

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA  
UNIVERSITETI**

**ELEKTR UZATISH LINIYALARINING  
KONSTRUKTIV-MEXANIK QISMLARI**

**fanidan**

**MA'RUZALAR MATNI**

**Toshkent - 2017**

UDK 621.316

Tuzuvchilar: Gayibov T.SH., Xabibulina A.T., Abdubannaev J.X.  
«Elektr uzatish liniyasining konstruktiv-mexanik qismlari». –T.: TDTU,  
2017. - 102 b.

Ushbu ma'ruza matnida «5310200 – Elektr energetikasi» ta'lim  
yo'nalishi bo'yicha tahsil oluvchi bakalavriat talabalariga «Elektr uzatish  
liniyasining konstruktiv-mexanik qismi» fanidan ma'ruza mashg'ulotlarini  
o'tishga doir asosiy tushunchalar keltirilgan.

Ma'ruza mashg'ulotlarining hajmi va tarkibi ushbu fanning dasturiga  
muvofiq keladi.

*Taqrizchilar: Mirzaev A.T. - «Uzbekenergo» DAK MDM boshlig'i,  
k.t.n., dots.*

*Xaydarov S.D. - ToshDTU, EF «ESTT» kafedra  
k.t.n. dots.*

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-  
uslubiy kengashi qaroriga muvofiq chop etildi.

## 1-ma'ruza

### ASOSIY TUSHUNCHALAR

Elektr energetikani uzoq masofaga uzatish, asosan, keng tarqalgan ikkita yo'nalish bo'yicha amalga oshiriladi:

1. ochiq turdagi liniya (havoli);
2. Yopiq turdagi liniya (kabelli).

Umuman olganda elektr uzatish liniyasi (EUL) deganda «elektr stansiya yoki podstansiyadan chiqadigan elektr energiyani uzoq masofaga uzatadigan elektr liniya» tushuniladi. Bu yerda EUL deganda, aniqrog'i «o'tkazgich, kabel, izolyatsion element va ko'tarib turuvchi konstruksiyalar, elektr energiyani ikkita energotizim o'rtasida uzatish uchun mo'ljallangan elektr qurilma»ni tushunamiz. Oxirgi mulohazalardan ma'lum bo'lmoqdaki, EUL ning klassifikatsiyasi faqatgina bir jihati bilan, ya'ni konstruktiv tuzilishiga ko'ra farqlanar ekan. Biroq, bular liniyaning barcha xarakteristikalarini aniqlash uchun yetarli emas. Hozirgi zamonda EUY klassifikatsiyasi 1-jadvalda keltirilgan parametrlar asosida belgilanadi.

1-jadval

| Elektr uzatish liniyasining klassifikatsiyasi |                                        |                              |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|
| Belgilanishi                                  | Liniya turi                            | Turliligi                    |
| Tok turi bo'yicha                             | O'zgarmas tok                          | -                            |
|                                               | Uch fazali<br>O'zgaruvchan tok         | -                            |
|                                               | Ko'p fazali O'zgaruvchan<br>tok        | Olti fazali                  |
|                                               |                                        | O'n ikki fazali              |
| Nominal kuchlanishi<br>bo'yicha               | Past kuchlanishli<br>(1 kV gacha)      | -                            |
|                                               | Yuqori kuchlanishi<br>(1kV dan yuqori) | O'K (3-35 kV)                |
|                                               |                                        | YuK (110-220 kV)             |
|                                               |                                        | O'YuK<br>(330-750 kV)        |
|                                               |                                        | UYuK<br>(1000 kV dan yuqori) |
| Konstruktiv<br>tuzilishiga ko'ra              | havoli                                 | -                            |
|                                               | Kabel                                  | -                            |
| Zanjirlar soniga<br>ko'ra                     | Bir zanjirli                           | -                            |
|                                               | Ikki zanjirli                          | -                            |

|                                          |                         |   |
|------------------------------------------|-------------------------|---|
|                                          | Ko'p zanjirli           | - |
| Topologik<br>xarakteristikasiga<br>ko'ra | Radial                  |   |
|                                          | Magistral               |   |
|                                          | Shoxobchalanuvchi       |   |
| Bajaradigan<br>funktsiyasiga<br>ko'ra    | Taqsimlovchi            | - |
|                                          | Iste'mol qiluvchi       | - |
|                                          | Sistemalarni bog'lovchi | - |

Birinchi qatorda tok turi bo'yicha EULning turliligi ko'rsatilgan. Mos holda liniyalar o'zgarmas tok hamda uch va ko'p fazali o'zgaruvchan tok turlari bo'yicha ajratilgan. O'zgarmas tokli liniyalar boshqa turdagi liniyalar bilan uzatilayotgan quvvatni ancha uzoq masofaga uzata olishi bilan farqlanadi. Bunda so'nggi o'zgartiruvchi podstantsiya qurilmalarining tan narxi EULning umumiy tannarxining anchagina qismini tashkil qiladi. Hozirgi zamonda uch fazali o'zgaruvchan tokli liniyalar HLLarining asosiy qismini tashkil qiladi. Ko'p (olti va o'n ikki) fazali o'zgaruvchan tok liniyalari hozirgi zamonda noan'anaviy kategoriyaga ega bo'lgan turkumga kiradi.

EULni konstruksiyasi va elektrik xarakteristikasining turliligini aniqlovchi eng asosiy parametr bu  $U_{nom}$  nominal kuchlanish hisoblanadi. Past kuchlanishli liniyalarga nominal kuchlanishi 1kVdan past bo'lgan liniyalar kiradi. Yuqori kuchlanishli liniyalarga kuchlanishi  $U_{nom} > 1$  kV dan yuqori liniyalar kiradi, ular ham o'z navbatida nominal kuchlanishi  $U_{nom}$  q 3—35 kV bo'lgan o'rta kuchlanish (O'K), nominal kuchlanishi  $U_{nom}$  q 110—220 kV bo'lgan yuqori kuchlanish (YuK), nominal kuchlanishi  $U_{nom}$  q 330—750 kV bo'lgan o'ta yuqori kuchlanish (O'YuK) va nominal kuchlanishi  $U_{nom} > 1000$  kV bo'lgan ultra yuqori kuchlanishlarga (UYuK) bo'linadi.

Konstruktiv ishlanishiga ko'ra liniyalar havo va kabelli liniyalarga bo'linadi. Havo liniyalari bu – «o'tkazgichni yer sathidan tayanchlar, izolyatorlar va liniya armaturalari yordamida tutib turiladigan» liniyalardir. O'z navbatida kabelli elektr uzatish yo'li deganda, bir yoki bir nechta kabellardan tayyorlangan, bevosita yer ostiga yotqiziladigan yoki kabelli inshootlar (kollektorlar, tunnellar, kanallar, bloklar va h.k.lar)ga o'tkaziladigan kabellar tushuniladi.

Trassada o'tkazilgan parallel zanjirlar soniga qarab ( $n_{ts}$ ), liniyalar bir zanjirli ( $n_{ts} = 1$ ), ikki zanjirli ( $n_{ts} = 2$ ) va ko'p zanjirli ( $n_{ts} > 2$ ) turlarga bo'linadi. O'zida o'zgaruvchan tokli, bitta to'liq faza o'tkazgichlarini mujassamlashtirgan liniyalarga bir zanjirli havo liniyalar, ikkita to'liq faza o'tkazgichlarini mujassamlashtirgan liniyalarga ikki zanjirli havo liniyalari

deb yuritiladi. Mos holda, ko'p zanjirli havo liniyalari deb, o'zida ikkitadan ortiq komplekt faza o'tkazgichlarini mujassamlashtirgan liniyalarga aytiladi. Komplekt faza o'tkazgichlari bir xil yoki har xil nominal kuchlanishlarga ega bo'lishi mumkin. Oxirgi holatdagisi kombinatsiyalangan liniyalar deb ataladi.

Bir zanjirli havo liniyalari bitta tayanchda o'rnatiladi. Ikki zanjirli liniyalar ikkita alohida tayanchlarga yoki bitta tayanchga o'rnatiladi. Shubhasiz, oxirgi holatdagisi trassa bo'ylab joylashgan liniya hududini bir muncha qisqartiradi, biroq tayanchning massasi va vertikal o'lchamlarini oshiradi. Aholi zich yashaydigan va yerning tannarxi birmuncha yuqori joylarda birinchi jihat hal qiluvchi ahamiyatga ega. Shu sababli, ham qator davlatlar odatda nominal kuchlanishi bir xil bo'lgan (odatda  $n_z=4$ ) va har xil bo'lgan (odatda  $n_z=6$ ) ko'p zanjirli liniyalardan foydalaniladi.

Topologik (sxematik) xarakteristikasiga ko'ra liniyalar radial va magistral liniyalarga ajratiladi. Quvvat bir tarafdin keladigan, ya'ni yagona manbaga ega bo'lgan liniyalarga Radial liniyalar deyiladi.

Bir necha shoxobchalarga ajratiladigan liniyalar magistral liniyalar deb ataladi. Shoxobchalanadigan liniyalar deganda bir EULning oxiri boshqa bir EULning oraliq nuqtasiga tutashgan liniyalar tushuniladi.

Oxirgi klassifikatsion belgisi bu uning funksional vazifasidir. Bu yerda liniyalar iste'mol qiluvchi va taqsimlovchi hamda tizimlararo bog'lovchi liniyalarga ajratiladi. Liniyalarni taqsimlovchi va iste'mol qiluvchilarga ajratish ishlash sharoitiga qarab amalga oshiriladi. Odatda taqsimlovchi liniyalarga mahalliy elektr tarmoqlaridagi liniyalar kiradi. Iste'mol qiluvchi liniyalarga esa tuman ahamiyatidagi, ya'ni Markaziy elektr tarmoqdan elektr ta'minotini oluvchi liniyalarni tushunamiz. Tizimlararo liniyalar ikkita boshqa tizimlarni avariya va normal holatlarda quvvatlar oqimini ta'minlash uchun tutashtirilgan liniyalarga aytiladi.

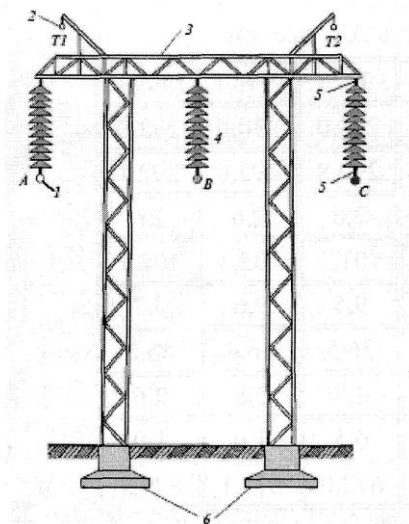
### **Sinov savollari**

1. Elektr uzatish liniyasi (EUL) deyilganda nima tushuniladi?
2. EUL nimalari bo'yicha farqlanadi?
3. EUL nominal kuchlanishi bo'yicha qanday turlarga bo'linadi?
4. Topologik xarakteristikalariga qarab liniyalar qanday turlarga ajratiladi?
5. Havo liniyalari va kabel liniyalari nimialari bilan farqlanadi?

## 2-ma'ruza

### HAVO LINIYALARINING UMUMIY XARAKTERISTIKASI VA ULARNING ISHLASH SHAROITLARI

HLning qiymatlarini aniqlash «Elektr uskunalarining tuzilish qoidasi» (EUTK) ga qarab, GOST talabi bilan muvofiq ravishda bir necha farqli tomonlari mavjud. Bu yerda «havo liniyasi – elektr energiyani ochiq havoda o'tkazgich bo'ylab tayanchlarga yoki muhandislik inshootlaridagi kronshteynga liniya armatura va izolyatorlar yordamida uzatuvchi elektr uskuna» deb tushunamiz. Bu yerda HL elementlarining deyarli barcha elementlari (tayanchlar, o'tkazgichlar, izolyatorlar, liniya armaturalari) sanab o'tilgan, faqatgina yashin qaytaruvchi trosslar va fundamentlar aytib o'tilmagan. HL konstruktiv elementlarining tarkibi 1-rasmda yaqqol ko'rsatib o'tilgan.

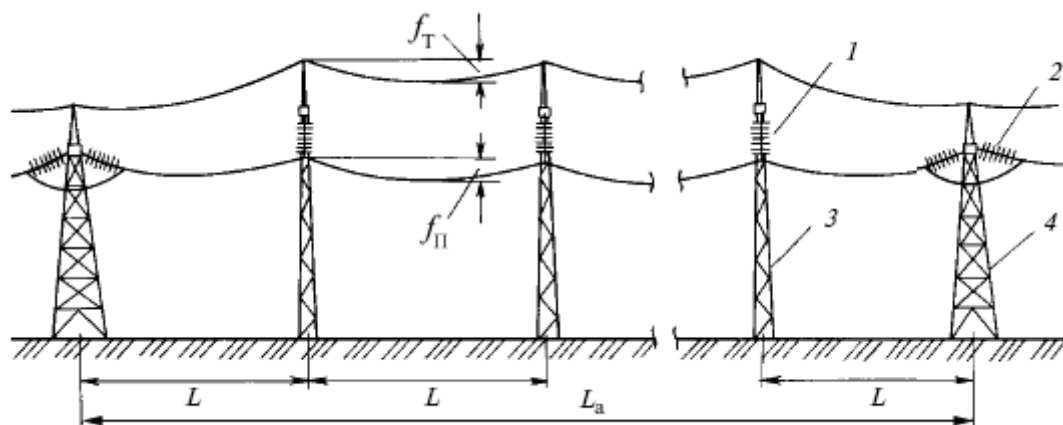


1-rasm. HL konstruktiv elementlari

1- faza o'tkazgichlari ( A,V,S); 2-himoya trosslari (T1,T2); 3-tayanchlar;  
4-izolyatorlar shodasi; 5-liniya armatura elementlari; 6-fundamentlar.

Tabiiyki, bu yerda A, V, S faza o'tkazgichlari liniyaning asosiy elementlari hisoblanadi. Ularning konstruksiyasining turlari keyingi paragraflarda keltirib o'tilgan. Himoya trosslari yashinning to'g'ridan-to'g'ri urushidan himoyalash uchun trossning yuqori qismiga tross ustuniga mahkamlanadi. Tayanchlar liniyalarni ekpluatatsiya qilishda normal va avariya holatida ham o'tkazgichlarni yer sathidan ma'lum balandlikda ishonchli tutib turish uchun mo'ljallangan. Tayanchlarning konstruksiyasi tayanch materialiga qarab ham turlichadir. Izolyatorlar tayanchlarning yerga ulangan qismi bilan kuchlanish ostidagi o'tkazgichlar o'rtasida yetarli darajada elektrik oraliqni ta'minlashi zarur. Liniya armaturalari o'tkaz-

gichlarni izolyatorlarga, izolyatorlarni tayanchga bog'lovchi kompleks qurilmalar yiq'indisidir. Va nihoyat, fundamentlar tayanchlarni hududda qo'zg'almay turishi uchun xizmat qiladi.



2-rasm. HL ning anker oralig'ining eskizi:

1-tutib turuvchi izolyatorlar shodasi; 2-tortib turuvchi izolyatorlar shodasi;  
3-oraliq tayanchlar; 4-anker tayanchlar.

2-rasmda 1-rasmdagi tayanchdan ko'rinishi bilan farq qiluvchi bir zanjirli havo liniyalarining tayanchlari o'rtasidagi hudud ko'rsatilgan. Bu tayanchlar anker tayanchlar deb nomlanadi, trassadagi tayanchlar o'rtasidagi masofa  $L_a$  anker masofa deb nomlanadi. Bu tayanchlar, oraliqqa qo'yilgan oraliq tayanchlardan shunisi bilan farq qiladiki,  $L_a$  anker oraliqdagi o'tkazgichlarning bir tomonlama og'irligini hamda o'tkazgich va trosslarni montaj qilishda paydo bo'ladigan kuchni ko'tarishga mo'ljallangan bo'ladi. O'tkazgichlar anker tayanchlarga  $q_g$  uzunlikda tortma izolyatorlar shodasiga, oraliq tayanchlarga esa osma izolyatorlar shodasiga mahkamlanadi. Izolyatorlar shodasining uzunligi qancha katta bo'lsa liniyaning nominal kuchlanish ham katta bo'ladi.

Oraliq uzunlikda o'tkazgich va trosslar osilib turadi. O'tkazgichning osilish nuqtasi va eng pastki nuqtasi o'rtasidagi vertikal masofa salqilik deb nomlanadi. 2-rasmda o'tkazgichning salqiligi  $f_p$ , trossning salqiligi esa -  $f_t$  bilan belgilangan. O'tkazgichning eng pastki nuqtasidan yergacha, suvgacha yoki kesib o'tuvchi obyektgacha bo'lgan masofa  $h_g$  liniyaning gabariti deb nomlanadi. U havo liniyasi kesib o'tgan hududning xarakteriga va  $U_{nom}$  ga bog'liq ravishda  $EUT_q$  dan aniqlanadi. Nominal kuchlanishi  $U_{nomqq}$  500 kV bo'lgan va aholi siyrak yashaydigan hududlar ustidan o'tgan havo liniyalarda bu ko'rsatkich 6—8 m ni tashkil qiladi.

HLsining elementlari mavsumiy harorat va havo namligi o'zgarishida hosil bo'ladigan tabiiy va sanoat ifloslanishida, qiyin va xilma-xil geografik

va iqlimiy sharoitlarda ishlaydi. Bundan tashqari ular quyida ko'rsatilgan asosiy ta'sir etuvchi kuchlarga qarshi tura olishi kerak:

- liniyaning barcha elementlariga;
- o'tkazgich, tross va tayanchlarda muz qatlami sodir bo'lganda;
- o'tkazgich, trosslar va tayanchlarga shamol bosimi ta'siriga;
- o'tkazgich va trosslarning og'irligiga.

Shartli ravishda liniya elementlarining umumiy ta'sir etuvchi kuchi bitta tayanchga bir necha yuz ming nyutonga yetadi va o'tkazgichlar, trosslar va tayanchlar ushbu yuklamaga qarab hisoblanadi.

Muayyan bir iqlim sharoiti (havo harorati  $-3$  dan  $-5^{\circ}\text{S}$  gacha va shamol tezligi  $10\text{ m/s}$  gacha) bo'lganda HLsining o'tkazgichlari, trosslari va tayanchlari atrofida  $900\text{ kg/m}^3$  massali muz qatlami paydo bo'ladi. Bu qatlamning bitta tayanchga beradigan massasi taxminan ming tonnagacha yetishi mumkin.

Shamol HLsining ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatib, ikkita noxush holatga olib kelishi mumkin. Birinchidan, shamol tezligi  $4\text{--}8\text{ m/s}$  bo'lganda, o'tkazgich va trosslarning titrashi yuz berishi kuzatiladi. U o'tkazgichlarda bir necha o'n gers chastotali va o'n millimetrgacha amplitudali to'lqinni paydo qiladi. Titrash o'tkazgich va tross simlarining ko'plab joylarning egilishiga, oxirida ularning sinishiga, tross yoki o'tkazgichlarning mexanik mustahkamliginihg zaiflashishiga va ularning uzilishiga, ya'ni avariya holatiga olib kelishi mumkin.

Ikkinchidan, shamol tezligi  $15\text{--}30\text{ m/s}$  ga yetganda, o'tkazgich va trosslarning "o'ynashiga" olib keladi. Bu ta'sirlar o'tkazgich va trosslarning atrofida muz qatlami bo'lgandagina sodir bo'ladi.

Bu to'lqinlar chastotasi bir gersgacha bo'lgan va o'tkazgich yoki trossning oraliq uzunligiga teng bo'lgan amplitudani tashkil etadi.

Bu dinamik ta'sirlar ro'y berganda o'tkazgichlarning izolyatorlar shodasiga mahkamlangan shoxobchada va tayanch so'nggida ancha katta bo'lgan, tayanch detallari va liniya armaturalarining sinishiga olib keladigan ta'sirlar ro'y beradi. Bundan tashqari, o'tkazgich va trosslarning "o'ynashi" natijasida ularning o'zaro bir-biriga chalkashishi, pirovardida qisqa tutashuvga olib kelishi, va avariya holatini yuzaga olib keladi.

O'tkazgich va trosslarning titrashiga qarshi kurashish uchun HLda maxsus titroq so'ndirgichlar o'rnatiladi.

O'tkazgichlar "o'ynashi" paytidagi to'lqinlarni so'ndirishning yagona yo'li i, maxsus qurilma yordamida, liniya oralig'iga katta miqdorda tok berib, o'tkazgichlarni qizitib va o'tkazgich atrofidagi muz qatlamini eritishdir.

## **Sinov savollari**

1. Havo liniyasining konstruktiv elementlariga nimalar kiradi?
2. Qanday oraliqqa anker oraliq deb ataladi?
3. Oraliq tayanchlar anker tayanchlardan nimalari bilan farqlanadi?
4. Salqilik deganda nimani tushunasiz?
5. Havo liniyalari qanday ta'sirlarga chidamli bo'lishi kerak?

### **3-ma'ruza**

## **O'TKAZGICHLAR VA YASHIN QAYTARUVCHI TROSSLAR**

Havo liniyalarining asosiy elementi bo'lmish o'tkazgichlar texnik va iqtisodiy talablarni qanoatlantiradigan materialdan tayyorlanishi zarur. Ular, avvalam bor solishtirma elektrik qarshiligi kichik, liniyaning qizishi tufayli sodir bo'ladigan aktiv quvvat isroflarini va kuchlanish tushuvining minimal bo'lishini ta'minlashi zarurdir.

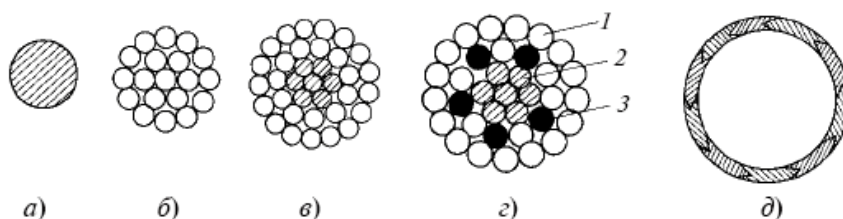
O'tkazgich tayyorlanadigan materialning qalinligi, ya'ni o'tkazgichning xususiy og'irligi va solishtirma og'irligini aniqlovchi kattalik, o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi  $F$  yuqori bo'lmasligi zarur. Mexanik mustahkamlik talabini qanoatlantiruvchi, mustahkamlik chegarasini baho-laydigan  $q_{uzil}$  ham yuqori bo'lishi zarur. Shu bilan birgalikda o'tkazgich tayyorlanadigan material ob-havo sharoitlariga va kimyoviy ta'sirlarga chidamli bo'lishi kerak. Bundan tashqari, havo liniyalarining tannarxini kamaytirish uchun bu material tabiatda topilishi oson va arzon bo'lishi kerak.

Yuqoridagi talablarni qanoatlantiruvchi turli xil materiallar mavjud, ammo barcha talablarni qolgan materiallarga nisbatan qanoatlantiradigan aniq bir material hozirda tabiatda mavjud emas. Hozirgi kunda amaliyotda HL o'tkazgichlari sifatida mis, alyuminiy va alyuminiy qotishmalari hamda po'latdan tayyorlangan materiallaridan foydalanilmoqda. 2-jadvalda ularning yuqorida aytib o'tilgan xarakteristikalarini ko'rsatib o'tilgan.

| HLda ishlatiladigan o'tkazgichlar tayyorlanadigan materiallarning fizik jihatlari |                                               |                         |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Material                                                                          | $\rho, \text{Om} \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ | $\gamma, \text{kg/m}^3$ | $\sigma_{y3}, \text{H/mm}^2$ |
| Mis                                                                               | 17,8—18,5                                     | 8700                    | 390                          |
| Alyuminiy                                                                         | 30,0—32,5                                     | 2750                    | 160                          |
| AV-E qotishma                                                                     | Bir xil                                       | 2790                    | 300                          |
| Po'lat                                                                            | —                                             | 7850                    | 1200                         |
| Plastik shisha                                                                    | —                                             | 2000                    | 1200                         |

Jadvaldagi ma'lumotlarni solishtirib shuni xulosa qilishimiz mumkinki, alyuminiyning solishtirma elektrik qarshiligi misnikiga qaraganda taxminan 65% yuqori ( $q_{al} = 1,65q^m$ ), massasi taxminan 3 barobar yengil, mexanik mustahkamligi esa 2,5 barobar yomonroqdir. O'zida 2% magniy, kremniy va temir moddalari mujassam bo'lgan termoishlov berilgan alyuminiy qotishmasi, toza alyuminiy moddasiga nisbatan solishtirganda deyarli bir xil elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi bilan birgalikda, misnikiga qaraganda 23% kam bo'lgan yuqori mexanik mustahkamlikka egadir. Mis yetarli darajada noyob va qimmatbaho metallidir, shuning uchun HLning zamonaviy texnikasida, asosan alyuminiy va alyuminiy qotishmalari negizida tayyorlangan o'tkazgichlar qo'llanilmoqda.

HLda asosan izolyatsiyalanmagan o'tkazgich va trosslardan foydalaniladi. Shu bilan birgalikda, oxirgi qirq yillikda va XX-asrning 90-yillarida, xorijda va O'zbekistondagi 0,4 va 6-20 kV kuchlanishli HLda izolyatsiyalangan o'zini ko'tarib turuvchi o'tkazgich (IO'QTO') lardan foydalanish ancha ko'payotgan bo'lsa, 35 kV HLda esa izolyatsiyali o'tkazgichlardan foydalanish salmoqli ravishda ortmoqda. Ushbu tipdagi liniya inshootlarining ziyoni izolyatsiyalanmagan o'tkazgichli HLsiga nisbatan solishtirganda ancha pastroqdir. Oxirgi jumladan (IO'QTO') li HL dan foydalanishni yanada kengaytirishimiz lozimligini bildiradi.



3-rasm. Izolyatsiyalanmagan o'tkazgichlarning konstruksiyasi:

a- bir simli; b- bir metallidan (quyma) tayyorlangan ko'p simli; v-ikiita metallidan (po'lat alyuminiy) tayyorlangan ko'p simli; g-kengaytirilgan; d- ichi g'ovak; 1-

3-rasmda izolyatsiyalanmagan o‘tkazgichlarning turli xil ko‘rinishlari keltirilgan. Ularga monometalli (misdan, alyuminiydan, po‘latdan) va bimetalli (po‘lat alyuminiy) o‘tkazgichlar kiradi. Bir simli o‘tkazgichlar faqatgina 1 kV gacha bo‘lgan kuchlanishlardagina ishlatiladi. Ko‘p hollarda kattaroq nominal kuchlanishli liniyalarda ko‘p simli o‘tkazgichlardan foydalaniladi.

Oraliq uzunligi 100-150 m dan oshmaydigan, 0,4 va 6-10 kV kuchlanishli mahalliy elektr tarmoqlarida O‘zbekistonda monometallik alyuminiy o‘tkazgichlardan ancha kam miqdorda foydalaniladi. Xorijiy davlatlarda alyuminiy eritmali («aldrey», «almelek») monometalli o‘tkazgichlar barcha tipdagi nominal kuchlanishli liniyalarda ishlatilmoqda.

Kengaytirilgan va ichi g‘ovak o‘tkazgichlar 220 kV va undan yuqori nominal kuchlanishli liniya o‘tkazgichlarida tojlanishga ketadigan razryadlanishni (elektr energiya isrofi, radio va televizor to‘lqinlariga ta‘sirini) kamaytirish maqsadida. Bu hodisa ma‘lum kuchlanishlarda, o‘tkazgichning tashqi diametriga teskari proporsional bo‘lgan, elektr maydonini (30 kV/sm atrofida) sodir qiladi. Bu ko‘rsatkich tashqi diametriga bog‘liqligi va o‘zgaruvchan tok o‘tkazgichning to‘liq kesim yuzasidan o‘tmasligi sababli, oddiy ko‘p simli konstruksiyali o‘tkazgichlarni ushbu sabab orqali diametrini oshirish iqtisodiy jihatdan maqbul emas, ya‘ni materialning qanchadir qismi ishlamasdan ortiqchaday bo‘lib qoladi. Ichi g‘ovak konstruksiya esa rangli metallarni ko‘p ishlatilishi va HL tannarxi oshib ketishinihg oldini oladi. Ushbu maqsad asosida kengaytirilgan o‘tkazgich yaratish uchun ko‘p simli o‘tkazgichning ichiga spiralli karkas yoki plastik oyna to‘ldirgich joylashtiriladi.

O‘YuK va UYuK HLda tayyorlash ancha qiyin bo‘lgan bunday faza o‘tkazgichlarini qo‘llash o‘rniga yana bir usul faza o‘tkazgichlarini bir necha N tashkil etuvchilarga ajratish usuli butun dunyoda keng qo‘llanilmoqda.

Shunday qilib, javobgarligi yuqori bo‘lgan 330 kV liniyalarda ikkita, bir biridan  $a=40$  sm masofada bo‘lgan va o‘zaro metallik tirgovich orqali bog‘langan o‘tkazgichlar ishlatiladi. 500 kV HLda bir biridan 40 sm masofada turuvchi teng tomonli uchburchak hosil qiluvchi o‘tkazgichlar “bog‘lami”dan foydalaniladi. Bunday bog‘lamning tashqi diametri taxminan 27 sm atrofida bo‘lgan bitta o‘tkazgich bilan ekvivalentdir. Bir-biridan  $a=40-60$  sm bo‘lgan 750 kV li HLda  $N=4-5$ , 1150 kV HLda esa  $N=8-10$  bo‘lgan o‘tkazgichlardan foydalaniladi.

35-1150 kV HLda hozirgi davrgacha asosan po‘lat-alyuminiy o‘tkazgichlar ishlatilmoqda. Ular 1, 7, 19, 37 yoki 61 simdan (mos holda 1,

2, 3, 4 yoki 5 o‘ram) iborat po‘lat o‘zak bo‘ladi. Bu o‘zakka 1 tadan 4 tagacha alyuminiy o‘ramli sim qoplanadi.

O‘tkazgich markasida «K» harfi qo‘shilgan bo‘lsa, korroziyaga chidamliligini bildiradi. Bunday o‘tkazgichlar “atmosfera iflos” (dengiz bo‘yi joylarda, tuzi ko‘p orollarda, sanoat hududlar va h.k) joylarda qo‘llaniladi. Korroziyaga qarshi turish uchun birinchidan, po‘lat o‘zakka sintetik plenkadan iborat ikkita lenta o‘raladi, ikkinchidan, korroziyaga qarshi tura olishini oshiradigan neytral moy o‘tkazgich ustiga (marka ASK) yoki uning o‘zagi (ASKS) yoki o‘tkazgichning barcha qismiga (ASKP) surtiladi.

Po‘lat-alyuminiy o‘tkazgichlarning mexanik (mustahkamligi) xarakteristikasi jami alyuminiy o‘ramning ko‘ndalang kesim yuzasi  $F_{al}$  va jami po‘lat o‘ramning ko‘ndalang kesim yuzasi  $F_p$  o‘rtasidagi munosabatdan topiladi.  $F_{al}/F_p = k_F$  munosabatdan o‘tkazgichlarning tayyorlanishi besh turga bo‘linadi (3-jadval).

3-jadval

| Po‘lat-alyuminiy o‘tkazgichlarning tayyorlanish variantlari |              |                                         |
|-------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------|
| Tayyorlanishi                                               | $F_{al}/F_p$ | Nomenklatura                            |
| Maxsus yengil                                               | 12,2—18,1    | 330/27; 400/22; 500/27; 1000/56         |
| Yengil                                                      | 7,71—8,04    | 150/19—800/105 (15 marok)               |
| Normal                                                      | 6,00—6,25    | 35/6,2-400/64 (10 marok)                |
| Kuchaytirilgan                                              | 4,29-4,39    | 120/27—400/93 (6 marok)                 |
| Maxsus kuchaytirilgan                                       | 0,65—1,46    | 70/72; 95/41; 185/128; 300/204; 500/336 |

Shu kabi tayyorlangan o‘tkazgichlar ishlatilishi birinchi navbatda iqlim sharoitining og‘irligiga, ya‘ni o‘tkazgichning muz qatlami va shamol bosimi ta‘siri ostida sinalgandagi hosil bo‘ladigan yuklamaga qarab aniqlanadi. Shu kabi tayyorlangan o‘tkazgichlarni tanlash iqlim sharoitini e‘tiborga olish bilan birgalikda ba‘zan temir yo‘llar va avtomobil yo‘llari, katta daryolar va h.k ustidan o‘tuvchi HLsining ishonchli ishlashishini kuchaytirish maqsadi bilan ham bog‘liqdir.

GOST ga muvofiq po‘lat-alyuminiy o‘tkazgichlar (AS, ASK, ASKS, ASKP) markadan va alyuminiy va po‘lat qismining nominal ko‘ndalang kesim yuzasidan iborat bo‘ladi. Masalan, AS 150/24, ASK 240/56 va h.k. 3-jadvalda AS markali va alyuminiy qismining nominal kesim yuzasi  $185\text{mm}^2$  o‘tkazgichning to‘rt xil tayyorlanishdagi xarakteristikolari misol tariqasida keltirilgan. Agar bu yengil tayyorlangan va maxsus kuchaytirib tayyorlangan o‘tkazgichlarning xarakteristikalarini solishtirsak, massasi tax-

minan 2 barobar kattaligi va 3 marta ko‘proq mustahkamligini  $F_{uz}$  ko‘ ramiz.

4-jadval

| O‘tkazgich markasi | haqiqiy ko‘ndalang kesim yuzasi, mm <sup>2</sup> |       | Massa, kg/km |        |            | $F_{uz}, H$ | $k_F$ | Tayyorlanishi         |
|--------------------|--------------------------------------------------|-------|--------------|--------|------------|-------------|-------|-----------------------|
|                    | $F_{an}$                                         | $F_n$ | Alyuminiy    | po‘lat | O‘tkazgich |             |       |                       |
| AS 185/24          | 187,0                                            | 24,2  | 515          | 190    | 705        | 604         | 7,73  | yengil                |
| AS 185/29          | 181,0                                            | 29,0  | 500          | 228    | 728        | 648         | 6,24  | Normal                |
| AS 185/43          | 185,0                                            | 43,1  | 509          | 337    | 846        | 808         | 4,29  | Kuchaytirilgan        |
| AS 185/12          | 187,0                                            | 128,0 | 517          | 1008   | 1525       | 1837        | 1,46  | Maxsus kuchaytirilgan |

Yashin qaytaruvchi trosslar rux yugurtirilgan ko‘p o‘ramli TK markali ko‘ndalang kesim yuzasi 35, 50 i 70 mm<sup>2</sup> bo‘lgan po‘lat arqonlardan tayyorlanadi. Agar yashin qaytaruvchi trosslar yuqori chastota kanalli aloqalarni uzatishda ishlatilayotgan bo‘lsa, unda ular elektr o‘tkazuvchanligi yuqori bo‘lgan materiallardan tayyorlanadi. Shuning uchun bunday hollarda AS 70/72 va AS 95/141 markali o‘tkazgichlardan foydalaniladi.

Yuqori chastotali signallarni uzatishni yaxshilash nuqtay-nazaridan trosslar «alyumoveld» tipidagi po‘lat-alyuminiy simlardan tashkil topgan bo‘ladi. Bunda har bir sim ingichka po‘lat o‘zakdan iborat va usti alyuminiy bilan qoplangan bo‘ladi.

Kuchlanishi 110 kV gacha bo‘lgan HLda yashin qaytaruvchi trosslar faqatgina podstansiyaga kirish yo‘llaridagina, podstansiya qurilmalariga yaqin joylarda yashinni to‘g‘ridan-to‘g‘ri urishini oldini olish maqsadida ishlatiladi. Nominal kuchlanishi 110 kV va undan yuqori metall va temir-beton tayanchli liniyalarning barcha qismi bo‘ylab yashin qaytaruvchi trosslar osib chiqiladi. Ularning soni (bir yoki ikki) tayanch turi va tayanchlarda o‘tkazgichlarning joylashuv usuliga qarab aniqlanadi. Nominal kuchlanishi 110-330 kV HL da yashin urishi kam miqdorda bo‘ladigan (yiliga 20 soatdan kam vaqt yashin bo‘ladigan) hududlarda hamda muz qatlami 20 mm dan ortiq bo‘ladigan qorli hududlardagina yashin qaytaruvchi trosslarsiz foydalanishga ruxsat beriladi. Kuchlanishi 110-220 kV bo‘lgan yog‘och tayanchli HLi yashin qaytaruvchi trosslar bilan himoyalalanmaydi.

Yashin qaytaruvchi trosslarni osishning uch xil usuli mavjud. Birinchisi, yashin qaytaruvchi trosslar tayanchlarga izolyatorlarsiz mahkamlanadi va har bir oraliqda zaminlanadi. Faqatgina metall va temirbeton anker tayanchlarda

ular izolyatorlarga mahkamlanadi. EUTga muvofiq bu usul kuchlanishi 150 kV dan past bo‘lgan barcha HLda qo‘llanilishi darkor. Kuchlanishi 220 kV va undan yuqori liniyalarda ikkinchi usul, barcha tayanchlarda trosslar izolyatorlarga mahkamlangan holda uchqun oraliq‘i shuntlanadi. Bunda trosslar anker hududlarga mos keluvchi oraliqqa bo‘linadi va har bir oraliqda bitta nuqtaga zaminlanadi.

Trosslar yuqori chastotali aloqalarni uzatish maqsadida ham ishlatilayotgan bo‘lsa, unda uchinchi usul qo‘llaniladi, trosslar liniyaning barcha qismida butunlay izolyatsiyalanadi va izolyatorlar uchqun oraliq‘ida shuntlanadi.

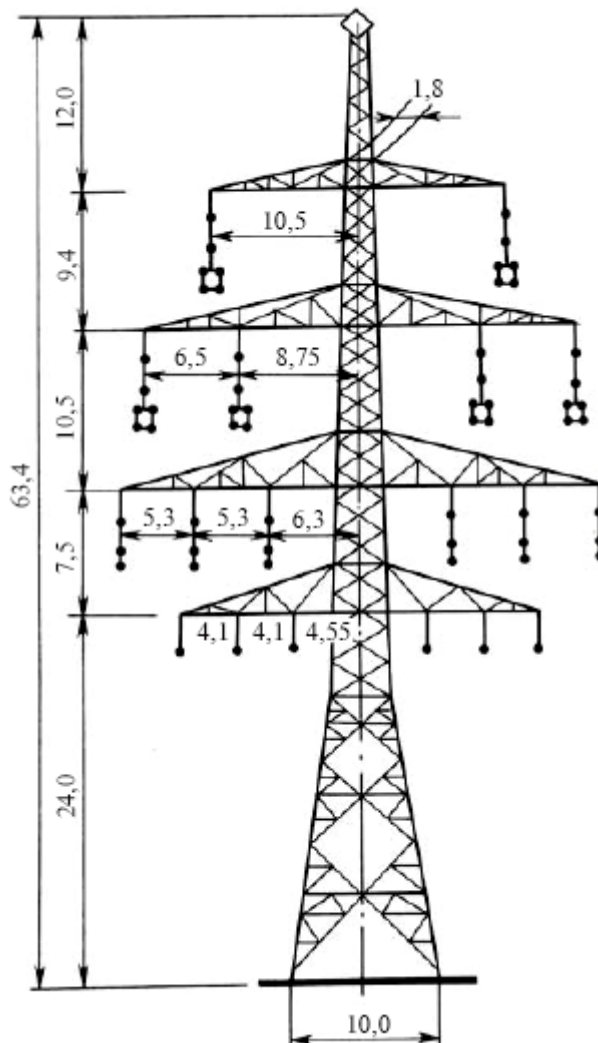
### **Tayanch klassifikatsiyasi**

Elektr tarmoq qurilishida tayanchlarning zaruriy ehtiyojiga qarab, ularning qator alomatlariga qarab klassifikatsiyalangan turlari qo‘llaniladi.

Ular 5-jadvalda keltirilgan, bu yerda undan tashqari har bir alomatiga mos keluvchi tayanch turlari hamda bir necha izohlar keltirib o‘tilgan.

5-jadval

| Havo liniyasi tayanchining klassifikatsiyasi |                      |                                   |
|----------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Belgilanishi                                 | Tayanch turlari      | Izoh                              |
| Uch fazali zanjirlar soni                    | Bir zanjirli         | Barcha kuchlanishlarda            |
|                                              | Ikki zanjirli        | 35-330 kV                         |
|                                              | Ko‘p zanjirli        | —                                 |
| O‘tkazgichlarni mahkamlash usuli             | Oraliq               | Tutib turuvchi qicqichlar         |
|                                              | Anker                | Tortib turuvchi qicqichlar        |
| Trassadagi o‘rni                             | Burchak              | Trassaning burilish nuqtalarida   |
| Konstruktiv bajarilishi                      | Erkin turuvchi       | —                                 |
|                                              | Tortib turuvchi      | —                                 |
| Material                                     | Yog‘och              | 220 kV va undan past              |
|                                              | Temir beton          | 500 kV va undan past              |
|                                              | Metall               | Barcha kuchlanishlarda            |
| Maxsus vazifaga                              | Tarmoqlanuvchi       | Magistraldan tarmoqlanish joylari |
|                                              | O‘tkazuvchi          | Daryolardan o‘tish joylari va h.k |
|                                              | Transpozitsiyalovchi | Sikl tugallanish joylarida        |



4-rasm. Kombinatsiyalangan 380-220-110 kV kuchlanishli ko‘p zanjirli HL tayanchi

Demak, uch fazali zanjirlar soniga qarab tayanchlar turlanadi:

bir zanjirli - barcha nominal kuchlanishlardagi HL da qo‘llaniladi;

Ikki zanjirli - O‘zbekistonda 35-330 kV kuchlanishli HL qo‘llaniladi, xorijda esa 380-500 kV kuchlanishli liniyalarda qo‘llaniladi.

Ko‘p zanjirli - xorijda aholi zich yashaydigan, yerning tannarxi qimmat bo‘lgan hududlarda HLsining trassasini tejash maqsadida qo‘llaniladi.

Bu yerda, yuqori qavatda ikki zanjirli 380 kV kuchlanishli faza o‘tkazgichlari joylashgan, undan pastda ikki zanjirli 220 kV kuchlanishli liniya faza o‘tkazgichlari joylashtirilgan, traversaning eng pastki qismiga ikki zanjirli 110 kV li kuchlanishli liniya faza o‘tkazgichlari ilingan. Bu tayanchning vertikal o‘lchami 63,4 m dan iborat, biroq gorizontal gabariti esa bor yo‘g‘i 34 m ni tashkil qiladi.

Ikkinchi alomatiga o‘tkazgichlarni mahkamlash usuli asos bo‘lib xizmat qiladi. Bunda, birinchi navbatda, o‘tkazgichlarni tutib turuvchi qis-

qichlarga mahkamlanadigan oraliq tayanchlarga ajratiladi. Bu tayanchlarning asosiy turi bo'lib, barcha tayanchlarning 90 % ga yaqin qismini tashkil etadi. Bundan tashqari, ular o'tkazgichlarni tortib turuvchi qisqichlarga mahkamlanuvchi anker tayanchlarga ajratiladi. 2-rasmda bu tayanchlar chizmasi ko'rsatilgan, anker oraliq oxirlariga (anker hudud) joylashtirilgan.

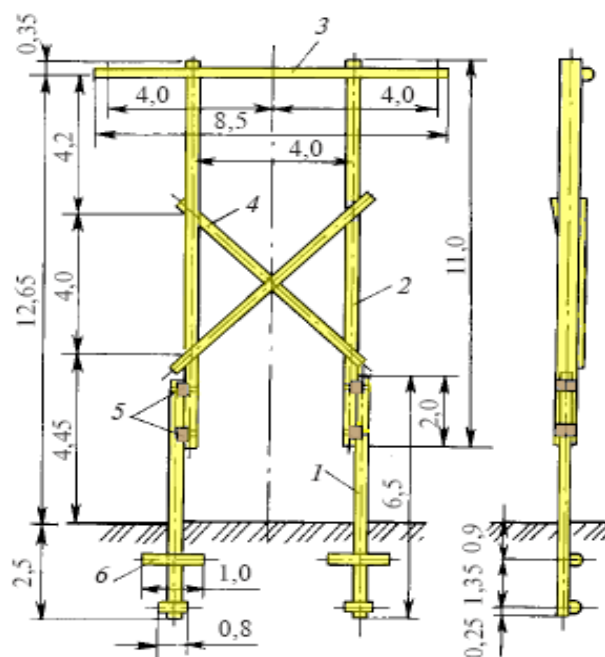
Trassada joylashuviga qarab tayanchlar, hududning to'g'ri qismida joylashgan va burchak (yoki anker burchagi), liniya trassasining yo'nalishi o'zgaradigan (buriladigan) nuqtalarida joylashgan tayanch turlariga bo'linadi. Bu nuqtada tayanchga o'tkazgich va trosslarning og'irlik kuchining yo'nalishi burilish ichki burchagining bissektrissasi bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Shuning uchun oddiy oraliq tayanchlardan farqli o'laroq ta'sir etuvchi kuch momentiga qarshi tura olishi uchun burchak tayanchlari ikki yoqqa qaraydigan bo'lishi kerak. Burilish burchagi  $20^\circ$  dan ortadigan joylarda burchak tayanchlari o'rnatiladi.

Konstruktiv tayyorlanishiga qarab tayanchlar erkin turuvchi va tortib turuvchi tayanchlarga ajratiladi. Tortib turuvchi tayanchlar, metall trosslar yordamida bir uchi tayanchning yuqori qismiga mahkamlanib, ikkinchi uchi tuproqqa 2-3m kirib borgan anker plitalarga mahkamlanadigan, erkin turuvchi tayanchlar kabi mustahkamligini ta'minlagan holda va tayanchga ishlatiluvchi materiallarni tejab, uning tannarxini kamaytirish maqsadida qo'llaniladi.

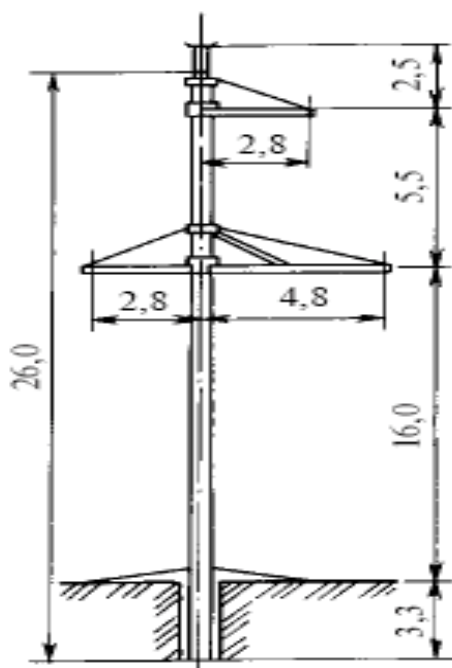
Tayanchlar yog'och, temir-beton va metallardan iborat materiallardan tayyorlanadi. O'zbekistonda yog'och tayanchlar nominal kuchlanishi 35 kV gacha bo'lgan HLda ishlatiladi. AQShda kuchlanishi 345 kV bo'lgan HL da yopishtirilgan yog'och tayanchlar foydalanish tajribasi bor. 5-rasmda erkin turuvchi kuchlanishi 110 kV bo'lgan Hldagi yog'och tayanch misol tariqasida keltirilgan.

Tayanchning pastki ulama qismi tuproqqa 2,5 m chuqurlikkacha kirib boradi. Mustahkamlikni kuchaytirish maqsadida, tayanchning pastki qismiga teshiklarni to'sib turuvchi bo'ylama rigellar mahkamlanadi. Hozirgi vaqtda yog'och tayanchlarning pastki qismi xizmat qilish muddatini oshirish maqsadida temir betonlardan tayyorlanmoqda. Chunki temirbeton tagliklar yog'ochdan tayyorlangan tayanchlar chirishining oldini oladi. Shuning uchun ham yog'och tayanchning boshqa – ustun, traversa va kashak (yoki shamol ta'sirini yo'qotadigan) elementlari antiseptik moddalar bilan shimdiriladi. Yog'och tayanchlar qarag'ay va eman daraxtlaridan tayyorlanadi.

Ustun qismi tag qismiga sim belbog'lar orqali mahkamlanadi.



5-rasm. 110 kV HL sining yogʻochli oraliq tayanchi:  
1 – ulama qism; 2 – ustun; 3 – traversa; 4 – tirgovich; 5 – belbogʻ (bandaj);  
6 - rigel

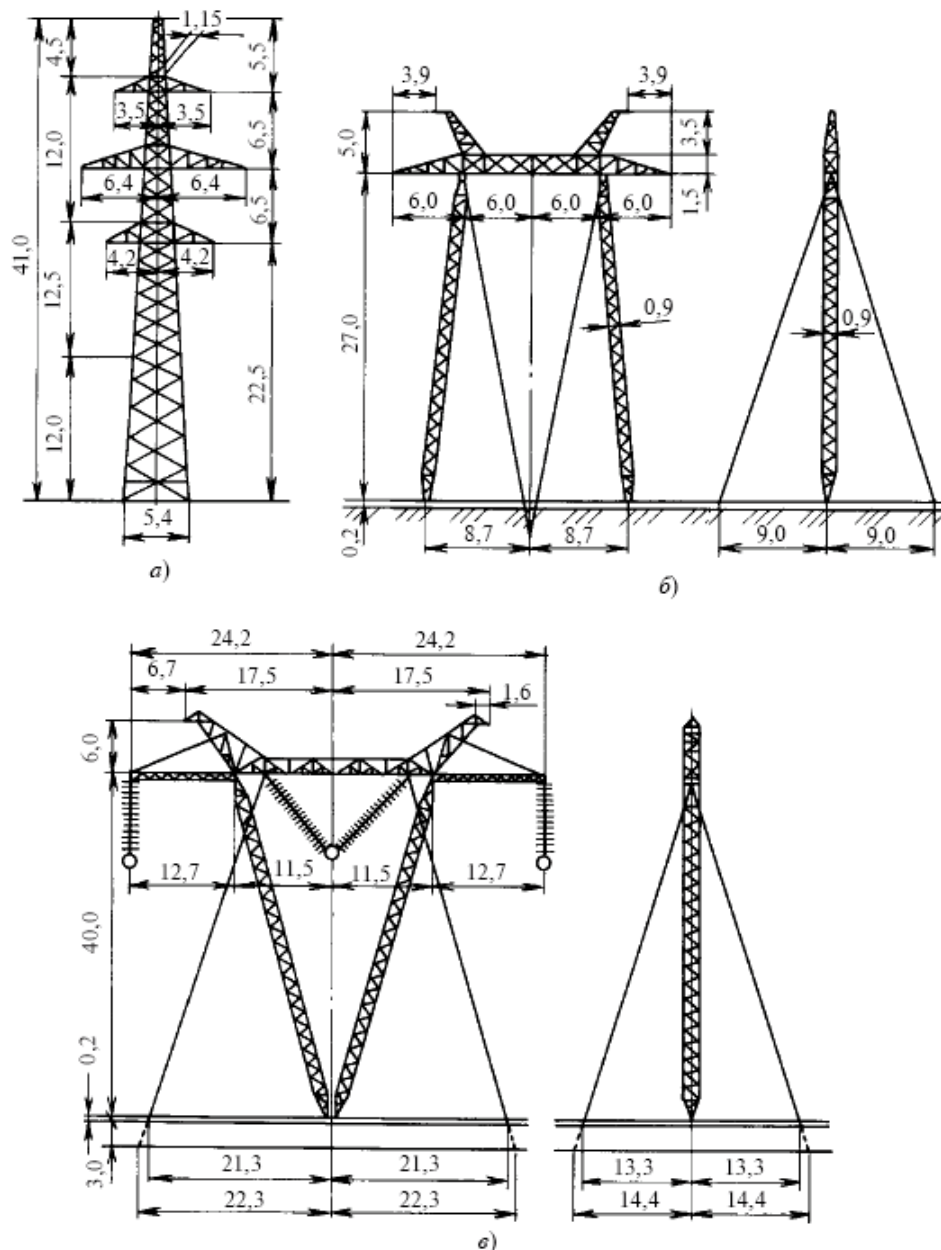


6-rasm. 220 kV kuchlanishli HL sining erkin turuvchi bir zanjirli temir beton oraliq tayanchi

Unifikatsiya qilingan temir beton tayanchlar Oʻzbekistonda nominal kuchlanishi 500 kV gacha boʻlgan HL da qoʻllaniladi. Ularning metall dan iborat traversa va tross ustuni boʻladi. Ikki zanjirli bitta tirgakli temir-beton tayanchlar 110-220 kV kuchlanishli liniyalarda qoʻllanilsa, bir zanjirli (bir va ikki tirgakli) temir-beton tayanchlar esa 35-500 kV kuchlanishli liniyalarda

qo'llaniladi. Misol tariqasida 6-rasmda nominal kuchlanishi 220 kV bo'lgan HLdagi o'tkazgichlar uchburchak usulida joylashtirilgan (rasmda ko'rsatilmagan) bir zanjirli erkin turuvchi temir beton tayanch ko'rsatilgan. Uning ustunining balandligi 26 m va yerga 3,3 m gacha mahkamlangan.

Metall tayanchlar barcha turdagi (35-1150 kV) nominal kuchlanishlarda qo'llaniladi. Uning asosiy elementi bo'lib stvol (erkin turuvchi minora shaklidagi tayanchlarda) yoki ustun (portal va V-shaklidagi tayanchlarda), fazoda turuvchi ferm shaklidagi traversa, agar ular konstruksiyada ko'zda tutilgan bo'lsa tross ustuni va tortmalar hisoblanadi. 7-rasmda yuqorida aytib o'tilgan turdagi (minorali, portal va V-shaklidagi) oraliq metall tayanchlar misol tariqasida ko'rsatilgan.

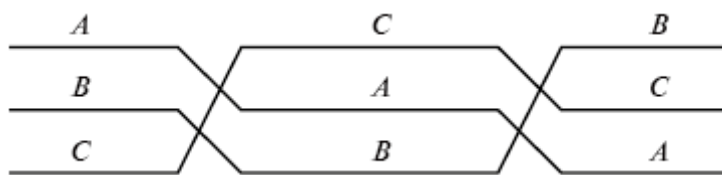


7-rasm. Oraliq metall tayanch turlari:

- 220 kV kuchlanishli ikki zanjirli erkin turuvchi minorali tayanch;
- 500 kV kuchlanishli bir zanjirli tortib turuvchi portal tayanch ;
- 1150 kV kuchlanishli bir zanjirli tortib turuvchi V – shaklidagi tayanch.

Minorali tayanchlarning stvoli to'rtta metall ugolnikdan iborat vertikal belbog'dan, qo'shni belbog'larni bog'lovchi tirgaklardan, panjara hosil qiluvchi, tayanchda qattiqlik va mustahkamlikni kuchaytiruvchi diafragma-lardan (krest shaklidagi gorizontaal belbog' bog'lovchi) tashkil topgan bo'ladi. Metall tayanchlar yig'ilish usuliga qarab payvandlangan va boltlangan bo'lishi mumkin. Payvandlangan tayanchlar seksiya holida zavodlarda tayyorlanadi. Ularning o'lchamlari trassada transportirovka sharoitiga qarab cheklangan bo'ladi. Bu seksiyalar bir-biriga boltlar orqali mahkamlanadi. Boltlangan tayanchlar butunlay trassada yig'iladi. Ular ko'pincha tarkibiy elementlarini tashishda katta qulayliklar yaratadi va korroziyadan himoyalaniish tehnologiyasini zavod sharoitidagidan ko'ra ancha yengillashtiradi.

Yuqoridagilardan tashqari, tayanchlar maxsus vazifasiga qarab guruhlanadi. Ularga transpozizyalovchi, shoxobchalovchi va o'tkazuvchi tayanchlar kiradi. Transpozizyalovchi tayanchlar transpoziziya sikli tugaydigan hudud oxirida o'rnatiladi (8-rasm).



8-rasm. HL A, V, S fazalarining transpoziziya sikli.

Transpozizyalash deganda tayanchlarda o'tkazgichlarning nosimmetrik joylashuvidan faza o'tkazgichlarining reaktiv parametrlari turlichaligidan (induktiv va sig'im) liniya oxirida paydo bo'ladigan tok va kuchlanish vektorlarini nosimmetriyaligini (boshlanishida bu vektorlarning simmetriyalik tizimi) kamaytirish maqsadida faza o'tkazgichlarinihg o'rnini siklik almashtirish tushuniladi. HL bilan parallel yotqizilgan o'tkazgichlarga ta'sir etishi ruxsat etilgan qiymatda bo'lsa, odatda har 100 km uzunlikkacha bo'lgan liniyalarda bitta sikl transpozitsiyasi amalga oshiriladi. Shoxobchalanuvchi tayanchlar asosiy liniyadan shoxobchalash uchun xizmat qilsa, o'tkazuvchi tayanchlar daryo va boshqa suvli o'tish joylaridan olib o'tishda xizmat qiladi.

Hozirgi vaqtda bir zanjirli liniyalarda o'tkazgichlarni uchburchak usulida (35-330 kV kuchlanishli temir-beton va metall tayanchli HLlarda) va gorizontaal (220 kV kuchlanishdan yuqori barcha kuchlanishli HLda va 35-110 kV kuchlanishli yog'och tayanchlarda) joylashtirish keng qo'llanilmoqda. Ikki zanjirli liniyalarda o'tkazgichlarni tayanchlarga oltiburchak

usulida («bochka» ga oʻxshash) joylashtirish tavsiya etiladi.

### Sinov savollari

1. Havo liniyasining oʻtkazgichlari qanday materiallardan tayyorlanishi kerak?
2. Havo liniyasining qanday turdagi oʻtkazgichlarini bilasiz?
3. Tayanchlar qanday belgilariga qarab turlanadi?
4. Tayanch tayyorlanadigan materialiga qarab qanday turlarga boʻlinadi?
5. Konstruktiv tayyorlanishiga qarab tayanchlar qanday turlarga boʻlinadi?

### 4-maʼruza

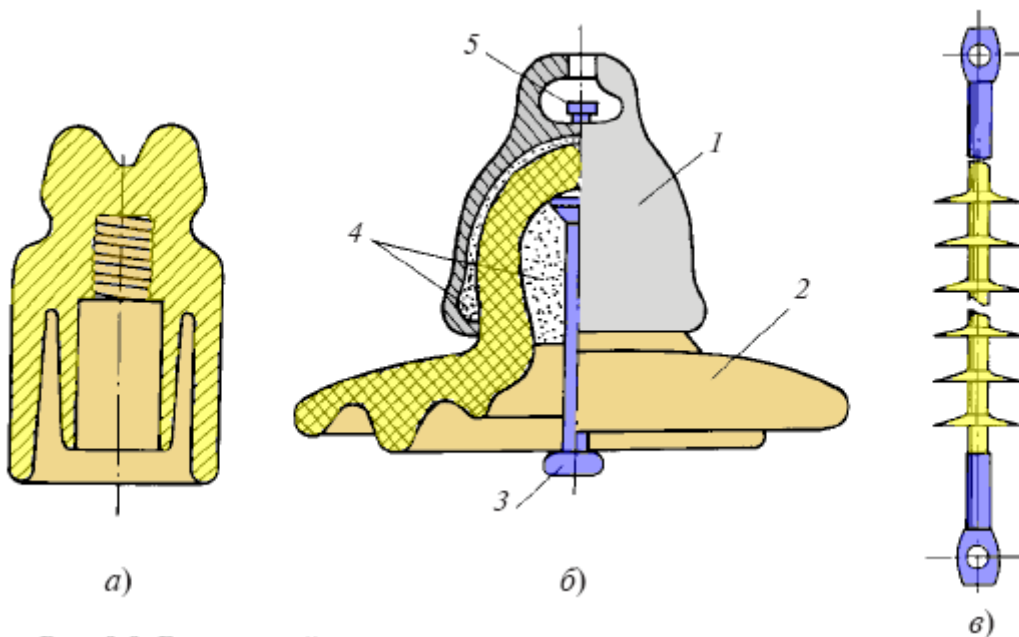
#### Izolyatorlar va liniya armaturalari

HL izolyatorlari, asosan, chinni va toblangan shishadan tayyorlanadi.

Shu bilan birgalikda, oxirgi yigirma yillikda sohada polimer izolyatorlardan foydalanish ham keng qoʻllanilmoqda.

Farfor va chinni izolyatorlar atmosfera taʼsiriga oʻzining yuqori chidamlili va yetarli darajada mexanik va elektrik mustahkamlikka ega.

Shisha izolyatorlar farfor izolyatorlarga qaraganda yengil, koʻproq yuk koʻtara oladi va yorilib ketmaydi, ogʻir yukka tura oladi, liniyaning shikastlangan joylarini tekshiruvini yengillashtiradi.



9 –rasm. Liniya izolyatorining koʻrinishi:

a – shtirli; b – tarelkasimon osma ; v – polimer; 1 – shapka; 2 – izolyatsiyalovchi detal ( tarelka); 3 – sterjen; 4 – sementli toʻldiruvchi; 5 – izolyator ustuni

Shisha va farfor izolyatorlar konstruktiv tuzilishiga ko'ra, ikkita turga bo'linadi-shtirli va osma.

Shtirli izolyatorlar (10, a rasm.) 35 kV gacha bo'lgan HL da qo'llaniladi. Izolyator korpusi metall shtir yoki ilmoqqa o'ralgan ichki rezbaga ega. Izolyator boshida o'yiq joyga o'tkazgich o'ralib mahkamlanadi.

Izolyatorlar markasida uning turi (Sh-shtirli) va materiali (S (shisha) yoki F(farfor)), nominal kuchlanishi ( kilovoltlarda) va ishlatilishi ( A,G va boshqalar).

Masalan, izolyator ShS 10-G (changga chidamli qilib ishlangan ya'ni atmosferasi yomon hududlar uchun) 145 mm balandligi, korpus diametri 160 mm va 2.1 kg massaga ega.

Osma izolyatorlar (10, b rasm.) 35 kV va undan yuqori kuchlanishli HLda qo'llaniladi.

Izolyator markasi P (podvesnoy-osma), S (steklyanniy-shisha) yoki F (farfor), G (gryazestoykiy-changga chidamliligi), va A, B, V, D ( modifikatsiya turlari) harflaridan tashkil topgan bo'ladi.

Raqam esa maksimal ruxsat etilgan mexanik yukni kilonyutonlarda (kN) bildiradi, masalan, PF70-V, PSG 120-A, PS 400-A va hokazo.

Osma tarelkasimon izolyatorlar konstruktiv tuzilishiga ko'ra uchta asosiy qismdan iborat:

- shishadan yoki farfordan tayyorlangan konus yoki silindr formasidagi ichi o'yiq qirrali aylanadigan izolyatsion qismi;

- boshqa izolyatorlarni mahkamlash uchun yuqori qismi sferik o'yiq qilingan, cho'yan bog'langan shapka;

- mos holda boshqa izolyatorlarga mahkamlash uchun pastki qismi sferik bo'rtib chiqqan sterjen.

Osma izolyatorlarning metall detallari mustahkam bog'lanish uchun izolyatsiyalovchi detallar shapka qismi konusli shaklga ega bo'lganligi hisobiga bir-biriga kirgiziladi. Uning mustahkam bog'lanishini ta'minlash uchun izolyatsiyalovchi detallar va sterjenning yuqori qismi oralig'i sement qorishma (10, b rasmdagi 4 pozitsiya) bilan to'ldiriladi.

Osma izolyatorlar qo'shni izolyatorlar sterjen boshini sferik o'yiq shapkaga kiritish yo'li bilan yig'iladigan shodalardan iborat bo'ladi. Parchalanib ketishini oldini olish uchun izolyatorning sferik sharniri M-shaklli yoki shplit shaklida (10, b rasmdagi 5 pozitsiya) berkitiladi.

Tutib turuvchi izolyatorlar shodasi soni, asosan HL nominal kuchlanishidan, bundan tashqari, atmosferaning ifloslanganlik darajasi, tayanchning materiali va izolyator turiga qarab tanlanadi.

6-jadvalda PS 70-B va PF 70-V izolyatorlarning normal atmosferali

hududlarida 35-330 kV li HL uchun, metall va temir-beton tayanchlarlaridagi izolyatorlar shodasining soni, uning uzunligi armatura bilan traversadan o'tkazgichgacha  $q_g$ , va armatura bilan birgalikda shodalar massasi keltirilgan.

6-jadval

| 35-330 kV li HL tutib turuvchi izolyatorlar shodasining xarakteristikasi |                   |                                |      |     |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|------|-----|-----|-----|
| Parametr                                                                 | Izolyator markasi | $U_{nom}$ , kV dagi qiymatlari |      |     |     |     |
|                                                                          |                   | 35                             | 110  | 150 | 220 | 330 |
| $n_{из}$                                                                 | ПФ70-Б            | 3                              | 7    | 9   | 13  | 19  |
|                                                                          | ПС70-Б            | 3                              | 8    | 10  | 14  | 21  |
| $\lambda_r$ , м                                                          | ПФ70-Б            | 0,69                           | 1,25 | 1,5 | 2,2 | 3,0 |
|                                                                          | ПС70-Б            | 0,68                           | 1,35 | 1,6 | 2,3 | 3,2 |
| $m_r$ , кг                                                               | ПФ70-Б            | 19                             | 38   | 47  | 72  | 118 |
|                                                                          | ПС70-Б            | 16                             | 36   | 45  | 67  | 111 |

Tutib turuvchi izolyatorlar shodasi 500 kVli HL da PF 120-A markali izolyator ishlatilganda 21 shunday izolyatorlardan tashkil topadi (PS 120-A izolyatordan esa 24 ta)

$U_{nom} = 110—220$  kV li HL da izolyatorlar shodasining soni bitta,  $U_{nom} = 330—500$  kV li HL da esa ikkita rezerv izolyatorlar qo'yiladi.

35-220 kV li HL lar uchun, yog'och tayanchlar uchun 6-jadvalda keltirilgan izolyatorlar soni nominal kuchlanishiga mos holda bittaga kamayadi.

Sterjenli polimer izolyatorlar (PI) HL larining izolyatsiyasinihg yangi bosqichini boshlab berdi.

Uni HL ga qo'llash va amaliyotda ishlatish XX asrning 70-yillarida Sobiq Sovet Ittifoqi davlatlarida boshlandi.

Ularning konstruksiyasining asosi (10, v rasm) barcha mexanik yuklarni qabul qiladigan shisha plastikli sterjen hisoblanadi. Tayanchlar traversasiga va o'tkazgich qisqichiga mahkamlash uchun sterjen oxirida metallik halqalagichlar mavjud bo'ladi.

Elektrik mustahkamligini va zaruriy sirqish toki yo'li uzunligining organik kremniy rezina yoki silikondan iborat ustki qatlam ta'minlaydi, sterjenni atmosfera ta'sirlaridan himoyalash va unga qotirish uchun germetik yelimdan foydalaniladi.

PI larni asosiy afzalliklari - ishonchli ishlashi yuqori, kam massaga ega, mexanik zarba yukiga bardoshli, tashish va montaj qilish soddaligi, bundan tashqari, chiroyli tashqi ko‘rinishga egalidir.

Odatda. Pilar LK harfi bilan belgilanadi, undan keyin ruxsat etilgan maksimal mexanik yuk (70 dan 300 kN gacha) va tayoqcha bilan ajratilgan son nominal kuchlanishi  $U_{nom}$  ni bildiradi.

Misol uchun, LK 70G`110 izolyator 1278 mm li gabaritga, izolyatsion qismi esa 1020 mm, 85 mm li ustki qismi va 3.3 kg massaga ega.

Liniya armaturasi deganda, HL alohida elementlarini konstruktiv jihatdan bir-biriga ishonchli bog‘laydigan qurilma tushuniladi.

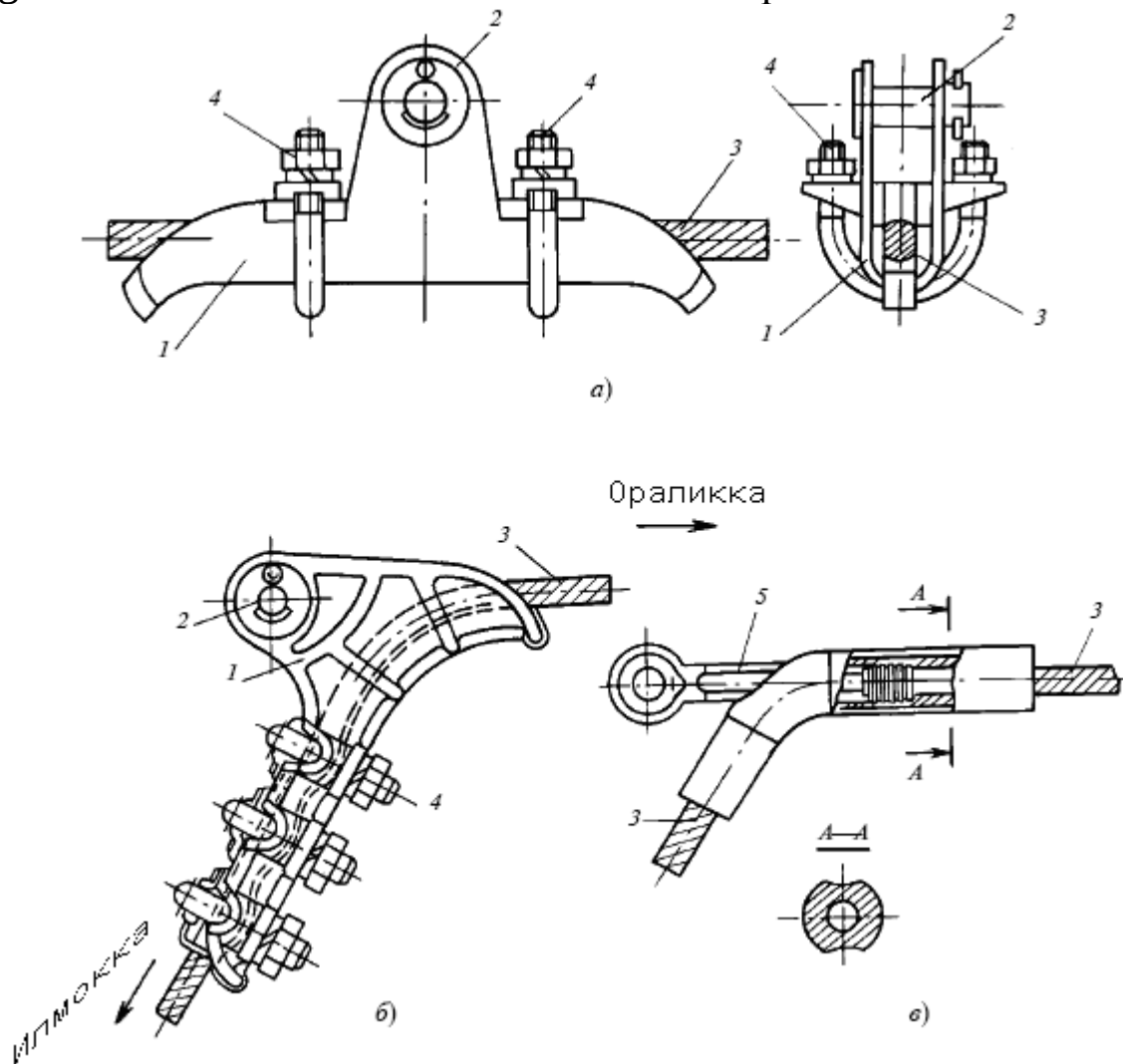
7-jadvalda beshta o‘zining vazifasiga ko‘ra ajratilgan armatura elementlari guruhlarini hamda har bir guruhning tiplari va modifikatsiyalari keltirilgan.

7-jadval

| Liniya armaturalarining klassifikatsiyasi |                            |                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kategoriya                                | Turi                       | Turli ko‘rinishi                                                                                                                                                                                         |
| Jamlanishi                                | Tutib turuvchi qisqichlar  | hamma yog‘i berk                                                                                                                                                                                         |
|                                           | Tortib turuvchi qisqichlar | Ponasimon<br>Boltli<br>Presslangan                                                                                                                                                                       |
| Zanjirli                                  | Ulovchi elementlar         | Halqa (izolyatorlar shodasi-tayanch)<br>Ilgak (halqa va izolyatorlarni)<br>quloqcha (izolyator va qisqichni)<br><b>Koromo‘slo</b> (n shoda) shayin<br>Oraliq hududlarda<br>Tayanchga bog‘lanish tugunida |
| himoyalovchi                              | himoya elementlari         | himoya halqasi<br>himoya ovali<br>Razryadlovchi shoxchalar                                                                                                                                               |
| Ulovchi                                   | Ulanishi                   | Ovalli<br>Presslangan                                                                                                                                                                                    |
| Masofada ulab turuvchi                    | Tirgak                     | Metal<br>Izolyatsiyalovchi                                                                                                                                                                               |

Jamlovchi armaturalar ikki xil qisqich – tutib turuvchi va tortib turuvchi ko‘rinishda bo‘ladi. Tutib turuvchi qisqichlar o‘tkazgichlarni oraliq tayanchlarga qotirish uchun xizmat qiladi. Ular o‘tkazgichlar joylashadigan qayiqchadan, qisib turuvchi plashekdan va o‘tkazgichlarni qayiqchaga mahkamlovchi U-shaklidagi boltlardan tashkil topgan bo‘ladi. Asosan, tutib

turuvchi qisqichlarning ikkita - o'tkazgichlarni o'ta mustahkam va cheklangan mustahkamlikda ushlab turuvchi turlari qo'llaniladi.



10-rasm. Jamlovchi armatura:

a – berk tutib turuvchi qisqich; b – boltli tortib turuvchi qisqich; v – presslaydigan tortib turuvchi qisqich; 1 – korpus; 2 – barmoq; 3 – o'tkazgich; 4 – U shaklidagi plastinkali bolt; 5 – anker.

O'ta mustahkam qisqichlar liniyaning har qanday ish rejimida ham o'tkazgichlarni mahkam ushlab turilishini ta'minlaydi. Shuning uchun ham o'tkazgichlarni tortish kuchi butunlay tayanchga o'tkaziladi. Qayiqcha sharnirli quloqchaga bog'lanadi u ham o'z navbatida izolyatorlar shodasining pastki qismiga mahkamlanadi.

Tortib turuvchi qisqichlar o'tkazgichlarni anker tayanchlarga mahkamlash uchun xizmat qiladi. Ular tortma izolyatorlar shodasi bilan qo'shib liniyaning har qanday ish rejimidan ham o'tkazgichlarning tortish kuchini butunlay o'ziga oladi. O'tkazgichlarni bog'lash usuliga ko'ra, ular ponali, boltli va presslangan turlarga bo'linadi. Konstruksiyasiga ko'ra ancha sodda bo'lgan ponali qisqichlar (mis va alyuminiy) o'tkazgichlarni va 16-95 mm<sup>2</sup>

yuzali po‘lat trosslarni mahkamlash uchun mo‘ljallangan. Ular o‘tkazgich (tros)lar sig‘adigan cho‘yan yoki po‘lat korpusdan va o‘tkazgich (tros)ga tortish kuchi ta‘sir qilganda qisadigan (o‘zi qisadigan) alyuminiy yoki latun ponadan tashkil topgan bo‘ladi.

Boltli qisqichlar (10. b rasm) kesim yuzasi  $70-240 \text{ mm}^2$  bo‘lgan o‘tkazgichlarni montaj qilishda ishlatiladi. Bunday qisqichlar 3 o‘tkazgichga 4 U shaklidagi boltlar yordamida alyuminiy quymali plashekka qisib qo‘yiladigan 1 cho‘yan korpusdan tashkil topgan. Korpus izolyatorlar shodasiga mahkamlovchi 2 teshikka ega. Ponali qisqichda bo‘lgani kabi boltli qisqichlarda ham montaj qilishda mahkamlash joyiga o‘tkazgichlarni teshish talab qilinmaydi. Ular nominal kuchlanishi 110 kV gacha bo‘lgan HL da ishlatiladigan asosiy qisqichlardir.

Presslovchi qisqichlar alyuminiy qismining kesim yuzasi  $240 \text{ mm}^2$  dan yuqori po‘lat-alyuminiy o‘tkazgichlarni ya‘ni kuchlanishi 220 kV dan yuqori bo‘lgan HL ni montaj qilishda ishlatiladi. Ular oraliq uzunligi tarafdagi o‘tkazgichning po‘lat o‘zagiga presslanadigan teshikli 5 po‘lat ankerdan va 3 o‘tkazgichning alyuminiy qismiga mahkamlanadigan 1 alyuminiy korpusdan tashkil topgan. Bunda montajni qiyinlashtirmaslik uchun o‘tkazgichlarga taxminan teshik joy qoldirish talab qilinadi.

Zanjirli armaturalar kategoriyasiga:

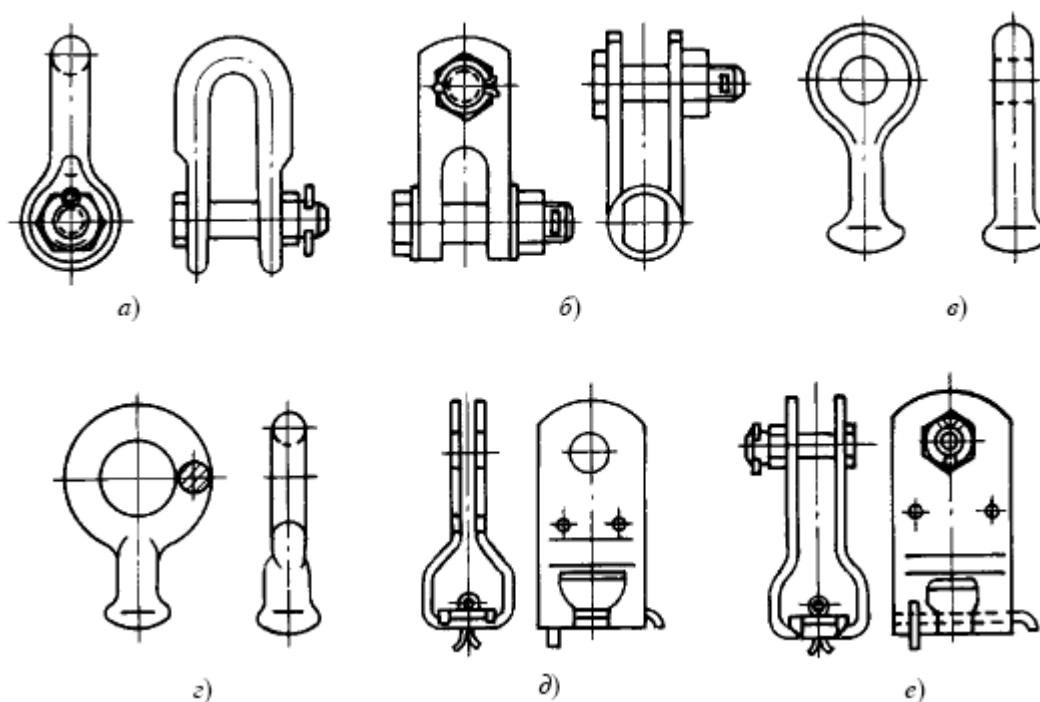
- izolyatorlar shodasini tayanch traversiyasiga mahkamlash uchun xizmat qiluvchi halqalar (11 a,b rasm);

- izolyator shodasining yuqori shapka qismini halqaga bog‘laydigan ilgak (11 v,g rasm);

- izolyatorlar shodasining pastki qismini qisqichga mahkamlaydigan quloqchalar (11, d, e rasm);

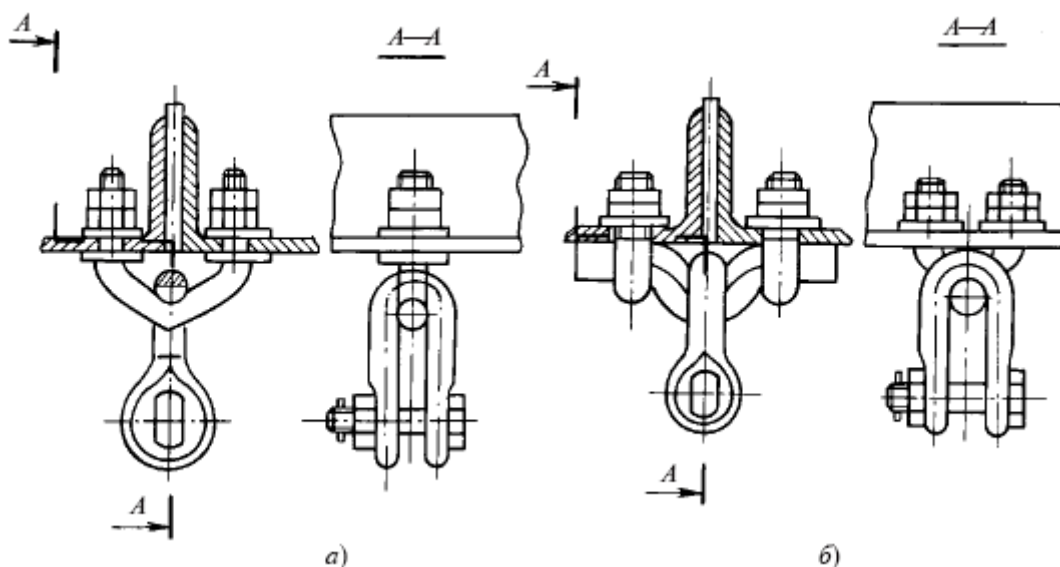
- izolyatorlar shodasini uzaytirish uchun ishlatiladigan oraliq halqalar;

- tayanchlarga izolyatorlar shodasini bog‘lovchi tugunlar (12-rasm) kiradi.



11-rasm. Zanjirli armaturalarning asosiy elementlari:

a – bir qavatli halqa; b- ikki qavatli yassi halqa; v-silindrik teshikli halqa; g- aylantirilgan teshikli halqa; d- bir barmoqli quloqcha; e- ikki barmoqli quloqcha.



12-rasm. Tayanch traversiyasiga mahkamlovchi tugunlar:

a - tutib turuvchi izolyatorlar shodasi; b -tortib turuvchi izolyatorlar shodasi;

Himoya armaturalari kategoriyasiga himoya halqasi (ovallar) va shoxli razryadniklar kiradi. Himoya halqalari nominal kuchlanishi 330 kV va undan yuqori HLdagi tutib turuvchi va tortib turuvchi izolyatorlar shodasining va polimer izolyatorlar sterjenining pastki qismiga oʻrnatiladi. Ular oxirgi izolyatorlar shodasining ustki qismini oʻrab olishidan paydo boʻladigan elektr yoylarni qaytarishga hamda izolyatorlar shodasida

kuchlanishning teng taqsimlanishini yaxshilash uchun xizmat qiladi. Yuqori va quyi shoxli razryadniklar kuchlanishi 220-1150 kV bo'lgan HL tayanchlarida yashin qaytaruvchi trosslarni izolyatsion mahkamlashda uchqun oralig'ni hosil qilish uchun xizmat qiladi. Ular izolyatorlar shodasiga, bundan yuqori shoxli razryadnik ilgakka quyi shoxli razryadnik esa pastki quloqchaga o'rnatiladi.

Sanoatda o'tkazgichlar ma'lum uzunlikda ishlab chiqiladi. Ular bir-biriga tutashtiruvchi armaturalar yordamida birlashtiriladi. Ko'ndalang kesim yuzasi  $240 \text{ mm}^2$  gacha bo'lgan o'tkazgichlarni ovalsimon tutashtirgichlar yordamida tutashtiriladi.

### **Sinov savollari**

1. Havo liniyasining izolyatorlari asosan qanday materiallardan tayyorlanadi?
2. Shtirli izolyatorlar osma izolyatorlardan nimalari bilan farqlanadi?
3. Osma izolyatorlar qanday qismlardan tashkil topgan bo'ladi?
4. Liniya armaturalarini vazifalarini ayting.
5. Liniya armaturalarining klassifikatsiyasini sanab o'ting.

### **5-ma'ruza Geometrik xarakteristikalar**

HL tayanchlarining geometrik o'lchamlari bir qator iqtisodiy xarakteristikalariga bog'liq ravishda aniqlanadi.

Tayanchlarning balandligi va kengligi va boshqa kattaliklari tayanchlar tayyorlangan elementlarning materialiga va ularning tannarxiga bog'liqdir.

Bundan tashqari, tayanchlarning kengligi va ko'ndalang o'lchami liniya trassasining hududda tarqalganlik yo'liga qarab ham aniqlanadi, chunki bozor iqtisodiyoti sharoitida yerning yuqori tannarxi yuqori hududlarda ba'zan HL dan sezilarli darajada trassa kengligi kam bo'lgan kabel liniyalari qo'llash foydaliroqdir.

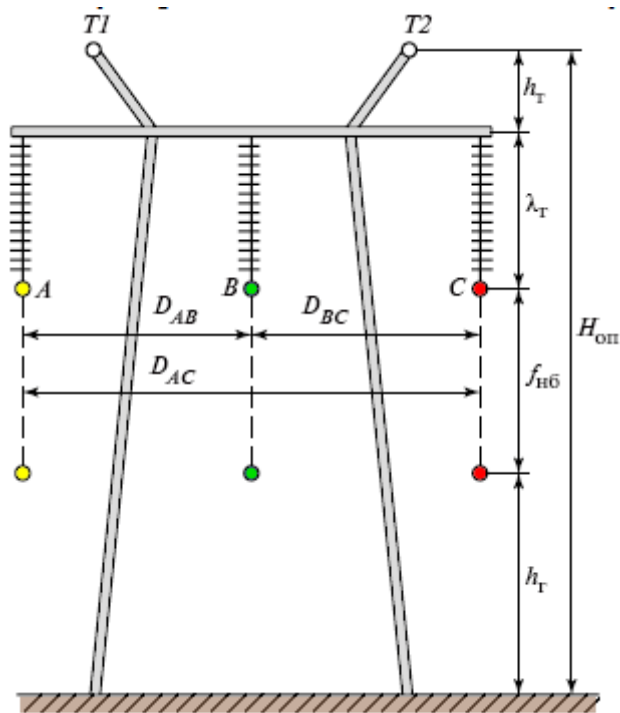
HLning vertikal va gorizontal o'lchamlari mos holda joylashishiga qarab quyidagicha aniqlanadi:

Uning tok o'tkazuvchi elementlari (o'tkazgichlar) va yerga ulanuvchi qismlari (traversa va tayanch ustuni)ga qarab;

- o'tkazgichlar va yashin qaytaruvchi trosslarga qarab, agar oxirgisi konstruksiyada ko'zda tutilgan bo'lsa;

- o'tkazgichning eng pastki nuqtasi uning salqiligi yer sathidan uzoqlashishiga qarab.

Misol tariqasida tanlangan sharoitdagi va shu tanlangan sharoitga mos holda olingan, sxematik rasmi 13-rasmda keltirilgan, bir zanjirli erkin joylashgan ikkita trossli metall tayanchning bizni qiziqtirgan geometrik o'lchamlarini ko'rib chiqamiz.



13 - rasm. Havo liniyasining geometrik parametrlari

Liniyaning vertikal gabariti, ya'ni tayanchning balandligi  $N_{op}$ , 13-rasmda ko'rsatilganidek, quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$H_{он} = h_r + f_{нб} + \lambda_r + h_t,$$

Bu yerda  $h_g$  - liniyaning yergacha bo'lgan normal gabarit o'lcham;  $f_{nb}$  - o'tkazgichning eng katta salqiligi,  $q_g$  - izolyatorlar shodasining liniya armaturasi bilan uzunligi;  $h_t$  - traversadan yashin qaytaruvchi trosslarning mahkamlanish balandligi (trossning ko'tarilish balandligi).

Yuqoridagi paragraflarda aytib o'tilganidek, liniyaning gabariti ya'ni  $h_g$  kattaligi, liniya tagidan harakatlanuvchi transport va mexanizmlarning xavfsiz harakatlanish sharoitidan kelib chiqib aniqlanadi.

U HL ning joylashgan hududiga (aholi zich yashaydigan, aholi siyrak yashaydigan, borish qiyin bo'lgan) va nominal kuchlanishiga bog'liq ravishda aniqlanadi.

L oraliq uzunlikdagi salqilik  $f$  kattaligi eng pastki nuqtadagi aniq bir iqlim sharoiti uchun aniqlangan o'tkazgichning ruxsat etilgan mexanik kuchlanishi  $q_{rux}$  va shunga mos solishtirma og'irlik  $q$  orqali quyidagi formuladan topiladi :

$$f = \gamma L^2 / (8\sigma_{pyx}).$$

Eng katta salqilik liniyaning joyiga qarab, yoki o'tkazgichning harorat hisobiga, yoki o'tkazgich atrofida muz qatlami hosil bo'lishidan yuzaga keluvchi eng katta og'irlik ta'sirida, havo harorati  $t_G = -5^\circ\text{S}$  va shamol bo'lmagan holatda, uzayish hisobiga ko'ra hisoblab topiladi.

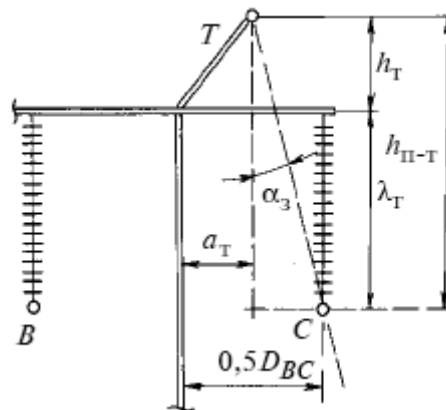
Izolyatorlar shodasining liniya armaturasi bilan uzunligi qg foydalanilgan izolyator tipiga va HL ning nominal kuchlanishiga bog'liq ravishda ularning soniga qarab aniqlanadi.

Yashin qaytaruvchi trosslarining joylashuvi, ya'ni tross ustunining balandligi  $h_T$ , yashinning o'tkazgichga to'g'ridan to'g'ri urishdan himoyalash sharoitiga qarab aniqlanadi.

Shunday himoyani ta'minlash uchun himoya burchagi  $EUT_q$  ga muvofiq ruxsat etilgan qiymatidan ortiq bo'lmasligi kerak.

Bitta trossli tayanchlar uchun -  $30^\circ$ , ikkita trossli liniyalar uchun esa —  $20^\circ$ .

$$h_{\Pi-T} = h_T + \lambda_T = (0,5D_{BC} - a_T) / \operatorname{tg} \alpha_{pyx}$$



14- rasm. Yashin qaytaruvchi trossning balandligini aniqlash

$q_{rux}$ , qo'shni fazalar o'ratasidagi masofa  $DBC$ , izolyatorlar shodasining liniya armaturasi bilan uzunligi va tayanch ustunidan trossgacha bo'lgan gorizont al masofa at ma'lum bo'lganda yuqoridagi ifodadan izlanayotgan kattalik  $h_t$  ni topsa ham bo'ladi.

HL sining ruxsat etilgan eng kichik izolyatsion masofasi - tok o'tkazuvchi qismidan HL sining yerga ulanuvchi qismigacha bo'lgan masofa ishchi kuchlanishda elektromagnit to'lqini mavjud bo'lmaydigan oraliq, yashin va ichki o'ta kuchlanishdan, hamda liniya kuchlanish ostida bo'lganda tayanchga chiqadigan tuzatuvchi shaxsning xavfsiz bo'lishligi shartidan kelib chiqib tanlanadi.

HL sida shisha, farfor hamda sterjenli polimer osma izolyatorlar foydalanilganda o'tkazgich va tayanch ustuni o'rtasidagi masofa  $u$ , vertikal ta'sir etuvchi solishtirma yuk-o'tkazgichning muz qatlamisiz xususiy og'irligi  $G_{\text{muz}}$  va shamol ta'sirida hosil bo'luvchi gorizonta ta'sir etuvchi kuch  $F_{\text{sh}}$  ta'sirida paydo bo'luvchi o'tkazgichga ta'sir etuvchi natijalovchi kuch  $F_{\text{nat}}$  ning ta'sirida hosil bo'luvchi o'tkazgichning oqishi mumkin bo'lgan burchak (15-rasm.)  $q$  ga bog'liqdir.

F - po‘lat - alyuminiy o‘tkazgichlarning ko‘ndalang kesim yuzasining diapazoni (alyuminiy qismining).

8-jadval

| 35 – 750 kV HL ning konstruktiv parametrlari |                        |         |         |         |         |          |
|----------------------------------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Parametr                                     | Nominal kuchlanish, kV |         |         |         |         |          |
|                                              | 35                     | 110     | 220     | 330     | 500     | 750      |
| $L, \text{ m}$                               | 150-200                | 170-250 | 250-350 | 300-400 | 350-450 | 450-750  |
| $D_{\text{M}\phi}, \text{ m}$                | 3,0                    | 4,0     | 6,5     | 9,0     | 12,0    | 17,5     |
| $\lambda_{\text{T}}, \text{ m}$              | 0,7                    | 1,2-1,4 | 2,2-2,3 | 3,0-3,2 | 4,5-4,9 | 6,7-7,5  |
| $H_{\text{on}}, \text{ m}$                   | 10                     | 13-14   | 22-26   | 25-30   | 27-32   | 30-41    |
| $h_{\text{T}}, \text{ m}$                    | 6-7                    | 6-7     | 7-8     | 7,5-8   | 8       | 10-12    |
| $N$                                          | 1                      | 1       | 1       | 2       | 3       | 4        |
| $F, \text{ mm}^2$                            | 50-185                 | 70-240  | 240-400 | 240-500 | 300-500 | 400- 500 |

### Sinov savollari

1. Havo liniyasining geometrik o‘lchamlari qanday aniqlanadi?
2. Havo liniyasining gorizontal va vertikal o‘lchamlari qanday aniqlanadi?
3. Havo liniyasining vertikal gabariti qanday ifoda orqali aniqlanadi?
4. Havo liniyasining gorizontal o‘lchamlariga ta‘sir etuvchi kattaliklarni sanab o‘ting.
5. Yashin qaytaruvchi trossning balandligi qanday aniqlanadi?

### 6-ma‘ruza

#### Kichik kuchlanishdagi ( 1 kV gacha ) kuch kabellar

Elektroenergetika sistemasida barcha turdagi kabel mahsulotlari qo‘llaniladi, ammo asosan, quyida ko‘rib o‘tadiganimiz kuch kabellari va ko‘p hollarda HEUY dan foydalaniladi.

Shuningdek, quyida elektroenergetikada qo‘llanilishi boshlangan o‘z-o‘zini ko‘tarib turuvchi izolyatsion o‘tkazgichlar va optik tolali kabellarni ham ko‘rib o‘tamiz.

Kuch kabellari elektr energiyani uzatish va taqsimlash uchun xizmat qiladi hamda kabel mahsulotlarining muhim turlaridan biri hisoblanadi.

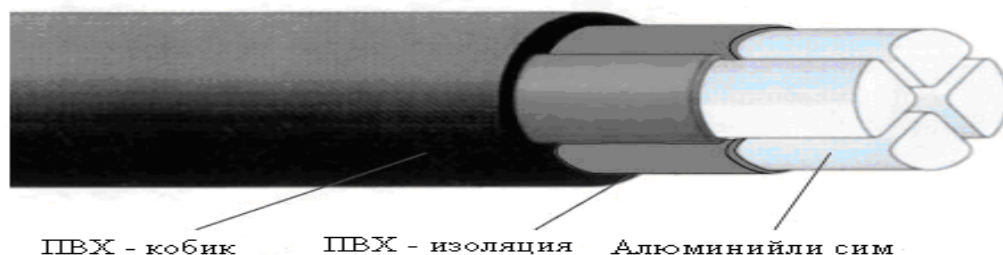
Elektr energetika tizimida qo'llanilayotgan kuchlanishning qiymatiga qarab kuch kabellarini tasniflash qabul qilingan.

16-rasmda turli kuchlanishdagi kuch kabelining konstruktiv qismlari keltirilgan.

Bu ko'rinishdagi kabellar 220/380 V kuchlanishli uch fazali sistemalarda qo'llaniladigan neytrali zaminlangan, garchi uchta sim ishlatishga ruxsat berilsa ham, to'rtta simdan iborat qilib (uchtasi faza o'tkazgichlari va bitta nol neytralini yyer bilan zaminlash uchun), tayyorlanadigan kabeldir.

Elektr izolyatsiyasi sifatini oshirish maqsadida simlar izolyatsiyasi va kabellarning himoya qobiqlarini o'rashda o'zida polivinixlorid asosiga ega bo'lgan (PVX) plastmassa moddalaridan foydalaniladi.

Tok o'tkazuvchi simlarni ko'pincha, yaxlitlikni va iqtisodiy jihatdan foydali bo'lishini ta'minlash uchun doira sektori ko'rinishida ishlab chiqiladi. Material sim — mis. Simlar, odatda, misdan tayyorlanadi.



16-rasm. 1 kV kuchlanishgacha bo'lgan kuch kabellarini konstruksiyasining ko'rinishi

Ekspluatatsiya qilish sharoitiga qarab kabellar ikkita guruhga ajratiladi:

- a) yer ostidan o'tkazish uchun;
- b) ishlab chiqaruvchi korxonalarda, jumladan, IEM, AES va boshqa obyektlarda (havodan o'tkaziluvchi) kabelli inshootlarni o'tkazish uchun.

Shahar sharoitida ko'cha chiroqlarini yoritish uchun hudud nimstansiyalaridan oluvchi 10/0,4 kV yyer ostidan o'tuvchi kabellar qo'llaniladi.

So'nggi yillarda O'zbekiston hududlarida tuproqning yuqori xloridli to'yinganligini hisobga olib, mis o'tkazgichli kabellar bilan birgalikda, xloridli PVX qatlami bilan diffuziyalanishining hisobiga, aholi yashaydigan uylarni elektr toki bilan ta'minlash uchun korroziyaga chidamliligini oshirish uchun, qo'rqoshin bilan to'ydirilgan ustki izolyatsiyasi qog'oz bo'lgan alyuminiy o'tkazgichli kabellarni (asosan ko'cha chiroqlarini yoritish maqsadida) ham ishlatishga ruxsat berilmoqda.

Tuproq'i yomon bo'lgan hududlarda past kuchlanishli kabel liniyalarini yotqizishda PVX – izolyatsiyali kabellarga qaraganda mexanik chidamliligi

yuqori (taxminan 17%) hamda korroziyaga qarshi himoyalangan izolyatsiyasiga polietilen qo'shilgan (PE) kabellarni ishlatish rivojlanib bormoqda.

Izolyatsion qismi polietilen kabellar korroziyalanishi nam hududlarda izolyatsiyasi PVX bo'lgan kabellarga qaraganda 8-10 marta kichikroqdir.

Kabellarni ishlatilgan materialiga va kabel inshootlarining yong'in xavfsizligi talablariga rioya qilishiga qarab tanlanadi.

Yong'in xavfsizligi sharoitiga qarab, kabellar mos holda beshta guruhga ajratiladi.

### **O'rta kuchlanishdagi kuch kabellari.**

Bu kabellar neytrali zaminlangan holda 6, 10, 20 i 35 kV kuchlanishli taqsimlovchi tarmoqlarda qo'llaniladi.

O'zbekiston hududida, asosan, 10 kV kuchlanishli taqsimlovchi tarmoqlar mavjud. O'rta kuchlanishlarda qog'oz shimdirilgan va plastmassa izolyatsiyalar elektr izolyatsiyasi sifatida qo'llaniladi.

6 va 10 kV kuchlanishli liniyalarga izolyatsiyasiga qog'oz shimdirilgan kuch kabellari uch paykali qilib tayyorlanadi. Faza va ustki izolyatsiya sifatida tarkibi kanifol moyiga shimdirilgan qog'oz qo'llaniladi. Bunday kabellar doira sektori ko'rinishida mis va alyuminiy simlardan tayyorlanadi. Nam tortishidan himoyalash uchun, ustki qatlami alyuminiy yoki qo'rqoshinli metallardan iborat kabellar konstruksiyasi ham ko'rib chiqiladi. Mexanik va korroziyadan himoyalash uchun metall qatlam ustidan himoya qatlami o'raladi. Uch simli usti o'ralgan kabelning konstruksiyasi 17-rasmda keltirilgan.



17-rasm. Belboq izolyatsiyali va sektor simlari zichlangan uch simli kabellar.

1-tok o'tkazuvchi pay. 2-faza izolyatsiyasi. 3-ustki izolyatsiya. 4-to'ldirgich. 5-qo'rqoshinli qatlam. 6-himoya yostiqchasi. 7-ikkita po'lat lentadan iborat himoya qatlami.

O'zbekistonda izolyatsiyasi moy shimdirilgan qog'ozli kuch kabellarini ishlab chiqarish XX asr boshlarida boshlandi.

Shuning uchun, yerosti kabellari yirik energotizimlarning sezilarli bo'lagidir, amaliy qayta ishlanuvchi resursdir. Mos ravishda, bunday kabellarning solishtirma zarari o'suvchi qiymatga (yaroqsizlik darajasi soni yiliga 100 km) ega. Kabellarning ishdan chiqishiga asosiy ko'rsatkich qilib bu alyuminiy qatlamli kabellarning chirishi (ustki o'rami alyuminiyli kabellar taxminan 50% ulushni tashkil qiladi.) ko'rsatilmoqda. Hozirda bu ko'rsatkich oshib bormoqda. Bu esa kabelli 10 kV kuchlanishli taqsimlash tarmoqlarining ishdan chiqayotganidan dalolat beradi. Shuning uchun oxirgi yillarda o'rta kuchlanishda asosiy yo'nalish, izolyatsiyasi polietilen PE dan iborat, harorat oshishiga chidamli zamonaviy kabellarni ekspluatatsiya qilishga qaratilgan. (9-jadval)

PE izolyatsiyali kabellarning moy shimdirilgan qog'oz izolyatsiyali kabellarga qaraganda ruxsat etilgan maksimal ishchi haroratining, ruxsat etilayotgan yuklama tokining yerosti kabellarida 17%ga, havodagi kabellarda 20 % ga ortishiga olib keladi.

PE qoplamali kabellarning molekulalariga uglerod atomi yoki kremniy-kislorod zanjir molekulalarini qo'shish orqali PE qoplamali kabellarning haroratga chidamliligini oshirilishiga erishilmoqda.

9-jadval

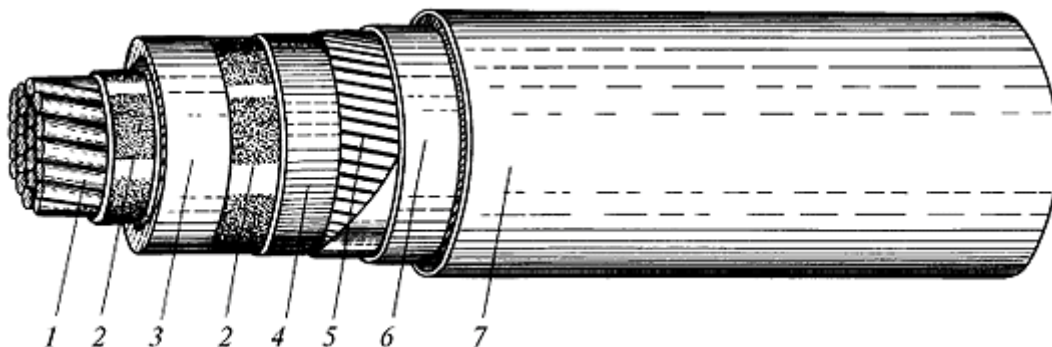
| O'rta kuchlanishdagi izolyatsiyasi shimdirilgan qog'oz va PE bo'lgan kuch kabellarining asosiy termik parametrlari. |                     |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|
| Parametr                                                                                                            | Izolyatsiya         |               |
|                                                                                                                     | Shimdirilgan qog'oz | PE qo'shilgan |
| Ruxsat etiluvchi maksimal ishchi harorat                                                                            | 70                  | 90            |
| O'ta yuklanish paytida ruxsat etiluvchi maksimal harorat                                                            | 75                  | 130           |
| QT paytida ruxsat etiluvchi maksimal harorat                                                                        | 200                 | 250           |

XX asrning 80-yillarida qo'rqoshinli zirhga ega bo'lgan shimdirilgan qog'ozli kabellarni ishlatishdan butunlay olib tashlab, PE kabellarni ishlab chiqarishni boshlagan rivojlangan davlatlarda (AQSh, Yaponiya, Fransiya,

Germaniya va boshqalar) PE qoplamali kabellarni oʻrta kuchlanishda qoʻllash ommalashtirildi.

Ammo bunday kabellarni ishlab chiqarish va konstruksiya qilish, yuqori texnologik talab qoʻyishini hisobga olish kerak.

PE kabellarga havo, gaz va boshqa gʻayritabiiy moddalar qoʻshilmasligi kerak (mikro miqdorda qoʻshilishiga ruxsat beriladi). Bu turdagi kabellarni tayyorlashda va konstruksiya qilishda nam boʻlmasligini taʼminlash kerak.



18-rasm. 10 kV kuchlanishdagi PE izolyatsiyali kabellarning namunaviy konstruksiyasi.

1- tok oʻtkazuvchi sim; 2 - 3- PE qoʻshilgan izolyatsiya; 4 –namlanmaydigan elektr oʻtkazuvchi lentalar; 5 – mis simli ekran; 6 – lentani ajratuvchi oʻrami; 7 – PE li qobiq.

### **Sinov savollari**

1. Kuch kabellari nima uchun xizmat qiladi?
2. Kuch kabellari nimaga qarab tasniflanadi?
3. Oʻrta kuchlanishli kuch kabellari qanday kuchlanishlarda qoʻllaniladi?
4. PE kabellarni tayyorlashning oʻziga xos qiyinchiliklarini aytib oʻting.

### **7-maʼruza**

#### **Yuqori kuchlanishli kuch kabellari**

Bu turdagi kabellarga 110, (150), 220, (380) va 500 kV hamda Oʻzbekiston va MDH davlatlarida qabul qilingan nominal kuchlanishdagi elektr tizimidagi kabellar kiradi. 150 va 380 kV kuchlanishlar alohida hollarda qoʻllaniladi.

Katta quvvatli elektr energiyani (60—620 MB · A) oʻtkazuvchi kabellar tegishli kuchlanishga moʻljallab chiqariladi. Kabellarni qoʻllash sohasi quyidagicha:

- katta shaharlardagi elektr energiya iste'molchilariga chuqur kirib borgan (110-220 kV kuchlanishdagi shahar podstantsiyalarida qo'llaniluvchi) podstantsiyalarda;

- katta quvvatli, ko'pincha 220 va 500 kV kuchlanishdagi gidro va issiqlik elektr stansiyalarida;

- elektr energiyaga ishlovchi kompleks ishlab chiqaruvchi (avtokorhonalarda, metallurgiya va kimyo sanoati) joylarida.

Yuqori kuchlanishli kuch kabellari izolyatsiyasi elektrik mustahkamligining ishonchliliga xizmat qilish davrida (35 va undan ortiq yil) yuqori talab qo'yiladi.

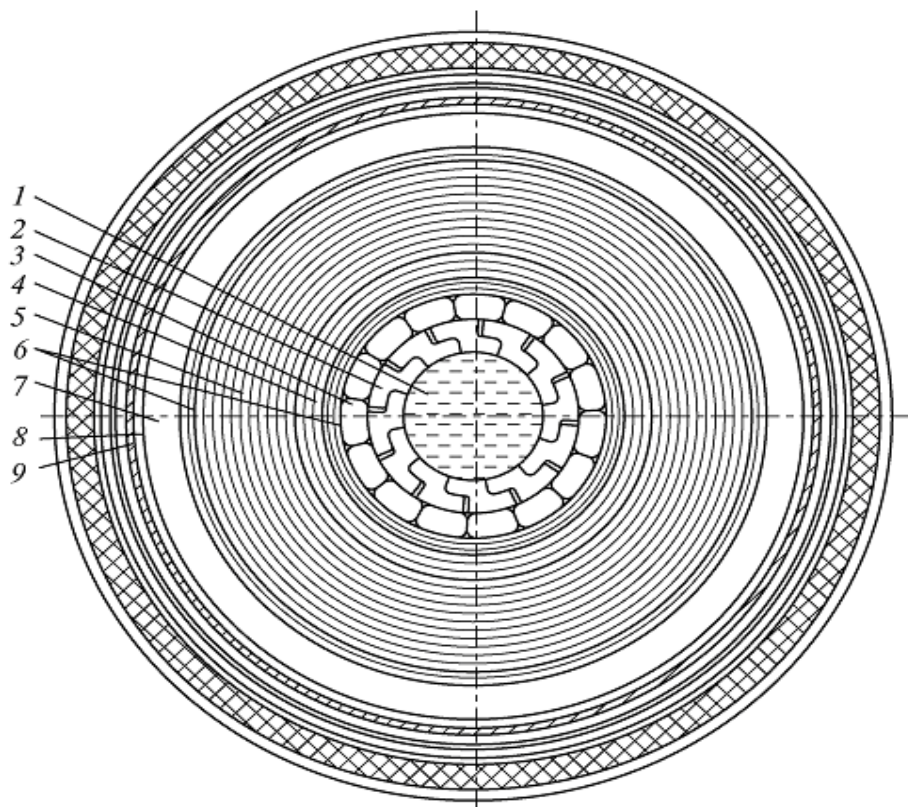
Bunday kabellar izolyatsiyasining elektr maydon kuchlanganligi 7 dan 15 kVG`mm gacha, ya'ni boshqa elektrotexnik apparat va uskunalarga solishtirganda maydon kuchlanganligi ancha yuqoridir. Elektr maydon kuchlanganligi asosiy parametrlaridan biri hisoblanib, kabellarning konstruktiv o'lchamlari (diametri)ning yaroqliligini ta'minlaydi. Bu muammolarga ikki xil ko'rinishda echim topilgan: moy shimdirilgan qog'oz izolyatsiyali kabellar, past bosimli moy ostida ishlashidan xalos bo'lgan (moy to'ldirilgan kabellar — MTK) hamda tozalik va izolyatsiya sifatini ta'minlovchi PE li kabellar texnologiyasini qo'llash orqali.

MTK larni tayyorlash texnologiyasi va konstruksiyasida yuqori elektr maydon kuchlanganligida ham izolyatsiyachining ishonchli ishlashini ta'minlovchi choralar qabul qilingan.

Ekspluatatsiya jarayonida kabellarning izolyatsiyasi izolyatsiya strukturasida xususiy razryadlanishning oldini olish maqsadida doimo ko'proq izolyatsion moy bosimi ostida ushlab turiladi.

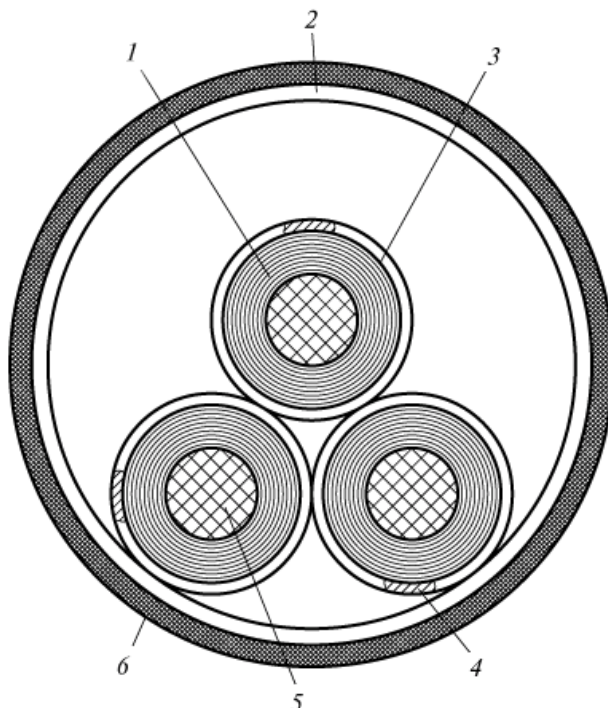
Izolyatsiyada minimal dielektrik isrofni ta'minlash maqsadida kabellar izolyatsiyasini tayyorlash texnologiyasida, kabellar ishining katta resursi, izolyatsiyaga termovakuum ishlov berish va moy izolyatsiyasiga alohida e'tibor qaratiladi.

19-rasmda past bosimli MTK ning konstruksiyasi ko'rsatilgan, 20- rasmda po'lat trubadagi yuqori bosimli MTK konstruksiyasi keltirilgan.



19-rasm. Past bosimli 110 kV kuchlanishdagi moy to'ldirilgan kabelning konstruksiyasi:

1-moy aylanishi uchun kanal; 2- tok o'tkazuvchi Z-simon sim; 3-segmentli sim; 4- zichlangan qog'oz dan iborat izolyatsiya qatlami; 5- zichlanmagan qog'oz dan iborat izolyatsiya qatlami; 6-elektr o'tkazuvchi qog'ozdan iborat ekran; 7-qo'rqoshinli o'ram; 8-pishiq lentalar; 9- himoya qoplamasi.



20-rasm. Po'lat trubadagi yuqori bosimdagi moy to'ldirilgan kabel konstruksiyasi.

1-moy shimdirilgan qog'oz li izolyatsiya; 2-Po'lat truba; 3- misli lentadan iborat ekran; 4-sirpanuvchi misli parda; 5- tok o'tkazuvchi tola; 6-korroziyaga qarshi qoplama

Yuqori kuchlanishli polietilen bilan o‘ralgan PE kabellar ekspluatatsiyasi MTK ga solishtirganda bir qancha muhim jihatlarga ega.

- kabel liniyalari inshootlariga ketadigan kapital xarajatlarni va ish kuchini kamaytiradigan, bosim signalizatsiyasi va moyga to‘yintirish tizimini talab qilmaydi;

- turli darajadagi trassalardan cheklanishlarsiz olib o‘tish imkonini beradi;

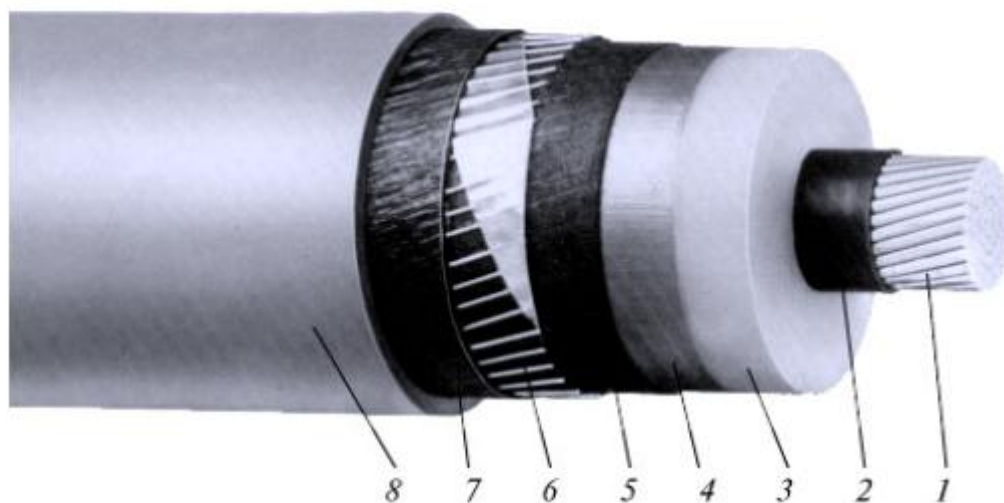
- kabelli liniya inshootlarini montaj qilish ishlarini kamaytiradi;

- ekologik xavfsiz (MTK kabellarini ekspluatatsiya qilishda kuza-tiladigan, tuproqlarda moyli teshiklarning yo‘qligi).

Polietilen bilan qoplanagan PE kabellar moy shimdirilgan qog‘ozlarga qaraganda yuqori mexanik mustahkamlik va izolyatsiyasining yuqori termik chidamliligi hisobiga qisqa tutashuv tokiga chidamlidir.

Plastmassa izolyatsiyalarning elektromaydon kuchlanganligi moy shimdirilgan qog‘ozli izolyatsiyalarning elektromaydon kuchlanganligi darajasida va kabellarning nominal kuchlanishiga bog‘liq ravishda 6 dan 15 kV/mm ni tashkil etadi.

Izolyatsiyasiga PE qo‘shilgan yuqori kuchlanishli kabellarning tipik konstruksiyasi 21-rasmda ko‘rsatilgan.



21- rasm. PE qo‘shilgan yuqori kuchlanishdagi kuch kabelining konstruksiyasi:

1-tok o‘tkazuvchi simlar; 2-tok o‘tkazuvchi simlar ekrani; 3-izolyatsiya; 4-izolyatsiya ekrani; 5,7- suv o‘tkazmaydigan lentalar; 6-simli ekran; 8-yuk ko‘taradigan qatlam.

### **O‘zgarmas yuqori kuchlanishli kuch kabellar**

O‘zgaruvchan kuchlanishli kuch kabellarining barcha imkoniyatlari bo‘lishiga qaramay, amalda ularning ishlatish imkoniyati bo‘lmagan, aniqroqi uzoq masofalarga elektroenergiyani uzatish kerak bo‘lgan hududlar mavjud.

Zaryad toki  $I_z$  (kabel izolyatsiyasini teshib o'tuvchi tok) uzatilayotgan quvvatni kamaytiradi, bundan  $I_z$  qiymati bildiradiki, yo'qoladigan quvvat kabel liniyasining  $l$  uzunligiga to'g'ri proporsionaldir:

$$I_3 = U \omega C_0 l$$

Bu yerda,  $U$  - faza kuchlanishi;  $q$  - burchak chastotasi;  $C_0$  - bir birlik uzunlikka keltirilgan kabel fazasining elektrik sig'imi.

Bir qancha muvaffaqiyatlardan keyin, kritik uzunlik deb nomlanadigan  $l_{kr}$  dagi tok  $I_z$  kabeldagi yuklama tokining ruxsat etilgan tokiga deyarli teng bo'lishiga erishildi.

$l_{kr}$  ning qiymati taxminan bir necha o'n kilometrlarni tashkil etadi.

O'zgarmas tokli kabellar uchun  $I_z q \rightarrow 0$ , bu esa ularni katta masofalarga, birinchi navbatda katta suv havzalarini kesib o'tish joylarida energiyani uzatish bilan bog'liq muammolarning yagona texnik yechimi bo'lishligi bilan o'ziga jalb qilmoqda.

Hozirgi vaqtda bunday tayyorlangan kabellar uchun, yagona izolyatsiya, ana'naviy hisoblangan, qayishqoq tarkib yoki bosim ostidagi moy bilan shimdirilgan qog'ozli izolyatsiyalar samarali qo'llanilmoqda. O'zgarmas tok kabellariga plastmassa izolyatsiya qo'llashga bo'lgan urinishlar hozirgi vaqtgacha samarali bo'lmayapti. Bunga sabab, shu bo'lmoqdaki, plastmassali izolyatsiyaga o'zgarmas kuchlanish ta'sir etishi elektr maydonning yomon taqsimlanishini vujudga keltirishi bo'lmoqda.

### **Sinov savollari**

1. Kabellarning qo'llanish sohasini aytib o'ting.
2. MTKlarni tayyorlash texnologiyasi va konstruksiyasida izolyatsiyasining ishonchli ishlashini ta'minlovchi qanday choralar qabul qilingan?
3. PE kabellar ekspluatatsiyasi MTKga nisbatan qanday muhim taraflarga ega?
4. O'zgarmas kuchlanishli kuch kabellari qanday hollarda ishlatiladi?

### **8-ma'ruza**

#### **Kuch kabellarining armaturalari**

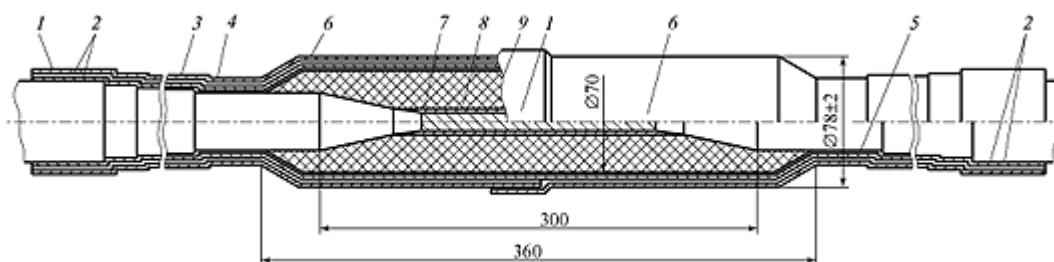
Hozirgi vaqtda energotizimlarda turli xildagi kuch kabellarining armaturalari qo'llanilmoqda. Bular ichidan ancha ma'lum bo'lganlaridan tugallovchi va biriktiruvchi muftalar, tugallovchi muftalarga kabellarni kirituvchi mufta, biriktiruvchi muftalar uchun esa o'tkazuvchi va to'xtatadigan muftalar kiradi. Muftalarning asosiy konstruksiyasi 10-

jadvalda keltirilgan. PE bilan o'ralgan 110 kV kuchlanishli kabellarning birlashtiruvchi muftalarning konstruksiyasi 22-rasmda keltirilgan, 500 kV kuchlanishli moy shimdirilgan kabellarning tugallovchi muftalarining konstruksiyasi esa 23-rasmda keltirilgan.

10-jadval

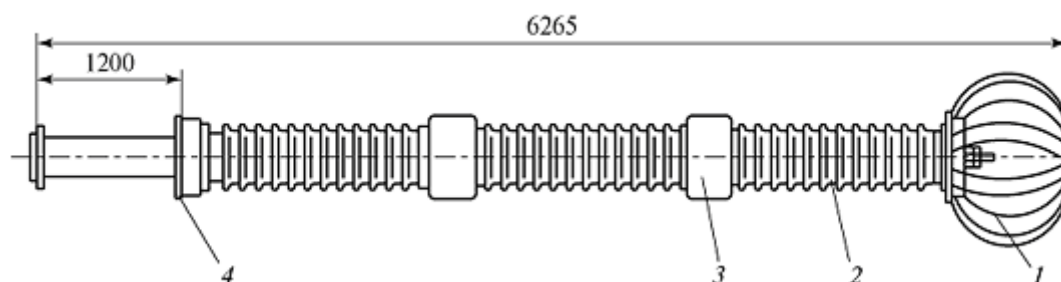
| <b>Kabel armaturasining asosiy turlari</b>                                     |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kabel armaturasi-ning turi</b>                                              | <b>qo'llanilish sohalari</b>                                                                             | <b>Asosiy ekspluatatsiya xarakteristikalar</b>                                                                                                                                             | <b>Konstruktiv elementlari</b>                                                                                                                          | <b>Texnologik xususiyati va montaji</b>                                                                                                                                             | <b>Izoh</b>                                                                                     |
| Tugallovchi muftalar (TM)                                                      | Kabel elementlari va EUYni bog'lash uchun                                                                | 6, 10, 110, 220, 500 kV kuchlanishdagi ishchi kuchlanish;                                                                                                                                  | Farforli izolator, siqilgan izolyatsion suyuqlik, kuchaytiruvchi izolyatsiya tok kirgizuvchi                                                            | lenta yoki rulonli o'ram, presslangan birlashtiruvchi paylar va qin, vakuum hosil qilish                                                                                            | Rossiyada barcha turdagi kuch kabellarida ishlatilishi mumkin.                                  |
| Elegazli taqsimlovchi qurilmalarda va transformatorlarda kabellarni o'tkazish. | Elegazli taqsimlash qurilmalaridagi va transformatorlar o'ramlarida yopiq bog'lanish hosil qilish uchun. | Elegazli taqsimlash qurilmalarida 110 va 220 kV ishchi kuchlanishga U tipidagi iqlim sharoitidagi ammo 25°S dan past bo'lmagan transformatorlardagi 110, 220 va 500 kV ishchi kuchlanishga | Metallik, ustki teri epoksidli yoki forforli izolyator, siqilgan izolyatsion suyuqlik, kuchaytiruvchi izolyatsiya tokli chiqish joyi yoki tokli ulagich | lenta yoki rulonli o'ram presslangan bog'lovchi paylar va tugallagich Vakuum hosil qilish va kabel chiqish joyini va plasstmassali izolyatsiyani bir-biriga izolyatsion kavsharlash | Hozirgi vaqtda plasstmassa izolyatorli kabellar faqatgina 110 kV kuchlanishlarga qo'llanilmoqda |
| Birlashtiruvchi muftalar (BM)                                                  | Alohida kabelli inshootlarni birlashtirish uchun                                                         | 1,6, 10, 110, 220, 500 kV, ishchi kuchlanishdagi yerdagi kabellarda yoki -10°S                                                                                                             | Metallik teri yoki issiqlik o'tkazuvchi trubka, kuchaytirilgan izolyatsiya,                                                                             | Lenta yoki rulonli o'ram Vakuumlash va plasstmassa izolyatsiya bilan BM                                                                                                             | Hozirgi vaqtda plasstmassa izolyatorli kabellar faqatgina                                       |

|                                              |                                                                                                                                                                                                  | haroratdagi<br>yerosti<br>kabellarida                                | Birlashtiruv-<br>chi gilza<br>presslash,<br>paylarni pay-<br>vandash                                                                                                              | larni<br>kavsharlash                                                                                                                  | 110 kV<br>kuchlanish-<br>larga<br>qoʻllanil-<br>moqda                                                                                                    |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Toʻxtatuvchi<br>va oʻtkazuv-<br>chi muftalar | ikkita kabelni<br>birlashtirish<br>uchun, asosan<br>ikkita har xil<br>izolyatsiyani<br>bogʻlash<br>uchun va<br>suyuq izol-<br>yatsion<br>muhitni<br>ajratish uchun<br>kabellarni<br>toʻldiruvchi | 110 kV ishchi<br>kuchlanishga<br>va -10°S<br>haroratdagi<br>joylarda | Metallik teri,<br>sun'iy izol-<br>yator, ku-<br>chaytirilgan<br>izolyator,<br>tokli<br>kiritmalar,<br>elektrodlar,<br>elektr<br>maydonni<br>kuchlanganli-<br>gini boshqa-<br>rish | Vakuum hosil<br>qilish va<br>kabel chiqish<br>joyini va<br>plasstmassali<br>izolyatsiyani<br>bir-biriga<br>izolyatsion<br>kavsharlash | Oʻtkazuvchi<br>muftalar<br>110 kV<br>kuchla-<br>nishdagi<br>kabelli<br>liniyalarni<br>rekonst-<br>ruksiyasi-<br>dan keyin<br>keng<br>qoʻllanil-<br>moqda |



22-rasm. 110 kV kuchlanishli PE (polietilen) izolyatsiyali kabellarning birlashtiruvchi muftasining konstruksiyasi.

1-kabel qatlami; 2-germetik;3-izolyatsiyasi boʻyicha tiklovchi ekran;4-metallik ekranli setka;5-elektroizolyatsion lenta;6-issihlikni soʻndiradigan trubka;7-kabel ekran; 8-birlashtiruvchi mufta ekran;9-birlashtiruvchi mufta izolyatsiya;



23-rasm. 500 kV kuchlanishli moy toʻldirilgan kabellarning tugallovchi muftalarining konstruksiyasi.

1-ekran; 2-yuqori chidamli farforli izolyatsiya; 3-oraliq ekranlar; 4-tayanch plita;

Kabel simlarini tugallovchi muftalarga kirgizish yoki simlarini birlashtiruvchi muftalarga birlashtirish natijasida izolyatsiya muftalarida paydo boʻluvchi bir-biriga oʻxshamagan boʻylama elektr maydon

kuchlanganligini ta'minlash zarur.

Shuning uchun izolyatsiyada yetarli darajada elektr maydon kuchlanganligini ta'minlash uchun turli xil usullar bilan elektr maydonni rostlash maqsadida majburiy ravishda qo'shimcha (kuchaytiruvchi) izolyatsiya qo'llaniladi:

- ichki va tashqi elektrod va to'siqlar yordamida;
- kondensator qoplama va kondensatorli elementlar yordamida.

Iqtisodiy va boshqa faktorlarga ko'ra har doim ham amaldagi foydalanilayotgan eski moy to'ldirilgan kabellarni zamonaviy PE kabellarga almashtirish imkoniyatini bermaydi. Shuning uchun energotizimlarda kam hollarda moy to'ldirilgan kabellarni almashtirishga ehtiyoj seziladi (qurilish bo'layotgan hududlarda). Shu sababli ham, birlashtiruvchi o'tkazuvchi muftalarni qo'llash usuli yordamida turli xildagi kabellarni birlashtirish muammosi echiladi.

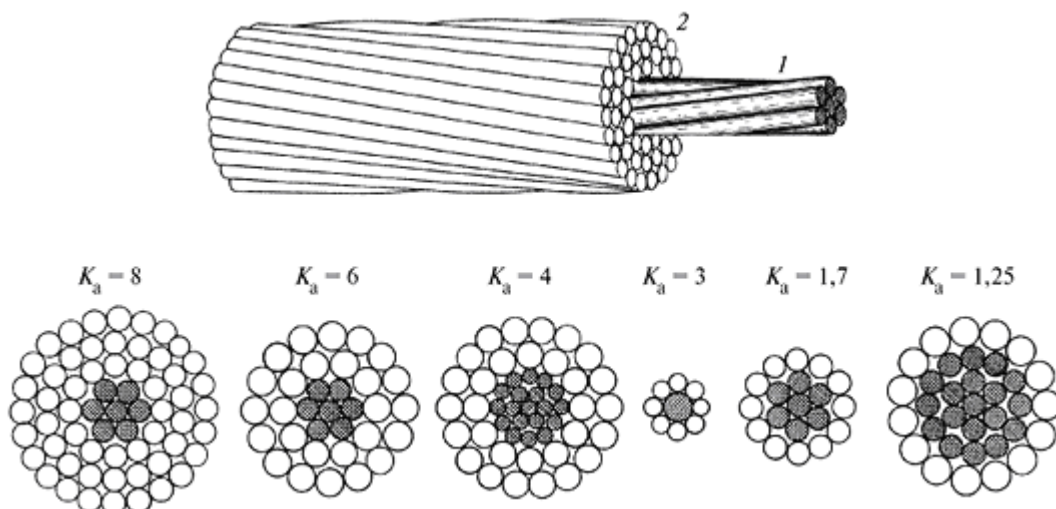
### **Sinov savollari**

1. Qanday turdagi kuch kabellari armaturalarini bilasiz?
2. Qanday hollarda tugallovchi muftalar ishlatiladi?
3. Qanday hollarda birlashtiruvchi muftalar ishlatiladi?
4. Qanday hollarda to'xtatuvchi va o'tkazuvchi muftalar ishlatiladi?

### **9-ma'ruza**

#### **Havo elektr uzatish liniyasi o'tkazgichlari**

Kuchlanishi 35-1150 kVli havo elektr uzatish liniyalarida izolyatsiyalanmagan alyuminiy va po'lat-alyuminiy o'tkazgichlar qo'llaniladi. Bunday o'tkazgichlarning konstruksiyasi 24-rasmda ko'rsatilgan. Alyuminiy va po'lat-alyuminiy o'tkazgichlar ko'p simlardan tayyorlanadi, alyuminiy sim elektr o'tkazuvchanlikni ta'minlasa po'lat sim esa mehanik mustahkamlikni ta'minlaydi. Ko'p simli o'tkazgichlarning o'zagi ruh yugurtirilgan po'lat simdan iborat bo'lib atrofiga neytral moy surtiladi.



24-rasm. qEUL dagi mustahkam po‘lat alyuminiy o‘tkazgichning konstruksiyasi.  
 $K_a$ -alyuminiy va po‘lat kesim yuzalarining munosabati.  
 1-po‘lat o‘zak; 2-alyuminiy o‘tkazgich.

O‘tkazgichning tashqi diametri qanchalik katta bo‘lsa tojlanish razryad isrofi ham shuncha kichik bo‘ladi. Shuning uchun ham 220 kVdan yuqori kuchlanishlarda qEUL ning iqtisodiy ko‘rsatkichlarini birmuncha yaxshilash uchun katta kesim yuzali o‘tkazgichlarning optimalini tanlash talab qilinadi. Odatda, EUL larida o‘tkazgichlarni konstruksiyasini o‘zgartirmagan holda, fazalarni parchalash bilan isrofni kamaytiriladi.

Iflos yoki namligi yuqori bo‘lgan atmosfera ta‘siri alyuminiy va po‘lat-alyuminiy o‘tkazgichlarni korroziyaga uchrashini tezlashtiradi va EUL qurilgandan so‘ng 4-8 yil ichida o‘tkazgichlarni ishdan chiqarishi mumkin. Shuning uchun ekspluatatsiya jarayonida xizmat muddatini oshirish maqsadida alyuminiy simlariga va po‘lat o‘zak ustiga maxsus, asosan uglerod asosli materialli himoya moyi surtiladi. Alyuminiy va po‘lat-alyuminiy o‘tkazgichlardan tashqari EULda yetarli darajada yuqori elektr o‘tkazuvchanlikka va yuqori mehanik mustaqkamlikka ega alyuminiy qotishmali o‘tkazgichlar ham ishlatiladi. Alyuminiy qotishmali o‘tkazgichlarni qo‘llash bilan bir qatorda po‘lat o‘zakdan voz kechishga va o‘tkazgichning massasini kamaytirishga erishiladi.

Horijda Al-Mg-Si asosli alyuminiy qotishmasidan EUL ga o‘tkazgichlar tayyorlashda keng qo‘llanilmoqda. Qotishmaning kimyoviy tarkibi va xususiyati bo‘yicha standarti turli davlatlarda deyarli farq qilmaydi. Asosiy qotishma sifatida AQSh standarti bo‘yicha 6101 va 6201 rahamli belgiga ega bo‘lgan qotishma qo‘llanilmoqda.

Yurtimizda amalda kesim yuzasi  $185 \text{ mm}^2$  gacha bo‘lgan alyuminiy qotishmali o‘tkazgichlarning, mehanik mustahkamligi va elektrik qarshiligi bo‘yicha xalqaro elektrotexnik komissiya talabiga mos keluvchi,

mustahkamlik darajasi pastroq termoishlov berilmagan va mustahkamligi yuqori termoishlov berilgan ikki xil modifikatsiyasi qo'llanilmoqda. Biroq yurtimizda amalda ulardan cheklangan miqdorda qo'llanilmoqda.

O'tkazgichlarning xarakteristikalarini solishtirish alyuminiy qotishmali o'tkazgichlar po'lat-alyuminiy o'tkazgichlardan yaxshi ekanligidan dalolat beradi. . Shunday qilib, agar nominal kesim yuzasi  $525 \text{ mm}^2$  bo'lgan po'lat-alyuminiy o'tkazgich bilan nominal kesim yuzasi  $585 \text{ mm}^2$  alyuminiy qotishmali o'tkazgichni xarakteristikalarini solishtiradigan bo'lsak, alyuminiy qotishmali o'tkazgichning massa 20% ga kamligi, mustaqkamlik chegarasi 18 % ga yaqoriligi va elektrik qarshiligi 5% ga kamligi ma'lum bo'ldi. Shuning uchun ham oraliq uzunliklarni oshirib tayanchlar sonini kamaytirish hisobiga EUL ning umumiy tannarxini tushirishimiz mumkin.

### **Sinov savollari**

1. HL asosan qanday turdagi o'tkazgichlar qo'llaniladi?
2. EUL larida o'tkazgichlarni konstruksiyasini o'zgartirmagan holda qanday qilib isrofni kamaytiriladi.?
3. Ekspluatatsiya jarayonida o'tkazgichlarning xizmat muddatini oshirish maqsadida qanday ishlar qilindi?
4. Alyuminiy qotishmali o'tkazgichlar po'lat alyuminiy o'tkazgichlardan qanday afzalliklarga ega?

### **10-ma'ruza**

#### **Havo EUL da osiladigan optik- tolali kabellar**

Oxirgi 10-15 yilda jahon amaliyotida optik-tolali kabellardan keng foydalanilmoqda. Optik-tolali kabellar odatdagi mis o'tkazgichlarga qaraganda quyidagi bir qator afzalliklarga ega:

- ko'p miqdorda axborotlar oqimini uzatish imkonini beradi;
- tashqi elektromagnit ta'sirlarga nisbatan yuqori himoyalanganligi;
- bitta optik tolali kabel bir qancha mis o'tkazgichni almashtirganligi bois misdan va boshqa materiallarni tejaydi;
- uzatilayotgan signalning kam zararlanishi va keng diapazonli chastotadan uning mustaqilligi.

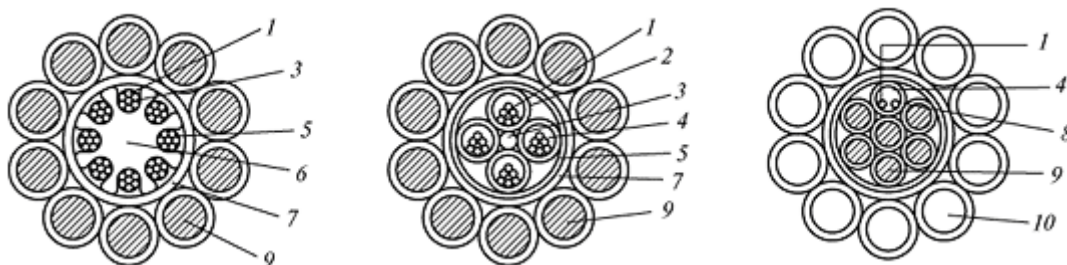
Eng ko'p qo'llaniladigani bir turli optik tolali kabellar (tola, ya'ni bir turdagi elektromagnit to'lqin tarqala oladigan) diametri 6-10 mkm li, ya'ni nur ko'rinishdagi va signal kengaytiruvchi o'zakka ega. Sirtqi qatlam (tashqi diametri odatda 125 mkm) faqat o'zak-sirtqi qatlam chegarasida tashqi xujumlarni kamaytiradi va tashqi muhitga energiya (isrof) ni tarqalishidan

himoya qiladi. Agar elektrik kabelli aloqa bo'ylab axborot uzatilayotganda bir necha kilometrlarda, ya'ni signal uzatilganda optik tolali kabellar o'rtasida 120 km va ko'proq masofada kuchaytirgichlar o'rnatilishi lozim.

EUL da osma optik tolali kabellarni ishlatish g'oyasi, mavjud EUL ning xarakteristikasi va imkoniyatlari yaxshi o'rganilganligi, ular yuqori ishochlilikka egaligidan paydo bo'ldi. Optik-to'lqinli kabellarni alohida o'tkazish ancha qimmat ayrim hollarda umuman mumkin emas. Masalan, tog'li hududlarda yoki boshqa borish qiyin bo'lgan joylarda.

Zamonaviy osma optik tolali kabellar asosan quyidagi turlarga bo'linadi:

a) yashin qaytaruvchi tross ichida (Rossiyada OKGT xorijda ORGW abbreviatura qabul qilingan). Bunday kabellarning konstruksiyasi 25-rasmda ko'rsatilgan. Jahon amaliyotida 80-90% barcha osma optik tolali kabellar, EUL bilan mujassamlanganda, yashin qaytaruvchi trosslarga ilinadi. Ichiga optik tolali kabel joylashtirish uchun tross markaziga modul joylashtiriladi. Odatda, modul plasstmassa yoki metallik trubkaga ega bo'ladi. Markaziy element ko'p modulli, ya'ni bir qancha modullar bir joyda buralib, to'qima shaklidagi, odatda atrofi kuchli elementdan iborat bo'lishi mumkin. Barcha bunday turdagi optik tolali kabellar trubkasi ustiga bir yoki ikkita, tross shaklidagi, metall simli to'qima joylashtiriladi. Simlar po'latdan, alyuminiy qoplamali po'latdan, alyuminiy qotishmasidan, alyuminiydan iborat bo'lishi mumkin. Ikki to'qimali trosslarning tashqi to'qimasi elektr o'tkazuvchanlikni oshiruvchi simlardan tashkil topgan bo'ladi, ichki to'qimasi esa yuqori mexanik mustahkamlikka ega simdan iborat bo'ladi. Ichki to'qima simi, trossning mexanik mustahkamligini ta'minlaydi va yashin zarbalari ta'siridan himoyalangan. Tashqi to'qima simining temperaturasi bu holatda ortadi, ammo ichki to'qima bunday ta'sirlarga sinalmaydi va optik modullar issiqlikdan ekranlashtiriladi. Bir to'qimali trosslar ikkala tipdagi sim holatida qo'llanilishi mumkin.



25-rasm. Turli konstruktiv ishlanishga ega OPGW kabellar:

1-optik tola; 2-optik modul; 3-markaziy kuchaytiruvchi element ( shisha plastik); 4-gidrofobli kompaund; 5-mahkamlovchi lenta; 6-alyumin profilli o'zak; 7-alyuminiyli trubka; 8-zanglamiydigan po'latdan iborat trubka; 9-alyuminiy bilan qoplangan po'lat sim; 10- alyuminiy sim.

Bunday turdagi oʻzini koʻtarib turuvchi kabellarning biri - bu sakkiz shaklidagi kabel deb nomlanuvchi (bunda kabelning koʻndalang kesim yuzasi “8” sonini ifodalaydi), kabelning oʻzagi va poʻlatli tutib turuvchi trossning oxirlari polietilenli sirtga umumlashadi. Kabelning optik qismi aniqroqi kuchaytiruvchi element hisobiga ushlab turiladi. Bunday kabellar oʻzida spirali bor simlarga ega yaʼni kabellarga bogʻlanadigan, spiral qisqichlar yordamida mahkamlanadi.

Faza oʻtkazgichiga yoki yashin qaytaruvchi trosslarga bogʻlanadigan, bunday kabellarning modifikatsiyasi sifatida, yashin qaytaruvchi trosslarga lenta yoki maxsus bandaj orqali choʻlham oʻrash yoʻli orqali mahkamlanadigan optik tolali kabellarni hisoblashimiz mumkin. Tashqi koʻrinishi ancha sodda boʻlishiga qaramay, bular eng kam tarqalgan optik tolali kabeldir. Bunday kabellarning asosiy muammolari – qizigan paytda, u osiladigan, kabellar va trosslarning (yoki oʻtkazgichlarning) bir-biriga taʼsiri, qisqa tutashuv paytidagi qizish bir qancha yuqori boʻlishimumkin (200 °S va yuqori), va issiqlikdan kengayish koeffitsiyentlari farqliligi hisobiga kabellarning osilishi zaiflashib qoladi. Bundan tashqari, bir qancha muammolar ( muz qatlami, titroq taʼsiri va h.k) ham mavjud.

Xorijda qilingan va qilinayotgani kabi energotizimda optik tolali kabellarni keng ishlatish mutlaqo aniq maqsaddir.

### **Sinov savollari**

1. Optik tolali kabellar mis kabellardan qanday afzalliklarga ega?
2. Optik tolali kabellar HEUL ning qaeriga ulanadi?
3. Bir toʻqimali trosslar qanday tipdagi sim holatida qoʻllanilishi mumkin?

### **11-maʼruza**

#### **Elektr uzatish liniyasi uchun oʻta oʻtkazuvchan kabellar – kelajak kabellari**

Elektr energiyani uzatishda oʻta oʻtkazuvchan kabellarni qoʻllash gʻoyasi 1911 yildagi oʻta oʻtkazuvchanlik kashf qilingandan soʻng paydo boʻldi. Metallardagi soddalashtirilgan oʻta oʻtkazuvchanlikni quyidagi koʻrinishda tasvirlashimiz mumkin. Bir xil zaryadlangan elektronlar zarrasi oʻrtasida kulon itarish kuchi taʼsir qiladi. Biroq oʻta oʻtkazuvchan materiallar (bu esa 27 ta toza metallar va koʻp sonli mahsus qotishmalar va birikmalar) uchun oʻta past temperaturada sezilarli ravishda elektronlar oʻrtasidagi oʻzaro taʼsir va atom tuzilishi oʻzgaradi. Natijada, elektronlar bugʻi deb

nomlanuvchi va elektronlarning tortilish imkoniyati paydo bo'la boshlaydi. Bu parlarning paydo bo'lishi, ularning ortishi, elektronlar pari "kondensatining" vujudga kelishi o'ta o'tkazuvchanlikni yuzaga keltiradi deb tushuntiriladi.

Harorat ortishi bilan elektronlarning bir qismiga termik ta'sir ko'rsatadi va alohida tarkibga o'tadi. Kritik harorat deb nomlanuvchi haroratda barcha elektronlar normallashtirila boshlaydi va o'ta o'tkazuvchanlik holati yo'qola boshlaydi. Xuddi shunday holat magnit maydon kuchlanganlik ortganda ham sodir bo'ladi. Texnikada ishlatiluvchi o'ta o'tkazuvchan qotishmalar va birikmalar uchun kritik harorat 10-18 K, ya'ni  $-263^{\circ}\text{S}$  dan  $-255^{\circ}\text{S}$  gachani tashkil qiladi.

Bunday kabellarning birinchi loyihasi, eksperimental modeli va tajribiy ko'rinishi XX-asrning 70-80-yillariga kelibgina amalga oshirildi. Bu vaqtda esa egiluvchan qat-qat burmali kabellarning barcha variantlari qo'llanilmoqda edi. O'ta o'tkazuvchan modda sifatida suyuq geliy bilan sovutiladigan, niobiya va rux birikmasi asosidagi intermetall lentalar ishlatiladi.

1986 yilda yuqori temperaturali o'ta o'tkazuvchan moddalar kashf qilindi va 1987 yil boshlarida bunday tarkibdagi, o'zida keramik materiallari bor, kritik temperaturasi 90 K gacha ko'tariladigan o'tkazgichlar olindi. Birinchi yuqori haroratli o'ta o'tkazuvchan o'tkazgichlarning namunaviy tarkibi  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $\delta < 0,2$ ). Bunday o'ta o'tkazgichlarga o'zida betartib mayda kristall tizimiga ega bo'lgan, bir-biri bilan kuchsiz elektrik bog'langan, ol'chami 1 dan 10 mkm gacha bo'lgan moddalar kiradi.

Yuqori temperaturali o'ta o'tkazgichlarning paydo bo'lishi va ularni qayta ishlash jarayoniga qiziqish XX asrning 90-yillari boshlariga kelib o'ta o'tkazuvchi kabellarni vujudga keltirdi. 1987-1990 yillarda va hozirgi paytgacha AQSh, Yaponiya va G'arbiy Yevropa davlatlarida yuqori temperaturali o'ta o'tkazgichlar asosidagi kabellarni vujudga keltirish bo'yicha ishlar ancha ilg'orlagan. Bunday kabellar, oldingilariga nisbatan prinsipial farqlanadi. Sovutish uchun qo'llaniladigan suyuq azot geliyga nisbatan ancha arzon hamda uning tabiiy zaxirasi deyarli cheksizdir. Eng asosiysi, 0,8-1MPa ishchi bosimda suyuq azot dielektrik ishlatiladi.

Texnik-iqtisodiy izlanishlar shuni ko'rsatadiki, yuqori temperaturali o'ta o'tkazuvchi kabellar elektr uzatishning boshqa turlari bilan solishtirganda quvvati 0,4-0,6 GV · A dan ko'proq bo'lgan real obyektlarda qo'llash ancha foydaliroqdir. Kelajakda yuqori temperaturali o'ta o'tkazgichli kabellardan quvvati 0,5 GVt dan yuqori elektrostansiyalarda hamda chuqur kirib borgan megapolislarda va yirik energiya iste'molli komplekslarda tok o'tkazuvchi sifatida qo'llash ko'zda tutilmoqda.

Albatta, energotizimlarga o'ta o'tkazuvchi kabellarni joriy etishda iqtisodiy nuqtay-nazardan real baholash va bunday kabellarning ekspluatatsiyasida ishonchli ishlashini ta'minlovchi kompleks ishlarni olib borish zarur.

### **Sinov savollari**

1. Elektr energiyani uzatishda o'ta o'tkazuvchan kabellarni qo'llash g'oyasi qachon paydo bo'ldi?
2. Texnikada ishlatiluvchi o'ta o'tkazuvchan qotishmalar va birikmalar uchun kritik harorat qancha?
3. Yuqori temperaturali o'ta o'tkazuvchan kabellar elektr uzatishning boshqa turlari bilan solishtirganda qaysi holatda foydaliroqdir?

### **12-ma'ruza**

#### **O'zgarmas tokli elektr uzatish yo'lini o'rnatish va qo'llanish sohalari**

Ma'lumki, hozirgi vaqtda elektr energiyani ishlab chiqarishda, uni masofaga uzatishda, taqsimlashda va iste'mol qilishda o'zgaruvchan tok ishlatiladi. Bu o'zgaruvchan tokni transformatsiyalash xususiyati bilan tushuntiriladi, ya'ni kuchlanishni yetarli darajada, sodda apparat – transformator yordamida, o'zgartirish mumkinligi hamda o'zgarmas tokli elektrodvigatellar o'zining konstruksiyasining soddaligi va binobarin, o'zgarmas tokli elektrodvigatellardan ishonchliligidir. Shu munosabat bilan o'zgaruvchan tok hamma va har joyda ishlatiladi, bir qancha ishlab chiqarish sanoat korxonalari va elektrik transportlar bundan mustasno. Oxirgi o'n yillikda turli davlatlar elektr energetikasida bir qator masalalarni yechishda, jumladan elektr energiyani masofaga uzatishda, o'zgarmas tokdan ko'proq foydalanilmoqda.

Savol, nima uchun bunday qilinadi?

O'zgaruvchan va o'zgarmas tokli liniyalar xarakteristikalarini solishtiramiz.

Ikkala liniyalar ham bir xil turdagi parametrga - o'tkazgichning aktiv hamda induktiv va sigim qarshiliklarga ega. O'tkazgichning aktiv qarshiligi liniyaning quvvat va energiya isrofini, demak, uning FIK ni, induktivlik va sigim qarshiliklar esa elektr energiyani uzatish bilan bog'liq liniyadagi elektromagnit jarayonlarni aniqlaydi. O'zgaruvchan tokli liniyalar uchun bu jarayon to'liqin xarakterda namoyon bo'ladi va bunday liniyalarning asosiy xarakteristikalarini aniqlaydi. Aynan ushbu farq o'zgarmas tokli liniyalarni

qo'llab elektroenergiyani uzatish bilan bog'liq muammolar asosida yotadi.

Bu savolga javobni quyida batafsilroq ko'rib chiqamiz.

Liniyaning induktivligi va sig'imi uning konstruksiyasidan-fazalar (qutblar) o'rtasidagi masofa, o'tkazgich diametri va liniya uzunligidan aniqlanadi. Fazalar o'rtasidagi masofa ortsa liniya induktivligi ortadi, liniya sig'imi esa kamayadi. Bu masofa kamaysa esa teskari ta'sir olib keladi. Liniya uzunligi ortishi uning induktivligi oshgani kabi sigimi oshishiga olib keladi.

O'zgarmas va o'zgaruvchan tokli havo liniyalaridagi fazalar (qutblar) o'rtasidagi masofa metrlarda o'lchanadi (o'zgaruvchan tokli 500 kV HL uchun -12 m, o'zgarmas tokli  $\pm 400$  kV li HL uchun - 10 m) , kabelli liniyalarda esa bir necha santimetr. Bundan ko'rinadiki, HL lari kabelli liniyalarga qaraganda ancha yuqori induktivlikka va ancha past sig'imga ega. Bu xarakteristikalarining har xilligi havo va kabelli liniyalarda o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanishda ishlash kerakligini ko'rsatadi.

Avvalo aniqlab olsak, induktivlik va sigim ta'siri o'zgaruvchan va o'zgarmas toklar o'tganda turlicha. Induktivlik bo'ylab o'zgaruvchan tok o'tganda unda, tok o'tishiga qarshilik ko'rsatuvchi, o'zinduksiya EYuKni hosil qiladi. Boshqacha so'z bilan aytganda, induktivlik o'zida o'zgaruvchan tok o'tishiga qarshilik ko'rsatadi. Bu qarshilik o'zgaruvchan tok chastotasiga to'g'ri proporsional. O'zgarmas tok chastotasi nolga teng va induktiv qarshilik ham nolga tengdir.

Sigim ham o'zgaruvchan tok o'tishiga qarshilik ko'rsatadi. Induktiv qarshilikdan farqli o'laroq sigim qarshilik chastotaga teskari proporsional. O'zgaruvchan tok chastotasi ortishi bilan sigim qarshilik kamayadi, chastota kamaysa -oshadi. Chastota nolga teng bo'lganda (o'zgarmas tokda) sigim qarshilik cheksizlikka teng bo'ladi. Boshqacha aytganda, o'zgarmas tok sigim orqali o'tmaydi.

Havo liniyasini ko'rib chiqamiz. O'zgaruvchan kuchlanishda havo liniyasi ishlashiga uning induktivligi o'zgaruvchan tok o'tishiga qarshilik ko'rsatadi va oxir oqibatda, ushbu liniyadan uzatish mumkin bo'lgan maksimal quvvatni aniqlaydi. Yuqorida aytib o'tganimizdek, liniya uzunligi ortishi bilan liniyaning induktiv qarshiligi ham ortadi va shunday ekan, liniya bo'ylab uzatiladigan maksimal quvvat ham kamayadi.

O'zgaruvchan tokli havo liniyasining sig'imi uzatilayotgan aktiv quvvatga deyarli ta'sir qilmaydi, biroq undan o'tayotgan zaryad toki, zaryad quvvatini hosil qiladi va o'tkazgichni qo'shimcha qizishiga olib keladi, ya'ni liniyaning energiya isrofini oshiradi va uning FIK ni kamaytiradi. Bundan tashqari, bu tok liniyaning oraliq nuqtalarida kuchlanishning xohlanmagan darajada ortishiga va boshqa salbiy oqibatlarga olib keladi. Shuning uchun

ham liniyaning zaryad quvvatini kompensatsiya qilish muammosi paydo bo'ladi. Bunda maxsus qurilma reaktorlardan foydalaniladi. Bu esa oxir oqibat liniyaning narxi oshishiga olib keladi. Biroq shuni aytib o'tish kerakki, qoida bo'yicha, liniyadagi zaryad quvvatini kompensatsiyalash faqatgina o'ta yuqori – 330 kV va yuqori kuchlanishlardagina kerak bo'ladi.

O'zgarmas kuchlanishli havo liniyasi ishlaganda, qachonki undan o'zgarmas tok oqib o'tganda, barqarorlashgan holatda na uning induktivligi, na uning sig'imi liniya bo'ylab elektr energiya uzatilish jarayoniga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi, shunday ekan, liniya uzunligi ortishi liniya bo'ylab uzatiladigan maksimal quvvatga ham ta'sir ko'rsatmaydi. O'zgarmas tokli liniyalarda zaryad quvvati yuqorida aytib o'tilgan sabablarga ko'ra mavjud emas. Shuning uchun ham liniyaga qandaydir kompensatsiyalovchi qurilmalarga zarurat yo'q.

Yuqoridagi aytilganlarga binoan asosiy xulosalarga keladigan bo'lsak, unga ko'ra:

- o'zgarmas tokli havo liniyasi bo'ylab uzatilayotgan maksimal quvvat liniyaning uzunligiga bog'liq - qancha uzun liniya bo'lsa, undan uzatilayotgan quvvat chegarasi ham shuncha kam; bunday liniyalarning uzunligini chegaralovchi asosiy sabablardan biri;

- o'zgarmas tokli havo liniyasida esa bunday cheklanishlar mavjud emas, shuning uchun ham o'zgarmas tokli liniya har qanday uzunlikda va amalda maqsadga muvofiq deb ataluvchi, har qanday quvvat uzatish mumkin. O'tkazgichning qizishidan paydo bo'ladigan isrof va foydalaniladigan apparaturalarning tok o'tkazish qobiliyati cheklanganligi – o'zgarmas tokli liniyalarni cheklashi mumkin bo'lgan sabablardir.

Endi kabel liniyalarni ko'rib o'tamiz. Ma'lumki, o'zgaruvchan tokli kabellarning uzunligi ancha chegaralangan ya'ni 15-20 km dan ortmaydi. Bu asosan ikkita sabab orqali tushuntiriladi:

- kabellarning sig'imi ancha katta bo'lganligi tufayli zaryad quvvatining kattaligi;

- kabellarning qimmatligi;

Zaryad quvvati kabel tolalaring ortiqcha qizishiga, uzatilayotgan foydali quvvatni kamayishiga va kabellar uzunligining qisqarishiga olib keladi. Asosan bu yuqori kuchlanishli (110-500 kV) kabel liniyalarga taalluqli. Shuning uchun o'zgaruvchan tokli kabelli liniyalardan elektr energiyani yetarlicha katta uzunlikda uzatishda foydalanib bo'lmaydi.

O'zgarmas tokli kabelli liniyalarda zaryad quvvati mavjud emas va kabellarni qo'shimchaqizishiga olib kelmaydi. Shuning uchun ham o'zgarmas tokli kabelli liniyalar inshootlari yetarlicha uzun bo'lishi (100-200 km, undan ortiq bo'lishi ham mumkin) va boshqacha yo'l bilan elektr

liniyasini uzatish mumkin bo'lmagan masalan, katta suvli hudud kesib o'tadigan (dengiz qo'ltiqlaridan), katta shaharlar markaziga kiradigan katta quvvatli liniyalarni o'tkazishda va boshqalarda ishlatiladi.

Ammo bu hali hammasi emas. Nima uchun zamonaviy elektr energetikada bir qancha masalalarning yechimi sifatida o'zgarmas tok ishlatilmoqda degan savolga quyidagi muammolar qatorini ko'rsatib o'tish orqali javob olishimiz mumkin bo'ladi.

Hozirgi vaqtda dunyoda o'zgarmas tokning ikkita – 50 va 60 Gts chastotalisi ishlatilmoqda. Rossiya, MDQ va Yevropa davlatlarida - 50 Gts; AQSh, Kanada, Janubiy Amerikaning bir qancha davlatlarida, Yaponiyaning janubiy qismida 60 Gts chastota qabul qilingan. Turli nominal chastotadagi tizimlarni parallel ishlashi uchun o'zgarmas tokli liniyalar orqali birlashtirish mumkin emas. Bu maqsad yo'lida, jahon amaliyotidan muvaffaqiyatli o'tgan o'zgarmas tokli liniyalarni ishlatish maqsadga muvofiqdir. Bunday aloqa Yaponiya va Janubiy Amerikada mavjuddir.

Alohida tizim bilan bir nominal chastotali tizimga birlashtirish faqatgina ularning sinxron ishlashidagina mumkin. Bunday yechimning barcha ijobiy taraflari bilan birgalikda yana shuni ta'kidlab o'tish kerakki, o'zgarmas tokli sistemani qo'llashda chastota va uni boshqarish qonunini bir xil standartda ushlab turishni ham ko'zda tutiladi. Agar tizimlar birlashtirishdan oldin turli xil nominal chastotada ishlayotgan bo'lsa, unda bunday tizimlarni birlashtirish barcha elektr stansiyalarda chastotani boshqarish tizimini rekonstruksiya qilish bo'yicha katta ishni va ko'p miqdorda moliyaviy mablag'ni talab qiladi. Bundan tashqari, tizimlarni parallel ishlashida birlashtirish bir vaqtning o'zida bog'langan tizimda ham qisqa tutashuv tokini oshishiga olib kelishi muqarrar. Bu esa qisqa tutashuv toklarini cheklash uchun zaruriy chora tadbirlarni qo'llashni yoki qimmat turadigan kommutatsion apparaturalarni almashtirishni talab qiladi.

Yana bir jihatini ta'kidlab o'tish zarur. Tizimlarni birlashtirish ularning birgalikda ishlashidagi turg'unligini ta'minlashni talab qiladi. O'zgaruvchan tok orqali birlashgan tizimlarning birida avariyaaviy holatni vujudga kelishi, masalan qisqa tutashuv, yirik generatsiyalovchi blokning yoki elektr stansiyaning o'chirilishi, birgalikda ishlashdagi turg'unlikni buzulishiga, butun bir hududning elektr energiyasiz qolishiga, o'z navbatida katta moliyaviy zararga olib keladi. Bu ayanchli hodisa ko'pgina rivojlangan mamlakatlarning tajribasidan ma'lum.

Agar tizimlarni o'zgarmas tokli bo'g'in orqali birlashtirsak, yuqorida ko'rib o'tilgan salbiy oqibatlardan qochishimiz mumkin. Bu holatda qisqa tutashuv tokining oshishi va birgalikda ishlashdagi turg'unlik muammosi ham butunlay bartaraf etiladi, bog'lanadigan tizimlar esa bir xil yoki bir

necha turli chastotalarda, ammo asinxron tarzda ishlashi mumkin. Bunday yechim birlashgan tizimlarning normal ishlashidagi kabi avariya va avariya keyingi rejimlarda ham ishonchli ishlashini va iqtisodiy samaradorlikni oshirish bilan bog'liq aniq bir "tizimiy samara" berishi mumkin. Modomiki, jahon tajribasining ko'rsatishicha, o'zgaras tokli bo'g'in kaskadli avariya rivojlanishining oldini oladi.

Agar bir necha tizimlarni birlashtirishda o'zgaras tokli liniya ishlatilayotgan bo'lsa, bu holatda barcha tizimlar bir-biridan mustaqil ravishda ishlashi, biroq o'zaro quvvat almashishlari mumkin. Bu holatda o'zgaras tokli liniya bu tizimlar uchun xuddi yig'ma shina kabi bo'ladi. Bunda tizimlarning birida avariya holatni vujudga kelishi o'zgaras tokli aloqa bo'lgani kabi boshqa bir tizimga ta'sir ko'rsatmaydi.

O'zgaras tokli bo'g'in mavjud tizimlararo o'zgaruvchan tokli aloqalarni ham shuntlashi mumkin bo'lgan holatda tizimiy samara sifatda namoyon bo'lishi mumkin. Bunda yuqori boshqaruvchanlik hisobiga quvvatlar oqimini qayta taqsimlanishi bilan bogliq bog'langan tizimlarning iqtisodiy samaradorligini oshirish maqsadida va ularning sinxron ishlashidagi zaruriy turg'unlikni saqlashni ta'minlash mumkin.

O'zgaras tokni uzatish o'zining sifatini yana bir hududda ham namoyon qilishi mumkin. Ma'lumki, gidroturbinalarning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, o'zining maksimal FIKiga ishchi g'ildiragining o'zgaras tezlik bilan aylantirilganda erishiladi, ya'ni o'zgaruvchan tokning o'zgaras chastotasida, yuqori beyfida suv sathi o'zgaras bo'lganda yetishi mumkin (turbina loyihalashtiriladigandagi suv bosimi o'zgaras bo'lganda) yoki ishchi g'ildiragining tebranishi bo'lmaganda. Bunday holatlar faqatgina katta hajmdagi suv omborlaridagi gidroelektrostansiyalardagina mavjud, qachonki suv ombori loyihalashtirilgan belgigacha to'ldirilgan bo'lsa. Barcha boshqa GES larda ishchi valining aylanishi o'zgaras bo'lganda suv omboridagi suv bosimining pasayishiga olib keladi, bu esa turbinaning o'zining FIK ini pasayishiga olib keladi. Bu ko'rinishning o'ziga xos xususiyati GES da suv to'lqinini hosil qiladi va GES lardagi suv omborlarida katta hajmdagi suvni to'ldirishga olib keladi.

Bu holatda FIK ni yuqori darajada tutib turish uchun turbinaning aylanish chastotasini o'zgartirish darkor, bu esa o'zgaruvchan tok chastotasining o'zgarishiga olib keladi va GES quvvatini tizimga o'zgaruvchan tok liniyalari orqali GES generatori chastotasi va tizim chastotasi har xilligi tufayli uzatish mumkinmasligini ko'rsatadi. Agar GES tizim bilan o'zgaras tok liniyasi orqali bog'langan bo'lsa, unda generatorlarning aylanish chastotasi har xilligida ham quvvatni sistemaga uzatish mumkinligini, shu bilan birga uzoq yillarga cho'ziladigan, suv

omborlarining to'ldirilish vaqtini ham ta'minlab beriladi.

Yuqorida aytib o'tilganlarga asosan zamonaviy elektr energetikada o'zgaras tokni qo'llash mumkin bo'lgan sohalarni aniqlab olishimiz mumkin. Ularga quyidagilar kiradi:

- uzoq masofalardagi elektr uzatish liniyalaridagi, masalan uzoq masofalarda joylashgan GES yoki AES. Bu yerda masofa bir necha yuzlab va minglab kilometrlarni tashkil etgandagi tushuniladi. O'zgaras va o'zgaruvchan tok o'rtasidagi iqtisodiy masofa, har xil ma'lumotlarda, trassaning o'tish sharoitiga, ishonchlilikka qo'yilgan talabga, uskunalar narhi va shu kabi boshqa faktorlarga bog'liq holda 700-1000 km orasida bo'lishi mumkin ;

- elektr energiyani katta suvli hudud orqali uzatiladigan holatlarda;

- yirik shaharlar markazlariga katta quvvatli energiya chuqur kirib boradigan holatlarda;

- turli xil nominal chastotalardagi o'zgaruvchan tokli tizimlarni bir-biriga bog'lashda;

- bir nominal chastotalardagi tizimlarni, birlashgan tizimlarning ishonchliligini oshiradigan, nosinxron bog'lashda;

- nosinxron yoki turlicha chastotalarda ishlovchi va chastotani rostlash qonuniyatlari talablarini bir xilda bajarmaydigan turli xil rayon va mamlakatlarning elektr energiya tizimlarini birlashtiradigan, "O'zgaras tok shinasini"ni hosil qilishda;

- agregatlari o'zgaruvchan aylanish chastotasi bilan ishlaydigan elektr stansiyaning tizimga qo'shishda. Bunda bu agregatlar ishlashining yuqori samaradorligi ta'minlangan bo'ladi;

- birlashgan tizimlarning rivojlanishida paydo bo'ladigan, ya'ni yuqori boshqarilmaydigan quvvatlar oqimini aylantirishi mumkin bo'lgan halqalarni yechishda;

### **Sinov savollari**

1. HL lari kabelli liniyalarga nisbatan qanday induktivlik va sig'im qarshililariga ega?

2. O'zgaruvchan tokli kabellarning uzunligi qancha?

3. O'zgaras tokli kabelli liniyalar inshootlari qancha uzunlikda bo'lishi mumkin?

4. O'zgaras tokni qo'llash mumkin bo'lgan sohalarni aytib o'ting.

### **13-ma'ruza**

## **Jahon elektroenergetika tizimida qo'llanilayotgan o'zgarmas tok obyektlari**

Hozirgi kunda barcha ma'lum o'zgarmas tok obyektlari ikkita guruhga ajratiladi. Ulardan birinchisiga o'zgarmas tokli elektr uzatish liniyasi (O'TU) kiradi. Bu yerda elektr energiya ma'lum bir masofaga uzatiladi. Bunday elektr uzatishning ajralmas qismiga havo va kabelli o'zgarmas tokli liniyalar kiradi. Ikkinchi guruhga esa o'rnatiladigan o'zgarmas tok (O'TK) deb ataluvchi obyektlar kiradi. Bu yerda o'zgarmas tokli liniya mavjud bo'lmaydi. O'zgarmas tokning barcha bo'g'ini, tok bog'langan tizimdan o'zgaruvchan tok liniyasi orqali keluvchi, bitta podstantsiyada joylashtiriladi. O'Tq va O'TU larni sxemasi quyida keltirilgan.

2000 yilga kelib jahonda umumiy quvvati 25 000 MVt ni tashkil qilgan 52 ta o'zgarmas tokni uzatadigan va qo'yiladigan obyektlar mavjud bo'ldi. Yangi texnologiyalarni qo'llagan holda yana 28 ta O'TU va O'TK obyektlarini qurish loyihalashtirilmoqda. 2020 yilga kelib o'zgarmas tok obyektlarining quvvati 40 000 MVt ga yetishi kutilmoqda.

Yevropada hozirgi kunda umumiy quvvati 12 500 MVt bo'lgan 24 ta o'zgarmas tok o'rnatilgan va uzatiladigan obyektlar qurilgan. Yaqin 5 yillikda quvvati 3000 MVt ga yaqin bo'lgan yana beshta O'TU kabelli liniyalar qurilishi rejalashtirilgan. Yevropada yuqori zichlikdagi o'zgaruvchan tokli elektr tizimi mavjud. Shuning uchun ham bu yerda quruq o'zi yotqizilgan o'zgarmas tokni uzatuvchi liniyalar yo'q. Yevropaning bir qator mamlakatlari kontinentdan va bir-biridan dengiz qo'ltiqlari orqali ajratib turiladi, bu yerda - dengiz yo'laklarini bartaraf etish darkor. Shuning uchun ham bu yerda gibridlangan va kabelli asosida O'TU tarqatish qabul qilingan. Gibridli O'TU deganda liniyaning asosiy qismi kabeldan, ko'p bo'lmagan hududning oxirgi nuqtalarida esa havo liniyalaridan iborat liniyalar tushuniladi.

Hozirgi vaqtda Yevropa qit'asining barcha yirik energotizimlari, transyevropa tizimi deb ataydiganimiz, uzatiladigan va o'rnatiladigan o'zgarmas toklar orqali birlashtirilgan. Bulardan eng yiriklariga quyidagilarni ko'rsatishimiz mumkin:

- Angliya va Fransiya o'rtasidagi, bu davlatlar energotizimini birlashtiradigan, La-Mansh bo'g'ozi orqali o'tuvchi O'TU; bu O'TU ning ikkala zanjirining quvvati 2000 MVt ni tashkil etadi;

- Skagerrak bo'g'ozi orqali o'tuvchi Daniya va Norvegiya davlatlari energotizimlarini bog'lovchi umumiy quvvati 1040 MVt ni tashkil qiladigan uch zanjirli kabel yotqizilgan O'TU;

- Daniya va Shvetsiya o'rtasidagi ikki zanjirli kabelli elektr uzatish liniyasi ( 670 MVt);
- Botnich ko'rfazi orqali o'tuvchi Finlandiya va Shvetsiya o'rtasidagi O'TU (500 MVt);
- Rossiya va Finlandiya o'rtasidagi Viborg sharqida O'Tq ( 1400 MVt);
- uchta Italiya-Korsika-Sardiniyadagi havoli-kabelli podstansiya 500 MVt li O'TU;
- Angliyada London sharqi bilan Kingsnortni (Temza daryosining etagi) va shahar chegarasidagi ikki podstansiyaning quvvati 640 MVt bo'lgan chuqur kirib borgan O'TU yordamida bog'lash amalga oshirilgan.

Yevropa davlatlari energetika tizimlarini o'zgaras toklar orqali bog'lash tobora kuchayib bormoqda. Italiya-Gretsiyada gibridli O'TU, Norvegiya va Niderlandiya, Shvetsiya va Germaniya, Shimoliy Irlandiya va Shotlandiya davlatlari o'rtasida kabelli liniya inshootlarni qurish ishlari olib borilmoqda. Bundan tashqari, Angliya-Islandiya o'rtasida O'TU loyihasi tugatilgan.

Shimoliy Amerikada bir qator yirik quvvatli o'zgaras tokni uzatuvchi va o'zgaras tok kiritmalari ishlarimoda. Shulardan biri — Nelson Rivyer — Vinnipeg ( Kanada) o'rtasidagi ikki zanjirli quvvati 3600 MVt va uzunligi 930 km bo'lgan O'TU. Kanadaning harbiy qirg'og'i Vankuver orolidagi quvvati 680 MVt bo'lgan kabelli O'TU inshooti mavjud, Sharqiy qismida esa AQSh energotizimining shimoliy qismi bilan nosinxron bog'lanishga xizmat qiluvchi ikkita o'zgaras tokli kiritmalar mavjud. O'zgaras tokli kiritmalardan biri Il Rivyer (320 MVt), ikkinchisi esa Shategey (1000 MVt). Bundan tashqari, 1990-yillarning boshlarida umumiy uzunligi 1486 km bo'lgan, Gudzonov orolidan quyuluvchi La-Granddagi GESdan, Vinnipeg (Kanada) va Boston (AQSh) sharqigacha boruvchi ko'p podstansiyali O'TU inshootlari ishga tushurilgan. Uzatiluvchi quvvat - 2200 MVt. Bu elektr uzatish liniyasi beshta podstansiyadan iborat bo'lib, uchitasi Kanadada va ikkitasi AQShda — ular Kanada (Kvebek) va AQSh (Novaya Angliya) energotizimlari o'rtasida nosinxron bog'lanishli asosida boshqariladi.

AQShda bir qator o'zgaras tokli kiritma va uzatuvchi inshootlar qurilgan bo'lub, ulardan yiriklari - Tinch okeanidagi O'TU (3100 MVt, 1362 km), Intermauntin (1600 MVt, 788 km), Skvyer Byut (500 MVt, 730 km). AQSh da o'nta nosinxron bog'liqli energo birlashmalarni boshqariladigan o'zgaras tokli kiritmalar qurilgan.

Shimoliy Amerikaning samarali tajribasidan, katta hududga ega bo'lgan boshqa davlatlar ham tizimlararo nosinxron bog'lig'likdan keng foydalanishmoqda. Bu munosabatdan, asosan, avvaldan bir qancha nosinxron ishlovchi qismlarga ajratilgan Hindiston energotizimlarining bir-biri

bilan o'zgaras tokli uzatma va kiritmalar orqali bog'lash, Hindiston energotizimini rivojlantirish rejasiga katta qiziqish bildirilmoqda. Shu maqsadda tizimlar orqali bitta O'TU barpo etilgan va umumiy quvvati 2500 MVt bo'lgan O'TKlar ishga tushirilgan. Bu O'TKlar bir-biri bilan Shimoliy, harbiy va janubiy energotizimlar orqali bog'langan. Uchta tizimlararo O'TU qurilmoqda va to'rtta tizimlararo O'TU loyihalashtirilmoqda. Bundan tashqari, hududiy tizim ichida uchta O'TU qurilmoqda va yana uchta O'TU inshootlar loyihalashtirilmoqda. Barcha bu O'TU majmui o'zgaras tokli tarmoqlar tizimini hosil qilishi, mamlakat energotizimining turg'unligini oshirishi kerak.

Bunday yo'nalish, "Uch dara" GES foydalanishga topshirilgandan so'ng, yagona energotizimni hosil qilishga ehtiyoj sezilgandan so'ng Xitoyda ham qabul qilingan. Xuddi shu maqsadda amaldagi ikkita O'TUGa qo'shimcha yana yangi, bir vaqtning o'zida o'zgaras tok tizimini tashkil qilishni ta'minlovchi va GESdan olis masofada joylashgan hududlarga ancha katta quvvatni yetkazib beruvchi yana yangi O'TU inshootlari qurildi.

Afrika va Osiyoda bir qancha quvvatli uzoq masofali O'TUlar mavjud. Afrikada bunday elektr uzatish liniyalaridan ikkitasi: shulardan biri Kaborra Bassa (Mozambik) GESidan JARga (1920 MVt, 1400 km), ikkinchisi – Inga-Shaba (Zair, 1120 MVt, 1700 km) qurilgan. Ekspertlar Kongo respublikasidagi sharsharali Livingston hududidan bir qancha GESlardan Yevropagacha uzatilish mumkin bo'lgan quvvat 30 GVt gacha etadigan elektr uzatish liniyasini muhokama qilishmoqda.

Osiyoda, Kalimantan orolida joylashgan Malayziyaning Saravak shtati bilan birga, Tailand va Malayziya energotizimlarini birlashtirishga mo'ljallangan yirik gibridli O'TU (2400 MVt) qurilmoqda. Buning uchun orolni materik bilan bog'lash bilan bog'liq uzunligi bir necha yuz kilometr ga yetadigan suvosti kabellarini yotqizish talab etiladi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, O'TU va O'TKlar turli nominal chastotalarda ishlovchi energotizimlarni bog'lash uchun ishlatiladi. O'zgaras tokni boshqacha maqsadda ishlatilmaydi. qadimdan turli nominal chastotalarda ishlovchi energotizimlarni birlashtiruvchi O'TU va O'TKlar Yaponiya va Janubiy Amerikada ham ishlaymoqda.

Yaponiyada turli chastotalarda ishlovchi tizimlar o'rtasidagi chegara Xonsyu oroli bo'ylab o'tadi. Orolning shimoliy qismida - 50 Gts, janubiy qismida esa 60 Gts chastota qabul qilingan. Bu tizimlar o'rtasidagi aloqa umumiy quvvati 1200 MVt bo'lgan uchta O'TK orqali amalga oshiriladi. Bundan tashqari, ikki tizim o'rtasidagi orolning janubiy qismida, alohida nominal chastota bilan ishlovchi, tizimlararo quvvat oqimini boshqarishga mo'ljallangan O'TK ham bor. Yaponiyada gibridli va kabelli O'TU lar ham

ishlamoqda. Shulardan biri, katta bo'lmagan orolda joylashgan yirik elektr stansiyadan quvvatni uzatishga xizmat qiladigan, Xokkaydo va Xonsyu energotizimlarini nosinxron bog'laydi. Bundan tashqari, Saxalin (Rossiya) orolidagi issiqlik elektr stansiyadan Xokkaydo va Xonsyu orollariga quvvat beradi. Uch podstansiyali O'TUlarining taxminiy loyihalari ishlab chiqilmoqda.

Janubiy Amerikada Braziliyada hozirgi vaqtdagi eng katta quvvatli, Parana tumanidagi Itaypu GESidan San-Paulo shahriga quvvat uzatishga mo'ljallangan Itaypu O'TU qurilgan. Bu EULsi quvvati 3150 MVt bo'lib va har birining uzunligi 800 km keladigan ikki zanjirdan iboratdir. Bundan tashqari, Braziliya energotizimi (60 Gts) Paragvay va Argentina (50 Gts) energotizimi bilan uchta O'TK orqali birlashtirilgan. Shulardan bittasi Paragvay energotizimi bilan ikkitasi esa Argentina energotizimi bilan bog'lanishga xizmat qiladi. Bu O'TKlarning umumiy quvvati 1100 MVt ni tashkil qiladi. Braziliya energotizimining rivojlanishining yana bir varianti sifatida, Amazonka daryosida bir necha GESlarni barpo etib, GESlardan quvvatni O'TU inshootlari orqali uzatish loyihasi ko'rib chiqilmoqda.

Yangi Zellandiya va Avstraliyada ham bir necha O'TU va O'TK barpo etilgan. Yangi Zellandiyaning Vashington shahri energotizimi bilan, doimiy chastota va dempferli tebranishni ta'minlaydigan gibridli O'TU bog'laydi. Avstraliyada bitta O'TK mavjud, yorug'lik bilan boshqariladigan tiristorlar ishlatilishi kerak bo'lgan joyda yana bir O'TU inshooti barpo etilmoqda, bundan tashqari, Tasmaniya oroli bilan birlashtiriladigan kabelli O'TU qurilishi boshlangan.

Yuqorida aytib o'tilganlar asosida shuni xulosa qilishimiz mumkinki, dunyo elektr energetikasining bir qator muammolarini yechishda o'zgarmas tok manbalaridan yetarli darajada keng foydalanilmoqda.

Quyida Rosiyada o'zgarmas tok obyektlarini qo'llash istiqbollarini ko'rib chiqamiz. Geografik joylashuvi, tabiiy sharoitlar, hududning ko'lami, mamlakat foydali qazilmalarining teng taqsimlanmaganligi, sanoatning rivojlanishi, yirik energobirlashmalarning mavjudligi, hududlarining bir biridan ancha uzoq masofada joylashganligi, Rossiya davlatini o'zgarmas tok obyektlaridan keng foydalanilash bo'yicha izlanishlar qilishga olib keladi.

Uzoq vaqtlardan buyon, urushdan keyingi yillardan boshlab, Rossiyada O'TU va O'TKlar uchun uskunalari yaratish bo'yicha ilmiy-tadqiqot va tajriba-konstruktorlik ishlari olib borilmoqda. Bu ishlarda yetakchi rollarni NIPT (Sankt-Peterburg), VEI (Moskva) hamda bir qator ishlab chiqaruvchi tashkilotlar tashkil etadi. Bu ishlarda bir qancha parametrlari xorij analogiyasidan kelib chiqib, Ekibastuz-Tambov (6000 MVt, 2400 km) O'TU

uchun uskunalar yaratish joiz. Bu elektr uzatish inshootlarini yaratishga XX asrning 80-yillarida kirishilgan, Tambovda va Ekibastuz podstantsiyasida bir qism qurilish ishlari tugatilgan, biroq bu ishlar hali tugatilmagan. Loyihani ishlab chiqqanlarning fikri bo'yicha bu O'TUlar faqatgina, mamlakatning asosiy energo ishlab chiqaruvchi: Sibir-Ural-Sentr hududlaridan o'tuvchi yirik tizimlararo bog'liqlikning birinchi bo'g'ini bo'lishi kerak. Kelajakda bu elektr uzatish liniyasi Ekibastuzdan energetika burchagining paydo bo'lgan joyi Itatskkacha va keyinchalik Sibirga hamda Uralda ham shoxobcha yaratish taklifi bildirilmoqda.

Hozirgi vaqtda ham tizimlararo bog'liqlik o'zining dolzarbligini yo'qotmagan. Bunday o'zgarmas tokli bog'liqlik, amaldagi o'zgaruvchan tokli bog'liqlikdan o'zining qiymati bo'yicha, energotizimning bir yoki boshqa tizimida avariya sodir bo'lganda, tebranishlarni so'ndirishi hisobiga o'zining yuqori boshqaruvchanlikka egaligi bilan, tizimlar o'rtasida nosinxron bog'liqlikning mavjudligi, yagona energo tizimning turg'unligini va ishonchliligini oshiradi.

Gidroenergetik resurslarga boy Sibir daryosini o'zlashtirishda ham o'zgarmas tokli elektr uzatish liniyasini qo'llash talab etiladi. Masalan, uzatilish masofasi 3000 km gacha cho'ziladigan og'ir sharoitli trassaga ega Angaro-Yeniseyskogo GESining kaskadining 36 GVt dan ortadigan quvvatini uzatishda o'zgarmas tokli elektr uzatish liniyasidan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Hozirgi vaqtda elektr energiyani ishlab chiqarishda ko'mirdan foydalanib va bir vaqtning o'zida tabiiy gazdan foydalanishni kamaytirish bo'yicha ko'proq tendensiya ketmoqda. Shu bilan bog'liq Ural tumanidagi Kansko-Achinsko ko'mir havzasidagi issiqlik elektr stansiyasidagi elektr energiyani, o'zgaruvchan tok ko'rinishda emas, o'zgarmas tok ko'rinishda uzatish maqsadga muvofiq deb qaralmoqda. Bu savol yetarli darajada chuqur texnik-iqtisodiy izlanishlarni talab etmoqda.

Rossiya ichidagi elektr energiyaning OES Sibir bilan Yakutiya va Uzoq Sharq transport yo'nalishlarini alohida ta'kidlab o'tish kerak. Bu holatda gap quvvati 1-3 GVt va uzunligi 1000-1500 km bo'lgan liniyalar haqida ketmoqda. Bu yerda liniyaning ko'lami va bu liniya o'tadigan trassaning yetarli darajada qiyinligi kelajakda O'TUdan foydalanishga imkon yaratdi. Bundan tashqari, tizimlar o'zaro nosinxron bog'liqlikda ishlashi va bunday bog'langan tizimlarning yuqori boshqaruvchanlikka egaligini e'tiborga olish kerak.

Kelajakda Rossiyada barpo etiladigan, to'liq elektr stansiyalaridan (TES) elektr energiyani uzatishda O'TUlardan foydalanib uzatish alohida bir istiqbolli yo'nalishlardan biri deb qaralmoqda. Rossiya hududida yirik

quvvatli TES qurish mumkin bo'lgan dengiz ko'rfazlari mavjud. Bu ko'rfazlar Oq dengiz va Oxota dengizlari qirg'oqlarida joylashgan. Bu hududlarda aholining siyrakligi, o'z navbatida, mahalliy hududda yirik energiya iste'molchilarining yo'qligi, TESda ishlab chiqarilgan elektr energiyani 1000 km va undan ko'proq masofada bo'lgan iste'molchilar markaziga uzatishga tog'ri keladi. Shubhasizki, agar TESlarning tasnifini hisobga olinsa, yuqorida aytib o'tganimizdek, o'zgarmas tokli liniyalardan bu maqsadda foydalanish maqsadga muvofiq.

Materiklarda joylashgan Orol energotizimlari bilan bog'liqlikni o'zgarmas tokdan foydalanib bog'lashni alohida ta'kidlab o'tish kerak, masalan, Saxalin oroli, Ladojsk ko'lidagi Valaam oroli, Oq dengizdagi Solovetsk oroli va boshqa tizimlar bilan. Bu chegaradagi davlatlar (bu yerda o'zgarmas toklarni qo'llash bo'yicha katta istiqbollarga erishilgan) bilan Rossiya o'rtasidagi davlatlararo elektroenergetik bog'liqlikka ham taalluqlidir. Harbiy, Rossiya—Belarus—Polsha—Germaniya yo'nalishida ko'p podstantsiyali kuchlanishi  $\pm 500$  kV quvvati 4 GVt gacha yetadigan inshootlar qurilishi mumkin. Hozirgi vaqtda bu elektr uzatish liniyasini loyihasining texnik-iqtisodiy asoslari tayyorlanmoqda. Bu loyihaga Baltika va Kaliningrad viloyati energotizimlarini qo'shish varianti ham ko'rib chiqilmoqda. Bu elektr uzatish liniyasi bizga ma'lum bo'lgan tizimlararo sinxron ishlashdagi qiyinchiliklarni va quvvatni tashishda o'zgaruvchan tokli sistemaga bog'langan boshqa tranzit davlatlar tarmog'ida vujudga keladigan texnik qiyinchiliklarni bartaraf etadi.

Shimoli-g'arbiy yo'nalishda Finlandiya va Norvegiya bilan aloqalarni, amaldagi Viborg sharqidagi O'TKlarni kuchaytirish hisobiga, Fin qo'ltiqidan kabellar yotqizib yangi Rossiya- Finlandiya O'TU inshootini barpo etib, Karel energotizimi va Norvegiya bilan (O'TU va O'TK) aloqalarni hosil qilib kuchaytirish mumkin.

Janubiy va Janubi-sharqiy yo'nalishda o'zgarmas tokni qo'llash ancha uzoq masofada (1000 km dan ortiq), sinxron ishlashda qiyinchiliklar tug'diradigan, Rossiya chegarasining janubida joylashgan davlatlar energotizimi bilan aloqalarda muhim ahamiyat kasb etadi. Bu yo'nalishlardan eng istiqbollisi Xitoy bilan aloqalar hisoblanadi. Sibir-Hitoy o'rtasida elektr uzatish liniyasini qurish bo'yicha bir necha xil taxminiy variantlari o'rganilmoqda. Ushbu aloqalarda uzatiladigan quvvat bir necha gigavattni, masofa esa 2000 km ga yaqinni tashkil qilishi mumkin. Hozirgi vaqtda bunday aloqalarni faqatgina o'zgarmas tokda amalga oshirilishi mumkin.

Sharqiy yo'nalishda Rossiya-Yaponiya va Rossiya- Koreya aloqalarni tashkil qilish mumkin. Yaponiya orol davlat bo'lib hisoblanadi. Bunday

aloqalarni tashkil etish faqatgina o'zgaras tokli kabel liniyalardan foydalanish orqali o'rnatish mumkin. Bunda quyidagi elektr uzatish inshootlari bo'lishi mumkin:

- Yaponiyaga Saxalin orolidagi issiqlik elektr stansiyasidan maxsus inshoot orqali;

- Yaponiyaga Saxalin oroli orqali Yakutiya'dagi Lena daryosining quyilish joyidagi GESdan: bu holatda Tatar bo'g'ozi orqali o'tuvchi liniya barpo etish kerak. Bu inshootni o'zgaras tokda bo'lishi hozirgi vaqtda texnik qiyinchiliklar tug'dirmaydi.

Koreya bilan aloqalarni Primorya tumanidagi havo liniyalari bilan bajarish mumkin.

### **Sinov savollari**

1. Elektroenergiyani uzatishda O'TUni qo'llash qanday imkoniyatlarni yaratadi?

2. O'TU va O'TK ning bir biridan farqini tushuntiring.

3. Jahonning qaysi davlatlarida O'TU va O'TKlardan samarali foydalanilmoqda?

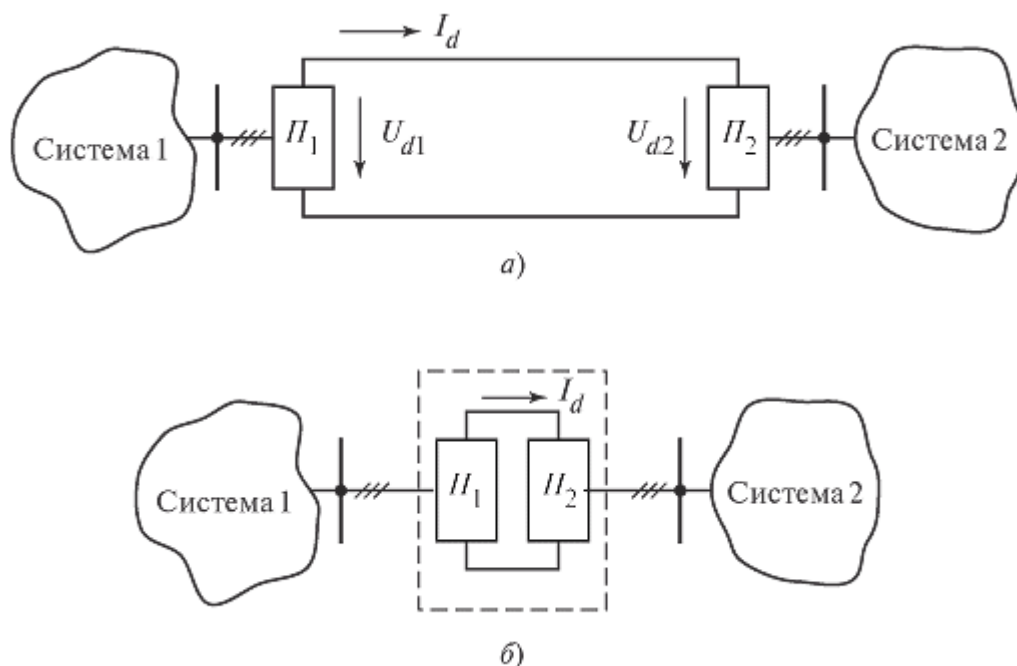
4. Nima uchun GESlardan energiyani uzatishda O'TUdan foydalanish maqsadga muvofiq bo'lmoqda?

5. Kelajakda yana qanday O'TU va O'TK lar barpo etish loyihalari ishlab chiqilmoqda?

### **14-ma'ruza**

#### **O'zgaras tokli kiritma va elektr uzatish sxemasi**

O'TU va O'TKning strukturaviy sxemasi 26-rasmda keltirilgan. O'zgaras tokli elektr uzatish liniyasi faqatgina elektr energiyani qabul qiluvchi tizimdan ancha uzoq masofada joylashgan elektr stansiyadan va boshqa tizimga uzatishda ishlatiladi. Buning uchun o'zgaruvchan tokli elektr energiya, ishlab chiqaruvchi generatordan uzatuvchi tizimga, avval energiya o'zgaras tokka aylantiriladi, ushbu ko'rinishda liniyaga uzatiladi, undan keyin yana o'zgaruvchan tokka aylantiriladi, shunda o'zgaruvchan tok qabul qiluvchi tizimga uzatilgan bo'ladi.

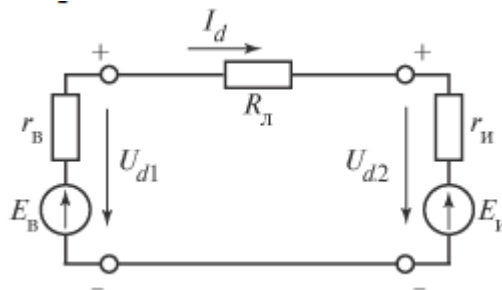


26 rasm. a) O'TU va b) O'TK ning strukturaviy sxemasi

O'zgaras tokli kiritma ishlatilayotgan sxemada, elektr energiya o'zgaruvchan tok ko'rinishda uzatiladi. Odatda bu masofa uncha katta bo'lmaydi, chunki O'TK bir tizimning boshqa tizimga birlashish joyida ishlatiladi. Bu yerda o'zgaras tok faqatgina halqa vazifasini o'taydi. Tizimlarning chastotasi bo'yicha birlashish muammosini butunlay yechadi va ushbu nuqtai nazardan ularni bir-biriga bog'liq bo'lmagan tizimlarga aylantiradi.

Elektr energiyani o'zgartirishda uzatuvchi va qabul qiluvchi tizimlar bilan bog'liq bo'lgan P1 va P2 o'zgartirgichlar mavjud bo'ladi. Uzatuvchi tizimdan o'zgaruvchan tokli elektr energiyani o'zgaras tokka aylantiruvchi o'zgartirgich to'g'rilagich (vipryamitel) deb nomlanadi. Boshqa o'zgartirgich, ya'ni to'g'rilagichdan (vipryamitel) energiya qabul qilib uni o'zgaruvchan tokli elektr energiyaga aylantiruvchi va bu energiyani qabul qiluvchi tizimga uzatuvchi inverter deb nomlanadi.

O'zgartirgichlar qayta o'zgaruvchi xususiyatga egadir: quvvat oqimi o'z yo'nalishini o'zgartirganda to'g'rilagich (vipryamitel) inventorga aylanadi, inverter esa to'g'rilagich (vipryamitel)ga aylanadi. Bunda liniyada tok yo'nalishi o'zgaras qoladi, O'zgartirgichlar ventilga o'xshab tokni faqat bitta yo'nalishga o'tkazadi, ammo o'zgartirgichlarning o'zining qutbi o'zgaradi.



27-rasm. O‘zgaras tokli elektruzatishning almashtirish sxemasi.

27-rasmda barqarorlashgan holatlar uchun o‘zgaras tokni uzatishning almashtirish sxemasi keltirilgan. Bu sxemada to‘g‘rilagich (vipryamitel)  $E_v$  EYuK bilan inventar esa  $E_i$  EYuK ga qarshi qilib ko‘rsatilgan. To‘g‘rilagich va inventar bir-biri bilan  $R_l$  qarshilik bilan bog‘langan. Shuni ta‘kidlab o‘tish joizki, EYuK va qarama-qarshi EYuK kattaliklari doimiy emas, ular amalda boshqaruvchi qurilmalarni ta‘siri ostida bir-biridan mustaqil ravishda bir lahzada o‘zgarishi mumkin. Bu uzatilayotgan quvvat o‘zgarishiga qaramay, elektr uzatishning chuqur boshqaruvchanlik xususiyatiga olib keladi.

Liniyadagi tok quyidagi ifoda orqali topiladi

$$I_d = \frac{E_B - E_H}{r_B + r_H + R_L};$$

To‘g‘rilagichdan o‘zgaras tok liniyasiga uzatiladigan quvvat

$$P_{d1} = U_{d1} I_d;$$

liniyadan inventar qabul qilib olgan quvvat

$$P_{d2} = U_{d2} I_d.$$

Bu ifodalarda o‘zgaras tok parametrlari  $I_d$  tok, kuchlanishlar  $U_{d1}$ ,  $U_{d2}$ , quvvat  $P_{d1}$ ,  $P_{d2}$  lar  $d$  (direct-to‘g‘ri) indeksi bilan yozilgan. Bu yerda  $r_v$  i  $r_i$  - mos holda to‘g‘rilagich va inventorning ichki qarshiligi, bu qarshiliklar, o‘zgaras tok tarafiga keltirilgan, O‘zgaruvchan tok tizimi elementlarining qarshiliklari bilan aniqlanadi.

To‘g‘rilagichda tok va EYuK yo‘nalishi mos tushadi. Bu degani, to‘g‘rilagich o‘zgaras tok liniyasiga nisbatan elektr energiya generatorligidan dalolat beradi. Ayni vaqtda quvvat uzatuvchi tizimga nisbatan esa u elektr energiya iste‘molchisiga aylanadi.

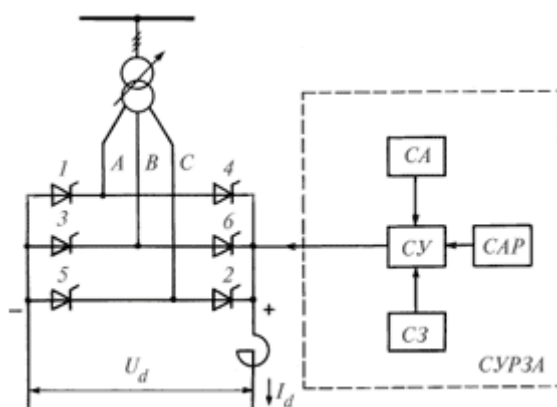
Inventorda tok va EYuK yo‘nalishi qarama-qarshi yo‘nalgan. Bu esa inventar o‘zgaras tok liniyasidan energiyani iste‘mol qiladi va o‘zgaruvchan tokli tizimga energiyani uzatishligini bildiradi.

Bunda quyidagi shartlar bajariladi

$$E_B > U_{d1}, \quad E_H < U_{d2}.$$

Bu xususiyatlar o'zgarmas tok zanjiri uchun umumiy hisoblanadi. Mos holda bu munosabat birgalikda ishlaydigan o'zgarmas tokli dvigatel va generatorlar uchun ham o'rinlidir. Bunda tok va EYuK yo'nalishi va liniya kuchlanishi va EYuK o'rtasidagi munosabat ham 26-rasmda ko'rsatilgandek saqlanadi. Shuni ta'kidlab o'tish joizki, liniyadagi tok yo'nalishining o'zgarishi, o'z navbatida, quvvat noldan nominal qiymatgacha yetarli darajada  $E_v$  va  $E_i$  ni uncha katta bo'lmagan qiymatgacha o'zgartiradi, odatda nominal qiymatning 8-10 % qiymati baravar o'zgartiradi.

Ko'rib o'tayotgan sxemada, turli uzunlikka va ko'rinishga ega bo'lgan, to'g'rilagich (vipryamitel) va inventar orqali bog'langan elektr uzatish liniyasi sohasi ko'rsatilgan. O'zgarmas tok liniyalarini qurish imkoniyatlarini quyida ko'rib o'tilgan. O'zgarmas tokli kiritmalarni qosil qilishning taxminiy almashtirish sxemasida o'zgarmas tokli liniya mavjud emas. Ammo o'zgarmas tokli liniya ta'siri o'z mohiyatini yo'qotmagan. Bu holatda, kiritmaga to'g'ri keluvchi o'zgaruvchan tok liniyasi qarshiliklari  $r_v$  va  $r_i$  kattaliklar qo'shilgan.



28-rasm. O'zgartiruvchi ko'priknining sxemasi

Hozirgi vaqtda o'zgarmas tokni uzatishda va o'zgarmas tokli kiritmalarda o'zgartirgich sifatida hamma yoqda, uch fazali ko'priks sxema asosida yig'ilgan, statik boshqariluvchi ventilli o'zgartirgichlar foydalanilmoqda. Bu sxema o'zining barcha elementlari bilan 28-rasmda keltirilgan.

Hozirgi vaqtda o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka va aksincha o'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka aylantiradigan hamda turli xarakteristikalariga ega bo'lgan bir qator sxemalar ma'lum. Biroq, ko'p sonli tadqiqotlar ko'rsatganidek, aynan ko'priks sxemalar o'zgarmas tokli uzatma va o'zgarmas tokli kiritmalarda birmuncha foydaliroqdir. Zamonaviy katta quvvatli yirik kuchlanishli o'zgartirgichli bloklar nafaqat ko'priks sxema asosida balki, boshqa bir qator ajralmas elementlar bilan ulanadi. Uning

vazifasini ko'rib chiqamiz.

O'zgartiruvchi ko'priknining asosiy elementi bo'lib ventil hisoblanadi. Hozirgi vaqtda ventil sifatida ketma-ket qo'shilgan, yagona tiristordan yig'ilgan, yuqori kuchlanishli tiristorli ventillar (YuKVT) ishlatilmoqda.

Zamonaviy tiristorlarga ularni parallel ulash, qoidaga ko'ra zarurat yo'q.

Har bir ventil quyidagi asosiy parametrlar bilan xarakterlanadi:

- bir davr ichidagi oqib o'tadigan tok  $I_{oT}$  o'rtacha tok qiymati bilan;
- ventilga to'g'ridan to'g'ri ulanadigan kuchlanishning maksimal qiymati bilan hamda shunday teskari yo'nalishda ham, qachonki ventil yopilganda o'sha ventil bardosh berishi kerak bo'lgan qarama-qarshi oqadigan  $U_{tecMAX}$  bilan.

Dastlabki mulohazalardan quyidagilarni qabul qilish mumkin.

$$I_{\dot{y}p} = \frac{I_d}{3}; \quad U_{tecMAX} \approx 1,3 U_{dM}$$

Bu yerda,  $U_{dM}$  – ko'priknining sxemaning to'g'rilangan kuchlanishi;

Bunda o'zgartiruvchi ko'priknining quvvati ventil parametrining funksiyasi bo'ladi.

$$P_{dM} = U_{dM} I_d \approx 2,3 I_{\dot{y}p} U_{tecMAX}$$

Bu yerdan quyidagilar ma'lum bo'ladi: ventilning tok va kuchlanishi qanchalik katta bo'lsa, ko'priknining birlik quvvati ham shunchalik katta qiymatga yetishi mumkin. Shuning uchun injener va konstruktorlarning barcha harakatlari ventilning parametrlarini iloji boricha kattaroq qiymatga olib chiqishga qaratilgan bo'ladi.

Hozirgi vaqtda  $U_{dM}$  kuchlanishi 500 kV da birlik quvvati 750-800 MVt ga yetadigan YuKTV konstruksiyalar ishlab chiqilgan. Shunga qaramay, birlik quvvati va uning kuchlanishi O'TU barcha quvvatini o'zgartirishda yetarlicha bo'lmasligi mumkin, shuning uchun alohida o'zgartiruvchi ko'priklarning ketma-ket va parallel ulanishlarini amalga oshirish kerak. Shuni ta'kidlash joizki, quyida ko'rib o'tiladigan sabablarga ko'ra, ko'priklarni ketma-ket (kaskadli) ulashdan va ularning ancha kichik quvvatlisidan qochish kerak.

O'zgartiruvchi bloklarning boshqa bir muhim elementlaridan biri, ya'ni o'zgartiruvchi ko'priklarni uzatuvchi yoki qabul qiluvchi tizimlarning tarmog'i bilan bog'lovchi transformator sanaladi. Bu transformator ikkita funksiyani bajaradi:

- 1) mos keluvchi transformasiya koeffitsiyentini tanlashni ta'minlash uchun,  $U_{dM}$  to'g'rilagich kuchlanishini hosil qilishi zarur;
- 2) o'zgaruvchan tok tarmoqidan to'g'rilanadigan tok zanjirini elektrik

ajratadi.

Bunday galvanik yechimlar quyidagi holatlarda tushuntirilishi zarur. O‘TU va O‘TKlarning o‘zgartirgichlari, neytrali mustahkam zaminlangan, faza potentsiallari yerga nisbatan qattiq va normal holatlarda faza kuchlanishining amplitudasi oshmaydigan, 220 – 500 kV tarmoqlarga ulanadi.

Bu vaqtda alohida ko‘priklarning yer bilan ularning ketma-ket ulanishlari turlichadir, va qutblarning potentsiali faza potentsiallardan ancha ortib ketadi. Masalan,  $U_d = \pm 750$  kV da va tarmoq kuchlanishi 500 kV da qutb potentsiali 750 kV ga teng bo‘ladi, tarmoq faza kuchlanishining amplitudasi 407,5 kV ni tashkil qiladi. Bunda ularning elektrik ajralishlari zaruriydir.

Transformator chulg‘amlari, qabul qilinuvchi tarmoqqa ulanadigan chulg‘ami odatda tarmoq chulg‘ami deb nomlanadi, ventil ko‘prigiga ulanadigan chulg‘ami esa ventilli chulg‘am deb yuritiladi. Transformator chulg‘amlarining ulanish guruhlari odatda, ya‘ni amaliyotda qo‘llaniladigani Y/Y-12 yoki Y/ $\Delta$ -11 bo‘ladi. Bunda faza toklarining yuqori garmonika toklarini kamaytirish maqsadida ushbu guruhlar odatda bir-biriga birlashtirib ishlatiladi.

Transformator ikki chulg‘amli va ko‘p cho‘lgamli bo‘lishi mumkin. Odatda uch chulg‘amli yoki to‘rt chulg‘amli bo‘ladi. To‘rtinchi chulg‘am yuqori garmonika filtriga yoki sinxron kompensatorga ulanishi mumkin.

Ko‘prik sxemasida qo‘llanilayotgan ventillar boshqaruvchilik xususiyatiga ega, ya‘ni ular faqatgina katta bo‘lmagan bir qancha boshqariladigan elektrodlardan impuls berilganda ochiladi. Oxirgi konstruksiyalarda – yorug‘lik impulsi beriladi. Bu impulslarning berilish momenti o‘zgarganda (fazada siljiganda) ko‘prik parametrlarining holatlarini (quvvatni, kuchlanishni) keng ko‘lamda boshqarish mumkin. Shuni ta‘kidlash kerakki, holat parametrlarining o‘zgarishi amalda inersiyasiz amalga oshiriladi.

Ko‘priklarni boshqarish rejimni boshqariluvchi impulslarni ishlab chiqaradigan, boshqariluvchi tizimlar BT yordamida amalga oshiriladi. Ularni ventilli ko‘priklarda taqsimlaydi va qabul qilinuvchi faza kuchlanishini bir qadar siljitadi.

Tizim boshqaruviga holat parametrlarini masalan, liniyadagi tokni, uzatilayotgan quvvatni va bir qator parametrlarini, beriladigan impulsni berilgan oraliqda o‘zgartirish yo‘li bilan o‘zgarmasligini ta‘minlaydigan, avtomatik boshqarish tizimi ABT ta‘sir etadi. Bu tizimga BTga o‘zgartiruvchi ko‘prikda yoki liniyada avariyaaviy holat yuzaga kelganda, boshqariladigan impulslar uzatuvini avtomatik ravishda to‘xtatadigan

himoya tizimi  $q_T$  ta'sir etadi. Bundan tashqari, BT ga avtomatika tizimi AT ham ta'sir etadi. Avtomatika tizimi AT masalan, himoya ishlagandan so'ng ko'priklarni avtomatik ravishda ishga qo'shadigan va boshqa bir qator funksiyalarni bajaradi. Yuqoridagi barcha tizimlar yagona kompleks, o'zgartiruvchi blokning ajralmas qismi bo'lgan BRHAT (boshqaruvchi, rostlovchi, himoya, avtomatika tizimi)ga birlashtirilgan. Zamonaviy O'TU va O'TKlarda BRHATlar mikroprotssessorli texnikalardan foydalangan holda tayyorlanmoqda.

28-rasmda ko'priklarni qutbiga reaktor ulangan. Odatda, bu reaktor liniyaning har bir qutbiga ulanadi. U o'zgartiriladigan tokning pulsatsiyani tekislashga va filtr bilan birgalikda ishlamasligi, qutblarda o'rnatilgan, o'zgaruvchan tokning yuqori garmonikasini tizimga ta'sir etmasligi uchun mo'ljallangan. Bundan tashqari, bu reaktor liniyalarda avariya bo'lganda, ventillarning ish sharoitidan kelib chiqqan holatda tokning o'zgarish tezligini chegaralaydi hamda podstantsiya qurilmalarini avvalo o'zgartiruvchi ko'priklarni liniyalardan keluvchi o'ta kuchlanish to'qligidan himoyalaydi. Reaktorlar o'zgaruvchan tokli kiritmalarda ham muhimdir. Bu yerda ular to'g'rilagich va inventar o'rtasiga to'g'ridan-to'g'ri ulanadi.

O'zgartiriluvchi bloklarning yana bir muhim elementi bo'lib kompensatsiyalovchi filtr qurilma (KFq) hisoblanadi. Ular yuqori garmonika toklarini va reaktiv quvvatni kompensatsiyalash uchun mo'ljallangan. KFq tarkibiga yuqori garmonika toklari filtri, statik kondensator batareyasi, reaktiv quvvatning manbaini statik boshqaruvchi yoki sinxron kompensator kiradi. KFq ning tarkibi va ulanish sxemasi turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, filtrlar o'zgartiruvchi transformatorga qo'shimcha chulg'am sifatida va tarmoq shinasiga to'g'ridan-to'g'ri ulanadi. Sinxron kompensatorlar ham xuddi shunday yoki tarmoq shinasiga transformatorlar orqal, yoki o'zgartiruvchi transformatorga qo'shimcha cho'lg'am sifatida ulanishi mumkin. Yuqori garmonika toklari filtrini ko'pgina hollarda sxemaning shu yoki boshqa nuqtasidagi tarmoqning o'zgaruvchan tokiga va uning chastotaviy xarakteristikasiga moslashadigan qilib joylashtirish maqsadga muvofiqdir.

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, hozirgi vaqtda o'zgartiruvchi ko'priklarning maksimal quvvati mavjud vazifaning yechimi uchun yetarli bo'lgan 750 – 800 MVt ga yetadigan qilib ishlab chiqilgan. Umuman olganda, o'zgartiruvchi ko'priklar konstruksiyasini tiristorlarining parametrlarini yetarli darajada katta quvvatga yetkazadigan qilib ishlab chiqish mumkin. Ammo bu yerda bunday o'zgartirgichlarni energiya bilan ta'minlaydigan transformatorlarni tayyorlash bilan bog'liq cheklanishlar vujudga keladi.

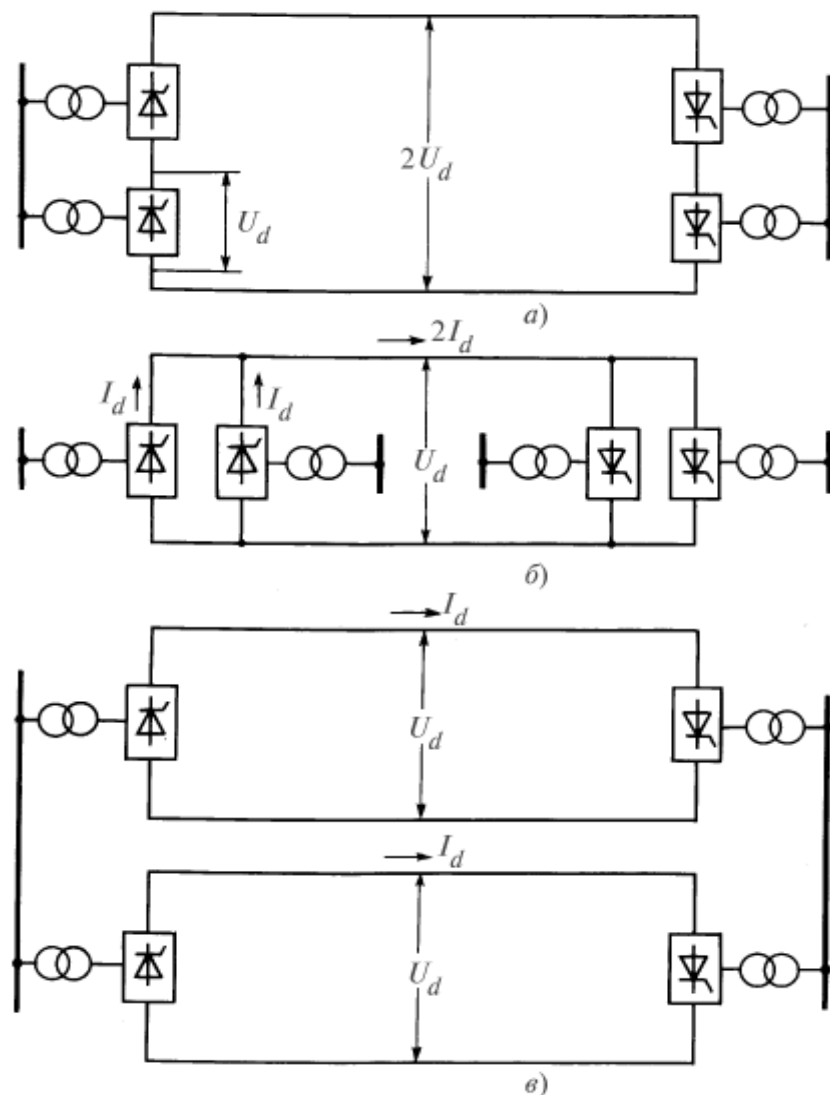
Bu yerdan, o'zgartiruvchi ko'priklarning quvvatining cheklanganligi barcha uzatiladigan quvvatni orttirish muammosini vujudga keltiradi. Bu muammolarni ikki guruhga ajratish mumkin: 1) o'zgarmas tokli elektr uzatish liniyasining quvvatini oshirish; 2) o'zgarmas tokli kiritmaning quvvatini oshirish.

Elektr energiyani uzatishda, asosan, uzoq masofaga uzatishda, ma'lum bo'lganidek, uzatiladigan quvvatni orttirishda asosiy faktorlardan liniya kuchlanishini oshirish hisoblanadi. Shuning uchun, bir vaqtning o'zida uzatilayotgan elektr energiyaning quvvatini va kuchlanishni oshirish bir necha o'zgartiruvchi ko'priklarni ketma-ket (kaskadli) ulash hisobiga yetkazish mumkin. Bunda qutb kuchlanishi alohida ko'priklarning kuchlanishi yiqindisiga teng bo'ladi. Podstansiya sxemasini soddalashtirish uchun ketma-ket ulanadigan ko'priklarning sonini cheklash zarur. Ketma-ket ulanadigan ko'priklarning sonini cheklash uchun esa, har bir ko'prik yetarli darajada yuqori to'g'rilanadigan kuchlanishga ega bo'lishi kerak. Bu esa albatta, qurilmalarning tannarxini oshiradi.

Biroq, juda katta quvvatli elektr uzatish uchun bu yechim yetarli bo'lmasligi mumkin. Bunday hollarda uzatiladigan elektr energiyaning quvvatini oshirishda qutb tokini ham oshirish zarurdir. Shu maqsadda har birida bir nechta ketma-ket ulangan o'zgartiruvchi ko'priklardan iborat bo'lgan, ikkita shoxobchani parallel ulashga to'g'ri keladi. Bunday yechimga hali zaruriy nominal tokda ishlaydigan chiziqli reaktorlarni, elektr qurilmalarni yaratish imkoni bo'lmaganligi sababli kelingan.

Uzoq masofaga uzatiladigan quvvatni oshirishning boshqacha yo'li ikkinchi parallel liniya zanjirini qurishdir. Shu yoki boshqa variantni tanlash masalasining yechimi texnik – iqtisodiy ko'rsatkichlarini puxta solishtirish evaziga amalga oshiriladi.

O'TU ning quvvatini oshirishda mumkin bo'lgan sxemalar 29-rasmda ko'rsatilgan.



29 - rasm. O'TU ning quvvatini oshirish sxemalari:

a – liniya kuchlanishini oshirish ; b – qutb tokini oshirish; v – ikki zanjirli liniya

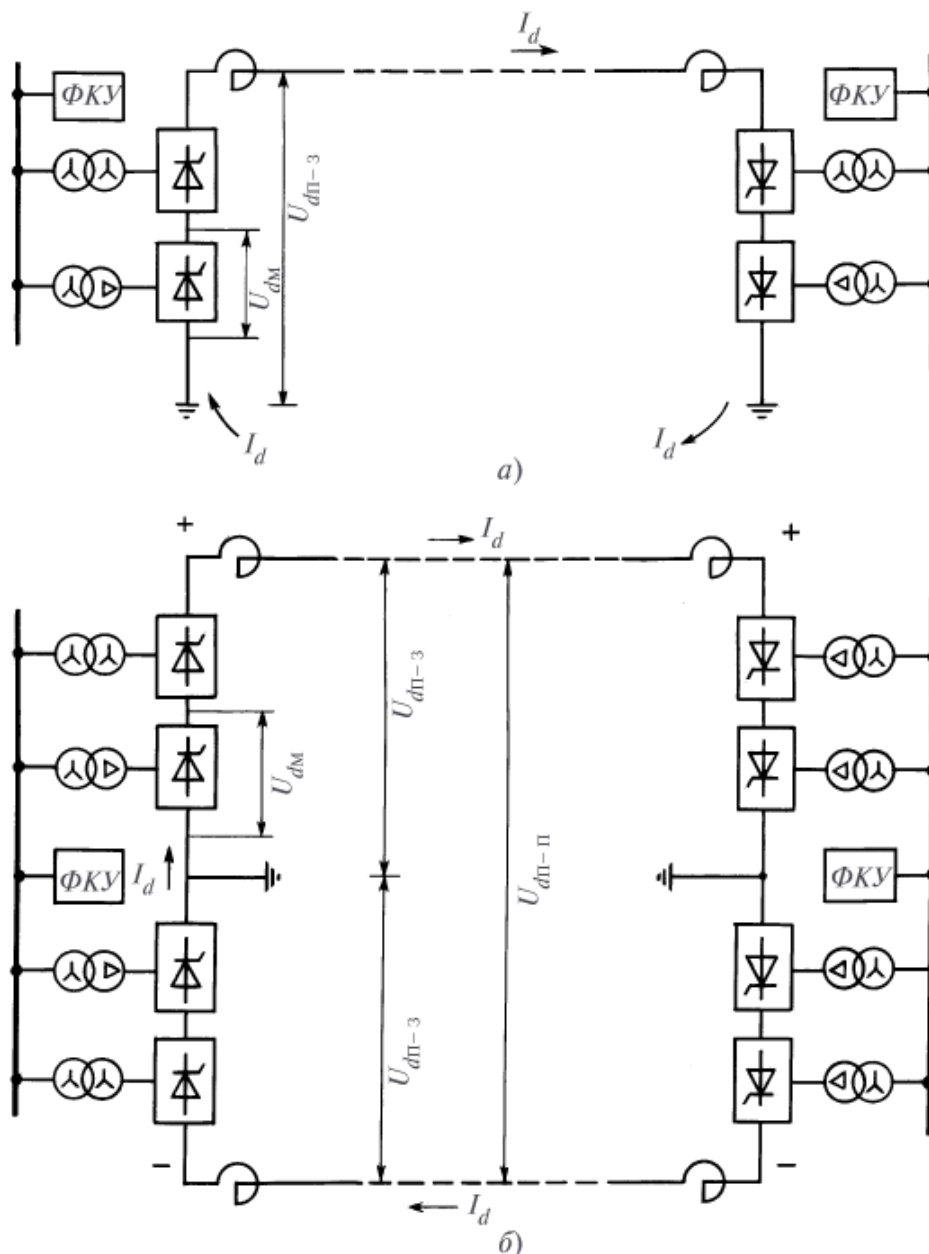
O'zgaras tokli kiritmada qurilmalarning narxiga va konstruktiv tuzilishiga ijobiy ta'sir etadigan liniya yo'q. Rostlanadigan kuchlanishni ancha miqdorda oshirish imkoni yo'q. Shuning uchun, O'TKda quvvatni oshirish O'TU nisbatan past kuchlanishli va bir muncha kichik quvvatli o'zgartiruvchi bloklarni parallel ulash hisobiga amalga oshiriladi. O'TKda quvvatni oshirishda va kelajakda yangi bloklarni parallel ulash chora tadbirlarini ko'rish zarur. Bu yerda o'zgartiruvchi ko'priklarning alohida bloklarini, o'zgartiriluvchi tarmoq tokining yuqori garmonika toki tashkil etuvchilarini kamaytirish uchun ketma-ket (kaskadli) ulashga to'g'ri keladi.

Yuqorida o'zgartiruvchi podstantsiyalarning mumkin bo'lgan sxemalari haqida aytib o'tgan edik. Endi o'zgaras tokli elektr uzatmani o'zining mumkin bo'lgan sxemasining tayyorlanishini ko'rib o'tamiz.

Ma'lumki, O'TU ning o'zgaruvchan va o'zgaras tokli zanjiri elektrik bog'lanmagan bo'ladi. Unda, agar o'zgaras tok zanjiri yer bilan bog'lanmagan bo'lsa, bu zanjirda yerga nisbatan potensial tasodifiy faktorlar

orqali aniqlanadi, asosan, ruxsat berilmaydigan, izolyasiyadagi teshilish tokidan. Shunday ekan, bu holatda izolyasiya kordinatasini aniqlab bo'lmaydi. Shuning uchun o'zgarmas tokli zanjirning kamida bitta nuqtasi yerga zaminlangan bo'lishi kerak. Amaliyotda odatda, O'TUning ikkita nuqtasi yerga zaminlanadi. Bu nuqta uzatma qutblaridan bitta nuqtasi yoki o'zgartiruvchi podstansiyaning o'rta nuqtasi bo'lishi mumkin.

Birinchi holatda, qachonki, uzatmaning bitta qutbiga ikkita tarafi zaminlansa, bu qutbning o'tkazgichi bo'lmaydi, uning rolini yer bajaradi. O'zgarmas tok uchun yerning qarshiligi nolga teng. Shuning uchun zaminlangan qutbning qarshiligi faqatgina zaminlagichning, qutbning yerga ulanishini ta'minlovchi o'tkazgichning, qarshiligi orqali topiladi. Bu qarshilik juda kichik qiymatga ega ( $0,05 - 0,15 \text{ Om}$ ) va shuning uchun uzatmaning ish holatiga ta'sir etmaydi. Agar havo liniyasi yoki bir tolali kabel, yerga yotqiziladigan yoki dengiz qo'ltiqi ustidan o'tadigan bo'lsa natijada, elektr uzatmaga faqatgina izolyatorlarga o'rnatiladigan, bitta qutb talab etiladi. Bunday uzatmalar un qutbli, yoki ko'p qutbli deb nomlanadi. Uniqutbli O'TU ning sxemasi 30a –rasmda ko'rsatilgan.



30-rasm. O'zgarmas tokli uzatmaning tayyorlanishi mumkin bo'lgan sxemasi keltirilgan.

a – unikutbli uzatma sxemasi; b – ikki qutbli uzatma sxemasi.

Odatda, bunday turdagi elektr uzatma inshootlari katta suvli yo'laklardan, masalan dengiz qo'ltiqlaridan kesib o'tish joylarida barpo etiladi. To'g'rilagichdan (vipryamiteldan) inventorga quvvat uzatishda qutb – yer kuchlanishga mo'ljallangan bir tolali kabel yotqizish talab etiladi. Zaminlovchi elektrodlar bevosita yerning qirqog'lariga tiqib qo'yiladi yoki to'g'ridan to'g'ri suvga tushirilib qo'yiladi. Oxirgi holatda tokning nojo'ya ta'siridan baliqlarni himoyalash chora-tadbirlari ko'rilishi kerak.

Bunday sxemalar ko'pgina elektr uzatmalarda foydalanilgan: Italiya – Sardiniya orollari O'rta yer dengizida, Shvetsiya – Daniya Boltiq dengizidagi Skagyerrak qo'ltiqi orqali, Shvetsiya – Daniya Botnik ko'rfazi orqali va boshqalar. Unikutbli elektr uzatmalardan eng katta quvvatlisi hisoblangan

Shvetsiya – Finlandiya elektr uzatmasida, uzunligi 200 km bo‘lgan bor yog‘i bitta birlashtiruvchi mufta orqali birlashtirilgan kabel yotqizilgan.

Qaytish tokida yerdan foydalanish o‘zining salbiy taraflariga ham ega. Xususan, bu yerdagi mavjud kamchilik zaminlagichga yaqin yerga yotqizilgan, - kabellarni, quvurlarni, metalli muhandislik inshootlarini korroziyaga uchratishidir. Uzatmaning bir qismi toki bu inshootlar bo‘ylab tarqaladi va undan o‘tib, quvurlarga yoki kabel o‘ramiga elektroliz hisobiga ziyon yetkazishi mumkin. Hisoblashlar va eksperimental tajribalar natijasiga asosan qisqa tutashtiriladigan qutb tokining qiymati 1 kA ga teng va zaminlagichning xavflilik hududi 5 km radiusni tashkil etadi. Bu hududda joylashgan yer osti inshootlari uchun katodli himoyalarni qo‘llash darkordir. Ko‘pgina hollarda, liniya yer osti muhandislik inshootlari ko‘p bo‘lgan joylardan o‘tganda masalan, chuqur kirib borgan shaharlarda, qutb tokning yer bo‘ylab tarqalmasligining oldini olish uchun, zaminlovchi qutb sifatida bir tolali kabellardan foydalaniladi. Uniqutbli O‘TU – uncha katta bo‘lmagan quvvatlarni (bir necha yuz megavatt) katta bo‘lmagan masofalarga, asosan suvli to‘siqlardan kesib o‘tgan sohalarga, uzatishda qo‘llaniladi.

Katta quvvatli elektr energiyani uzatishda esa boshqa sxema, har bir qutbi yerga zaminlangan, ikki qutbli liniyalar qo‘llaniladi. Elektr uzatmaning oxirida joylashtirilgan, o‘zgartiruvchi podstantsiyaning o‘rta nuqtasi yerga zaminlanadi. Bunday, elektr uzatma ikki qutbli deb nomlanadi. Bir zanjirli bunday elektr uzatmaning sxemasi 30,b rasmda ko‘rsatilgan. Ba‘zida bunday zanjir ikki maydonli deb nomlanadi. Elektr uzatmaning quvvatini oshirish uchun esa yana bir shunday zanjir inshootini barpo etishga to‘g‘ri keladi. Bunday elektr uzatma, har bir maydonining quvvati 3150 MVt ni tashkil etadigan Itaypu O‘TUda ishlatilgan.

O‘zgartiruvchi podstantsiyaning o‘rta nuqtasi zaminlanganligi uchun har bir zanjir (ikki maydon) ikkita mustaqil yarim zanjirlarga ajraladi. Normal holatda tok o‘zgartirgichdan inventorga musbat qutbdan uzatiladi va manfiysidan qaytadi. Yuklamalar teng bo‘lganda ikkala yarim zanjirlardagi yerdagi tok nolga teng. Biroq, amaliyotda barcha parametrlari va har bir zanjirning holat parametrlariga mos keladigan jihozlarni ta‘minlash mumkin emas. Shuning uchun bir qancha nobalansliliklar bo‘lishi vujudga kelishi mumkin va zamin toki nolga teng bo‘lmaydi. Biroq, u qutb tokidan bir necha barobar kichik bo‘ladi va keyinchalik hisobga olinmaydi. Bitta yarim zanjir ishdan chiqishi bilan boshqasi tokni yer orqali qaytarish bilan ishlashni davom ettiradi. Bunda uzatilayotgan quvvat ikki barobar kamayadi, lekin, har holda kichik quvvatda bo‘lsa ham liniyalar ishlashda davom etadi.

Avval eslatib o‘tganimizdek, qutb toki bir necha ming ampnerni tashkil

qiladigan, katta quvvatli elektr uzatish liniyalarida tokning taʼsir etuvchi xavflilik hududi ancha katta boʻladi. Shuning uchun, yerga zaminlanadigan nuqta, maxsus liniyalar yordamida oʻzgartiruvchi podstantsiyadan bir necha oʻn kilometr uzoqlarda, yer osti muhandislik inshooti boʻlmagan joylarga oʻrnatiladi.

Ikki qutbli elektr uzatmada ikki xil liniya kuchlanish: qutb-yer  $U_{dq}$ -yer kuchlanishi va qutb-qutb  $U_{dq}$ -q kuchlanishi bilan farqlanadi. Shubhasiz, qutb-qutb kuchlanishi qutb-yer kuchlanishidan ikki barobar kattadir. Shuning uchun ham  $\pm 500$  kV kuchlanish va 1000 kV kuchlanish bilan uzatilayotgan elektr uzatish liniyasi – bu bitta va bir xil elektr uzatish liniyasidir.

Ikki qutbli elektr uzatish liniyasi quvvatlarni ancha uzoq masofaga uzatishda qoʻllaniladi. Hozirgi vaqtda barcha yirik va uzoq masofaga uzatiladigan oʻzgarmas tokli liniyalar: Itaypuda (Braziliya), Tinch okeanida (AQSh), Kabora Bassa – Appoloda (Mozambik – JAR) va boshqalarda ikki qutbli sxema asosida qurilgan. Shu sxema asosida Ekibastuz – Markaz elektr uzatish liniyasi barpo etilgan. Shuni taʼkidlash kerakki, boshqa bir holatlarda ikki qutbli sxemani ishlatishga toʻgʻri keladi. Masalan, La– Mansh boʻgʻozi orqali yotqizilgan Angliya – Frantsiya OʻTU ikki qutbli elektr uzatish liniyasi kabi tayyorlash kerak boʻladi. Bunday yechimga kelishga asosiy sabablardan biri, bir qutbli liniyalarni elektromagnit maydoni boʻgʻozdan oʻtuvchi kemalarning navigatsion tizimiga salbiy taʼsir koʻrsatishidir.

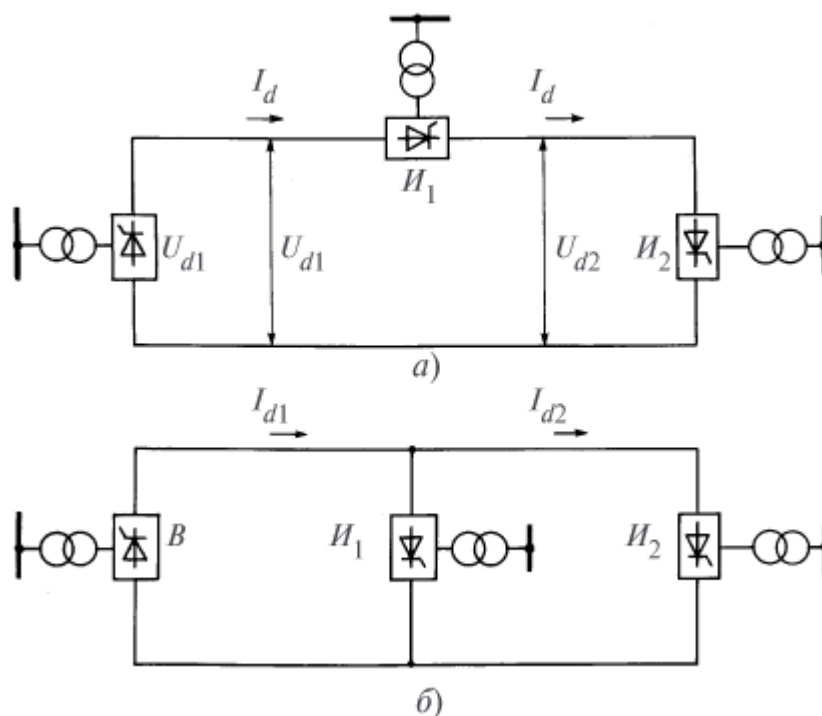
Uniqutbli oʻzgarmas tok liniyasi ham, ikki qutbli elektr uzatish liniyasi ham chiziqli oʻchirgichlarga ega emas. Ularning vazifasini boshqariluvchi ventilli oʻzgartirgichlar bajaradi. Avariyaaviy holatlar vujudga kelganda, tokni liniyaga oʻtishini toʻxtatish uchun, oʻzgarmas tokli liniyada ventilli toʻgʻrilagichlardan boshqariladigan impulsni yetarlicha toʻxtatish (ventilni berkitish) kerak boʻladi. Ventillarni berkitishni podstantsiyadagi navbatchi shaxsning qoʻli yordamida ham, shikastlanishlar aniqlanganda, avtomatik himoya qurilmalari yordamida ham amalga oshirish mumkin.

Chiziqli oʻchirgichlarning boʻlmasligi oʻzgartiruvchi podstantsiyalarning konstruktiv qismini soddalashtiradi va uning iqtisodiy koʻrsatkichlarini ancha yaxshilaydi. Biroq, bunday yechimga faqatgina magistral elektr uzatish liniyalarida yaʼni, oraliq podstantsiyalarga ega boʻlmagan elektr uzatish liniyalarida kelish mumkin. Oraliq podstantsiyalar orqali elektr tokini (oʻzgarmas tok tarmoqida) uzatishda, yaʼni tarmoqning alohida tarmogʻida paydo boʻlishi mumkin boʻlgan avariylarni cheklashga moʻljallangan oʻzgarmas tok oʻchirgichlardan foydalanish kerak boʻladi.

Oʻzgarmas tokdagi yuqori kuchlanishli oʻchirgichlarni yaratish ancha qiyin texnik vazifani qoʻyadi va uning yechimi jiddiy ilmiy-tadqiqotlarni va konstruktorlik qayta ishlanishni talab etadi. Bu vazifani yechish yoʻllari

topilgan.

Hozirgi vaqtda Rossiya va chet davlatlarda o'zgarmas tokli kuchlanishi 750 kV gacha bo'lgan yuqori kuchlanishli o'chirgichlar ishlab chiqarilgan, biroq ularni amaliyotda qo'llash yo'li hali topilmagan. Oraliqda O'TU dan quvvatni olishda tanlangan nuqtada o'zgartiruvchi podstansiya barpo etish kerak. Bunda inventorning ishlashini ta'minlash uchun shu joydagi energotizimning kuchlanishini u yerga uzatish kerak bo'ladi. Bu oraliqdagi o'zgartiruvchi podstansiya liniyaga 31-rasmda ko'rsatilgandek ketma-ket yoki parallel ulanishi mumkin.



31-rasm. Oraliqda O'TUdan quvvat olish sxemasi:

a – oraliqda quvvatni ketma-ket ulab olish; b – oraliqda quvvatni parallel ulab olish

Ketma-ket ulanishda o'zgartiruvchi ko'prik qismi tugallanuvchi podstansiyalar orasidagi liniya bo'ylab oraliq nuqtada joylashtiriladi. Oraliq podstansiyalardan har biri to'g'rilagich rejimida ishlaganidek, inventor rejimida ham ishlay oladi. Oraliqdagi podstansiya to'g'rilagich rejimida ishlaganda energiya oraliqdagi tizimga o'zgarmas tok liniyasidan keladi, inventor rejimida esa o'zgarmas tok liniyasiga energiya oraliq podstansiyalardan keladi.

Quvvatni oraliqda ketma-ket ulab olishning kamchiligi barcha podstansiyalar bir-biriga bog'liq ravishda ishlaydi. Bu esa podstansiyalarni alohida rostlashda qiyinchiliklar tug'diradi. Avariya natijasida podstansiyalardan ixtiyoriy bittasining ishdan chiqishi liniyada tokning uzilishiga va qolgan barcha podstansiyalarning ishdan chiqishiga olib kelishi

mumkin. Shuning uchun oraliq podstansiyalarda, ya'ni ushbu podstansiyada avariya yuz berganda avtomatik ravishda qo'shiladigan shuntlovchi apparat qurilmalari bolishi kerak.

Oraliqda quvvatni parallel ulab olishda, birinchidan, barcha podstansiyalarni mustaqil rostdash va ularning yo'nalishini o'zgartirish, ya'ni ixtiyoriy podstansiyani to'g'rilagich rejimidan inventar rejimiga va aksincha inventar rejimidan to'g'rilagich rejimiga o'tkazish; ikkinchidan, parallel ulanishda o'zgaras tokda, oraliqdagi bir qancha energotizimlar bilan bog'lovchi yuqori kuchlanishni tarmoqlarni hosil qilish imkoniyatini beradi.

Oraliqda quvvatni parallel ulab quvvat olishdagi O'TU ning kamchiligi zararlangan hududni o'chirishda o'zgaras tokli uzgichlardan foydalanish kerakligidadir. Uzgichlarni masofadan boshqariladigan ajratkichlar bilan almashtirish ham mumkin. Ammo bu holatda dastlab barcha elektr uzatish liniyasini bu bilan ta'minlash zarur, so'ngra zararlangan hududni toksiz pauzasiz uzish va yana uni qo'shish kerak. Barcha elektr uzatish liniyasini masofadan boshqariladigan ajratkichlar bilan ta'minlash to'g'rilagichda ishlaydigan (yopiladigan ventil), impulsli boshqariladigan o'zgartirgichlarni almashtirish imkonini berishi mumkin. Bularning barchasi elektr uzatish liniyasining himoyasi va avtomatika vositasi bo'lib hisoblanadi. Kanada-AQSh dagi besh podstansiyali O'TU da aynan shu usul qo'llangan. Ushbu usul Italiyadagi Korsika – Sardiniya oroli elektr uzatish liniyasida quvvatni parallel ulab olishda foydalanilmoqda.

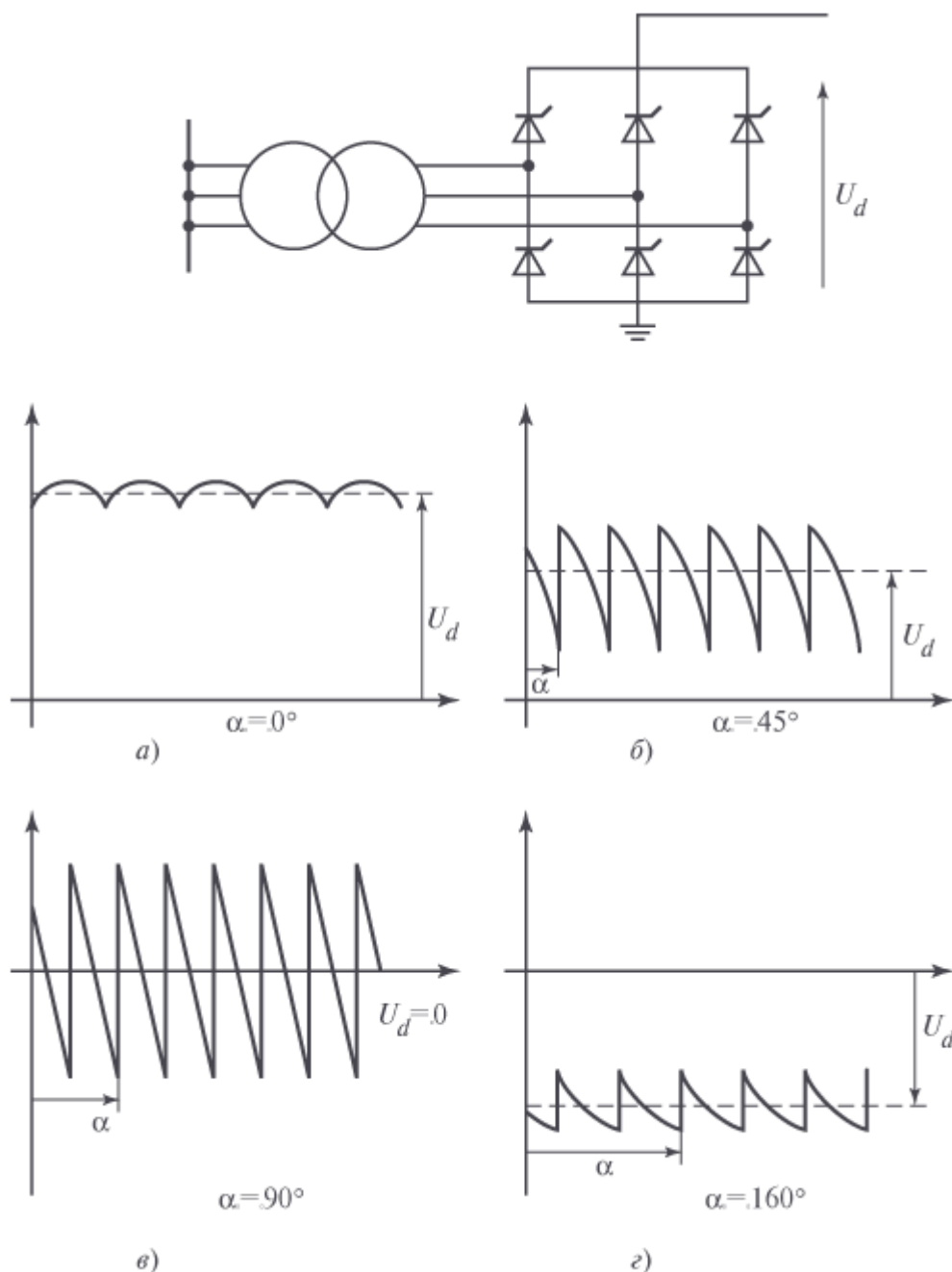
Bu holatda, agar sxemaga parallel qo'shiladigan qaysidir o'zgartiruvchi podstansiya ham to'g'rilagich ham inventar rejimida ishlashi kerak, unda bunday podstansiyalar qutblardagi liniya kuchlanishini saqlagan holda tok yo'nalishini o'zgartirish uchun, qutblarni ishoralarini o'zgartiradigan qurilmalarga ega bo'lishi kerak.

Aytib o'tilganidek, o'zgaras tokli kiritmada o'zgartiruvchi blokning quvvati va kuchlanishini oshirish imkoniyati yo'qdir. O'zgaras tokli kiritma quvvatini oshirish, elektr stansiyalarda generatorlarni parallel ulaganidek, bir necha bloklarni parallel ulashga olib keladi. Buni Viborg shahridagi Rossiya – Finlandiya O'TK misolida ko'rsatish mumkin. U to'rtta har birining quvvati 355 MVtli komplekt yuqori kuchlanishli o'zgartiruvchi qurilmadan (KYuKO'Q) iborat va bir tomondan 330 kV li shinaga ulangan, Lenenergo tizimiga kiradigan, boshqa tarafidan esa Finlandiya energotizimi bilan bog'langan 400 kV shinaga ulangan. Har bir KYuKO'Q o'zgartirgichlarga xizmat qiluvchi (BRXAT, sovitish tizimi va boshqalar) barcha tizimlar joylashtirilganidek, alohida binoga joylashtiriladi.

Har bir o'zgartiruvchi (to'g'rilagich va inventar) tiristorli ventil qo'llanganligi sababli, amalda bir onda qo'shiladi va bir onda o'chiriladi

katta quvvatli tiristorlar uchun qo'shish vaqti bir necha o'n, o'chirish vaqti esa bir necha yuz mikrosekundlarni tashkil etadi), ya'ni tezkor qayta ulagich degan ma'noni beradi. Shuning uchun o'zgartirgichlarning ishlash prinsipi o'zgaruvchan tok tarmoqidan faza tokini o'zgarmas tok liniyasiga navbati bilan qo'shishga asoslangan, shunday ekan bu liniyada liniya qutblarining ishorasi va tok yo'nalishining o'zgarmas qolishini saqlab qoladi. Bunday uzib-qo'shishlar o'zgaruvchan tok tarmoqining chastotasining har davrida 6 marotaba, ya'ni har 0,0033 s da amalga oshiriladi. Ventilga yuboriladigan, boshqariladigan impulslar momentining o'zgarishi, qiymatlarni o'zgartira oladiganidek, to'g'rilanadigan kuchlanishning qutblarini o'zgartira oladi. Oxirgi holatda to'g'rilagich rejimidan inventor rejimiga o'tish jarayonida va aksincha, inventor rejimidan to'g'rilagich rejimiga o'tish jarayonida amalga oshiriladi.

O'zgartirgich texnikasida intervallar vaqtini vaqt birligida emas, elektr graduslarda o'lchash qabul qilingan (1 el. grad, 55.5 mks ga teng) va barcha vaqt intervallari burchaklarda o'lchanadi (10 el. grad., 20 el. grad, va q.k.). O'zgartirgichni rostlash burchagini nolga o'zgartirganda, uning chiqishida ancha yaxshi to'g'rilangan kuchlanish hosil bo'ladi. Burchakni 0 dan 90 el.grad gacha o'zgartirganda, bu kuchlanish pasayadi va 90 el.grad da nolga teng bo'ladi. Burchakni 90 el.grad dan ham yuqoriroq o'zgartirganda, kuchlanishning qutbi qarama-qarshi yo'nalishda o'zgaradi va o'zgartirgich inventor rejimiga o'tadi. (32-rasm). Bu yerdan ko'priknining chiqishidagi kuchlanish o'zgartirgich transformatorining ventilli chulg'am fazalararo kuchlanishining sinusoid qismi kabi bo'lishligini ko'rish qiyin emas. Mavjud pulsatsiyani tekislash uchun to'g'rilanadigan tok zanjiriga ketma-ket ulanadigan reaktor mo'ljallangan. Liniya tarafidagi reaktordan so'ng bunda, qiymati va ishorasi burchakka bog'liq, pulsatsiyalanmagan kuchlanish quriladi.



32-rasm. Rostlash burchagining turli qiymatlaridagi ko‘priknining to‘g‘rilangan kuchlanish qiymatlari;  
a, b – to‘g‘rilagich rejimi; v – inventar rejimiga o‘tish chegarasi; g – inventar rejimi

O‘zgartirgichning rostlash burchagini tezda o‘zgartirish imkoniyati va O‘TU va O‘TK ning avtomatik boshqarish tizimiga asoslangan. Bunda tizim bir necha regulyatorlarni o‘z ichiga oladi va ikkita tizimchalarga bo‘linadi – birlamchi va ikkilamchi rostlash. Ulardan birinchisi tez ta‘sir etuvchi, ikkinchisi birmuncha sekinroq ta‘sir etuvchi hisoblanadi.

To‘g‘rilagichda qanday o‘rnatilgan bo‘lsa inventorga ham shunday o‘rnatiladigan tok rostlovchisi, birlamchi rostlash tizimchasining asosiy

rostlovchilaridan biri hisoblanadi. Uning vazifasi liniyada, oʻrnatma toki deb nomlanadigan, berilgan tokni ushlab turish hisoblanadi. Toʻgʻrilagichning rostlash toki toʻgʻrilanadigan kuchlanishning oʻzgarishiga ventilning boshqarish tizimi orqali taʼsir etadi, inventorning rostlash toki – oxirida paydo boʻlgan EYuKning teskari oʻzgarishiga.

Liniyadagi tok ortishi kuzatilganda, qachonki liniyadagi tok oshib ketganda, masalan, liniyada qisqa tutashuv boʻlganda, toʻgʻrilagichning rostlash toki ishga tusha boshlaydi. Liniyadagi tokni berilgan tok bilan (oʻrnatma toki) solishtirganda, bu regulyator tokning musbat tomonga oshiradi va ventilning boshqarish tizimiga taʼsir koʻrsatadi, burchakni orttiradi va shu bilan birgalikda toʻgʻrilanadigan kuchlanishni kamaytiradi. Natijada liniyadagi tok berilgan qiymatgacha qaytadi.

Liniyadagi tok kamayishi kuzatilganda, masalan uzatuvchi tizimda avariyaaviy holat boʻlishi natijasida kuchlanish pasayib ketganda, inventorning rostlash toki liniyadagi tokning manfiy tomonga oʻzgartiradi va oʻzining boshqaruv tizimiga taʼsir koʻrsatadi, inventorning EYuK teskari tomonga kamaytiradi va liniyadagi tokni oʻrnatma tokigacha qaytaradi. Tok rostlovchisining oʻrnatma toki toʻgʻrilagich rostlovchisining oʻrnatma tokining 90 – 95 % ini tashkil etadi.

Shunday qilib, liniyadagi tok ikkita rostlagich oʻrnatma toklari oʻrtasida ortib ham ketmaydigan qilib, kamayib ham ketmaydigan qilib ushlab turiladi. Aynan shuning uchun tizimlararo oʻzgarish tokli elektr uzatish liniyasi orqali bogʻlangan tizimlardan biridagi qisqa tutashuv mos holda, mavjud OʻTU va OʻTK lar tajribasi tasdiqlaganidek, boshqa tizimda ham tokning ortishiga olib kelmaydi. Ikkita rostlagichlarning oʻrnatma tokiga, berilgan quvvatni ushlab turuvchi yoki berilgan yuklama grafigiga mos holda bu quvvatni oʻzgartiradigan, quvvat rostlagichi taʼsir etadi. Agar toʻgʻrilagich va inventor katta masofaga ajratilib joylashtirilgan boʻlsa, ikkita rostlagichlarning oʻrnatma tokini bir vaqtda oʻzgartirish uchun aloqa telekanali boʻlishi kerak. Quvvat rostlagichi asosan davlatlararo aloqada qoʻllanilishi maqsadga muvofiq boʻladi, u har qanday vaqtda kelishilgan shartnoma asosida qabul qiluvchi tizimdagi mumkin boʻlgan qarama-qarshi intilishlarga bogʻliq boʻlmagan holda quvvat uzatilishini qatʼiy taʼminlaydi va savdo-sotiq hisob-kitoblarini yengillashtiradi.

Yuqorida aytib oʻtilgan OʻTU va OʻTK rostlagichlardan tashqari yana bir necha yangi rostlovchi qurilmalar mavjud. Ularga quyidagilar kiradi:

- inventorning yopiq ventilning burchak rostlagichi, bir necha avariyaaviy holatlarda, asosan qabul qiluvchi tizimda qisqa tutashuv boʻlganda yangi turgʻun holatni taʼminlash uchun moʻljallangan;
- toʻgʻrilagichdagi q burchak rostlagichi, ushbu burchakning ortishida

oxirgi uzoq muddatli ishlashidan tashqari, natijada tarmoqdan reaktiv quvvat iste'molining ortishiga olib keladi.

Yarim zanjir tok balansining rostlagichi, yerdagi tokni minimumgacha kamaytirishga mo'ljallangan.

Sanab o'tilganlardan tashqari boshqa rostlovchi qurilmalardan ham foydalaniladi, biroq bu rostlagichlar O'TU va O'TK holatiga, tok va quvvat rostlagichi kabi unchalik ta'sir etmaydi.

Umuman to'g'rilagich va inventarlarning rostlovchi qurilmalari turlicha ishlash algoritmiga va turli programma hamda apparatlarini tayyorlanishi ham turlicha. Mabodo, agar ushbu elektr uzatma reversiv hisoblansa, ya'ni agar ulardan quvvat bir yo'nalishda qanday oqsa, boshqa yo'nalishda ham shunday oqsa, va o'zgartirgichlar to'g'rilagich rejimida ham, inventar rejimida ham ishlashi mumkin bo'lsa, unda ikki marotaba komplekt rostlagich qurilmalari o'rnatilgan bo'lishi kerak.

### **Sinov savollari**

1. O'TU ning sxemasini tushuntirib bering.
2. O'TK ning sxemasini tushuntirib bering.
3. To'g'rilagich va inventorning ish rejimini tushuntirib bering.
4. Rostlash burchagi  $q$  nimani bildiradi?
5. O'TU dan quvvatni olishning qanday usullarini bilasiz?
6. Qanday O'TU larni bilasiz va ularning bir-biridan qanday afzalliklari bor?

### **15-ma'ruza**

#### **O'zgartirgichlarning energetik xarakteristikalar**

O'zgartirgichlar tez ta'sirli ulagichlar bo'lganligi tufayli transformatorning har bir ventil chulg'ami navbatma-navbat o'zgarmas tok zanjiriga ulanadi. Bunda tok yo'nalishi chulg'amda tarmoq chastotasi davrida ikki marotaba o'zgaradi (33-rasm.). Natijada har bir fazada trapetsiya ko'rinishidagi, o'zgaruvchan tok oqadi, ammo birinchi yaqinlashishda to'g'ri burchakli deb qabul qilishimiz mumkin. Bu tok sinusoida ko'rinishdagi turli chastotadagi toklar yig'indisi kabi namoyon bo'lishi mumkin. Ularning ichida, chastotasi tarmoq chastotasiga teng bo'lgan, birinchi garmonika toki va yuqori garmonika toki mavjud. O'zgartirgich toki tarmoq chastotasining soniga mos marotaba oshiradigan 5, 7, 11, 13- va yuqori garmonika chastota toklaridan tashkil topgan bo'ladi.



to'g'ridan-to'g'ri o'zgartiruvchi podstantsiyaning o'ziga o'rnatilishi kerak, bu esa uning tannarxini oshishiga olib keladi. Kompensatsiyalovchi qurilma sifatida esa yuqori garmonika toklari (reaktiv quvvatni 40 – 60 % iste'mol qiladi) filtri ishlatiladi, sinxron kompensatorlar, statik kondensatorlar batareyasi va boshqa reaktiv quvvat manbalari ishlatilmoqda.

Yuqorida aytib o'tilganlarga barcha mavjud va ko'pgina qurilayotgan, tok turini o'zgartiradigan ishlatilayotgan, tiristorli ishlanishiga asoslangan (ya'ni ularning faqatgina berkitilishida emas, ochilish davrida ishlatiladigan) O'TU va O'TK kiradi.

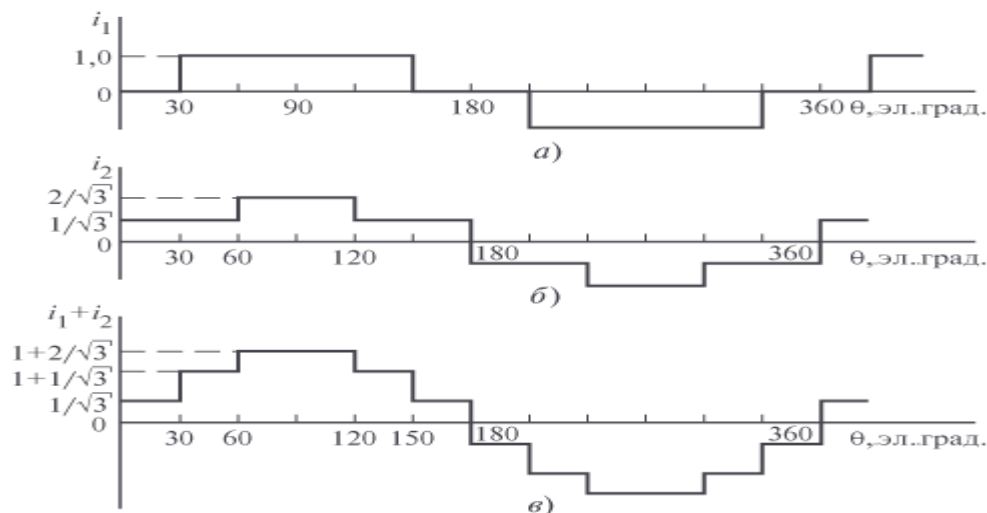
Biroq oxirgi yillarda yangi ancha yirik quvvatli tiristorlar paydo bo'lmoqda, nafaqat uning ochilish momentini boshqaradigan, balki uning yopilishini boshqaradigani ham paydo bo'lmoqda. Bu asboblardan sistemadan nafaqat reaktiv quvvatni kamaytirishga, balki sistemaga reaktiv quvvat ham ishlab chiqaradigan o'zgartirgichlarni (kuchlanish inventori) yaratishda bazaviy bo'lib xizmat qilishi mumkin. Ushbu texnologiyadan foydalangan holda deyarli, katta bo'lmagan quvvatli O'TU inshootlari barpo etilmoqda. Hozirgi vaqtda bu texnologiya yuqori garmonika toklari bilan bog'liq muammolarni istisno qilmayapti. O'zgaruvchan tok tarmoqiga yopishib turadigan o'zgartiruvchi podstantsiyadan o'tadigan, yuqori garmonika toklari birmuncha noxush oqibatlarga olib kelishi mumkin. Ularga quyidagilar kiradi:

- o'zgaruvchan tok tarmog'i elementlarida energiya va quvvat isrofini oshishiga, asosan elektr mashinalarda;
- liniya aloqalari, signalizatsiya va avtoblokirovka tizimiga ancha halaqit qilishi;
- kondensator batareyalarining qizishiga, oqibatda ularning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin;
- elektr tarmoqda izolyatsiyani teshilishga olib keladigan rezonansni paydo qiladi;
- hisoblovchi kompleksga salbiy ta'siri.

Bu yerdan, o'zgartirgichlarda ishlab chiqariladigan, tarmoqqa chiqarish mumkin bo'lmagan, yuqori garmonika toklarini, o'zgartiruvchi podstantsiyaning o'zida kompensatsiya qilish zarur bo'ladi. Hozirgi vaqtda bu muammolarning yetarlicha samarali yo'llari ishlab chiqilgan.

Hozirda ikki usul keng qo'llanilmoqda. Ulardan birinchisi, chulg'amlari turli ulanish guruhlaridan, masalan ventil chulg'amlari o'rtasidagi kuchlanish fazasini 30 el.grad siljishini ta'minlaydigan Y/Y-12 va Y/ $\Delta$ -11, kaskadli ulangan ikkita o'zgartiruvchi transformatorlardan iborat bo'ladi. Natijada, ancha yirik va boshqa turli qiymatga ega bo'lgan, 5- va 7-garmonika toklari kompensatsiyalanadi. Turli ulanish guruhlarida ulangan

tarmoq transformatori chulgʻami tokining vaqt diagrammasi, hamda ularning summaviy tarmoq toki 34-rasmda keltirilgan. Bu yerdan koʻrish mumkinki, bu tok ham ularning tashkil etuvchilariga nisbatan sinusoidaga bir qancha yaqin, biroq unda ham yuqori garmonika toklari mavjud boʻladi. Bu yerdan esa ularning kompensatsiyalashning boshqa yoʻllaridan foydalanish kerak degan xulosaga kelinadi.



34-rasm. Chulgʻamlari turli ulanish guruhlaridan iborat boʻlgan tarmoq transformatorining chulgʻami toki.

a - YGʻ Y sxema uchun; b – YGʻq sxema uchun; v – ikki oʻzgartirgichning summaviy tarmoq toki.

Ikkinchi yoʻli esa yuqori garmonika filtrlarini qoʻllash bilan yakunlanadi. Oddiy filtr oʻzida, berilgan garmonika chastotasi rezonansiga sozlangan, ketma-ket ulangan induktivlik va sigʻimni oʻz ichiga oladi. Bu holatda bu garmonika uchun filtr qarshiligi nolga yaqin, uning toki yerga filtrlanadi va tarmoqqa uzatilmaydi. Bunda 1-garmonika tokiga bu filtr reaktiv quvvat generatori boʻladi va podstansiyaning quvvat balansini taʼminlashda ishtirok etadi.

Odatda, oʻzgartiruvchi podstansiyalarda har ikkala yoʻli ham bir vaqtda ishlatiladi. Filtrlarni hisoblashning mavjud usullari va tarmoqning chastota xarakteristikasini hisoblash amalda yuqori garmonika toklarini butunlay kompensatsiyalashga yoʻl qoʻyadi. Tabiiyki, yuqori garmonika toklari filtrlarni qoʻllash zaruriyati oʻzgartiruvchi podstansiyaning tannarxini oshishiga olib keladi.

Energiyani oʻzgarmas tokda uzatish oʻzgaruvchan tokda uzatish kabi, bu elektr uzatishda qatnashayotgan elementlarning quvvat va energiya isrofi bilan aniqlanadigan foydali ish koeffitsiyentiga ega. Ushbu holatda bu isroflar oʻzgarmas tok liniyasidagi va oʻzgartiruvchi podstansiya qurilmalaridagi energiya va aktiv quvvat isroflari jamlanmasidan iborat boʻladi. Podstansiya dagi asosiy qurilmalarning nisbiy quvvat isrofi va oʻz

ehtiyojiga sarflanadigan quvvat sarfining foizlardagi qiymati quyida keltirilgan:

|                                      |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| O'zgartiruvchi transformatorlar..... | 1,3 – 1,5 %     |
| O'zgartirgichlar.....                | 0,5 – 0,7 %     |
| Yuqori garmonika filtrlar.....       | 0,018 – 0,020 % |
| Chiziqli reaktorlar.....             | 0,17 – 0,20 %   |
| O'z ehtiyojlari.....                 | 0,1 %           |
| Jami.....                            | 2,1 – 2,5 %     |

Bu yerdan ko'rinadiki, o'zgartiruvchi podstansiya quvvat isrofi nuqtay nazardan qaralganda ancha iqtisodiy element hisoblanadi.

Bu turdagi elektr uzatishdagi asosiy isrof – bu liniyadagi isrofdir:

$$\Delta P_{\pi} = 2I_d^2 r_0 l,$$

Bu yerda  $I_d$  - liniya qutbidagi tok;  $l$  – liniya uzunligi;  $r_0$  – 1 km uzunlikdagi qutbning solishtirma qarshiligi.

Liniya qutbining solishtirma qarshiligi uning detal poydevorini texnik-iqtisodiy solishtirish bilan tanlanadigan konstruksiyasi bilan aniqlanadi. Liniyaning uzunligi asosiy rol o'ynaydi. Kichik uzunlikdagi (800 - 900 km) liniyalarda quvvat isrofi 4 - 5 % ni; ancha uzun (2 – 2,5 ming km) liniyalarda esa 8 – 10 % ni tashkil etadi.

Yuqoridagilarni e'tiborga olib quyidagicha xulosaga kelishimiz mumkin. O'zgarmas tokli uzatma va kiritma oddiy o'zgaruvchan tokli liniyada mavjud bo'lmagan xususiyatlarga ega, ular asosan:

- bunday elektr uzatishda elektroenergetik tizimlarning birgalikda ishlashidagi turg'unligini aniqlab beruvchi, quvvat chegarasi mavjud emas;
- o'zgaruvchan tokli tizimda birgalikda ishlashdagi ishonchliligini oshirish imkonini beradigan, elektroenergetik tizimlarni boshqarishda, o'zgarmas tokli kiritma va uzatma egiluvchan element hisoblanadi.

O'zgartiruvchi podstansiyalar sezilarli darajada reaktiv quvvatni iste'mol qiladi va o'zgaruvchan tok tarmog'iga yuqori garmonika toklarini ishlab chiqarishi mumkin, bu salbiy ta'sirlarni kamaytirish esa qo'shimcha xarajatlarni talab etadi va o'zgartiruvchi podstansiyalarning tannarxini oshiradi.

### Sinov savollari

1. O'TU va O'TKlarda o'zgartirgichlar nima maqsadda qo'llaniladi?
2. Yuqori garmonika toklarining salbiy jihatlarini aytib o'ting.
3. Tiristorli boshqaruvning afzalliklarini aytib o'ting.
4. O'zgartiruvchi podstansiyalarning isrof xarakteristikalarini aytib

o'ring.

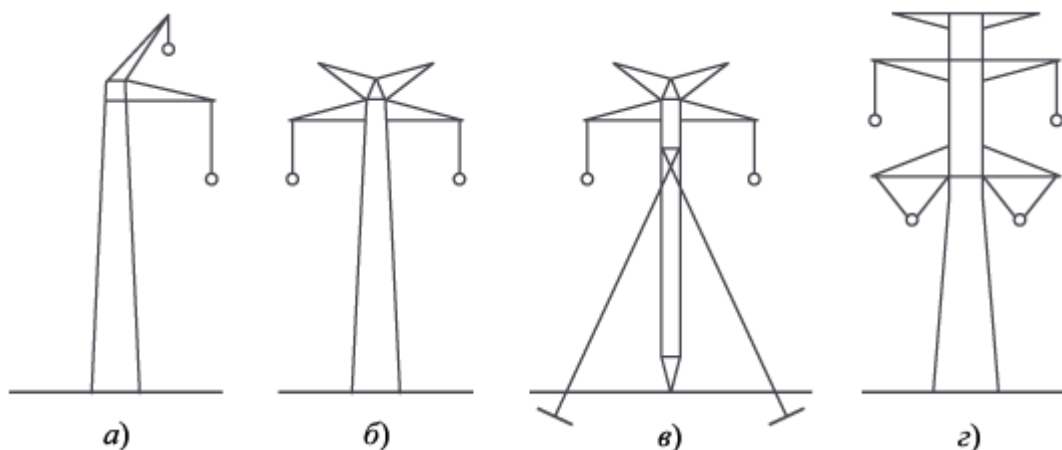
5. O'TU ning liniyasida bo'ladigan isrof formulasini yozib bering.

6. O'zgarmas tokli elektr tizimlar o'zgaruvchan tokli elektr tizimga nisbatan qanday afzaliiklarga ega?

## 16-ma'ruza

### O'zgarmas tokli havo va kabelli liniyalar O'zgartiruvchi podstantsiyaning asosiy jihozlari

O'zgarmas tokli havo liniyalari o'zgaruvchan tokli havo liniyalaridan asosan tayanchning konstruksiyasi bilan farqlanadi. 35-rasmda o'zgarmas tokli havo liniyasi tayanchining turli turdagi mumkin bo'lgan konstruksiyasi ko'rsatilgan. Bunday tayanchlarga metall kam sarflanadi, va ular o'zgaruvchan tokli havo liniyalarning kuchlanishi va quvvat o'tkaza olish qobiliyati bo'yicha solishtirilganda birmuncha soddaroqdir. 35-rasmda erkin turuvchi  $\pm 400$  kV kuchlanishli metallik tayanch ko'rsatilgan.



35-rasm. O'zgarmas tokli havo liniyasi tayanchining sxemasi:

a – unikutbli HL uchun ekrin turuvchi oraliq tayanch;

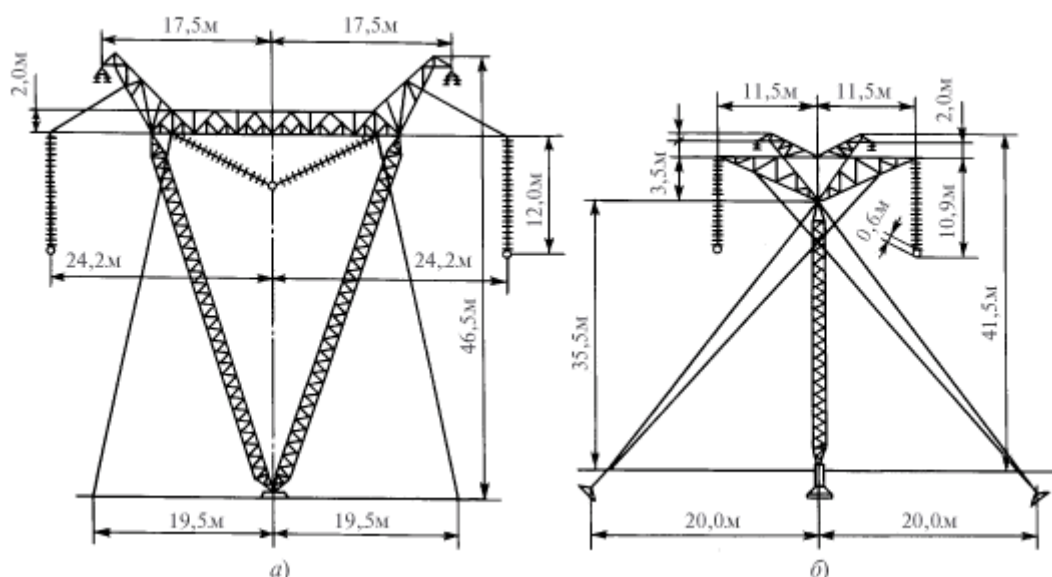
b - biqutbli HL uchun ekrin turuvchi oraliq tayanch;

g – biqutbli HL uchun tortib turiluvchi oraliq tayanch;

z – ikki zanjirli( kvadrat qutbli) HL uchun erkin turuvchi oraliq tayanchi.

36-rasmda 1150 kV o'zgaruvchan tokli, o'zgaruvchan va  $\pm 750$  kV o'zgarmas tokli HL tayanchining konstruksiyasi (chizmada bir xil masshtabda) ko'rsatilgan. Bu liniyalar taxminan bir xil quvvat o'tkazish (mos ravishda 5000 va 6000 MVt) qobiliyatiga ega. O'zgaruvchan tok tayanchining massasi 19.8 t, o'zgarmas tok tayanchining massasi - 9,4t. o'zgarmas va o'zgaruvchan tokli liniyalarning boshqa jihatlarini ham solishtirilganda taxminan shunday munosabatda. Shuning uchun o'zgarmas tok liniyasining egallagan hududining eni o'zgaruvchan tok liniyasinikiga qaraganda 25 – 30% ga kichikroqdir. Bundan ma'lum bo'ladiki, bir xil

berilgan parametrlarda o'zgaras tok liniyasining tannarxi arzonroqdir.



36-rasm. Bir xil masshtabdagi o'zgaruvchan va o'zgaras tok elektr uzatish liniyalarining oraliq tayanchlari

a – o'zgaruvchan tokli 1150 kVdagi Ekibastuz – Ural HL ning tayanchi: quvvat o'tkaza olish qobiliyati 5000 MVt, tokning zichligi 0,95 AG`mm<sup>2</sup>, o'tkazgich 8 qAS 330 , tayanchning umumiy oqirligi 19,8 t; b – o'zgaras tokli 1150 kV dagi Ekibastuz – Markaz HL ning tayanchi: quvvat o'tkaza olish qobiliyati 6000 MVt, tokning zichligi 0,66 AG`mm<sup>2</sup> ,o'tkazgich 5qAS 120 065, parchalanish qadami 600 mm, tayanchning umumiy oqirligi 9,4 t.

O'zgaras kuchlanishdagi chiziqli izolyatsiyaning ishlash sharoiti o'zgaruvchan kuchlanishdagi ishlash sharoitidan farqlanadi. O'zgaruvchan tokli havo liniyasida kuchlanishning izolyatorlar shodasida taqsimlanishi asosan har bir izolyatorning xususiy, izolyatorlararo hamda izolyator va yer o'rtasidagi h bilan aniqlanadi. Buning natijasida izolyator sirtining ifloslanishi kuchlanishning izolyator bo'ylab taqsimlanishida deyarli e'tiborga olinmaydi. Kuchlanishning o'zgaras tok liniyasida shoda bo'ylab taqsimlanishida izolyatorlarning sig'imi ishtirok etmaydi. Bu taqsimlanish sirtining ifloslanishi bilan bog'liq, izolyator sirti qarshiligining teshilishi bilan aniqlanadi. Toza quruq izolyatorlarda kuchlanish bir xil taqsimlanadi, ammo alohida izolyatorning ifloslanishida yoki namklanishida bu bir xillik buziladi, ya'ni izolyatorning ishdan chiqishiga olib keladi. Bu muammoning yechimi teshilish yo'lining uzaytirishdan yoki tutib turuvchi shodalarning sonini ko'paytirishdan iboratdir. Afsuski, bunda liniyaning tannarxi ortadi.

O'zgaras tokli liniya qutbining konstruksiyasi o'zgaruvchan tokli liniyaning fazasiniki bilan bir xildir. Bu yerda ham ikki xil sababga ko'ra o'tkazgichlarni parchalash qo'llaniladi. Birinchisi, katta summaviy kesimli qutb o'tkazgichiga (bir necha ming kvadrat millimetr) mo'ljallangan qutb tokining kattaligi bilan izohlanadi.

Bunday kesimli o'tkazgichlarni zavod ishlab chiqarmaydi, shuning uchun ularni trassaga yetkazish va montaj ishlarini qilish ham murakkabdir. Shuning uchun kichik kesimli o'tkazgichlar o'ramidan foydalaniladi, ya'ni ishlashni osonlashtiradi.

Ikkinchi sabab o'tkazgich yuzasida elektr maydon kuchlanganligini kamaytirish kerak bo'lganligi tufayli, o'tkazgichning umumiy tojlanishini kamaytirish kerak. Shu maqsadda o'ramga kiruvchi o'tkazgichni ko'pburchakning qirrasi bo'ylab bir-biridan belgilangan masofada joylashtiriladi. Natijada paydo bo'lishi mumkin bo'lgan umumiy tojlanish kamayadi va tojlanish joyida, o'zgarmas tok liniyasida o'zgaruvchan tok liniyasiga nisbatan kamroq bo'lgan quvvat isrofi kamayadi.

O'zgarmas tokli kabelli liniyalar uchun turli tipdagi kabel liniyalar qo'llanilishi mumkin: qog'oz-moy izolyasiyalik kabellar, bosim ostidagi moyli kabellar, bosim ostidagi gazli kabellar. Tajribalarning ko'rsatishicha, ko'pincha qog'oz izolyasili va moy shimdirilgan qog'oz izolyasiyalik kabellardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Shuning uchun kabel inshootli o'zgarmas tok liniyalarida ko'proq shunday kabellardan qo'llaniladi. Hozirgi vaqtda 400 kV kuchlanishga 1,25 kA tokka mo'ljallangan kabellar yaratilgan. Uning tashqi diametri 128 mm ga teng.

Umuman olganda kabel liniyalari faqatgina suv to'siqlaridan kesib o'tish joylaridagina qo'llaniladi. Unda eng asosiy vazifalardan biri hisoblanadigan liniyaning ishonchliligini oshirish va tannarxini kamaytirish maqsadida, hamisha kabellar uchun xavflilikni oshiradigan manba, birlashtiruvchi muftalarni kamaytirish uchun mumkin qadar kabel liniyalarining uzunligini oshirish kerak. Xuddi shu maqsadda, qiymati kemanding qalinligi bilan aniqlanuvchi, katta diametrli gorizontal g'altakli maxsus kabel yotqizuvchi kema ishlatiladi. Bu g'altakka qayiq to'xtaydigan port sharqida joylashgan zavoddan uzluksiz kabel uzatilib turiladi. Ushbu qayiq yordamida eng katta kabelli liniyaning uzunligi, o'rtasida bitta birlashtiruvchi mufta bilan 200 km ni tashkil etadi.

Dastlabki kabel liniyalari bevosita dengiz tubiga yotqizilardi, biroq ularga ko'pincha baliqlar to'ridan yoki qayiqlar yakoridan ziyon yetardi. Hozirda kabellar suvosti robotlari yordamida 1,5 m gacha chuqurlikdagi transheyaga yotqiziladi.

O'zgartiruvchi podstantsiyalarning asosiy jihozlariga o'zgartiruvchi transformatorlar, o'zgartiruvchi ko'priklar, yuqori garmonika toklari filtri, chiziqli (tekislaydigan) reaktorlar, sinxron kompensatorlar, kondensator batareyalari kiradi. Agar sinxron kompensatorlar va kondensatorlar batareyasi haqida gapirilganda, ular o'zgaruvchan tok tarmog'idagi analogik qurilmalardan konstruktorlik jihatidan farq qilmaydi. Yuqori garmonika

toklari filtri qahida yuqorida aytib o'tdik. Shuning uchun barcha bu qurilmalar bu yerda ko'rib o'tilmaydi.

O'zgartiruvchi transformatorlar o'zgaruvchan tok tarmog'idagi oddiy transformatorlarga nisbatan ko'proq qiyin sharoitda ishlaydi. Buning sabablari bir necha. Yuqorida aytib o'tganimizdek, transformator chulg'amidan o'tayotgan toklarda, transformator chulg'ami va o'zagini qo'shimcha qizishiga olib keladigan yuqori garmonika toklari mavjud bo'ladi. Bundan tashqari, o'zgartiruvchi ko'priklarning kaskadli ulanishida ventilli transformator o'zagiga nafaqat tarmoqdan transformatsiyalanadigan o'zgaruvchan kuchlanish balki, zaminlanish nuqtasiga yaqin joyda ulangan ko'priklarning doimiy kuchlanishi ham ta'sir etadi. Bu esa transformator chulg'ami izolyasiyasini kuchaytirish darkorligini aytadi. Transformator chulg'aming dinamik turg'unligi oddiy transformatorlarga nisbatan yanada kuchliroq ta'sirlarga chidamli qilib hisoblanishi kerak. Bu ta'sir o'zgartirgichda ko'pgina avariyaaviy jarayonlar keltirib chiqarishi mumkin. O'zgartiruvchi transformatorlar bir necha nonormal holatlarda o'tishi mumkin bo'lgan o'zgarmas tokka ham hisoblanishi kerak.

Transformator salt ishlatilganda hamda yuqori garmonika toklari filtri yoki kondensatorlar batareyasi qo'shilganda rezonansli ta'sir paydo bo'lishi mumkin, ya'ni bir necha sekundga cho'ziladigan, sezilarli o'ta kuchlanishni paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin. Transformator chulg'ami bunday o'ta kuchlanishga hisoblanishi kerak.

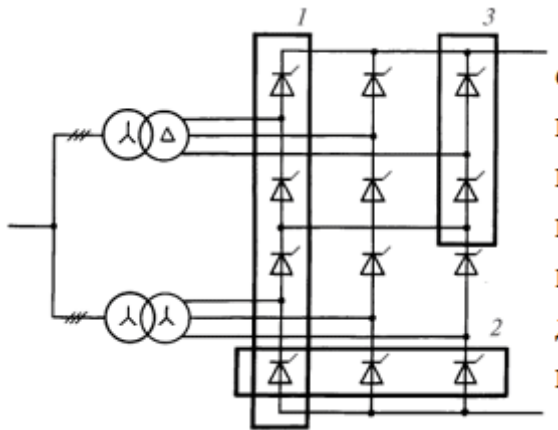
Bularning barchasi oxir oqibatda, sezilarli darajada transformator ichki izolyasiyasini kuchaytirishga, chulg'am mexanik chidamliligini oshirishga, hamda chulg'am o'tkazgichi ko'ndalang kesim yuzasini va transformator o'zagi kesim yuzasini oshirishga olib keladi. Natijada, o'zgartiruvchi transformatorlarda huddi shunday kuchlanishi va quvvati bir xil tipdagi oddiy transformatorlarga nisbatan aktiv materiallar (po'lat va mis) isrofi taxminan 1,5 barobar yuqori bo'ladi.

O'zgartiruvchi transformatorlar, xuddi shunday quvvatli oddiy transformatorlardan asosan yuqori reaktiv quvvatliligi bilan ajralib turishida farqlanadi. Bu o'zgartiruchi sxemaning ishlash sharoiti bilan farqlanadi. Transformator qarshiligining ortishi, bir tarafdin, uning o'zgacha konstruksiyasi bilan tushuntirilsa, boshqa tarafdin esa, ventilda uning ishlash jarayonida normal holatda ishlaganidek, uning avariyaaviy holatda ham tok o'zgarish tezligini kamaytirilishi kerakligi bilan tushuntiriladi. Transformatorning to'la quvvati katta reaktiv quvvat iste'mol qilganligi va yuqori garmonika toklaridan aktiv quvvat isrofi ortishi tufayli odatda u qabul qiladigan ko'prik quvvatini 20–2 % ga oshiradi. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarini ajratish kerakligi tufayli transformatorning ventil chulg'ami

yerga nisbatan izolyasiyani kuchaytirilgan bo‘ladi. O‘zgartiruvchi transformatorlar ko‘prikdan reaktiv quvvat iste‘molini kamaytirish kerak bo‘lganligi uchun kuchlanishni yuklama ostida rostlovchi qurilma bilan ta‘minangan bo‘ladi. Bularning barchasi ularning massasi va gabaritini ortishiga olib keladi. Bu esa transformator tayyorlanadigan zavoddan ularni o‘rnatiladigan joygacha tashishda qiyinchiliklarni vujudga keltiradi.

Hozirgi vaqtda o‘zgartiruvchi transformatorlarning maksimal quvvati fazada 500 MV·A gacha yetmoqda. Bu quvvat chegaraviy qiymatga ancha yaqin, aftidan uni ancha qiymatga oshirish qiyinroq.

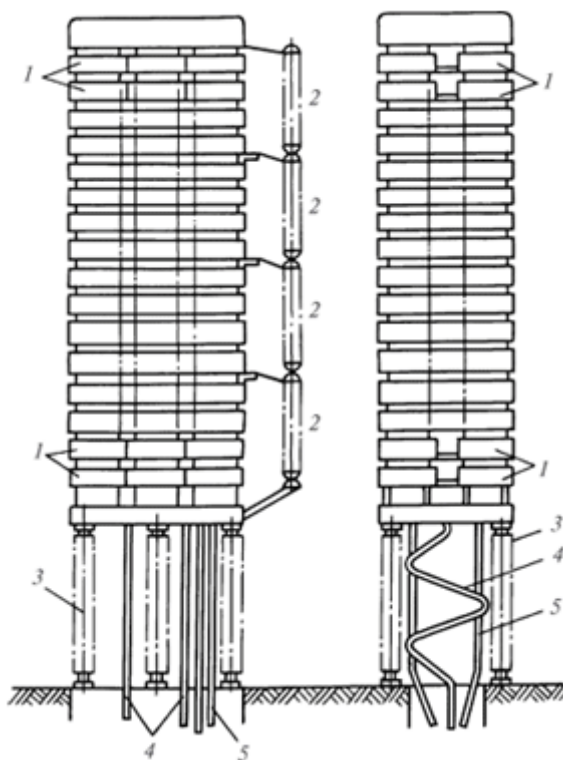
O‘zgartiruvchi podstantsiyaning asosiy qurilmalaridan biri, yuqorida aytib o‘tganimizdek, o‘zgartiruvchi ko‘prik va uning asosiy elementi – yuqori kuchlanishli boshqariluvchi ventil hisoblanadi. Birinchi o‘zgarmas tokli elektr uzatish liniyasi, yuqori kuchlanishli simobli ventillardan foydalangan holda, XX asrning 50 – 60 yillarida barpo etilgan. Hozirgi vaqtda ham bir necha elektr uzatish liniyasida bu ventillardan foydalanilmoqda. Biroq bu ventillar ularda kechadigan fizikaviy jarayonlar va simobning zaharliligi kabi aniqlangan bir qator yirik kamchiliklarga ega. Shuning uchun XX asrning 70-yillarida yetarlicha quvvatli kremniyli boshqariluvchi ventil-tiristorlar yaratilgandan so‘ng barcha yangi o‘zgarmas tokli elektr uzatish liniyalari va o‘zgarmas tokli kiritmalar faqatgina shu asosda barpo etilmoqda. Hozirgi vaqtda Yagona tiristor o‘zgartirishi mumkin bo‘lgan quvvat, yopiq holatda u ko‘tarishi mumkin bo‘lgan 4–5 kV (oxiri 7 kV gacha) kuchlanishda 500–1000 kVt ni tashkil etadi. Bu bir necha kilovolt kuchlanishli katta quvvatli o‘zgartiruvchi ko‘priklar uchun yetarli emas. Shuning uchun yuqori kuchlanishli tiristorli ventillarni (YuTV) yaratishda zaruriy kuchlanishni ta‘minlash uchun yagona tiristorlarni ketma-ket ulashga to‘g‘ri keladi. Shunday ekan, bu ketma-ket ulangan zanjirda tiristorlarning soni bir necha yuzga yetishi mumkin. Zamonaviy tiristorlar zaruriy tokni o‘tkazish qobiliyatiga ega bo‘lganligi uchun tiristorlar parallel ulanmayapti.



37-rasm. YuTV ni hosil qilishdagi o‘zgartiruvchi ko‘prik tiristorlarning ulanishi mumkin bo‘lgan sxemasi

Tiristorlar ketma-ket ulangan zanjir kuchlanishni o‘zaro teng taqsimlaydigan, sovitish, har bir tiristorga impulsar kanalini uzatadigan qurilmalar bilan ta‘minlangan bo‘lishi kerak. O‘zgartiruvchi ko‘priklarning tiristorlarining ulanishi mumkin bo‘lgan uchta sxemasi 37–rasmda keltirilgan. 1-sxemada bitta YuTV ikkita o‘zgartiruvchi ko‘priklarning barcha ventillarining bitta fazasiga birlashtirilgan. 2-sxemada ventilning bitta qutbi, 3-sxemada esa ventillar bir fazali o‘zgartiruvchi ko‘priklarga birlashtirilgan.

YuTV ni konstruksiyasini yaratishda moduli prinsipdan foydalaniladi. har bir tiristor uning funksiyasini ta‘minlovchi barcha qurilmalari bilan tiristor yacheykasiga joylashtiriladi. YuTV elementini o‘zgartiruvchi bir necha yacheykalar modulga jamlangan. Sterjen ko‘rinishidagi chinni izolyatordan yig‘ilgan qattiq karkas YuTV ni ko‘taruvchi konstruksiya bo‘lib xizmat qiladi. Bu karkas bir necha etajli konstruksiya ko‘rinishida bo‘ladi. har bir etajga bir-biri bilan bog‘langan modullar joylashtiriladi. YuTV mumkin bo‘lgan konstruksiyasi 38-rasmida ko‘rsatilgan. Shu kabi YuTV yopiq binolarga o‘rnatiladi. 39-rasmida Shatagey (Kanada) gi O‘TK ventil zalining tashqi ko‘rinishi ko‘rsatilgan. Bu yerda yerdan izolyatsiyalash uchun tayanch izolyatorlar foydalanilgan. Zilzila xavfi bor hududlarda odatda osma izolyatorlardan foydalaniladi.



38-rasm. 1 – modul; 2 – razryadchik; 3 – tayanch izolyatorlar; 4 – suvli sovitish tizimli izolyatsiyalovchi trubalar; 5 – svetovodlar



39-rasm. Shatagay (Kanada) O‘TK ning ventilli zali. Simens firmasining jihozlari

Hozir O‘TU va O‘TK lar uchun jihozlar ishlab chiqaruvchi bir necha firmalar, barcha o‘zgartiruvchi podstansiyalar modulli prinsip asosida tayyorlanadigan ventilli zal esa mavjud bo‘lmaydigan konstruksiyani ishlab chiqmoqda. Bu esa bunday podstansiyalarning tannarxini kamaytirishi kerak.

Tiristorlari transformator moyi bilan to‘ldiriladigan, bakka joylashtiriladigan va boshqa konstruksiyali YuTV mavjud. Bunday YuTV ochiq havoga ham o‘rnatilishi mumkin, biroq bu konstruksiya remont ishlarida qiyinchiliklar tug‘diradi. Tiristorlarga sovutuvchi vosita sifatida havo, transformator moyi, deionlangan distillangan suv ishlatilishi mumkin. Hozirgi vaqtda, deionlangan suv katta issiqlik sig‘imiga, yong‘in xavfsizligiga, zaharli emasligi tufayli qolgan moddalarga nisbatan ko‘proq ishlatilmoqda.

Asosiy muammo boshqariluvchi impulslarni uzatish bilan bog‘liq, ya‘ni vaqtda yer potensialidan ventil potensialiga nihoyatda yuqori aniqlik bilan uzatilish kerakligidadir. Hozir shu maqsadda optik tolalar ishlatilmoqda. Tiristorlarning boshqaruv tizimi shunday qurilganki, yer potensialidan ventilga oqim boshqaruv ostida yuboriladi, ventil potensialidan esa har bir tiristorning holati haqida uzluksiz informatsiya jo‘natilib turiladi. Yaroqsiz tiristorlar joyida tuzatish uchun o‘zgartiruvchi blok va modulni ishdan chiqarish kerak bo‘ladi va yaroqlisi bilan almashtiriladi.

Chiziqli (tekislovchi) reaktorlar liniyaning har bir qutbiga ulaniladi va elektr uzatish liniyasining ko‘p funksiyali elementi bo‘lib hisoblanadi. Ular nafaqat tok qutbining pulslanishini tekislaydi, balki inventorning ishlash rejimi buzilganda va liniyalarda qisqa tutashuv sodir bo‘lganda liniyadagi

tokning o'zgarish tezligini berilgan qiymatda turishini ta'minlaydi. Bundan tashqari, bu reaktorlar o'zgartirgichlarni, ya'ni liniyadan keladigan yuqori kuchlanish to'liqidan himoyalash uchun mo'ljallangan.

Reaktor chulg'aming qutb kuchlanishi yerdan izolyatsiyalangan bo'lishi kerak. Bu doimiy tashkil etuvchilardan tashqari chulg'am izolyatsiyasiga normal holatlarda to'g'irlanuvchi kuchlanishning o'zgaruvchi tashkil etuvchilari ham ta'sir etadi. So'nggisi o'zgartirgich ishlaydigan boshqaruv burchagiga bog'liq va uning ortishi bilan o'sib boradi. Kuchlanishning bu ikki tashkil etuvchilari chulg'am izolyatsiyasida uning konstruksiyasini og'irlashishiga olib keladigan turlicha yuklamalarni hosil qiladi.

Reaktorning magnit tizimi ichki o'zaksiz tayyorlanadi, ammo katta havoli oraliq va magnitli shuntlar bilan tayyorlanadi, O'zgarmas tokli reaktor to'yinishining oldini oladi. Reaktorning chulg'ami transformator moyi bilan to'ldirilgan bakka joylashtiriladi. Chulg'amlarning oxiridan havo o'tib turishi uchun bakning qopqog'i moy to'ldirilgan yoki elegazli kiritmalardan ishlatiladi.

### **Sinov savollari**

1. O'TU larning tayanchlarini sanab o'ting.
2. O'zgarmas tokli liniyalarning tayanchlari o'zgaruvchan tokli liniyalarning tayanchlarga nisbatan qanday afzalliklarga ega?
3. O'zgarmas tokli liniyalar izolyatorlarining o'zgaruvchan tokli liniya izolyatorlaridan farqli tomonlarini sanab o'ting.
4. Chiziqli reaktorlar nima maqsadda qo'llaniladi?

### **17-ma'ruza**

#### **O'zgarmas tokli elektr uzatish liniyalarining texnik- iqtisodiy ko'rsatkichlari**

O'zgarmas va o'zgaruvchan tokli elektr uzatish liniyalarini bir-biri bilan solishtirish uchun ularning tok o'tkazish qobiliyatini hisobga olinayotganda bu elektr uzatish liniyalarining kuchlanishining sinfi taxminan bir xil bo'lishi kerak.

Bunda o'zgarmas tokli elektr uzatish liniyasi, asosan, birmuncha yengil tayanchlar hisobiga o'zgaruvchan tokli elektr uzatish liniyasiga qaraganda birmuncha arzonroqdir. Ayni vaqtda o'zgarmas tokli elektr uzatish liniyaning tugallanuvchi podstantsiyasining tannarxi o'zgaruvchan tokli podstantsiyaga qaraganda ancha og'ir va qimmat jihozlar hisobiga

qimmatroqdir.

Tajribalarning ko'rsatishicha, Rossiya va MDXda keltirilgan turli xil iqlimli va tuproqli sharoitlarda, tayanchlarning turli tipidagi, 1 km o'zgarmas tokli liniyaning tannarxi o'zgaruvchan tokli liniyaga solishtirganda 15–20% kamroqdir. Boshqa davlatlarda bu munosabat liniya o'tadigan yerning narxi, elektroenergiya isrofining narxi va boshqa faktorlar hisobiga boshqacha bo'lishi mumkin.

Dunyodagi ko'pgina O'Tuli inshootlarning tajribasining ko'rsatishicha, o'zgartiruvchi podstantsiyaning solishtirma tannarxi (doll/kVt) uzatiladigan quvvatga bog'liq: uzatiladigan quvvat qancha katta bo'lsa, solishtirma tannarxi ham shuncha kichik bo'ladi. Masalan, 2000 – 4000 MVt diapazon quvvatdagi bitta podstantsiyaning solishtirma quvvati 47–53 doll/kVt, uzatiladigan quvvatni 1000 MVt gacha kamaytirish solishtirma tannarxi 57-70 doll/kVt gacha, 200 MVt quvvatdagi esa solishtirma tannarxi 80-90 doll/kVt gacha ortadi. 1000 MVt quvvatdagi o'zgarmas tokli liniyaning solishtirma tannarxi taxminan 100 doll/kVt ni tashkil etadi. O'zgarmas tokli elektr liniyaning ancha arzon liniyasi va ancha qimmat podstantsiyasini o'zgaruvchan tokli liniya bilan solishtirish shunga olib keladiki, O'TUni qo'llash faqatgina uning uzunligining arzonlashishi podstantsiyaning qimmatligini qoplagandagina qo'llaniladi. Liniyaning bunday uzunligi, o'zgarmas va o'zgaruvchan tokli liniyalarning tannarxi teng bo'lgan uzunlik kritik uzunlik hisoblanadi.

Liniyaning kritik uzunligi turli xil mamlakatlarda bir xil emas, u aynan shu davlatdagi mavjud iqtisodiy faktorlar bilan aniqlanadi. Masalan, AQSh da kritik uzunlik 600 – 800 km ni, g'arbiy Yevropada esa 700 – 900 km ni tashkil etadi. Biroq, keltirilgan ma'lumotlar qaysi sharoitlarda olinganligi noma'lum.

Oxirgi yillarda Rossiya davlatida yangi iqtisodiy sharoitlarni hisobga olgan holda kritik uzunlikni aniqlash bo'yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Bunday tadqiqotlar quvvati 3000 MVt bo'lgan  $\pm 750$  kV o'zgarmas tokli elektr uzatish liniyalarini bir zanjirli 1150 kV li liniya bilan hamda ikki zanjirli 750 kV o'zgaruvchan tokli liniya bilan solishtirildi.

Bu tadqiqotlarning ko'rsatishicha, 1150 kV kuchlanishdagi bir zanjirli elektr uzatish liniyasining kritik uzunligi bu liniyaning zaryad quvvatining kompensatsiyalash xususiyatiga bog'liq ravishda 750 – 1000 km oraliqda yotadi. Bunda ishonchlilik (bir zanjirli liniya uzilishi va uning oqibatida) faktori hisobga olinmadi. Ishonchlilik faktori hisobga olinganda (ikki zanjirli 750 kV li liniya) kritik uzunligi 500–600 km gacha kamayadi. Bu ma'lumotlar Rossiyaning Yevropa qismidagi o'zlashtirilgan hududlar uchun olingan. Ancha og'ir sharoitlardagi Rossiyaning shimoliy va sharqiy

hududlarida uzoq masofalarga elektr uzatish bilan bog'liq muammolar ancha dolzarb bo'lmoqda, kritik uzunlik ancha kamaymoqda, liniya trassasini o'tkazishga ketadigan xarajatlar ancha ortmoqda.

Elektr uzatish liniya sxemasini tanlash, ayniqsa uzoq masofaga uzatishda, hamma vaqt ko'p variantli vazifa bo'lib xizmat qiladi. Uni yechishda nafaqat iqtisodiy ko'rsatkichlarini, balki odatdagi yoki boshqa variantni barcha texnik va tizimiy, jumladan, o'zgarmas tokli elektr uzatish liniyasining xarakteristikalarini hisobga olish kerak.

### **Sinov savollari**

1. O'TU texnik iqtisodiy ko'rsatkichlarini sanab o'ting.
2. O'zgarmas tokli liniyalar qancha masofadan so'ng o'zining tan narxini oqlaydi?
3. O'zgarmas tokli liniyalarning tannarxini tushuruvchi omillarni ayting.

### **18-ma'ruza**

#### **O'zgarmas tokli boshqariladigan egiluvchan liniyalar**

Elektr energiyani uzatish va taqsimlash hozirgi vaqtda asosan o'zgaruvchan tokli liniyalarda amalga oshirilmoqda. XX asrning ikkinchi yarmida bu liniyalarning qurilishi jadallik bilan o'sishi rivojlangan davlatlarda shunga olib keldiki, yangi liniya barpo etish ancha qiyinlashdi, asosan yerning qaytarishi bilan bog'liq. Ayni vaqtda yuklamalarning davomli ortishi murakkab birlashgan tarmoqlardagi mavjud elektr uzatish liniyalarining tok o'tkazish qobiliyatini oshirishni va ularning holatini boshqarishni talab etmoqda. Shuning uchun oxirgi yillarda bu vazifaning mumkin bo'lgan yechim yo'llari intensiv ravishda muhokama qilinmoqda.

Hozirgi vaqtda, o'zgaruvchan tokli liniya parametrlarini o'zgartira oladigan va undan o'tadigan quvvat oqimini boshqara oladigan bir qator qurilmalar ishlab chiqilgan. Bunday, ushbu qurilmalar bilan jihozlangan liniyalar egiluvchan liniyalar degan nomni oldi.

Egiluvchan liniyalar quyidagilarga imkon beradi:

- mavjud liniyalarning issiqlik o'tkazish qobiliyatini o'tkazgichlarning qizish darajasigacha oshirish;
- dispetcher talablariga mos ravishda murakkab bir xil bo'lmagan tarmoqlarda quvvatning majburiy taqsimlanishni ta'minlab berish;
- tizim turg'unligini oshirish.

Shuni ta'kidlash zarurki, bu ishning boshlanishi XX asrning 60-yillarida, qachonki bir qator davlatlar katta tez ta'sirli reaktiv quvvatning statik manbalari bo'yicha tadqiqot qilinganda zarur edi. Bu qurilmalar elektr energetika tizimining alohida tugunlardagi kuchlanishni barqarorlashtirish imkonini beradi va shu bilan birga elektr uzatish liniyalarining quvvat o'tkazish qobiliyatini va tizim turg'unligini oshiradi. Bunday qurilmalarning bir necha turida tadqiqotlar o'tkazildi va ular ichidan bir qancha tajriba ishlab chiqarish namunasi yaratildi. Biroq bu qurilmalarning hozirgi vaqtda keng qo'llanilishiga yetarli darajadagi quvvatli tiristorlarning, asosan to'liq boshqariladigan (qulflanadigan) tiristorlarning yo'qligi to'sqinlik qilmoqda.

Hozirgi vaqtda sanoatda 4–6 kV kuchlanishdagi va 1–3 kA tokdagi qulflanadigan tiristorlarni ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan. Bu yangi turdagi, ya'ni qo'yilgan vazifani yechishda qabul qilinishi mumkin bo'lgan qurilmalarni yaratish imkonini beradi.

Shuni ko'rsatish mumkinki, o'zgaruvchan tokli liniyadan uzatiladigan quvvat, liniya oxiridagi kuchlanishga, ular o'rtasidagi faza siljish burchagiga va bu liniyaning reaktiv qarshilik yig'indisiga bog'liq. Shuning uchun bu liniyaning quvvatini boshqarishda quyidagilarni amalga oshirish mumkin:

- modomiki, kuchlanish bir necha rejimlarda, asosan avariya dan keyingi rejimlarda kuchlanish kritik kichik qiymatlargacha o'zgarar ekan, yetishi mumkin murakkab tarmoqlardagi tugunlarda kuchlanish, kuchlanishni uning oxirida barqarorlash yo'li bilan;

- liniya oxiridagi kuchlanishlar o'rtasidagi faza siljishini o'zgartirish bilan;

- liniyaning summaviy reaktiv qarshiligini o'zgartirish bilan;

- bu usullarni kombinatsiya qilish bilan.

Bu bilan mos ravishda barcha, o'zgaruvchan tokli liniyaning quvvat o'tkazish qobiliyatini va quvvatini boshqarishga mo'ljallangan qurilmalarni bir necha turlarga ajratishimiz mumkin.

Birinchi bo'lib ularga reaktiv quvvat manbalarini statik boshqaradigan, va elektr tarmoqlarining mos tugunlaridagi kuchlanishni barqarorlashtirishga mo'ljallangan hamda uning o'tkazish qobiliyatini oshiradigan, ya'ni statik tiristorli kompensatorlar (STK) deb nomlangan qurilma kiradi. Shu nuqtay nazardan STK oddiy sinxron kompensatorga o'xshaydi, biroq undan tez ta'sir etishi bilan farqlanadi. Bunday tipdagi qurilmalarga XX asrning 60-yillarida tadqiq qilingan qurilmalar kiradi.

Ikkinchi turdagi qurilmaga liniyaning summaviy reaktiv qarshiligini o'zgartira oladigan qurilma kiradi. Oxirgisida, asosan, induktiv qarshilikni, u liniyaga ketma-ket sig'implarni ulash yo'li bilan yoki liniyaga ketma-ket kuchlanishni qo'shish yo'li bilan, bu sig'imda ekvivalent kuchlanishni

o'zgartirish bilan amalga oshiriladi.

Liniyaga sig'imi qarshilikni qo'shish uning o'tkazish qobiliyatini oshirishligi avvaldan ma'lum. Bunday qurilmani bo'ylama kompensatsiyalovchi qurilma ( $BK_q$ ) deb nomlash qabul qilingan. Biroq oxirgi yillargacha bu qurilmalar boshqarilmaydigan qilib tayyorlangan. Ayni vaqtda berilgan liniyaning tarmoqning turli rejimlarida quvvat o'tkazish qobiliyatini o'zgartirish uchun boshqariladigan bo'ylama kompensatsiya kerak bo'ladi. Liniyaning qarshiligini boshqarish uchun elektroenergetik tizimdagi liniyada issiqlik jarayoni bo'lishi darkor.

Uchinchi turdagi qurilmalarga quvvat va o'zgaruvchan tokli liniyaning o'tkazish qobiliyatini rostlaydigan, liniyaga kombinatsiyalangan ta'sir etadigan – bir vaqtning o'zida liniya oxiridagi kuchlanish fazasini o'zgartiradigan va liniyaning qarshiligini o'zgartiradigan qurilmalar kiradi. Bunday ta'sir liniyaga bir qancha qo'shimcha kuchlanishni ketma-ket kiritish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bunda kuchlanishning reaktiv tashkil etuvchisi 90 el/grad ga siljiriladi, ya'ni ekvivalent  $BK_q$  ni qo'shib, aktiv tashkil etuvchisi esa liniya oxiridagi kuchlanishlar o'rtasidagi faza siljishi o'zgarishini ta'minlaydi.

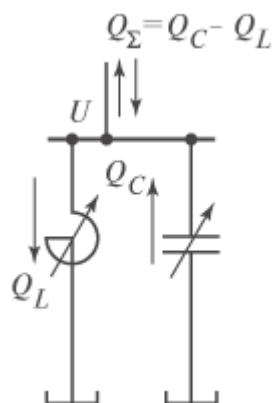
Yuqorida aytib o'tilgan qurilmalar turining texnik amalga oshirilishi mumkinligini ko'rib chiqamiz.

Elektr tarmoqlarining tugunlaridagi kuchlanishni barqarorlashtirishga mo'ljallangan, statik boshqariladigan reaktiv quvvat manbalari o'z navbatida, ikki turli bo'lishi mumkin.

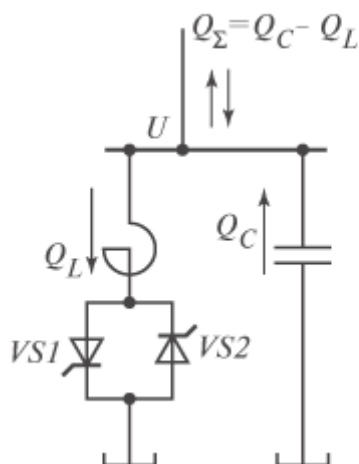
Bu qurilmalardan birinchisiga boshqariladigan reaktorlar va kondensatorlar batareyasidan foydalanishga asoslangan qurilmalar kiradi (40-rasm). Ularni parallel ulanganda barcha qurilmalarning quvvati kondensatorlar batareyasi va reaktorlar quvvatining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi:

$$Q_{\Sigma} = Q_C - Q_L.$$

Reaktor yoki kondensator batareyasi quvvatining o'zgarishi barcha qurilmalarning quvvatini o'zgartirishi mumkin. Bunda barcha qurilmalar reaktiv quvvatni ishlab chiqaruvchi kabi qabul qiluvchi sifatida ham bo'lishi mumkin.



40-rasm. Reaktor va kondensator batareyasi parallel ulangan STK

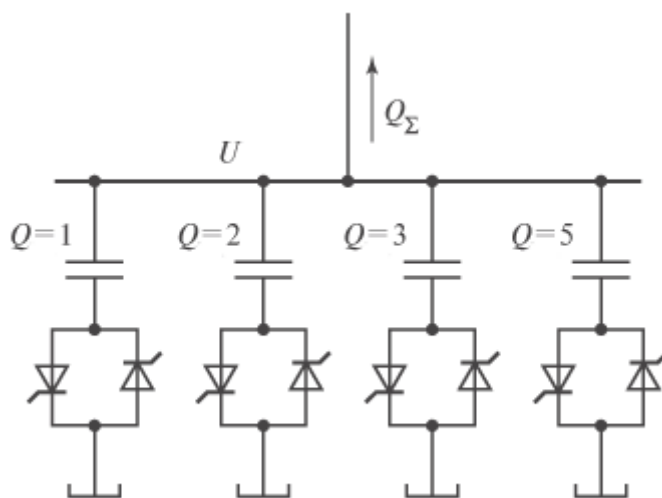


41-rasm. Tiristorli kalit yordamida reaktor quvvatini boshqarish

Reaktor quvvatini boshqarish tiristorli kalit yordamida (41-rasm) yoki reaktorning barcha o'zagini yoki uning alohida hududini magnitlash yo'li bilan bir tekis amalga oshirilishi mumkin. Tiristorli kalit bilan boshqariladigan reaktor quvvatni katta tezlik bilan o'zgartirishga va tarmoq kuchlanishi birdan o'zgarganda muqim bo'lgan, katta aniqlikda boshqarish qobiliyatiga ega. Bunday boshqarishning asosiy kamchiligi reaktor tokining nosinusoidalligi, yuqori garmonika toklarini kompensatsiyalash chorasiga ehtiyoj sezishligi hisoblanadi. Rossiyada ishlab chiqariladigan, o'zak hududi magnitlanadigan reaktorlar ushbu kamchilikni bartaraf etdi va katta tezlikda o'zgarishini va chuqur boshqarilishini saqlab qoldi. Hozirgi vaqtda bunday reaktorlar 500 kV kuchlanishgacha va faza quvvati bir necha o'n megavattgacha yetadigan qilib ishlab chiqarilmoqda. Ulardan qo'yilgan vazifani ishonchli tarzda yechadigan qilib foydalanilish mumkin.

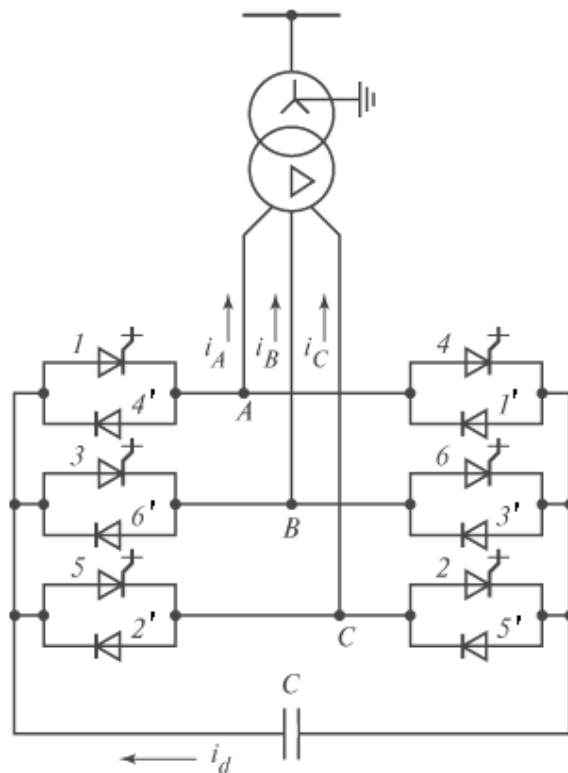
Kondensatorlar batareyasining quvvatini boshqarish reaktor quvvatini bir tekis o'zgartirishdan farqli o'laroq, faqatgina qadamma-qadam amalga oshirish mumkin. Bunday batareyalar turli quvvatli bir necha sektsiyalarga ajratilgan bo'lishi kerak va bu sektsiyalardan har biri tiristorli kalit yordamida

ishga tushirilishi kerak (41-rasm.). Hozirgi vaqtda ma'lumki, kondensatorlar batareyasining quvvatini boshqarish elektromexanik kontaktorlardan foydalanishga asoslangan. Agar talab saqlanib qolsa, seksiya ish holatida qoladi; talab tugashi bilan seksiya kalit yordamida ishdan chiqariladi. Buning uchun kondensator batareyasi yuqori tez ta'sirli va sinusoidal tok bilan ta'minlanishi kerak. Batareyalar seksiyasi sonini va uning quvvatlari munosabatini to'g'ri tanlashda, u o'chirilganda amalda kuchlanish barqaror qolishi uchun, batareyalar quvvatining boshqarilish pog'onasini 9–10% va kamroq ta'minlash kerak. Kondensatorlar batareyasiga bunday boshqariluvchi qurilmalar Rossiyada XX asrning 60-yillari va 80-yillari oxirida ishlab chiqilgan.



42-rasm. Tiristorli kalit yordamida kondensatorlar batareyasining quvvatini boshqarish

Reaktiv quvvatining statik manbaining boshqacha turiga, tarmoq kuchlanishini barqarorlashtirishga mo'ljallangan, reaktiv quvvatni ishlab chiqara oladigan va iste'mol qila oladigan tiristorli o'zgartirgichlarni kiritishimiz mumkin. O'z vaqtida bunga o'xshash bir qator o'zgartirgichlar ustida tadqiq qilingan va taklif qilingan, biroq ularni keng qo'llanmagan. Buning asosiy sababi qulflanadigan tiristorlarning yo'qligi va ulardan «sun'iy kommutatsiya» prinsipida foydalanilganligidir. Bu asosiy qurilmaning ishlar sharoitini og'irlashtiradi va uning tannarxini oshiradi.



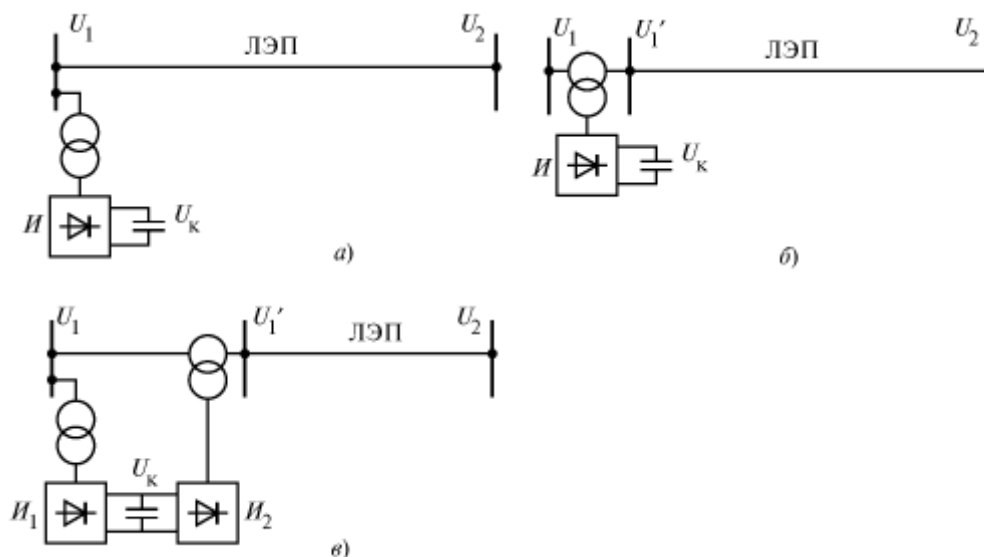
43-rasm. Kuchlanishning avtonom inventori:

1 – 6 – to'liq boshqariladigan tiristorlar; 1' – 6' – boshqarilmaydigan diodlar.

Statik qurilmalarning ikkinchi avlodiga, reaktiv quvvatni ishlab chiqarish va iste'mol qilish qobiliyatiga ega, diodlarga qarama-qarshi ulanib shuntlanadigan, qulflanadigan tiristorlardagi kuchlanishning avtonom inventori kiradi. Inventorli ko'prik tarmoqqa transformator orqali ulanadi. Bunda transformatorning birlamchi (tarmoq) chulg'ami, quyida ko'rsatilganidek, parallel ulangani kabi liniyaga ketma-ket ulanishi ham mumkin. Diodlar va tiristorlarning nomerlanishi ularning ochilish tartibiga mos holatda nomerlangan. Ko'prik qutblariga ko'prikning chiqishida kuchlanishning o'zgarasligini ta'minlash uchun kondensator ulangan.

Bunday inventarlarning ishlash prinsipi haqida shuni ta'kidlash kerakki, ular reaktiv quvvatni ishlab chiqara olgani kabi iste'mol ham qiladi va asosiysi uning tarmoqqa parallel ulanganda tarmoq kuchlanishini barqarorlashtiradi. Inventorlarni bir rejimdan ikkinchi rejimga o'tkazishda hamda reaktiv quvvatni ishlab chiqararishi yoki iste'mol qilishini tiristorlarga yuboriladigan boshqariladigan impulsni o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Agar inventor shinaga liniyaga parallel transformatorlar orqali ulangan bo'lsa (44 a- rasm), unda u quvvat oqimini parallel boshqaruvchi yoki statik kondensator (statkon) deb nomlanadi. Inventor ishlashida uning toki va kuchlanishida, O'zgaruvchan tok tarafida yuqori garmonikalar mavjud bo'ladi. Salbiy ta'sirlar natijasida ishdan chiqishining oldini olish uchun tizimda transformatorlar chulg'amlarining

turli ulanish sxemalaridan hamda yuqori garmonika toklari filtridan foydalaniladi.



44-rasm. Kuchlanishli avtonom inventorning tarmoqqa ulanishi mumkin bo‘lgan usullari:

a – quvvat oqimlarining parallel boshqarish STATKON; b – quvvat oqimlarini ketma-ket boshqarish ; v – quvvat oqimlarini universal boshqarish .

Ikkinchi turdagi qurilmaga liniyaning qarshiligini o‘zgartirish imkonini beradigan, agar kuchlanish inventorigini, yuqorida ko‘rilganidek, yoki ixtiyoriy boshqa boshqariladigan reaktiv quvvat manbalarini liniyaga transformator orqali ulanadigan (44b - rasm) qurilmalar kiradi. Bunda liniyada boshqariladigan  $q_{Uk}$  kuchlanish kiritiladi. Bu kuchlanish liniyadagi tokka nisbatan, ya‘ni sig‘im («-») va induktivlikka («Q») ekvivalent ulanib  $\pm 90$  el. gradga siljishi mumkin.  $U_k$  kattalikning o‘zgarishida liniyaning umumiy qarshiligi, o‘z navbatida uning quvvat o‘tkazishi ko‘payishi yoki kamayishi mumkin. Bu o‘zgarish tizimning holatiga bog‘liq ravishda boshqariladi. Ortiqcha zaryad quvvatini kompensatsiyalash uchun liniyaga qo‘shimcha induktivlikni kiritish kichik quvvatli holatlarda foydali sanalishi mumkin. Bunday boshqarishni quvvat oqimlarini ketma-ket boshqarish ( $q_{OKB}$ ) deb nomlash qabul qilingan.

Uchinchi turdagi qurilma, liniyaga kombinatsiyalangan ta‘sir etishga ega bo‘lgan, ikkita (parallel I1 va ketma-ket I2) inventordan tashkil topgan, o‘zgarma tokka umumiy kondensator orqali bog‘langan qurilma kiradi (44 v rasm). Inventorlar o‘rtasiga aloqani qo‘shilishi ularga o‘zaro aloqa va liniya bilan aktiv quvvat almashinishni ta‘minlab beradi. Bunday boshqarishni quvvat oqimini universal boshqarish ( $q_{OUB}$ ) deb nomlash qabul qilingan.

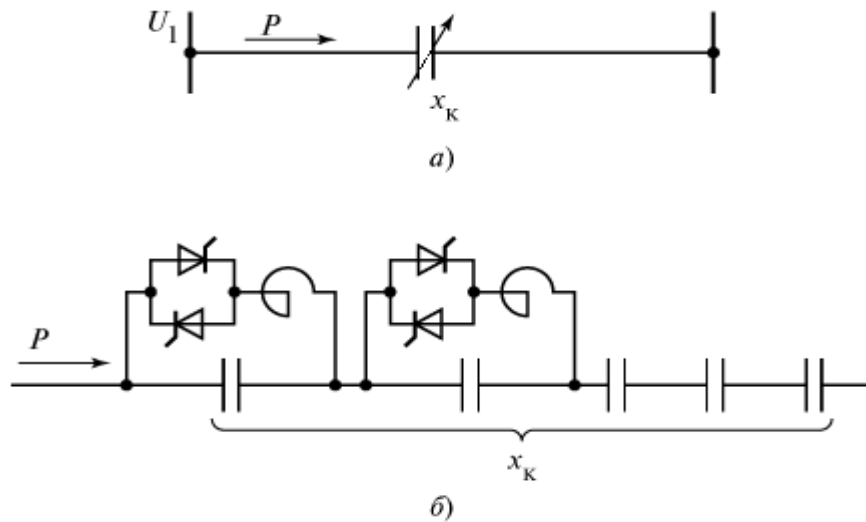
I2 inventori liniyaga ketma-ket ulangan transformator orqali  $U_k$

kuchlanishni kiritish yo'li bilan bu boshqaruvning asosiy vazifasini bajaradi. Bu kuchlanishning amplitudasi o'zgargani kabi liniyadagi tokka nisbatan fazani ham o'zgartiradi. Uning amplituda va fazasi bu inventorning aktiv va reaktiv quvvati orqali aniqlanadi. I2 tiristorli inventorga beriladigan boshqariluvchi impulslarning o'zgarishi hisobiga, liniya oxiridagi kuchlanish o'rtasidagi burchak va undan o'tuvchi aktiv quvvat o'zgarishiga qarab  $q_{Uk}$  faza vektorini 0 dan 360 el.grad diapazonda o'zgartira oladi.

I1 parallel inventor I2 inventorga o'zgarmas tokli aloqa bo'ylab aktiv quvvat uzatiladi yoki qabul qilinadi. Bundan tashqari, u reaktiv quvvatni ishlab chiqarish va iste'mol qilishi hisobiga, ushbu liniyaga ulangan tarmoq kuchlanishining barqarorligini ta'minlashi liniyaning mustaqil bo'ylama kompensatsiyalovchisi hisoblanadi.

Shunday qilib,  $q_{OUB}$  o'ziga bir onda uchta apparat xususiyatlarini mujassamlashtiradi: reaktiv quvvatning statik kompensatori, bo'ylama kompensatsiya va faza siljituvchi transformator qurilmasi, liniya parametrlarini bo'ylama va ko'ndalang kompensatsiyalash va liniya oxiridagi kuchlanishlarning faza kuchlanishlarining siljishini kompensatsiyalash reaktiv quvvat oqimini boshqarish imkonini berganidek aktiv quvvat oqimini boshqarish imkonini ham beradi. Shuning uchun,  $q_{OUB}$  liniyadagi quvvat chayqalishini sezilarli dämpferlash imkonini beradi va kuchsiz tizimlararo aloqada quvvat oqimini boshqarish uchun qo'llaniladi.

Bo'ylama kompensatsiyalovchi qurilmasi mavjud liniyalarda liniyaning o'tkazuvchanlik xususiyatini boshqarishda kondensator batareyasining qarshiligini o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Buning uchun kondensator batareyasi bir necha ketma-ket ulangan, tiristorli kalit bilan shuntlangan sektsiyalarga ajratiladi (45- rasm). Normal rejimda bu kalitlar yopiq, ya'ni kondensator batareyasining bir qismi ishlamaydi. Liniyaning o'tkazuvchanligini oshirish zarur bo'lganda, masalan, avariya dan keyingi rejimlarda, bu kalitlarning bir qismi yoki barchasi tiristorlarga yuboriladigan boshqariladigan impulslarni to'xtatish yo'li bilan uzib qo'yiladi. Natijada, liniyaga kirgizilgan sig'imiylar qarshilik ortadi va bu liniyaning o'tkazuvchanlik xususiyati oshadi.



45- rasm. Bo‘ylama kompensatsiyani boshqarish qurilmasi:  
a – kompensatsiyalanuvchi liniyaning sxemasi; b – tiristorli kalit yordamida  
bo‘ylama kompensatsiyani boshqarish

Bugungi kungacha yig‘ilgan tajribalar shuni ko‘rsatadiki, egiluvchan liniya apparaturalarini qo‘llash energotizim xarakteristikasini o‘zgartirish va bir qator holatlarda, oxirgi yillardagi bir qator qiyin iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy muammolar bilan bog‘liq bo‘lgan, yangi liniya qurmasdan quvvat oqimi ortadigan liniyalarda quvvat o‘tkazishni ta‘minlash imkonini bermoqda.

### Sinov savollari

1. Egiluvchan liniyalar qanday afzalliklarga ega?
2. Egiluvchan liniyalarning quvvatini boshqarishda qanday ishlarni amalga oshirish kerak?
3. Tiristorli kalit yordamida reaktor quvvati qanday boshqariladi?
4. Kondensatorlar batareyasining quvvatini boshqarish nimaga asoslangan?
5. Qanday boshqarilish sxemalarini bilasiz?

## Adabiyotlar

1. Электроэнергетика России. (Статистический обзор.) - М.: Информэнерго, 2000г.
2. Зуев Э.Н., Федин В.Т. О классификации и терминологии в области воздушных линий электропередачи новых типов. // Электричество. 1991г. № 10. С. 29—38.
3. Правила устройства электроустановок. - 6-е изд. М.: ЗАО «Энергосервис», 2000г.
4. Электрические системы. Электрические сети: Учеб. для электроэнергетических специальностей вузов. / Под ред. Веникова В.А., Строева В.А. — 2-е изд. М.: Высшая школа, 1998г.
7. Электротехнический справочник: В4т. Т.3. Производство и распределение электрической энергии. - 8-е изд. М.: Издательство МЭИ, 2002г.
8. Чунчин В.А. Полимерные изоляторы. Опыт организации производства и эксплуатации. // Энергетик. 2001г. № 6. С. 14—19.
9. Obratsov Yu.V., Huvalov M.Yu., Mavrin M.A. Water treeing as diffusion — with — reaction process. G`G` 5th International conference on insulated power cables. 20—24 June 1999g, Versailles, France. Paper V. Z.5. P. 412—17.
10. Jurgen Schlabbach, Karl-Heinz Rofalski. Power Sytsem Engineering Planning, Design and Operation of Power Sytsems and EquipmentWiley-VCh Verlag GmbH & Co. KGaA, Germany, 2014g. Paper V. 5. P. 341.
11. Electric Power Generation, Transmission and Ditsribution Edited by Leonard L. Grigsby 2006, CRC Press Taylor & Franscis Group.
12. Ивакин В.Н., Сисоева Н.В., Худяков В.В. Электропередачи и вставки постоянного тока и статические тиристорные компенсаторы. / Под ред. В.В. Худякова. М.: Энергоатомиздат, 1993г.
13. Кощев Л.А. Электропередачи постоянного тока. Нужны ли они России. // Электричество. 1999г. № 3. С. 29—36.
14. Ивакин В.Н.,Ковалев В.Д., Худяков В.В. Гибкие электропередачи переменного тока.// Электротехника. 1996г. № 8. С. 16-21.
15. Кочкин В.Н., Щакарян Ю.Г. Режимы управляемых линий электропередачи. // Электричество. 1997г. № 9. С. 2—8.
16. Рыжов Ю.П., Бумагин Н.Ю. Современные пути создания управляемой линий электропередачи.//Вестник МЭИ. 1999г. № 4. С. 48—51.

## Mundarija

|                                                                                                    | bet. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. Asosiy tushunchalar                                                                             | 3    |
| 2. Havo liniyasining umumiy xarakteristikalar va uning<br>ishlash sharoiti                         | 6    |
| 3. O'tkazgichlar va yashin qaytaruvchi trosslar.<br>Tayanchlar klassifikatsiyasi                   | 9    |
| 4. Izolyatorlar va liniya armaturalari                                                             | 20   |
| 5. Geometrik xarakteristikalar                                                                     | 27   |
| 6. Kichik kuchlanishdagi (1kVgacha) kuch kabellar.                                                 | 31   |
| 7. Yuqori kuchlanishdagi kuch kabellari. Yuqori kuchlanishli o'zgar-<br>mas tokdagi kuch kabellari | 35   |
| 8. Kuch kabellarining armaturalari                                                                 | 39   |
| 9. Havo elektr uzatish liniyasining o'tkazgichlari                                                 | 42   |
| 10. Havo EUL da osiladigan optik- tolali kabellar                                                  | 44   |
| 11. Elektr uzatish liniyasi uchun o'ta o'tkazuvchan kabellar – kelajak<br>kabellari                | 46   |
| 12. O'zgarmas tokli elektr uzatish yo'lini o'rnatish va<br>qo'llanish sohalari                     | 48   |
| 13. Jahon elektroenergetika tizimida qo'llanilayotgan o'zgarmas tok<br>obyektlari                  | 54   |
| 14. O'zgarmas tokli kiritma va elektr uzatish sxemasi                                              | 60   |
| 15. O'zgartirgichlarning energetik xarakteristikalar                                               | 78   |
| 16. O'zgarmas tokli havo va kabelli liniyalar. O'zgartiruvchi<br>podstansiyaning asosiy jihozlari  | 83   |
| 17. O'zgarmas tokli elektr uzatish liniyalarining texnik – iqtisodiy<br>ko'rsatkichlari            | 90   |
| 18. O'zgarmas tokli boshqariladigan egiluvchan liniyalar                                           | 92   |
| Adabiyotlar                                                                                        | 101  |

Qaydlar uchun

Tuzuvchilar - Gayibov T.SH., Xabibulina A.T., Abdubannaev J.X.  
«Elektr uzatish liniyasining konstruktiv-mexanik qismlari» fanidan ma'ruza  
matni.

Muharrir: Sidikova K.A.  
Musahhih: Miryusupova Z.M.