-rasm.  
Podstansiyaning yopiq qismidagi o'z ehtiyoj elektr iste'molchilarini o'zgaruvchan tok bilan ta'minot sxemasi:

1 – parmalagich dastgohlar (сверильные станки) va qumtosh dastgohlar (ножгарные станки);  
2 – shitlar xonasi va yordamchi xona

elektr pechlarining fiderei; 3 – mashina zali va kuchlanishni tekislagich uskunalarning fiderei; 4 – moy to'kish bakidan suvni so'rib olish nasosining fiderei; 5 – mashina zali ventilyatorlari dvigatellarining fiderei; 6 – kontakt tarmog'i uzgich (разъединитель)larining masofadan boshqaruvchi pulti fiderei; 7 – telemexanikaviy boshqaruv shkafining fiderei; 8 – avtomatik boshqaruv shkafining fiderei; 9 – podzaryadlagich (подзарядное устройство) fiderei; 10 – akkumulyator batareyalari xonasining kaloriferlari va ventilyatorlari fiderei; 11 – podstansiya binosining yoritkichlari fiderei; 12 – dizel-generator xonasining elektr pechlarining fiderei; 13 – dizel-generator xonasining ventilyatorlari fiderei; I, III – TNS transformatoridan o'z ehtiyojini ta'minlash fiderei; II – dizel-generatordan keluvchi zaxira.

a)



**Dizel generatorlar agregati  
DGA 100 kW**

b)



**Dizel generatorlar DGU SDMO  
T17 KM (Nexus) 16,5 kW**

d)



**Dizel generatorlar  
TSS ELAD-3300  
KE 2,8 kW**

e)



**Dizel generatorlar  
TSS ELAD-2000E  
1,7 kW**

*129-rasm. Dizel generatorlar:*

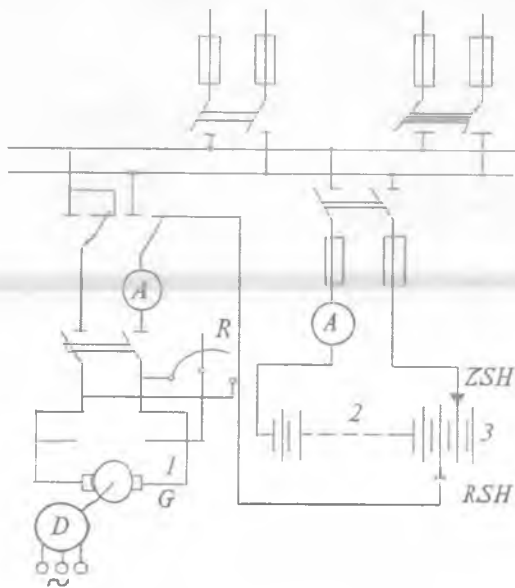
- a – DGA 100 kW li dizel generator agregati;
- b – (Nexys) 16,5 kW li DGU SDMO T17KM dizel generatori;
- d – TSS ELAD-3300 KE 2,8 kW li dizel generatori;
- e – TSS ELAD-2000 E 1,7 kWli dizel generatori tasvirlangan.

Bunday dizel-generator podstansiyaning yopiq qismidagi maxsus xonaga o'rnatiladi. Uning asosiy vazifasi o'z ehtiyoj TSN transformatorlari avariya sababli ishdan chiqqanda yoki elektrlashgan temiryo'l uchastkasida kuchlanish yo'qolganda SSB qurilmalarini elektr bilan ta'minlashdir.

Dizel generator quyidagi nominal ko'rsatkichlarga ega: quvvati 50 kW va 75 kW; kuchlanishi – 230 V yoki 400 V; toki uch fazali, 50 Hz chastotali bajarilgan. Dizel generatorlarning tashqi ko'rinishi 129-rasmda berilgan.

Podstansiya o'z ehtiyoji uchun o'zgarmas tokli elektr iste'molchilari nominal.

Podstansiya o'z ehtiyoji uchun o'zgarmas tokli elektr iste'molchilari nominal kuchlanishi 110 V yoki 220 V. Tok manbayi sifatida albatta akkumulator batareyalaridan foydalaniladi (130-rasm). Ko'pincha akkumulator batareyasi tipodsiz podzaryadlab turish tartibida ishlaydi. Akkumulator batareyasi (2) dvigatel-generator (1) yoki to'g'rilagich (выпрямитель) bilan parallel ulanadi.



130-rasm. O'z ehtiyoji uchun o'zgarmas tokli elektr iste'molchilari sxemasi.

Dvigatel (D) – generator (G) shunday tanlanadiki, podstansiya normal tartibda ishlaganda u barcha yuklamalarni tok bilan uzluksiz ta'minlaydi hamda akkumulator batareyasini tipodsiz podzaryadlab turadi (19-jadval).

19-jadval

Dizel generatorlar tavsifi

	R, kW	U, V	Ishga solish	Sarf, l/soat	Bakl, I	Bajari-lishi
DGA	100	50Hz, uch fazali 380/220, 220/127	Motor bilan	29,4	710	Himoya g'ilofda
SDMO N17KM	15,6	230	Motor	4,7	100	Ochiq
ELAD-3300 KE	2,8	230/12	Motor	1,2	16	G'ilofda
ELAD-2000 E	1,7	230/12	Motor	0,73	15	Ochiq

### 8.6. Podstansiyalarning ba'zi qurilmalari

Elektr tarmoqqa yuqori garmonikalardan filtrlash va reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qurilmasi hamda seksiyalash va parallel ulash postlari mavjud bo'lishi talab qilinadi.

Filtrlash va reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qurilmasi UFK 50 Hz chastotali o'zgaruvchan tokda ishlaydigan elektr tarmoq yuqori garmonikalardan filtrlash va reaktiv quvvatni kompensatsiyalash uchun xizmat qiladi.

Bunday qurilmaning tamoil sxemasi 131-a rasmda va ochiq qurilmaning tarkibiy qismlarining joylashishi 131-b, d rasmlarida keltirilgan. Qurilma kirish qismidagi yuqori kuchlanishli uzgichlar bloki A1, reaktorlar L1÷L3, kondensator qurilmalari C1÷C18, rezistor R1, boshqaruv va o'lchov jihozlaridan tashkil topgan bo'lib, podstansiya o'rnatiladi [43].

Kondensatorlar batareyasi C1÷C12 reaktiv quvvatni kompensatsiyalash xizmatini bajaradi. Reaktor L1 o'tkinchi jarayonlar elektr tokini chegaralab turadi. Kondensatorlar C13÷C16 va reaktor L2 dan tashkil topgan filtr uchinchi va beshinchi garmonikalarni



kompensatsiyalashni ta'minlaydi. Kondensatorlar C17÷C18 va reaktor L3 dan tuzilgan filtr tarmoq chastotasiga rezonans holida ishlashga moslangan. Qarshilik R1 barcha reaktor qurilmalari va kondensator batareyalari bilan birgalikda chastotasi 250 Hz dan yuqori garmonikalarni pasaytirish xizmatini bajaradi.

UFK qurilmasini tarmoqqa ulash yordamchi rezistor orqali bajariladi va bu rezistor keyicha asosiy o'chirgich bilan shuntlanadi. Tarmoqdan UFK qurilmasini uzish bunga teskari tartibda olib boriladi.

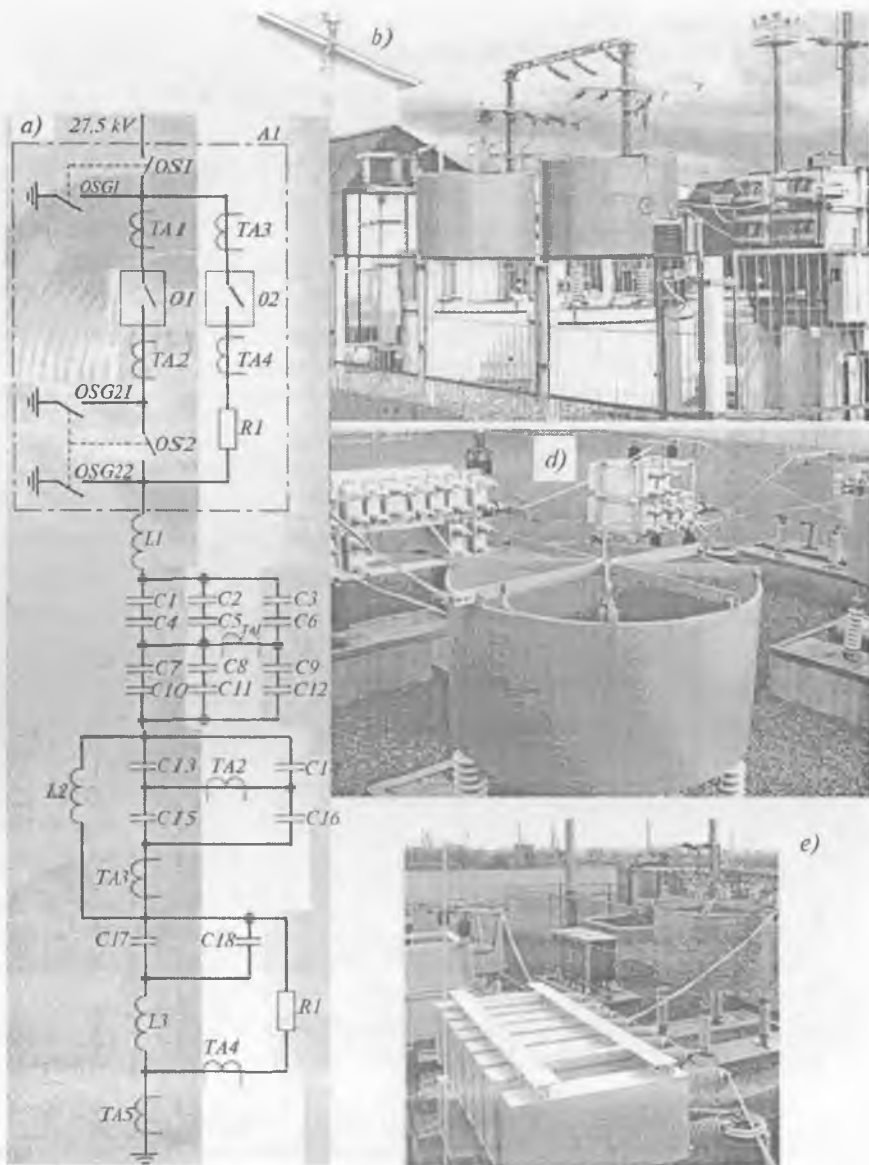
Kondensator batareyalari tarmoqlaridagi elektr toki balansining buzilishi hamda tok tarmoqlaridagi o'tayuklanish toklarining signali UFK qurilmasining himoyalovchi o'chirilishini ta'minlaydi.

Kiruvchi toki 450A (800A) bo'lgan UFK qurilmasining asosiy parametrlari quyidagilar: nominal kuchlanish – 27,5 kV; nominal tok – 140 A; eng katta ishchi kuchlanish – 30 kV; birinchi garmonika bo'yicha quvvati – 2800 kVar.

UFK qurilmasida IEC (MEK) rusmli kondensatorlar qo'llangan bo'lib, ularning ichki izolatsiyasi shimdirilgan va plyonkasimon dielektrik (polipropilen) PSLP yoki TSLP. Birinchi zvenodagi C1÷C12 kondensatorlar batareyasining nominal sig'imi – 11,93 (11,93) mkF, nominal quvvati – 3,37 (3,6) Mvar, nominal kuchlanishi – 30 (32) kV. Ikkinchi zvenodagi C13÷C16 kondensatorlar batareyasining nominal sig'imi – 72,30 mkF, nominal quvvati – 2,27 Mvar, nominal kuchlanishi – 10 kV. Uchinchi zvenodagi C17÷C18 kondensatorlar batareyasining nominal sig'imi – 361,20 mkF, nominal quvvati – 0,45 Mvar, nominal kuchlanishi – 2 kV.

UFK qurilmasida IEC (MEK) 60289 rusmli reaktorlar qo'llangan bo'lib, ularning quruq izolatsiyasi havo sovitkichli bajarilgan hamda chulg'am ichida havoli o'zak ko'zda tutilgan. Birinchi zvenodagi L1 reaktor nominal induktivligi – 22,3 (50,35) mGn, nominal tok – 140 A. Ikkinchi zvenodagi L2 reaktor nominal induktivligi – 11,9 mGn, nominal tok – 350 A. Uchinchi zvenodagi L3 reaktor nominal induktivligi – 28,05 mGn, nominal tok – 140 A.

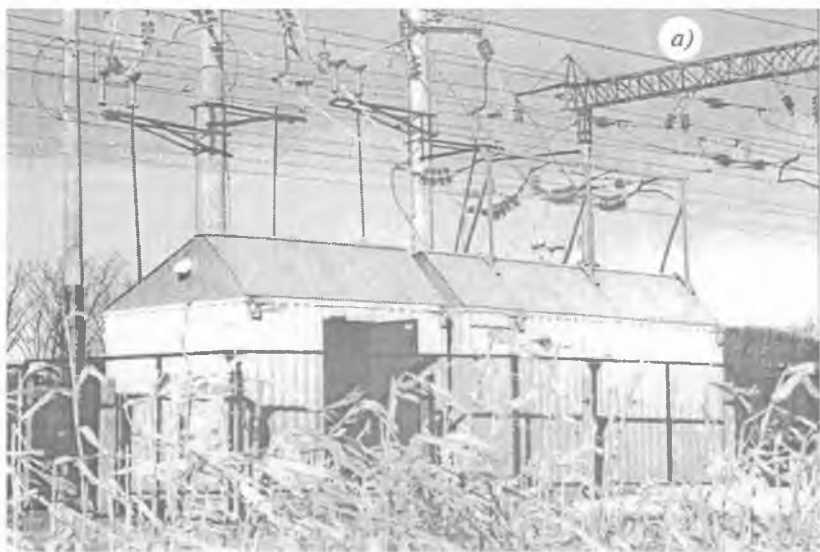
**Seksiyalash postlari va parallel ulash punktlari** o'zgarmas va o'zgaruvchan tok tarmoqlari uchun ishlab chiqariladi. O'zgaruvchan 50 Hz chastotali tokda ishlovchi kuchlanishi tarmog'ida ishlashga



**131-rasm. Filtrlash va kompensatsiyalash qurilmasi:**

a – tarmoq sxemasi;

b, d, e – ochiq qurilmaning tarkibiy qismlarining joylashishi.



**132-rasm. Seksiyalash va parallel ulash postlari:**  
a – PSK-27,5-1 qurilmasining tashqi ko‘rinishi;  
b – yuqori kuchlanishli bo‘limi;  
d – parallel ulash postlari PSK-27,5-2 qurilmasining yuqori kuchlanishli bo‘limi.

mo'ljallangan seksiyalash va parallel ulash postlari PSK-27,5-1 qurilmasining tashqi ko'rinishi 132-rasmda va yuqori kuchlanishli bo'limi hamda seksiyalash va parallel ulash postlari PSK-27,5-2 qurilmasining yuqori kuchlanishli bo'limi keltirilgan [43].

133-rasmda ba'zi nazorat va o'lchov asboblari hamda taqsimlash qurilmalar bloki keltirilgan [43].

«Kristall 2000M» xromatografi transformator moyining xromatografik tahlilini qiladi (133-*a* rasm). Moyda erigan gazlar: vodorod; kislorod; bir va ikki kislorodli uglerad oksidi; metan; etan; asetilen barligi va miqdorini aniqlaydi.

«VEKTOR 20M» asbobi yuqori kuchlanishli izolatsiyaning elektr parametrlarini o'lchaydi (133-*b* rasm). Asbob kondensatorning, kirma va boshqa turdagi izolatorlarning hamda transformatorlarning yuqori kuchlanishli izolatsiyasi sig'imini va dielektrik yo'qotishning tangens burchagini, kompleks qarshiligini, salt va qisqa tutashuv energiya yo'qotishini avtomatik tarzda o'lchashni ta'minlaydi [43].

Akustodiagnostik «ULTRAPROBE 2000LRM» asbobi elektrotexnik uskunalar va yuqori kuchlanishli izolatorlar razryadida paydo bo'luvchi ultratovush to'lqinlarini tutadi (133-*d* rasm). Chastotasi 20kHz dan 100kHz gacha ultratovush to'lqinlarini topadi va ularning chastotasi hamda amplitudasini aniqlaydi. Asbob almashtriluvchi sezgir elementlar bilan ta'minlangan bo'lib, turli yo'nalish diagraffasini tashkil qila oladi [43].

Virodiagnostik «DIK-S2» asbobi transformator chulg'amlarining presslanganlik kuchini (усилие) va geometrik tavsifini aniqlash uchun mo'ljallangan (133-*e* rasm).

«PKV/M5» asbobi elektromagnit uzgichlarning harakatchan kontaktining yurishini, tezligini va ulash-o'chirish vaqtini nazorat qilishga mo'ljallangan (133-*f* rasm).

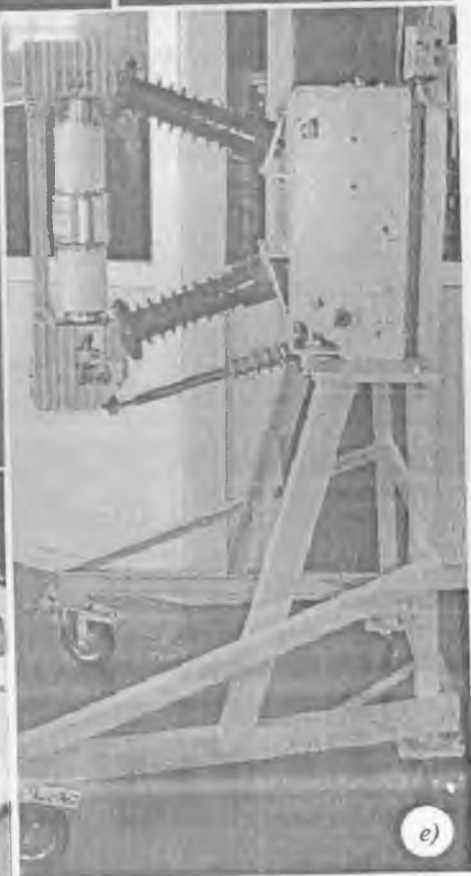
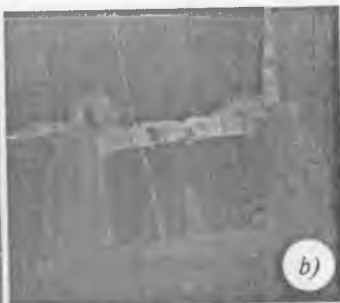
134-rasmda: teplovizor TN5104 asbobi (a); FKS №4 ajratkichining infraqizil nuridagi tasviri (b); ZAN uzgichli taqsimlovchi qurilma KRU-27,5 (d), ZAN uzgichi (e), uch qutbli taqsimlovchi qurilma KRU (f) ko'rinishlari keltirilgan.

Infraqizil, ya'ni issiqlik, nurida yuqori kuchlanishli elektr uskunalar tasvirini shifrlı jihozda (термоизображенные) suratga



*133-rasm. Nazorat va o'lchov asboblari:*

- a – «Kristall 2000M» xromatografi;
- b – «VEKTOR 20M»;
- d – Akustodiagnostik «ULTRAPROBE 2000LRM»;
- e – Virodiagnostik «DIK-S2»; f – «PKV/M5».



134-rasm. Taqsimlovchi qurilmalar.



135-rasm. Yuqori kuchlanishli sinov markazi.

olib, qizib ketgan qismlarini aniqlovchi hamda elektron hisoblash kompleksi VETL SE da qizish darajasini topuvchi TN5104 g'ildirakli ko'chma teplovizor asbobi 134-a rasmda keltirilgan.

Nur to'liqin uzunligi — 3÷5 mkm, asbobning harorat sezgirligi 0,1 °C, haroratni o'lchash diapazoni — minus 10 °C dan plus 800 °C gacha.

27,5 kV kuchlanishli taqsimlash qurilmasining FKS №4 ajratkichining infraqizil issiqlik nuridagi tasviri 300 A (nominal tokning 30% qiymatida) defektli ulanish kontaktining avariya oldi (предаварийный) holati olingan (134-b rasm). Ajratkich kontaktlari ning defektli ulash tasviridagi maksimal harorat miqdori +40,3 °C ekanligi aniq o'lchangan.

ZAN nuqori kuchlanishli vakuum uzgichi (134-e rasm) chastotasi 50 Hz kontakt tarmog'i uchun mo'ljallangan bo'lib, nominal kuchlanishi 27,5 kV, nominal toki 1250 A va 2000 A, nominal o'chirish toki 25 kA va 315 kA, to'la o'chirish vaqti — 0,08 soniya, 1 daqiqali sinov kuchlanishi — 95 kV, to'la yashin impulsiga sinov kuchlanishi — 190 kV, yuritmasi — prujina motorli, prujinani tayyorlash vaqti — 15 soniyagacha, yordamchi kontaktlar soni — 4 ochiq va 4 yopiq, ishlash harorati —10 °C dan +40 °C gacha, og'irligi — 100 kg (bir qutbli), 135 kg (ikki qutbli) va 120

kg (uch qutbli) hamda ruxsat etilgan o'chirib-yoqish sikllar soni 20000 (nominal tokda) va 100 (nominal o'chirish tokida).

Yuqori kuchlanishli sinov markazi 135-rasmda keltirilgan.

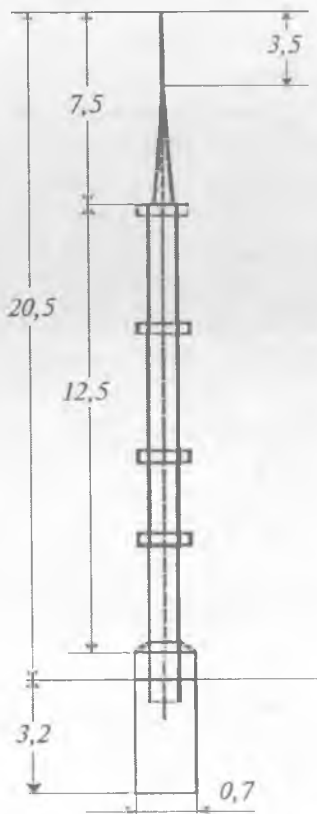
### 8.7. Podstansiyalarni yashindan himoyalash

**Yashin.** Musbat zaryadli ionosfera bilan manfiy zaryadli yer orasi havoli ulkan kondensator bo'lib, unda doim elektr maydoni mavjud. Atmosfera havosidagi bulutlarda elektr zaryadining to'planishi natijasida yashin razryadi sodir bo'ladi.

Yashin razryadining elektr toki 200 ming amper, ya'ni 20 kA ga borsa, bulutlar orasidagi va yer bilan bulutlar orasidagi kuchlanish 50-100 million voltga hamda yashin razryadining kanali ichidagi harorat 6000 °C dan yuqorilab, to 30000 °C gacha borishi mumkin. Yashin razryadi insonlar va xalq xo'jaligi korxonalariga katta xavf tug'diradi, chunki yong'in va portlashlar sodir qilishi mumkin.

Yashinning asosiy xavfi shundaki yashindan himoyalangan imorat va inshootga tushib, uning ichidagi elektr qurilmalar va insonlar hayotini xavf ostida qoldirib, sog'lig'iga putr yetkazadi.

Bunday ta'sir birlamchi bevosita yashin urishi deb yuritiladi. Elektrostatik va elektr magnet induksiyasi hamda yer usti va yer osti metall qismlari orqali atmosferadagi yashinning o'ta yuqori potentsiali kirib kelib, ikkilamchi ta'sir ko'rsatishi ham mumkin.



136-rasm. Yashin qaytargich.



**Yashin qaytargichlar** himoyalovchi qurilmalar kompleksi bo'lib (136-rasm), insonlar xavfsizligini ta'minlash hamda imorat va qurilmalar, elektr uskunalar va materiallarni yashin ta'siridan hosil bo'luvchi portlash, yonib ketish va vayron bo'lish ehtimolidan asrash uchun xizmat qiladi.

Yashin qaytargichning ishlash prinsipi yashinning eng baland qurilmaga urilish xossasiga asoslangan. Yashin qaytargichning himoya hududi — imorat atrofining shunday bo'lagiki, u bevosita yashin urishidan 99 % darajada ishonchli himoyalangan bo'ladi va bunday himoya hududi maxsus tajriba bilan aniqlanadi. Yashin qaytargichlarning himoya hududi laboratoriya sinovlari asosida olingan bo'lib, ularning ishonchliligi ko'p yillik tajribada tekshirilgan.

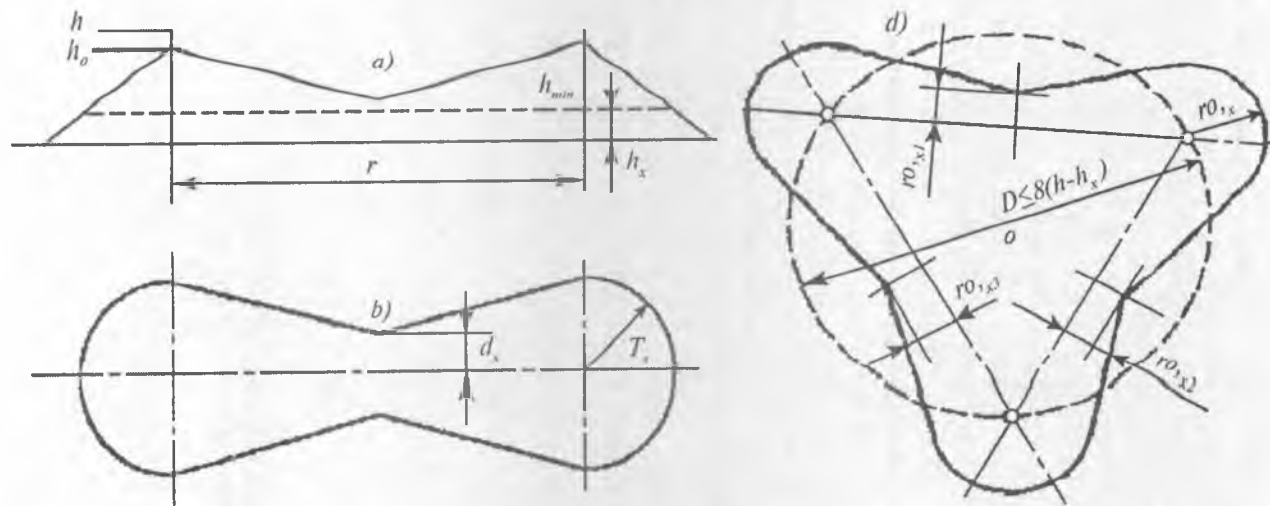
Yashin qaytargichlar, yashin tutkichlarning tuzilishiga qarab uch asosiy turga bo'linadi: tayoqchali yashin tutkich; tros va sim antenali yashin tutkich; to'rsimon yashin tutkich. Ba'zi hollarda shularning kombinatsiyasi ham qo'llanadi. Podstansiyalar tayoqchali bir necha yashin tutkichlar bilan himoyalangani. 137-a rasmda ikki tayoqcha yashin qaytargichining himoya hududining vertikal kesimi va 137-b rasmda uning yerdagi gorizontaal himoyalangan hududi keltirilgan.

Tayoqsimon yoki trosli yashin tutkichlar ko'pincha mustaqil ustunsimon taglikka o'rnatiladi (137-d rasm) yoki imorat va metall konstruksiyasi bilan bog'langan taglikka o'rnatiladi.

**Yashin o'takuchlanishidan himoyalash.** Tarmoqlar, odatda, o'ta kuchlanishdan razryadniklar bilan himoyalangani. Havo elektr uzatish yo'llarini yashindan himoyalashda trosli yashin tutkichlardan foydalaniladi.

Havo elektr uzatish yo'llarida paydo bo'luvchi yashin o'takuchlanishlaridan podstansiyaning elektr qurilmalari kirish tomonidagi taqsimlagich qurimalariga o'rnatilgan ventilli RVSK-110 razryadniklar bilan himoyalangani. Kontakt tarmog'ida paydo bo'luvchi yashin o'takuchlanishlaridan podstansiyaning chiqish taqsimlagich qurimalariga o'rnatilgan ventilli RVM rusmidagi razryadniklar va o'takuchlanishni chegaralagich OPN-27,5 bilan himoyalangani.

**O'takuchlanishdan himoyalash.** Himoya jihozlarining ishlash asosiy tarmoyili-ishchi kuchlanish ostida ishlovchi elektr quril-



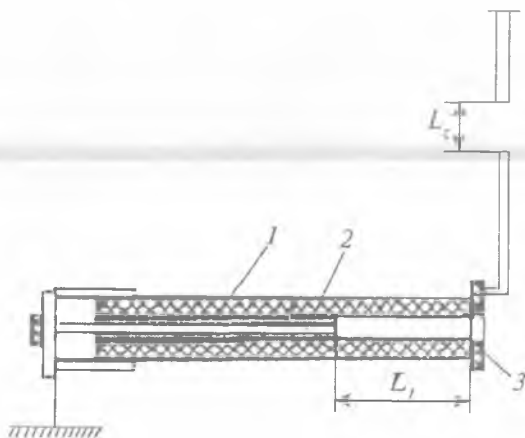
137-rasm. Tayoqchali yashin qaytargichlarning himoya hududi:

- a – ikki tayoqcha yashin qaytargichining himoya hududining vertikal kesimi;  
 b – ikki tayoqcha yashin qaytargichining yerdagi gorizontalanuvchi himoyalannuvchi hududi;  
 d – uch tayoqcha yashin qaytargichining yerdagi gorizontalanuvchi himoya hududining o'Ichamlari.

malarning ishiga halal bermaslik va ularning izolatsiyasiga xavfli o'takuchlanish impulsi ta'siridan saqlashdir. Podstansiyalarni o'takuchlanishdan himoyalash uchun quvurli razryadniklar, ventilli razryadniklar hamda yarimo'tkazgichli chiziqsiz kuchlanish chegaralagich jihozlardan keng foydalaniladi.

**Quvurli razryadniklar** RT o'zgaruvchan tok tarmog'idagi o'takuchlanishni chegaralashga mo'ljallangan. Quvurli razryadnik asosini elektr yoyi ta'sirida gaz ishlab chiqaruvchi materialdan yasalgan izolatsiyalovchi quvurcha (1) tashkil etadi (138-rasm). Gaz ishlab chiqaruvchi g'ovak material sifatida fibra, ya'ni qog'ozli karton, yoki viniplast va organik shisha qo'llaniladi.

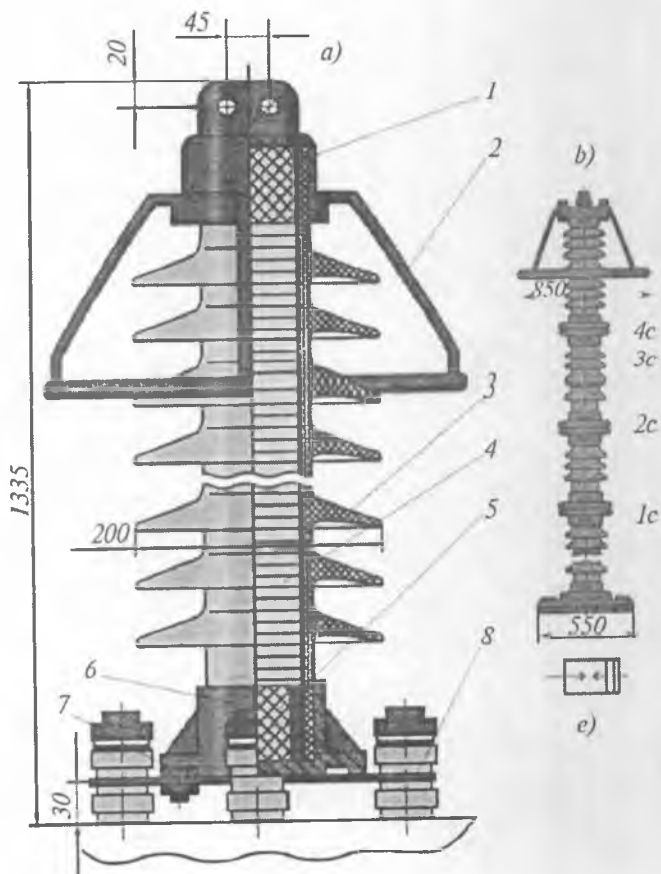
Quvurning bir tarafi metall qopqoq bilan yopilgan bo'lib, unga tayoqchasimon elektrod (2) biriktirilgan. Quvurning ochiq tarafida halqa shaklidagi boshqa elektrod (3) joylashgan. Quvurli razryadnikda ichki uchqun oralig'i  $L_1$  va tashqi uchqun oralig'i  $L_2$  hosil qilingan. Tashqi uchqun oralig'i  $L_2$  himoyalalanuvchi faza simi bilan razryadnik orasida bo'lib, u nominal kuchlanish paydo qilgan og'ma tokning uzoq muddatli ta'siridan gaz ishlab chiqaruvchi quvurni asrashga mo'ljallangan. Yashin o'takuchlanishi ta'sirida ikkala uchqun oralig'i teshib o'tiladi va simdagi zaryad yerga o'kazib yuboriladi. Shundan



138-rasm. Quvurli razryadniklar:

- 1 — izolyatsiyalovchi quvurcha;
- 2 — tayoqchasimon elektrod;
- 3 — halqa shaklidagi elektrod.

297



139-rasm. O'takuchlanishdan himoya jihozlari:

a – 3kV dan 110kV gacha varistorli kuchlanish chegaralagichi;

1 – yuqoridagi flanes;

2 – ekran;

3 – izolatsiyalovchi chinni pokrishkasi;

4 – polimerli kompozitsiya;

5, 6 – pastdagi flanes;

7 – yerlagich simi ulanadigan bolt;

8 – jihozning asosi;

b – ventilli 4 seksiyali

RVS-110 razryadnigining umumiy ko'rinishi;

d – RVS-110 razryadnigining bir seksiyaning kesimi,

e – razryadnikni shartli belgilash;

f – bir uchqun oraliqning ko'rinishi:

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;

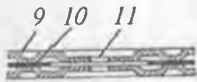
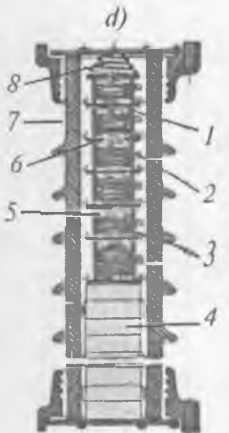
6 – latun qopqoq;

7 – chinni g'ilof-pokrishkasi;

8 – po'lat prujina; 9 – figurali yasalgan latun elektrod;

10 – izolatsiyalovchi qo'yma;

11 – teshik.



f)

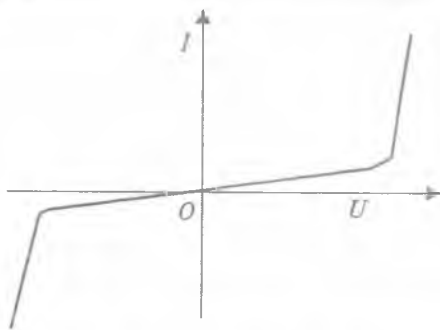
so'ng razryadnikdan tizimning qisqa tutashuv toki o'tadi. Razryadnikda yongan elektr yoyi quvur ichida katta miqdorda gaz ishlab chiqaradi va bosim  $50+150 \text{ kgs/sm}^2$  ko'payadi hamda gaz halqa (3) teshigidan katta tezlikda chiqadigan oqim hosil qiladi. Gaz oqimi yoyga bo'ylama siqib chiqarish bosimini hosil qilganligi sababli simdagi o'garuvchan tok birinchi nul qiymatidan o'tishda yoy o'chadi (139-rasm).

**Ventilli razryadniklar** podstansiyalarda o'takuchlanishlardan himoyalash uchun eng keng ko'lamda qo'llaniladi. Ventilli razryadniklarning asosiy qismini kema-ket ulangan ko'p sonli havo uchqun oraliqlari va noxiziq volt-sekund tizimli rezistorlar, ya'ni varistorlar tashkil etadi.

Ventilli razryadniklarning ishi birinchi bosqichda havo uchqun oraliqlarini elektr teshishdan boshlanib, ikkinchi bosqichda uchqun oraliqlaridagi elektr yoyini o'chirish bilan tugaydi. 140-rasm ventilli 110 kV kuchlanishga mo'ljallangan 4 seksiyali RVS-110 razryadnigi keltirilgan.

Ventilli razryadniklarda chiziqsiz VSX li rezistorlar sifatida vilit va tiritlardan foydalaniladi. Vilitning asosini elektrotexnik karborund SiC tashkil qilib, bog'lovchi sifatida suyuq shisha ishlatiladi. Tirit vilitga o'xshash bo'lib, unga yuqoriroq haroratda ishlov beriladi.

**Yarimo'tkazgichli kuchlanish chegaralagichlarining** volt-amper tavsiflari shunday bo'la oladiki, bunday asboblarda tokning katta miqdorda o'zgarishiga qaramay kuchlanishning tushishi o'zgarmay qoladi yoki kichik miqdorda o'zgaradi. Amalda bundan foydalanilgan



140-rasm. Ventilli razryadniklarning volt-amper tavsifi.

bir necha turli himoya tizimlari ishlab chiqarilgan, jumladan: diodli, tiristorli, varistorli himoya tizimlari.

*Nazorat uchun savollar*

1. Podstansiyalarning o'z ehtiyoj energiya ta'minoti nima?
2. Podstansiyalarda avtonom manbani qo'llash sababini ayting.
3. Podstansiyalarning o'z ehtiyojini qondiruvchi energiya ta'minoti qachon ishlab ketadi?
4. Akkumulator batareyalariga ulanuvchi iste'molchilarning guruhlarini ayting.
5. Podstansiya o'z ehtiyoj energiya manbalariga talablarni ayting.
6. Podstansiya o'z ehtiyoj transformatorlari (TSN) quvvati qancha?
7. Podstansiya o'z ehtiyoj transformatorining ulash sxemasi qanday?
8. Podstansiya akkumulator batareyasi nima uchun qo'llaniladi?
9. Texnik xizmat ko'rsatilmaydigan A-600 qo'rg'oshin-kislotali akkumulatorlar nima?
10. Akkumulator razryad sig'imi bilan nominal sig'imining farqi nimada?
11. Zaryadlash qurilmalari vazifasi nima?
12. Elektr energiyaning zaxira manbayi sifatida dizel generatordan qanday foydalaniladi?
13. O'z ehtiyoj energiya ta'minotiga qo'yilgan talablarni ayting.
14. Akkumulatorlarni saqlash sharoitlari nima?
15. Bir bosqichli va ikki bosqichli zaryadlash qanday amalga oshiriladi?
16. Podstansiyalarda qanday dizel generatorlar qo'llaniladi?
17. Kam xizmat ko'rsatiluvchi akkumulyator turlarini ayting.
18. Podstansiyaning yashindan himoyalash nima?
19. Razryadniklarning asosiy vazifasi nima?
20. Filtrlash qurilmalari deganda nimani tushunasiz?

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *Karimov I.A.* Milliy istiqloq mafkurasi – xalq e'tiqodi va buyuk kelajakka ishonchdir. — T.: O'zbekiston, 2000, 32-b.
2. *Аллаев К.Р.* Энергетика Узбекистана и мира. — Т.: Yangi asr avlodi, 2010.
3. *Аллаев К.Р.* Режим электрических систем с асинхронными турбогенераторами. — Т.: Центр науки и технологии. 2005.
4. *Аллаев К.Р.* Энергетика мира и Узбекистана. — Т.: Молия. 2007.
5. *Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В.* Электрооборудование электрических станций и подстанций. — М.: Изд. Центр «Академия», 2004.
6. Правила устройства электроустановок. — Т.: ГИ Узгосенергораздор, 2007.
7. *Фёдоров А.А., Каменева В.В.* Основы электроснабжения промышленных предприятий. — М.: Энергоатомиздат, 1999.
8. *Околович М.Н.* Проектирование электрических станций. М., Энергоиздат, 1992.
9. Электрическая часть станций и подстанций. Под ред. А.А. Васильева. — М.: «Энергия», 1980.
10. *Леснов С.И., Тайс А.А.* Обслуживание электрооборудования электростанций и подстанций. — М.: Высшая школа, 1978.
11. *Белинский С.Я., Липов Ю.М.* Энергетические установки электростанций. — М.: «Энергия», 1974.
12. *Баптиданов Л.Н., Тарасов В.И.* Электрооборудование электрических станций и подстанций. — М.: Л., «Госенероиздат», 1960.
13. *Почаевис В.С.* Электрооборудование и аппаратура электрических подстанций, альбом. — М.: УМК МПС России, 2002.
14. *Федосеев А.М.* Релейная защита электрических систем. — М.: «Энергия», 1976.
15. *Чунихин А.А., Жаворонов М.А.* Аппаратуры высокого напряжения. — М.: Энергомиздат, 1986.
16. Проектирование электрических аппаратов. Под ред. Александрова Г.Н. — Л.: Энергоатомиздат, 1985.
17. *Хамидов Н.* Электрический разряд вдоль поверхности твердых диэлектриков в вакууме. — Т.: Фан, 1985.
18. *Безуглин В.В., Ларионов Б.П., Пинтал Ю.С.* Техника высоких напряжений, изоляция и перенапряжения в электрических системах. — М.: Энергомиздат. 1986.



19. Автоматизация систем электроснабжения. Под. ред. д.т.н., проф. Сухорпрудского Н.Д. – М.: Транспорт, 1999.

20. Андреев Б.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М.: «Высшая школа», 1991.

21. Правила устройства электроустановок, ПУЭ. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

22. Дяков А.Ф., Жуков В.В., Максимов Б.К., Молодюк В.В. Менеджмент и маркетинг в электроснабжении. – М.: МЕИ, 2005.

23. Бурков А.Т., Васютинская Л.Л., Смирнов А.А., Борисенкова Н.А. Менеджмент в электроснабжении. – С. Петербург, Государственный университет путей сообщений, 2007.

24. Блэкбурн Ж.Л. Протестиве релайинг. Принсплес and application // New York. M. Dekker. 1998.

25. Usmanxo'jayev N.M., Hamidov N., Turdibekov K.H. / Elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va avtomatlashtirish, Hamidov N. tahriri ostida, 1-kitob. – T.: Fan va texnologiya, 2010.

26. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения, пер. с нем., под ред. Ларионова В.П. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

27. Hamidov N., Turdibekov K.H. Elektr enegiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash, kurs ishi uchun/ – T.: TTYMI. 2008.

28. Usmanxo'jayev N.M., Hamidov N., Turdibekov K.H. Elektr enegiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash. Mustaqil ish uchun. – T.: ToshTYMI. 2007.

29. Usmanxo'jayev N.M., Hamidov N., Turdibekov K.H. Elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash. Mustaqil ish uchun. ToshTYMI, 2007.

30. Профилактические испытания электрооборудования и проверка релейных защит подстанций. – М.: Энергия. 2001.

31. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 1–13. Расчеты и схемы. – М.: Энергия, 1980.

32. Siddikov I.X. va boshqalar. Elektr ta'minoti tizimlarining releli himoyalari va avtomatikasi fanidan tajriba ishlari bajarish va amaliy mashg'ulotlar uchun uslubiy qo'llanma. Rus va o'zbek tilida. Toshkent, UzR Energetika vazirligi, 1995, 49-b.

33. <http://www.nfenergo.ru>.

34. Бурыноватый А.И., Кондаков А.Д., Мизинцев А.Б., Попов А.Ю., Ячкула Н.И. Защита электрических сетей переменного тока на основе интеллектуальных термиллов: Учебное пособие. / – СПб.: Петербургский гос. тех. ин-т, 2003.

35. Александров Г.Н. Передача электрической энергии. С.Петербургский гос. тех. ин-т, 2007.

36. file://localh ost/D:/Install/My%20doc/Diplomnaya/Akkumulator/Sonnenschein%205

## MUNDARIJA

Kirish.....	3
-------------	---

### 1-bob. Elektr tarmoqlari va podstansiyalari

1.1. Elektr tarmoqlari va tizimlari.....	5
1.2. Elektr stansiyalari va podstansiyalar.....	15
1.3. Sinxron generatorlarni boshqarish va sinxron kompensatorlar.....	24
1.4. O'zgaruvchan va o'zgarmas tokli podstansiyalar.....	33

### 2-bob. Podstansiyalarning tok o'zgartgichlari

2.1. Podstansiya sxemalari.....	42
2.2. Transformatorlar.....	50
2.3. Kuch transformatorlari.....	61
2.4. Elektr yoyini so'ndirish.....	66

### 3-bob. Yuqori kuchlanishli kommutatsiya va o'lchov jihozlari

3.1. Yuqori kuchlanishli taqsimlash qurilmalari.....	75
3.2. Yuqori kuchlanishli o'zgaruvchan tok uzgichlari.....	82
3.3. Havo uzgichlari.....	88
3.4. Moyli uzgichlar.....	91
3.5. Vakuumli uzgichlar.....	97
3.6. Elegazli uzgichlar.....	103
3.7. Elektromagnit uzgichlar.....	104
3.8. Ajratkich, bo'lgich va qisqa tutashtirgichlar.....	104
3.9. Eruvchan saqlagichlar.....	115
3.10. Reaktorlar.....	118
3.11. Kuchlanish o'lchov transformatorlari.....	125
3.12. O'lchov tok transformatorlari.....	130

### 4-bob. Izolatorlar va tok o'tkazish yo'llari

4.1. Ichki va tashqi izolatsiya.....	136
4.2. Izolatorlarning asosiy turlari.....	142

4.3. Tok o'tkazuvchi shinalar.....	149
4.4. Yuqori kuchlanishli kabellar.....	154

### **5-bob. Past kuchlanishli kommutatsiyalash jihozlari**

5.1. Elektr taqsimlash qurilmalari.....	158
5.2. Saqlagichlar, rubilniklar va uzgichlar.....	161
5.3. Avtomatlar, kontaktorlar va magnit yuritkichlar.....	168
5.4. Operativ jihozlarning kontaktlari.....	175

### **6-bob. Elektr tarmoqlarida qisqa tutashuv**

6.1. Qisqa tutashuvlarning xavfi .....	180
6.2. Havo elektr uzatish yo'llarida o'takuchlanish.....	182
6.3. Elektr ta'minot tizimlarida qisqa tutashuv.....	188
6.4. Qisqa tutashuv tokining termik ta'siri.....	195

### **7-bob. Releli himoya va avtomatika**

7.1. Releli himoyalash va avtomatika.....	204
7.2. Rele va operativ tok manbalari.....	212
7.3. Tokli himoyalar.....	219
7.4. Differensial himoyalar.....	223
7.5. Kuch transformatori va avtotransformatorlar himoyasi.....	236
7.6. Podstansiya elektr qurilmalarining himoyalari.....	253
7.7. Podstansiyalarda mikroprotessorli boshqaruv.....	258

### **8-bob. Stansiya va podstansiyalarning o'z energiya iste'moli**

8.1. Podstansiyaning o'z energiya iste'moli.....	261
8.2. O'z ehtiyoj transformatorlari.....	266
8.3. Podstansiya akkumulator batareyalari.....	266
8.4. Zaryadlash va podzaryadlash qurilmalari.....	276
8.5. O'z ehtiyoj elektr ta'minoti sxemalari.....	280
8.6. Podstansiyalarning ba'zi qurilmalari.....	285
8.7. Podstansiyalarni yashindan himoyalash.....	293
Foydalanilgan adabiyotlar.....	300

20000 copy

QAHRAMON RAHIMOVICH ALLAYEV  
ILHOMJON HAKIMOVICH SIDDIQOV  
MUZAFFARJON HABIBULLAYEVICH HAKIMOV  
RUSTAM ISMATOVICH IBRAGIMOV  
OZODBEK ILHOMJONVICH SIDDIQOV  
HUSNIDDIN FAZLIDDINOVICH SHAMSUTDINOV

**STANSIYA VA PODSTANSIYALARNING  
ELEKTR QISMI**

*Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma*

*Muharrir Xudoyberdi Po'latxo'jayev*

*Badiiy muharrir Djaxongir Badalov*

*Texnik muharrir Yelena Tolochko*

*Musahhah Umida Rajabova*

*Kompyuterda sahifalovchi Gulchehra Azizova*

Litsenziya raqami AI № 163. 09.11.2009. Bosishga 2014-yil 22-oktyabrda ruxsat etildi. Bichimi 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Ofset qog'ozi. Tayms garniturası. Shartli bosma tabog'i 17,67. Nashr tabog'i 16,94. Adadi 500 nusxa. Shartnoma № 80—2014. Buyurtma № 833. Bahosi kelishilgan narxda.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi. 100129, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30.  
Telefon: (371) 244-10-45. Faks (371) 244-58-55.

«TOSHKENT TEZKOR BOSMAXONASI» mas'uliyati cheklangan jamiyati bosmaxonasida chop etildi. 100200, Toshkent, Radialniy tor ko'chasi, 10.