

**TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI  
TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**A.Meredow**

# **Elektrik üpjünçiligi**

**Hünär :** “Elektrik üpjünçiligi”

Aşgabat 2010

## SÖZBAŞY

Garaşsyz baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljegimiz bolan ýaşlaryň dünýäniň iň ösen talaplaryna laýyk gelýän derejede bilim almagy üçin ähli işler edilýär.

Hormatly Prezidentimiz döwlet başyna geçen ilkinji gününden bilime, ylma giň ýol açdy, Türkmenistan ýurdumyzda milli bilim ulgamyny kämilleşdirmek boýunça düýpli özgertmeler geçirmäge girişdi.

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň “Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda” 2007-nji ýylyň 15-nji fewralyndaky Permany bilim ulgamyndaky düýpli özgertmeleriň başyny başlady.

Häzirki zaman milli bilim ulgamyndaky döwrebap özgertmeler ýaş nesliň ýokary derejede bilim almagyna we terbiýelenmegine, giň dünýägaraýyşly, edep- terbiýeli, tämiz ahlakly, kämil hünärmenler bolup ýetişmeklerine uly ýardam edýär.

Hormatly Prezidentimiz ýygnaqlarda, uly Döwlet maslahatlarynda milli maksatnamada göz önünde tutulan meseleleriň çözülişleri, durmuşa geçirilişini esasy üns merkezinde saklaýar. Milli maksatnamada ilaty elektrik energiýasy bilen üpjün etmegi gowulandyrmak barada öňde goýulan wezipeleri üstünlikli durmuşa geçirmek üçin, energetika ulgamlarynda işlejek ýokary bilimli hünärmenleri dünýä derejesinde taýýarlamak esasy mesele bolup durýar. “Elektrik üpjünçiligi”, “Senagat desgalarynyň we tehnologiýa toplumlaryň elektrohereketlendirilişi hem-de awtomatlaşdyrylyşy” hünärleri we beýleki energetiki ugurlar boýunça bilim alýan talyp ýaşlaryň Türkmenistanyň syýasy – ykdysady ösüşlerini göz önünde tutup, Watanymyzyň gülläp ösmegi, halkymyzyň hal – ýagdaýynyň gowulanmagy üçin ýokary derejeli

hünärmenleri taýýarlamagyň esasy bolup durýanlygy aýdyňdyr.

Hususy soraglardan energiýany ösdürmegiň häzirki zaman çeşmeleriniň, ulgamlarynyň işleýşi, ulanylyşy, olary kämilleşdirmek baradaky meseleleri çözmäge mümkinçilik berýän talyplaryň nazary pikirlerini ösdürmek meselesi dersiň esasy bolup durýar.

Energetiki ulgamlaryň sazlaşykly işlemekleri, halk hojalygynda ýerlikli peýdalanmak, energiýany hasaba almak, energetiki resurslary ulanmaklygyň ähmiýetliligini, tygşytlylygyny talyplara öwretmek dersiň esasy tutýar. Häzirki döwürde ekologiki taýdan arassa, ykdysady taýdan arzan, konstruksiýasy boýunça ýönekeý energetiki enjamlary gurmaklygyň, peýdalanmaklygyň tehniki usulyýeti öwredilýär.

Elektrik we mehaniki enjamlar boýunça, şeýle hem umumy senagat maksatly mehanizmleri häzirki zaman elektroenergetik ulgamlarda ulanylýan elektrik maşynlary we transformatorlaryň esasy gurluş bölekleriniň häzirki zaman talabyna laýyk gelýän hemme elementleriniň ýerleşýän we ulanylýan shemaly çözgütleriniň düşünjesini almak dersi öwrenmegiň maksady bolup durýar.

## GIRIŞ

Energetikada, önümçiligiň pudagy hökmünde, elektrik we ýylylyk energiýany öndürmek, energiýanyň bu görnüşlerini halk hojalygynyň hemme pudaklarynda geçirmek we ulanmak maksady bilen tebigy ýangyç – energetiki serişdeleriniň özgertmek işleriniň toplumyny öz içine alýar.

Energetika halk hojalygynyň we senagatyň beýleki pudaklaryndan özüni tapawutlandyran özbolşly aýratynlyklara eýedir. Energiýany öndürmekligiň we ulanmaklygynyň wagtlarynyň gabat gelmegi, energetikanyň has häsiýetli tehnologiki aýratynlygy bolup durýar.

Elektrik energiýany sarp edijileriň arasynda senagat kärhanalar birinji ýeri eýeleýärler. Senagatda elektroenergiýa güýç, tehnologiki maksatlara we adamlaryň işi üçin kadaly şertleri döretmeklige sarp edilýär. Elektrik peýdalanmagyň hemme ugurlary boýunça elektrik gurnalmanyň ýokarlanmagy netijesinde we elektrik energiýanyň tehnologiki peýdalanmagy we önümçiligiň toplumlaýyn amortizasiýalaşdyrylmagynyň hasabyna zähmet öndürijiligi ýokarlanýar.

Diýmek, jemgiýetçilik önümçiliginiň peýdalylygynyň ýokarlanmagy elektrik energiýanyň önümçiliginiň tygşytlylygy, peýdalanmagy we ulanylmagy bilen kesgitlenýär.

Elektrik energiýany öndürmeklik elektrik stansiýalarda ýerine ýetirilýär, elektrik energiýany geçirmekde we paýlamakda elektrik setler hyzmat edýärler, elektrik energiýanyň kabul edijileri ony energiýanyň başga görnüşlerine ýylylyk, ýagtylyk, mehaniki we ş.m. geçirýärler.

Elektrik energiýanyň peýdalanmagyň we öndürmegiň elektrik üpjünçilik ulgamlarynda wagtlarynyň

gelmegi, iýmitlenme çeşmelerinde we elementleri ätiýaçlandyrmada esasy meseleleri öňe sürýär. Ätiýaçlandyrmagyň maksady ýokary derejede ygtybarlygy we üznüksiz elektrik üpjünçiligi, şeýle hem elektrik energiýanyň ýokary hilli ululyklarynyň kadalylygyny üpjün etmek bolup durýar. Elektrik üpjünçiligiň bozulmasy ulanyjylarda ykdysady zyýana getirýär.

Senagatda, energiýany doly goýberilmän bolýan, ýitgiler öndürilýän önümiň görnüşine, tehnologiýa aýratynlyklara we önümçiligiň öz-özüne düşýän gymmatyna, kärhananyň kuwwatyna we elektrik üpjünçililigi arakesmesiniň dowamlylygyna baglydyr.

Elektrik getirme boýunça hünärmen öz (tejribe) praktiki işleri boýunça senagat kärhananyň elektrik üpjünçilik ulgamynyň funksionirlenmesi bilen ysnyşykly bagly, sebäbi kärhananyň tehnologik gurnamalarynyň we mehanizmleriniň öndüriligi we işiniň ýokary hilliligi şoňa bagly bolup durýar. Senagat kärhanalaryň elektrik üpjünçilik ulgamlary ulanylanda elektrik energiýany dogry sarp etmegi tehnologiýa gözyetimden däl-de, ykdysady gözyetimden hem napryženiýäni saýlamagy, ýüklenmäni kesgitlemegi, podstantsiýalaryň transformatorlarynyň görnüşlerini, sanyny we kuwwatyny saýlamagy, şeýle-de hem kommutasion apparatlary we goraw apparatlary saýlamagy ýerine ýetirmek zerurdyr. Soraglaryň jogaplary şu okuw kitabynda beýan edilendir.

## **B I R I N J I   B A P**

### **ELEKTRIK ENERGIÝANY ÖNDÜRMEK, GEÇIRMEK WE PAÝLAMAK**

#### **1.1. Elektrik stansiýalaryň umumy häsiýetnamasy**

Elektrik stansiýa, elektrik kä ýagdaýlarda ýylylyk energiýany hem öndürýän senagat kärhanany özünden emele getirýär.

Häzirki wagt elektrik stansiýalaryň şu görnüşlerini ulanylýarlar:

1. Ýylylyk elektrik stansiýalar (ÝES) bu ýerde organiki ýangyjyň (kömür, nebit, gaz) ilkinji energiýasy elektrik energiýa öwrülýär. Kondensat ýylylyk elektirk stansiýalara (KES), ýylylyk elektrik merkezlere (ÝEM) we gazyrbinaly elektrik stansiýalara (GTES) bölünýärler. Sarp edijileriň uly etrabyna hyzmat edýän iri KES-ler döwlet elektrik stansiýalar adyna eýe boldular. Döwletiň 70% elektrik energiýasyny Ýylylyk elektrik stansiýalar öndürýärler.

2. Gidroelektrik stansiýalar (GES) suwuň mehaniki energiýasyny elektrik energiýa öwrülýärler. GES-ler ýurtda 14,8% çenli elektrik energiýany işläp çykarýarlar. Gidroelektrik stansiýalara suwuň energiýasyny tygşytlap saklaýan gidroakkumulirleýji elektrik stansiýalary (GEAS) degişlidir.

3. Atom elektrik stansiýalar (AES) uran ýangyjjyny dargama energiýasynyň elektrik energiýa öwrülýär. Atom elektrik stansiýalar döwletiň 14,2% çenli elektrik energiýasyny öndürýärler.

4. Kadalaşdyrylmadyk energiýanyň çeşmelerini ulanylýan beýleki elektrik stansiýalar, şol sanda täzelenýärler gidroelektrik, geotermal (ýer asty termal

suwlary ulanmak), ýelli we gün energiýaly (geliostansiýasy), akyp gelme elektrik stansiýalar. Elektrik energiýany öndürmekligiň umumy göwrüminde olaryň paýy bir göterimden-de az.

Bellenilen kuwwat boýunça dürli görnüşli elektrik stansiýalaryň düzümi ýurduň çäkleri boýunça energo serişdeleriň ýerleşmegine we barlygyna, stansiýalaryň tehniki-ykdysady görkezijilerine we ýangyjy ulaglama çykdajylara we ş.m. bagly.

Elektrik stansiýalaryň esasy görnüşleriniň deňeşdiriji häsiýetnamasy I.I tablisada görkezilen.

Kondesat ýylylyk elektrik stansiýalary (KES) mümkin boldugyça alynýan ýerlere golaý gurýalar. Kondesat ýylylyk elektrik stansiýalary birlik kuwwaty 300, 500, 800 MWt bolan blokly desgalar yzygider (gazan – turbagenerator – ýokarlandyryjy transformatorlar) gurnaýalar.

Elektrik stansiýalaryň deňeşdiriji häsiýetnamasy.

1.1.-nji tablisa

<b>Elektrik stansiýalaryň görnüşleri</b>	<b>KES</b>	<b>ÝES</b>	<b>GES</b>	<b>AES</b>
Udel serişde goýumlary $K_0$ (girizilen kuwwatyň 1 kWt gymmaty), man/(kWt/sag)	100-150	165-200	190-350	200-300
Elektrik energiýanyň öz-özüne düşýän gymmaty $C_0$ , teňňe/(kWt/sag)	0,5-1,0	0,3-0,8	0,04-0,2	0,45-0,8

Gurluşyk möhleti $T_m$ , ýyl	3-6	4-6	5-8	5-8
Elektrik energiýany ýylda öndürmeklik, %	71		14,8	14,2

Kondesat ýylylyk elektrik stansiýalary desgalaryň aýratynlyklary olaryň haýal hereket etmeginde bolup durýar: işe goýbermäge taýýarlyga öwrülme, sinhronizirleme we ýüklenmäni saýlap almaga 3-6 sagat gerek bolýar. Sebäbi olar aralyk ýüklenmeli iş tertibi saýlap alýarlar. Kondesat ýylylyk elektrik stansiýalaryň bellelen kuwwaty desgalaryň jemlenen kuwwaty bilen kesgitlenýär.

Desganyň blogynyň kuwwatyna ýangyjyň udel çykdaýjylary (gaz, mazut) bagly bolup durýar. (1.2-nji tablisa)

Ýangyjyň udel çykdaýjylary.

1.2-nji tablisa

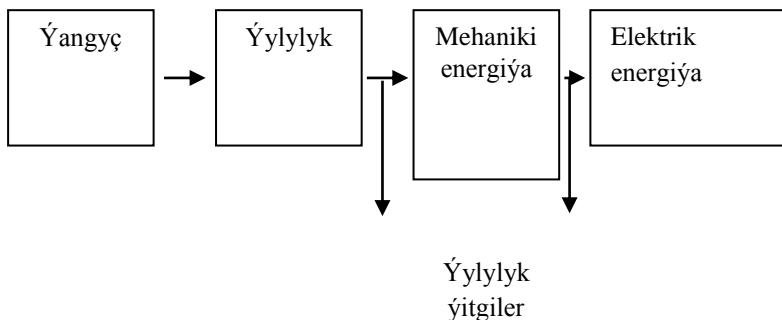
Blogyň kuwwaty, $MW_t$		300	800	1200
Ýangyjyň udel çykdaýjysy, $G/(kW_t/sag)$	gaz	318	312	308
	mazut	320	314	310

Kondesat ýylylyk elektrik stansiýalaryň peýdaly täsir koeffisiýenti 32-40% ýokary bolmaýar.

Ekologiki gatnaşykda Kondesat ýylylyk elektrik stansiýalary howany hem hapalaýan stansiýa bolýar: Kondesat ýylylyk elektrik stansiýalardan 60-65% ýylylyk energiýasy gyzdyrylan suw we gyzgyn gazlar görnüşinde daşymyzy gurşaýan sredalara ýaýradylýar. Kondesat



ýylylyk elektrik stansiýalar görnüşli stansiýalaryň tehnologiýa çyzygy elektrik energiýany öndürmegiň esasy zygiderliginiň gidişiniň esasynda gurulýar. (1.1-nji çyzygy).



1.1-nji çyzygy. Energiýany  
özügmegiň çyzygy.

Eger-de ýangyç ýananda alynýan ýylylygy 100% edip alsak, onda şol ýylylykdan bary-ýogy 25% elektrik energiýa öwrülýär.

Energiýany öwürmek gazanly agregatda, turbageçirijilerde, turbageneratorlarda we kondensatorlarda ep-esli ýitgiler bilen geçirilýär. Kondensatory sowadyjy suw bilen 55% ýylylyk alyp gidilýär. Şol wagtyň özünde himiki, tekstil, azyk, metallurgiýa we başg. Ýaly senagat pudaklaryna tehnologiýa maksatlary üçin ýylylyk zerur bolup durýar. Ýaşaýyş jaýlary ýylatmak üçin gyzgyn suw talap edilýär. Şonuň üçin ýylylyk elektrik stansiýalaryň buggeneratorlaryndan alynýan bugy elektrik energiýany çykarmak üçin bolşy ýaly, sarpedijileri hem ýylylyk bilen üpjün etmeklige ulanmalyk maksada laýyk bolar. Şeýle

işleri yerine ýetirýän elektrik stansiýalary diýip atlandyrylýarlar.

Kondensasion stansiýalaryň turbinalarynda işlenip çykarylýan bug  $t=25-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  bolýar, şonuň üçin karhanalarda tehnologiýa işlerde ulanmak üçin ýaramsyz bolýar. Sarp ediljilere zerur bolan görkezijili görkezijili pugy almak üçin bugy aramlaýyn saýlap alýan turbinalar ulanylýarlar. Şeýle turbinalarda, buguň bir bölegi turbinalary herekete getirmek üçin sarp edilende we onuň ölçegleri peselenden soň, buguň kä bir bölegini sarp ediljiler üçin saýlanýar. Buguň galan bölegi adaty tertipde turbinada ulanylýar we soňra kondensatora barýar. Bu ýagdaýda elbetde, elektrik energiýany çykarmaga ýangyjy sarp etmeklik birneme ýokarlanýar, emma elektrik energiýany we ýylylygy çykarmaga ýangyjyň umumy çykdajysy olara aýratynlykda öndüreniňden az bolýar.

Ýylylyk energiýanyň has doly sarp edilmegine baglylykda ýylylyk elektrik merkezleriň peýdaly täsir koeffisiýenti 60-65% ýetýär, şol wagtyň özünde Kondesat ýylylyk elektrik stansiýalaryň peýdaly täsir koeffisiýenti 40% ýokary bolmaýar.

Ýylylyk we elektrik energiýany bilelikde çykarmagyň esasynda merkezleşdirilen ýylylyk üpjünçiligiň ep-esli ähmiýeti bar: senagat kärhanalaryň we hyzmatlaryň ýylylyk talaplarynyň esasy bölegini üpjün edýär, ýylylyk – elektrik serişdeleriniň, şeýle hem ýylylyk üpjünçilik ulgamlarynda maddy we zähmet çykdaýjylaryň sarp edilmesini peseldýär. Emma ýylylyk elektrik merkezleriň iş tertibi gije-gündizde ýa-da ýylyň dowamynda ýylylyk sarp etme tertibi bilen kesgitlenýär we energetik ulgamda işlände pikowyý we ýarym pikowyý ýüklenmeleri ýapmak üçin ýylylyk elektrik merkezleri ulanmaklygy mümkin bolmaýar.

Gazturbina gurnamalary (GTG) adyny alan, gazturbina enjamlaryň esasyndaky ýylylyk elektrik

stansiýalar, içki jisimler hökmünde ýangyjyň howa ýa-da ýokary basyşda we temperaturada gyzdyrylan howa bilen ýanma önümleriň garyndysyny ulanýarlar. Gaz turbinalarda gazlaryň ýylylyk energiýasynyň turbinanyň rotorynyň aýlanmasynyň kinetik energiýa öwürülmesi bolup geçýär. Gazturbina gurnamalarda işlenip çykarylan gazlar ondan çykanlarynda ýokary temperaturaly bolýarlar, bu bolsa gurnamanyň peýdaly täsir koeffisiýentini peseldýär. Şol sebäpden birleşdirilen gurnamalar giňden ulanmany tapdylar, bu ýerde gaz we bugturbinalaryň abzallary ýangyç ýananda alynýan ýylylygy bilelikde sarp edýärler. Bu bolsa gurnamanyň peýdaly täsir koeffisiýenti ni 8-10% ýokarlandyrmaga (44% çenli) mümkinçilik berýär.

#### Gidro elektrik stansiýalar

Gidro elektrik stansiýalar (GES) suwuň energiýasyny elektrik energiýa öwürýärler. Gidro elektrik stansiýalaryň kuwwaty gidroturbinalaryň pilçelerine näçe suw köp geldigiçe we näçe ýokary basyşy bolduguça şonçada ýokary bolýar.

Stworyň kesiginden akyp geçýän suwuň akymynyň kuwwaty, suwuň sarp edilişi  $Q$ , bendiň gurulan ýerinde howuzda akym boýunça pes aşakgy beýtdе we howuzda akym boýunça ýokarky (beýkdе) suwuň derejeleriniň aratapawudynyň beýikligi bilen kesgitlenýär. Ýokarky we aşakky howuzlaryň suwlarynyň derejesiniň tapawudyna  $H$  basyş (napor) diýilýär. Suw  $Q$ ,  $m^3/s$  sarp etmede we zarbada,  $Hm$  Gidro elektrik stansiýalaryň hereketegetirijilerinde stwordaky suwuň akymynyň hemme kuwwaty ulanylmaýar, sebäbi energiýa ýitgileri bolýar. Bu bolsa peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK)  $\eta$  bilen hasaba alynýar, şonuň üçin Gidro elektrik stansiýalaryň kuwwaty  $kWt$ , şeýle kesgitlenýär.

$$P_{GES} = 9,81 QH\eta. \quad (1.1)$$

Gidro turbinalarda suwuň energiýasy turbinanyň çarhynyň aýlawynyň mehaniki energiýasyna öwrülýär. Turbina bilen generator umumy çark bilen bagly. Aýlaw ýygyllyklary generatoryň rotorynyň polýuslarynyň jübütleriniň sanyna we üýtgeýän toguň ýygyllygyna  $f = 50$  Gs

bagly. Gidro elektrik stansiýalaryň turbinalarynyň kuwwaty birnäçe kWt-dan 500 MWt çenli Gidro elektrik stansiýalar, onlarça sekundlar bilen ölçenýän ýüklenmäni aýyrmak we ýygnamak ýokary tizlik bilen häsiýetlenýär.

Akymy gije-gündiz sazlanýan Gidro elektrik stansiýalar, energo ulgamda ýokary ýüklenmeleri ýapmak üçin ulanylýarlar.

Gidro akkumulirleýji elektrik stansiýalar (GAES), hem ýüklenmäniň ýokary derejelerini ýapmak üçin birleşdirilen elektrik ulgamlarda ulanylýarlar. Haçanda ulgamda ýüklenme minimal bolanda, Gidro akkumulirleýji elektrik stansiýalar pesdäki howuzdan ýokarda suwy geçirýär. Elektrik ulgamyň ýüklenmesiniň ýokarky derejesinde Gidro akkumulirleýji elektrik stansiýalar gidro elektro stansiýa ýaly generator tertipde işleýär, we ýokarky suw howdanynda ätiýaçlykda goýulan suwy sarp edýär, ýagny başga enjamlar bilen iş ýerine ýetirilýär. Takmynan, gije-gündizde dört sagatlap stansiýa generator tertibinde işleýär, baş sagatlap hereketlendiriji tertibinde, galan wagtda sinhron kompensator tertibinde işläp bilýär.

Atom elektrik stansiýalarda (AES)

Uranyň ýadrolarynyň bölünmesi netijesinde alynýan energiýa, bugyň ýa-da gazyň ýylylyk energiýasyna öwrülýär, soňra elektrik energiýa öwrülýär.

Bölünmäniň dolandyrylýan zynjyrlý ýadro reaksiýasy bolup geçýän **desga** ýader reaktor diýilýär. Atom elektrik stansiýalar aslynda turba elektrik stansiýalardan diňe, ýangyjyň ýanmagynyň hasabyna däl-de dolandyrylýan

ýader reaksiýanyň bölünmesiniň hasabyna işçi jisimiň ýylylyk alýany bilen tapawutlanýar.

Atom elektrik stansiýalaryň enjamlarynyň hereket edişi pes bolup bahasynyň ýokary gymmaty bolýar, şol sebäpden tehniki-ykdysady tarapdan Atom elektrik stansiýalaryň işini ýüklenmäniň hemişelik grafigi bilen ýerine ýetirmek maksadalaýyk.

Elektrik stansiýalar, sarp edijileriň ýüklenmesini, hususy zerurlyklaryny we setlerdäki ýitgileri üpjün etmek üçin şol pursatda näçe elektrik energiýa talap edilse şonça-da öndürýärler. Şol sebäpden stansiýanyň enjamlary sarp edijileriniň ýüklenmesiniň üýtgemegine hemişe taýýar bolmaly. Birnäçe sarp edijileriň elektrik energiýa üpjünçiliginiň bozulmasyna ýol bermeli däl, sebäbi bu bozulmalara we adam heläkçiligine getirip biler, senagat önümçiliginiň önümlerini doly çykarylman işleriň durmagyna ýol berip, ulaglaryň işini bozup biler we ş.m.

Aýratyn elektrik stansiýalaryň we elektrik ulgamlaryň işine şu indiki talaplar edilýärler:

- ýüklenmeleriniň maksimumyny ýapmak bilen elektrik energiýany öndürmegiň we paýlamagyň döwlet meýilnamasyny ýerine ýetirmek;
- stansiýalarynyň setleriň we ulgamlaryň bitewilikde hemme enjamlarynyň ygtybarly we dyngysyz işlemegi;
- sarp edijilere goýberilýän elektrik energiýanyň gerekli hilini (naprýaženiýe, ýygylýk) üpjün etmek.

Energetik ulgamlaryň işini dolandyrmagyň we gözegçiligiň zerur bolan serişdeleriniň bolmagy, bu talaplary ýerine ýetirmek şertleriniň biri bolup durýar. Gözegçilik, dolandyryş, arabaglanşyk, signalizasiýa serişdeleri bilen üpjün edilen, podstansiýalaryň we elektrik geçirme ýollarynyň, elektrik stansiýalarynyň ýerleşmeleriniň takyk çyzgysy bar bolan dispetçer

bölümleriniň döredilendiginiň kömegi bilen bu mesele çözülýär.

## **1.2. Sarp edijelere elektrik energiýany geçirmek**

Elektrik stansiýalardan öndürilýän elektrik energiýa sarp edijelere geçirmek: senagat kärhanalara, sählerlere, obalara, oba hojalyk sarp edijilere. Elektrik satansiýalardan elektrik energiýany geçirmek üçin we ony sarp edijeleriň arasynda paýlamakda elektrik setler gulluk edýärler. Bu ýagdaýda elektrik energiýa uzak aralyklara geçirilip bilinýär-onlarça, yüzlerçe we münlerçe kilometrlere we köp gezek özgerip bilýär. Elektrik setler transformatorlardan we liniýalardan ybarat. Transformatorlar geçirilýän elektrik energiýanyň ölçegululyklaryny toklary we naprýaženiýeleri üýtgetmek üçin gulluk edýärler.

Elektrik liniýalaryň naprýaženiýalarynyň ululygy olar boýunça geçirilýän kuwwata we olaryň uzaklygyna baglylykda ýitgileri we elektrik liniýalary gurnamagyň gymmaty mümkin boldygyça pes bolmaly.

Biziň ýurdumyzda elektrik energiýanyň önümçiligi, geçirmeklik, peýlamaklyk we ulanmaklyk esasan ýylylygy 50 Gs bolan üýtgeýän üç fazaly tokda amala aşyrylýar. Üç fazaly togy ulanmagyň artykmaçlygy, ony üýtgemegiň ýönekeýligi, setleriň ýokary tygşytlylygy we üýtgeýän bir fazaly togy desga bilen deňeşdirende üç fazaly togy gurnamagyň tygşytlylygy, senagat mehanizmlarynyň priwodlarynda has ygtybarly ýönekeý we tygşytly üç fazaly asinhron hereketlendirijileriň giňden ulanylmagynda bolup durýar.

Üç fazaly üýtgeýän tok bilen bilelikde, senagatyň käbir pudaklarynda (reňkli, metallurgiýa, elektrik ulaglarda) hemişelik togy hem ulanýarlar. Dürli göneldijileriň kömegi

bilen üýtgeýän üç fazaly togyhemişelige öwürýärler. Ýokary naprýaženiýäniň hemişelik togyny (naprýaženiýe 750 kW we ýokary) uzak aralyklara uly kuwwatlyklary geçirmek üçin ulanýarlar.

Elektrik gurnamalary ýerleşdirmegiň düzgünleri (EGÝD) [2] hemme elektrik gurnamalary iki görnüşe bölýärler: naprýaženiýesi 1000 W çenli we 1000 W ýokary elektrik gurnamalar, bu bolsa, ol naprýaženiýede apparatlaryň gurnalşynyň we görnüşleriniň tapawudy, laýyk gelýän elektrik gurnamalaryň gurluşyna we ulanyşyna bolan talaplaryň tapawudy bilen ýüze çykarylýan.

721-77 döwlet standarty enjamlaryň ýerine ýetilmeleriniň sanyny azaltmak maksady bilen elektrik energiýanyň generatorlarynyň, transformatorlarynyň, setleriniň we kabul edijileriniň naprýaženiýalarynyň nominal bahalary ballenilen.

Generatorlaryň we transformatorlaryň ikilenji sarymlarynyň, iýmitlendiriji elektrik setleriň nominal naprýaženiýeleri 5 ýa-da 10% (transformatorlar üçin) setleriň nominal naprýaženiýalardan ýokary bolýar, bu bolsa liniýalarda naprýaženiýäniň ýitgileriň öwezini dolmaga mümkinçilik berýär.

1000 W çenli elektrik energiýanyň kabul edijileriniň, elektrik setleriň we çeşmeleriň nominal naprýaženiýeleri.

1.3-nji tablisa

Ütgeýän toguň naprýaženiýesi, W				Hemişelik toguň naprýaženiýesi, W	
Üç fazaly		Bir fazaly		Setler we kabul edijiler	Çeşmeler
Setler we kabul edijiler	Çeşmeler	Setler we kabul edijiler	Çeşmeler		
220/127	230/133	127	133	110	115

380/220	400/230	220	230	220	230
660/380	690/400	380	-	440	460

1000 W-dan ýokary naprýaženiýeler üçin nominal fazalar aralykdaky naprýaženiýeler kW.1.4-nji tablisa

Setler we kabul edijiler	Generatorlar we sinhron kompensatorlar, kW	Transformatorlar we awtotransformatorlar, kW		Iň ýokary işçi naprýaženiýeler, kW	Goşmaça
		Sirlenji saramaly	Ikinlenji saramaly		
3	3,15	3 we 3,15	3,15 we 3,3	3,6	ortaça naprýaženiýe
6	6,3	6 we 6,3	6,3 we 6,6	7,2	
10	10,5	10,0 we 10,5	10,5 we 11,0	12,0	
20	21,0	20 we 21	20 we 22,0	24,0	
35	-	35	38,5	40,5	Ýokary naprýaženiýe
110	-	110 we 115	115 we 121	126	
150	-	158	158 we 242	172	
220	-	220 we 230	230 we 242	252	
330	-	330	330	363	Aşa ýokary
500	-	500	525	525	
750	-	750	787	787	
1150	-	1150	1150	1200	

110, 220, 330, 500, 750, 1150 we 1500 kW naprýaženiýeleri kuwwatly elektrik stansiýalary biri-biri bilen baglaşdyrmak üçin, uzak aralyklara ýokary kuwwatlyklary geçirmek we ulgamaralyk baglanyşyklar üçin ulanylýarlar.

Hemişelik tok has uzak elektrik geçirmelere üçin ulanylýar, olar üçin tehnikanyň häzirkî zaman ösüş derejesinde üýtgeýän toguň elektrik geçirijilerini ulanmak maksada laýyk bolmaýar. Hemişelik toguň elektrik geçirijileriniň ýollarynyň naprýaženiýeleri 400, 800, 1500 kW bolýar.



### 1.3. Elektrik setleriň klasifikasiýasy

Elektrik geçirijiniň kuwwatyna, aralygyna we sarp edijileriniň sanyna baglylykda, setleriň çylşyrymlylygy, gurnamasynyň ýerine ýerilişi, häsiýet görkezijileri we ş.m. boýunça tapawutlandyrylar. Şol sebäpden setler birnäçe görkezijiler boýunça klasifisirlenýärler. Olardan esasylyr:

1. Değişiligi boýunça, ýagny sarp edijileriň häsiýetine görä:

- energoulgamlaryň elektrik setleri (esasan elektrik energiýany geçirmek üçin niýetlenen iýmitlendiriji elektrik setler);
- şäher elektrik setleri (şäherleriň çäklerinde);
- senagat elektrik setleri (senagat kärhanalarynda);
- oba elektrik setleri (oba ýerlerinde).

Bu setler üçin: paýlaýjy, iýmitlendiriji, elektrik geçirme ýollary, energoulgamlaryň esasy setleri ýaly düşünjeler ulanylýarlar.

Elektrik energiýanyň kabul edijilerini gönüden-göni birikdirilýän setlere **paýlaýjy** diýilýär. Galan setler iýmitlendirijilere degişli, emma köp ýagdaýlarda paýlaýjy diýip has ýokary setleri atlandyrylýar, olara kabul edilen aralyk stansiýalaryň has köp sany birikdirilen. Olar köp şahalandyrylandyr.

Elektrik geçiriji ýollary (E.G.Ý) –ep-esli uzynlygy bolup (200 km0den ýokary) we uly elektrik stansiýalary sarp edijileriň uly bölekleriniň merkezleri bilen birleşdirýärler. Olar arkaly uly kuwwatlyklaryň geçirilesi amala aşyrylýar.

Elektrik ulgamlaryň esasy setleri diýip 220 kW we ýokary naprýaženiýeli setleri atlandyrylar.

2. Napryaženiye boýunça: her set nominal napryaženiye bilen häsiýetlenýär, oňa elektrotehniki enjamlaryň elementleri hasap edilýärler. (1.3 we 1.4 tablisalar).
3. Toguň görnüşi boýunça: hemişelik tok (hemişelik tokda elektrik energiýanyň 40% peýdalanylýar); üýtgeýän üç fazaly we bir fazaly.
4. Gurnalsynyň ýerine ýetirilmesi boýunça: elektrik geçiriji ýollar, şinaly elektrik geçiriji ýollar, içki elektrik geçirmeler (ýaşaýyş, jemgyýetçilik, senagat jaýlaryň içinde ýerleşdirilen setler); daşky elektrik geçirmeler jaýlaryň daşyndaky setler.

**Howa ýollary** diýip, izolýatorlaryň kömegi bilen ýeriň üstünden sütünlerde asylyp, düzgün bolşy ýaly ýalaňaç simlardan geçirilen elektrik ýollara aýdylýar.

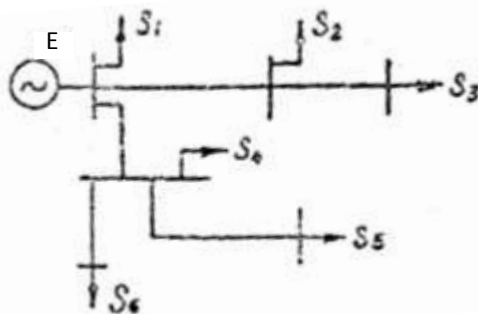
**Kabel** diýip, kabelden çekilen elektrik ýollara aýdýarlar. Kabel – öz aralarynda we daşky sredadan izolirlenen simler ulgamy. Kabeller adaty ýeriň aşagyndan geçiriläýler. Haçanda howa ýollara kä-bir ýagdaýlara görä ýol berilmände (uly şäherleriň şertlerinde, senagat kärhanalarda, hapalanmak şertlerinde), setler kâbelli ýerine ýetirilýärler.

Içki elektrik geçirijiler izolýatorlarda ýa-da diwarlaryň ýüzündäki turbalarda we jaýyň potologynda geçirilýärler, olary izolirlenen (kä ýagdaýda izolirlenmedik) simlerden ýerine ýetirýärler.

5. Birleşme shemasy boýunça: açyk; ýapyk; ätiýaçlandyryp açyk (ýokary ygtybarlygy üçin).

Açyk setlerde ýapyk kontur bolmaýar (1.2-nji çyzgy). Her ýüklenmäniň iýmitlendirmesi diňe bir ugurda bolup geçýär. Ugurlaryň birinde zynjyrdaky haýsy bolsa-da bir

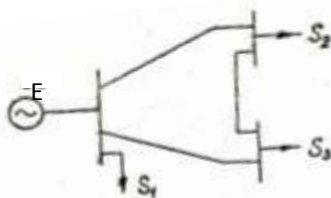
elementiň öçürilmesi şol ugurdaky ýमितlendirmäniň aýrylmagyna getirýär.



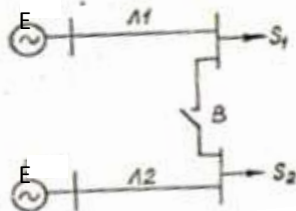
1.2-nji çyzgy. Açyk elektrik seti.

Ýapyk setlerde (1.3-nji çyzgy) ýapyk kontur we sarp edijileriň ýमितlendirmesi bolmasada biri bir we iki tarapdan ýerine ýetirilip bilinýär.

Açyk ätiýaçlyk setlerde bir elektrik ýol boýunça ýमितlendirmäniň bozulmasynda sarp edijileri başga elektrik ýola geçirilýärler (1.4-nji çyzgy). L1 liniýa işlemedik ýagdaýynda Q öçüriji (выключатель) basylýar we ýमितlenme L2 liniýadan bolup geçýär. Bu geçirme awtomatiki ýerine ýetirilýär we çalt, 2-3 sek. bolup geçýär.



1.3-nji çyzgy. Ýapyk elektrik seti.



1.4-nji çyzgy. Ýokary ygtybarly elektrik seti.

#### **1.4. Senagat kärhanalaryň elektrik üpjünçiligi ulgamynyň gurluşy**

Senagat kärhanalaryň elektrik üpjünçiligi shemalarynyň ýerine ýetirilmeleri, elektrik energiýany sarp edijileriň ygtybarly we üznüksiz elektrik üpjünçiliginiň talaplaryna, energetik ulgamynyň elektrik setlerine we iýmitlenme çeşmesine baglylykda kärhanalaryň ýerleşmesine baglydyr.

Elektrik energiýany sarp edijiler üç tarapa bölünýärler:

- I topar-bu kabul edijileriň elektrik üpjünçiliginde arakesme bolsa, çylşyrymly tehnologik prosesleriň uzak wagtlap bozulmasy ýa-da toplumlaýyn önümiň şikesliligi, enjamlaryň bozulmasy bilen bilen bagly bolan ep-esli maddy ýitgiler bolýar ýa-da adamlaryň janyna howp salyp bilýär.
- II topara metallurgiýa, himiýa we dag magdanlary senagatynyň aýratyn sehleri we karhanalary degişlidir. Şeýle sarp edijiler iki sany garaşsyz bolan çeşmelerden iýmitlenmeli.
- III topar – bu kabul edijiler I we II toparlara gabat gelmeýärler. III topara kärhanalaryň kömekçi we hyzmat ediji sehleri degişli, olaryň iýmitlendirmesiniň ýola goýulmasy bir gije-gündiziň dowamynda üpjün edilmeli.

Senagat kärhanalaryň elektrik üpjünçilik ulgamyny iki ulgama bölýärler: içki we daşky elektrik üpjünçiligi.

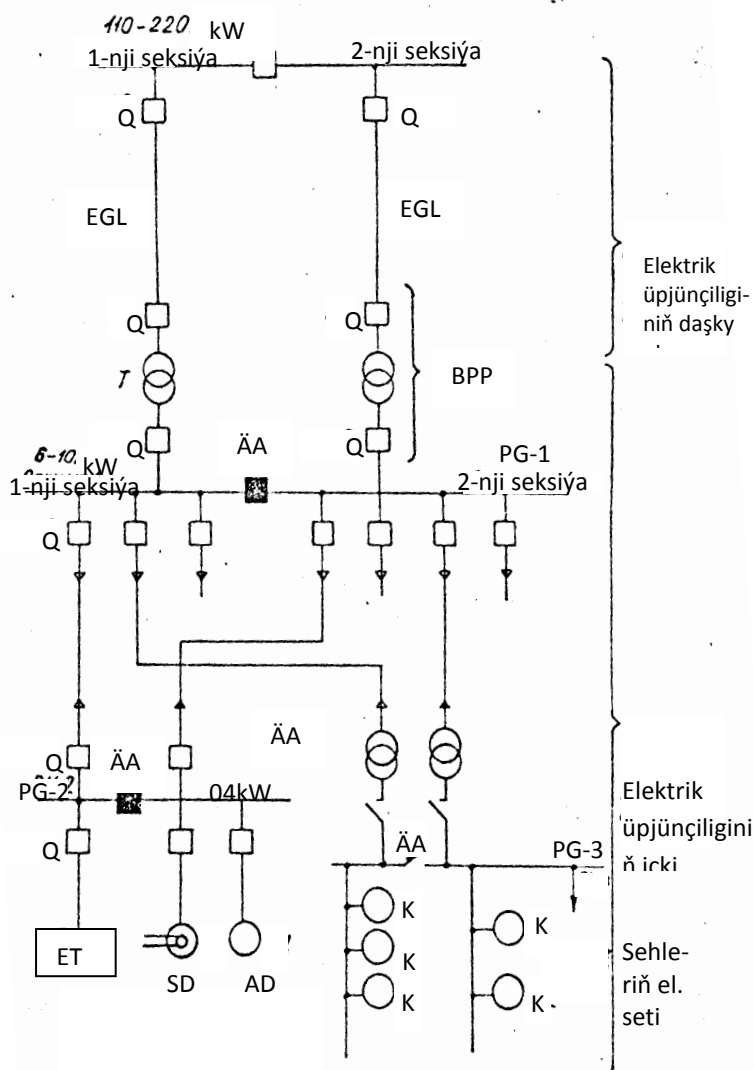
Bu bölünmä laýyklykda elektrik üpjünçiliginiň setleriniň şu indiki klasifikasiýasy bolýar:

- daşky elektrik üpjünçiligiň setler: elektrik ulgama birikdirilen ýerinden (etrapo aralyk stansiýasy) kärhanalardaky kabul ediji ýollara çenli (baş peseldiji podstansiýalaryň (BPP), merkezi paýlaýjy nokatlaryň

(MPN), paýlaýjy nokatlaryň (PN), köplenç howadan, kä ýagdaýlarda käbelli geçirilýärler;

- içki elektrik üpjünçiligiň setleri – zawod içindäki, seh aralygyndaky, seh içindäki (baş peseldiji podstantsiýalar ýa-da merkezi paýlaýjy nokatlardan sehlaryň transformator podstantsiýalaryna çenli paýlaýjy liniýalar).

1.5-nji çyzgyda naprýaženiýesi 110 kW ýa-da 220 kW liniýadan iýmitlenme alýan senagat kärhananyň elektrik setiniň shemasy görkezilen. Çyzgyda şu belgileri kabul edilen: SQ-seksiýalary öçüriji; LQ-liniýaly öçüriji; SA-seksiýaly awtomat; Q-öçüriji; SD-sinhron hereketetiriji; AD- asinhron sinhron hereketetiriji; PG-paýlaýjy gurnama; EGT-elektrotehniki gurnamalar; B-beýleki sarp edijiler.



1.5-nji çyzgy. Senagat kärhananyň elektirk üpjünçiliginiň prinsipial shemasy.

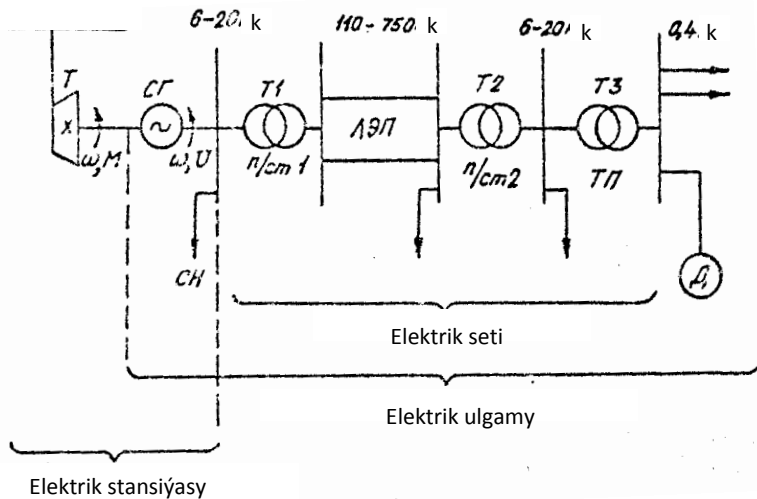
## 1.5. Birleşdirilen elektrik ulgamlary

Elektrik energiýanyň we ýylylygyň öndürilmegi, peýdalanmagy we sarp edilmegi boýunça öz aralarynda elektrik we ýylylyk setleri bilen bagly bolan gurnamalary elektroenergetik ulgamy diýip atlandyrylýar, energoulgamyň bölegine bolsa elektrik ulgam (generatorlar, peýlaýjy gurnamalar, elektrik geçiriji liniýalar we elektroenergiýanyň kabul edijiler diýilýär (1.5-njy çyzgy).

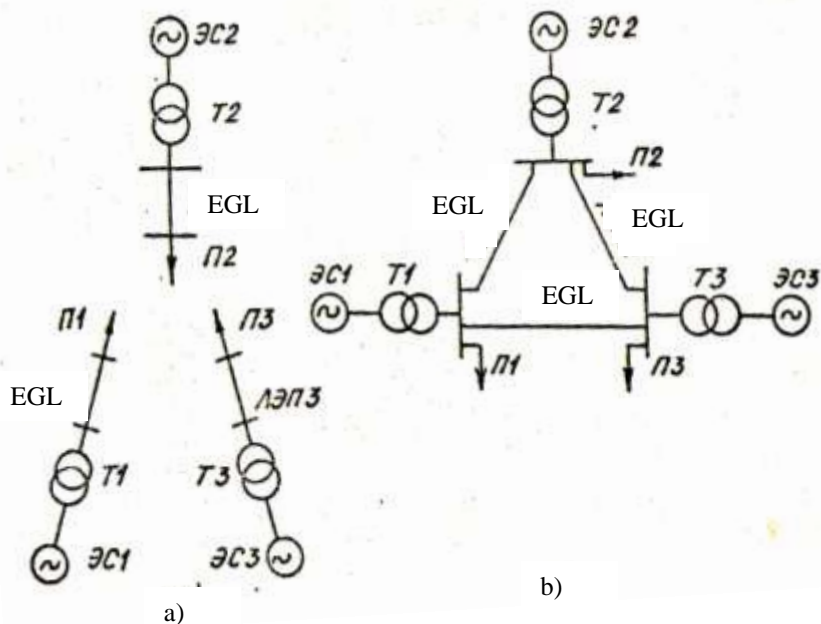
Elektrik ulgamlar iki tertipde işläp bilýärler:

- elektrik stansiýalaryň bölçnen işi bilen, haçanda stansiýa diňe öz sarp edende we beýleki stansiýalar bilen bagly bolmanda (1.6-njy, a çyzgy);
- elektrik stansiýalaryň parallel işi bilen, haçanda olar elektrik set bilen bagly bolanda (1.6-njy, b çyzgy);

şeýle tertipde ulgama birleşdirilen elektrik ulgam diýip atlandyrylýar.



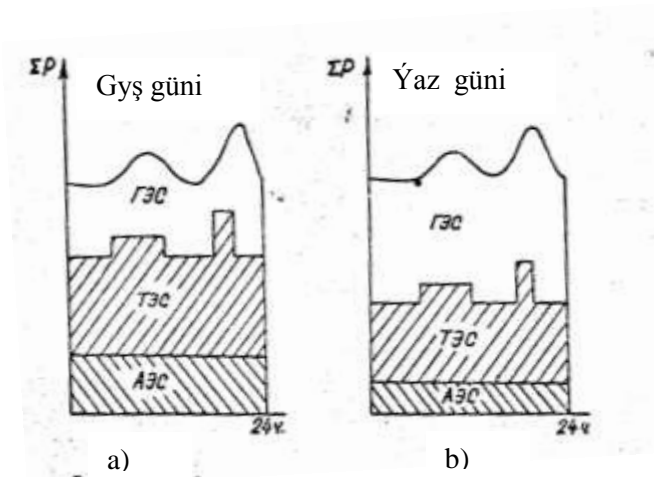
1.6-njy çyzgy. Energetik ulgamyň mümkin bolan shemasy.



1.7-nji çyzgy. Elektrik stansiýalaryň iş tertibi.

Şeýle ulgamyň aýratynlygy, elektrik stansiýanyň (ES) we islendik başga bir stansiýanyň we islendik sarp edijiniň S aralarynda gönüden-göni baglanşyk barlygy, bu ýagdaýda stansiýanyň hemme generatorlary bir ýygylýk bilen sinhron işlemeli. Ulgamda, dürli görnüşli elektrik stansiýalarynyň iş tertiplerini amatly utgaşdyrmalaryna ýetip bolýar (1.8-nji çyzgy). Generator elektrik stansiýalar we GAES-lar ýokary hereketli stansiýalar bolandyklary üçin olary ulgamyň awariýa ätiýaçlygy hökmünde we ýokary ýüklenmeleri aýyrmak üçin ulanýarlar. GES doly ýüklenme bilen uzak wagtlaýyn işlemek üçin, suwuň ýeterlikli ätiýajy bolanda, mysal üçin garlar erände we suwlar köpelende ulanýarlar.





1.8-nji çyzgy. Elektrik ulgamda elektrik stansiýalaryň iş grafigi.

Ýylylyk we atom elektrik stansiýalar az hereketli, şonuň üçin olary ulgamynyň ýüklenme grafiginı ýerine ýetirmek üçin ulanýarlar. Kondensator elektrik stansiýa aralygyndaky ýüklenme abzallaryň ýekeleýin kuwwatyna, olaryň ululuklaryna, ýangyjyň hiline we ş.m. baglylykda peýdalanýar. Ýylylyk elektrik stansiýalar gerekli ýylylyk grafigi boýunça işleýärler. Ýylylyk we elektrik energiýanyň sarp edijileriniň iş tertipleriniň tapawudlydyklaryny hasaba alsak, ýylylyk elektrik stansiýalar sarp edijileriň üpjünçligi, ýylylyk elektrik merkezinden çykarylan elektrik energiýanyň artykmaçlyklary energoulgama geçirilen ýagdaýynda tygşytly, peýdaly bolýar.

Elektrik stansiýalaryň ulgamlara birleşdirilmeleri elektrik hojalygyny dolandyrmagy we ulanmagy çylşyrymlaşýar.

Birleşdirilen elektrik ulgamlaryň iş tertibi ýöredilende şu aşakdakylary üpjün etmek zerur:

- elektrik stansiýalaryň ýygylgyny we aktiw kuwwatyny sazlamak;
- elektrik ulgamda napryaženiýäni we reaktiw kuwwaty sazlamak;
- setlerde elektrik energiýanyň has az ýitgilerinde ulgamlaryň ýokary tygşytly işini üpjün etmek maksady bilen elektrik stansiýalaryň arasynda aktiw we reaktiw kuwwatlarynyň tygşytly paýlanmagy;
- aralyklary uly bolan elektrik geçiriji liniýalaryň biri-biri bilen birleşdirilen stansiýalaryň generatorlarynyň parallel işleriniň durnuklylygy;
- ulgamda näsaz tertipleri ýok etmek.

Döreyän kynçylyklara garamazdan elektrik ulgamlary birleşdirmäge çalyşýarlar, sebäbi bu ýagdaýda, öz aralarynda bagly bolmadyk aýratyn elektrik stansiýalaryň işleri bilen deňeşdirende düýpli tehniki – ykdysady amatlyklary alýarlar.

Bu amatlyklaryň esaslary şular:

- aýratyn (izolirlenen) elektrik stansiýalaryň in uly bahalarynyň (görkezijileriniň) jemi bilen deňeşdirende energoulgamlaryň ýüklenmeleriniň maksimumynyň peselmesi;
- aýratyn energoulgamlarda (uzaklyk we giňişlik täsiri) ýüklenmäniň maksimumlarynyň başlaýan wagtlarynyň üýtgemegi sebäpli ulgamlaryň ýüklenmeleriniň maksimumlarynyň jeminiň peselmesi;
- kuwwatlary 500-800 MWt we ondan-da ýokary bolan generatorlaryň birleşdirilen ulgamlarynda gurnamak ugry bilen elektrik stansiýalarda abzallaryň ýekeleýin kuwwatlarynyň ulalmagy;

- bu ýagdaýda hemme elektrik stansiýalar üçin umumy bolýan birleşmelerdäki kuwwatyň ätiýajynyň azalmasy;
- gidroelektrik stansiýalarda ýüklenmeleriň ýokary derejelerini ýapmak üçin, ýylylyk elektrik stansiýalarda bolsa ýüklenme grafigi (bазis) esasynda has tygşytly enjamlary amatly ulanmak bilen elektrik stansiýalaryň arasynda ýüklenmeleri ykdysady maksada laýyk paýlanmasy;
- kuwwatlaryny maksimal ulanmak atom elektrik stansiýalary iş bilen üpjün etmeklik.

Ýurdumyzda ilkinji energoulgamlar Hindiguş gidroelektrik, Mary DES, Türkmenbaşy ÝEM, stansiýasy bolupdyr. Häzirki wagt iri energoulgamlar Mary döwlet elektrik stansiýasy, Abadan döwlet elektrik stansiýasy, Seýdi ýylylyk elektrik merkezi, Türkmenbaşy ýylylyk elektrik merkezi birleşdirilip bir umumy energoulgamy döredýärler. birleşdirilen energoulgam döredilen, ol öz içine 2001-nji ýylda 500 kW naprýaženiýeli elektrik geçiriji liniýasy girizilmegi bilen energoulgamlaryň ýeketäk elektrik energiýa ulgamy döredi.

Merkezleşdirilen elektrik üpjünçligiň iri ulgamlaryny döretmek täsiri elektrik üpjünçligiň hiliniň ýokarlanmagyny, şeýle hem dürli etrapda (giňişlik (широтный) täsiri) ýüklemmeleriň maksimumlarynyň dürli wagtlylyk görkezijisini ulanmagyň hasabyna baş kuwwatlyklaryň tygşytlylygyny görkezýär. Mysal üçin Aşgabadýň Döwlet elektrik stansiýasynyň ýylyň aýagyna ýeketäk elektroenergetik ulgamynyň ýüklenmesiniň maksimumynyň jemi 166 mln. kWt-dan ýokary bolan. Bu iri birleşme bolsa, ygtybarly elektrik üpjünçilik meselesini ýerine ýetirmek üçin goşmaça 12 mln. kWt kuwwat gerek bolardy. Elektrik üpjünçligiň merkezleşdirilmesiniň mysaly bolup “Mir” elektroenergetik ulgamy bolup durýar, ol ýedi sany

Ýewropa döwleti tarapyndan döredilen. “Mir” ulgama girýän stansiýalaryň kuwwaty 60 mln. kWt-dan ýokary bolýar, elektrik energiýanyň çykarlyşy – 380 mlrd. kWt. sag.

## **I K I N J I   B A P**

### **ELEKTRIK STANSIÝALARYŇ WE ARALYK STANSIÝALARYŇ ELEKTRIK ENJAMLARY**

#### **2.1. Sinhron generatorlar**

##### **2.1.1. Sinhron generatorlaryň görnüşleri we olaryň gurnalyş aýratynlyklary**

Birlenji herekete getirjiniň mehaniki energiýasynyň (bug, gaz, suw turbinalary) elektrik energiýa geçişi bolup geýän elektrik stansiýalaryň esasy elementi elektrik generator bolup durýar.

Häzirkizaman elektrik stansiýalarda üýtgeýän toguň üç fazaly sinhron generatorlarynyň (SG) hemmesi diýen ýaly ulanylýarlar. Birlenji herekete getirjiniň görnüşine baglylykda olar turbogeneratorlara we gidrogeneratorlara bölünýärler.

Turbogeneratorlar (TG) gönüden-göni gaz ýa-da bur turbinalar bilen birleşdirilmek üçin niýetlenen, bu turbinalaryň esasy aýratynlyklary çalt hereketlenme bolanlygy üçin, turbogeneratorlaryň ýokary aýlaw ýyglygy bolýar. Turbinanyň aýlaw ýyglygy näçe ýokary boldugyça, şonça-da onuň göwrümleri kiçi bolup, peýdaly täsir koeffisiýenti hem ýokary bolýar, şonuň üçin turbogeneratorlaryň aýlaw tizligini mümkin boldugyça ýokary etmäge çalyşýarlar. Emma bu çalt hereketme, setiň nominal ýyglygy  $f=50$  Gs we generatoryň jübüt polýuslarynyň nominal sany  $p=1$ ;  $n=60$   $f/p$  bilen çäklendirilýär.

Şeýelikle ýurdymyzda we Ýewropa döwletlerine kabul edilen elektrik ýyglyk  $f=50$  Gs bolanda

turbogeneratorlaryň maksimal aýlaw ýygylgy 3000 aýl/min bolýar, emma Amerikanyň Birleşen Ştatynda we Ýaponiýada elektrik ýygylgy  $f=60$  Gs deňdir, onda  $n=3600$  aýl/min bolýar.

Polýuslaryň sanlary drob san bolup bilmeýär, şol sebäpden, generatorlaryň dört polýusly ýerine ýetirilmesine laýyk gelýän aýlaw ýygylgy indiki başgançagyna 1500 aýl/min deň.

Gidrogeneratorlaryň (GG) aýlaw ýygylgy, gidroturbinanyň in amatly aýlaw ýygylgyna deň edip kabul edilýär (ýagny, suwuň berilen güýjünde we çykdaýjysynda turbinanyň in gowy gidrawliki häsiýetnamalary has ýokary tygşytlylygy üpjün edýärler).

Gidro elektrik stansiýalarda suwuň güýçleri we çykdaýjylary uly aratapawutlandyklary sebäpli, gidrogeneratorynyň aýlaw ýygylgy 50-den 750 çenli aýl/min aralygynda bolup biler.

Aýlaw ýygylgyda başga sinhron generatorlar şu indiki nominal görkezijiler bilen häsiýetlenýärler: naprýaženiýe, kuwwat, statoryň togy, rotoryň togy, ýygylgyk we kuwwat koeffisiýenti  $\cos \varphi$ .

Sinhron generatorlarynyň nominal naprýaženiýesi,  $U_{nom}$  diýip onuň nominal iş üçin niýetlenen naprýaženiýasyna aýdýarlar. **TDS** sinhron generatorlarynyň  $U_{nom}$ , elektrik setleriň laýyk gelýän nominal naprýaženiýasларыndan 5% ýokary bellenýär.

Nominal kuwwat diýip, sinhron generatorlarynyň hasap edilen peýdaly kuwwatyna we onuň uzak wagtlap işläp biljek kuwwatyna düşünilýär.

Üç fazaly sinhron generatorlar üçin doly kuwwat şeýle kesgitlenýär.

$$S_{nom} = \sqrt{3} U_{nom} I_{nom} \quad (2.1)$$

bu ýerde  $I_{nom}$  – stator sarymynyň fazaly togy (nominal bahasy).

Sinhron generatorlaryň aktiw kuwwaty şuna deň

$$P_{nom} = S_{nom} \cos \varphi_{nom} = \sqrt{3} U_{nom} I_{nom} \cos \varphi_{nom} \quad (2.2)$$

bu ýerde  $\cos \varphi_{nom}$  - kuwwatyň nominal koeffisiýenti.

Nominal reaktiw kuwwat  $Q$  bellenýär, ol  $S_{nom}$  ýa-da  $P_{nom}$  boýunça kesgitlenýär:

$$Q = S_{nom} \sin \varphi_{nom} \quad (2.3)$$

$$Q = P_{nom} \operatorname{tg} \varphi_{nom} = P_{nom} \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{nom}}}{\cos^2 \varphi_{nom}} \quad (2.4)$$

Rotoryň nominal togy – bu, kuwwatyň nominal koeffisiýentinde we statoryň  $\pm 5\%$   $U_{nom}$ -dan üýtgemesinde generator tarapyndan onuň nominal kuwwatynyň berilmesi üpjün edilende, sinhron generatorlarynyň iň ýokary hereketleniş togy bolup durýar.

Sinhron generatorlaryň köpüsinde kuwwatyň nominal keoffisiýenti 0,8-0,9 deň bolýar.  $\cos \varphi_{nom} = 0,8$  ( $P_H \leq 100$  MWt),  $\cos \varphi_{nom} = 0,85$  ( $P_H \leq 800$  MWt),  $\cos \varphi_{nom} = 0,9$  ( $P_H \leq 1200$  MWt).

Turba elektrik stansiýalar (TDS) sinhron generatorlaryň (SG) ýitgilerini çäklendirýär, ýagny sinhron generatorlaryň peýdaly täsirli koeffisiýentini  $P_{nom} = 160-500$  MWt kuwwat üçin  $\eta_{nom, TG} \geq 98,6\%$  we  $P_{nom} = 800$  MWt kuwwat üçin  $\eta_{nom, TG} \geq 98,65-98,75\%$  pes bolmaly däl.

Gidrogeneratorlarda hem peýdaly täsirli koeffisiýentiniň şeýle bahalary bolýar. Sinhron generatorlar näçe kuwwatly boldygyça, şonça-da onuň peýdaly täsirli koeffisiýenti ýokary bolýar. Ýüklenmäniň we kuwwatynyň koeffisiýentiniň azalmagy bilen peýdaly täsirli koeffisiýentide peselýär.

Turbageneratorlar we gidrogeneratorlardan başga elektrik setlerde başga sinhron maşynlar hem ulanylýar.

- sete mehaniki kuwwatdan başga kuwwaty hem berip bilýän sinhron herekete getirijiler (SH);
- diňe reaktiw kuwwatlary öndürmek üçin ulanylýan sinhron kompensatorlar (bilýän sinhron herekete getirijileriň ýenilleşdirilen görnüşi olar baş işleme tertipde işleýärler).

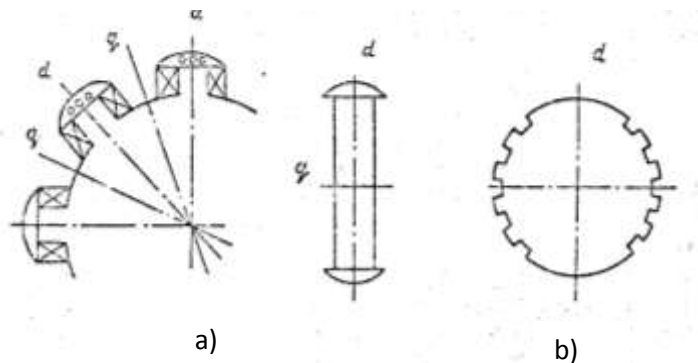
Sinhron generatorlaryň esasy bölekleri stator we rotor bolup durýarlar. Ýokary tizlikli elektrik maşynlary bolup duran turbageneratorlarda, rotoryň materialynda ep-esli mehaniki napryaženiýeler emele gelýärler. Şol sebäbden iri sinhron generatorlaryň rotorlaryny, ýokary mehaniki we magnit häsiýetlerine eýe bolan ýokaryuglerodly poladyň bitewi gutusyndan (паковка) taýýarlaýarlar, emma pes kuwwatly turbageneratorlaryň rotorlaryny uglerodly polatdan ýasaýarlar. Rotoryň oýuklarynda, olaryň içine oýandyрма sarymyny ýerleşdirýärler. Rotoryň sarymy tok geçirijiniň kömegi bilen baglaýjy halkalar ýa-da hereketlenmäniň çotgasyz ulgamy bilen birleşdirilýär.

Rotorda oýandyryjy sarymdan başga hereketlendiriji sarymy hem ýerleşdirilýär.

Rotoryň gurluşynyň (gurnalşynyň) ýerine ýetirilmegine baglylykda aýdyň polýusly we aýdyňdäl polýusly generatorlary tapawutlandyryýarlar. Magnit simy ýaly aýdyň polýusly rotorda magnit simmetriýanyň iki oky bolýar: dik ok d diýip atlandyrylýar, polýusyň oky we



polýuslaryň arasyndan geçýän, kese ok  $q$  diýip atlandyrylýan ok. (2.1, a – çyzgy). Aýdyňdäl polýusly rotorda magnit simmetriýanyň iki oky bolýar: dik  $d$  we kese  $q$ , olar  $90^\circ$  burçda ýerleşdirilen (2.1, b çyzgy).



2.1-nji çyzgy. Turbogeneratorlaryň rotorlarynyň görnüşleri.

Turbogeneratornyň statorynyň polat daşy bolýar. Statoryň özeni (сердечник) lak bilen izolirlenen aýratyn polat listlaryndan wihrowoý toklary peseltmek maksady bilen ýyganan aýratyn paketlardan ybarat. Statoryň özeniniň oýugynda statoryň sarymy ýerleşýär. Faza sarymlarynyň minimal sany – 3, olar üç sany fazalary A, B, C emele getirýärler, ýagny maşynyň aýlanýan magnit meýdanyny hereketlendirýärler.

Oklawynyň ýerleşmesine baglylykda diklere we keselere bölýärler. Ýokary we orta kuwwatly gidrogeneratorlar dik ýasalan, pes kuwwatly kese ýasalan bolýar.

Gidrogeneratorlaryň aýdyň polýusly rotorlary bolýar, we generator näçe ýuwaş hereketli boldygyça, şonça-da onda polýuslaryň sany köp bolýar.

Gidrogeneratorlaryň rotory, içki bölümi – oklawla geýdirilen ostowdan we daşky bölümi – basylan segmentlerden ýygynalan harkadan (обо́д) ybarat bolan uly diametrli özbolýşly tekeri özünden emele getirýär. Halkada herekete getirme sarymly polýuslary ýerleşdirýärler. Gidrogeneratorlaryň we turbageneratorlaryň statorlarynyň gurnalyşlary hem şonuň ýaly.

Sinhron kompensator (SK) ýüklenmedik sinhron hereketegetiriji özünden emele getirýär, ol hereketegetiriji toga reaktiw kuwwatly ýa-da işläp çykaryp bilýär (aşa hereketlenme tertipde), ýa-da sarp edip bilýär (doly hereketlenmedik tertipde). Sinhron kompensatoryny adaty aýdyň polýusly rotorly ýerine ýetirýärler we gurnalyşy boýunça olar oklawlary kese ýerleşdirilen gidrogeneratorlara meňzeş.

Sinhron kompensatoryň aýlaw sany  $n=750$  we aýl/min we kuwwatly (öňe gidiji tokda) 350 MW. A çenli çykarylýarlar.

### **2.1.2 Sinhron maşynlaryň oýandyрма ulgamlary**

Sinhron maşynlarda (SM) oýandyрма ulgamy (OU) aýrylmaz bölegi bolup durýar, we onuň işleýşiniň ygtybarlygyna, bütinleý maşynyň ygtybarly we durnukly işleýşi esasan bagly bolup durýar. Oýandyрма çeşmesiniň kuwwaty sinhron maşynyň kuwwatyndan 0,3-den 1% çenli düzýär, emma oýandyrmanyň naprýaženiýesi 115-575W.

Sinhron maşynyň näçe uly boldugyça, şonçada ýaklenmesi ýokary bolýar we oýandyрма çeşmesinden sarp edilýän otnositel kuwwaty şonça-da pes bolýar. Oýandyрма ulgamynyň esasy tertipleri - oýandyрма ulgamynyň adaty tertibi, munda sinhron maşynlar sinhron tertibinde işleýär; oýandyрма toguň  $I_f=Q(U_2)$  awtomatiki sazlanmasynyň

hasabyna hemişelik naprýaženiýe  $U_g = \text{const}$  generatorlaryň gysgyçlarynda ýüklenmäniň üýtgemesinde saklanýar;

- oýandyрма sarymyndaky naprýaženiýäniň çalt ýokarlanmasy, setde gysga utgaşma (GU) bolanda generatoryň oýandyrmasyň çalt ýokarlanmasy parallel işiň durnuklylygyny saklamaga, gysga utgaşma öçürilenden soň sarp edijilerde naprýaženiýäni ýola goýmagy çaltlandyрма kömek berýär. Oýandyрма forsirowkasynyň togy maksimal baha çenli ýokarlanýar, oýandyрма naprýaženiýesi bolsa çäkli (potoloçnyý) baha çenli ýokarlanýar,  $U_{f, \text{polat}} / U_{f, \text{nom}} = K_f$  gatnaşygy oýandyрма forsirowkasynyň koeffisiýenti diýilip atlandyrylýar. Naprýaženiýäniň elektrik hereketegetirijisiniň  $E_g$  beýgelmesine getirýär.
- meýdanyň öçürilmesi bu ýüklenmäniň birden düşmesinde ýa-da gysga utgaşmada setden generatoryň öçürilmesinde onuň elektrik hereketegetirijisiniň gözegçilik edilýän peselmesi. Gysga utgaşma wagtynda generatoryň içinde ýa-da goraw zolagynda generatoryň öçürilmesi awariýany bes etmeýär, sebäbi onuň özi gysga utgaşma ýerini iýmitlendirme dowam etdirer. Awariýanyň soňraky dowam etmesiniň önüni almak üçin generatordan oýandyrmany düşürmek zerur. Oýandyрма sarymy uly özbaşdaklyga eýedir we onuň zynjyrynyň açylmasynda, **oýandyрма sarymynyň deşilmesine** getirip biljek uly aşa ýüklenmeler ýüze çykýarlar. Şol sebäpden generatoryň üç sany usulyň peýdalanýarlar: öçüriji (aktiw) garşylyga rotoryň sarymynyň utgaşmasy bilen çalt hereket edýän awtomatyň kontaktlaryna parallel birleşdirilýän ýaýy öçüriji gözenegiň rotoryň sarymynyň zynjyryna birikmesi bilen; oýandyryjynyň garşylykly işe goýberilmesi bilen.

Sinhron maşynyň oýandyрма ulgamlaryny iki görnüşe bölüp bolýar: garaşsyz (göni) we garaşly (kosweniý) oýandyрма ýa-da öz-özünden oýandyрма.

Birinci görnüşde sinhron maşynyň oklawy bilen galtaşýan hemişelik toguň hemme elektromaşyn oýandyryjylary degişli (2.2 a,b çyzgy). Ikinji görnüşe, hususy zerurlyklaryň şinalaryndan iýmitlenýän üýtgeýän toguň hereketetirijileri bilen aýlanýan, aýratyn gurnalan elektromaşyn oýandyryjylar we dolandyrylan göneldijiler we ýörite peseldiji transformatorlar (2.3 çyzgy) arkaly generatorlaryň çykarmalaryndan gönüden-göni iýmitlenme alýan oýandyрма ulgamlary degişli.

Hemişlik toguň elektromaşyn oýandyryjylary bilen oýandyрма ulgamlaryň beýleki oýandyрма ulgamlary bilen deňeşdirende birnäçe artykmaçlyklary bar:

- bu has ýönekeý we awtonom oýandyрма ulgamy;
- ulgamda enjamlaryň köp sany bar bolup we gaty gymmat bolman, hem ygtybarlykly bolup durýar;
- turbina generator agregatyň uly inersiýasyny göz önünde tutup gysga utgaşma wagtynda oýandyryjynyň aýlaw ýygylgy üýtgemän galýar;
- Sinhron maşynlaryň oýandyrmasyny sazlamak oýandyryjynyň oýandyрма togunyň üýtgemesi bilen amala aşyrylýar, ýagny dolandyryjy zynjyr az kuwwatly;
- Meýdany öçürmeklik we oýandyrmany forsirlemek awsat amala aşyrylýar.

Esasy ýetmezçiligi elektromaşyn oýandyryjy – bu, kollektory we şyotkalary takyk gözegçiligi talap edýän we maşyn bölümünde goşmaça ses döredýän hemişelik toguň aýlanýan maşyny bolup durýanlygynda bolýar.

Hemişelik toguň elektromaşyn oýandyryjylary 150 MWt çenli kuwwatly sinhron maşynlar üçin ulanylýarlar,

sinhron maşynlaryň uly kuwwatlary bolanda maşyn oýandyryjysy şeýle uly bolýar we ony sinhron maşynlar bir oklawla ýerleşdirmekde kynçylyklar döredýärler. Şonuň üçin hemişelik togy kuwwatly sinhron maşynlaryň oýandyrmasy üçin dürli statiki oýandyryjylaryň kömegi bilen alýarlar.

Statiki özgerdijili oýandyрма ulgamlarynda ýokary herekete getirme, uly sazlama ukyby, oýandyrmanyň ýokary potoloklary we wentilleriniň inersiýasyzlygy netijesinde – hemişelik wagtlary az bolýanlygy bar. Oýandyрма forsirowkasy birden diýen ýaly bolup geçýär. Meýdany öçürmeklik wentilleri inwertor ýagdaýa geçirmek bilen amala aşyrylýar. Sinhron maşynlaryň adaty iş ýagdaýynda oýandyrmanyň awtomatiki sazlamasyny (AS) özgerdijiniň wentillerini dolandyрма ulgamyna täsir edip, islendik kanun boýunça: oýandyрма togy boýunça, stator sarymynyň naprýaženiýesi boýunça, kuwwatyň koeffiýenti we ş.m. boýunça amala aşyryp bolýar.

Bu ulgamlaryň ýetmezçilikleri şu indikiler:

- setde gysga utgaşmada we elektrik setde naprýaženiýäniň  $0,5 U_{nom}$  we çenli ondan az bolup peselende özgerdijiden dolandyryjy ulgam işlemesini bes edýär we sinhron maşynlar oýandyrmasyňy ýitirýär;
- şeýle oýandyрма ulgamy **awtonom** bolmaýar, sebäbi  $U_f \neq \varphi$  (setiň  $U$ );
- dolandyrylýan göneldijiler **otpiraniýanyň** uly burçy bilen işleýär, bu bolsa birlenji naprýaženiýäniň egrijisiniň görnüşleri gysardýar we iýmitlendiriji setde ýokary garmonikalar ýüze çykýarlar.

2.2-nji çyzygyda öz-özi oýandyрма usuly boýunça ýerine ýetirilen statiki oýandyryjy gurnamanyň shemasy görkezilen.

2.3-nji çyzygyda Kömekçi transformator bilen bagly bolan oýandyrmanyň we statiki göneldijiler bilen dolandyrylýan (2.3 a çyzygy) we hususy zerurlyklaryň

transformatorynyň şinalaryna birikdirilen kömekçi asinhron hereketegitiriji bilen bir okda ýerleşdirilen hemişelik toguň oýandyryjysynyň (2.3 b çyzgy) shemalary görkezilen.

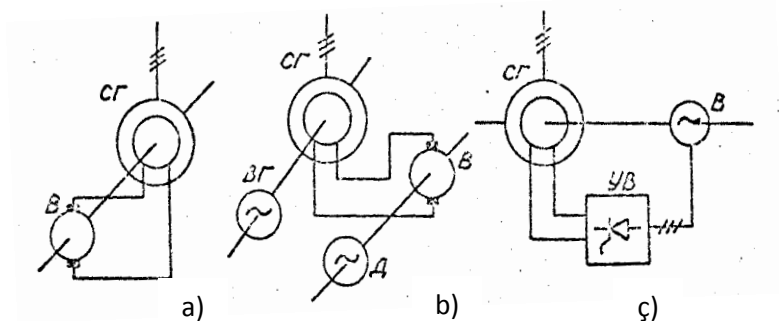
Hemme görülip geçilen oýandyрма ulgamlarynda hemişelik tok sinhron maşynlaryň oýandyрма sarymyny baglaýjy (контакт) halkalaryň we çýotkalaryň kömegi bilen eltilýär. Şeýle baglaýjy ulgam doly ygtybarly bolmaýar, esasan-da 3000 A we ondan ýokary (300 MWt we ýokary kuwwatly generatorlarda) oýandyрма toklarynda. Bu ýagdaýlarda **çýotkalsyz** oýandyрма ulgamy (2.4 çyzgy) peýdalanylýar, olarda gymyldaýan baglaýjy birikmeler bolmaýar we oýandyryjy hökmünde, “öwrülýän” diýip atlandyrylýan, üýtgeşik gurnamaly kömekçi generator ulanylýar. Şeýle generatorda **B** onuň oýandyрма sarymyny OBB gözganmaýan statorda ýerleşýär we dolandyrylýan göneldijiden **YB<sub>1</sub>** iýmitlenme alýar, üç fazaly üýtgeýän toguň sarymy bolsa sinhron maşynyň oky bilen birleşdirilen aýlanýan rotorda ýerleşdirilen. Kömekçi generatoryň üýtgeýän togunyň aýlanýan sarymyndan, tok okda birikdirilen geçiriji göneldijä **YB<sub>2</sub>** eltilýär, göneldirilen tok bolsa gönüden-göni sinhron maşynlaryň oýandyрма sarymyna getirilýär.

**Çýotkalsyz** oýandyрма ulgamynyň artykmaçlyklary:

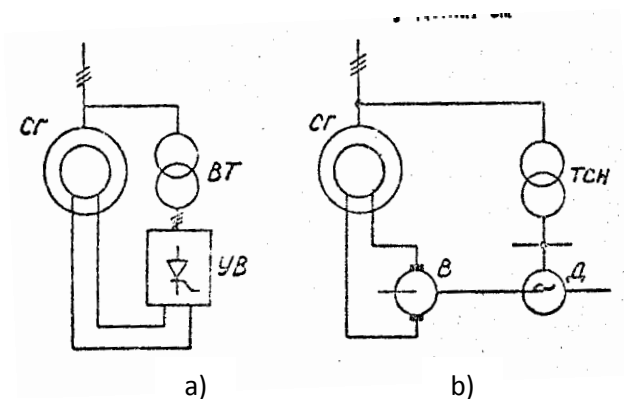
- kollektoryň, **baglaýjy halkalaryň** we **çýotkalaryň** ýoklygy, muňa baglylykda işiň ygtybarlygy ýokarlanýar we ulanylyşy aňsatlaşýar;
- partlama howply jaýlarda ulanmak mümkinçiligi, sebäbi hereketlenýän baglama birikdirmeleriniň ýoklugy arkaly uçgunlama bolmaýar.

Kemçilikleri: oýandyрма sarymynyň naprýaženiýesini we togyny ölçemekligiň generatoryň we sinhron maşynlaryň umumy okynda bar bolmaly öçüriji garşylygy ýerleşdirme kynçylygy.

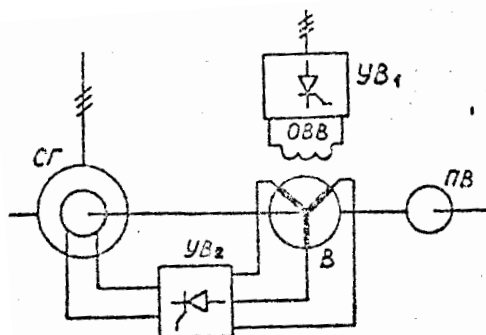
**Çýotkalsyz** oýandyryjy gurnamalar, kuwwaty 50 MW A we ýokary bolan sinhron kompensatorlaryň oýandyrmasy üçin, şeýle hem kuwwaty 1000 MW. A we ýokary bolan turbogeneratorlar üçin ulanylýarlar.



2.2-nji çyzgy. Sinhron maşynlaryň garaşsyz oýandyrmasyň shemasy.



2.3-nji çyzgy. Sinhron maşynlaryň garaşly oýandyрма shemasy.



2.4-nji çyzgy. Çýotkalsyz oýandyrma shemasy.

### 2.1.3. Sinhron generatoryň iş tertibi we onuň sazlanýşy

Sinhron generatoryň elektrik ulgam bilen parallel işleýşi (2.5 çyzgy). Bu iş tertibi ulgamda we laýyklykda generatoryň gysgyçlarynda  $U_e = U_g = \text{const}$  we ulgamyň hem generatoryň sinhron işinde naprýaženiýäniň hemişeligi, ýagny ýygylýklar  $W_e = W_g = \text{const}$  bilen häsiýetlenýär. Generator ulgama aktiw  $P_g$  we reaktiw  $Q_g$  kuwwatlary berýär. Generatoryň elektromagnit kuwwaty energoäkidijini goýbermek bilen sazlanýan turbinanyň  $T$  okyndaky mehaniki kuwwat bilen kesgitlenýär, ýagny **HA** turbinanyň ugrukdyryjy **apparatyna** täsir etmek bilen. Diýmek, elektrik ulgama generatordan berilýän aktiw kuwwatyň sazlanmasy energoäkidijiniň  $P_g = \varphi$  berilýän mukdaryna baglylykda (energoäkidijiniň goýberilişine) amala aşyrylýar.

Reaktiw kuwwatyň  $Q_g$  sazlanmasy oýandyrma toguň  $I_f$  üýtgemesi bilen amala aşyrylýar. Oýandyrma toga proporsional bolan generatoryň elektrik hereketetgiri bilen  $Q_g$  kesgitlenýänligi sebäpli  $Q_g = \varphi(I_f)$  bolar. Oýandyrma ulgamlary sinhron maşynlarynyň işiniň nominal



ýagdaýynda  $I_f = I_{f, \text{nom}}$ ,  $\delta=90^\circ$  burçy  $Q_g = 0$  bolýar, ýagny sinhron maşynlarynyň reaktiw kuwwaty işlenip çykarylmaýar.

Aşa oýnadyrma  $I_f > I_{f, \text{nom}}$ ,  $Q_g = 0$  bolanda generator ulgama reaktiw kuwwaty berýär.

$I_f > I_{f, \text{nom}}$  (doly oýanmada),  $Q_g = 0$  bolanda generator ulgamdan reaktiw kuwwaty sarp ediji bolýar.

Generatoryň awtonom ýagdaýda işleýşi. Bu ýagdaýda sinhron generatoryň elektrik ulgam bilen baglanşyksyz ýüzlenmä işleýär (2.6 çyzgy). Generatoradan berilýän kuwwat ( $P_g$ ,  $Q_g$ ) sarp ediji tarapyndan kesgitlenýär. Generatoryň çykyşyndan naprýaženiýe reaktiw kuwwatyň balansy  $Q_g$  bilen kesgitlenýär,  $Q_g = \varphi(I_f)$  bolsa, onda  $U = \varphi(I_f)$  bolýar. Ýygylýk aktiw kuwwatyň balansy  $P_g = P_{\text{ýük}}$  bilen kesgitlenýär, ýagny  $w = \varphi$  (energiýanyň goýberilmesi).

Diýmek, sinhron generatoryň işinde üýtgeýän toguň ýygylýgyny energoäkidijiniň goýberilemsi bilen sazlanýar, ýüklenmedäki naprýaženiýe sinhron generatorynyň oýandyрма sarymynda toguň üýtgemesi bilen sazlanýar.

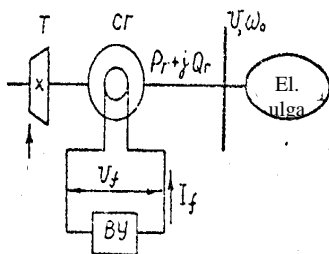
#### **2.1.4. Sinhron generatorlary sinhronizmleme usullary**

Sihronizasiýa soraglary, sinhron generatorlar elektrik ulgam bilen ýa-da başga işleýän generatorlar bilen parallel işlemäge **birikdirilende**, ýüze çykýarlar. Sinhron generatorlaryň elektrik ulgam bilen usuly bar: takyk sihronizasiýa usuly we öz-özünü sihronizirleme usuly.

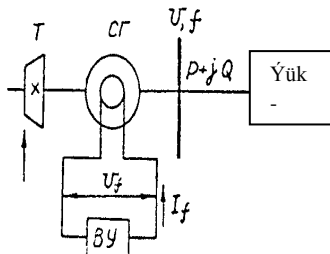
Takyk sihronizirleme usuly. Sinhron generatoryny sinhron golaý aýlaw ýylylygyna çenli turbina bilen işledilip, soňra oýandyrmany işe goýberip we seti kesgitli şertlerde işletmekliginden ybarat bolýar. Bu şertleri indikiler:

- 1) generatoryň we setiň naprýaženiýelerini deňligi ýerine ýetirilmeli (ýa-da başga bir işleýän generatoryň)  $U_g \approx U_s$ ;
- 2) bu naprýaženiýeleriň fazalary gabat gelmeli  $\delta$  ( $\overline{U}_g, \overline{U}_s$ );
- 3) işe goýberilýän generatoryň we ulgamyň aýlaw ýygylýklary deň bolmaly  $\omega_g = \omega_s$ .

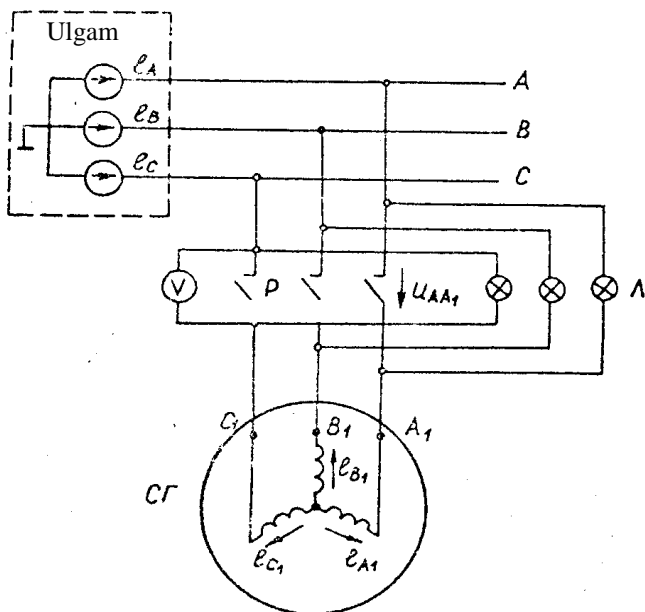
Birinji şert, oýandyрма togy sazlama ugry bilen üpjün edilýär, sebäbi  $U_g = I_f$ . Ikinji we üçünji şertler generatoryň okynda aýlanýan pursatyň üýtgemesi bilen ýerine ýetirilýär, muňa turbinanyň pilçelerine energoäkidijiniň mukdarynyň üýtgemesi bilen şertleriniň ýerine ýetirilmesi awtomatiki ýa-da elde ýerine ýetirilýär.



2.5.-nji çyzgy. Sinhron generatorynyň elektrik ulgam bilen parallel işlemegi.



2.6-njy çyzgy. Sinhron generatorynyň awtonom tertipde işlemegi.



2.7-nji çyzgy. Takyk sinhronizirleme shemasy.

Ýygylara we naprýaženiýalara iki woltmetrlar we iki ýygylık ölçeýjiler boýunça gözegçilik edýärler, faza boýunça naprýaženiýeleriň üýtgemegini sinhronoskop boýunça barlaýarlar.

Sinhronoskop diňe bir naprýaženiýeleriň fazalarynyň gabat gelme pursatyny bellemäge mümkinçilik bermän, emma ulgamda işleýän generatordan işe goýberilýän generator çalt ýa-da haýal aýlanýandygyny kesgitlemäni hem başaýar.

Ýönekeý görnüşde sinhronoskop fazoindikator diýip atlandyrylýan gyzýan (накаливание) lampalardan düzülýär

(2.7 çyzgy). Lampalar ulgamyň şynalary we fazalarynyň yzygiderligine baglylykda biratly (одноименные) generatoryň çykarmalarynyň arasynda ýakylýarlar (“öçürmeklige, ýakmaklyk”).

Işe goýberilýän generatoryň konturynda ulgamyň we generatoryň ýygylklarynyň takyk gabat gelmesi entek ýok.wagtynda, jemleýji naprýaženiýäniň hereket edýän bahasy ýa-ha nola çenli peselip durar, ýa-da ulgamyň ikileýin fazaly naprýaženiýe çenli ýokarlanar, netijede lampalar ýa öçýärler ýa-da ýanýarlar. Generatoryň ýygylgy ulgamyň ýygylgyna näçe golaýlygyça, şonça-da fazaindikator lampalaryň yrgyldamalary haýal bolarlar. Olar baglylykda uzak wagtlyk aralykda ýanyp öçerler. Ýygylklaryň mümkin boldygyça has takyk gabat gelmelerine ýetmek gerek, bu ýagdaýda lampalaryň biri-biriniň yzyndan ýanmaklarynyň arasyndaky wagt ýeterlikli uzak bolar (3-5 sekuntndan däl), mundan soň lampalaryň doly öçmegi pursatynda Q öçüriniji birikdirýärler.

Şeýlelikde çalyşma çatgysyna (2.8 b çyzgy), laýyklykda sinhron birikdirilmede generatoryň naprýaženiýäniň  $E''_g$  ulgamyň naprýaženiýäniň  $E_u$  arasyndaky tapawut nola deň, şol sebäpden işe goýberilýän generator bilen ulgamyň arasynda deňleýji tok emele gelýär:

$$I_{i\dot{s}.g o \dot{y}} = \frac{E_u - E''_g}{x_c + x''_d} \approx 0, \quad (2.5)$$

bu ýerde  $E''_g$  we  $x''_d$ , rotoryň dempfer sarymynyň prosesse generator täsir edýän wagt aralygyna laýyk gelýän sinhron generatoryň ýokary geçiş tertibini häsiýetlendirýär. Sinhron generator üçin pasport ýazgylarynda (köplenç otnositel birliklerde) zawodlar  $x''_d$  ýokary geçiş dik reaktiw

bahasyny görkezýärler. Ýokary geçiş elektrik hereketegetirji (fazaly) şu görkezmeden tapyp bolýar.

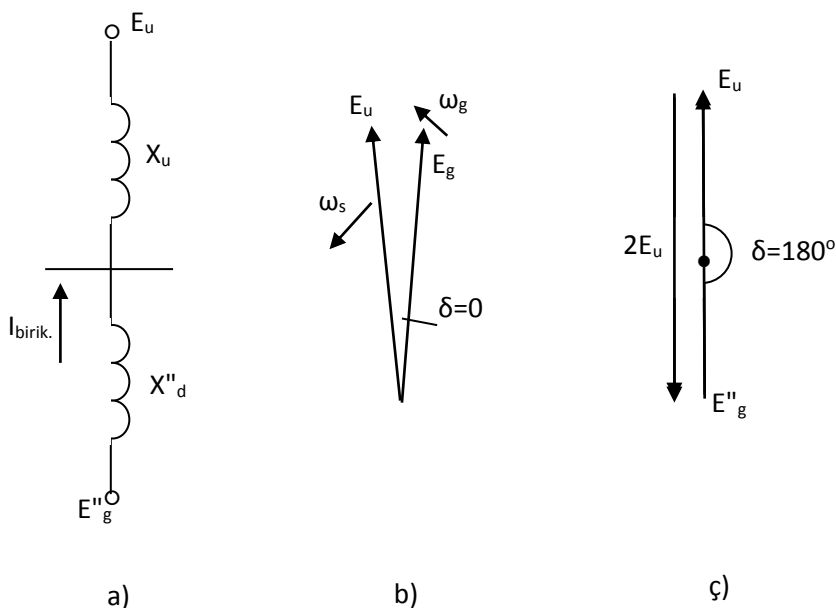
$$E_g'' = U_{nom} = I_{nom} x_d'' \sin \varphi \quad (2.6)$$

bu ýerde  $\varphi$  – nominal naprýaženiýe,  $U_{nom}$  nominal täsir we  $I_{nom}$  wektorlaryň arasyndaky burç.

Generator elektrik ulgam bilen parallel işe goýberilýär. Soňra, energoäkidijini işe goýbermek bilen generatoryň sete berýän aktiw kuwwatyny  $P_g$  we oýandyрма toguň üýtgemegi reaktiw kuwwaty  $Q_g$  sazlaýar. Eger-de işe goýberme  $\sqrt{\delta \neq 0}$  bolanda ýerine ýetirilse, onda ýokary ululyklara ýetip biljek deňleýji toklar çykýarlar. Eger-de elektrik ulgam bilen tersfazada (противофаза) sinhron generatoryny işe goýberilse (2 çyzgy) onda

$$I_{i\dot{s},go\dot{y}} = \frac{\dot{E}_u + \dot{E}_g''}{x_c + x_d''} = \frac{2\dot{E}_u}{x_d''} \quad (2.7)$$

bu ýerde  $x_c \ll x_d''$ , sebäbi ulgamyň kuwwaty işe goýberilýän generatoryň kuwwatyndan ep-esli uly.



2.8-nji çyzgy. Sinhron generatorynyň elektrik ulgam bilen parallel işe goýberilmesinde wektor diagrammalary we çalşyрма shemasy.

Bu tok  $I_{i\dot{s}.goý}$  takmynan 2 esse üç fazaly gysga utgaşdyrma tokdan  $I''$  uly, bu ýagdaýda elektrodinamiki güýçlenmeleriň hasabyna sarymyň izolýasiýasy bozulyp bilýän we sinhron generator işden çykyp bilýär.

Şeýlelikde, takyk sinhronizirleme usuly üç şerti ýerine ýetirende sinhron generatorynyň elektrik ulgama göni birikdirilmesini üpjün edýär. (Sinhron generator üçin hem, elektrik ulgam üçin hem agyrysyz?).

Takyk sinhronizasiýa usulynyň kemçilikleri:

- faza we modul boýunça naprýaženiýäni, şeýle hem generatoryň ýygylgyny dolup ýetirmek zerurlygy sebäpli prosessi işe goýbermegiň çylşyrymlylygy;
- işe goýbermegiň uzak wagtlylygy;
- adaty ýagdaýda birnäçe minutdan ýygylgynyň we naprýaženiýäniň üýtgemegi bilen dowam etdirilýän, ulgamdaky awariýalarda birnäçe onlarça minutlara çenli, esasan haçanda sete generatoryň çalt işe goýberilmesini üpjün etmeli bolanda;
- uly öňe gitme burç bilen abzal işe goýberilende birlenji hereketetirijiniň (turbina) we generatoryň mehaniki bozulmasynyň mümkinçiligi;

Öz-özünden sinhronizirleme usuly. Sinhron generator bilen işe goýberilýän naprýaženiýäniň ýygylgynyň we fazasyny doldyryp ýetirmek zerurlygyny aradan aýyrýar. Sinhron generatorlar turbinalaryň kömegi bilen sinhronnydan köp tapawut etmeýän aýlaw ýygylga çenli  $\omega_g = (0,97 - 0,98) \omega_s$  aýlawyny ýetirýärler we oýandyrmanyň ýagdaýda sete çatýarlar. Bu ýagdaýda oýandyryjy sargyny goýberiji zeristora ýa-da öçürme meýdanyň zeristoryna ýa-da oýandyryjynyň ýokaryna birleşdirýärler. Bu bolsa, oýandyryjy sargyda ony izolirleme üçin howply bolan naprýaženiýeleriň ýüze çykmagynyň önüni almak üçin gerekli şeýle işe goýberilmede sinhron generatory asinhron maşyn ýaly işleýär. Sinhron generatorynyň bat almasyndan soň rotoryň sarymy oýandyrmasyň hemişelik togunyň çeşmesine birikdirilýär we generator elektromagnit güýçleriň astynda sinhronizirlenýär.

Öz-özünden sinhronizirleme usulynyň artykmaçlyklary naprýaženiýeleriň deňleşmesiniň berk ýertleriniň ýoklygy, burçyň deňliginiň talaby, işe goýberme çalt amala aşyrylýar, öz-özünden sinhronizirleme

apparatlary ýönekeý we ygtybarly. Ýetmezçilikleri sete oýandyrylmadyk sinhron maşynlar çatylan pursatynda statoryň togunyň zyňylma (бросок) ýeri bar we setde naprýaženiýäniň peselmesi bolaýr. Emma tok we laýyk gelýän elektrodinamiki güýç (ol toguň kwadratyna proporsional) gysga utgaşdyrma generatoryň çykaryjylaryndakydan (выводы) pes bolýar. Işe goýberilmede statoryň togy diňe setiň naprýaženiýesi bilen kesgitlenýär, sebäbi generator oýandyrylmadyk bolýar we onuň elektrik hereketegetirijisi nola deň we setiň  $x_\Sigma = x_c + x''_d$  we generatoryň jemlenen induktiw garşylygyna:

$$I_{i\dot{s}.go\dot{y}} = \frac{\dot{E}_s}{x_c + x''_d} < \frac{2\dot{E}_s}{x''_d} = I'' \quad (2.8)$$

Setde naprýaženiýe çenli bolar.

$$U_s = E_s - I_{i\dot{s}.go\dot{y}} X_c$$

$I_{i\dot{s}.go\dot{y}}$  togy uly boldygyça, şonça-da setde sinhron generatorynyň işe goýberilmesine çenli  $U_s(0)$  we sinhron generatorynyň işe goýberilme pursatynda  $-U_s$  naprýaženiýeleriň tapawudy ýokary bolar.

Naprýaženiýäniň **oturdylmasy** sete birikdirilen sarp edijileriň işinde ýüze çykýar. Emma bu naprýaženiýe çalt (1-2 sek.) ýola goýulýar. Öz-özünü sinhronizirleme usuly 3000 kWt çenli kuwwatly sinhron generatorlar, sinhron hereketegetirijilerde we sinhron kompensatorlarda giňden ulanylýar, uly kuwwatlyklarda statoryň sarymlarynda elektridinamiki güýçler birden ýokarlanýarlar.

Awariýa ýagdaýlarynda birikdirilen toguň kratnostlygyna bagly bolman öz-özününden sinhronizirleme usuly bilen hemme maşynlar işe goýberilmäge ýol berilýär.



Sinhron generator uly kuwwatly elektrik ulgam bilen patallel işe goýberilende, sinhron aýlanmadan islendik tötänleýin öçürilmekde generatoryň statorynyň sarymynda goşmaça toklar emele gelýärler. Olaryň, rotoryň magnit meýdany bilen özara täsiri, sinhron aýlanmany ýola goýýan goşmaça güýçleri döredýär.

## **2.2. Güýç transformatorlary**

### **2.2. 1. Transformatorlaryň gurnalyşlary we ululyklary**

Güýç transformatorlar, sinhron generatorlar ýaly energiýany elektrik stansiýalardan sarp edijilere geçirmegi we ony paýalmagy üpjün edýän esasy elektrik bolup durýar.

Transformatorlaryň kömegi bilen energoulgamyň elektrik geçiriji liniýalary üçin zerur bolan ululyklara çenli (35; 110; 220; 330; 500; 750; 1150; 1500 kW) naprýaženiýäniň ýokarlanmagyny, şeýle hem elektrik energiýany kabul edijilerde gönüden-göni ulanylýan ululyklara çenli (10; 6,3; 0,33; 0,22; 0,127 kW) naprýaženiýeleriň köp gezekli basgançaly peselmesini üpjün edilýär.

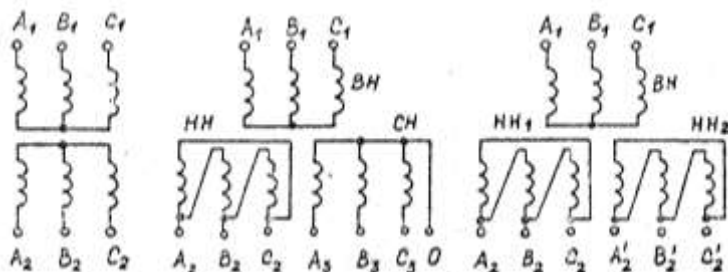
Güýç transformatorlary üç fazaly we bir fazaly ýerine ýetirilmede (TDS 9680-77 E) 10; 16; 25; 40; 63 kW.A, nominal kuwwatly çykarylýarlar. Olar iki sarymly, üç sarymly we pes naprýaženiýeli (PN) böleklenen sarymly bolupbilýärler.

Bir fazalylaryň ýanynda has tygşytlylyk bilen tapawutlanýan üç fazaly trnasformatorlar giňden ulanylýarlar.

Güýç transformatorlarda sarymlaryň iki sany birikme shemasyny ulanýarlar: ýyldyz – ýyldyz we ýyldyz-

üçburçlyk (2.9-njy çyzgy). Ýokary naprýaženiýäniň sarymlary ýyldyza birikdirilýär, sebäbi bu sarymlaryň izolýasyýasyny ýeňilleşdirmäge mümkinçilik berýär. Bu ýagdaýda ol fazaly naprýaženiýe hasap edilýär.

Transformatorlaryň nominal kuwwaty diýip, sowadyjy sredanyň nominal temperatura şertlerinde transformatoryň üznüksiz ýüklenen bolup biljek  $S_{nom}$  doly kuwwatyna aýdylýar. Transformatorlaryň kuwwatyna baglylykda sowatmagyň dürli görnüşleri ulanýarlar: ýagly transformatorlar, tebigy ýagly (Ý); tebigy ýagly üfleýjili (Ý/Ü) bilen ýagly (Ý); tebigy ýagly hökmäny ýag. aýlawly (Ý/H) bilen serkulýasiýasy (Ç/S); ýagly – suwly (Ý/S) tebigy sirkulýasiýaly; ýagly – suwly hökmäny ýag sirkulýasiýaly; gury transformatorlar tebigy howa bilen sowatmak; ýanmaýan dil bilen sowatmak (Ý/M).



2.9-njy çyzgy. Transformatorlaryň sarymlarynyň birikdirme shemalary.

Transformatorlarda zawodyň resminamasynyň harp we san görkezijileri şulary aňladýar: T – üç fazaly ýa-da 0 – bir fazaly, P-peseldiji naprýaženiýesinde böleklenen sarymynyň barlygy, H – sarymlaryň biriniň ýüklenmede naprýaženiýäni sazlaýan (ÝAS) gurnama bilen ýetirilmesi.

Transformatorlaryň görnüşinde harply belgilenmeden soň drobda maýdalawjyda nominal kuwwat (kW.A), sanawjyda – ýokary naprýaženiýäniň (ÝN) sarymynyň naprýaženiýäniň ululygy (kW) görkezilýär. Mysal üçin, transformatorlar TPDH – 2500/110 üç fazaly iki sarymly transformatorlar pes naprýaženiýeli sarymy böleklenen tebigy ýagly üfleýjili sarymlarynyň biriniň ýüklenmede naprýaženiýesi sazlanýan 2500 kW.A kuwwatly ýokary naprýaženiýesi 110 kW.

Transformatoryň birinji we ikinji sarymlarynyň nominal naprýaženiýesi, nominal kuwwaty **kataloglara** we pasport berilenlerinde görkezilýärler – bu transformatorlaryň boş işlemesinde birikdirijileriň aralaryndaky naprýaženiýe.

Ýokary naprýaženiýäniň (ÝN) sarymynyň naprýaženiýesini  $U_1$ , pesiňki (PN) –  $U_2$  arkaly belgileýärler. Olaryň gatnaşygy transformasiýa koeffisiýentiniň bahasyny berýär.

$$K_T = \frac{W_1}{W_2} \cong \frac{U_1}{U_2} \quad (2.10)$$

bu ýerde  $W_1$  we  $W_2$  – laýyklykda ýokary naprýaženiýäniň we peseldiji naprýaženiýäniň sargylarynyň sarym sany üç sargyly transformator üçin hemme üç sargynyň naprýaženiýelerini görkezýärler: ýokary naprýaženiýe  $U_1$ , ortaky naprýaženiýe (ON)  $U_2$ , pes naprýaženiýe  $U_3$ .

Transformatoryň islendik sargysynyň nominal kuwwaty we nominal naprýaženiýesi boýunça kesgitýenýär. Iki sargyly transformator üçin:

$$I_{1,nom} = \frac{S_{nom}}{\sqrt{3} U_{1,nom}}; \quad I_{2,nom} = \frac{S_{nom}}{\sqrt{3} U_{2,nom}}; \quad (2.11)$$

Üç sargyly transformatorlarda sargylaryň kuwwatlary dürli-dürli bolup bilýärler, kuwwatlaryň gatnaşyklaryny  $S_{nom}$  göterimde kabul edilen: 100/100/100%; 10/100/66,7 (100/1,5)%; 100/66,7/66,7%.

Sargylaryň naprýaženiýalaryndan we kuwwatlaryndan (olaryň gatnaşyklarynda) başga pasport berlgilerinde boş işleme (BI) tertipleriniň ululyklary we transformatoryň gysga utgaşma ululyklary görkezilýärler.

Boş işleme tertibinde transformatoryň ikilenji sargylary açyk (üznük) bolýarlar, birlenjisi bolsa setiň normal naprýaženiýasyna birikdirilýär. Transformatoryň setden ulanýan togy boş işleme togy diýip atlandyrylýar,  $I_b$  belgilenýär we ýokary naprýaženiýe sargynyň nominal togyndan göterimde (процент) görkezilýär:

$$\frac{I_b}{I_{1,nom}} \cdot 100 \% = I_b \% \quad (2.12)$$

Boş işlemede transformatorlardaky ýitgileriň kuwwaty, magnitpoprowoddaky ýitgileriň kuwwatyndan we ýokary naprýaženiýäniň sargysyndaky ýitgileriň kuwwatyndan düzülýär. Boş işlemede  $I_b \ll I_{1,nom}$  tok we simlardaky ýitgileriň kuwwaty, magnitpoprowoddaky ýitgileriň kuwwaty bilen deňeşdireniňde gaty ujypsyz az bolýar. ( $S_{nom} < 1 \text{ kW.A}$  transformatorlardan başgalar).

Gysga utgaşma tertibi  $U_k$  naprýaženiýe we  $\Delta P_k$  kuwwat bilen häsiýetlendirilýär,  $U_k$  – bu, ýönekeý tokda sarymy, beýleki bilen gysga çatylanda sarymlaryň birine eltme zerurlygy bolan naprýaženiýe.  $U_k$  naprýaženiýäni ýönekeýden (normalda) göterimde görkezilýärler:

$$\frac{U_k}{U_{1, nom}} \cdot 100 \% = U_k \% \quad (2.13)$$

Gysga utgaşma tertipde transformatoryň sarp edýän  $\Delta P_k$  aktiw kuwwaty, bütinleý diýen ýaly onuň sarymlaryny gyzdymaklyga sarp edilýär.

Üç sarymly transformator üçin gysga utgaşma tertibi sarymlarynyň hemme mümkinçilik bolan utgaşmalary üçin ýerine ýetirilýär: ÝN-PN, ÝN-ON, ON-PN.

### 2.2.2. Güýç trnasformatorelaryň çalşyrylma çatgylary

Elektrik setleriň hasaplamalarynda iki sarymly transformatorlar  $\Gamma$ -görnüşli çalşyrylma çatgysyny emele getirýärler (2.10 a çyzgy). Boş işleme ýitgilerini, ýokary naprýaženiýe sarymyna birleşdirilen goşmaça ýüklenme  $\Delta S_b = \Delta S_{cm}$  görnüşünde görkezilýärler.

Ýitgileriniň doly kuwwaty şuna deň

$$\Delta S_{cm} = \Delta P_{cm} + jQ_{cm} \quad (2.14)$$

bu ýerde  $\Delta S_b = \Delta S_{cm}$  we pasport berilenleri boýunça kesgitlenýär:

$\Delta Q_{cm} = \Delta Q_b$  – transformatoryň poladanyň magnitlap geçirmesindeki (перемангничивание) ýitgiler.

Iri transformatorlar üçin  $Q_{cm} \gg P_{cm}$ , şonuň üçin şeýle bolýar,

$$\Delta Q \approx \Delta S_{cm} = \frac{I_b \%}{100} \cdot S_{nom} \quad (2.15)$$

Dik garşylygyň  $Z_T$  iki düzüjileri bolýar:  $R_T$  – sarymlaryň aktiw garşylygy we  $X_T$  – her sarymyň induktiw garşylygyny we olaryň özara induktiwlygyny hasaba alynýan induktiw garşylygy.

Garşylyklaryň bahalaryny gysga utgaşma tertibiň ölçeglerinden kesgitleýärler. Aktiw kuwwat transformatoryň sarymlaryny gyzdymaklyga sarp edilýär, bu ýagdaýda poladyň ýitgileri az olýar, sebäbi goşulan naprýaženiýe az:

$$\Delta P_k = 3 I_{1,nom}^2 R_T = \frac{3 I_{1,nom}^2 U_{1,nom}^2 R_T}{U_{1,nom}^2} = \frac{S_{1,nom}^2 R_T}{U_{1,nom}^2} \quad (2.16)$$

Onda transformatoryň sarymynyň aktiw garşylygy

$$R_T = \frac{\Delta P_k U_{1,nom}^2}{S_{1,nom}^2} \quad (2.17)$$

Induktiv garşylyk

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (2.18)$$

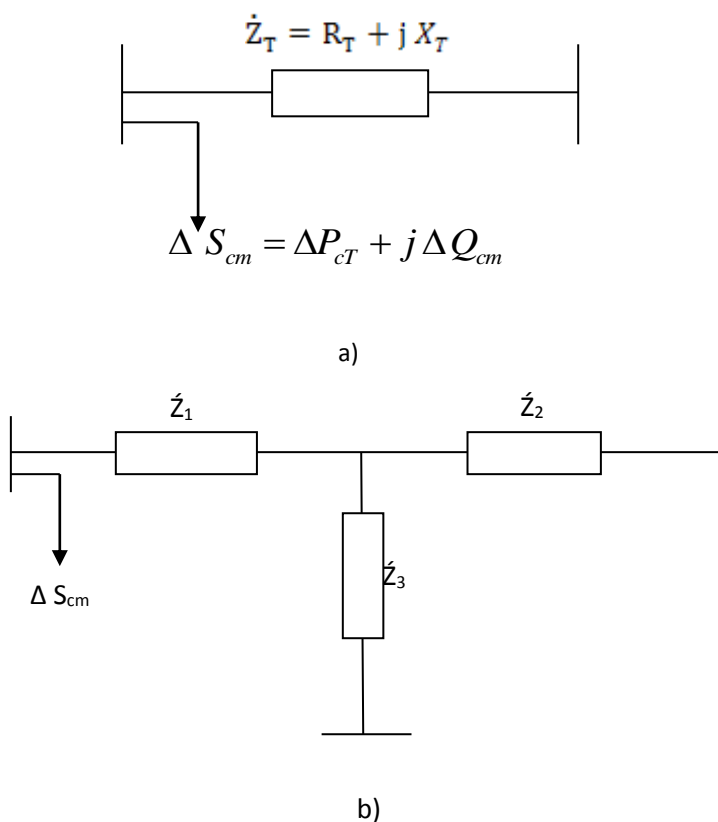
Iri transformatorlar üçin  $R_T \ll X_T$ , we hasap edilende  $X_T = Z_T$  bolýar, onda transformatoryň doly garşylygy  $U_k, \%$  naprýaženiýe boýunça kesgitlenýär:

$$U_k \% = \frac{\sqrt{3} Z_T I_{1,nom}}{U_{1,nom}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{3} U_{1,nom} I_{1,nom}}{U_{1,nom}^2} \cdot 100 = \frac{S_{nom} \cdot Z_T}{U_{1,nom}^2} \cdot 100 = \frac{S_{nom} \cdot Z_T}{U_{1,nom}^2} \cdot 100 \quad (2.19).$$

Bu ýerden

$$Z_T = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{U_{1,nom}^2}{S_{nom}} \quad (2.20)$$

Üç sargyly transformatoryň çalşyrylma çatgysyny üçşöhleli ýyldyz görnüşinde (2.10 b çyzgy) görkezilýärler. Polatdaky ýitgileri, iki sargyly transformatorlar üçin bolşy ýaly, boş işleme tertibi boýunça kesgitlenýär, (2.14) boýunça.



2.10-njy çyzgy. Transformatorlaryň çalşyrylma çatgylary.

Çalışyrylma çatgynyň garşylyklaryny gysga utgaşma tertibiniň berilenleri boýunça kesgitleňýärler:  $U_{k, 1-2}$ ,  $U_{k, 1-3}$ ,  $U_{k, 2-3}$ ,  $\Delta P_{k, 1-2}$ ,  $\Delta P_{k, 1-3}$ ,  $\Delta P_{k, 2-3}$ , bular pasport berilenlerinde görkezilýärler.

Sargylarda kuwwatyň ýitgilerini  $P_{k, 1}$ ,  $P_{k, 2}$ ,  $P_{k, 3}$  we gysga utgaşma tertibinde olardaky naprýaženiýeleri  $U_{k, 1}$ ,  $U_{k, 2}$ , we  $U_{k, 3}$  kesgitlemek üçin şu indiki deňlemeleri ulanýarlar:

$$\left. \begin{aligned} P_{k, 1} &= 0,5 (\Delta P_{k, 1-2} + \Delta P_{k, 1-3} - \Delta P_{k, 2-3}), \\ P_{k, 2} &= 0,5 (\Delta P_{k, 1-2} + \Delta P_{k, 2-3} - \Delta P_{k, 1-3}), \\ P_{k, 3} &= 0,5 (\Delta P_{k, 1-3} + \Delta P_{k, 2-3} - \Delta P_{k, 1-2}) \end{aligned} \right\} \quad (2.21)$$

$$\left. \begin{aligned} U_{k, 1} &= 0,5 (U_{k, 1-2} + U_{k, 1-3} - U_{k, 2-3}), \\ U_{k, 2} &= 0,5 (U_{k, 1-2} + U_{k, 2-3} - U_{k, 1-3}), \\ U_{k, 3} &= 0,5 (U_{k, 1-3} + U_{k, 2-3} - U_{k, 1-2}) \end{aligned} \right\} \quad (2.21)$$

Bu ýerden ýokary naprýaženiýe sarymynyň garşylyklary şuňa deňdirler.

$$R_1 = \Delta P_{k,1} \frac{U_{nom}^2}{S_{nom}^2}, \quad (2.23)$$

$$X_1 = \frac{U_{k,1} \%}{100} \frac{U_{nom}^2}{S_{nom}}, \quad (2.24)$$

Şulara meňzeş edip ortaky naprýaženiýe sarymynyň  $R_2$  we  $X_2$  hem-de peseldiji naprýaženiýe sarymynyň  $R_3$  we  $X_3$  garşylyklary tapylýarlar.

Bir fazaly we üç fazaly uly kuwwatlykly transformatorlar, kä ýagdaýlarda gysga utgaşma toklaryny çäklendirmek maksady bilen böleklenen sarymly edip



taýýarlaýarlar (2.9-njy c çyzgy). Böleklenen edip, pes naprýaženiýäniň sarymyny ýerine ýetirýärler. Bu ýagdaýda transformatorndan, bir wagtyň özünde bir ýa-da dürli naprýaženiýeleriň iki sany garaşly bolmadyk ýüklenmeler iýmitlenme alýarlar. Peseldiji naprýaženiýeleriň bölünenlerinde gysga utgaşma kuwwaty şinalaryň seksiyalarynda 2 esse diýen ýaly peselýär. Böleklenen sarymly transformatorlar köplenç birden (kerç) üýtgeýän ýüklenmeli setlerde ulanylýarlar.

Böleklenen sarymly üç fazaly transformatoryň çalşyрма çatgysy hem üçşöhleli ýyldyz.

### 2.3. Awtotransformatorlar

Awtotransformatorlar (AT) iki sany elektriki baglanşykly sarymlary bar: AX-ýokary naprýaženiýe sargysy we ax-ortaky naprýaženiýe sargysy. Pes naprýaženiýe sargysynda ýokary naprýaženiýe we ortaky naprýaženiýe sargylary bilen ýönekeý transformator (elektromagnit) baglanşygy bar (2.11. çyzgy). A we a birikdirijileriň (выводы) aralygynda birikdirilen sargynyň bölegine yzygider diýilýär, a we x birikdirijileriň aralygyndaka – umumy diýilýär. Peseldiji tertipde işlenende sargyda  $I_1$  tok geçýär, ol magnit akymy emele getirip, umumy sargyda  $I_0 = I_2 - I_1$  togy getirýär (üýşürýär). Ikilenji zynjyryň ýüklenme togy -  $I_2$ . Peseldiji awtotransformatorlarda yzygider sargynyň kuwwaty umumy sargynyň kuwwatyna deň. Bu kuwwat awtotransformatorlaryň görnüşli (типовой) kuwwaty diýip atlandyrylar we şuna deň

$$S_T = \sqrt{3} U_2 (I_2 - I_1) = \sqrt{3} I_1 (U_1 - U_2) \quad (2.25)$$

ýa-da

$$S_T = \sqrt{3} I_1 U_1 \left(1 - \frac{U_2}{U_1}\right) = S_{nom} \left(1 - \frac{1}{K_a}\right) \quad (2.26)$$

bu ýerde  $S_{nom}$  – nominal kuwwat;

$K_a$  – awtotransformatorlaryň transformator-masiýasynyň koeffisiýenti;

$1 - \frac{1}{K_a}$  - görkezileni  $K_{amat}$  amatlylyk koeffisiýent

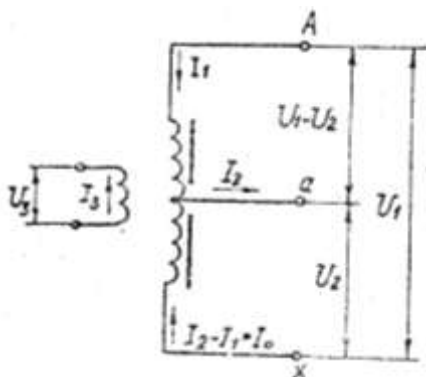
arkaly belgileýärler, onda

$$S_T = K_{amat} \cdot S_{nom} \quad (2.27)$$

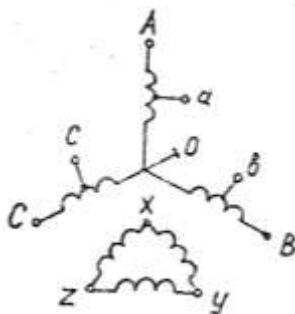
Tipowoý kuwwat – bu awtotransformatorlardaky kuwwatynyň elektromagnit usul bilen berilýän bölegi bolanlygy sebäpli, şeýle hem ölçegi, agramy, aktiw materiallaryň çykdaýjysy esasan elektromagnit kuwwat bilen kesgitlenýänligi sebäpli, onda nominal kuwwatly  $S_{nom}$  awtotransformatoryň  $K_{amat}$   $S_{nom}$  bolan transformatoryňky ýaly ölçegi we agramy formatoryňky ýaly ölçegi we agramy bolar. Amatlylyk koeffisiýenti näçe pes boldygyça, şonça-da awtotransformatoryň ulanyş peýdalylygy ýokary bolar.

Hemme awtotransformatorlarda ýokary naprýaženiýe we ortaky naprýaženiýäniň üç fazaly sargylarynyň ýyldyza birikdirilmeleri bar we olar naprýaženiýeleriniň ikisi üçin hem doly zaminlenýän umumy nolewoý nokady emele getirýärler (2.12. çyzgy). Peseldiji naprýaženiýe sargylary üçburçlyga birleşdirilýärler. Kabul ediji aralyk stansiýalarda peseldiji naprýaženiýe sargylaryna adaty, sinhron kompensatorlara birleşdirilýärler ýa-da olary

aralyk stansiýanyň hususy zarurlyklarynyň ýüklenmesi üçin hem ulanylyp bilýärler. Peseldiji naprýaženiýäniň sargysynyň kuwwaty tipowoýa deň edip alynýarlar.



2.11-nji çyzgy. Üç sargyly awtotransformatorlaryň bir fazasynda toklaryň paýlanmasy.



2.12-nji çyzgy. Üç fazaly awtotransformatorlaryň sargylaryny birleşdirme çatgysy.

Awtotransformatorlaryň gysga utgaşmasynyň naprýaženiýeleri öndüriji – zawodlar tarapyndan berilýärler: ýokary naprýaženiýe we ortaky naprýaženiýe sargylarynyň arasynda –  $U_{k, ý-o} \%$ , ýokary naprýaženiýe we pes naprýaženiýe –  $U'_{k, 0-p} \%$ .  $U_{k, ý-o} \%$  naprýaženiýe awtotransformatorlaryň nominal kuwwatyna degişli,  $U'_{k, ý-p} \%$  we  $U'_{k, 0-p} \%$  – pes naprýaženiýäniň sargysynyň kuwwatyna, ýagny tipopoýa degişli. Gysga utgaşma tertibinde ýitgileriň kuwwatlary üçin hem edil şonuň ýaly  $\Delta P_{k, ý-o}$ ,  $\Delta P'_{k, ý-p}$  we  $\Delta P'_{k, 0-p}$ .

Üç sargyly awtotransformatorlaryň çalşyрма çatgysy, üç sargyly transformatorlaryňky üç şöhleli ýyldyza emele getirýär,  $U'_{k, ý-p} \%$  we  $U'_{k, 0-p} \%$  naprýaženiýeler we  $\Delta P'_{k, ý-p}$  we  $\Delta P'_{k, 0-p}$  kuwwatlar bolsa awtotransformatorynyň nominal kuwwatyna getirilýär:

$$U_{k, ý-p} \% = U'_{k, ý-p} \frac{S_{nom}}{S_T} \quad \text{we} \quad U_{k, 0-p} \% = \frac{S_{nom}}{S_T} \quad (2.28)$$

$$\Delta P_{k, ý-p} = \Delta P'_{k, ý-p} \left( \frac{S_{nom}}{S_T} \right)^2$$

we

$$\Delta P_{k, 0-p} = \Delta P'_{k, 0-p} \left( \frac{S_{nom}}{S_T} \right)^2 \quad (2.29)$$

Çalşyrylma çatgysynyň ýyldyzynyň şöhleleriniň gysga utgaşmanyň naprýaženiýelerini  $U_{k, 1}$ ,  $U_{k, 2}$  we  $U_{k, 3}$  (2.22) boýunça tapýarlar, şolr boýunça hem induktiw garşylyklary tapýarlar. Emma şöhleleriň aktiw garşylyklaryny kesgitlemek üçin transformatorlar usuly gerek bolmaýar. Awtotransformatorynyň sargylarynda aktiw

kuwwatyň ýitgilerini kesgitlemegi şu indiki deňlemeler amala aşyryp bolýar:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{k, \dot{y}} &= 0,5 (\Delta P_{k, \dot{y}-0} + \Delta P_{k, \dot{y}-p} - \Delta P_{k, 0-p}), \\ \Delta P_{k, 0} &= \Delta P_{k, \dot{y}-0} - \Delta P_{k, \dot{y}}, \\ \Delta P_{k, p} &= \Delta P_{k, \dot{y}-p} - \Delta P_{k, \dot{y}} \end{aligned} \right\} \quad (2.30)$$

bular boýunça (2.23) laýyklykda  $R_1, R_2, R_3$  kesgitläp bolýar.

Awtotransformatorlar iýmitlendiriji setlerde giňden ulanylýarla, sebäbi üç sargyly transformatorlar bilen deňeşdireniňde şu indiki artykmaçlyklara eýedirler: aktiw we konstruktiv materiallaryň çykdaýjylarynyň azalmagy: kuwwatyň ýitgileriniň peselmegi; uly ýekeleýin kuwwatlykly awtotransformatorlaryň öndürilmeginiň mümkinçiligi.

Kemeçiliklerden awtotransformatorynyň neýtrallarynyň zeminlemesiniň zerurlygyny belläp geçmek, bu bolsa setde bir fazaly gysga utgaşmanyň toklarynyň ýokarlanmagyna getirýär.

## 2.4. Ýokarywoltly apparatlar

Ýokarywoltly apparatlara üzňeleýjiler, gysga utgaşdyryjylar we aýryjylar, ereýji predohraniteller, priwodly öçürijiler we başgalar degişli.

Razýedeniteller. Naprýaženiýe astynda bolan setiň bölümlerini üzňeleme we geçirmek (переключение) üçin 1000W – dan ýokary naprýaženiýeli elektrik üpjünçilik ulgamlarda ulanylýarlar.

Howpsuzlyk tehnikasynyň şertleri boýunça paýlaýjy gurnamalaryň enjamlary bejerilende elektrogurnamalaryň

tok geçiriji bölümlerinde, naprýaženiýäniň gelip biljek hemme talaplaryndan zynjyryň üzülmesi görünip durmaly. Görkezilen talplary paýlaýjy gurnamalarda üzňeleýjileriň goýulmasy bilen ýerine ýetirilýär. Üzňeleýjiler, elektrogurnamalaryň ulanyş şertleriniň talap edýän elektrik zynjyryň rerur bolan görünýän üzülmesini döredýärler.

Üzňeleýjilerde ýaýlary (дыра) öçürmek ýörite gurnamalary bar. Üzňeleýjileriň uly toklary öçürmegi, ýüze çykýan elektrik ýaý sebäpli, fazalaryň arasynda howply gysga utgaşmany ýüze çykaryp bilýär. Şonuň üçin üzňeleýjileri, ýükleme toguň öçürilmesinden goraýan, blokirowka bilen üpjün edýärler.

Üzňeleýjiler bilen transformatorlaryň boş işleme togyny, transformatorlaryň neýtrallarynyň zaminleme togyny we ýaýöçüriji tegekleri, liniýalaryň deňleýji togyny (naprýaženiýeleriň 2% den ýokary bolmadyk tapawudyna), ýere utgaşýan togy (35 kW bolanda 5 A-dan ýokary bolmadyk we 10 kW ýokary bolmadyk), uly bolmadyk zarýad toklary öçürmek rugsat edilýär. Üzňeleýjiler içki we daşky gurnamalar üçin taýýarlanýarlar.

Gysgautgaşdyryjylar – bu, transformatordaky bozulmalarda toguň, releli gorawyň işlemegi üçin doly ýeterlikli bolup bilmedik ýagdaýlarynda gysga utgaşmany emeli döretmek üçin niýetlenen apparatlar. Gysgautgaşdyryjylar, ýokary naprýaženiýeli tarapda öçürjilersiz aralyk stansiýalarda ulanylýarlar. Olar daşky ýerleşdirilmeler üçin niýetlenen.

Gysgautgaşdyryjylary işe goýberilende iki fazaly gysga utgaşma (35 kW zynjyrlarda) ýa-da bir fazaly gysga utgaşma (110, 220 kW zynjyrlarda) bolup geçýär.

Gysgautgaşdyryjylary dolandyрма, öçürme tegegi we maksimal toguň iki relesi bilen ýerine ýetirilen priwod bilen amala aşyrylýar. Gysgautgaşdyryjy, releli priwodyň işlemeginde pružinaly mehanizmiň täsiri astynda

awtomatiki işe goýberilýär. Gysgautgaşdyryjy el bilen öçürilýär.

Aýryjylar (отделители). Awtomatiki dolandyрма üçin priwodlar bilen üpjün edilen üç polýusly iki kolonkaly adaty üzňeleýjileri özünden emele getirýärler. Olaryň kömegi bilen laýyklykdaky awtomatik gurnamanyň guýrugy (komandasy) boýunça, öçürijilerden öňünden öçürilen zynjyryň bölümleriniň öçürmek we ýakmak işlerini amala aşyrýarlar. Aýryjylar, 35 kW naprýaženiýede 16 MW.A çenli we 110 kW naprýaženiýede 63 MW.A çenli kuwwaty bolan transformatorlaryň magnitlama toklaryny öçürip bilýärler.

Ereýji predohraniteller, toguň kesgitli ululugynyň ýokarlanmasynda zynjyryrlary awtomatiki öçürýärler. Predohraniteller işläp başlandan soň, apparaty soňraky işlemä taýýarlamak üçin, ereýji ustanowkany ýa-da patrony çalşyrmak zerurdyr.

Ereýji predohranitelleriň artykmaçlyklary – gurnamanyň ýönekeýligi, laýyklykda bahasynyň pesligi, gysga utgaşmada zynjyryň çalt öçürilmegi (bir periotdan az), gysga utgaşmada zynjyrdaky togy ПК görnüşli predohranitelleriň kesgitli bölüp bilme (ограничивать) ukyby.

Olaryň kemçilikleri, ereýji wstawkada nominal tokdan ep-esli ýokary geçýän tokda predohranitelleriň işläp başlamagy, munuň netijesinde zynjyryň aýratyn bölümleriniň howpsyzlygyna güwä geçilmeýär, zynjyryň ereýji redohranitel bilen öçürilende adaty aýanaprýaženiýany ýüze çykarýar; bir fazaly öçürilme we gurnamalaryň ýa-da setiň bölümleriniň soňraky bidüzgün işlemeginiň mümkinçiligi.

Aýdylan mekçiliklere garamazdan ereýji predohranitelleri uly bolmadyk kuwwatly güýç transformatorlary, elektrik hereketetirijileri, paýlaýjy

setleri we naprýaženiýäni ölçeýji transformatorlary goramak üçin giňden ulanýarlar.

Has giňden ýaýran, gaty gazogenerirleýji materiallary ulanmak bilen gazogenerirleýji predohraniteller (mysal üçin, fibralar, winiplanstlardan, borny kislotadan we başg.) we ereýji wstawkaly patrony kwars gummy bilen doldurylan, kwarslylar (ýaýyň ýokary temperaturasynyň täsiri astynda gazy çykarmaýan, materially).

Güýç zynjyrlary goramak üçin ПК, ПКУ (güýçlendirilen), ПЧ, ПК-6H, ПК-10H (daşky ýerleşmeli), ПКТ (ekskowatorly görnüşli predohranitelleri ulanýarlar, naprýaženiýe transformatorlaryny goramak üçin ПКТ, ПКТУ görnüşlileri ulanýarlar.

Elektrik setlerde we elektrik üpjünçilik ulgamlarynda esasy kommutasion apparat öçüriji bolup durýar. 1000 kW – dan ýokary naprýaženiýeli elektrik energiýa geçirilende we paýlananda elektrik zynjyrlary ýakmak, öçürmek we geçirmek ýükleme astynda aşyrylýar. Bu operasiýalar öçürijileriň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Öçüriji, adaty iş tertibinde bolşy ýaly, toklaryň has ýokarlanmasy bilen bolup geçýän awariýa ýagdaýlarynda hem toklary öçürmeli we ýakmaly. Diýmek elektrik üpjünçilik ulgamynda, öçüriji haas jogapkär element bolup durýar.

Öçüriji elektrik zynjyry üzende, onuň kontaktlarynda elektrik ýaýy emele gelýär. Şol sebäpden, tokly zynjyrlary çatmak we üzmek üçin niýetlenen elektrik apparatlary gurnamalarynda, ýaýy çalt öçürmäge täsir edýän ýörite deionezirleýji gurnamalary göz önünde tutýarlar.

Ulanylýan ýaýöçüriji suwuklykly we gazly bolýarlar. Has giňden ýaýranlary ýagly we howaly öçürijiler.

Ýagly öçürijilerde ýaýöçüriji sreda bolup transformator ýagy bolup durýar; kontakt ulgamy baklarda



ýa-da küýze (горшок) diýip atlandyrylýan uly bolmadyk gutyjyklarda (bozýoklarda) ýerleşýär.

Howaly öçürijilerde ýaýöçüriji sreda hökmünde gysylan howa ulanylýar; kontakt ulgamy izolirleýji silindrda ýa-da kamerada ýerleşdirilýär.

Soňky wagtlar elegazly öçürijiler has giňden ulanylýarlar. Elegaz, dykzykgyndan 5 esse ýokary bolan inert gazy özünden emele getirýär. Elegazyň elektrik berkligi howanyň berkliginden 2-3 esse ýokarydyr. Atmosfera basyşynda elegazda, şol bir şertlerde howada öçürilýän tokdan 100 esse ýokary bolan tokly ýaý öçürilip bilinýär.

Öçürijileri has giňden ýaýran üç sany esasy görnüşe bölüp bolýar:

- uly göwrümlü ýagy bolan baklylar, olarda transformator ýagy ýaýy öçürmek we bile duran fazalaryň tökädiji bölekleriniň biei-birinden we ýerden izolirlemek üçin ulanylýarlar;
- küýzeli, ýa-da kiçigöwrümlü, olarda transformator ýagy diňe ýaýy öçürmek üçin serişde hökmünde ulanylýarlar; bu öçürijileriň baýýoklary (gutyjyklary) iş wagtynda naprýaženiýe astynda bolýarlar, şol sebäpden daşky izolýatorlaryň ýardam bermegi bilen olar zaminlenen böleklerden izolirlenýärler;
- howaly, olarda ýaýy öçürmeklik gysylan howa bilen amala gurnalyşlarynyň köpüsinde ýaýöçüriji kameralar farfor izolýatorlarda ýerleşýärler.

Küýzeli we howaly öçürijilerde ýaýöçüriji gurnamanyň zaminlenen bölümlerden izolýasyýasy keramiki we organiki izolirleýji maddalaryň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.

Öçürijileriň kä-bir gurnalyşlarynda metaldan ýa-da asbosementden ýaýöçüriji gözenekler (пешетка) ulanylýar,

bu ýere ýaý magnitmeýdan bilen ýa-da gysylan howa bilen çekilip alynýar we çalt dionizirlenýän gysga ýaýlaryň köp sanlaryna bölünýär.

Öçüriji dolandyrmagy, ýagny öürmegi we ýakmagy el bilen, aralykdan ýetirip bolýar. Öçürijileriň priwody aýratyn apparaty özünden emele getirýär – öçürijiniň priwod oky bilen birleşdirilýän, pneumatiki ýa-da ýük, pružynly, elektromagnit.

Öçürijiler, olaryň ulanyş şertlerini kesgitleýän bir – näçe tehniki bilen häsiýetlenýärler: nominal we maksimal iş naprýaženiýe, nominal iş togy, nominal öçürmek togy (nominal kuwwaty).

Öçürijiniň nominal öçürme togy  $I_{nom}$  (nominal kuwwaty  $S_{nom, a}$ ) diýip, onuň soňraky ulanylmagyna päsgel bermeyän hiç-hili bozulmasyz nominal naprýaženiýesinde öçürijiniň öçürip biljek iň uly toguna (kuwwatyna) aýdylýar.

Bakly ýag öçürijileri 35, 110, 220 kW nominal naprýaženiýalara, 10; 12,5; 16; 25; 31,5; 40; 50 kA öçürme toklar bilen 630, 1000, 1250, 1600, 2000 A nominal toklara öndürýärler.

Az göwrümliler laýyklykda  $U_{nom} = 10, 20$  kW,  $I_{öçür} = 10; 16; 20; 31,5; 45; 63; 90$  kA we  $I_{nom} = 400, 630, 1000, 1600, 3200, 4000, 5000, 6300, 9500$  A. öndürilýärler.

Howalylar –  $U_{nom} = 35, 110 - 150, 220, 330, 500, 750, 1150$  kW,  $I_{öçür} = 31,5; 40; 50; 63$  kA we  $I_{nom}$  600 den 4000 A çenli.

Elegazlylar –  $U_{nom} = 110, 220$  kW,  $I_{öçür} = 40$  kA we  $I_{nom} = 1600$  A.

Azgöwrümli öçürijiler bilen bilelikde 6-10 kW naprýaženiýede elektromagnit öçürijiler giňden ulanylýarlar, olarda azgöwrümliler bilen deňeşdireniňde bir – näçe artykmaçlyklary bar: olara ýaýy öçürmek üçin ýag gerek bolmaýar, ýangyna we partlama howpsyz, kommutasion aşanaprýaženiýalaryň pes derejesini döredýärler we

öçürijiniň ýaýöçüriji bölümleriniň ýokary ulanyş berkligi bar.

Bu artykmaçlyklar şeýle öçürijileri köp öçýän gurnamalarda ulanylmaklygy kesgitleýär, mysal üçin, elektropeç, týaga we göneldiji aralyk stansiýalarda. Elektromagnit öçürijilerde ýaýyň öçürilmesi ýörite kameralarda amala aşyrylýar, olarda gyzgyna durnukly (термостойкий) materialdan bolan izolýasion diwarlaryň arasyndaky inçejik deşige ýuwaş – ýuwaşdan ýaý çekilip alynýar. Munuň bilen ýaýy garşylygy ýokarlanýar we ony öçürmegiň amatly şertleri döredilýärler.

Elektromagnit öçürijiler 1000 we 2000 A nominal toklara, laýyklykda öçürme toklary 125 we 40 kA bolanda hasap edilen (niýetlenen).

Şeýle wakuum öçürijiler nominal toklary 200 we 300 A we öçürilme toklary 2 kA bilen ulanylýarlar. Wakuum öçürijiniň esasy elementy, ýaýyň öçürilmesi bolup geçýän, wakuum ýaýöçüriji kamera (WÝK) bolup durýar.

Wakuum öçürijileriň artkmaçlyklary: wakuumyň ýokary elektrik berkligi, bu bolsa ýaýyň üzülmesinde kontaktlaryň arasynda elektrik berkligi çalt ýola goýmagy üpjün edýär; öçürilmeleriň köp sanynda çalt hereketi we uzak möhletde işlemegi (gullugy); ölçegleriniň kiçiligi we hyzmat etmegiň rahatlygy.

Wakuum öçürijiler, öçürmek we ýakma operasiýalarynyň köplüginde kondensator we elektropeç gurnamalarynda ulanmaga amatly (gerekli).

Bu öçürijiler, öçürmäniň ýokary bolmadyk toklaryna niýetlenendiklerini we bahalarynyň gymmat däldiklerini, şonuň üçin hem çäklendirip ulanylýandyklaryny aýytmak gerek.

Paýlaýjy (dargydyjy) bölümlerde we sehli transformatorly aralyk stansiýalarda 6-10 kW naprýaženiýeli gurnamalarda ýokarywoltly predohraniteller

bilen yzygider ýakylýan ýüklenme öçürijileri (ÝÖ) giňden ulanylýarlar. Işçi toklaryň öçürilmesi we ýakylmasy ýüklenme öçüriji bilen amala aşyrylýarlar; gysga utgaşma predohranitelleriň ereýji wstawkasy işläp başlaýar we zaýаланan zynjyry setden aýyrýar.

Zaýаланmanyň ýüklenme öçürijileri ýüklenmäniň öçürijileri naprýaženiýesi 6 kW bolanda nominal togy 400 A edip, 10 kW bolanda 200 A edip, öçürilme kuwwatlary 300 MW.A bolanda taýýarlaýarlar.

## **2.5. Toguň ölçeýji transformatorlary**

Ýokary naprýaženiýeli gurnamalarda uly toklaryň gönüden-göni ölçemeginiň tehniki amala aşyrmagynyň kynlygy we maksada laýykdaýlygy, şeýle hem adamlaryň janyňa howp salýanlygy bilen baglylykda toguň ölçeýji transformatorlary ulanylýarlar.

Toguň transformatory, birilenji togy 5 ýa-da 1 A standart bahasyna çenli peseltmek üçin we ölçeg zynjyrlary bölüp aýyrmak we ýokary naprýaženiýäniň birilenji zynjyrlaryndan goramak üçin niýetlenendir. Toguň transformatorlaryny işe goýberme çatygy lary 2.13 çyzgy görkezilen.

Toguň transformatorynda ýapyk magnitoprowod we iki sargy bar: birilenji  $W_1$  we ikilenji  $W_2$  (2.13 a çyzgy). Birilenji sargy ölçelýän toguň zynjyryna yzygider işe goýberilýär, ikilenji sarga ölçeýji enjamlar birikdirilýärler.



takyklyk klasslaryny tapawutlansyrýarlar: 0,2; 0,5; 1,0; 3,0; 10. 0,2 klassly tok transformatorlary takyk tejribe (laborotor) ölçeglerinde ulanýarlar: 0,5 – pul hasaplananda hasapçylary (şçýotçiklary) birikdirmek üçin; 1,0 we 10 – releli goraw üçin.

Tok transformatory öz takyklyk klassynda diňe ikilenji zynjyrlaryň ýüklenmesiniň rugsat edilen garşylygynda işleýär; ýüklenme ýokarlananda pogreşnostlar hem ulalýarlar.

Ikilenji zynjyrlaryň  $Z_2$  ýüklenme garşylygy, enjamlaryň tegekleriniň, releniň, birleşdiriji simlaryň we kontaktlaryň garşylyklarynyň jemine deň. Tok transformatoryň ikilenji ýüklenmesiniň kuwwaty

$$S_2 = I_2^2 Z \quad (2.33)$$

Releniň we ölçeyji enjamlaryň tok zynjyrlarynda garşylyk pes bolýar, şonuň üçin tok transformatory gysga utgaşma golaý tertipde (kadaly) işleýär. Eger-de ikilenji sargyny üzsek (açsak), onda ikilenji tokdan magnit geçirijide magnity aýryjy magnit akymy ýitýär. Magnit akymy birden ýokarlanýar, ol bu ýagdaýda diňe birijlenji tok bilen kesgitlenýär. Magnit geçirijiniň kesigi şeýle magnit akymynyň geçirijini hasap edilmänligi üçin, ol aşagyzmagy mümkin. Açyk ikilenji sargyda, ýokarlanan magnit akym bilen bahasy kesgitlenýän, aşagy ýokary naprýaženiýe emele gelýär. Käbir ýagdaýda ol birnäçe onlarça kilowolta ýetýär.

Aýdylan hadysalary göz önünde tutup tok transformatoryň ikilenji sargysyny açmaga rugsat berilmeýär. Ölçeyji enjamlary ýa-da releni çalşyrmak zerurlygynda önünden tok transformatoryň ikilenji sargysyny gysga utgaşdyrýarlar. Ikilenji zynjyrlarda işiň

howpsuzlygy ikilenji birikdirijileriň biriniň zeminlemesi bilen ýetilýär.

Içki gurnamalar üçin tok transformatorlarda, farfory ýa-da epoksid smolany ulanmak bilen gury izolýasiýasy bar.

ТПОЛ görnüşli bir sargyly transformatorlar adaty 600A-dan ýokary bolan birinji toklarda ulanylýarlar. Pes toklarda birinji sargyda sarymlar köp boarlar.

Uly tokly zynjyrlarda ТШЛ ток transformatorlarynda kagyz-ýagly izolýasiýasy bar.

220 W ondan ýokary gurnamalarda ТФНК kaskad tok transformatorlary ulanylýarlar, olarda izolýasiýany ýeňilleşdirmek üçin ikibasgançakly transformasiýa ulanylýar.

Işleýiş we gurnalyş usuly boýunça bir sargyly geçiş (проходные) transformatorlary özünden emele getirýän, oturdylan (встроенное) tok transformatorlar giňden ulanylýarlar. Şeýle transformatorlar güýç transformatorlaryň we bakly öçürijileriň birikdirijilerinde ýerleşdirilýärler. Izolýatoryň tok äkidiji (токоведущий) tok transformatorlar giňden ulanylýarlar. Şeýle transformatorlary güýç transformatorlaryň we bakly öçürijileriň birikdirijilerinde ýerleşdirilýär. Izolýatoryň tok äkidiji (токоведущий) özeni onuň birikdiriji sargysy bolup hyzmat edýär. Her birikdirijide bir-iki tok transformatory ýerleşdirip bilinýär. Şeýle transformatorlaryň ýetmezçiligi uly ýalňyşlyk we kiçi ikilenji kuwwat bolup durýarlar.

## **2.6. Naprýaženiýäniň ölçeyji transformatorlary**

Ýokary naprýaženiýeli gurnamalarda gönüden-göni ölçemek adamyň jany üçin howply, şonuň üçin tok transformatorlary bilen bilelikde naprýaženiýe transformatorlary hem ulanylýarlar.

Napryáženiýe transformatorlary ýokary napryáženiýäni standart 100W ýa-da  $100/\sqrt{3}$  W bahalara çenli peseltmek üçin we ölçeg zynjyrlary we rele gorawy ýokary napryáženiýäniň birilenji zynjyrlaryndan bölüp aýyrmak üçin niýetlenen. Napryáženiýe transformatorlary birikdirme shemasy boýunça güýç transformatory ýatladýar, onuň birinji sargysy  $U_1$  setiň napryáženiýasyna birikdirilen, ikilenji sargysyna bolsa  $U_2$  napryáženiýeli ölçeyji esbaplaryň we releleriň tegekleri parallel birleşdirilýärler (2.14-nji çyzgy). Hyzmat etmegiň howpsuzlygy üçin ikilenji sargynyň birikdirijileriniň birini zeminleýärler. Napryáženiýe transformatory tok transformatordan tapawutlylykda uly içki garşylykly ýüklenmä işleýär, ýagny, boş işlemä golaý tertipde.

Transformasiýanyň nominal koeffisiýenti

$$K_N = \frac{U_{1,nom}}{U_{2,nom}} \quad (2.34)$$

bu ýerde  $U_{1,nom}$  - birilenji nominal napryáženiýe;

$U_{2,nom}$  - ikilenji nominal napryáženiýe;

Magnit akymyň dargamagy we magnit geüirijidäki ýitgileri napryáženiýäni ölçemegiň ýalňyşlyklaryna getirýärler.

$$\Delta U \% = \frac{K_n U_2 - U_1}{U_1} \cdot 100 \quad (2.35)$$

Tok transformatorlarynda bolşy ýaly, napryáženiýe transformatorlarynda hem burçly ýalňyşlyk bar.

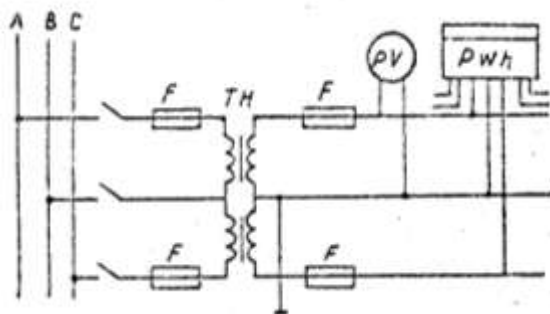


Napryażeniýe transformatorlarynda takyklyk klaslary bolup bilýärler 0,2; 0,5; 1,3 olaryň ulanylyş ýerleri edil tok transformatorlary üçin ýaly.

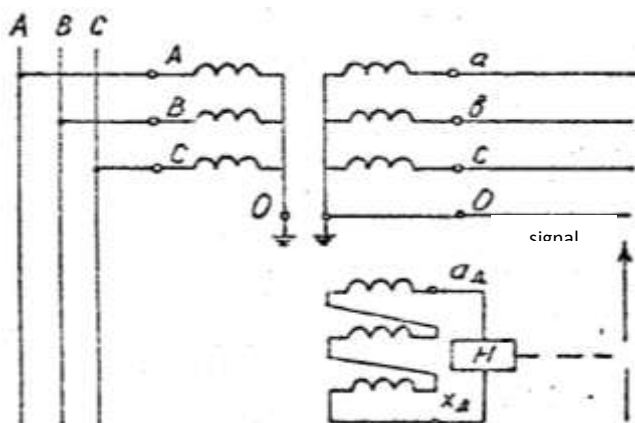
Ölçeýji esbaplaryň we releleriň ikilenji ýüklenmesi napryażeniýe transformatorlarynyň nominal kuwwatyndan ýokary bolmaly däl, sebäbi bu ýalňyşlygyň ýokarlanmagyna bu ýalňyşlygyň ýokarlanmagyna getirýär.

Gurnalyşy boýunça üç fazaly we bir fazaly napryażeniýe transformatorlaryny tapawutlandyrýarlar. üç fazalylar 18 kW çenli napryażeniýalara ulanylýarlar, bir fazalylar 1150 kW çenli islendik napryażeniýalara ulanylýarlar (2.14-nji çyzgy). HTMI- 18 üç fazaly napryażeniýe transformatorynda, napryażeniýäni ölçemek üçin we birilenji setiň izolýasiýasyna gözegçilik üçin iki sany ikilenji sargylary bar. Bu transformatoryň sargylarynyň birleşdirme shemasy 2.15-nji çyzgyda görkezilen. Açyk üçburçlyga birleşdirilen  $Q_d$ ,  $X_d$  birikdirijiler bilen sargy napryażeniýe relesini birikdirmek üçin niýetlenen. Nominal ýagdaýda bu sargydaky napryażeniýe nola deň, ýere utgaşan ýagdaýynda birinji setde napryażeniýäniň simmetriýasy bozulýar we bozulma barada habar berýän releniň işläp başlamagy üçin ýeterlikli bolan napryażeniýe sargyda emele gelýär. Ikinji sargy çykarylan nolly nokatly ýyldyza birikdirilen we lineýnyý we fazaly napryażeniýalarynyň üýtgemegi üçin niýetlenen.

Transformatoryň sargylary we magnit geçirijileri transformatorly ýag bilen doldurylan bakda ýerleşýärler. Birilenji we ikilenji sargylaryň birikdirijileri farfor izolýatorlar arkaly taýýarlanýarlar we transformatoryň gapagynda (крышка) ýerleşýärler. 35 kW-dan ýokary napryażeniýeler üçin HKФ görnüşli iki ýa-da köp kaskadly kaskad napryażeniýe transformatorlary ulanylýarlar, ýagny basgançakly transformasiýaly, bu bolsa izolýasiýany ýeňilleşdirmek üçin ulanylýar.



2.14-nji çizgy. Iki sany bir fazaly naprýaženiýe transformatorlary birikdirmegiň shemasy.



2.15-nji çizgy. Birilenji setiň izolýasiýasyna gözegçilik shemasy.

## 2.7. Reaktorlar

Reaktorlar gysga utgaşdyrma çäklendirmek we  $U_{\text{oct}}$  naprýaženiýäni saklamak üçin niýetlenen. Reaktor, uly induktiw we kiçi aktiw garşylykly tegegi özünden emele getirýär we  $I_{R \text{ nom}}$  nominal naprýaženiýe we  $X_{R \text{ nom}}$  nominal naprýaženiýe  $X_R$  induktiw garşylyk bilen häsiýetlenýär:

$$X_R \% = (\sqrt{3} X_R I_{R, \text{nom}} / U_{R, \text{nom}}) 100\% \quad (2.36)$$

bu ýerde  $X_R = \omega l_R$ ;  $l$ -reaktoryň induktiwligi;

$$U_{\text{ocm}} = X \% (I_{\text{gu}} / I_{R \text{ nom}}) 100 \% \quad (2.37)$$

bu ýerde  $I_{\text{gu}}$ -reaktoryň zynjyrynda gysga utgaşdyrma togy.

Reaktorlaryň tegekleriniň induktiwligi, sargylaryndan akýan toguň ululygyna bagly bolmaz ýaly, reaktorlaryň polat özansiz edip taýýarlaýarlar. Bu hökmanydyr, sebäbi uly toklarda polat özeniň dolmagy induktiw garşylygyň peselmesine getirýär, netijede gysga utgaşdyrma toguň çäklenmesiniň peselmegine getirýär.

**РБА** görnüşli beton reaktoryň sargysyny, kabel kagyzy we nahmata örgisi bilen izolirlenen maýyşgak köpsimly alýumin simden ýerine ýetirilýär. Reaktoryň sargysyny kese we dik setirli ýörite kaskada ýerleşdirilýär, ondan soň ony beton sütünlerde berkidýärler.

**РБА** görnüşli beton reaktorlar, 6-10 kW naprýaženiýeli paýlaýjy gurnamalaryň ýapyk jaýlarynda ýerleşdirmek üçin niýatlenen. **РБАН** görnüşli reaktorlar daşky açyk sredada ýerleşdirmek üçin niýetlenen.

Şeýle hem, soňky wagtlar **РБАН** iklendirilen reaktorlar ulanylýarlar. Olaryň gurnalyşlary ýönekeý

reaktoryňka meňzeş, tapawudy, olarda sargysynyň orta nokadyndan birikdirijileri bar, bu ony iki sany deň bölege bölýär, ikisiniň hem sarym sanlary meňzeş. Ikilendirilen reaktorlarda iýmitlendiriş çeşmesi orta nokadyna birleşdirilen, sarp edijileri – gyrakylaryna ýa-da tersine bolup bilýär. Ikilendirilen reaktoryň artykmaçlygy, ulanylýan işe goýberme shema we onuň toklarynyň ugruna baglylykda reaktiw garşylygy ýokarlanyp ýa-da peselip bilýär. Ikilendirilen reaktoryň bu häsiýeti adaty gysga utgaşdyrmadaky toklary çäklendirmek üçin we normal ýagdaýda naprýaženiýäni peseltmek üçin ulanylýar.

Böleklenen sargyly energetik ulgamlaryň transformatorlarynyň aralyk stansiýalarda ulanylmagy bilen elektrik liniýalarda reaktorlaryň gurnalmagynyň gerek dälidigini aýtmak gerekli. Generatorly naprýaženiýede elektrik energiýa paýlananda (ýylylyk elektrik merkezler we ulgamlar bilen bagly bolmadyk stansiýalar) reaktoryň gurnalmagy elektrik liniýalarda gysga utgaşdyrma toklarynyň ululyklaryny ep-esli peseldýär, ýokarywoltly enjamlaryň wetok geçiriji (тоководущие) bölekleriň gymmatlylygyny arzanladýar we elektrik üpjünçiliginiň ygtybarlylygyny ýokarlandyrýar.

## Ü Ç Ü N J I B A P

### ELEKTRİK ÜPJÜNÇİLİK ULGAMLARYNDA GYSGA UTGAŞMALAR

#### 3.1. Esasy düşünjeler we gatnaşyklar

Gysga utgaşma diýip, ýönekeý (normal) ulanyşda göz önünde tutulmadyk, doly zeminlenen neýtrally ulgamlarda fazalaryň biriniň ýere birleşmesine ýa-da dürli atly fazalaryň biri-biri bilen birleşmesine diýilýär.

Gysga utgaşmanyň sebäpleri, mehaniki izolýasiýanyň zaýalanmaklary bolup bilýärler. Ýer işlerinde kabelleriň deşilmeleri we üzülmeleri, farfor izolýatorlaryň döwürmeleri, izolýasiýanyň könelmekleri, izolýasiýanyň elektrik häsiýetleriniň ýuwaş-ýuwaşdan peselmegine getirýär, izolýasiýanyň zyglanmagy, howa elektrik liniýalarynyň simlaryna dürli zatlaryň gaçmagy, atmosferanyň aşanaprýaženiýasynyň netijesinde fazalaryň aralaryndaky ýapylmalar (перекрытие). Gysga utgaşma nädogry operatiw geçirmelerde, birikdirilmelerde ýüze çykyp bilýär, mysal üçin, aýryjylar bilen ýüklenen elektrik liniýanyň öçürilmesinde (emele gelýän ýaý fazalaryň arasyndaky izolýasiýany ýapýar).

Kä-bir gysga utgaşmalar durgunly bolýarlar we gurnamadan naprýaženiýe aýrylandan soň hem ýitmeýärler (mysal üçin, izolýasiýanyň könelmegi we mehaniki zaýalanmagy netijesindeki gysga utgaşma, başgalar geçip bolýarlar, ýagny, naprýaženiýe aýrylandan soň ýitýärler. Mysal üçin, atmosfera aşanaprýaženiýeliligi netijesinde howa elektrik geçiriji liniýanyň izolýatorlary gırlýandalarynyň ýapylmasy, elektrik liniýadan naprýaženiýe aýyrlandan soň bes edilýär.

Üç fazaly toguň ulgamynda tapawutlandyryjylyk: üç fazalaryň arasyndaky utgaşma – üç fazaly gysga utgaşma; iki fazalaryň arasynda – iki fazaly gysga utgaşma we ýer bilen fazalaryň biriniň arasynda, eger-de ulgamyň neýtraly doly zeminlenen bolsa – bir fazaly gysga utgaşma.

Köp halatda bir fazaly gysga utgaşmalar (65%) düş gelýärler we az ýagdaýda üç fazaly gysga utgaşmalar (5%). Düzgün bolşy ýaly üç fazaly gysga utgaşma zaýаланan zynjyrdaky has köp toguň geçmegini ýüze çykarýar, şol sebäpden apparatlary, enjamlar saýlananda adaty üç fazaly gysga utgaşma hasaplanan bolýar.

Gysga utgaşmanyň netijesinde gysga utgaşan zynjyrdaky toguň birden ýokarlanmagy we ulgamyň aýratyn nokatlarynda naprýaženiýäniň peselmegi bolýar. Toguň ýokarlanmagy tokäkidiji bölümlere we izolýatorlara, elektrik maşynlaryň sargylaryna ep-esli mehaniki täsirlerine getirýär. Uly toklaryň geçmegi, tokäkidiji bölümleriň we izolýasiýanyň ýokary gyzmagyny ýüze çykarýar, bu bolsa soňraky awariýanyň emele gelmegine getirýär.

Naprýaženiýäniň peselmegi elektrik stansiýada hususy zerurlyklaryň mehanizmlaryň adaty (normal) işiniň bozulmasyna getirýär.  $U < 70\% U_{nom}$  bolanda hereketetirijiler (двигатель) togtap başlaýarlar we mehanizmlaryň işini bes edip bilýär. Naprýaženiýäniň peselmegi has uly täsiri elektrik ulgamlaryň işine ýetirýär, bu ýerde aýratyn generatorlaryň ýa-da elektrik stansiýalaryň öz aralarynda sinhron parallel işleriniň şertleri bozulyp bilýär.

Gysga utgaşmanyň netijelerini azaltmak üçin bozulan bölümi çalt boldygyça öwürmek zerur, bu bolsa çalt hereket edýän öwürijiler we wagty minimal saklaýan releli gorawy bilen ýerine ýetirilýär.

Naprýaženiýäni awariýa ýagdaýda gerekli derejede saklamak mümkinçilik berýän generatorlaryň

oýandyrmasyň awtomatiki sazlamasy wajyp ýeri tutýarlar. Hemme elektrik apparatlar we tokäkidiji bölümler, mümkin bolan iň uly gysga utgaşma toklar olardan geçenlerinde, olaryň bozulmalary ýüze çykmaz ýaly edip saýlanyp alynmaly, munuň bilen baglylykda bu ululyklary hasaplamak zerurlygy ýüze çykýar.

Gysga utgaşma toguň bahasy generirleýji çeşmäniň kuwwatyna gysga utgaşdyrylan zynjyryň naprýaženiýesinde we garşylygyna, gysga utgaşmanyň çykma pursatyna we dowamlylygyna we ş.m. bagly.

Gysga utgaşmanyň ýüze çykma pursatyndan onuň öçürilmesine çenli gysga utgaşdyrylan zynjyrdaky toklaryň we naprýaženiýeleriň üýtgemeleriň geçiş prosesini bolup geçýär. Elektrik setlerde geçiş prosesleri, zynjyrdaky iş tertibiniň üýtgemegine getirýän dürli komutasiýalarda we başga täsir etmelerde, şol sanda gysga utgaşmalarda hem, ýüze çykýarlar.

Geçiş prosesini hasaplamak üçin elektrik zynjyrdaky öňa girýän hemme elektrotehniki gurnamalary laýyk gelýän görnüşler bilen alyp görkezmek zerur, ýagny, razistiwn görümleýin we induktiv elementleri, elektrik hereketetiriji (ЭДС) güýçleri tok çeşmeleri, şeýle hem kommutasion açarlary bar bolan, çalşyрма (замещение) shemalary.

Zynjyrlarda geçiş proseslaryň ýüze çykmalarynyň fiziki sebäpleri, olarda induktiv we görümleýin elementleriň barlygy bolup durýar. Bu bolsa, bu elementleriň magnit we elektrik meýdanlarynyň energiýasy, zynjyrdaky kommutasiýada galmak (bökmek, (скачок)) bilen üýtgäp bilmeýegi bilen düşündirilýär.

Geçiş prosesiniň dowamynda zynjyryň tertibi (режим) differensial deňleme bilen beýan edilýär, umumy ýagdaýda bir fazaly däl (eger-de zynjyrdaky elektrik hereketetirijiniň we toguň çeşmeleri bar bolsa) ýa-da

birgörnüşli (однородный) (eger-de zynjyrd a elektrik hereketegetirijiniň we toguň çeşmeler i bolmasa). Liniýaly zynjyrd geçiş prossesi liniýaly differensial deňlemeler bilen beýan edilýär, emma liniýalardälli – liniýalardäller bilen.

Geçiş prossesi hasaplananda differensial deňlemeler ulgamyny (sistemasyny) düzüärler we ony gözlenýän toguň i ýa-da naprýaženiýäniň  $U$  ululygyna baglylykd a hasaplaýarlar. Ýönekeý zynjyrlar üçin birinji ýa-da ikinji tertipli differensial deňleme emele gelýär, ony, differensial birgörnüşlidäl (неоднородный) deňlemäniň hususy hasaplamasynyň we laýyklykdaky birgörnüşli deňlemäniň umumy hasaplamasynyň jemleri bilen hasaplaýarlar.

Birgörnüşlidäl deňlemäniň hususy hasaplama sy, çeşmäniň buýurýan mejbury tertibini (режим) görkezýär. Eger-de täsir edýän funksiýa (i ýa-da  $U$ ) hemişelik bolsa ýa-da wagtyň çäkleýin (periodiki) funksiýasy bolsa, onda mejbury edilen tok ýa-da naprýaženiýe bir wagtyň özünde ýüze çykan bolar.

Birgörnüşli deňlemäniň umumy hasaplama sy elektrik hereketegetiriji we tok çeşmesiz zynjyrd a prossesi beýan edýär, şol sebäpden ony erkin (свободный) prosses diýip atlandyrylýär. Erkin prosses, gönüden-göni ozalky kommutasiýa wagtynyň pursatynda zynjyryň göwrümleýin we induktiw elementleriniň elektrik we magnit meýdanlarynda jemlenen energiýa bilen, täze bellenen tertipde (режим) bu elenetleriň energiýasynyň aralaryndaky laýykdäl bilen ýüze çykýär. Elementlaryň enegiýasy birden aşak-ýokaryk üýtgemek bilen (скачок) üýtgäp bilmeýär we onuň ýuwaş-ýuwaşdan üýtgemegi geçiş prossesi şertlendirýär.

Gysga utgaşdyrma geçiş prosses gysga utgaşdyrma toguň operiodiki (erkin) düzüjisiniň we gysga utgaşdyrma toguň mejbury periodiki düzüjisi bilen häsiýetlendirýär.



Wagtyň islendik pursady üçin gysga utgaşdyrma toguň şol pursatdaky (линовенное) bahasy:

$$i_{gu,t} = i_{n,t} + i_{a,t} = \sqrt{2} I_{n,o} \sin(\omega_o t + \varphi \alpha_{gu}) + I_a \cdot e^{\frac{-t}{T_a}} \quad (3.1)$$

bu ýerde  $I_{n,o}$  – gysga utgaşdyrma toguň priodiki düzüjisiniň hereket edýän bahasy we  $I_{a,o} - t=0$  wagtyň pursatynda gysga utgaşdyrma toguň apriodiki düzüjisi,

$\omega_0$  – üýtgeýän toguň burç ýygylgy;

$\varphi - t=0$  pursatda çeşmäniň faza burçy;

$\alpha_{gu}$  – çeşmäniň naprýaženiýasyna baglylykda gysga utgaşdyrma zynjyrdaky toguň süýşme (сдвин) burçy;

$T_a$  – induktiw  $X_{gu}$  we aktiw  $r_{gu}$  garşylyklar bilen.

Gysga utgaşdyrma zynjyrynyň ululyklary bilen kesgitlenýän, gysga utgaşdyrma zynjyrynyň wagtynyň hemişeligi;

$$T_a = \frac{X_{gu}}{\omega r_{gu}} \quad (3.2)$$

3.1-nji çyzgyda gysga utgaşdyrmada toguň üýtgemesiniň egrisi görkezilen. Gysga utgaşdyrma toguň periodiki düzüjisi  $I_n$  hemme üç fazaly birmeňzeş we wagtyň islendik pursady üçin,  $\sqrt{2}$  bölünen  $I_{n,m}$  egiji (egýän) ordinata bilen kesgitlenýär. çäkleyin (periodiki) düzüji amplituda,  $I_{n,m} 0$  (gysga utgaşdyrmanyň ýokarygeçişli togy) maksimal bahasynda  $\sqrt{2} I_{\infty}$  (gysga utgaşdyrmanyň durnuklanan togy) çenli gysga utgaşdyrma çeşmesiniň elektrik hereketegetirijisiniň üýtgemegine laýyklykda geçiş prosesda üýtgeýär.



$$i_u = I_{n,m} + I_{a0} e^{\frac{0,08}{T_a}} = I_{n,m} (1 + e^{\frac{0,08}{T_a}}) = I_{n,m} K_u \quad (3.3)$$

bu ýerde

$$K_u = (1 + e^{\frac{0,08}{T_a}}) \quad (3.4)$$

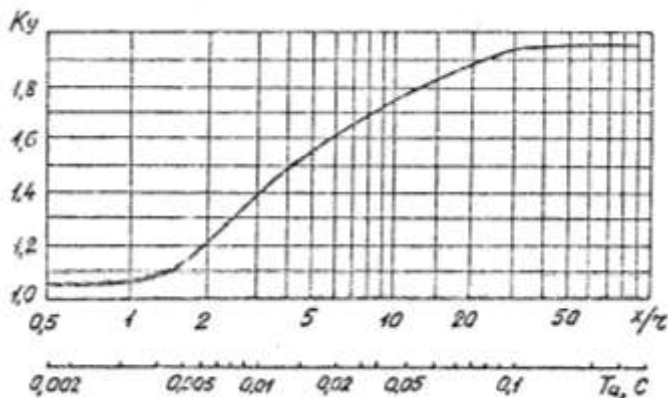
$K_u$  - gysga utgaşdyrma zynjyrynyň hemişelik wagtyňa bagly ugry koeffisiýenti.

3.2-nji çyzgyda  $K_u$  – ugry koeffisiýentiniň  $T_a$  – wagtdan baglylygy görkezilen. Wagtyň islendik pursady üçin gysga utgaşdyrmanyň doly togunyň hereket edýän bahasy şeýle kesgitlenýär.

$$I_{gu,t} = \sqrt{I_{n,t}^2 + I_{a,t}^2} \quad (3.5)$$

bu ýerde  $I_{n,t}$  - gysga utgaşdyrma toguň çäkleyin (periodiki) düzüjisiň hereket edýän bahasy;

$I_{a,t}$  - aperiodiki düzüjiniň hereket edýän wagty.



3.2-nji çyzgy.  $K_u = \varphi(T_a)$  baglylygy.

Islandik pursat üçin gysga utgaşdyrmanyň kuwwaty

$$S_t = \sqrt{3} U_{0,nom} I_t \quad (3.6)$$

bu ýerde  $U_{0,nom}$  - gysga utgaşdyrma togy kesgitlenen nokadyň ortaça nominal naprýaženiýesi.

Gysga utgaşdyrma toklary hasaplananda, gysga utgaşdyrmanyň ýeriniň iýmitlenme çeşmeleri turbo we gidrogeneratorlar, sinhron kompensatorlar we hereketegetirijiler (двигатель) asinhron hereketegetirijiler bolýarlar diýip, kabul edýärler. Asinhron hereketegetirijileriň täsirini, diňe başlangyç pursatda we haçanda olar gönüden-göni gysga utgaşdyrma ýerine birikdirilen ýagdaýynda hasaba alýarlar.

Gysga utgaşdyrma toklaryny hasaplanlarynda şu indiki ululyklary kesgitleýärler.

$I_n 0=I''$  - başlangyç pursatda ( $t=0$ ) gysga utgaşdyrma toguň çäkleýin (periodiki) düzüjisiniň hereket edýän bahasy ýa-da gysga utgaşdyrmanyň aşageçiş (сверхпереходной) togunyň başlangyç bahasy;

$I_{n,m} 0-t=0$  bolanda gysga utgaşdyrma toguň çäkleýin düzüjisiniň ampletuda bahasy;

$I_{a,0}$  – aperiodiki düzüjiniň başlangyç bahasy ( $t=0$  bolanda);

$i_u$  – elektrodinamiki durnuklylyga elektrik apparatlary, şinalary, izolýatorlary barlamak üçin zerur bolan, gysga utgaşdyrmanyň ugry togy;

$I_u$  - gysga utgaşdyrma birinji çäginin (период) dowamynda elektromehaniki durnuklylyga apparatlary barlamak üçin zerur bolan gysga utgaşdyrma prosesiniň başyndan birinji çäginde doly toguň maksimal hereket edýän bahasy;

$I_{n,t}$  – wagtyň dürli pursatlarynda gysga utgaşdyрма toguň aperiodiki düzüjisi;

$I_{n,t}$  we  $i_{a,t}$  bahalar, olaryň öçürýän togy boýunça öçürijileri barlamak üçin zerur hasap edilende  $t=0,1-0,2$  sek edip, çalt hereket edýän öçürijiler üçin  $t=0,08$  sek edip kabul edýärler.

$I_{\infty}$  - elektrik apparatlaryň, şinalaryň, geçiriji izolýatorlaryň, kabelleriň termiki durnuklylygyny barlamak üçin ulanylýan gysga utgaşdyrmanyň durgunlaşan togunyň hereket edýän bahasy;

$S_t - t=0,1-0,2$  sek ýa-da  $t = 0,08$  sek pursat üçin gysga utgaşdyрма kuwwaty gysga utgaşdyrmanyň kuwwaty öçürilýän öçürijileri barlamak üçin kesgitlenýär.

$B$  - gysga utgaşdyрма toguň ýylylyk impulsly, fermiki durnuklylygy boýunça apparatlary we geçirijileri barlamak üçin  $B$ -ny kesgitlemek zerur,  $B$  ululygy  $T$  wagtyň dowamynda  $i_k(t)$  toguň geçirmeginde geçirijiden çykarylan ýylylygyň mukdaryny görkezýärler:

$$B = \int_0^T [i_k^2(t)] dt \quad (3.7)$$

bu ýerde  $T$ - gysga utgaşdyрма prosesiniň dowamlylygy.

### 3.2. Gatnaşykly birlikleriň ulgamy

Elementleriň (generatorlaryň, transformatorlaryň, elektrik liniýalaryň we ş.m.) hasap shemasyna deňişli ululyklary, soragnama edebiýatynda olaryň işleriniň nominal şertlerine deňişli dürli birliklerde (atlandyrylan gatnaşykdaaky göterimde) görkezýärler. Tejribelikde ýokary naprýaženiýeli setlerde gysga utgaşdyрма toguň hasabyny köplenç gatnaşyklardaky birliklerde alyp barýarlar. Bu

ýagdaýda hemme hasap berilenleri esas (bазis) naprýaženiýe we kuwwata getirýärler.

**Bазis** naprýaženiýäni  $U_b$  naprýaženiýäniň her başgançagy üçin, iýmitlenme çeşmesiniň ortaça nominal bahasyna deň edip kabul edýärler  $U_b=1,05 U_{nom}=U_{0,nom}$ . Ortaça nominal naprýaženiýeleriň derejesi (шкала): 0,23; 0,4; 0,69; 3,15; 6,3; 10,5; 20; 37; 115; 230 kW.

Hasap edilende transformatorlaryň transformasiýalarynyň hakyky koeffisiýntlerini ortaça nominal naprýaženiýeleriň gatnaşyklary bilen çalşyröarlar:

$$K_{T,ij} = \frac{U_{0,nom} i}{U_{0,nom} j} = \frac{U_{bi}}{U_{bj}} \quad (3.8)$$

bu ýerde  $i$  we  $j$  – naprýaženiýäniň transformasiýanyň başgançaklary.

**Bазis** kuwwaty  $S_b$  saýlamagy, aýrymak işiniň iň ýokary mümkin bolan gysgaltmak pikirinden alyp amala aşyrýarlar. **Bазis** kuwwat üçin 10, 100 MW.A we ş.m. bahalary ýa-da ulgamyň nominal kuwwatyny, aralyk stansiýalaryň transformatorlarynyň ýa-da elektrik stansiýalaryň generatorlarynyň jemlenen nominal kuwwatyny kabul etmek maksada laýykdyr.

**Bазis** şertlerine getirilen gatnaşykly birliklerdäki (indeksdaky ýyldyzjyklar bilen belgilenýän) garşylyklary şu indiki deňlemeler boýunça kesgitleýärler:

reaktiw

$$X_{b*} = X_{nom*} \frac{S_b}{S_{nom}} \quad (3.10)$$

aktiw

$$r_{b*} = r_{nom*} \frac{S_b}{S_{nom}} \quad (3.11)$$

doly

$$Z_{b*} = \sqrt{r_{b*}^2 + X_b^2} = \frac{U_b^2}{S_b} \quad (3.12)$$

Doly bazis garşylyk transformasiýanyň her başgançagy üçin kesgitlenýär.

Gatnaşyklykdaky birliklerde sinhron generatorlaryň ýokarygeçiş reaktiw garşylygy şu deňlemeden kesgitlenýär

$$X_{d*}'' = X_d'' \frac{U_{nom}^2}{S_{g,nom}} \quad (3.13)$$

bu ýerde  $X_{d*}''$  - katalog berilenleri boýunça kesgitlenýär;

$S_{g,nom}$  – generatorýň nominal kuwwaty.

Bazis bahasyna getirilende  $U_{nom} \approx U_b$  salgylanyp, şu deňlemeden peýdalanýarlar

$$X_{d,*}'' = X_{d*}'' \frac{U_{nom}^2}{S_{g,nom}} \frac{S_b}{U_b^2} = X_{d*}'' \frac{S_b}{S_{g,nom}} \quad (3.14)$$

Sinhron generatorýň ýokarygeçiş elektrik hereketegetirijisini (fazaly) nominal tertibiniň hasabyndan (2.6) boýunça tapýarlar.

Elektrik hereketegetirijiniň baglylykdaky bahasy şuna deňdir

$$E_*'' = \frac{E''}{U_{nom}} \quad (3.15)$$

Eger-de  $U_{nom}=U_b$  bolsa, onda  $E''_{b*}=E''_*$

Ýakynlaşan hasaplamalar üçin  $E''_{*}+1,0-1,1$  kabul edýärler.

Edil şonuň ýaly (3.14)  $S_{nom} \geq 1000 kW.A$  kuwwatly transformatorlar üçin

$$X_{T,b*} = \frac{U_{gu\%}}{100} \frac{U_{nom}^2}{S_{nom}} = \frac{U_{gu\%}}{100} \frac{Sb}{S_{nom}} \quad (3.16)$$

Kuwwatly  $S_{nom} \leq 630 kW.A$  bolan transformatorlar üçin  $r_{T*}$  aktiw garşylygy hasaba alýarlar

$$X_{T,b*} = \sqrt{U_{gu*}^2 - r_{T*}^2} \frac{Sb}{S_{nom}} \quad (3.17)$$

$$r_{T*} = \frac{\Delta P_M}{S_{nom}} \quad (3.18)$$

Bazis kuwwata getirilen transformatoryň aktiw garşylygy:

$$r_{T,b*} = r_T \frac{Sb}{S_{nom}} \quad (3.19)$$

Üç sargyly transformatorlar üçin reaktiw garşylyklaryň bazis bahalaryny, çalşyрма shemanyň her şahasy üçin aýratyn kesgitleýärler.

Garşylyklary görerimde berilen reaktorlar üçin:



$$X_{R,b*} = \frac{X_{R\%}}{100} \frac{Ib}{I_{nom}} \frac{U_{nom}}{Ub} \quad (3.20)$$

Elektrik geçiriji liniýalaryň reaktiw we aktiw garşylyklary şu deňlemeler boýunça kesgitleýärler

$$X_{L,b*} = X_0 l \frac{Sb}{U_b^2}; \quad r_{L,b*} = r_0 l \frac{Sb}{U_b^2} \quad (3.21)$$

bu ýerde  $X_0$  we  $r_0$  – laýyklykda elektrik liniýanyň 1km reaktiw we aktiw garşylyklar, Om/km;  $l$  - elektrik liniýanyň uzynlygy, km.

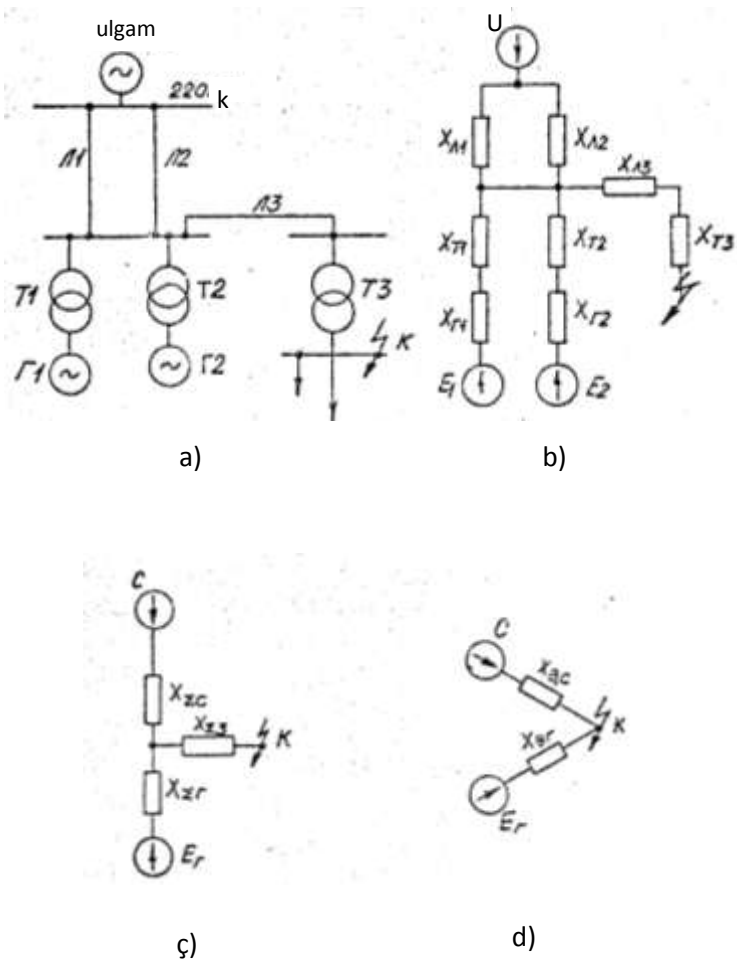
### 3.3. Rugsat berilenler we hasap shemalary

Gysga utgaşdyrma toklary hasaplananda birnäçe rugsat bermeleri kabul edýärler:

- hemme çeşmeleriň elektrik hereketegetirijileri faza boýunça gabat gelýänler diýip hasap edilýärler;
- Gysga utgaşdyrma ýerinden ep-esli uzaklaşdyrylan ( $X_{hasap} * > 3$ ) çeşmeleriň elektrik hereketegetirijilerini üýtgetmedik diýip hasap edýänler;
- Transformatorlaryň magnitlenme toklaryny we gysga utgaşdyrmanyň (220 kW we ýokary howa liniýalardan we 110 kW we ýokary kabel liniýalardan başgalar) hasaba almaýarlar;
- Gysga utgaşdyrma zynjyrynyň aktiw garşylygyny diňe  $r_{\Sigma} \geq 0,3 X_{\Sigma}$  gatnaşygynda hasaba alýarlar, bu ýerde  $r_{\Sigma}$  we  $X_{\Sigma}$  - gysga utgaşdyrylan zynjyryň ekwiwalent aktiw we reaktiw garşylyklary.

Hasaplamalary ýeterlik takyklygy bilen ýerine ýetirmäge mümkinçilik berýän bu rugsat bermelerde gysga utgaşdyrma toklaryň maksimal bahalaryny alýarlar.

Gysga utgaşdyrma togy hasaplananda, hasaplanýan diýip atlandyrylan ýönekeýleşdirilen bir liniýaly gurnama shemasy bilen pedalanýarlar. Oňa, gysga utgaşdyrma ýerini iýmitlendirmedäki hemme çeşmeleri, elektrik üpjünçilik ulgamyň hemme elementlerini (transformatorlar, elektrik liniýalar, reaktorlar), gysga utgaşdyrma ýeri bilen olaryň arasynda ýerleşdirilenleri, girizýärler (3,3-nji a çyzgy). Sinhron generatorlary we hereketegetirijileri (двигатель) hem asinhron hereketegetirijileri iýmitlendirme çeşmesi ýaly hasaba alýarlar. Soňra gysga utgaşdyrma nokatlary belgileýärler. Gysga utgaşdyrmada barlanylýan elektrik enjam, geçirijiler (проводник) iň ýaramaz şertlerde bolar ýaly edip gysga utgaşdyrma nokatlarynyň ýerleşme ýerlerini saýlap alýarlar. Mysal üçin, kommutasion apparaturany saýlamak üçin, gysga utgaşdyrma ýerini gönüden-göni olaryň gysgyçlarynda (зажимы) saýlap almak zarur, kabel liniýanyň kesigini saýlamagy liniýanyň başynda gysga utgaşdyrma togy boýunça ýerine ýetirýärler.



3.3-nji çyzgy. Gysga utgaşdyrma togy kesgitlemek üçin, hasap shemasy we çalşyрма (замещение) shemasy.

Hasap shemasy boýunça çalşyрма shemasyny düzýärler (3.3-nji b çyzgy), bu ýerde hemme elementleri,

bazis şertlere getirilen garşylyklar bilen çalşyryrlar. Soňra, çalşyрма shemalary iýmitlenme çeşmesinden gysga utgaşdyrma nokada çenli ugurda özgerdýärler we ýeňilleşdirýäler (3.3-nji ç, d çyzgy). Bu esaslaryndan belli bolan özgertme düzgünlerinden peýdalanýarlar: parallel, yzygider ýa-da garyşyk ýakylan garşylyklaryň üçburçlygynyň ekwalent ýyldyza öwürülmegi bilen we tersine çalşyrmak.

Birnäçe çeşmeler bolanda (3.4-nji çyzgy) çalşyрма shemalaryny, elektrik hereketegetirijili ekwiwalent çeşmeli,  $E_1, E_2, \dots, E_n$  çeşmeli we  $X_1, X_2, \dots, X_n$  garşylykly şahalar bilen çalşyryp ýeňilleşdirilýärler:

$$E_{\varepsilon} = \frac{E_1 \frac{1}{x_1} + E_2 \frac{1}{x_2} + \dots + E_n \frac{1}{x_n}}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}} \quad (3.22)$$

We ekwiwalent garşylykly

$$X_{\varepsilon} = \frac{1}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}} \quad (3.23)$$

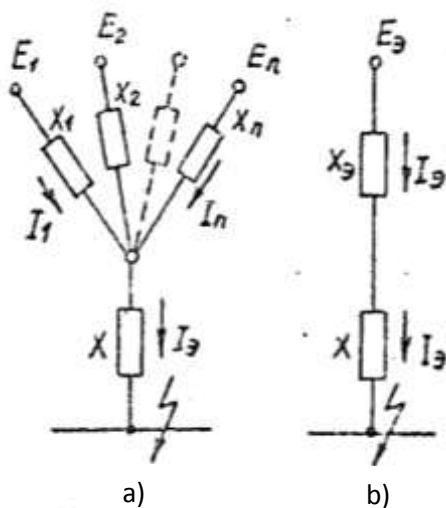
Çeşmeleriň elektrik hereketegetirijisi deň bolanda

$$E_{\varepsilon} = E_1 = E_2 = \dots = E_n$$

Çalşyрма shemasyny özgertme netijesinde alynan  $X_{\text{net}} * \text{garşylyk}$  hasaplanan  $X_{\text{has}} * \text{bolýar}$ , eger-de bazis kuwwat çeşmäniň (çeşmeleriň) kuwwatyna deň edip alynan bolsa. Eger-de bazis kuwwat çeşmäniň nominal kuwwaty

bilen gabat gelmeýän bolsa, onda netijeleýji garşylyk täzeden hasaplanýar we

$$X_{has*} = X_{net*} \frac{S_{\Sigma nom}}{Sb} \quad (3.24)$$



3.4-nji çyzgy. Birnäçe çeşmeli çalşyрма shemasynyň ýönekeýleşdirilmesi.

### 3.4. Gysga utgaşma toklarynyň hasaplanan ululyklaryny kesgitlemek

Netijeleýji elektrik hereketetirijili we netijeleýji garşylykly  $X_{net*}$ , ýönekeý getirilen çalşyrylma shemasyna laýyklykda, başlangyç pursatdaky çäkleýin (periodiki) düzüjiniň hereket edýän bahasy şu deňleme boýunça kesgitlenýär

$$I_{n0} = I'' = \frac{E''_{\Sigma^*}}{X_{net, b^*}} I_b \quad (3.25)$$

bu ýerde  $I_b$  – gysga utgaşma togy kesgitlenýän basgançagyň bazis togy;

$E''_{\Sigma^*}$  - (3.36) boýunça kesgitlenýän ýokarygeçiriji (сверхпереходная) elektrik hereketegetirijisi.

Gysga utgaşma nokadynyň çeşmeden uzaga daşlaşan ýagdaýynda, gysga utgaşma nokady tükeniksiz kuwwatyň çeşmesinden iýmitlenýärler diýip hasap edýärler, ýagny,  $S = \infty, X_c = 0, E''_{z^*} = U_{c^*} = 1 = const$ . Onda gysga utgaşma toguň periodiki düzüjisi öçmeýän bolýar we şu deňleme boýunça kesgitlenýär

$$I_{n0} = I'' = I_{\infty} = \frac{I_b}{X_{net, b^*}} \quad (3.26)$$

$t=0$  bolanda periodiki düzüjisiniň amplituda bahasy

$$I_{n, MO} = \sqrt{2} I'' \quad (3.27)$$

Gysga utgaşmanyň ugry togy

$$i_u = K_u \sqrt{2} I'' \quad (3.28)$$

Gysga utgaşmanyň ugry togunyň uly bolmadyk hereket edýän bahasy

$$I_u = I'' \sqrt{1 + 2(K_u - 1)^2} \quad (3.29)$$

Aperiodiki düzüjiniň başlangyç bahasy

$$I_{a0} = I_{n, MO} = \sqrt{2} I'' \quad (3.30)$$

Wagtyň islendik pursadynda gysga utgaşmanyň toguň operiodiki düzüjisi

$$I_{a,t} = I_{a0} e^{\frac{t}{T}} = \sqrt{2} I'' e^{\frac{t}{T}} \quad (3.31)$$

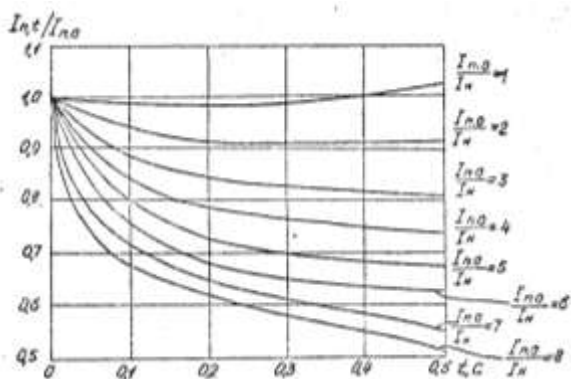
Gysga utgaşmanyň doly togunyň iň uly hereket edýän bahasy

$$I_{gu,t} = \sqrt{I_{n,t}^2 + I_{a,t}^2} \quad (3.32)$$

bu ýerde  $I_{n,t}$  – wagtyň islendik pursadynda periodiki düzüjisiniň hereket edýän bahasy.

$I_{n0}/I_{nom}$  gatnaşygyň dürli bahalarynda gysga utgaşma prosesiniň dowamlylygyna  $I_{n,t}/I_{n0}$  gatnaşygyň baglylygyny görkezýän görnüşli (типовой) egriler boýunça  $I_{n,t}$  ululygyny tapyp bolýar (3.5).

$I_{n0}/I_{nom} = a$  gatnaşygy gysga utgaşma nokadynyň iýmitlenme çeşmesinden daşlaşma çägi bolup gulluk edip bilýär: bu gatnaşygyň az boldugyça, şonçada gysga utgaşma nokady çeşmeden daşda bolar.



3.5-nji çyzgy. Gysga utgaşma nokadynyň dürli daşlaşmalarynda gysga utgaşma togunyň üýtgemeginiň egrileri.

$I_{n0}/I_{nom} < 1,5$  bolanda periodiki düzüjiniň öçmegini hasaba almasaňda bolýar. Gysga utgaşma nokadyndan iýmitlenme çeşmeleriniň dürli daşlaşmalarynda (3.6-njy çyzgy) gysga utgaşma toklarynyň bahalaryny kesgitlemek zerur (çeşmeleriň her biri üçin  $I_{n, 1, t}, I_{n, 2, t}, \dots, I_{n, n, t}$ , soňra gysga utgaşma nokadynda jemlenen togy kesgitlemeli).

$$I_{gu,t} = \sum_{i=1}^n I_{n,i,t} \quad (3.33)$$

Şeýle shemalar senagat kärhanalaryň elektrik üpjünçilik ulgamlary üçin häsiýetlidir, haçanda kärhananyň elektrik stansiýasy we ulgamy çeşmeler bolanda. Bu ýagdaýda gysga utgaşma togy, ulgamdan we elektrik stansiýadan gysga utgaşma toklaryň jemi ýaly kesgitlenýär.

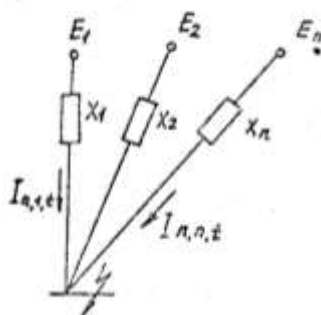
Eger-de gysga utgaşmanyň iýmitlenme çeşmeleri gysga utgaşma ýerinde umumy garşylykdan ýakylan (işe goýberilen) bolsalar (3.7-nji çyzgy), onda  $\delta_N$  kuwwat çeşmeli her şahanyň  $X_{N, has} *$  hasap garşylygy, birlik edip kabel edilen gysga utgaşmanyň umumy togunda  $N$  her çeşmäniň gatnaşmak paýyna deň bolan  $C_N$  paýlama koeffisiýenti arkaly kesgitlenýär, ýagny

$$X_{N, has*} = \frac{X_{net}, \delta_N}{C_N} \quad (3.34)$$

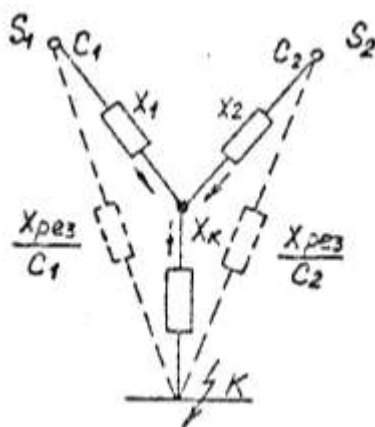
bu ýerde

$$C_N = \frac{X_{\ominus}}{X_N}, \quad X_{\ominus} = X_1 // X_2 // X_3 // \dots // X_N$$





3.6-njy çyzgy. Iýmitlenme çeşmeleriniň dürli daşlaşmalaryndaky shema.



3.7-nji çyzgy. Paýlama koeffisiýentiniň kömegi bilen gysga utgaşma toklarynyň hasaplamasyna shema.

### 3.5. Senagat elektrik üpjünçiligi ulgamlarynda gysga utgaşma toklary

Çeşmelerin sanyna we olaryň kuwwatyna baglylykda, senagat kärhanalaryň elektrik üpjünçilikleriniň şu indiki usullary mümkin:

a) senagat kärhanasynyň elektrik üpjünçiligi diňe elektrik ulgamdan amala aşyrylýar (3.3-nji a çyzgy). Bazis (esas) edip alynýan elektrik ulgamyň kuwwaty senagat kärhananyň boş peseldiji podstantsiýanyň (BPP) trnaformatorlarynyň kuwwatyndan tertibe görä uly bolup az däl  $S_{\sigma} = S_u \geq 100 S_T$ . Gysga utgaşmada 6-10 kW şinalarda çalşyрма shemasy 3.8-nji b çyzgyda görkezilen görnüşde bolýar. Çalşyрма shemasyna girýän garşylyklardan,  $U_{gu}$  naprýaženiýa bilen kesgitlenýän  $X_T$  transformatorlaryň garşylygy güýçlisi bolýar. Güýç transformatorlar üçin  $U_{gu}\% = 10-12\%$ , diýmek:

$$X_{T^*} = \frac{U_{gu} \% S_{\delta}}{100 S_T} = 0,12 \cdot 10 = 1,2$$

Hasap egrini saýlamak üçin (3.5-nji çyzgy)  $I_{n0} / I_{0,nom}$  kesgitleýäris. Ulgamyň nominal togyny  $I_{0,nom} = I_b$  bazis diýip kabul edýäris, onda periodiki düzüji (3.25) boýunça kesgitlenen, bu ýerde  $E_{\Sigma}'' = U_C$  we  $X_{net^*} \approx X_{T^*}$ .

$$I_{n0} = I'' = \frac{U_C I_b}{X_{T^*}} = \frac{I_b}{1,2}$$

Onda

$$\frac{I_{n0}}{I_{c,nom}} = \frac{I_b}{1,2 I_b} < 1,5$$

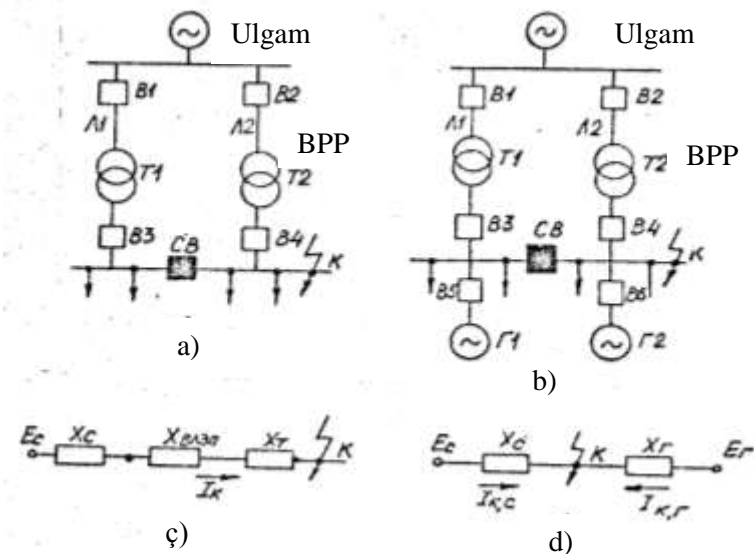
Bu ýagdaýda periodiki düzüjiniň sönmegini hasaba almasak-da bolýar we  $I_{n,t}=I_{n0}=\text{const}$  diýip hasap edýäris.

b) senagat kärhananyň elektrik üpjünçiligi, parallel işleýän elektrik liniýaly elektrik stansiýadan we elektrik ulgamdan amala aşyrylýar. Elektrik üpjünçiliginiň şeýle ulgamy we hasap shemasy 3.3-nji ç we d çyzgyda görkezilen.

Gysga utgaşma nokadynda tok, iki düzüjilerden, ulgamyndan we generatordan düzüler

$$I_{gu} = I_{gu,u} + I_{gu,g}$$

Öňki ýagdaýda  $I_{gu,c}=I_{n0}=\text{const}$  liniýaly elektrik stansiýadan  $I_{gu,g}$  tokda periodiki düzüjiden başga, hasap egrilerden peýdalanyň aperiodiki hem hasaba almaly.



3.8-nji çyzgy. Senagat kärhananyň elektrik üpjünçiliginiň shemalary.

ç) senagat kärhananyň elektrik üpjünçiligi elektrik ulgamdan amala aşyrylýar, emma kärhananyň setinde kuwwatly sinhron hereketegetirijiler (двигатель) bar.

Iri senagat kärhanalarynda hereketegetirijiler ýüklenmäniň ep-esli bölegini düzýär we gysga utgaşma generator tertibine geçip içki elektrik üpjünçiligi ulgamda gysga utgaşma ýerini iýmitlendirýär. Sinhron hereketegetirijilerden gysga utgaşma tko üçin gysga utgaşmanyň umumy togunda 50-60% düzüp bilýär. Şol sebäpden hasap edilende sinhron hereketegetirijilerden gysga utgaşmanyň toklary hasaba almak zerur. Elektrik üpjünçiligi shemasy we hasap shemasy 3.8-nji c we d çyzgyda meňzeş (ýaly). Ulgamdan periodiki düzüjini üýtgemeyän diýip hasap edýärler, ýagny  $I_{gu,c}=I_{n0}=const$ , emma sinhron hereketegetirijiler gysga utgaşma togy  $I_{her.}(t)$  hasap egrilerden peýdalanyp periodiki düzüjiniň sönmeginiň hasaby bilen tapýarlar.

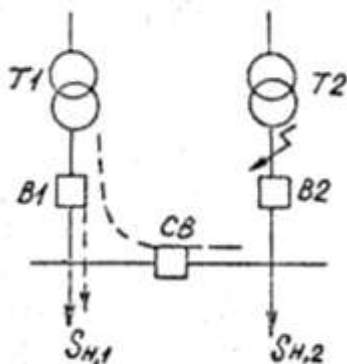
d) 1000 W-dan pes naprýaženiýeli setlerde gysga utgaşma toklaryň hasaby.

Bu setlerde sehiň we yşyklandyryjy setler degişli. Şeýle setleriň aýratynlygy, hasap shemasynda aktiw garşylyklary hem hasaba almakda bolup durýar: howa we kabel elektrik liniýalaryň, güýç transformatorlaryň sargylaryň, tok transformatorlaryň, şinalaryň we birikdiriji apparaturalaryň:

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}$$

$$\text{Onda} \quad I_{gu} = \frac{E_{\Sigma}''}{Z_{\Sigma}^*} I_b$$

Bu ýagdaýda, ulgamyň kuwwaty çäklendirmedik we transformatorlaryň ýokary naprýaženiýeli tarapyndan naprýaženiýe üýtgemeyän bolýar diýip hasap edilýär. Bu, eger-de ulgamyň kuwwaty seh transformatorynyň kuwwatyndan takmynan 50 esse ýokary bolsa, ýerine ýetirilýär. Mysal üçin, ulgamyň kuwwaty 50MW.A-den ýokary we seh transformatorynyň kuwwaty 1000 MW.A çenli bolan ýagdaýynda.



3.9-njy çyzgy. Agyrlaşan iş yagdaýlarynyň hasaby.

### 3.6. Gysga utgaşma toguň ýylylyk impulsynyň kesgitlenişi

Zynjyryň elenemtleri boýunça gysga utgaşma togy akanda olarda, gysga utgaşma toguň kwadratyna proporsional (deňölçegli) möçberde ýylylyk çykýar. Gysga utgaşma prosesiniň dowamlylygy töçür gorawyň işläp başlama wagty bilen çäklenýär. Şol wagtda geçirijide aýrylyp çykan ýylylygyň mukdaryna ýylylyk impulsy diýýärler we belgileýärler

$$B = \int_0^{t_{\text{ü}}r} i_{gu}^2(t) dt = \int_0^{t_{\text{ö}}\text{ü}r} (i_p + i_a)^2 dt \quad (3.35)$$

bu ýerde  $i_{gu}$  – gysga utgaşmanyň doly togunyň birden ýüze çykan (мгновенно) bahasy;

$i_p$ ,  $i_a$  – laýyklykda gysga utgaşma toguň we aperiodiki düzüjileriniň birden ýüze çykýan bahasy.

Gysga utgaşma toguň in uly bahasy, çeşmäniň naprýaženiýeleri noldan geçýän pursadynda ( $\infty_{gu} = 0$ ) induktiv ýüklenmedik zynjyrlarda bolýar. Onda, 3.1) baglylykda periodiki düzüji şu kanun boýunça üýtgeýär:

$$I_p I_{\Pi, M}(t) \cos wt \quad (3.34)$$

bu ýerde  $I_{\Pi, M}(t)$  - gysga utgaşma zynjyrynyň ölçmek pursatynda  $I_{n, M}$  0 başlangyç bahasyndan  $I_{n, M} t_{\text{ö}}\text{ü}r$  – toguň bahasyna çenli periodiki düzüjisiniň ampletudasynyň üýtgeme funksiýasy.

(3.31) laýyklykda aperiodiki düzüjisi,

$$i_a = I_{a0} e^{-\frac{t}{T_a}}$$

$$\text{Onda } B = \int_0^{t_{\text{ö}}\text{ü}r} \left[ I_m(t) \cos wt + I_{a0} e^{-\frac{t}{T_a}} \right]^2 dt \quad (3.37)$$

Kiçi ululyklary aradan aýyrylandan we özgertmeden soň, alýarys

$$B = \int_0^{t_{\text{öçür}}} [I_m(t) \cos^2 wt]^2 dt + I_{a0} \int_0^{t_{\text{öçür}}} e^{-\frac{t}{T_a}} dt \quad (3.38)$$

ýa-da

$$B = B_p + B_a$$

Şeýlelikde, ýylylyk impulsly periodiki we aperiodiki düzüjileriň ýylylyk impulslarynyň jemine deň.

Olaryň takyk hasaplamasy, gysga utgaşma togy geçiş prosesinden çylşyrymly kanun boýunça üýtgeýänligi bilen çylşyrymlaşdyrylan we köp zatda ulgamda gysga utgaşma nokadyň ýerleşmegi bilen kesgitlenýär.

Ýylylyk impulsly kesgitlemek üçin hasap shemasy bir şöhesi we iki şöhleli bolup bilýär. Eger-de gysga utgaşma nokady çeşmäniň (generatoryň) golaýynda ýerleşýän bolsa, onda hasap shemasy iki şöhleli getirilýär (3.8-nji ç, d çyzgy) we gysga utgaşma togunda iki sany periodiki düzüjisi bolar:  $I_{p, t, g}$  - generatordan, çylşyrymly kanun boýunça üýtgeýän we  $I_{p, u}$  - ulgamdan, çeşmäniň uzaklygy sebäbi  $E_C$  öçmeýän bolýar. Gysga utgaşma ýerinde toguň periodiki düzüjisi şu ikisiniň jemine deň bolar:

$$I_p = I_{p, t, g} + I_{p, u} \quad (3.39)$$

Eger-de gysga utgaşma nokady generatordan daşlaşan bolsa, onda hemme iýmitlenme çeşmeleri özgerme ugry bilen bir ekwiwalent elektrik hereketetirijiler birleşýärler we hasap shemasynda bir şöhesi bolýar (3.8-nji b çyzgy). Bu ýagdaýda periodiki düzüji öçmeýän ýaly işlenip hasaplanýar.

### 3.7. Gysga utgaşma toklarynyň dinamiki hereketi

Gysga utgaşmada tokakidi (токоведение) bölümlerden, elektrik gurnamalaryň apparatlarynda we şinaly gurnalyşlarda (конструкции) çylşyrymly güýjenmeleri ýüze çykarýan geçiş ýagdaýyň (режим) toklary geçýärler.

Gaty şinalara we izolýatorlara täsir edýän güýjenmeler (усилие), üç fazaly gysga utgaşma toguň  $i_{gu}$  iň uly birden ýüze çykýan bahasy boýunça hasaplanýarlar. Bu ýagdaýda, fazalaryň arasyndaky aralyk  $a$  we şinaly gurnalyşlaryň izolýatorlarynyň arasyndaky  $l$  aralygy hasaba almak bilen mehaniki yrgyldylary bolan almasyz şinaly gurnalyşa bolan  $F$  maksimal güýjenme kesgitlenýär:

$$F = \sqrt{3} i_g^2 l / a \quad (3.40)$$

$F$  elektrodinamiki güýç egreldýän pursady döredýär, ony bolsa, şinaly deňagramly ýüklenen balka ýaly edip seretsek, kesgitläp biliris:

$$M = F l \quad (3.41)$$

Kesigiň  $W$  garşylyk pursadyan baglylykda egrelmeden şinalaryň materialyndaky naprýaženiýe:

$$\tau_{hasap} = M / W \quad (3.42)$$

Köppolýusly şinalarda fazalaryň arasyndaky güýjenmeden başga, çyzyklaryň arasyndaky güýjenme döredýär: bu ýagdaýda hasaplama çylşyrymlaşýar.

Öçürijileriň, aýryjylaryň (разъединитель) we beýleki apparatlaryň tokakidiji bölümlerindäki elektrodinamiki güýjenmeler çylşyrymly we hasaplamasy



kyn bolýarlar, şol sebäpden öndüriji – zawodlar apparatdan geçirmäge rugsat edilen, gysga utgaşmanyň çäkli ikitaraplaýyn togyny görkezýärler (amplituda bahasy)  $i_{nom, din.}$ , ol, üç fazaly urgy tok  $i_n$  hasaplananda tapylandan pes bolmaly däl. Şeýlelikde, elektrodinamiki berkligi (durgunlygy) boýunça apparatlaryň barlanmagy şu şert boýunça amala aşyrylýar

$$i_{nom, din} \geq i_u \quad (3.43)$$

### 3.8. Elektrik apparatlary, tokäkidiji bölümleri we kabelleri saýlamak

Elektrik stansiýanyň ýa-da aralyk stansiýanyň paýlaýjy gurnamasynyň (PG) hemme elementleri, dowamly normal tertibi şertlerinde ygtybarly işleýän bolmaly, şeýle her iň agyr gysga utgaşmalar ýüze çykanlarynda ýeterlikli termiki we dinamiki durnukly bolmaly.

Şol sebäpden apparatlar, şinalar, kabeller, tok we naprýaženiýe transformatorlary we paýlaýjy gurnamasynyň beýleki elementleri saýlanyp alynanlarynda, ulanylanda ýüze çykyp biljek uzak wagtlaýyn iş we gysga wagtly awariýa tertiplerine olaryň ululyklarynyň laýyk gelýändigini barlamak zerurdyr.

Şertleriň üç toparyny tapawutlandyryýarlar:

- a) iş tertibine laýyk gelýän şertler;
  - b) gysga utgaşmanyň awariýa tertibine laýyk gelýän şertler;
  - ç) ýokary ygtybarlyk talaplary bilen bagly ýörite şertler (çyglylyk, howanyň hapalygy temperatura, deňiziň deňinden ýokardaky beýikligi we ş.m.).
- a) Normal iş tertibine laýyk gelýän şertler.

Apparatlaryň we tokäkidiji bölümleriň nominal dowamly toklaryny saýlamak üçin öňünden goşulmalaryň (присоединения) iş toklaryny kesgitleýärler. Normal we agyrlaşdyrylan tertipleriň işçi toklaryny tapawutlandyryrlar.

Gurnamanyň normal tertibi diýip, gurnamanyň hemme elementleri iş ýagdaýynda ýa-da taýýarlyk ýagdaýynda bolmalydygyny çak etmekde, ulanyş meýilnamasynyň göň öňünde tutan tertibine düzüňýärler. Normal iş tertibi naprýaženiýäniň we normal işçi toguň nominal bahalary –  $U_{nom}$  we  $I_{i\dot{,} norm}$  bilen häsiýetlenýär.  $U_{nom, a}$  apparatyň izolýasiýa derejesini kesgitleýär we iň uly iş naprýaženiýasyndan ýokary bolmaly däl

$$U_{nom, a} \geq U_{set. i\dot{n} \dot{y}ok.} \quad (3.44)$$

Normal tertipde elektrik apparatlary saýlamak (3.44) şerti boýunça amala aşyrylōar. Nominal naprýaženiýesi 220 kW (degişli) çenli setler üçin iň uly iş naprýaženiýe nominal 1,15 deň bellenen, 330 kW setler üçin – nominal 1,1, 500 kW we ýokary setler üçin – nominal 1,05 deň.

Bu setlerde apparatlar iň uly iş naprýaženiýalarda işlemeli. Şeýlelikde, eger-de  $U_{nom, set} = 10$  kW bolsa, onda iň uly 11,5 kW bolup biler we apparat şol naprýaženiýede işlemeli.

Elektrik ulgamda içki aşanaprýaženiýalaryň hasap kratnosti ýa-da maksimal içki aşanaprýaženiýalaryň laýyklykdaky iň uly fazaly iş naprýaženiýäniň amplitudasyna gatnaşygy, nominal naprýaženiýe baglylykda kadalaşýarlar. Wentil razrýadniklaryň goraw häsiýetnamalary hem nominal naprýaženiýe baglylykda berilýärler.

Şeýlelikde,  $U_{nom, a}$ , apparatyň işe ukyplylygyny kesgitleýän wajyp häsiýetnamasy bolup durýar.

Normal iş togy  $I_{iș.nom.}$  geçirijileriň (проиодник) tygşytly kesigini kesgitlemek üçin zerur.

Agyrlaşdyrylan diýip, bozulma netijesinde we profilaktiki bejeriş bilen baglylykda, birleşdirmeleriň (присоединение) bölümleriniň mejbury öçmeginiň tertibine aýdylýar. Bu ýagdaýda başga birleşdirmeleriň iş toklary ep-esli ýokarlanyp bilýärler.

Mysal üçin, iki transformatorly aralyk stansiýa (3.9-njy çyzgy) transformatorlaryň biriniň öçürilmeginde, ikinjiniň ýüklenmesi onuň normal bahasynyň tersine iki esse ýokarlanýar.

Parallel işleýän kabel ýa-da howa elektrik liniýalar üçin hem şonuň ýaly.

Elektrik liniýalaryň geçiriljek ukyby, transformatorlaryň nominal kuwwaty şu anormal tertipleriň hasaby bilen saýlanylýarlar. Bu ýagdaýda, transformatorlaryň, 6-10 kW kabelleriň aşaukenme ukybyny peýdalanyp bolýar. Paýlaýjy gurnamasynyň apparatlary agyrlaşdyrylan tertipde aşaukenmä ýol berilmeýär.

Q1 we Q2 öçürijiler üçin (3.9-njy çyzgy)

$$I_{agrl} = \frac{S_{nom,1} + S_{nom,2}}{\sqrt{3} U_{nom}} \quad (3.45)$$

SQ seksiyalary öçürijiler üçin

$$I_{agrl} = \frac{S_{nom,1}}{\sqrt{3} U_{nom}} \quad (3.46)$$

Bu ýagdaýda  $I_{\text{agryl}}$  toklaryň bahasy  $I_{\text{nom},a}$  nominal bahalardan ýokary bolmaly däl

$$I_{\text{nom},a} \geq I_{\text{agryl}} \quad (3.47)$$

$I_{\text{nom},a}$  – bu şeýle bir dowamly tok, onda apparadyň tokäkidiji bölümleriniň gyzmagy rugsat edilen temperaturadan ýokary geçmeýär, ol bahasynda ýokary geçmeýän maksimal işçi tokly ulgamyň haýsy bolsa-da şahalaryň birinde apparaty ulanmak mümkinçiligini kesgitleýär.

c) gysga utgaşmanyň awariýa ýagdaýyna laýyk gelýän şert.

Hemme elektrik apparatlar elektrodinamiki we termiki durnuklylyga (berklige) barlanýarlar, ýagny gysga utgaşma tok boýunça ýylylyk gazdyрма durnuklygy we mehaniki durnuklygy.

### Elektrodinamiki durnuklylyk.

Gysga utgaşmanyň ugry togy boýunça  $i_u$  kesgitlenýär (onuň maksimal birden ýüze çykýan (мгновенно) bahasy) we hemme elektrik apparatlar elektrodinamiki durnuklylyga (3.43) boýunça barlanýarlar.

### Termiki durnuklylyk.

Termiki durnuklylygyň rugsat edilen togy ( $I_{t.d.}$ ) we termiki durnuklylygyň rugsat edilen wagty ( $I_{t.d.}$ ) bilen häsiýetlenýär.

Termiki durnuklylygyň togy dowamly hemişelik togy, ol  $I_{t.d.}$  wagtyň dowamynda, rugsat edilenden ýokary bolmadyk temperatura çenli apparady gyzdyrýan ýylylygyň

mukdaryny çykarýar. Ýylylygyň bu mukdary ýylylyk impulsly häsiýetlendirýär

$$B_{gu.rug.ed.} = I_{t.d}^2 > B_{gu} \quad (3.48)$$

bu ýerde  $B_{gu}$  - gysga utgaşma toguň hasap ýylylyk impulsly.

ç) ýörite şertler. Apparatlaryň dürli görnüşlerinde özleriniň ýörite şertleri bar, ýöne şertleriň birinji we ikinji toparlary hemme apparatlar üçin umumy bolýarlar.

Öçürijiler. Öçürijileri (3.44) şertleri boýunça – işçi tertibini we (3.47) – çylşyrymlaşdyrylan tertibi saýlap, ony elektrodinamiki (3.43) we termiki (3.48) durnuklylyga barlap, onuň öçürijilik ukybyny barlamak zerur. Öçürijilik ukyby, setiň berilen nokadynda gurnamak üçin öçürijiniň gerekligini häsiýetlendirýär.

Öçürijilik ukyby  $I_{nom, öçür}$  öçürmäniň nominal (rugsat edilen) togy bilen bahalandyrylar.

Wagt öçürijiniň  $t_{öçür}$  pursadynda gysga utgaşmanyň öçürilýän togunyň bahasynyň hasaby öçürijiniň  $I_{nom, öçür}$  – den ýokary bolamly däl

$$I_{nom.öçür} > I_{n,t} \quad (3.49)$$

Wagt öçürijiniň  $t_{öçür}$  öçmeginiň hususy wagtyň  $t_{hus.öç}$  we gorawyň täsiriniň nominal wagtyň  $t_{g, min}$  jemine deň edip kabul edýärler.

$$t_{öçür} = t_{hus.öç} + t_{g, min} \quad (3.50)$$

Aperiodiki düzüjili  $t_{öçür} > 0,08$  işläp başlama wagtly öçürijiler üçin öçürilýän togy hasaba almaýarlar (пренебрегают), ýagny, ol boýunça öçürijini barlamaýarlar.

Köplenç, arakesmeleri azaltmak üçin elektrik üpjünçilikde awtoamtiki gaýtadan birikdirmekligi (AGB) ulanýarlar, bu ýagdaýda öçürijiniň gysga utgaşma toga çatylmagy mümkin. Şol sebäpden öçürijini birikdirmeklik ukyby boýunça hem barlaýarlar

$$I_{nom.bir} > I_{n0} \quad (3.51)$$

bu ýerde  $I_{n0}$  - gysga utgaşma hasap toguň periodiki düzüjisiniň başlangyç bahasy.

Napryázeniýe transformatorlary (NT) birilenji zynjyryň nominal ölçegleri, takyklyk klassy we sargylaryň birleşme shemasy boýunça saýlaýarlar. Bu ýagdaýda  $U_{nom, TN} \geq U_{nom, set}$ .

Napryázeniýe transformatorynyň ýagdaýy (режим) birlenji toga golaý tertipde, şol sebäpden napryázeniýe transformatorlara (ikilenji sarga) birleşdirilýän enjamlary kuwwaty rugsat edilen bahadan ýokary bolamly däl.

$$S_2 \leq S_{2, rug.ed.} \quad (3.52)$$

Egerde (3.52) deňsizlik ýerine ýetirilýän bolsa, onda napryázeniýe transformatorynyň ýalňyşlygy (погрешность) enjamlaryň takyklyk klassyndan çykmaýar.

Tok transformatorlary (TT) nominal ölçegleri boýunça saýlaýarlar:

- napryázeniýe  $U_{nom, TT} \geq U_{nom, set}$ ;
- birilenji tok  $U_{nom, TT} \geq U_{agysl}$ ;
- ikilenji tok 5 A ýa-da 1A ikilenji zynjyryň dowamlylygyna baglylykda;
- gysga utgaşma ýagdaýynda (режим) dinamiki we termiki durnuklylyga barlaýarlar.

$$I_{nom,TT} \geq \frac{i_n}{\sqrt{2} K_{din}} \quad (3.53)$$

$$F_{din} \geq 0,88 \cdot 10^{-2} \cdot i_u^2 l / a \quad (3.54)$$

bu ýerde  $l$  – tok transformatorlaryndan golaýdaky sütünli izolýatora çenli aralyk, sm;

$a$  – fazalaryň oklarynyň arasyndaky aralyk, sm.

mundan başga, tok transformatorlary takyklyk klassy boýunça hem saýlaýarlar, ol bolsa tok transformatorlarynyň ikilenji zynjyryna birleşdirilýän enjamalara laýyk gelmeli.

Tok transformatorlary gysga utgaşma ýagdaýynda (режим) golaý tertipde işleýänligi sebäpli tok transformatorlarynyň ikilenji zynjyrynyň kuwwaty  $S_{2, nom, TT}$ , (3.33) boýunça kesgitlenýän enjamlaryň kuwwatyndan  $S_2$  ýokary bolmaly:

$$S_{2, nom, TT} \geq S_2 \quad (3.55)$$

Reaktorlar gysga ytgaşma toklary üçklendirmek üçin gulluk edýärler. Olarda uly induktiw we kiçi aktiw garşylygy bar.

Reaktorlary nominal napryaženiýe boýunça saýlaýarlar.

$$U_{nom, r} = U_{nom, set}$$

we mümkin nominal tok boýunça

$$I_{nom, r} \geq I_{müm}$$

we dinamiki durnuklylygyň nominal togy boýunça barlanýarlar

$$I_{nom,din} \geq I_{mim}$$

we termiki durnuklylygyň baş sekuntly togy boýunça

$$I_{s,nom,td} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_g}{5}}$$

bu ýerde  $t_g$  - gysga ytgaşmanyň getirilen wagty.

Reaktoryň baş ululygy – onuň induktiw garşylygy – ol, sarp ediliş aralyk stansiýalarda gurnalan kommutasion apparatlaryň dinamiki we termiki durnuklylygy we reaktor bilen goralan 6-10 kW naprýaženiýeli kabelleriň termiki üpjün edilýän baha çenli gysga ytgaşma toklaryň çäklendirilme şertinden saýlanylýar:

$$X_r = (X_{\Sigma} - X_U) \frac{I_{nom,r} U_{nom,set}}{I_b U_{nom,r}} \quad (3.56)$$

bu ýerde  $X_{\Sigma} - I_b$  bazis (esas) tokda gysga ytgaşma nokadyna çenli talap edilýän garşylyk,  $X_U$  – reaktora çenli ulgamyň otnositel netijeleýji garşylygy.

Kabelleri, şinalar ýaly nominal ululyklar boýunça (tok we naprýaženiýe) saýlaýarlar we gysga ytgaşmada termiki durnuklylyga barlaýarlar. Gysga ytgaşma prosesi gysgawagtlaýyn bolanlygy sebäpli, kabeliň geçirijisinden çykýan hemme ýylylyk, ony gyzdymaklyga gidýär diýip hasap etse bolýar. Kabeliň gyzdurma temperaturasy, onuň udel garşylygy, ýylylyk göwrümi (теплоемкость), iş



temperaturasy bilen kesgitlenýär. Adaty (normal) iş ýagdaýynda (режим) kabeliň gyzma temperaturasy

$$t_e = t_0 + (t_{dur.ed} - t_0) (I_{nom} / I_{rug.ed})^2 \quad (3.57)$$

bu ýerde  $t_0$  – daşyny gurşaýan sredanyň (topragyň) temperaturasy;

$t_{rug.ed}$  – 60 °C deň edip kabul edilýän, adaty (normal) ýagdaýdaky (режим) rugsat edilen temperatura;

$I_{rug.Ed}$  – saýlanyp alynan kesik üçin rugsat edilen tok.

Güýç kabeller üçin gysga ytgaşmada temperaturanyň maksimal rugsat edilen gysgawagtlaýyn ýokarlanmalary: mis we alýumin özenli (жила) 10 kW naprýaženiýe çenli kagyzyly izolýasiýa siňdirilen – 200 °C; şolar 20-35 kW naprýaženiýe mis özenli - 175°C.

Gysga ytgaşma toklara termiki durnuklylyga kabeliň kesiginiň barlygy şu görkezilen boýunça ýerine ýetirilýär

$$q_{min.rug.ed} = I_{\infty} / C \sqrt{t_n} = \sqrt{B} / C \quad (3.58)$$

bu ýerde  $B$  – ýylylyk impulsy;

$C = A_{soň} - A_{başl}$  - gysga ytgaşmadan öň we soň geçirijide çykarylan ýylylygyň tapawudyna laýyk gelýän koeffisiýent. Naprýaženiýesi 6-10 kW kagyzyly izolýasiýaly kabeller üçin: mis özenlide  $C = 141^0$ , alýumin özenlide  $C = 85^0$  poliwinihlorid ýa-da rezin izolýasiýaly kabeller üçin: mis özenlide  $C = 123^0$ , alýumin özenlide  $C = 75^0$ .

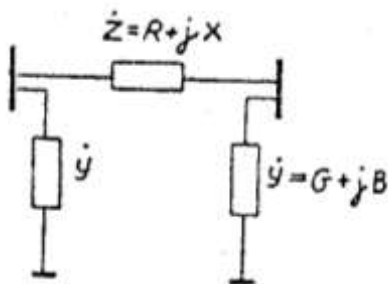
## D Ö R D Ü N J I B A P

### ELEKTRİK SETLERİN REŽYMLARYNYŇ HASABY

#### 4.1. Setiň elementleriniň ululyklary we rezinyň ululyklary

Elektrik setleriň elementleriniň ululyklaryna şular degişli: elektrik liniýalaryň we transformatorlary we geçirijilikleri, transformasiýa koeffisiýentleri, elektrik hereketegetiriji we ýüklenmeleriň buýuruýy toklary. Elektrik seti hasaplamak üçin elektrik liniýalar we transformatorlar çalşyrmanyň ekwiwalent shemalary bilen çalyşýarlar. Güýç transformatorlaryň çalşyрма shemalaryna 2-nji bapda seredilip geçilipdi.

Elektrik geçiriji liniýanyň çalşyрма shemasyna seredeliň. Liniýalarda uzynlygy boýunça deň diýen ýaly aralykda ýerleşdirilen **pogon** ululyklary bar: aktiw  $r_0$  we induktiw  $X_0$  garşylygy, aktiw  $q_0$  we gönümlü  $b_0$  geçirijilik. Hasap edilende paýlaýjy ululyklary jemlenenler bilen çalşyýarlar we elektrik liniýany  $\Pi$ -görnüşli çalşyрма shemasy bilen görkezýärler (4.1-nji çyzgy).



4.1-nji çyzgy. Elektrik geçiriji liniýanyň (EGL)  $\Pi$ -görnüşli çalşyрма shemasy.

Mis ýa-da alýumin geçirijiler bilen ýerine ýetirilen elektrik linaýalar üçin üýtgeýän tokda aktiw garşylygy, olaryň hemişelik tokdaky omiki garşylyklaryna laýyk gelýär. Polat simly elektrik linaýalar üçin, geçirijiniň üstüne toguň çykarylmalgynyň täsiri sebäpli aktiw garşylyk omikiden ýokary bolýar.

Simyň daşynda bolşy ýaly içinde hem döreýän üýtgeýän magnit meýdanyndan ýüze çykan, elektrik linaýadaky induktiw garşylyk simyň diametrna, fazalaryň simlarynyň arasyndaky aralyga, simyň materialynyň magnit geçirijiligine bagly.

Üç fazaly elektrik linaýanyň bir garşylygy şeýle kesgitlenip bilinýär.

$$X_0 = \omega (4,61 \lg \frac{2D_{ort}}{d} + 0,5 \mu) 10^{-4} \quad (4.1)$$

bu ýerde  $\omega$  – üýtgeýän toguň burç ýygylgy;

$D_{ort}$  – fazalaryň simlarynyň oklarynyň arasyndaky ortageometriki

aralygy, sm;

$d$  – simyň hasaplanan diametri, sm;

$\mu$  – alýumin we mis üçin bile deň edip alynýan magnit geçirijiligi.

Elektrik liniýanyň 1/Om/km göwrümlü geçirijiligi simlaryň arasyndaky göwrümi bilen simlar we ýeriň aralygyndaky göwrümi bilen şertlendirilen, olar faza 0 zemin boşlugynda elektrikstatiki meýdanyň barlygy bilen ýüze çykarylan:

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg 2 D_{ort/d}} 10^{-6} \quad (4.2)$$

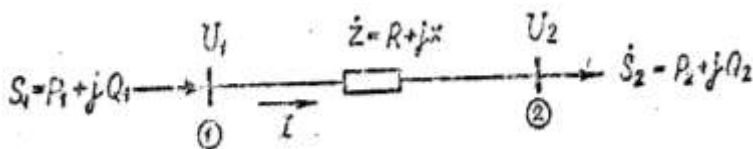
Aktiw geçirijilik, akyp gitme toklary sebäpli izolýasiýada we dielektriklerde aktiw kuwwatyň ýitgileri bilen kesgitlenýär. Eger-de  $q_0 \ll b_0$  bolsa, onda adaty hasaplamalarda aktiw geçirijiligi hasaba almaýarlar. Çylşyрма shemada  $y=jb$  bolýar.

Göwrümli geçirijiligiň barlygy göwrümli toklaryň  $I_c$  geçmegini we generirlenýän liniýanyň kuwwaty diýip hem atlandyrylýar, liniýada  $Q_c$  göwrümli kuwwatyň barlygyny şertlendirýär:

$$Q_c = 3I_c v_f = 3v_f^2 B = v^2 B \quad (4.3)$$

bu ýerde  $U_f$  – fazaaralygynyň naprýaženiýesi.

$U_{nom} \leq 35$  kW elektrik liniýalarda göwrümli kuwwat kiçi bolýar, şol sebäpden naprýaženiýeli  $U_{nom}=6, 10, 20, 35$  kW elektrik liniýalar üçin göwrümli geçirijiligi hasaplamalarda hasaba almaýarlar. Şeýle elektrik liniýalaryň çalşyрма shemalary ýenilleşdirilen bolup bilýär (4.2-nji çyzgy).



4.2-nji çyzgy. Çalşyrmanyň elektrik liniýaly shemasy.

Setleri taslamanyň we ullanmanyň hemme basgançaklarynda olaryň iş ýagdaýlarynyň (режим) hasabyny ýerine ýetirmeli bolýar. Elektrik setiň iş ýagdaýyny hasaplamagyň maksady, tehniki şertleriň ýerine ýetirilişini barlamak bolup durýa, ýagny, aýratyn

elementlerde toklaryň we setiň düwünlerinde (узлы) naprýaženiýeleriň rugsat edilen bahalara laýyk bolmaklary.

Setiň işiniň tygşytlylygy, seredilip geçirilýän iş ýagdaýlarynda (режим) aktiw kuwwatyň ýitgileriniň bahalaryny, şeýle hem bir ýylda elektrik energiýanyň ýitgileriniň bahalaryny häsiýetlendirýär.

Setiň iş ýagdaýy (ружим) şu ululyklary häsiýetlendirýärler: ýygylgyň bahasy, şahalardaky toklaryň, düwünlerdäki (узел) naprýaženiýeleriň, elektrik geçirijiniň doly aktiw we reaktiw kuwwatlarynyň bahalary, şeýle hem esasy ýygylk döwrüniň dowamynda naprýaženiýeleriň we toklaryň üýtgemeleriniň sinusoitdäldigini we naprýaženiýeleriň hem toklaryň üç fazaly ulgamynyň simmetriýa däldigini häsiýetlendirýän bahalar.

Elektrik setiň işçi ýagdaýy (режим) diýip, onuň elektrik ýagdaýyna düşinilýär. Elektrik energiýanyň kabul edijileriniň (приемники) iş ýagdaýynyň (режим) üýtgemegi bilen baglylykda, ol üznüksiz diýen ýaly üýtgeýär.

Adaty, elektrik setler hasaplananda, olaryň kä-bir kadala iş ýagdaýy seredilip geçirilýärler, emma olar şol ýada başga bir ulgam üçin häsiýetlidir.

Umumy ýagdaýda setleriň iş ýagdaýlary simmetrikdäl we sinusoidal bolýarlar.

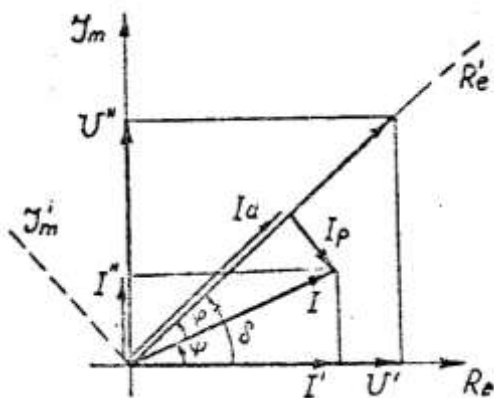
Bu ýagdaýlaryň hasaplamalaryny ýeňilleşdirmek maksady bilen simmetrik düzüjilere paýlamagy ulanýarlar. Her bir esasy garmoniklar üçin göni, ters we nolly zyzgiderlikleriň hasap shemalary düzülen bolmaly.

Simmetriki sinusoidal düzgün (режим) hususy ýagdaý bolup durýar. Bu hakykatdanda, sarp edijileriň elektrik üpjünçiliginiň şertlerini kesgitleýän esasy ýygylgyň göni zyzgiderliginiň ýagdaýy (режим).

Simmetriýadäldigi we sinusoidalaldäldigi tehniki we ykdysady çäklendiriji şertleri boýunça kä wagtlar barlanýarlar.

Üç fazaly setleriň simmetrik sinusoidal iş ýagdaýlary aýratyn fazalaryň ýagdaýynyň (режим) ululyklarynyň birmeňzeş bahalary (toklaryň  $I_{ij}$ , naprýaženiýeleriň  $U_i$  kuwwatlaryň  $P_{ij}$ ,  $Q_{ij}$  modullary bilen hem toklaryň we naprýaženiýeleriň egrileriniň sinusoidal görnüşi (formasy) bilen häsiýetlendirýärler. Bu ýerleşme sarp edijilerde fazalaryň birleşmesiniň shemasyna bagly bolmaýar. Şol sebäpden üç fazaly setler hasaplananda, setiň üç simlarynyň diňe birine seredip geçip bolýar we fazaly ululyklar üçin toklaryň we naprýaženiýeleriň wektor diagrammalaryny gurup bolýar, soňra bolsa faza aralygynyň bahalaryna geçip bolýar.

Üç fazaly setleriň toklaryny, naprýaženiýeleri, kuwwatlaryny toplumlaýyn göz önüne getirilende olaryň tebigy we emeli wektorlaryň (ýasama) oklar boýunça iki sany düzüjilere ýerleşdirilýärler (4.3-nji çyzgy).



4.3-nji çyzgy. Wektorlaryň toplumlaýyn görkezilişi.

$$\begin{aligned}\dot{I} &= I' + j I'' = I e^{j\psi} = I \cos \psi + j I \sin \psi, \\ \dot{U} &= U' + j U'' = U e^{j\delta} = U \cos \delta + j U \sin \delta\end{aligned}\quad (4.4)$$

Adaty, hakyky oky haýsy bolsa-da bir wektor bilen utgaşdyrýarlar, köplenç naprýaženiýe wektory bilen. Onda koordinatlar ulgamy  $R e'$  we  $Im'$  (4.3-nji çyzgy).

$$\left. \begin{aligned}\dot{I} &= I_a - j I_p = I e^{-j\psi}, \\ \dot{U} &= U e^{j\phi}\end{aligned}\right\} \quad (4.5)$$

Doly kuwwat şeýle kesgitlenýär

$$\dot{S} = \dot{U} \hat{I} = U I e^{j\psi} = U (I_a + j I_r) = U I_a + j U I_r = P + j Q, \quad (4.6)$$

bu ýerde  $\hat{I} = I_a + j I_r$  - toguň galtaşma (сопряжённый) wektory;

$P = U I_a = U I \cos \psi$  - aktiw kuwwat;

$Q = U I_r = U I \sin \psi$  - reaktiw kuwwat.

Aktiw kuwwat  $P$ , sarp edijileri elektrik energiýa bilen üpjün etmegiň gözýetiminden iş ýagdaýyny (режим) häsiýetlendirýär. Wagt boýunça ony integrirlemek  $t$  wagtda geçirilen energiýanyň ululygyny bere:

$$\int_0^t P(t) dt = A \quad (4.7)$$

Energoulgamyň we stansiýalaryň generatorlarynyň işläp çykarýan elektrik energiýasynyň mukdary her pursatda onuň sarp edilmesine deň bolmaly, şol sebäpden laýyklykda deň bolmaly:

$$P_g = P_{S.E} + P_{h.r} + \Delta P_{\Sigma} \quad (4.8)$$

bu ýerde  $P_g$  – ulgamyň generatorlarynyň jemlenen aktiw kuwwaty;

$P_{S.E}$  – ulgamyň sarp edijileriniň ýüklenmesi;

$P_{h.r}$  – bütinleýin hemme ulgamyň hususy zerurlyklaryna sarp edilýän jemlenen aktiw ýüklenme;

$\Delta P_{\Sigma}$  - elektrik ulgamyň hemme bölümlerinde (звенья) jemlenen aktiw ýitgiler.

Bu, üýtgeýän tokda bolşy ýaly, hemişelik toga degişlidir. Üýtgeýän toguň setlerinde aktiw kuwwat bilen bilelikde, üýtgeýän tokda elektrik üpjünçiligiň bütin ulgamynyň iş şertlerini hasaba almaga mümkinçilik berýän, reaktiw kuwwaty hem peýdalanýarlar.

Reaktiw kuwwat – bu, üýtgeýän toguň hemme zynjyry boýunça balans şertleri dogruçyl bolan ululyk. Aktiw kuwwat bilen tapawutlylykda reaktiw kuwwat elektrik setiň islendik ýerinde generirläp bilýär. Onuň sarp edilişi bütin elektrik ulgam boýunça has tekiz (endigan) bolup geçýär, sebäbi elektrik setleriň elementlarynda reaktiw kuwwatyň ýitgileri, elektrik energiýanyň kabul edijileriniň ony sarp etmesi bilen deňölçepli bolýarlar.

Elektrik ulgam näçe uzak boldygyça, şonça-da ulgamyň düwünleri (узел) boýunça reaktiw kuwwatyň ätiýaçlyklarynyň (разервы) tapawudy uly bolar. Şol sebäpden ulgamyň aýratyn düwünleri (узлы) boýunça reaktiw kuwwatyň balansyny düzmek has dogrydyr:

$$Q_g + Q_K \geq Q_p + \Delta Q - Q_S + Q_{\dot{a}} \quad (4.9)$$

bu ýerde  $Q_g$ – elektrik stansiýalaryň berilen düwünde (узел) alynyp bilinjek reaktiw kuwwat;



$Q_K$  – berilen düwünde kompensirleýji gurnamalardan reaktiw kuwwat;

$Q_p$  – berilen düwüne birikdirilen ýüklenmeler bilen peýdalanylýan reaktiw kuwwat;

$\Delta Q$  - berilen düwüne degişli setleriň elementlarynda reaktiw kuwwatyň ýitgileri;

$Q_s$  - berilen düwüne birikdirilen geçiriji elektrik liniýalar bilen generirlenýän reaktiw kuwwat;

$Q_{\text{ä}}$  - berilen düwünde reaktiw kuwwatyň ätiýaçly (резерв)

Wagt boýunça reaktiw kuwwaty integrirlemegiň (aktiw ýaly) manysy ýok, sebäbi reaktiw kuwwat energiýany üznüksiz geçirmek bilen bagly däl.

**Sinusoitdäl** periodiki prosesda üýtgeýän toguň setlerinde naprýaženiýäni  $U_{s,d}$  we togy  $I_{s,d}$  garmoniki setire dargydyrlar (paýlaýarlar), bu bolsa elektrik prosesleriň analizini we rezonans hadysalary öwrenmegi ýeňilleşdirýär:

$$U_{s,d} = \sum_{\nu=1}^n U_{\nu}; \quad I_{s,d} = \sum_{\nu=1}^n I_{\nu}; \quad \nu = 1, 2, \dots, n \quad (4.9)$$

bu ýerde  $\nu$  – ýokary garmoniki düzüjiniň nomeri (tertipleşýän sany);  $U_{\nu}$  we  $I_{\nu}$  – ýokary garmonikanyň naprýaženiýesi we togy.

Bu ýagdaýda jemlenen aktiw kuwwaty almak üçin, birmeneňse garmonikalaryň togunyň we naprýaženiýäniň köpeltmelerini almalý

$$P = P_1 + \sum_{\nu=2}^n P_{\nu}$$

bu ýerde  $P_1$  – esasy garmonikanyň kuwwaty ;

$P_{\nu} = U_{\nu} I_{\nu} \cos \varphi_{\nu}$  –  $\nu$ -nji garmoniki düzüjiniň kuwwaty.

Reaktiw kuwwatyň  $Q_1$  we  $Q_v$  düzüjileri biri-birine gabat gelmeýän dürli prosesleri (dürli ýygylýklar bilen geçýän) häsiýetlendirýär. Her garmonika üçin aýratynlykda balans ýerine ýetirilmeli.

Iş ýagdaýyň (режим) hemme ululyklaryny iki topara bölüp bolýar. Birinjisine, koordinata oklaryň – toplumlaýyn tekizligiň oklarynyň başlangyç ugruna bagly bolan ululykly ýagdaý (режим) ölçegleri degişli. Şol sebäpden olaryň hasaplamasynda oklaryň haýsy ugrunda  $R_e$ ,  $I_m$  olaryň berilendiklerini aýytmak gerek. Şeýle ölçegleri inweriantdäl diýip atlandyryýarlar, olar  $I'$ ,  $I''$ ,  $U'$ ,  $U''$ ,  $\psi$ ,  $\delta$ .

Ikinji topara toplumlaýyn tekizligiň oklarynyň ýerleşmesine bagly bolmadyk ululyklarynyň ölçegleri degişli. Şeýle ölçegler inweriant diýip atlandyrylýarlar.

Bular  $I$ ,  $U$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $A$ ,  $\varphi$ ,  $I_a$ ,  $I_p$ .

Ölçegleriň ýagdaýynyň (режим) hasaplamasynyň maksady – inweriant ölçegleriň bahalaryny kesgitlemek. Hasaplamanýň aralyk netijeleri inweriantdäl ölçegler bilen görkezilep bilinýärler.

Ýagdaýyň (режим) ölçeglerini elektrik liniýanyň başynda (“1” indeksli) we elektrik liniýanyň soňynda (“2” indeksli) ondaky ýitgileriň barlygyndan tapawutlandyryýarlar: liniýanyň aktiw we reaktiw elementlerinde elektrik energiýa geçirilende energiýanyň bir bölegini olaryň içinde sarp edilýär. Bu ýitgiler naprýaženiýäniň ýitgileri we aktiw bolşy reaktiw kuwwatlaryň ýitgileri bilen häsiýetlenýärler.

Şol sebäpden hasaplamalaryň başynda liniýanyň ölçeglerini tapýarlar (4.2-nji çyzgy). Soňra setiň elementlerinde naprýaženiýäniň peselmegini kesgitleýärler

$$\dot{U}_\Delta = \dot{U}_1 - \dot{U}_2 = \sqrt{2} \dot{I} \dot{z} \quad (4.10)$$

naprýaženiýäniň ýitgisini

$$\Delta U = U_1 - U_2 \quad (4.11)$$

kuwwatyň ýitgisini

$$\Delta P = P_1 - P_2; \quad \Delta Q = Q_1 - Q_2; \quad \Delta S = S_1 - S_2 \quad (4.12)$$

Bu ululyklary kesgitlemek üçin, hakyky ok boýunça  $U_2$  wektory ugrukdyryp, naprýaženiýeleriň wektor diagrammasyny guralyň (4.4-nji çyzgy). Çyzgyda görkezilişi ýaly  $U_2$  wektory şertli ugrukdyrýarys.  $U_\Delta$  düşmek (peselmek) wektory, elektrik liniýanyň başynda we soňunda naprýaženiýeleriň geometriki tapawudy bolýar. Ol iki bilinýär, olaryň bahalaryny (4.10) –dan tapyp bolýar, eger-de

$$I = \hat{S}_2 / \sqrt{3} \hat{U}_2 \quad (4.13)$$

bu ýerde  $\hat{S}_2$  - doly kuwwatyň galtaşan (сопряжённый) wektory;

$\hat{U}_2$  - naprýaženiýäniň galtaşan wektory; sebäbi

$\dot{U}_2$  wektor hakyky ok boýunça ugrukdyrylan,

onda  $\hat{U}_2 = \dot{U}_2$ .

Onda

$$\dot{U}_\Delta = \sqrt{3} \frac{\hat{S}_2}{\sqrt{3} \dot{U}_2} \dot{Z} = \frac{P_2 - jQ_2}{\dot{U}_2} (R + jx) = U'_{\Delta,2} + jU''_{\Delta,2} \quad (4.14)$$

Hakyky  $R_e$  oka naprýaženiýäniň peselme wektorynyň taslamasy (проекции)

$$U'_{\Delta,2} = \frac{P_2 R + Q x}{U_2} \quad (4.15)$$

naprýaženiýäniň düşmesiniň dik düzüjisi diýilýär.

Ýalan (göz önüne getirilýän, мнимая)  $I_m$  oka  $\dot{U}_\Delta$  wektoryň taslamasy (проекции)

$$U''_{\Delta,2} = \frac{P_2 x + Q_2 R}{U_2} \quad (4.16)$$

naprýaženiýäniň düşmesiniň kese düzüjisi diýilýär.

$U_{\Delta,2}$  we  $U''_{\Delta,2}$  **ululyklary** bilip,  $U_2$  berilen naprýaženiýe boýunça elektrik liniýanyň başyndaky naprýaženiýäniň absolýut bahasyny tapyp bilýäris

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + U'_{\Delta,2})^2 + (U''_{\Delta,2})^2} \quad (4.17)$$

elektrik liniýalarynyň başynda we soňunda fazanyň we naprýaženiýeleriň süýşme burçy

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{U''_{\Delta,2}}{U_2 + U'_{\Delta,2}} \quad (4.18)$$

we elektrik liniýanyň başyndaky kuwwaty

$$S_1 = \sqrt{3} U_1 \hat{I} \quad (4.19)$$

Eger-de ýagdaýyň (режим) hasabyny elektrik liniýanyň başynyň ölçeglerinden alyp barsak, onda hakyky ok  $\dot{U}_1$  wektor bilen gabat gelmeli ( $R'_e$  we  $I'_m$  oklar 4.4-nji çyzgy); onda (4.14) ýaly (meňzeş) kesgitleýäris

$$\dot{U}_\Delta = \frac{\hat{S}_1}{\sqrt{3} \hat{U}_2} \dot{z} = U'_{\Delta,1} + U''_{\Delta,1} \quad (4.20)$$

bu yerde

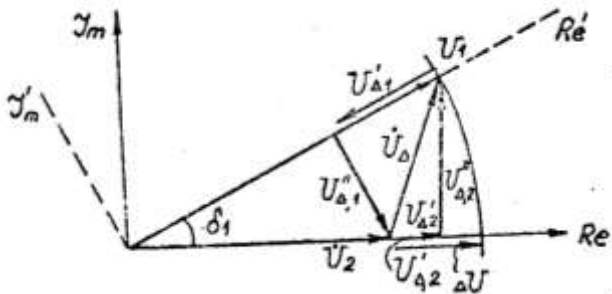
$$U'_{\Delta\delta 1} = \frac{P_1 R + Q_1 x}{U_1} \quad (4.21)$$

$$U''_{\Delta\delta 1} = \frac{P_1 x - Q_1 R}{U_1} \quad (4.22)$$

elektrik liniýanyň soňunda naprýaženiýe şuňa deň bolar

$$U_2 = \sqrt{(U_1 - U'_{\Delta,1})^2 + (U_{\Delta,1})^2} \quad (4.23)$$

Eger-de  $U_1$  wektoryň soňundan hakyky okda  $R_e$  sirkul bilen bellik etsek (4.4-nji çyzgy), onda naprýaženiýäniň ýitgisi diýip atlandyrylýan elektrik liniýanyň başynda we soňunda  $\Delta U$  algebraiki tapawudy alarys. Naprýaženiýe  $U_{\text{nom}} \leq 220$  kW elektrik liniýalar üçin ( $\Delta U - U'_{\Delta,2}$ ) tapawudyň azlygyny göz önünde tutup,  $\Delta U - U'_{\Delta,2} \approx U'_{\Delta,1}$  naprýaženiýäniň peselmesiniň dik düztüjisine naprýaženiýäniň ýitgisi hasap etseň bolýar. Onda  $U_2 \approx U_1 - \Delta U$  we  $U_1 = U_2 + \Delta U$ .



#### 4.4-nji çyzgy. Naprýaženiýeleriň wektor diagammasy.

Elektrik liniýada kuwwatyň ýitgileri başdaky we soňdaky kuwwatlaryň tapawudy bilen kesgitlenýärler.

$$\Delta \dot{S} = \dot{S}_1 - \dot{S}_2 = 3(\dot{I} \hat{I}) \dot{z} = 3 \dot{I}^2 \dot{z} = 3 I^2 (R + jx) \quad (4.24)$$

bu ýerde

$$I^2 = \frac{S_1^2}{U_1^2} = \frac{S_2^2}{U_2^2} \quad (4.25)$$

Onda aktiw we reaktiw kuwwatyň ýitgileri, başynyň ölçegleri arkaly bolşy ýaly, soňunyň ölçegleri arkaly hem kesgitlenip bilinýärler:

$$\Delta P = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_1^2} R = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} R \quad (4.26)$$

$$\Delta Q = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_1^2} x = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} x \quad (4.27)$$

Eger-de elektrik liniýanyň soňundaky kuwwat belli bolsa, onda başyndaky kuwwat belli bolşy, onda başyndaky kuwwat şeýle kesgitlenýär

$$\begin{aligned} P_1 &= P_2 + \Delta P, \\ Q_1 &= Q_2 + \Delta Q \end{aligned} \quad (4.28)$$

Liniýanyň başyndaky belli bolan ölçeglerden, liniýanyň soňundaky ölçegleri şeýle kesgitläp bolýar.

$$\begin{aligned} P_2 &= P_1 + \Delta P, \\ Q &= Q_1 + \Delta Q \end{aligned} \quad (4.29)$$

Köplenç tejribede liniýanyň başyndaky naprýaženiýe we soňundaky ýüklenme belli bolýar:  $U_1$ ,  $P_2$ ,  $Q_2$ . Onda,  $\epsilon$  hasaplamanyň takyklygyna salgylanyp, yzygider

golaýlaşmalar usuly boýunça ýagdaýyň (режим) ölçeglerini kesgitleýärler.  $U_2^{(0)} = 1,05 U_{nom} = U_{ör,nom}$  naprýaženiýäniň ortanominala deň kabul edip, liniýanyň  $U_2^{(0)}$  başlangyç bahasyna salgylanýar we liniýanyň soňynyň ölçegleri boýunça bütin hasaplamany ýerine ýetirýärler.(4.15) boýunça  $\Delta U^{(0)}$  naprýaženiýäniň ýitgisini kesgitlep,  $U_2^{(1)} = U_1 + \Delta U^{(0)}$  tapýarlar. Şu şert ýerine ýetirilende

$$|U_2^{(i)} - U_2^{(i-1)}| < \varepsilon \quad (4.30)$$

hasaplamany besedýärler, (4.30) şerti ýerine ýetirilmese  $|U_2^{(1)} - U_2^{(1)}|$  kabul edýärler we hasaplamany gaýtalaýarlar.

## 4.2. II-görnüşli çalşyrma shemanyň hasaby

II-görnüşli çalşyrma shemada ýagdaýyň (режим) ölçeglerine liniýalaryň geçirijiliginiň täsirini hasaba almak zerur. Umumy ýagdaýda, reaktiw elementde  $Y = G + jB$  çykarylýan kuwwat şeýle kesgitlenip bilinýär.

$$S_v = \sqrt{3} U \hat{I}_v, \quad (4.31)$$

bu ýerde  $\hat{U}$ -ý elemente goýulan liniýaly;  $\hat{I}$ -ý elementdaky (fazaly) galtaşan tok, ol şuna deň

$$\hat{I}_v = \hat{U} \hat{Y} / \sqrt{3} \quad (4.32)$$

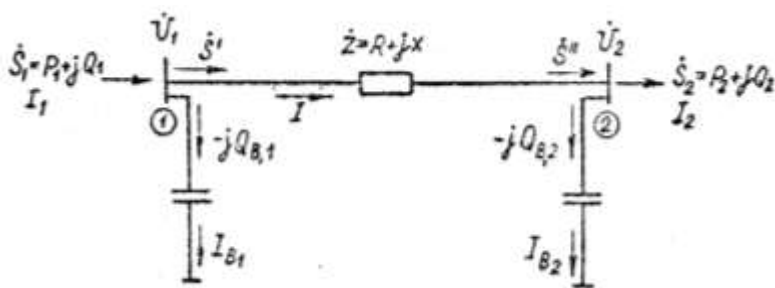
(4.32)-ni (4.31) goýup, alýarys

$$\dot{S}_y = U^2 \hat{Y} = U^2 G = jU^2 B \quad (4.33)$$

Hasaplamalarda aktiw geçirijiligi adaty hasap etmeýänleri sebäpli, onda

$$\dot{S}_y = -jU^2 B = -jQ_B \quad (4.34)$$

Onda çalşyрма shemada göwrümlü geçirijiligi, onuň bar bolan shemanyň düzüminde (узел) goşmaça reaktiw kuwwaty berer (4.5-nji çyzgy)



4.5-nji çyzgy. II-görnüşli çalşyрма shemanyň ýagdaýynyň hasaplamasyna.

II-görnüşli çalşyрма shema boýunça elektrik setiň ýagdaýynyň (режим) hasaplamasynda başlangyç görkezijileri bermegiň dürli usullary mümkin, has köp düş gelýän üç sany usuly bar:

- liniýanyň soňunda ýagdaýynyň (режим) ölçegleri berilen  $U_2, P_2, Q_2, \delta_2$  ;
- liniýanyň başynda ýagdaýynyň (режим) ölçegleri berilen  $U_1, P_1, Q_1, \delta_1$  ;



- başda  $U_1$  naprýaženiýe we soňda  $P_2$  hem  $Q_2$  kuwwatlar berilen.

Başlangyç ululyklary bermeginiň birinji usulynda liniýanyň ýagdaýynyň hasabynyň tertibine seredip geçeliň. Hasaby 2-nji düwünden (узел) 1-nji düwüne alyp barýarys.

Shemanyň 2-nji düwüminde (узел) reaktiw göwrümlü kuwwaty,  $B_1=B_2=b_0l/2$  salgylanyp kesgitleýäris:

$$\dot{S}_{B,2} = -jQ_B = -jU_2^2 B.$$

Liniýanyň soňundaky doly kuwwat

$$\dot{S}'' = \dot{S}_2 + \dot{S}_{B,2} = P_2 + j(Q_2 - Q_B) = P_f'' j Q''$$

Naprýaženiýäniň ýitgisi

$$\Delta U = \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_2}$$

Liniýanyň başyndaky naprýaženiýe

$$U_1 = U_2 + \Delta U.$$

Kuwwatyň ýitgileri

$$\Delta P = \frac{(P'')^2 + (Q'')^2}{U_2''} R;$$

$$\Delta Q = \frac{(P'')^2 + (Q'')^2}{U_2''} X;$$

$$\Delta \dot{S} = \Delta P + j \Delta Q$$

Liniýanyň başyndaky kuwwat soňundakydan liniýadaky kuwwatyň ýitgileriniň ululygyna tapawutlanýar.

$$\dot{S}' = \dot{S}'' + \Delta \dot{S} - \dot{S}'' + (\Delta P + j \Delta Q) = P' + j Q'.$$

1-nji düwünde (узел) liniýa bilen generirlenýän reaktiw göwrümli kuwwat;

$$\dot{S}_{B,1} = -jQ_{B,1} = -jU_1^2 B$$

1-nji düwüne (узел) gelýän kuwwat;

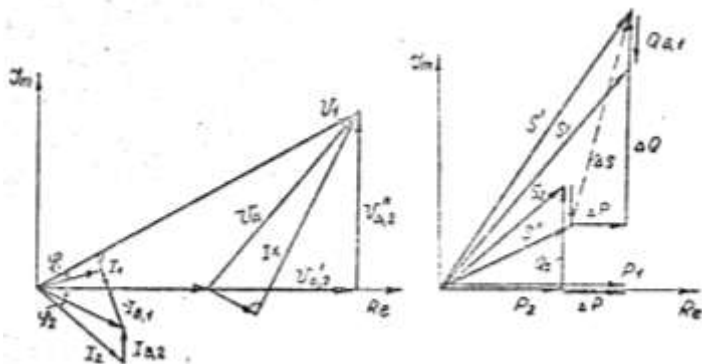
$$\dot{S}_1 = \dot{S}'_1 + \dot{S}_{B,1} = \dot{S}'_1 - jQ_{B,1} = P' + j(Q' - Q_{B,1}).$$

görkezijileri bermegiň ikinji usulynda hasaplama edil şonuň ýaly ýerine ýetirilýär, emma

$$U_2 = U_1 - \Delta U; \quad \dot{S}'' = \dot{S}' - \Delta \dot{S}; \quad \dot{S}_2 = \dot{S}'' - \dot{S}_{B,2}.$$

Görkezijileri bermegiň üçünji usulynda yzygider ýakynlaşmalar usulyny ulanýarlar, § 4.2-da beýan edilşi ýaly

II-görnüşli çalşyрма shemanyň wektor diaqrammalary 4.6-njy cüzowda görkezilen



4.6-njy çyzgy. II- görnüşli çalşyрма shemanyň wektor diaqrammalary.

Elektrik ulgama elektrik geçiriji linniýalardan başga elektrik stansiýalarynyň generatorlary, aralyk stansiýalaryň transformatorlary (awtotransformatorlary), sinhron kompensatorlary girýärler. Elektrik ulgamyň çalşyрма

shemasy bir zynjyra birleştirilen aýratyn elementleriň çalşyрма shemalaryndan ybarat. 4.7.-nji sur. elektrik ulgam we onuň çalşyрма shemasy görkezilen. Elektrik stansyýanyň generatory çalşyрма shemada  $U_g$  naprýaženiýäniň çeşmesi görnüşinde görkezilen, ikisargyly transformatorlar- $\Gamma$ -görnüşli çalşyрма shema bilen, üçsargylygy transformator- $\Pi$ -görnüşli çalşyрма shema bilen. Kuwwat generatorndan ulgamyň elementleri boýunça geçip ýüklenmelere ( $S_{n,2}$ ,  $S_{n,3}$ ) barýar.

Zynjyrd a birnäçe transformatorlar bolandyklary sebäpli, zynjyryň dürli böleklerinde naprýaženiýede tapawutlydyr (aýry-aýry). Şeýle zynjyry hasaplamak üçin çalşyрма shemanyň ölçeglerini we ýagdaýynyň (режим) ölçeglerini (bu ýagdaýda – naprýaženiýe) bir naprýaženiýe – bazisa getirmeli. Ol, hasaplamalaryň amatlylygyna baglylykda saýlanyp alynýar.

Shemanyň 1-nji düwümündäki (узел) naprýaženiýe, bazise getirilip, şuna deň bolýar.

$$U_1^0 = U_i(\Pi_{K,T}) \quad (4.35)$$

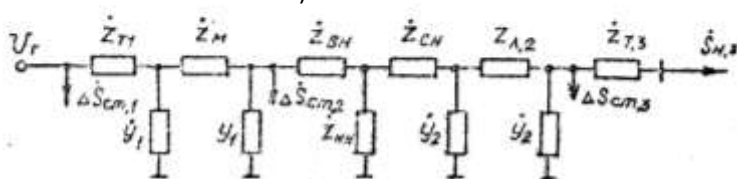
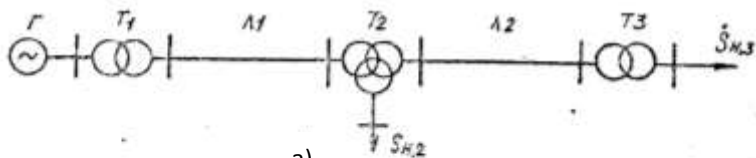
bu ýerde  $U_1$ - i-nji düwünde (узел) hakyky naprýaženiýe;

$\Pi_{K,T}$  – i-nji bölüm ýerleşen başgançak bilen bazis başgançagyň aralygynda ýerleşen tranformatorlaryň transformasiýa koeffisiýentiniň köpeltmegi (произведение). Bu, ýagdaýyň (режим) ölçegleriniň getirilmesi, çalşyрма shemanyň ölçegleri şu indiki görnüşde getirilýärler:

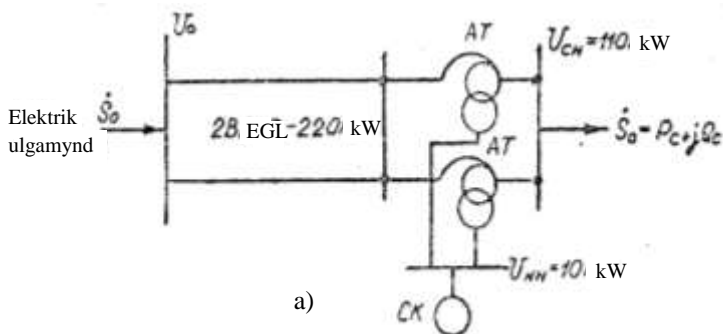
$$Z_{ij}^0 = \dot{Z}_{ij}(\Pi_{K,T})^2 \quad (4.36)$$

Bu ýerde  $\dot{Z}_{ij}$  -i-nji we j-nji düwünleriň (узел) arasyndaky hakyky garşylygy;

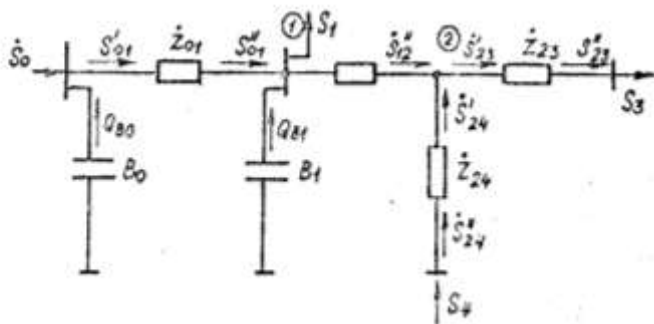
$Z_{ij}^0$  - bazis naprýaženiýe getirilen garşylyk.



4.7-nji çyzgy. Elektrik ulgam we onuň çalşyрма shemasy



a)



b)

4.8-nji çyzgy. Iýmitlendiriji set we onuň çalşyрма shemasy.

### 4.3. Ýazdyrylan setleriň ýagdaýlarynyň (режим) hasaby

Ýazdyrylan setlerde ýapyk konturlar ýok we her ýüklenmäniň iýmitlendirmesi diňe bir ugurda amala aşyrylýar. Ýazdyrylan bolup, senagat kärhanalaryň içki elektrik üpjünçilik setleri ýerine ýetirilýärler we ýazdyrylan bolup iýmitlendiriji setler bolup bilýärler.

Iýmitlendiriji setler –bu ýokary naprýaženiýeli setler  $U_{nom} \geq 110$  kW, olara elektrik energiýanyň kabul edijileri

(приемники) gönüden – göni birikdirilmeyärler. Senagat kärhanalaryň daşky elektrik üpjünçiliginiň setleri iýmitlendiriji setlere degişli.

4.8-nji, a çyzgyda pes naprýaženiýäniň sargysyna sinhron kompensator (SK) birikdirilen iki awtotransformator we iki sany elektrik geçiriji liniýalary bar bolan iýmitlendiriji görkezilen.

Setiň ýagdaýyny (режим) hasaplamak şu indiki etaplary özünde jemleýär.:

- a) çalşyрма shemany düzmek (4.9-njy b çyzgy); çalşyрма shemasynda 4 (dört) düwün (узел) bar ( $i=1,2,3,4$ ).
- b) çalşyрма shemanyň ölçeglerini kesgitlemek.

Iki sany parallel elektrik geçiriji liniýalaryň (EGL) garşylygy

$$\dot{Z}_{01} = \frac{r_0 l}{2} + j \frac{x_0 l}{2}$$

Elektrik geçiriji liniýalaryň geçirijilikleri  $B_0=B_1=0,5$  (2bol).

Iki awtotransformatorlaryň sargylarynyň garşylygy: ýokary naprýaženiýäniňki

$$\dot{Z}_{yN} = R_{yN} / 2 + j x_{yN} / 2;$$

orta naprýaženiýäniňki

$$\dot{Z}_{ON} = R_{ON} / 2 + j x_{ON} / 2;$$

pes naprýaženiýäniňki

$$\dot{Z}_{PN} = R_{PN} / 2 + j x_{PN} / 2.$$

c) Ýagdaýyň (режим) ölçeglerini hasaplamak üçin başlangyç görkezilenleri kesgitlemek.

Iýmitlenme çeşmesiniň  $U_g$  naprýaženiýesi çalşyрма shemanyň düwünleinde (узел) ýüklenmeleriniň kuwwaty.

1-nji düwün  $S_1 = P_1 + j Q_1 = 2(\Delta P_p + j \Delta Q_p)$  iki awtotransformatorlaryň poladyndaky ýitgileri;

2-nji düwün  $S_2 = P_2 + j Q_2 = 0$  hasap düwüni;

3-nji düwün  $S_3 = P_3 + j Q_3 = P_s + j Q_s$  iýmitlendiriji setiň ahyrynda (soňyndaky) kuwwat;

4-nji düwün  $S_4 = P_4 + j Q_4 = 0 - j Q_{SK}$  sinhron kompensatoryň kuwwaty.

Iýmitlendiriji nokatda doly kuwwatyň bahasyny kesgitlemek zerur  $S_0 = P_0 + j Q_0$ . Ol ýüklenmeleriniň jemlenen kuwwatynyň we setdäki kuwwatyň ýitgileriniň goşulmasyndan alynýar.

Setiň bölekleri kuwwatyň ýitgilerini kesgitlemek boýunça we olary ýüklemeleriniň kuwwatyna goşmak boýunça hasaplamalary, setiň has daşlaşdyrylan ahyrky nokatlaryndan başlap alyp barmak maksadalaýykdyr. her şahanyň kabul edijiniň ahyrynda ýüklenmäniň kuwwatyna ýuwaş-yuwaşdan ondaky kuwwatyň ýitgilerini goşup şahanyň iýmitlendiriji ahyryndaky kuwwatyň bahasyny kesgitleýärler.

Setiň düwünli (узловых) nokatlarynda hususy ýüklenmäniň we aýrylýan şahalaryň ýüklenmeleriniň kuwwatynyň goşulmasyny amala aşyrýarlar. Hasaplama, iýmitlenme nokadyndan berilen sete gelýän doly kuwwat kesgitleýänçä dowam etdirilýär.

Setiň şahalary boýunça doly kuwwatyň akymalarynyň paýlanmasynyň suduryna (картина) kuwwatlaryň akympaýlamasy diýip atlandyrylar.

**d)** çalşyрма shemanyň şahalary boýunça kuwwatyň akymalarynyň paýlanmasynyň hasaby.

Hasaby ahyryndan (soňundan) shemanyň iýmitlendiriji düwüne (узел) alyp barýarlar, S' – kuwwaty şahanyň başynda we S'' - kuwwaty şahanyň ahyrynda belgileýärler.

Hasaplama üçin başlangyç bolup setiň başynda  $U_0$  naprýaženiýe we ýüklenmäniň düwünlerinde (узел) kuwwatlar (başlangyç görkezilenleri bermegiň 3-nji usuly) bolýarlar, şol sebäpden i-nji düwünde (узел) naprýaženiýäni alýarlar  $U_i = 1,05 U_{nom}$  2-3 şaha. Şahanyň soňundaky kuwwat  $\dot{S}_{2,3}'' = \dot{S}_3$

Şahadaky kuwwatyň ýitgileri

$$\Delta \dot{S}_{2,3} = \frac{(P_{2,3}'')^2 + (Q_{2,3}'')^2}{(1,05 U_{nom})^2} \dot{Z}_{2,3} = \frac{(\dot{S}_{2,3}'')^2}{(1,05 U_{nom})^2} \dot{Z}_{2,3}$$

Şahanyň başyndaky kuwwat

$$\dot{S}_{2,3}' = \dot{S}_{2,3}'' + \Delta \dot{S}_{2,3}$$

2-4 şaha

$$\dot{S}_{2,4}'' = \dot{S}_4; \quad \Delta \dot{S}_{2,4} = \frac{(S_{2,4}'')^2}{(1,05 U_{nom})^2} \dot{Z}_{2,4}$$

1-2 şaha

$$\dot{S}_{1,2}'' = \dot{S}_{2,3}' - \dot{S}_{2,4}'; \quad \Delta \dot{S}_{1,2}' = \frac{(S_{1,2}'')^2}{(1,05 U_{nom})^2} \dot{Z}_{1,2}$$

1-nji düwünde (узел) liniýa bilen generirlenýän kuwwat:

$$Q_{0,1} = (1,05 U_{nom})^2 B_1$$



0-1 şaha  $\dot{S}_{0,1}'' = \dot{S}_1 + \dot{S}_{1,2} - j Q_{0,1};$

$$\Delta \dot{S}_{0,1} = \frac{(S_{0,1}'')^2}{(1,05 U_{nom})^2} \dot{Z}_{0,1};$$

$$\dot{S}_{0,1}' = \dot{S}_{0,1}'' + \dot{S}_{0,1}$$

Ýmitlendiriji düwünde (узел) liniýa bilen generirlenýän kuwwat

$$Q_{B,0} = (1,05 U_{nom})^2 B_0$$

Ýmitlenlenme çeşmesinden sarp edilýär kuwwat

$$\dot{S}_0 = \dot{S}_0 - j Q_{B,0} = P_0 + j Q_0$$

е) shemanyň düwünlerinde (узлах) hakyky naprýaženiýeleri kesgitlemek.

Bu hasaplama, çalşyрма shemanyň başyndan ahyryna (soňyna) amala aşyrylýar.

Birinji düwünde (узел) naprýaženiýe  $U_1=U_0-\Delta U_{0,1}$ , bu ýerde

$$\Delta U_{0,1} = (P'_{0,1} R_{0,1} + Q'_{0,1} X_{0,1})/U_0$$

- 0-1 şahada naprýaženiýäniň ýitgisi.

Şoňa meňzeş (şonuň ýaly):

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{1,2}; \quad \Delta U_{1,2} = (P'_{1,2} R_{1,2} + Q'_{1,2} X_{1,2})/U_1$$

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{2,3}; \quad \Delta U_{2,3} = (P'_{2,3} R_{2,3} + Q'_{2,3} X_{2,3})/U_2$$

bu ýerde  $U_3^0$  - ýokary naprýaženiýe tarapa getirilen baha. Üçünji düwünde hakyky naprýaženiýe şuna deň

$$U_3 = U_3^0 \frac{U_{ON}}{U_{YN}} = U_3^0 \frac{1}{K_{AT}}$$

Dördünji düwün (узел) üçin

$$U_4^0 = U_2 - \Delta U_{2,4}; \quad \Delta U_{2,4} = (P'_{2,4} R_{2,4} + Q'_{2,4} X_{2,4}) / U_2;$$

$$U_4 = U_4^0 \frac{U_{PN}}{U_{YN}};$$

Paýlaýjy setler –  $U_{nom} \leq 20$  kW pes naprýaženiýäniň setleri.

Ýurdumyzda paýlaýjy setler hemişe ýazdyrylan. Paýlaýjy setlere gönüden-göni elektrik energiýanyň kabul edijileri birikdirilýärler.

Paýlaýjy setleriň indiki arýatynlyklaryny bellemek zerur:

- a) Paýlaýjy setlerde ýapyk konturlar ýok (bolmaýar). Setiň gurluşy bagyň (daragtyň) şekilinde bolýar (4.9-nji a çyzgy).
- b) Paýlaýjy setiň çalşyрма shemany çyzykly (liniýaly). Paýlaýjy setleriň naprýaženiýeleri (deňşdirende) pes, şol sebäpden liniýalaryň göwrümlü geçirijilikleri setiň ýagdaýynyň (режим) ölçeglerine hiç hili täsir etmeýär. Çalşyрма shemasynda diňe dik garşylyklary hasaba alýarlar (4.9,b. sur.).

Ýagdaýyň (режим) hasaby üçin başlangyç berilenleri, iýmitlenme çeşmesiniň naprýaženiýesi  $U_0$  we düwünlerdäki (узел) kuwwat  $S_i$  ( $i=1,2,...,n$ ) bolup durýarlar.

- c) Paýlaýjy setlerde aýratyn bölümleriň dowamlylygy (uzynlygy) uly däl. Aýratyn bölümlerdäki naprýaženiýäniň we kuwwadyň ýitgileriniň bahalary hem kiçi, şol sebäpden ýagdaýyň (режим) ölçegleriň hasaplamalarda kuwwatyň ýitgilerini adaty hasaba almaýarlar, we şeýle kabul edýärler.

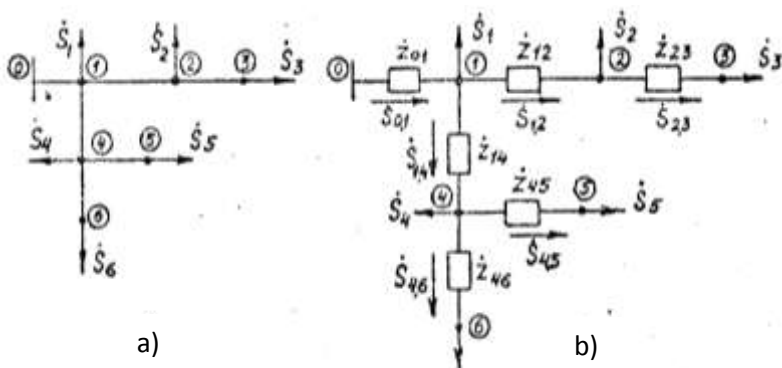
$$\dot{S}'_{ij} = \dot{S}''_{ij} = \dot{S}_{ij} \quad (4.37)$$

ýagny, kuwwatyň ýirgileri kuwwatyň akymlarynyň paýlamalaryna täsir etmeýärler. Onda 4.9,b sur. shema üçin şeýle bolar:

$$\dot{S}'_{i,3} = \dot{S}'_3; \quad \dot{S}_{4,5} = \dot{S}_5; \quad \dot{S}_{4,6} = \dot{S}_6;$$

$$\dot{S}_{1,2} = \dot{S}_2 + \dot{S}_3; \quad \dot{S}_{1,4} = \dot{S}_4 + \dot{S}_5 + \dot{S}_6; \quad S_{01} = \sum_{i=1}^6 S_i,$$

Diýmek, paýlaýjy setiň islendik bölümünde uguryň berilen bölümi boýunça iýmitlenme alýan ýüklenmeleriň jemlenmeleriniň ugry bilen gönüden-göni kuwwat kesgitlenýär.



4.9-njy çyzgy. Paýlaýjy set we onuň çalşyрма shemasy.

- d) kuwwatyň ýitgilerini we naprýaženiýäniň ýitgilerini, shemanyň düwünlerinde (узел) nominal naprýaženiýalardan ugur alyp belli deňlemeler (formula) boýunça kesgitläp bolýar:

$$\Delta P_{ij} = \frac{S_{ij}^2}{U_{nom}^2} R_{ij} ; \quad \Delta U_{ij} = \frac{P_{ij} R_{ij} + Q_{ij} X_{ij}}{U_{nom}} ;$$

$$\Delta Q_{ij} = \frac{S_{ij}^2}{U_{nom}^2} X_{ij} ; \quad \Delta P_{\Sigma} = \Sigma_{\Delta} P_{ij} ; \quad \Delta Q_{\Sigma} = \Sigma_{\Delta} Q_{ij} .$$

Naprýaženiýäniň ýitgileriniň maksimal bahalaryny başyndan i-nji düwüne (узел) çenli hasaplananlaryň iň ulysy boýunça kesgitleýärler.

4.5. Elelctrik setiň elementlerinde enenrgiýanyň we kuwwatyň ýitgilerini kesgitlemek.

Nominal naprýaženiýeli  $U_{nom}$ ,  $R_l$  we  $X_l$  ululykly, soňunda (ahyrynda)  $S_2 = P_2 + jQ_2$  ýüklenmeli elelctrikgeçiriji

liniýada kuwwatyň ýitgilerini (4.26) we (4.27) deňlemelere laýyklykda kesgitleýärler:

$$\Delta P = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{(1,05 U_{nom})^2} R_l; \quad \Delta Q = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{(1,05 U_{nom})^2} X_l \quad (4.38)$$

Ýüklenmesi  $S_2 = P_2 + jQ_2$  bolan,  $S_{nom}$ ,  $U_{gu}$  %,  $I_{bi}$  %,  $\Delta P_{kgu}$ ,  $\Delta P_{bi}$  belli bolan iki sargyly transformatorlardaky ýitgiler, polatdaky, ýitgiler we sargylardaky ýitgiler goşulmasyndan ybaratdyr.

Aktiw ýitgiler

bu ýerde trnasformatorlaryň aktiw garşylygy  $R_T$  (2.33) boýunça kesgitleýär. Geçirilýän kuwwatyň nominala bolan gatnaşygyna trnasformatorlaryň ýüklenme koeffisiýenti diýilýär.

$$K_y = \frac{S}{S_{nom}} = \frac{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}}{S_{nom}} \quad (4.40)$$

Onda

$$\Delta P_T = \Delta P_{bi} + K_y^2 \Delta P_{gu} \quad (4.41)$$

Reaktiw ýitgiler

$$\Delta Q_T = \Delta Q_p + Q_{sarg} = \frac{I_{bi} \%}{100} S_{nom} + \frac{P_2^2 + Q_2^2}{(1,05 U_{nom})^2} X_T \quad (4.42)$$

$X_T$  bahalaryny (2.35) goýup, alýarys

$$\Delta Q = \frac{I_{bi} \%}{100} S_{nom} + \frac{S_2^2}{S_{nom}} \frac{U_{gu} \%}{100} \quad (4.42)$$

(4.40) hasaba alyp

$$\Delta Q = \left( \frac{I_{bi} \%}{100} + \frac{U_{gu}}{100} K_y^2 \right) S_{nom} \quad (4.43)$$

Belli bolan pasport berilenleri bolan we  $S_2 = P_2 + j Q_2$  ýüklenmeli (ortaça naprýażeniýeli sargy üçin) we  $S_3 = P_3 + j Q_3$  (pes naprýażeniýeli sargy üçin) üçsargyly trnasformatorlar üçin aktiw ýitgiler şu deňleme boýunça kesgitlenýär.

$$\Delta P_T = \Delta P_{bi} + K_{\dot{y}. \dot{y}}^2 \Delta P_{\dot{y}} + K_{\dot{y}. o}^2 \Delta P_o + K_{\dot{y}. p}^2 \Delta P_p \quad (4.44)$$

bu ýerde  $\Delta P_{\dot{y}}, \Delta P_o$  - laýyklykda ýokary naprýażeniýe (ÝN) ortaça naprýażeniýe (ON), pes naprýażeniýe (PN) şahalarda gysga utgaşmanyň ýitgileri;

$K_{\dot{y}. \dot{y}}, K_{\dot{y}. o}, K_{\dot{y}. p}$  - laýyklykda ýokary, orta we pes naprýażeniýäniň sargylarynyň ýüklenmesiniň koeffisiýenti;

$$K_{\dot{y}. \dot{y}} = \frac{\sqrt{(P_2 + P_3)^2 + (Q_2 + Q_3)^2}}{S_{nom}};$$

$$K_{\dot{y}. o} = \frac{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}}{S_{nom}};$$

$$K_{\dot{y}. p} = \frac{\sqrt{P_3^2 + Q_3^2}}{S_{nom}}; \quad (4.45)$$

Üçfazly transformatorlarda reaktiw ýitgiler şuna deň

$$\Delta Q_T = \left( \frac{I_{bi} \%}{100} + \frac{U_{gu. \dot{y}} \%}{100} K_{\dot{y}. \dot{y}}^2 + \frac{U_{gu. o} \%}{100} K_{\dot{y}. o}^2 + \frac{U_{gu. p} \%}{100} K_{\dot{y}. p}^2 \right) \quad (4.46)$$

bu ýerde  $U_{gu. \dot{y}}, U_{gu. o}, U_{gu. p}$  - laýyklykda ýokary naprýażeniýe, ortaça naprýażeniýe, pes naprýażeniýe sargylaryň gysga utgaşmasynyň naprýażeniýeleri.

Elektrik üpjünçilik ulgamlaryň hasaplamasynda bir ýylda ýa-da başga bir wagt aralygynda elektrik energiýanyň ýitgilerini kesgitlemek zerur bolýar. Bir ýylda sagatlaryň normirlenen sany elektrotehniki hasaplamalarda  $T=8760$  sagat bolýar.

Eger-de liniýanyň ýa-da ulgamyň başga bir elementiniň ýüklenmesi  $t$  wagtyň dowamynda hemişelik bolup galsa, onda şol wagtyň dowamynda olardaky energiýanyň ýitgileri şuna deň bolar

$$\Delta A = \Delta P t \quad (4.47)$$

Hakykatda, ýüklenmeler hemişelik bolmaýarlar, olar sarp edijileriň iş grafigine laýyklykda üýtgeýärler. Şol sebäpden umumy ýagdaýda

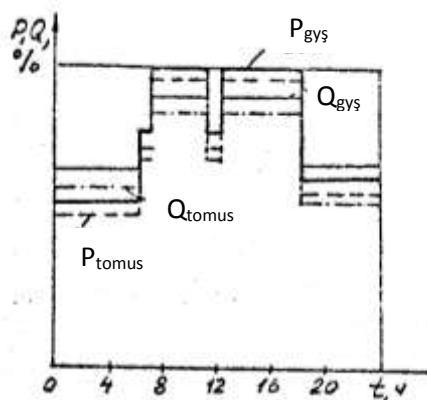
$$\Delta A = \int_0^t \Delta P(t) dt \quad (4.48)$$

Ýüklenme grafikleri hususylara – elektrik-energiýanyň aýratyn kabul edijileri (priýomnikleri) üçin we toparlarda kabul edijileriň (priýomnikleriň) topary ýa-da bütün kärhana üçin bölýärler.

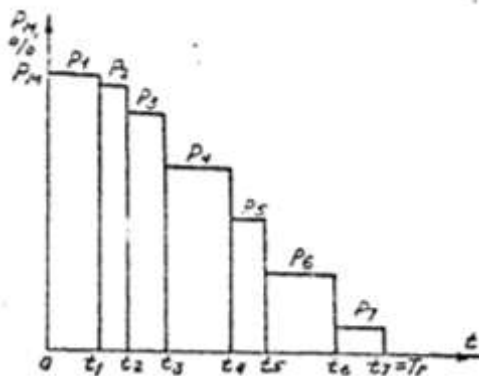
Karhanalaryň elektrik üpjünçilik ulgamlary taslananda dürli dowamlylykly (gije-gündiz, ýyllyk) ýüklenmeleriň toparlaryň grafiklerini  $P(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $S(t)$  ulanýarlar. Senagatyň her pudagyň özüne häsiýetli ýüklenme grafigi bar.

Gije-gündiz grafiklarda (4.10-njy çyzgy) gys we tomus günň, dync we iş günleriň grafiklaryny tapawutlandyrypýarlar. Aktiw ýüklenmeleriň gije-gündiz grafiginiň meýdany masştabda gije-gündizde sarp edijileriň kabul eden  $A$  energiýasynyň mukdaryny mukdaryny berýär.

Hasaplamlarda, ýylyň dowamynda dürli iş ýüklenmeleri bolan kärhanalaryň işiniň dowamylygyny görkezýän dowamlylygy boýunça ýüklenmeleriň ýyllyk grafigini ulanmak amatlydyr (4.11-nji çyzgy). Grafigiň başlangyç ordinatasy  $P_t = P_m$  iň uly ýüklenme bilen kesgitlenýär. Bu grafik, nähili kuwwatlar we haýsy wagtyň dowamynda ulanylýandygyny görkezýär we ol gije-gündiz grafikler esasynda gurulýar.

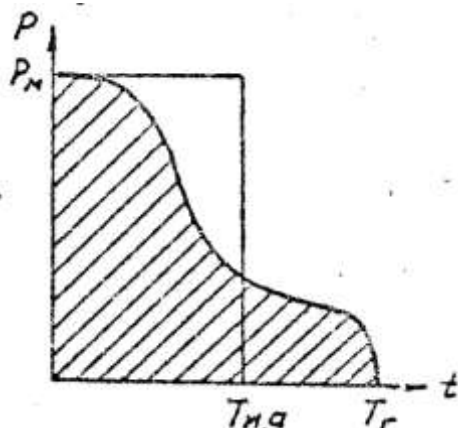


4.10-njy çyzgy. Birçalyşykly kärhananyň gije-gündizki grafigi



4.11-nji çyzgy. Aktiw ýüklenmäniň ýyllyk grafigi.





4.12-nji çyzgy. Hakyky ýyllyk grafigi.

Gije-gündiz we ýyllyk grafikler wagt boýunça we sarp edijiler boýunça durnuklydyrlar.

Hakyky ýyllyk grafikler (4.12-nji çyzgy) endygan, bökdençsiz (без экочков) we maksimal bahadan minimala monoton peselýän funksiýa görnüşli bolöar. Grafiğiň meýdany masştabda, sarp edijiniň bir ýylda alan energiýasynyň mukdaryny berýär. Energiýanyň şol mukdaryny, eger-de birnäçe  $T_{m,a}$  wagtyň dowamynda iň uly kuwwaty, ýagny bir ýyldaky energiýany peýdalansalar, sarp ediji alar.

$$A_y = \int_0^{T_y} P(t) dt = P_m T_{m,a} \quad (4.49)$$

$T_{m,a}$  wagt – aktiw kuwwatyň maksimumynyň ullanmak wagty (bu bir ýyldaky sagatlaryň sany, olaryň dowamynda maksimal kuwwat geçirilende energiýanyň ýyllyk mukdary geçirilen bolar).

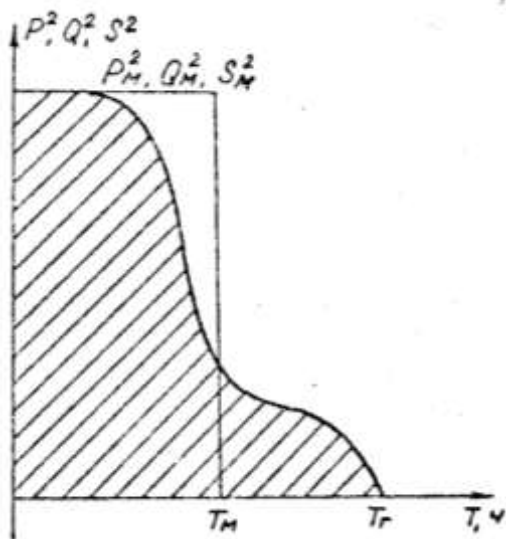
$$T_{m,a} = \frac{A_y}{P_m} = \frac{\int_0^{T_y} P(t) dt}{P_m} \quad (4.50)$$

$T_{m,a}$  bahalaryny – aktiw kuwwatyň maksimumynyň ulanmak wagtyny – sorag-jogap (справочной) edebiýatynda tapyp bolýar, sebäbi bu ululyk dürli kärhanalar üçin durnukly:

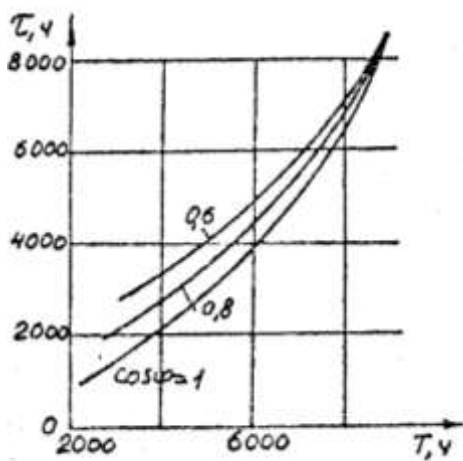
- bir shemalar üçin  $T_{m,a}=1500-2000$  sagat;
- iki shemalar üçin  $T_{m,a}=3000-4000$  sagat;
- üç shemalar üçin  $T_{m,a}=5000-7000$  sagat;
- şäherleriň ýagtylyk hyzmatlar ýüklenmesi üçin  $T_{m,a}=2000-3000$  sagat;

$Q(t)$  grafigi  $P(t)$  grafikden aýdyň (резко) tapawutly we öňnünden belli däl. Reaktiw kuwwat üçin hem dowamlylygy boýunça grafikleri bar, olar üçin maksimumy ulanmak wagt

$$T_{m,P} = \frac{\int_0^{T_y} Q(t) dt}{Q_m} \quad (4.51)$$



4.13-nji çyzgy. Ortakwadratiki ýüklenme grafikleri.



4.14-nji çyzgy. Iň uly ýitgiler wagtynyň grafiki.

Olary guranlarynda kompensirlerýji gurnamalaryň hem iş ýagdaýlaryny (режим) hasaba alýarlar.

Doly kuwwatyň maksimumyny ulanmagyň wagty.

$$T_m = \frac{\int_0^{T_y} S(t) dt}{S_m} = \frac{\int_0^{T_y} (P(t) / \cos \varphi) dt}{P_m / \cos \varphi} \quad (4.52)$$

Eger-de ýylyň dowamynda  $\cos \varphi \approx \text{const}$  bolsa, onda  $T_m = T_{ma} = T_{m,p}$ .

Elektrik energiýanyň ýitgilerini bahalandyrmak üçin iň uly ýitgileriň wagty  $\tau$  ýa-da ýöne ýitgiler wagtyny peýdalanýarlar.

Iň uly ýüklenmeli  $S_m$  energiýa liniýa boýunça geçirilende, energiýanyň ýitgileri ýylyň dowamyndaky, ondaky energiýanyň hakyky ýitgilerine deň bolandaky sagatlaryň sanyna ýitgiler wagty diýilýär.

Ýüklenmäniň ýyllyk grafigini peýdalanyp energiýanyň ýitgilerini şu indiki görnüşde kesgitleýärler. Kuwwatlaryň orta kwadratiki grafiklerini gurýarlar (4.13-nji çyzgy) we olaryň meýdanlaryny kesgitleýärler.

Bu ýagdaýda

$$\int_0^{T_y} S^2(t) dt = \int_0^{T_y} P^2(t) dt + \int_0^{T_y} Q^2(t) dt \quad (4.53)$$

bu ýerde birinji integral – kwadratiki doly kuwwatyň grafiginiň meýdany, ikinji integral – kwadratiki aktiw kuwwatyň grafiginiň meýdany, üçünji integral – kwadratiki reaktiw kuwwatyň grafiginiň meýdany. Şeýle hem eger-de

ortakwadratiki kuwwatlaryň we wagtyň  $\tau$  maksimal bahalaryny peýdalansak meýdanlary alyp bileris.

$$\int_0^{T_y} S^2(t) dt = S_m^2 \tau \quad (4.54)$$

bu ýerden in uly ýitgileriň wagty doly kuwwat üçin

$$\tau = \left[ \int_0^{T_y} S^2(t) dt \right] / S_m^2 \quad (4.55)$$

Edil şonuň ýaly

$$\tau_0 = \frac{\int_0^{T_y} P^2(t) dt}{P_m^2}; \quad \tau_0 = \frac{\int_0^{T_y} Q^2(t) dt}{Q_m^2}; \quad (4.56)$$

Eger-de  $\cos \varphi$  ýylyň dowamynda takmynan hemişelik bolsa, onda  $\tau_a = \tau_p = \tau$ . Ýitgiler wagty kuwwatyň maksimumyny ulanmak wagtyna diňe bir ýagdaýda deňdir, eger-de bütün ýylyň dowamynda maksimal kuwwat bilen sarp ediji işlese, ýagny  $T_m = T_y$ ,  $\tau \approx T_m$  bolanda, galan ýagdaýlarda  $\tau < T_m$ .

Ýitgileriň wagtyň bahasy  $\tau = f(T_m, \cos \varphi)$  grafikler boýunça tapylyp bilinýärler (4.14-nji çyzgy).

Adaty (типовой) görnüşli grafikler üçin **empiriki** deňleme (формула) ulanylyp bilinýär.

$$\tau = (0,1274 + T_m \cdot 10^{-4})^2 T_y; \quad (4.57)$$

Setiň elementlerinde bir ýyldaky energiýanyň ýitgileri şeýle kesgitlenip bilinýärler.

$$\Delta A_y = \Delta P_m \tau = \frac{S_m^2 R \tau}{(1,05 U_{nom})^2} \quad (4.58)$$

Elektrik geçiriji liniýasy üçin energiýanyň ýyllyk ýitgileri (4.38) laýyklykda şuna deň bahalar

$$\Delta A_{\dot{y}EGL} = \frac{S_m^2 R \tau}{(1,05 U_{nom})^2} \quad (4.58)$$

Elektrik geçiriji liniýasy üçin energiýanyň ýyllyk ýitgileri, (4.38) laýyklykda şuna deň bolarlar

$$\Delta A_{\dot{y}EGL} = \frac{(P_m^2 + Q_m^2) R_{EGL} \tau}{(1,05 U_{nom})^2} \quad (4.59)$$

iki sargyly transformator üçin

$$\Delta A_{\dot{y},T} = \Delta P_{bi} T_{bir} + \Delta P_k K_{\dot{y}uk,m} \tau \quad (4.60)$$

bu ýerde  $K_{\dot{y}uk,m} = S_{nom} / S_m$  – maksimal kuwwatly transformatoryň ýüklenme (зарпызка) koeffisiýenti;

$S_m$  – transformatoryň ýylda iň uly jemlenen ýüklenmesi (зарпызка);

$T_{bir}$  – naprýaženiýe astynda transformatoryň birikdirme wagty. Eger-de  $n$  sany transformatorlar parallel işleýän bolsalar, onda

$$\Delta A_{\dot{y},n} = n \Delta P_{bi} T_{bir} + \frac{1}{n} \Delta P_k K_{\dot{y}uk,m} \tau \quad (4.61)$$

Üçsargyly transformator üçin energiýanyň ýyllyk ýitgileri şeýle tapylyp bilinýärler.

$$\Delta A_{\dot{y},T} = \Delta P_{bi} t_b + \Delta P_{bi,1} K_{\dot{y}uk,m1}^2 \tau_1 + \Delta P_{bi,2} K_{\dot{y}uk,m2}^2 \tau_2 + \Delta P_{bi,3} K_{\dot{y}uk,m3}^2 \tau_3 \quad (4.61)$$

bu ýerde  $K_{\dot{y}uk,m1}$ ,  $K_{\dot{y}uk,m2}$ ,  $K_{\dot{y}uk,m3}$  – laýyklykda ÝN, ON, PN maksimal kuwwatly sargylaryň ýüklenme koeffisiýenti;

$\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  – laýyklykda ÝН, ON, PN sargylaryň ýitgileriniň wagty.

## **B Ä Ş I N J I B A P**

### **SENAGAT KÄRHANALARYŇ ELEKTRIK ÝÜKLENMELERINI KESGITLEMEK**

#### **5.1. Elektrik ýüklenmeleriň (нагрузка) esasy häsiýetnamalary**

Elektrik üpjünçilik ulgamany taslamagyň birinji tapgyry elektrik ýüklenmeleri kesgitlemek bolup durýar. Elektrik ýüklenmeleriň niýetlenmegine görä elektrik üpjünçilik ulgamanyň elektrik enjamlaryny saýlaýarlar we barlaýarlar, elektrik energiýanyň we kuwwatyň ýitgilerini kesgitleýärler. Garaşylýan (göz önünde tutulýan) ýüklenmeleriň bahasynyň dogrylygyna elektrik üpjünçilik ulgamyna düýpli çykdaýjylaryna, ulanyş çykdaýjylaryna, elektrik enjamynyň işiniň ygtybarlygyna bagly bolup durýarlar.

Elektrik üpjünçilik ulgamy taslananda ýa-da onuň işiniň ýagdaýlary barlananda elektrik energiýanyň sarp edijilerine elektrik energiýanyň aýratyn kabul edijisi, kabul edijileriň topary, bütinleý seh ýa-da zawod ýüklenmeler hökmünde seredýärler. Ýüklenmeleriň şu indiki görnüşlerini tapawutlandurýarlar: aktiw kuwwat  $P$ , reaktiw kuwwat  $Q$ , doly kuwwat  $S$  we tok  $I$ .

Elektrik energiýanyň kabul edijileriniň iş ýagdaýlary dürli-dürli we wagt boýunça üýtgeýärler. Sarp edilýän kuwwatyň häsiýetnamasy üçin şu indiki düşünjelerden peýdalanýarlar.

1. Elektrik energiýanyň kabul edijisiniň nominal aktiw kuwwatly –bu elektrik energiýanyň kabul edijisi işlemeli bolan, elektrik energiýanyň kabul edijisiniň

pasportynda ýa-da zawod tabliçkasynda (ýagtylyk çeşmesi üçin kolbada ýa-da sokolda) görkezilen kuwwat.

Kranly gurnamalardan başga, köpdwigatelli priwodlara ulanylanda, “elektrik energiýanyň kabul edijileri” diýip atlandyrmalara hemme agregata бүтүнleý düşünyärler, onuň nominal kuwwatyna – onuň hemme elektrik dwigatelleriniň nominal kuwwatlarynyň jemine  $DB=1$  işe dowamly birikdirmä getirilen düşünilýär. Kranly gurnamalar üçin “elektrik energiýanyň kabul edijileri” diýip atlandyrmalara her mehanizimiň elektropriwodyna, şol sanda iki dwigateller bilen getirilýän mehanizimlere hem düşünmek gerek.

Gaýtalanma-gysgawagtlaýyn ýagdaýly (GGÝ) işleýän kabul edijiler üçin nominal kuwwaty pasport kuwwaty boýunça aşakdaky (deňlemelere) laýyklykda ony dowamly birikdirme ýagdaýyna  $DB=1$  getirmek ugry bilen kesgitleýärler:

Elektrik dwigateller üçin  $P_{nom}=P_{pos} \sqrt{DB_{pas}}$ . transformatorlar üçin  $S_{nom}=S_{pas}\sqrt{DB_{pas}}$ . bu ýerde  $P_{pas}$ , kW;  $S_{pas}$ , kW·A;  $DB_{pas}=DB_{pas} = \frac{t_b}{t_s} = \frac{t_b}{T_s}$  – birlik böleklerinde pasport dowamlylygynyň birikdirilmegi  $t_b$  –  $T_s$  dowamlylykly sikulda priýomnigiň wagty;  $t_n$  –siklda arakesmäniň dowamlylygy.

2. Elektrik energiýanyň kabul edijisiniň nominal reaktiw kuwwaty diýip nominal aktiw kuwwatda we nominal naprýaženiýede sete berilýän (aýyrmak belgi) ýa-da onuň setden sarp edýän (goşmak belgi) reaktiw kuwwata düşünilýär.

Sinhron dwigeteller üçin ýokarda görkezilen şertlere goşmaça nominal aýandyrma togu ýa-da kuwwatyň nominal koefisiýenti göz önünde tutulýar.

Gaýtalanma-gysga wagtlaýyn ýagdaýda kabul edijileriň pasport reaktiw kuwwatyny  $q_{pas}$  aktiw kuwwata



meňzeş bolan şu (deňlemeler) boýunça dowamly birikdirme ýagdaýa getirýärler ( $DB=1$ )

3. Kabul edijiler  $q_{nom} = q_{pas}\sqrt{DB_{pas}}$  toparynyň nomikal kuwwatyny (aktiw  $P_{nom}$  we  $Q_{nom}$ )  $DB=1$  getirilen aýratyn kabul edijileriň nominal kuwwatlarynyň algebriki jemi ýaly kesgitleýärler:

$$P_{nom} = \sum_{i=1}^n p_{nom,i}; \quad (5.1)$$

$$P_{nom} = \sum_{i=1}^n q_{nom,i}. \quad (5.2)$$

4. Seredilip geçilýän wagtyň aralygyndaky elektrik energiýanyň kabul edijileriň üýtgeýän ýüklenmesiniň häsiýetnamasy üçin ortaça ýüklenmeleri kesgitleýärler. Wagtyň  $t$  aralygynda kabul edijiniň ortaça aktiw we reaktiw kuwwatlaryny şu deňlemelerden kesgitleýärler

$$P_{ort} = \frac{\int_0^t p dt}{t}; \quad q_{ort} = \frac{\int_0^t q dt}{t}. \quad (5.3)$$

Kabul edijiler toparynyň ortaça (aktiw ýa-da reaktiw) kuwwaty, şol topara girýän aýratyn kabul edijileriň ortaça kuwwatlarynyň algebriki jemine özünden emele getirýär:

$$P_{ort} = \sum_{i=1}^n p_{ort,i}; \quad Q_{ort} = \sum_{i=1}^n q_{ort,i}. \quad (5.4)$$

Wagtyň aralygyna baglylykda maksimal ýäklenen çalyşykda ortaça ýüklenmeleri, orta aýlyk we ortaýyllyk ýüklenmeleri tapawutlandyrýarlar. Maksimal ýüklenen diýip, kabul edijileriň seredilýän toparynyň elektrik energiýany iň köp sarp edýän çalyşygy (смена) hasap edilýär. Orta çalyşyk ýüklenme boýunça hasap ýüklenmäni kesgitleýärler, ortaýyllyk boýunça – ýyldaky elektrik energiýanyň ýitgilerini.

5. Wagtyň kesgitli aralyklarynda aktiw, reaktiw, doly kuwwatyň ýa-da kuwwatlaryny şu deňlemeden kesgitleýärler

$$\rho_{ort} = \frac{\int_0^+ p dt}{t}; \quad q_{ort} = \frac{\int_0^+ q dt}{t}. \quad (5.5)$$

Kabul edijiler toparynyň ortaça (aktiw ýa-da reaktiw) kuwwaty, şol topara girýän aýratyn kabul edijileriň ortaça kuwwatlarynyň algebriki jemini özünden emele getirýär:

$$P_{ort} = \sum_{i=1}^n \rho_{ort.i}; \quad Q_{ort} = \sum_{i=1}^n q_{ort.i}. \quad (5.6)$$

Wagtyň aralygyna baglylykda maksimal ýüklenen çalyşykda ortaça ýüklenmeleri, ortaäýlyk we ortaýyllyk ýüklenmeleri tapawutlandyrýarlar. Maksimal ýüklenen diýip, kabul edijileriň seredilýän toparynyň elektrik energiýany iň köp sarp edýän çalyşygy (смена) hasap edilýär. Orta çalyşyk ýüklenme boýunça hasap ýüklenmäni kesgitleýärler, ortaýyllyk boýunça – ýyldaky elektrik energiýanyň ýitgilerini.

Wagtyň kesgitli aralyklarynda aktiw, reaktiw, doly kuwwatyň ýa-da toguň bahalary laýyk gelýän orta bahalardan iň ýokaryny emele getirýärler. Şeýle ýüklenmeler maksimal diýilýärler. Dowamlylygyna baglylykda maksimal ýüklenmeleriň iki görnüşini tapawutlandyrýarlar:

Maksimal dowamlylykly ýüklenmeler (dowamlylygy 10, 30, 60 min we ş.m.), maksimal gysgawagtly ýüklenmeler – dowamlylygy 1-2 sek bolan aş a ýokary (pikli).

30 min tötänleý maksimal ýüklenme rugsat edilen gyzdurma boýunça hasap ýüklenme diýip kabul edilen (adaty, gysgaldylan atlandyrmasyňy ulanýarlar – hasap ýüklenme). Hasap edilen gyzdurma boýunça ýüklenme hasap aktiw  $P_h$ , kWt, reaktiw  $Q_h$ , kwar, doly  $S_h$ , kW·A, ýa-da tokly  $I_h$ , A bolup bilýär. Hasap ýüklenmäniň bahalaryny gyzdurma boýunça elektrik üpjünçilik ulgamynyň elemntlerini saýlamak we olarda kuwwatyň maksimal ýitgileriniň hasaby üçin kesgitleýärler.

Iň ýokary (pikli) ýüklenmeleri elektrodwigatelleriň öz-özünü işe berme şertleri boýunça setleri barlamak, goraýjylaryň tok wstawkalaryny saýlamak, maksimal tok gorawynyň işleme toguny hasaplamak, şeýle hem degişýän (kontakt) setlerde naprýaženiýäniň ýitgilerini bahalandyrmak we sehiň setlerinde naprýaženiýäniň üýtgemelerini barlamak üçin kesgitleýärler.

Elektrik ýüklenmeler hasap edilenlerinde, kuwwat ýa-da wagt boýunça elektrik energiýanyň kabul edijileriň iş ýagdaýlaryny häsiýetlendirýän ýüklenme grafyklaryň dürli koeffisiýentlerini ulanýarlar. Esasy koeffisiýentleriň kesgitlemelerini getireliň

Ulanýş koeffisiýenti köp kabul edijiler tarapynyň  $K_{ua}$  aktiw kuwwatynyň ulanyş koeffisiýenti, nominal kuwwata has köp ýüklenmeli çalyşykda aýratyn kabul edijiniň ( $P_{ort,k}$ ) ýa-da kabul edijiler tarapynyň ( $P_{ort,k}$ ) orta aktiw kuwwatynyň gatnaşygyny özünden emele getirýär.

$$K_{u.a} = P_{ort.m} / P_{nom};$$

$$K_{u.a} = P_{ort.m} / P_{nom} = \left( \sum_{i=1}^n K_{u.a.i} P_{nom} \right) / \left( \sum_{i=1}^n P_{nom.i} \right) \quad (5.7)$$

Dürli iş ýagdaýly kabul edijiler topary üçin  $K_{u.a}$  ulanyş koeffisiýenti şu deňleme boýunça tejribe hasaplamalar üçin ýeterlikli golaýlama bilen kesgitleýärler:

$$K_{u.a} = \left( \sum_{i=1}^n P_{ort,m,i} \right) / \left( \sum_{i=1}^n P_{nom,i} \right) \quad (5.8)$$

bu ýerde  $n$ -şol bir topara girýän dürli iş ýagdaýly kabul edijileriň toparlarynyň sany;  
 $P_{ort,m,i}$  – iň köp ýüklenmeli (işli) çalyşygyň (smenanyň) toparçasynyň ortaça kuwwaty;  
 $P_{nom,i}$  – kabul edijiler toparçasynyň nominal kuwwaty.

Şonuň ýaly edip reaktiw kuwwat boýunça ulanyş koeffisiýenti kesgitleýärler.

Forma koeffisiýenti grafiğiň  $k_{f.a}$  forma koeffisiýenti diýip kesgitli wagt aralygynda ýüklenmäniň  $P_{ort,m}$  ortaça bahasyny şol bir wagt aralygynda bir kabul edijiniň  $p_h$  ýa-da kabul edijileriň toparynyň  $p_h$  ortakwadratiki (hakyky) ýüklenmesiniň gatnaşygyna aýdylýar.

$$k_{f.a} = \rho_h / \rho_{ort,k} \quad ; \quad k_{f.a} = P_h / P_{ort,k} \quad . \quad (5.9)$$

Forma koeffisiýenti wagtdaky grafiğiň tekizsizligini häsiýetlendirýär. Üýtgemeýän ýüklenmede  $K_{f,a}=1$ .

Maksimal koeffisiýenti  $K_{m,a}$  has köp ýüklenmeli (işli) çalyşykdaky (smenadaky) ortaça ýüklenmä  $P_{ort,k}$  ýüklenmäniň hasap maksimunyna  $P_{has}$  gatnaşygyny özünden emele getirýär we adaty ýüklenmeleriň toparlaýyn grafiklerine degişli bolýar

$$k_{m.a} = \rho_{has} / \rho_{ort,k} \quad ; \quad (5.10)$$

Isleg koeffisiýenti  $K_{s,a}$  diýip hasap  $P_{has}$  (taslama şertlerinde) ýa-da sarp edilýän  $P_{sarp}$  (ulanyş şertlerinde) kuwwatyň kabul edijiler toparynyň nominal (kesgitlenen)  $P_{nom}$  ( $P_{kesg}$ ) kuwwatyna gatnaşygyna aýdylýar

$$K_{ia} = P_{has} / P_{nom} \quad ýa - da \quad K_{s,a} = P_{sarp} / P_{kesg} \quad (5.11)$$

Aktiw kuwwat boýunça maksimal dürliwagtlylyk koeffisiýenti ýüklenmeleriň maksimallarynyň dürliwagtlylyk koeffisiýenti  $K_{d,m,a}$  diýip elektrik üpjünçilik ulgamynyň böleginiň (узла) aktiw kuwwatynyň jemlenen hasap maksimalynyň  $P_{has}$  elektrik üpjünçilik ulgamynyň şol bölegini (узла) girýän aýratyn kabul edijiler toparynyň aktiw kuwwatynyň hasap maksimallarynyň jemine bolan gatnaşygyna aýdylýar.

$$K_{d,m,a} = P_{has} / \sum_{i=1}^n P_{has,i}. \quad (5.12)$$

## 5.2. Elektrik ýüklenmeleriň hasabynyň usullarynyň klasifikasiýasy

Elektrik üpjünçilik ulgamlaryny taslamanyň tejribesinde esasylyra we kömekçilere bölünýän elektrik ýüklenmeleri kesgitlemegiň dürli usullaryny ulanýarlar. Birinji topara hasaplama usullary şular girýärler:

Bellenen kuwwat we isleg koeffisiýenti boýunça: Ortaça kuwwat we ortaçadan hasap ýüklenmäniň üýtgemesi boýunça (statistiki usul); ortaça kuwwat we ýüklenme grafigiň forma koeffisiýenti boýunça; ortaça kuwwat we maksimal koeffisiýenti boýunça (tertiplenlen diagrammalar usuly.)

Ikinji topar hasap usullaryny; wagtyň kesgitlenen aralygynda önümiň çykarlyşynyň berilen göwrüminde önümiň birligine elektrik energiýanyň udel çykdaýjysy boýunça;

Önümçilik meýdanynyň birligine udel ýüklenme boýunça şol ýa-da beýleki bir usulyň ulanylmagy hasaplaryň rugsat edilen üýtgemesi (ýalňyşlygy) bilen kesgitlenýär. Has iri hasaplamalar geçirilende (aýratynlykda taslama işiniň ugrunda), bölümçäniň sehiň, korpusyň – kabul edijileriň aýratyn toparlarynyň jemlenen bellenen kuwwaty baradaky berilenlere esaslanýan usullary peýdalanýarlar. Ýekeleşýn kabul edijiler baradaky berilenleri peýdalanmakda esaslanan usullary has takyklara degişlidir. Elektrik ýüklenmeleriň hasaplamalarynyň görkezilen usullaryna seredip geçeliň we olaryň ulanylyş ýerlerini belläliň

### 5.3. Elektrik ýüklenmeleriň hasabynyň esasy usullary

#### Isleg koefisiýentiniň usuly.

Isleg koefisiýenti boýunça hasap ýüklenmeleri kesgitlemek üçin, berilen materiallary boýunça kesgitlenýän şol toparyň isleg  $K_{i,a}$  we kuwwat  $\cos \varphi$  koefisiýentlerini we kabul edijiler toparynyň bellenen kuwwatyny  $P_{nom}$  bilmek zerur.

Kabul edijileriň iş ýagdaýy boýunça birmeňzeş toparynyň hasap ýüklenmesini şu deňlemeler boýunça kesgitleýärler:

$$P_h = K_{i,a} P_{nom} ; \quad (5.13)$$

$$Q_h = P_h \operatorname{tg} \varphi ; \quad (5.14)$$

$$S_h = \sqrt{P_h^2 + Q_h^2} \quad (5.15)$$

Bu ýerde  $\cos \varphi$  - kabul edijileriň şol tarapynyň  $\cos \varphi$  laýyk gelýär.

Dürli iş ýagdaýly elektrik energiýanyň kabul edijileriniň topary bar bolan elektrik üpjünçilik ulgamynyň böleginiň hasap ýüklenmesini aýratyn toparlaryň ýüklenmesiniň maksimallarynyň dürli wagtlylygyny hasaba almak bilen kesgitlenýärler.

$$S_h = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{h,i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{h,i}\right)^2} K_{d,m} \quad (5.16)$$

Bu ýerde  $\sum_{i=1}^n P_{h,i}$  - kabul edijileriň aýratyn toparlarynyň hasap aktiw ýüklenmeleriniň jemi;  
 $\sum_{i=1}^n Q_{h,i}$  - kabul edijileriň aýratyn toparlarynyň hasap reaktiw ýüklenmeleriniň jemi;  
 $K_{d,m}$  - kabul edijileriň aýratyn toparlarynyň ýüklenmeleriniň maksimallarynyň dürli wagtlylyk koeffisiýenti.

$K_{d,m}$  bahasyny 0.9 deň edip takmynan alyp bolýar. Bu ýagdaýda elektrik üpjünçilik ulgamynyň böleginiň jemlenen hasap ýüklenmesi onuň ortaça ýüklenmesinden pes bolmaly däl.

Bellenilen kuwwat we isleg koeffisiýenti boýuça hasap güýç ýüklenmäniň kesgitlenmesi ýakynlaşdyrylan hasap usuly bolup durýar, şol sebäpden ony öňünden hasaplamalar we umumy zawod ýüklenmelrini kesgitlemek üçin ulanmagy maslahat berilýär.

### Ýüklenmeleriň statistiki hasap usuly.

Bu usul boýunça kabul toparynyň hasap ýüklenmesini iki sany integral görkezijiler bilen kesgitleýärler: şu deňlemeden ortaça ýüklenme  $P_{\text{ort}, T}$  we orta kwadratiki üýtgeме  $\tau_{\text{ort}, T}$  bilen

$$P_{h,T} = P_{\text{ort}, t} \pm \beta \tau_{\text{ort}, T}, \quad (5.17)$$

Bu ýerde  $\beta$  - seçelenmäniň kabul edilen ölçeginiň kratnosti,  $T$  indeks ululygynyň ýüklenmäniň ortalanma çäginin uzynlygyna bolan gatnaşygyny görkezýär.

Toparlaýyn grafik üçin ýeterlikde uly bolan  $m$ -de ortaça ýüklenme şuňa deň bolar.

$$P_{\text{ort}, T} = (P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_m) / m \quad (5.18)$$

Bu ýerde  $m$  – wagtyň ýeterlikli uzak aralygy üçin gurulan ýüklenmäniň toparlaýyn grafiginiň bölünen uzynlygy  $T = 3T_0$  kesikleriň sany (onuň dowamynda seredilip geçilýän tok äkidiji bölegiň gyzmagy durgunlaşan baha) ýetip bilýär;

$T_0$  - geçirijiniň gyzma wagtynyň hemişeligi;

Ýüklenmeleriň toparlaýyn grafigi бүin ortakkwadratiki üýtgeме şu deňleme boýunça kesgitlenýär.

$$\tau_{\text{ort}, T} = \sqrt{(P_1 - P_{\text{ort}, T})^2 + (P_2 - P_{\text{ort}, T})^2 + \dots + (P_m - P_{\text{ort}, T})^2} / m$$

Kabul edijileriň islendik toparynyň ortaça ýüklenmesi  $P_{h,T}$ -dan ýokary bolmagynyň ähtimallygy san bahalary [4] görkezilen  $B_{\text{ort}}(\rho)$  funksiýa bilen kesgitlenýär.

Statistiki usul onuň ýüze çykmagynyň islendik kabul edilen ähtimallyk bilen hasap ýüklenmäni kesgitlemäge



mämkinçilik berýär. Bu usulyň ulanylmagy 1 kW çenli neprýaženiýeli elektrik energiýanyň kabul edijileriň bölünmeleri we aýratyn toparlary boýunça ýüklenmeleri kesgitlemek üçin maksadalaýyk.

Hasap ýüklenmäniň orta kuwwat we forma koeffisiýenti boýunça kesgitlenişi. Usulyň esasynda hasap we ortakwadratiki ýüklenmeleriň deňligi ýatyr. Gaýtalanma gysga wagtly iş ýagdaýynda kabul edijiler topary üçin hem amatly- dyr, haçan-da toparda kabul edijileriň sany ýeterlikli uly bolanda we ýüklenmeleriň endygan toparlaýyn grafigini üýtgetmäge ukyply kuwwatly kabul edijileri ýok bolanlarynda.

Bu usul haçan-da forma koeffisiýentiniň bahalary 1-1.2 ýüklerinde bolanlarynda sehiň şina simleriniş, sehiň transformator aralyk stansiýalarynyň pes neprýaženiýeli şina simlerde 10 kW neprýaženiýeli paýlaýjy gurnamanyň şina simlerinde sap ýüklenmeleri kesgitlemek üçin ulanyp bilinýär. Kabul edijiler ulanylyp bilinýär. Kabul edijiler toparynyň hasap ýüklenmesini şu deňlemelerden kesgitlenýärler

$$P_n = K_{f,a} P_{ort,m}; \quad (2.19)$$

$$Q_h = K_{f,a} Q_{ort,m} \quad \text{ýa-da} \quad Q_h = P_{h,tg,\varphi} \quad (5.20)$$

Bu ýerde  $Q_{ort,m} = P_{h,tg,\varphi}$

$K_{f,a}$  aktiw forma koeffisiýentiniň bahalary az üýtgeýän önümçilikli zawodlar we sehler üçin ýeterlikli durnukly. şol sebäpden taslamada forma koeffisiýentini meňzeş tehnologiýasy hereket edýän kärhanalar üçin alynan barlag berilenleri boýunça kabul edýärler. Barlag berilenleri bolmadyk ýagdaýynda  $K_{f,a} = 1.1, 1.2$  kabul edip bilýärler. Bu ýagdaýda iş pes bahalar elektrik üpjünçilik ulgamynyň ýokary basgançaklaryna laýyk gelýärler.

Hasap ýüklenmäni forma koeffisiýenti boýunça kesgitlemek üçin  $P_{ort,m}$  we

$Q_{ort,m}$  has köp işi bolan çalyşykdaýy smenadaky ortaça ýüklenmäni şu usullaryň islendigi bilen kesgitlenýärler: kesgitlenen kuwwat we ulanyş koeffisiýenti boýunça çalyşykdaýy smenadaky öndürilýän önümiň mukdary we önümiň mukdary we önümiň birligine elektrik energiýanyň udel çykdaýjysy boýunça ulanyş şertlerinde aktiw we reaktiw energiýanyň hasap şýotçikleriniň görkezijileri boýunça.

#### Tertipleňdirilen diagrammalar usuly.

Bu usul boýunça iýmitlendiriji we paýlaýjy setleriş şol sanda transformatorlar we özgerdijiler hemme basgançaklaryndaky elektrik energiýanyň kabul edijileriniň hasap ýüklenmesini ortaça kuwwat we maksimal koeffisiýenti boýunça şu deňlemenden kesgitlenýärler.

$$P_h = K_{k,a} \cdot P_{ort,m} = K_{m,a} \cdot K_{m,a} \sum_{i=1}^n P_{nom,i} \quad (5.21)$$

Maksimal koeffisiýentiň bahasy kabul edijileriň pedaly sanyna  $n_{peý}$  we şol kabul edijileriniň toparynyň ulanyş koeffisiýentine  $K_{u,a}$  bagly. Kabul edijileriň iş ýagdaýy we nominal kuwwaty boýunça dürli bolan toparyň kabul edijileriniň pedaly sany diýip, kabul edijileriň iş ýagdaýy we nominal kuwwaty boýunça dürli bolan seredilip geçilýän topar ýaly hasap ýüklenmäni şertlendirýän birmeňzeş kuwwatly kabul edijileriň iş ýagdaýy boýunça bir görnüşli sana düşünilýär.

$$\left( n_{peý} = \left( \sum_{i=1}^n P_{nom,i} \right)^2 / \sum_{i=1}^n P_{nom,i}^2 \right)$$

Maksimal koeffisiýenti [2] görkezilen tablisa ýa-da egriler boýunça kesgitläp bolýar.

Hasap reaktiw ýüklenmäni bu usul boýunça şuna deň diýip kabul edýärler.

Eger-de  $n_{peý} \leq 10$  bolsa  $Q_h = 1.1 Q_{ort,m}$ ;

Eger-de  $n_{peý} > 10$  bolsa  $Q_h = Q_{ort,m}$ ;

Tertiple]dirilen diagramma usulynda 10% deň bolan inžener hasaplamalar üçin rugsat edilen üýtgeме kabul edilendir. Emma tejribelikde bu usulyň ulanylmagy 20-40% üýtgemegi şertlendirýär we şonuň üçin onuň ulanylmagy başlangyç berilenleri we hasaplamalaryň netijelerini jikme-jik barlanylmagyny talap edýär. Bu usul ulanylanda [2] seredilip geçilen we 7-nji bölümde düşündiriji mysallaryň birnäçe meýilleşdirmelerini kabul edýärler.

#### **5.4. Elektrik ýüklenmeleriň hasaplamalarynyň kömekçi usullary**

Önüm birligine elektrik energiýanyň udel çykdaýjysynyň usuly.

Elektrik energiýanyň birnäçe kabul edijileri üýtgeмеýän ýa-da az üýtgeмеýän ýüklenmeler grafiklary bilen häsiýetlenýärler. Şeýle elektrik kabul edililere wentilýatoryň, suw soryjylanyň, elektroliz gurnamalaryň özgerdiji abzallarynyň, garşylyk peçleriniň elektrik kabul edijileri, kagyz we himiki senagatynyň, akymalaryň ulag ulgamlarynyň elektrik kabul edijileri degişlidir. Wagт boýunça üýtgeмеýän ýa-da üýtgeмеýän şuklenmeli kabul edijileri üçin hasap ýüklenme has köp işli çalyşykdaкy smenadaky ortaça bilen gabat gelyän we kesgitlenen wagт aralygynda önümi çykarmagyň berilen göwrümünde önüm birliginde elektrik energiýanyň udel çykdaýjysy boýunça kesgitlenip biliner.

$$P_h = P_{ort,m} = (\mathfrak{E}_{ud} N_{\zeta}) / T_{s,m} \quad (5.22)$$

Bu ýerde:  $\mathfrak{E}_{ud}$  - önüm birliginde elektrik energiýanyň udel çykdaýjysy, kWt sag;

$N_{\zeta}$ - bir ýalyňykda (smenada) öndürilýän önümiň mukdary (ýalyňykda (smenada) gurnamanyň öndürilijiligi);

$T_{s,m}$ -has köp işli çalyşygyň dowamlylygy, sag.

Sehiň öndürýän önüminiň  $N_{ýyl}$  ýylylyk göwrümünde (bütinleý kärhananyň) we hakyky (natural) görkezmede  $\mathfrak{E}_{ud}$  önümi birliginde elektrik energiýanyň udel çykdaýjylary barada barlygynda hasap ýüklenmäni şu deňleme boýunça kesgitlenýärler

$$P_h = (\mathfrak{E}_{ud} N_{ýyl}) / T_{max,s} \quad (5.23)$$

Bu ýerde:  $T_{max,s}$ - sehiň aktiw ýüklenmesiniň maksimumynyň sarp edilmesiniň sarp edilmesiniň sagatlarynyň sany (pudaklaýyn düşündirmeler (инструкция) we sorag-jogap (справочн.) berilenler boýunça abul edilýär).

Eger-de aýratyn tehnologiýa abzallar boýunça  $\mathfrak{E}_{ud,i}$  elektrik energiýanyň udel çykdaýjylary barada berilenler belli bolsa, onda hasap ýüklenmäni (нагрузка), şu indiki görkezilenlerden kesgitlenýärler:

$$P_s = \left( \sum_{i=1}^n \mathfrak{E}_{ud,i} N_{ýyl,i} \right) / T_{max,s} + P_{h,u,s} \quad (5.24)$$

Bütinleý zawod boýunça elektrik kabul edijileri iş köp (ýüklenmeli) çalyşykda

$$P_{h,z} = \left( \sum_{i=1}^n P_{h,s,i} + P_{h,u,z} \right) R_{h,m,a} \quad (5.25)$$

Bu ýerde  $\mathfrak{D}_{ud,i}$ ,  $N_{ýyl,i}$  - aýratyn abzallar boýunça elektrik energiýanyň çykdaýjylary;

$P_{h,u,s}$  we  $P_{h,u,z}$  - laýyklykda umumy seh we umumy zawod elektrik kabul edijileriň köp (ýüklenmeli) çalyşykdaky hasap ýüklenmeler, olar iş grafigi we olaryň ýagdaýyna baglylykda kesgitlenýärler;

n- sehiň abzallarynyň sany;

m- zawodyň sehleriniň sany.

Önümçilik meýdanyň birligine udel ýüklenme ululygy, sehiň meýdany boýunça endigan (deňlikde) ýerleşdirilen kiçi we orta kuwwatly kabul edijileriň uly sany bilen häsiýetlenýän maşyngurluşygynyň uniwersal setleri taslananda ulanýarlar. Uniwersal setleri magistral şina simler bilen ýerine ýetirýärler we tehnologi enjamlaryň mümkin bolan hereketlenmelerini (süýşmelerini) hasaba almak bilen ýerleşdirýärler.

Kabul edijiler toparynyň hasap ýüklenmesini şu deňleme boýunça kesgitlenýärler

$$P_h = P_{ud} F \quad (5.26)$$

Bu ýerde  $P_{ud}$  - 1m2 önümçilik meýdanynyň udel hasap kuwwaty, kWt / m2;

F- toparyň kabul edijileriniň ñerleňidilme meýdany, m2.

Udel ýüklenmäni statitiki berilenler boýunça kesgitlenýärler. Onuň bahasy magistral şina simleriň

hyzmat edýän sehinîň meýdanyna, önümçiligiň görnüşini bagly, we  $0.06 - 0.6 \text{ kWt/ m}^2$  aralygynda üýtgeýär.

Seredilip geçilýän hasaplama usulynyň görnüşleriniň tehniki-ykdysady deňeşdirmesiniň taslamanyň hasap ýüklenmesini kesgitlemek üçin ulanmak maksada laýyk.

### **5.5. Bir fazaly kabul edijileri hasaba almak bilen hasap ýüklenmelerini kesgitlemek**

Senagat kärhanalarda üç fazaly elektrik energiýanyň kabul edijileri bilen bilelikde, fazaly ýa-da liniýa naprýaženiýe birikdirilýän bir fazaly toguň gozganmaýan (göçmeýän) we göçýän kabul edijileriniň hem ýerleri bar. Taslamada bir fazaly kabul edijileriň kuwwatlaryny üç fazaly setiş fazalry boýunça deň paňlamaga ymtylňarlar. Emma bu, hemişe mňmkin bolmaňar. Eger-de fazalar boýunça deň paýlanylma galan jemlenen nominal kuwwat elektrik üpjünçilik ulgamynyň umumy ýüklenme bölüminden (fazalar boýunça deň ýerleşdirilen üç fazaly we bir fazaly kabul edijileriň umumy kuwwatyndan) 15% ýokary bolmasa, onda bir fazaly kabul edijileriň fazalary boýunça paýlanmasy deň ýerine ýetirilen diýip, hasap edilýär. Eger-de deň dälilik 15% ýokary bolsa, onda deň paýlanmadyk kabul edijileriň şertli üç fazaly şertli üç fazaly nominal kuwwatyny  $P_{\text{nom},\text{ş}}$  dörtden az bolsa, onda ýöenekeýleşdirilen usullar bilen kesgitlenýärler:

Bir fazaly kabul edijiler fazaly naprýaženiýalar  $P_{\text{nom},\text{ş}}$  birikdirilende maksimal ýüklenen fazanyň nominal kuwwatynyň  $P_{\text{nom},k,f}$  üç esse bahasyna deň kabul edýärler.

$$P_{\text{nom},\text{ş}} = 3 P_{\text{nom},k,f} \quad (5.27)$$

Bir fazaly kabul edijiler liniýaly napýraženiýä birikdirilende şertli üç fazaly nominal kuwwaty şeýle kesgitlenilýär:

a) bir kabul edijide

$$P_{nom,\varphi} = \sqrt{3} P_{nom,l} \quad (5.28)$$

Bu ýerde  $P_{nom,l}$  - kabul edijilerini nominal kuwwaty;

b) üç fazaly setiň dürli liniýaly napýraženiýelerine birikdirilen iki-üç kabul edijilerde;

$$P_{nom,\varphi} = 3 P_{nom,l} \quad (5.29)$$

Bu ýerde  $P_{nom,l}$  - has köp ýüklenen fazanyň kabul edijilerini nominal kuwwaty;

Eger-de fazalar boýunça deň paýlanmadyk bir fazaly sany dördten köp bolsa, onda şertli üç fazaly nominal kuwwaty has köp ýüklenen fazanyň nominal kuwwatynyň üç esse (üçlendirile) bahasy ýaly edip kesgitleýärler. Bu ýagdaýda has köp ýüklenmeli faza diýip, bir fazaly kabul edijilerden has uly orta ýüklenmesi bolan fazany hasap edýärler. Haçan-da kabul edijileriň bir bölegi faala, beýleki bir bölegi bolsa liniýaly napýraženiýä birikdirilen bolanda bir fazaly kabul edijileriň garyşyk her fazanyň ortaça ýüklenmesini getirilen koeffisiýentleriniň kömegi bilen fazaly napýraženiýä we şol faza getirilen liniýaly napýraženiýä birikdirilen bir fazaly ýüklenmeleriň we şol fazanyň (faza-nol) bir fazaly ýüklenmeleriniň goşulmaklary bilen kesgitleýärler.

Elektrik energiýanyň bir fazaly we üçfazaly kabul edijileriniň üçfazaly sete bilelikde işlemeginde elektrik

üpjünçilik ulgamynyň böleginiň hasap ýüklenmesini şu deňlemeler boýunça kesgitleýärler:

$$P_{h.uz} = K_{m.a} \left( \sum_{i=1}^{n_1} P_{ort,k,i} + \sum_{i=1}^{n_2} P_{ort,k,i} \right) + \sum_{i=1}^{m_1} P_{ort,k,i} + \sum_{i=1}^{m_2} P_{ort,k,\$ ,i} \quad (5.30)$$

Kabul edijileriň peýdaly sany  $n_{peý} \leq 10$  bolanda

$$Q_{uz} = 1,1 \left( \sum_{i=1}^{n_1} Q_{ort,k,i} + \sum_{i=1}^{n_2} Q_{ort,k,\$ ,i} \right) + \sum_{i=1}^{m_1} Q_{ort,k,i} + \sum_{i=1}^{m_2} Q_{ort,m,\$ ,i} \quad (5.31)$$

Kabul edijileriň peýdaly sany  $n_{peý} > 10$  bolanda

$$Q_{uz} = \sum_{i=1}^{n_1} Q_{ort,k,i} + \sum_{i=1}^{n_2} Q_{ort,k,i} + \sum_{i=1}^{m_1} Q_{ort,k,i} + \sum_{i=1}^{m_2} Q_{ort,k,\$ ,i} \quad (5.32)$$

Bu ýerde:  $n_1$ ,  $m_1$  -üýtgeýän we hemişelik diýen ýaly ýüklenmede grafikli üç

fazaly toguň kabul edijileriniň sany;

$n_2$ ,  $m_2$  - üýtgeýän we hemişelik diýen ýaly ýüklenmeler grafikli

bir fazaly toguň kabul edijileriniň sany.

## 5.6. Pik ýüklenmeleri

Elektrik üpjünçilik ulgmlaryny taslananda pik ýüklenme hökmünde pik toga seredip geçýärler.

Yza galýan tokda işleýän kabul edijiler toparynyň pik toguny, işe goýberiji togy blan dwigateleriniň hasap toguny hasaplamak (tapmak) bilen kabul edijileriň bütin toparynyň hasap togunyň we topara girýän dwigatelleriň işe goýberiji toklarynyň in uly arifmetiki goşulmasy (jemi) ýaly kesgitleýärler:



$$I_{pik} = i_{ig.\max} + (I_h - R_{ul,a} i_{nom.\max}) \quad (5.33)$$

Bu ýerde  $i_{ig.\max}$  -pasport berilenleri boýunça kesgitlenýän kabul edijiler toparynyň dwigatelleriniň işe goýberiji toklarynyň in ulusy;  
 $I_h$ -kabul edijiler toparynyň hasap togy;  
 $R_{ul.a}$ -in uly işe goýberiji togy bolan dwigatel üçin häsiýetli ulanyş koeffisiýenti;  
 $i_{nom.\max}$  - in uly işe goýberiş tokly dwigateliň (DB=1 getirilen) nominal togy.

Eger-de elektrik energiýanyň kabul edijileriniň sany toparda köp bolmasa we olaryň bellenen kuwwatlary biri-birinden ep-esli tapawutlanýan bolsalar, onda bu toparda kuwwatly sinhron dwigatelleriň bar bolmagynda pik togy şu deňleme boýunça kesgitleýärler.

$$I_{pik} = i_{ig.\max} + \sqrt{\frac{(P_{ort,m} - p_{ort,m})^2 + (Q_{ort,m} - q_{ort,m})^2}{3U_{nom}}} K_m \quad (5.34)$$

Bu ýerde  $P_{ort,m}$ ,  $Q_{ort,m}$  - laýyklykda in köp işli çalyşykdaýy seredilip geçilöän toparyň kabul edijileriniň ortaça aktiw we reaktiw ýüklenmeleri;  
 $p_{ort,m}$ ,  $q_{ort,m}$  - in köp işli çalyşykdaýy işe goýberilýän dwigateliň ortaça ýüklenmeleri;  
 $K_m$ -işe goýberilýän dwigatelden başga kabul edijiler topary üçin maksimal koeffisiýenti, ol bütün topar üçin tapylyp alynan aktiw kuwwat boýunça maksimal koeffisiýente deň kabul edilip biliner.

Dİne maşynyň pasport berilenleriniň bar bolmagynda kontaktly kebşirleme bir fazaly maşynlaryň toparynyň hasap pik toguny şu deňleme boýunça kesgitläp bolýar.

$$I_{pik} = 0.865 R_{y,ort} DB_{h,ort} \sum_{i=1}^n I_{pasi} + \beta \sqrt{DB_{h,ort}(1 - DB_{h,ort}) \sum_{i=1}^n I_{pasi}^2 k_{y,ort}} \quad (5.35)$$

maşynlaryň işe goýberilmesiniň ortaça hakyky dowamlylygy, birikdirilmegi;

$$DB_h \% = \frac{t_i mN}{3600} 100 ; \quad t_i - \text{bir nokady kebşirlemeginiň}$$

wagty;

m-bir kebşirlem edilýän nokatlaryň sany;

N-bir sagatda edilýän bölekleriň (detallaryň) sany;

n- toparda maşynlaryň sany;

$I_{pes,i}$  - i-nji maşynyň pasport togy;

$R_{y,ort}$  - kebşirleýji maşyn üçin ýüklenme koeffisiýentiniň ortaça bahasy;

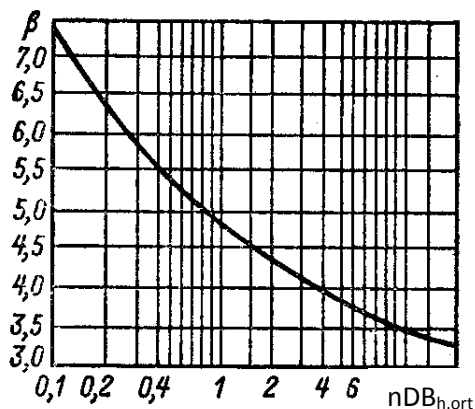
$\beta$ -n  $DB_{h,ort}$  baglylykda 5.1-nji çyzgyda egrisi koeffisiýent, eger-de  $n \geq 4$  we  $DB_h \leq 0,1$  bolsa;

$DB_{h,ort} > 0,2$  we  $n \geq 10$   $\beta$  bolanda edýärler.

Bir kabul edijiniň iň uly togy hökmünde: dwigateller üçin işe goýberiji togy, peç we kebşirleýji transformatorlar üçin pik togy kabul edýärler, olary pasport berilenleri boýunça kabul edýärler. Pasport berilenleri bolmadyk ýagdaýynda sinhron dwigatelleriň we gysga utgaşan rotorly asinhron dwigatelleriň işe goýberiş toguny 5 esse nominal toga deň edip kabul edýärler, fazaly rotorly asinhron dwigatelleriň we goýberiş toguny – 2 2.5 esse nominala deň, peç we kebşirleýji transformatorlaryň pik toguny nominalyň 3 essesinden az däl edip kabul edýärler.

Dwigateller toparynyň öz-özünden işe goýberilmesinde işe goýberme tok hökmünde şol

dwigatelleriň işe goýberme toklarynyň jemini kabul edýärler.



5.1-nji çyzgy.  $nDB_h$  funksiýada  $\beta$  -ny kesgitlemek üçin egri.

### 5.7. Elektrik üpjünçilik ulgamynyň dürli basgançaklarynda hasap elektrik ýüklenmeleri kesgitlemek

Senagat kärhananyň elektrik üpjünçilik ulgamynda elektrik ýüklenmeleriň kesgitlenilişi elektrik energiýanyň kabul edijileriniň birleşdirilme häsiýetli ýerleri üçin ýerine ýetirýärler. Bu ýagdaýda 1 kW çenli we ýokary naprýaženiýeli setleri aýratyn sersdip geçýärler.

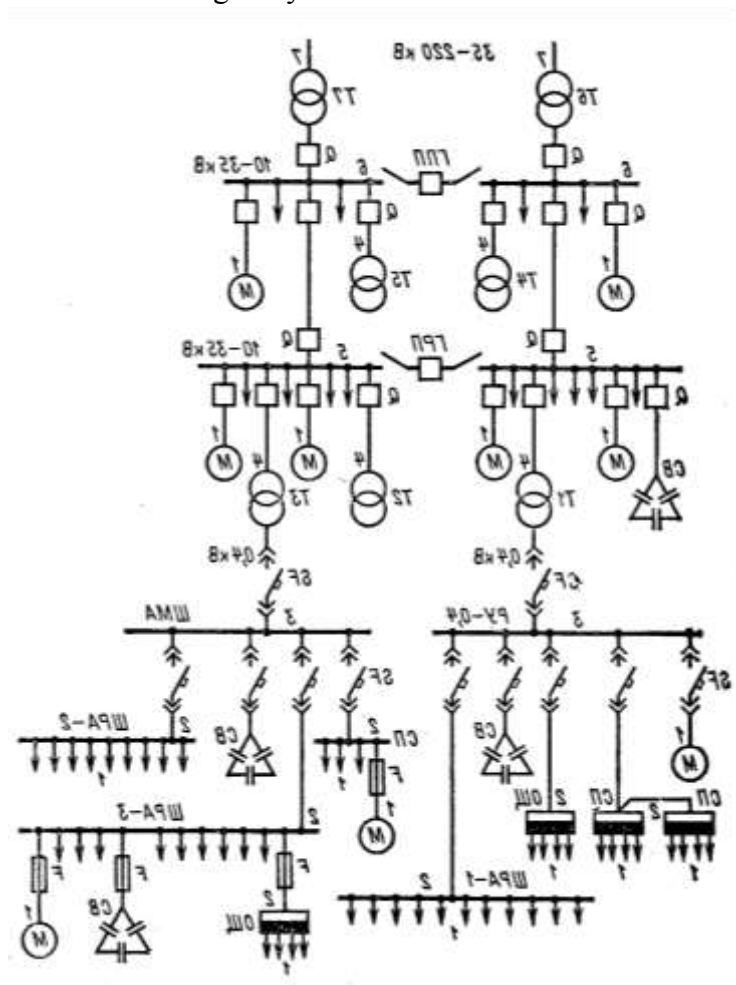
5.2-nji çyzgyda kärhananyň elektrik üpjünçiliginiň umumulaşdyrylan shemasy görkezilen. Pes basgançaklardan ýokarybara geçýän, sanlar bilen shemada bellenen nokatlaryndaky ýüklenmeleriň kesgitlenişleriniň aýratynlyklaryna seredip geçeliň.

1. Elektrik energiýanyň bir kabul ediji bilen döredilýän hasap ýüklenmäni, kabul edijiniň nominal

kuwwatyna deň edip kabul edýärler. Bu ýüklenme boýunça iýmitlendiriji liniýanyň kese-kesigini we kommutasion-goraw apparatlary saýlaýarlar.

2. Kabul edijiler toparý bilen döredilýän hasap ýüklenmäni, ýagtylandyryjy ýüklenmäni we kompensirleýji gurnamalaryň bellenen kuwwatyny hasaba almak bilen kabul edilen hasap usuly boýunça kesgitleýärler.

Mysal üçin ШПА-3 üçin  $S_{h2}$  doly hasap kuwwat şu deňlemeden kesgitlenýär.



5.2-nji çyzgy. Kärhananyň elektrik üpjünçilginiň shemasy.

$$S_{h2} = \sqrt{(P_{h2} + P_{h.y})^2 + (Q_{h2} + Q_{h.y} - Q_{k.g})^2} \quad (5.36)$$

Bu ýerde:  $P_{h2}$ ,  $P_{h1y}$ - laýyklykda güýç sarp edijileriň we  
yşyklandyryjy gurnamalaryň hasap akyw  
kuwwaty.  
 $Q_{h2}$ ,  $Q_{h1v}$ - güýç sarp edijileriň we  
yşyklandyryjy gurnamalaryň hasap reaktiw  
kuwwaty.  
 $Q_{k.g}$ -kompensirleýji gurnamanyň bellenilen  
kuwwaty.

Kabul edjiler toparynyň döredýän ýüklenmesini kesgitlemeklik kabul edijiler toparyny iýmitlendirýän liniýanyň kese-kesigini we kommutasion-goraw apparatyny saýlamak üçin talap edilýär.

**3.** Seh transformator podstanssiýasynda (TP) pes naprýaženiýe ýüklenme hökmünde, in köp işi bolan çalyşykda  $S_{otr.k}$  ortaça peýdalanylýan kuwwaty kabul edýärler we diňe aýratyn ýagdaýlarda-kerç (birden) üýtgeýän ýüklenme grafiginde we laýyk gelýän esaslanmalarda hasap ýüklenme hökmünde ýarymsagatlyk maksimaly  $S_h$  kabul edip bolýar. Bu ýüklenme boýunça seh transformatorynyň kuwwatyny we sanyny, seh transformator podstanssiýasynyň şina simleriniň kese-kesigini pes naprýaženiýeli tarapda kommutasion-goraw apparatlaryny saýlaýarlar.

**4.** Seh transformator podstanssiýasynda ýoraky naprýaženiýeli tarapynda hasap ýüklenmäni şu deňleme boýunça kesgitleýärler.

$$S_{h4} = \sqrt{(P_{ort,k3} + \Delta P_T)^2 + (Q_{ort,k3} + \Delta Q_T)^2} \quad (5.37)$$

Bu ýerde  $P_{ort,k3}$ ,  $Q_{ort,k3}$ - seh transformatorynyň podstansiýasynda pes naprýaženiýeli köp işli çalyşykdaky ortaça aktiw we reaktiw kuwwaty.

$\Delta P_t$ ,  $\Delta Q_t$  – seh transformatorynda aktiw we reaktiw kuwwatyň ýitgileri belli bolmanda,  $\Delta P_T = 0,02 S_{ort,ký}$ ;  $\Delta Q = 0,1 S_{ort,ký}$ ;

$$S_{ort,ký} = \sqrt{P_{ort,ký}^2 + Q_{ort,ký}^2} \text{ kabul edip bolýar;}$$

$S_{h4}$  - kuwwat boýunça seh transformator podstansiýasyny iýmitlendiriji liniýalaryň kese-kesigini we şol liniýalaryň kommutasion-goraw apparatyny saýlaýarlar.

**5.** Baş paýlaýjy punktunyň iýmitlendiriji liniýalaryň şina simleriň kese-kesigini baş peseldiji podstansiýasy kommutasion-goraw apparatyny saýlamak üçin baş peseldiji podstansiýanyň şina simleriniň her seksiýasyndaky ýüklenmäni kesgitleýärler.

Doly hasap kuwwaty, sehleriň hasap aktiw we reaktiw ýüklenmeleri boýunça kesgitleýärler, şol sanda 1 kW-dan ýokary naprýaženiýeli güýç kabul edijiniň hasap kuwwatyny, zawodyň töwregini ýşyklandyrmaga ulanylýan hasap kuwwaty we kompensirleýji gurnamalaryň bellenilen kuwwaty. Baş paýlaýjy punktynyň şina simlerinde hasap aktiw kuwwaty şu deňleme boýunça kesgitlenýärler.

$$S_{h5} = (\sum P_{h4} + \sum P_{h,g5}) K_{dw,m} + P_{h,t,y} + \Delta P \quad (5.37)$$

Bu ýerde  $\sum P_{h,g5}$  - boş peseldiji podstaniýanyň şina simlerinde iymitlenme alýan bir kilowatdan ýokary naprýaženiýeli güýç kabul edijileriň jemlenen hasap kuwwaty;

$P_{h,t,y}$  - boş paýlaýjy punktynyň şinalaryndan zawodyň töweregini yşklandyrmaga ulanylyan hasap kuwwaty,  $\Delta P_{k,g} = \Delta P_{ud} Q_{k,g5}$ ;

$\Delta P_{k,g}$  -bir kilowatdan ýokary naprýaženiýeli kompensirleýji gurnamalarda (KG) aktiw kuwatyn ýitgileri;

$Q_{k,g5}$  - boş paýlaýjy punktynyň sine simlerinde KG-nyň bellenen kuwwaty;

$\Delta P_{ud}$  - KG-da aktiw kuwwatyň udel ýitgileri;

$K_{dw,m}$ -güýç kuwwatyň maksimallary dürli wagtlylyk koeffisiýenti.

Boş paýlaýjy punktynyň şina simlerinde hasap reaktiw kuwwaty şu deňlemelerden kesgitlenilýar.

$$Q_{h5} = (\sum Q_{h4} + \sum Q_{h,g5}) K_{dw,m} + Q_{h,t,y} + \Delta Q_{k,g5} \quad (5.38)$$

Bu ýerde  $\sum Q_{h,g5}$  - boş paýlaýjy punktynyň şina simlerinde iymitlendirme alnan güýç kabul ediljilere jemlenen hasap reaktiw kuwwat;

$Q_{h,t,y}$  - zawodyň töweregi ýagtylandyrmak ulanylyan hasap reaktiw kuwwat;

Boş paýlaýjy punktynyň şina simlerinde doly hasap kuwwat şeýle bolýar:

$$S_{h5} = \sqrt{P_{h5}^2 + Q_{h5}^2} \quad (5.38)$$

$S_{h5}$  hasap kuwwat boýunça boş paýlaýjy punktynyň liniýalary ýymitlendiriji kese-kesigi (seçeniýe) boş paýlaýjy punktynyň şina simleriniň kese kesiginiň kesgitleýär we ýymitlendiriji liniýalaryň kommutassion gorag apparatyny saýlaýarlar.

6. Boş paýlaýjy punktynyň şina simlerinde hasap ýüklenmäni  $K_{dw1n1}$  ýüklenmeleriň maksimalynyň dürli wagtlaýyn koefisiýentini hasaba almak bilen  $\sum S_{h6,i}^I$  aýrylýan liniýalaryň hasap ýüklenmeleriň bahasy boýunça kesgitleýärler.

$$S_{h6} = \sum S'_{h6,i} K_{dw,m} \quad (5.39)$$

Bu ýüklenmäniň bahasy boş peseldiji podstansiýanyň transformatoryň kuwwatyny we sanyny we boş peseldiji podstansiýanyň kommutasion goraw apparatyny saýlamak üçin zerurdyr.

7. Ýymitlendiriji boş peseldiji podstansiýalar liniýalaryň kese-kesikleriň saýlamagy boş peseldiji podstansiýanyň ýokary naprýaženiýeli tarapynda kesgitlenýän  $S_{h7}$  hasap kuwwat boýunça ýerine ýetirilýär.

$$S_{h7} = \sqrt{(P_{h6} + \Delta P_T)^2 + (Q_{h6} + \Delta Q_T)^2} \quad (5.40)$$

Bu ýerde  $\Delta P_T, \Delta Q_T$  - boş peseldiji podstansiýanyň transformatorynda aktiw we reaktiw kuwwatyň ýitgileri.



## **A L T Y N J Y B A P**

### **ULGAMLARYŇ DAŞKY ELEKTRIK ÜPJÜNÇİLIGI**

#### **6.1. Kärhananyň elektrik üpjünçilik shemasyny saýlamak**

Kärhananyň elektrik üpjünçilik shemasy taslananda ygtybarlyk we tygşylylyk bilen bilelikde kärhananyň çäklerinde ýüklenmeleriň ýerleşmesiniň häsiýeti peýdalanylýan kuwwat, hususy iýmitlendirme çeşmesiniň barlygy ýaly talaplary hasaba almak zerur.

Elektrik energiýanyň kabul edijileriniň bellenen kuwwatyna baglylykda uly (75-100 MWt we ýokary), orta (5-7.5-dan 75 MWt çenli) we pes (5MWt çenli) kuwwatly obýektleri tapawutlanýarlar. Pes we orta kuwwatly kärhanalar üçin, düzgün bolşy ýaly elektrik energiýanyň bir kabul edijilikli punktly elektrik (baş peseldiji podstansiýa, boş paýlaýjy punkty, paýlaýjy punkt) üpjünçilik shemasyny ulanýarlar. Eger-de 1-nji derejeli (1-kategoriýanyň) sarp edijileri bar bolsa, onda kabul ediji punktyň şina simleriniň seksýalaşdyrylmagyny (bölümlere bölünmegini) we her seksiýanyň aýratyn liniýa boýunça iýmitlendirmegini göz önünde tutýarlar.

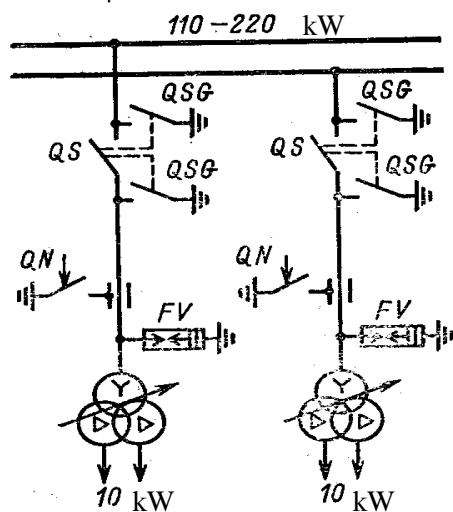
Iki we ondan köp kabul ediji punktly shemalary, elektrik energiýanyň kabul edijileriniň kuwwatly esasyndyrylan toparlarynyň barlygynda, kärhananyň bölümleýin ösmegide, haçanda ikinji nobatyň iýmitlenmesini elektrik energiýanyň aýratyn kabul ediji nokadyndan ýerine ýetirmek maksada laýyk bolanda, şeýle

hem haçanda kabul ediji nokatlar paýlaýjy punktyň funksiýalary bir wagtyň özünde ýerine ýetirlende we olaryň gurnalyslary ykdysady maksada laýyk bolan ýagdaýlarda 1-derejeli (katigoriýaly) sarp edijileriň aglabaly uly kuwwatly kärhanalarynda ulananylýar.

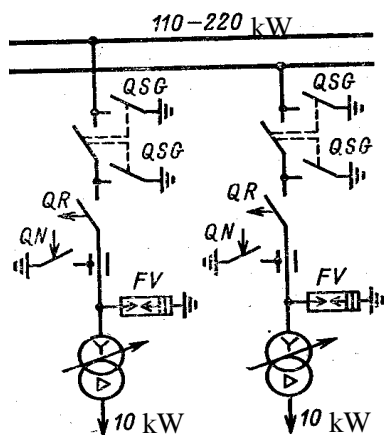
Etrap (raýon) setlerinde 35,110, 220 we 330 kW naprýaženiýeli iýmitlenme alýan, ortaça we uly kuwwatly kärhanalar üçin çuň düýpli girizme shemany giňden ulanylýar. Şeýle shema, ýokary naprýaženiýäniň apparatlaryň we aralyk transformasiýanyň minimal sanly basgançakly sarp edijileriň elektrik gurnamalaryna maksimal mümkin bolan golaýlaşmasy bilen häsiýetlenýär.

Çuň (düýpli) girizme liniýalary kärhananyň çäginde geçýär we olar bilen iýmitlenýän ýüklenmelerden golaýda ýerleşen çuň (düýpli) girizme potstansiýalaryň (GGP) birnäçesine şahalanmalary bar bolýar. Adaty GP-lary ýönekeý shema boýunça ýerine ýetirýärler: ýokary naprýaženiýe tarapynda ýygnama şina kemsiz we öçürjilersiz.

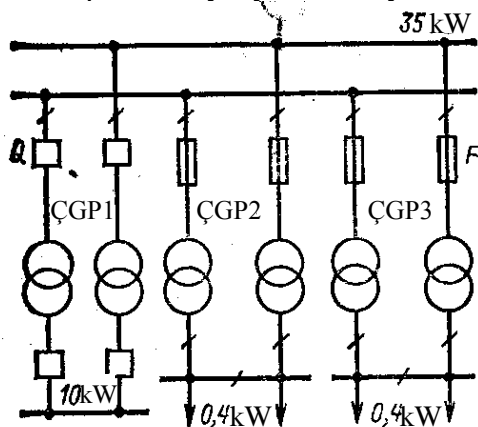
Has arzanlary aýryjy (otdelitel) we gysga utgaşdyryjyly shemalar bolup durýarlar. şeýle shemalarda elektrik energiýanyň paýlanmasy GP 10kW ikilenji naprýaženiýäniň paýlaýjy gurnamasynda amala aşyrylýar.



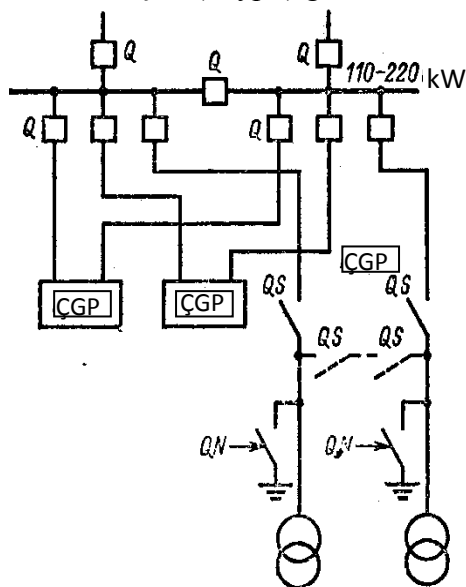
6.1-nji ңызгы. Аýырыjы we gysga utgaşdyryjyly podstansiýanyň shemasy.



6.2-nji çyzgy. Aýryjy üzňeleýjili we gysga utgaşdyrjyly podstansiýanyň shemasy.



6.3-nji çyzgy. Radiýal howa liniýalar bilen ýerne ýetirilen çuň (düýpli) girizme.



#### 6.4-nji çyzgy. Radiýal howa liniýalar bilen ýerine ýetirilen çuň (düýpli) girizme.

Çuň (düýpli ) girizmeleri magistral howa liniýalar görnüşinde we radial howa we kabel liniýalar görnüşde ýerine ýetirýärler.

Magistral çuň girizmeleri ýönekeý (normal) we az hapalan daşymyzy gurşap alýan sredada ulanylýar, haçanda kärhananyň çäginde 110-220 kW naprýaženiýeli howa liniýalary geçirip bolanda we çuň girizme podstantsiýalary elektrik energiýanyň sarp edijileriniň esasy toparlarynyň ýanynda ýerleşdirip bolanda.

Radial çuň girizmeleri düzgün boluşy hapalanan töweregimizi gurşap alýan sredada ulanýarlar. Kabel radial girizmeleri has uly şahalandyrmalary 110-220 kW naprýaženiýeli podstantsiýalaryň ýerleşdirilmesinde we howa liniýalary geçirmek mümkin bolmanda ulanýarlar. Çuň girizmeleriň radial shemalary magistrallar bilen deňeşdireniňde, ullanmakda rahatlygy we maýyşgaklygy bar, sebäbi bir liniýanyň ýa-da transformatoryň bozulmagy ýa-da bejerilmegi beýleki podstantsiýalaryň işlemeginde bildirmeýär.

Maksimal ýöneýlikde we arzanlykda çuň girizme shemalary ygtybarlygy boýunçamerkezleşdirilen elektrik üpjünçilik shemalaryna ýol bermeýärler. Olar islendik derejeli (категория) peýdalanyjylar üçin amatlydyr.

### **6.2. Howa we kabel liniýalaryň kese-kesiklerini saýlamak**

Iýmitlendirme çeşmesinden elektrik energiýany senagat kärhananyň kabul ediş nokadyna çenli geçirmekligi howa ýa-da kabel liniýalar bilen amala aşyrýarlar. Şina

simleriň kese-kesiklerini we kabelleriň özenleriniň (çüwdemlerini) tehniki we ykdysady şertler boýunça saýlaýarlar.

Tehniki şertlere koronirlama şertleri, mehaniki berkligi, gysga utgaşma tokdan gysgawagtlaýyn ýylylygyň çykmagyndan gyzmaklyk, adaty we bozulmadan (awariýadan) soňky tertiplerden naprýaženiýeden ýitgileri, hasap toguň gyzmagy boýunça kese-kesiklerini saýlamak degişli.

Saýlamagyň ykdysady şertleri liniýanyň kese-kesigini kesgitlemekde bolup durýarlar, ony gurnamaga getirilen çykdaýjylar nominal bolarlar.

Gyzdyрма boýunça kese-kesikleri saýlamak hasap tok boýunça amala aşyrylýar. Parallel işleýän liniýalar üçin hasap tok bozulmadan soňky (awariýadan soňky) tertibiniň toguny kabul edýärler, haçan-da bir iýmitlendiriji liniýa aradan çykanda. Sorag-jogapda berilenleri boýunça hasap toga baglylykda ýakýndaky iň uly standart kese-kesiginden kesgitlenilýär. Bu kese-kesik 6.1-nji tablisada görkezilen simleriň we kabelleriň geçirmeginiň usullarynyň we sredasynyň belli bir şertleri üçin getirilýär. Eger-de kabelleri we simleri ulanmak şertleri tapawutlanýan bolsalar, onda dowamly rugsat berilýän tok ýüklenmeleri şu deňleme boýunça gaýtadan hasaplaýarlar, A,

$$I'_{rug} = I_{rug} K_{sr1} K_{y,p} K_{yok} \quad (6.1)$$

Bu ýerde:  $I_{rug}$  –ýekeleýin kabeliň (simiň) dowamly rugsat edilen togy;

$K_{set}$ -hasaplanandan tapawutly, sredanyň tempraturasyny hasaba alýan koeffisiýent;

$K_{yip}$ - birgatly ýa-da köpgatly toparlaýyn kabeller geçirilende, şeýle hem kabeller we

simler turbalardan geçirilende tok ýüklenmäniň peselme koeffisiýentini;

$K_{\text{yük}}$  - toparda aýratyn kabelleriň doly ýüklenmesizliginde rugsat edilen toguň ýokarlanma koeffisiýenti.

$K_{\text{sr}}$ ,  $K_{\text{yip}}$  koeffisientleri sorag-jogapnama materillary boýunça kesgitleýärler,  $K_{\text{yok}}$  koeffisiýentini bolsa toparda doly ýüklenmedik kabelleriň bolmagynda şu deňleme boýunça kesgitleýärler.

$$K_{\text{yok}} = 0.4 + 0.6 \sqrt{(1 + 2.3 \lg \frac{n_1}{n})} \quad (6.2)$$

Bu ýerde  $n_1$  - doly ýüklenmedik kabelleriň sany;  
n- toparda kabelleriň umumy sany;

Sredanyň hasap temperaturasy.

6.1-nji tablisa.

Simleriň kabelleriň geçirilen ýeri	Normalar boýunça sredanyň temperaturasy, C
Simleriň, kabelleriň we şina simleriň howada açyk we goralyan geçirilmesi (jaýyň içinde)	25
Udel ýylylyk garşylygy 120 Om bolan gönüden-göni kagyz izolýasiýaly ýekeleýin kabel (ýylylyk)	15
Şol ýerde turbalarda	25
Gönüden-göni suwda geçirilen olaryň sanyna bagly bolmadyk kagyz izolýasiýaly kabeller	15

Kagyz siňdirilen izolýasiýaly 10 kW çenli naprýaženiýeli kabeller üçin rugsat edilen gysga wagtlaýyn aşakyüklenme.

6.2-nji tablisa.

Önümde ýüklenme koeffisiýent	Geçirmegiň görnüşi	0.5	1	3
		Dowamynda nominala gatnaşykda rugsat edilen aşakyüklenme, sag		
0.6	Ýerde	1,35	1,3	0,15
	Howada	1,25	1,15	1,1
	Turbalarda (Ýerde)	1,2	1,1	1
0.8	Ýerde	1,2	1,15	1,1
	Howada	1,15	1,1	1,05
	Turbalarda (Ýerde)	1,1	1,05	1

Bozulmany aradan aýyrmak wagtyna kagyz izolýasiýany 10 kW çenli naprýaženiýeli kabeller üçin rugsat edilen aşakyüklenme (перегрузка).

6.3.tablisa.

Önümde ýüklenme koeffisiýent	Geçirmegiň görnüşi	0,5	1	3
		Maksimalyň dowamlylygynda nominala gatnaşykda (göra) rugsat edilen aşakyüklenme, sag		
0,6	Ýerde	1,5	1,35	1,25
	Howada	1,35	1,25	1,25



	Turbalarda (Ýerde)	1,3	1,2	1,15
0,6	Ýerde	1,35	1,25	1,2
	Howada	1,3	1,25	1,25
	Turbalarda (Ýerde)	1,2	1,15	1,1

Kabel liniýalaryň kese-kesikleri saýlananda rugsat edilen gysga wagtlaýyn aş aýuklenmeleri hasaba alýarlar. Nominallardan az ýuklenmeleri alyp barýan kagyz izolýasiýa sındirilen 10 kW naprýaženiýeli kabelleri üçin rugsat edilen gysga wagtly aş aýuklenmeler 6.2-nji tablisada görkezilen. Şeýle kabeller üçin awariýany aradan aýyrmaga berilen wagtda 6.3-nji tablisada görkezilen çäklerde baş gije-gündiziň dowamynda aş aýuklenmeler rugsat edilýärler. Polietilen izolýasiýaly we poliwenilhliril izolýasiýaly kabeller üçin bozulma aradan aýrylýan wagta aş aýuklenmelere laýyklykda 10 we 15% rugsat edilýärler; bu ýagdaýda görkezilen aş aýuklenme baş gije-gündiziň dowamynda bir gije-gündizde alty sagatdan köp dowamlylykly ýuklenmeler maksimallarynyň wagtynda rugsat edilýär. Eger-de bu gije-gündizleriň galan wagtynyň çäklenrinde ýuklenme nominaldan ýokary bolmasa naprýaženiýesi 20-30 kW bolan kabel liniýalaryň aş aýuklenmesi rugsat edilmeýär.

Koronirleme şertleri boýunça minimal rugsat edilen kese-kesigini diňe howa liniýalar üçin saýlaýarlar. Kabelleriň çagdamlary üçin iň kiçi standart kese-kesigi koronirlenmegiň bolmazlygyny üpjün edýär.

Şeýle hem mehaniki berkligi boýunça kabeliň kese kesigini saýlamak ýerine ýetirilmeýär. Sebäbi minimal standart kese kesigi bu şerti kanagatlandyrýar. Howa liniýalar üçin kese kesiginiň hasaby öz-özüniň agramynyň,

ýeliň güýjüniň, doňaklygyň täsirini hasaba almak bilen ýerine ýetirilýär we [8]-de doly seredilip geçirilýär.

Gysga utgaşma togunyň täsirini diňe rele gorawy bilen goralýan kabel liniýalaryň kese kesigi saýlananda hasaba alýarlar. Ereýji tok çäkleyji goraýjylar bilen goralýan kabeller gysga utgaşma toklara termiki durnuklylyga barlanmaýarlar, sebäbi goraýjylaryň işläp başlama wagty az we işlenip çykan ýylylygyň, kabeli howply temperatura çenli gyzydymana ýagdaýy bolmaýar.

Gysga utgaşma toklara termiki durnukly kese kesigi şu deňleme boýunça kesgitleýärler,  $\text{mm}^2$ .

$$S_T = I_\infty \sqrt{t_g} / K_T \quad (6.3)$$

Bu ýerde  $I_\infty$  - gysga utgaşma toguň durgunlaşan bahasy, A;

$t_g$  – gysga utgaşmanyň getirilen wagty;

$K_T$  – bahalay 3.4-nji tablisada getirilen

kabelleriň özenleriniň gyzydymanyň rugsat edilen

temperaturasynyň çäklenmesini hasaba alýan

temperatura koeffisiýenti,  $\text{A} \cdot \text{c}^{1/2} / \text{mm}^2$ .

$t_g$  – getirilen wagty gysga utgaşma togunyň wagtynyň  $t_{g,a}$  – aperiodiki we  $t_{g,p}$  – periodiki düzüjileriň goşulmalary bilen kesgitleýärler.

$$t_g = t_{g,a} + t_{g,p}$$

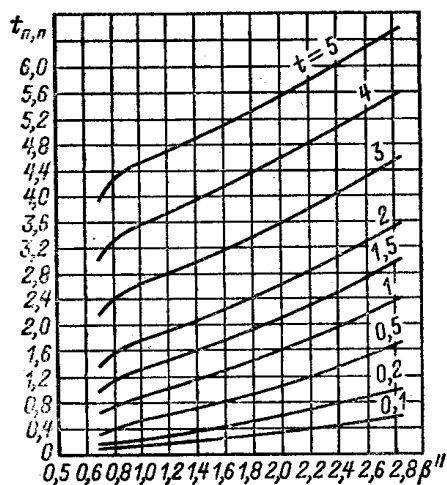
Gysga utgaşmanyň hakyky wagty  $t > 5$  sek bolanda ( $t = t_{g\text{ör}} + t_{g\text{ç}}$ ;  $t_{g\text{ör}}$ ;  $t_{g\text{ç}}$  – laýyklykda gorawyň we ölçüriji apparatlarynyň hereketiniň dowamlylygy)  $t_{g,p}$

bahalary 6.5-nji çyzgyda egrileri boýunça gysga utgaşmanyň hakyky wagtyna we gysga utgaşmanyň başlangyç ýokary geçiriji togunyň  $I''$  gysga utgaşmanyň uýgunlaşan/bellenilen toguna  $I_\infty$  gatnaşygyna ( $\beta = I''/I_\infty$ ) baglylykda kesgitleýärler. Eger-de  $t > 5$  sek hakyky wagty bolanda  $t_{gp} = t_{g5} + (t - 5)$  bolýar, bu ýerde  $t_{g5} - t = 5$ s üçin getirilen wagtyň bahasy. Aperiodiki düzüjiniň getirilen wagty şu deňleme boýunça kesgitlenýär.

$$t_{ga} \approx 0,05/(\beta'')^2$$

Hakyky wagt  $t > 1s$  bolanda  $t_{ga}$  ululygy hasaba alynmaýar. Standart termiki durnukly kese-kesigi hökmünde  $S_T$  hasap ululyga golaý bolan iň kiçi kese-kesigi kabul edilýär. Şeýle netije hasap usulynda bellenen ýokarlandyрма tarapyna ýalňyşlyk bilen şertlendirilendir.

Saýlanyp alnan kese-kesigini naprýaženiýäniň ýitgisi boýunça barlaýarlar. Naprýaženiýäniň ýitgileri üçin sanlandyrylan bahalar bellenilmedik. Emma iýmitlenme çeşmeleriniň şina simlerinde naprýaženiýäni bilip we setde naprýaženiýäniň ýitgilerini sanap sarp edijilerdäki naprýaženiýäni kesgitleýärler. Sarp edijilerde köp naprýaženiýäni dar çäklerde saklamak zerurlygynda naprýaženiýäni sazlamagyň usullary barada soraglar çözülýärler [8].



6.5-nji çyzgy. Ätiýaçlygyň awtomatiki birikdirilmeli generatordan iýmitlenmede gysga utgaşmanyň toguň çäkleýin düzüjisi üçin getirilen wagtyň baglylygynyň egrileri.

Kabelleriň çogdamlarynyň gyzmagynyň rugsat edilen  
temperaturalary we temperatura koeffisiýenti  $K_T$ .

6.4-nji tablisa.

Geçirijiniň görnüşi we materialy	$\tau_r, C^0$	$\tau_a, C^0$	$T_{g,C^0}$		$K_T, A * sek^{1/2} / mm^2$	
			Mis çogdamla r	Alýumin çogdamla r	Mis çogdamla r	Alýumin çogdamla r
Kagyz izolýasi- ýaly kabeller, naprýa- ženiýeler üçin, kW:						
3 çenli	80	125	200	150	165	95
6	65	100	200	150	165	95
10	60	90	200	150	165	95
20-35	50	-	125	125	-	-
Poliwenilhlorid izolýasiýaly kabel-ler, naprýaženiýele r üçin, kW:	65	75	150	150	114	75
6	65	75	150	150	118	78
10						
Polietilen izolýasi-ýaly kabeller, naprýa- ženiýeler üçin, kW:	65	72	120	120	94	62
6	65	72	120	120	98	65
10						

Bu ýerde  $\tau_r$  – uzak wagtlaýyn rugsat edilen ýüklenmede  
kabeliň çogdamynyň gyzmagynyň rugsat  
edilen temperaturasy;  
 $\tau_a$  – gysga wagtlaýyn aşa ýüklenmelerde  
(dowamlylygy 4 min çenli) çogdamyň  
gyzmagynyň rugsat edilen temperaturasy;  
 $T_g$  – gysga utga’ma toklarda çogdamyň rugsat  
edilen maksimal temperaturasy.

35 kW çenli naprýaženiýeli liniýalarda naprýaženiýäniň ýitgisini şu deňleme boýunça kesgitleýärler.

$$\Delta U = \sqrt{3} I_h l (r_{ud} \cos \varphi + x_{ud} \sin \varphi) \quad (6.4)$$

Bu ýerde  $I_h$  – liniýanyň hasap togu, A;

$r_{ud}$   $x_{ud}$  – liniýanyň aktiw we reaktiw udel

garşylyklary, Om/km;

$l$  – liniýanyň uzynlygy, km;  $\cos \varphi$   $\sin \varphi$  liniýanyň soşunda kuwwat koeffisiýentine ( $\tan \varphi$ ) laýyk gelýär.

Kabel liniýalar üçin udel garşylyklaryň bahalary 6.5-nji tablisada görkezilen.

Üç çogdamly kabelleriň udel aktiw we induktiw garşylyklary.

6.5-nji tablisa.

Çogdamyň nominal kese kesigi, mm <sup>2</sup>	+20C <sup>0</sup> -da çogdamlaryň aktiw garşylygy, Om/km		Kabeliň nominal naprýaženiýesinde kW, induktiw garşylyk, Om/km				
	alýumin	mis	1 çenli	6	10	20	25
4	7,74	4,6	0,095	-	-	-	-
6	5,17	3,07	0,09	-	-	-	-
10	3,1	1,84	0,073	0,11	0,122	-	-
16	1,94	1,15	0,0675	0,102	0,113	-	-
25	1,24	0,74	0,0662	0,091	0,099	0,135	-
35	0,89	0,52	0,0637	0,087	0,095	0,129	-
50	0,62	0,37	0,0625	0,083	0,09	0,119	-
70	0,443	0,26	0,0612	0,08	0,086	0,116	0,137
95	0,326	0,194	0,0602	0,078	0,083	0,11	0,126
120	0,258	0,153	0,0602	0,076	0,081	0,107	0,12
150	0,206	0,122	0,0596	0,074	0,079	0,104	0,116
185	0,167	0,099	0,0596	0,073	0,077	0,101	0,113
240	0,129	0,077	0,0587	0,071	0,075	-	-

Aktiv we reaktivgarşylyklar poýasnoý izolýasiýaly üç çogdanly kabeller üçin berilen.

35 kW-dan ýokary naprýaženiýeli liniýalarda naprýaženiýäniň ýitgileriniň hasaby II-görnüşli çalşyрма shemasynyň esasynda (liniýanyň göwrümi hasaba alynýar) alynyp barylýar.

### **6.3. Baş peseldiji podstantsiýanyň birleşdirme shemasyny we gurnamany ýerine ýetirmäni sazlamak**

Baş peseldiji podstantsiýanyň birleşdirme shemasyny elektrik energiýanyň sarp edijileriniň bellenen kuwwatyny we olaryň ygtybarlyk derejesini hasaba almak bilen, elektrik ýüklenmeleriniň häsiýeti we olaryň kärhananyň baş meýilnamasynda ýerleşmesi, şeýle hem önümçilik, arhitektura-gurluşyk we ulanyş talaplary bilen saýlaýarlar.

Umumy ýagdaýda baş peseldiji podstantsiýanyň shemasy bir ýa-da birnäçe peseldiji transformatorlary we ýokary, orta we pes naprýaženiýeleriniň paýlaýjy gurnamalaryny öz içine alýar.

Has ýönekeý we tygşytly, ýokary naprýaženiýeleri ýygňalan şina simsiz podstantsiýalaryň shemalary bolup durýarlar. Şeýle shemalar pinsipde esaslanan we hemme naprýaženiýelere ulanmana maslahat berilýärler.

110-220 kW birilenji naprýaženiýedäki bir ulgamly şina simleriniň shemalary (6.6-njy çyzgy) blokly shemalary öçürjizsiz we ýygňalýan şina simsiz ulanmak mümkinçiligi bolmanda peýdalanýarlar.

Ýokary naprýaženiýedäki iki ulgamly ýygňalýan şina simleriniň shemalaryny käbir ýagdaýlarda, köp sanly birikmeleri, şol sanda tranzit liniýalary bar bolan ýokary kuwwatly jogapkär podstantsiýalarda ulanylýarlar. Iki ulgamly şina simli paýlaýjy gurnamalar gymmat, ulanmakda çylşyrymly talap edýärler (6.7-nji çyzgy).

Haçan-da çeyeligi talap edilende şeýle hem iş şertleri boýunça öçürijileriň ýygy barlagy (rewiziýasy) talap edilende aýlap geçirilýän ulgamly şina simli shemalary ulanýarlar (6.8-nji çyzgy) şeýle görnüşli shemalar senagat kärhanalary üçin häsiýetli bolup durýarlar we olary köp sanly birikmeli etraplaýyn iri bölümlü (uzelli) podstantsiýalarda ulanýarlar.

6, 10 we 35 kW naprýaženiýeli paýlaýjy gurnamalar seksionirlenen ulgamly şina simli shemany ulanýarlar (6.9-njy çyzgy). Seksiýalaryň sany birikdirilmeleriň sanyna we elektrik energiýanyň zawod içinde paýlanmagynyň kabul edilen shemasyňa bagly. Köp ýagdaýlarda seksióalaryň sany ikiden köp bolmaýar. Her seksiya aýratyn we ýymitlendirmäni aýratyn liniýadan ýa-da transformatordan alýar. Adaty iş ýagdaýynda seksion apparatlar (aýryjy ýa-da öçüriji) öçürilendir.

Seksion öçürijiniň ulanylmagy ätiýajyň awtomatiki birikdirilmegi (ÄAB) üpjün edýär, bu bolsa şeýle shemany, ygtybarlygy boýunça islendik derejeli sarp edijiler üçin ulanmaga mümkinçilik berýär.

Has ýönekeý, arzan we görnükli seksionirlenmedik ulgamly şina simli shemalar bolup durýarlar. Emma olar diňe III derejeli sarp edijiler üçin ýaramly, sebäbi şina simlerini bejerilende ýa-da şina simleri gysga utgaşma ýagdaýynda hem-de birikdirilen sarp edijiler ýymitlemäni ýitirýärler.

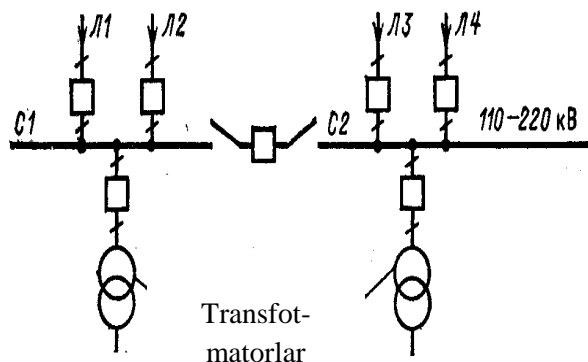
Baş peseldiji postansiýanyň (konstruktiv) ýerine ýetirilmesi kabul edilen shema we daşky sredanyň şertleri bilen kesgitlenilýär. Normal daşky sredada 35-220 kW paýlaýjy gurnamany açyk edip ýerine ýetirilýär. Emma köp ýagdaýlarda gysga utgaşmanyň bolmadyk toklarynda has maksada laýygy, has arzan aparatlary ulanmagyň hasabyna 35 kW naprýaženiýeli paýlaýjy gurnamalaryny ýerleşdirme bolup durýar. Baş peseldiji potstantsiýanyň

transformatorlaryny hemişe açyk edip ýerleşdirýärler, hasaplanan howaly kärhanalarda – güýçlendirijiler izolýasiýaly.

35-220 kV naprýaženiýeli baş peseldiji postansiýalary, olaryň hyzmat edýän binalarynyň ýanynda ýerleşdirýärler, olaryň 6-10 kV naprýaženiýeli paýlajy gurnamalaryny binalaryň içinde gurnamak maslahat berilýär.

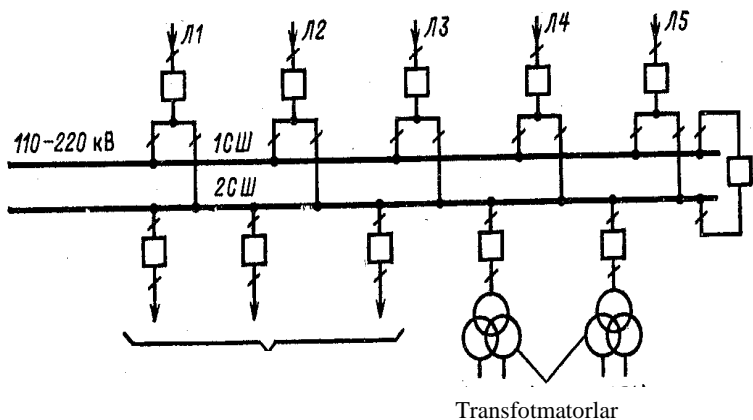
6-10 kV naprýaženiýeli paýlajy gurnamalaryny ýerleşdirmek üçin iki ýerine ýetrimeli we stasionar (gozganmaýan) toplumlaýyn paýlajy gurnamalary ulanýarlar. Toplumlaýyn paýlajy gurnamalary opparatlar, ölçýji, goraýjy enjamlar we kömekçi gurnamalar gurnalan ýapyk şkaflardan ybaratdyr.

Toplumlaýyn paýlajy gurnamalar şkaflaryny zawodlarda taýarlaýarlar, we doly gurnalan we işe taýyn enjamlar bilen gurnalmaly ýerine ýetirilýärler. Bu ýerde şkaflary ýerleşdirýärler, şkaflaryň birleşmelerinde ýygnama şina simleri birleşdirýärler, güýç we barlag (kontrol) kabelleri getirýärler. \

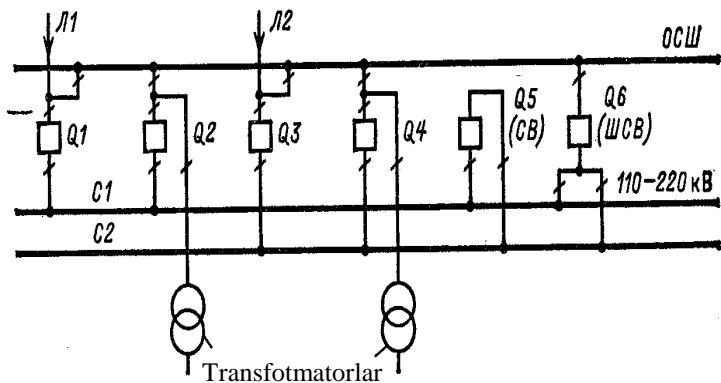


6.6-njy çyzgy. Bir seksionirlenen ulgamly şina simleri 110-220kw naprýaženiýeli şina simleri 110-220 kV naprýaženiýeli paýlajy gurnamanyň shemasy.

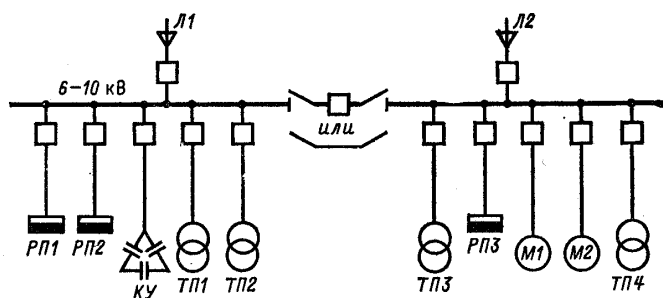




6.7-nji çyzgy. Iki ulgamly ýygnaýan şina simli 110-220 kW naprýaženiýeli paýlaýjy gurnamanyň shemasy.



6.8-nji çyzgy. Aýlap geçirilýän ulgamly şina simli 110-220 kW naprýaženiýeli paýlaýjy gurnamanyň shemasy.



6.9-nji çyzgy. Bir seksionirlenen ulgamly şina simli 6-16 kW naprýaženiýeli paýlaýjy gurnamanyň shemasy.

Çykarylan toplumlaýyn toplumlaýyn paýlaýjy gurnamany, öçirijiniň çalt çalşyrylmasy talap edilýän sanly komeral (15-20) has jogapkär elektrik gurnamalar üçin ulnmak maslahat berilýär. Öçirijini bejermek we barlamak üçin, onuň ýerleşdirilen arabasynyň kömegi bilen tigirläp çykarýarlar we başga bilen çalşyryýarlar. Öçirijiden başga, tigirlenip çykarylan araba naprýaženiýe transformatoryny we razrýadniklaryny, güýç goraýjylaryny, aýyryjylary we 63 kW A çenli kuwwatly 10/0.4 kW podstansiýanyň hususy zerurlyklarynyň transformatorlaryny gurýarlar.

Öndiriji zawodlar toplumlaýyn paýlaýjy gurnamalaryň birnäçe görnüşlerini çykarýarlar. Has giňden ulanylýanlar ýagly öçirijili krug-10-20Y3 belgili gurnama, olar öz tehniki ölçegleri we göwrümleri boýunça senagat gurnamalaryň köpüsi üçin gabat gelýärler.

KPY-10-20 Y3 belgili gurnama şkaflaryny gurnalyşy iki tarapdan hyzmat etmeklige we jaýlaryň içinde gurnamaga niýetlenen. Şkaflaryň esasy tehniki ölçegleri 6.6-njy tablisada görkezilen, şkaflary doldurmagyň shemalarynyň bölekleri 6.7-nji tablisada görkezilen.

KPY2-10-20 Y3 esasy tehniki görkezijileri.

3.6-njy tablisa

Nominal naprýaženiýe, kW	6; 10
Uly işçi naprýaženiýesi, kW	7,2; 12
KPY şkaфыň nominal toklary, A	630; 1000; 1600; 2000; 2500; 3200
Ýygnaýjy şina simleriniň nominal toklary, A	1000; 1600; 2000; 3200
Öçürijili şkaflaryň ölçme nominal togy, kA	16; 20
Elektrodinamika durnuklylygy, kA	52
Üç sekuntlyk gyzgynlyga durgunlugy, kA	20
Güýç kabelleriň damarlarynda maksimal sany we kese-kesigi mm <sup>2</sup> (1 şkaфda)	5(3x240)
Ýokary naprýaženiýäniň öçürijileriniň görnüşleri,	БМП-10к, БМП-10 КУ; БМПЭ-10; БМПП-10
Tok transformatorlarynyň görnüşleri	ТПЛ-10; ТПОЛ-10
Naprýaženiýe transformatorlarynyň görnüşleri	НТМН-6 (10); НОМ-6 (10)
Şkaflaryň göwrümi (ini, çuzlugy we beýikligi), mm	900x1664x2350
Şkaфыň bahasy, rubl.	1000-1400

KPY2-10-20 Y3 belgili KPY şakafyň esasy zynjyrlarynyň setka shemasy.

6.7-nji tablisa

01, 02, 03, 13, 14 630 A	04, 15, 16 630, 1000, 1600 A	05, 06, 17, 18 630 A	07, 08, 19, 20 630 A	09 630 A	10 630 A	11 630 A
12 630, 1000, 1600 A	21 630, 1000, 1600 A	24, 25 630, 1000, 1600 A	26, 27 630, 1000, 1600 A	28, 29 630, 1000, 1600 A	34, 35 630, 1000, 1600 A	36, 53, 54 630, 1000, 1600 A
201 630, 1000, 1600 A	202 630, 1000, 1600 A	203 630, 1000, 1600 A	204 630, 1000, 1600 A	205, 208, 210 630, 1000, 1600 A	206 630, 1000, 1600 A	207, 209 630, 1000, 1600 A
12 630 A	21 630 A	24, 25 630 A	26, 27 630 A	28, 29 630 A	34, 35 630 A	36, 53, 54 630 A
01, 02, 03, 13, 14 630 A	04, 15, 16 630, 1000, 1600 A	05, 06, 17, 18 630 A	07, 08, 19, 20 630 A	09 630 A	10 630 A	11 630 A

Jaýyň içinde gurnalýan açyk gurnama üçin toplumlaýyn gurnaýjy gurnamalary KPYH görnüşlerini öndirýärler. Bu gurnamalaryň şkaflarynda apparatlaryň hapalanmalaryndan goranmagyny üpjün edýänleri bar, emma olar ýangyna we partlama bagly howply, tok geçiriji tozanly we howanyň çyglygy 80%-den ýokary bolmadyk srededa işlemek üçin niýetlenmedik. KPYH öçirijiniň stasionar gurnalmasy bilen ýada tigirlenip çykarylýan öçirijiler ýerine ýetirilýärler. KPY - belgili ýaly olar bir ulgamly şina simli shemalar üçin taýýarlanan.

Ýönekeý shemalar boýunça ýerine ýetirilýän paýalaýjy gurnamalar üçin 6-10 kW naprýaženiýeli KCO-366 görnüşli kameralary ulanylýar. Olar bir taraplaýyn hyzmat edilýän bolup, 200 MW.A çenli öçürilme şina simli shemalar üçin niýetlenendirler. KCO-nyň esasy tehniki ölçegleri 6.8-nji tablisada görkezilendirler. Bu görnüşleriň şkaflaryny has çylşyrymly shemalar üçin hem ulanýarlar, haçanda girizmäni öçirijiden göz-öňüne tutulanda. Bu ýagdaýlarda KCO-366 görnüşli kameranyň gapdal tarapyna 630A tokly BMГ-10 görnüşli KCO-266 kamera gurnalyp bilner.

KCO-366 esasy tehniki görnüşleri.

6.8-nji tablisa

Nominal naprýaženiýe, kW	6; 10
KCO şkaфыň nominal naprýaženiýeleri, toklary, A	220; 400; 600
Elektrodinamiki durgunlyk, kA	30
Aýryjylaryň görnüşi	PB3-10
Öçürijileriň görnüşi	BH-16; BHП3-16; BHП3-17
Simleriň görnüşi	BP-17; BP -10; BPA-17
Naprýaženiýe transformatoryň	HOM-6; HOM-10;

görnüş i	HTMI-6; HTMI-10; HTMK-6; HTMK-10
Tok transformatoryň görnüş i	ТПТ-10
Şkafyň göwrümi: Ini (kamera aýryjysyz), mm Kamera aýryjyly, mm	1000 500

KCO görnüşli kameralaryň taýýarlanyşynyň we gymmat dälligi KPY görnüşli seriýanyň has gymmat kameralary bilen deňeşdirilende olara artykmaçlygy döredýärler. Şol sebäpden olary uly däl we orta kuwwatly podstansiýalarda ulanmak maksada laýyk.

Boş peseldiji podstansiýanyň işläp taýýarlamak shemasyny saýlamany we KPY - nyň belli bir görnüşli gurnamalary bilen onuň gurnalşyny öz içine alýar. Bu maksatlar üçin şkaflaryň shemalarynyň setkasyny peýdalanýarlar we onuň esasynda taýarlaýjy- zavod üçin ýörite sorag listi düzýärler, onda şkaflaryň shemalarynyň nomerlerini, şeýle hem buýurma üçin gerekli beýleki tehniki we gurnama berilenleri görkezilen KPY-nyň hemme şkaflarynyň doldurma shemalary getirilýär.

KPY-ny bellenilen elektrik enjamyň hasap bahalardan az bolmadyk nominal ölçegleriň hasaby bilen saýlaýarlar. Bir wagtyň özünde KPY-ny gurnamanyň we hyzmat etmäniň usulyny, şeýle hem olaryň işlejek howa şertlerini göz önünde tutmak gerek. Pes kuwwaty linýalary önünden toparlama bölýärler, soňra bir öçürijä berkidýärler, bu bolsa KPY-nyň öýjüklerni has peýdaly ulanmagy üpjün edýär.

## Ý E D I N J I   B A P

### SENAGAT KÄRHANALARYNYŇ GÜÝÇ TRNASFORMATORLARYNY SAÝLAMAK

#### **7.1 Baş peseldiji podstansyýanyň güýç transformatorlarynyň sanyny we kuwwatyny saýlamak**

Köplenç senagat kärhanalaryň baş peseldiji podstansiýalary iki transformatorly edýärler. Bir transformatorly baş peseldiji podstansiýalar diňe transformatorlaryň merkezleşdirilen ätiýajynyň barlygynda we baş peseldiji podstansiýalar bölekleýin (поэтапно) gurluşygynda rugsat edilendirler. Ikiden köp transformatorlary gurnamak aýratyn ýagdaýlarda mümkin: haçanda birden üýtgeýän ýüklenmeleri çykarmak we baş peseldiji podstansyýanyň täzedan gurnamakda olary aýratyn transformatorlardan iýmitlendirme talap edilende, eger-de üçünji transformatory gurnama ykdysady maksada laýyk bolsa.

Baş peseldiji podstansyýanyň transformatorlarynyň kuwwatyny saýlamakda reaktiw kuwwat boýunça elektrik üpjünçilik gurnamanyň tertibini hasaba almak bilen adaty iş ýagdaýynda kärhananyň hasap ýüklenmesi esasynda amala aşyrylýar. Bozulmadan soňky (послеаваринный) ýagdaýda bir transformatoryň öçmegide sarp edijileri ygtybarly üpjün etmek işde galan transformatorlardan olaryň iýmitlenmesini göz önünde tutulýar. Bu ýagdaýda jogapkärçiliksiz sarp edijileriň bir bölegi transformatoryň ýüklenmesini peseltmek maksady bilen öçirilen bolup bilerler.

Häzirki wagt elektrik üpjünçilik gurnamasy taslanýan we hereket edýän kärhanalar üçin, energoulgamyň maksimal ýüklenmeleriň çäginde kärhananyň setine energoulgamdan geçirilýän  $Q_{e1}$  optimal (amatly) reaktiw

kuwwatyň bahasyny buýurýar. Eger-de energoulgam bellenen döwürde doly reaktiw kuwwat bilen kärhanany üpjün etmese, onda kärhanada şeýle kuwwatly kompensirleýji gurnamalar gurnalan bolmaly.

$$Q_{k.g} = Q_h + \Delta Q_t + Q_{el} \quad (7.1)$$

Bu ýerde  $Q_h$  -kärhananyň hasap reaktiw kuwwat;  
 $\Delta Q_t$  - baş peseldiji podstantsiýalarynyň transformatorlarynda reaktiw kuwwatyň ýitgileri.

Baş peseldiji podstantsiýalaryň transformatorlarynyň nominal kuwwatyny saýlamak başlangyç berilenlere baglylykda ýüklenmeler grafigi boýunça ýa-da doly hasap kuwwaty boýunça amala aşyrylyp bilmeýär.

$$S_{h\Sigma} = \sqrt{P_{h\Sigma}^2 + Q_{e1}^2} \quad (7.2)$$

Bu ýerde  $P_{h\Sigma}$ -kärhananyň hasap aktiw kuwwaty.

Eger-de baş peseldiji podstantsiýalarda iki transformator gurnalsa, onda olaryň her biriniň nominal kuwwatly şu şert boýunça kesgitlenýär.

$$S_{nom.T} \geq S_{h\Sigma} / 2 \cdot 0.7 \quad (7.3)$$

Bozulma şertlerinde işde galan transformator III dereje ygtybarlykly sarp edijileriň öçürilme mümkinçiligini hasaba almak bilen rugsat edilen aşa ýüklenmä barlanan bomaly.



$$1.4 S_{\text{nom}, T} \geq S_{h\Sigma} \quad (7.4)$$

Bir transformatorly baş peseldiji podstansiýalaryň girizme podstansiýalaryň kuwwatlaryny saýlama, maksimal ýüklenme sagatlarynda transformatorlaryň aşa ýüklenmä ukyplylygyny barlamak bilen ( $S_{\text{nom}, T} \geq S_{\text{ort}}$ ) ortaça ýüklenme boýunça amala aşyrylýar.

$$S_h \leq K_{a, \text{rug}} S_{\text{nom}, T} \quad (7.5)$$

Bu ýerde  $K_{a, \text{rug}}$  – önümçiligiň görnüşine görä häsiýetli grafıklar boýunça kesgitläp bolýan  $K_{31}$  we  $H$  baglylykda tablisalardan kesgitlenýär.

Baş peseldiji podstansiýalaryň transformatorlaryny saýlamagyň tehniki-ykdysady esaslandyrmasy. Baş peseldiji podstansiýalarda gurnalýan transformatorlaryň sany (ýa-da awtotransformatorlaryň), köplenç ikä deň edip kabul edýärler. Adaty ulanylyşyň başlangyç döwründe bir transformator gurnaýarlar, soňra ikinjini. Soňlukça ýüklenmäniň köpelmeginde gurnalan transformatorlary has kuwwatlylar bilen çalyşýarlar, munuň üçin taslamada GOST-da bellenen kuwwatlyklar derejesi boýunça dowam edýän transformatorlara fundamenty (ýeri) gözöňünde tutýarlar. Senagat kärhanalaryň baş peseldiji podstansiýalary üçin esasan 10, 16, 25, 40, 63 MW.A nominal kuwwatly transformatorlary şol wagtda gurnamak maksadalaýyk bolup biler.

Bu meseläni gözlemek üçin boýunça wariantlaryň tehniki-ykdysady deňeşdirmesi ýerine ýetirilýär. Transformatorlaryň nominal kuwwatyny saýlamak bilen bilelikde ýüklenmäniň berilen grafigi boýunça olaryň işlemegine transformatordaky kuwwatyň ýitgileriniň

minimumyny häsiýetlendirýän olaryň işiniň ykdysady tertiplerini göz önünde tutmak gerek. Bu ýagdaýda diňe bir transformatorlaryň özlerindäki aktiw kuwwatyň ýitgilerini hasaba almak, eýsem, transformatorlaryň aktiw kuwwaty peýdalanmagy sebäpli elektrik stansiýalaryň generatorlaryndan seredilip geçirilýän transformatorlara çenli ýymitlenmäniň bütin zynjyry boýunça elektrik üpjünçiligiň ulgamynda emele gelýän aktiw kuwwatyň ýitgileri hem hasaba almaly. Bu ýitgilere transformatorlaryň özlerindäki ýitgilerden tapawutlylykda getirilen diýýärler.

$$\Delta P_T = \Delta P_{bi} + K_y^2 Q_{bi} \Delta P'_{gu} \quad (7.6)$$

we deňleme boýunça kesgitleýärler

$$\Delta P_T = \Delta P'_{bi} + K_y^2 Q_{bi} \Delta P'_{gu} \quad (7.8)$$

Bu ýerde  $\Delta P'_{bi} = \Delta P_{bi} + K_y \Delta Q_{bi}$  – transformatoryň sarp edýän reaktiw kuwwatyna baglylykda elektrik üpjünçiligiň bütin ulgamynyň elementlarynda olar bilen döredilýän we transformatoryň özünde aktiw kuwwatyň ýitgilerini hasaba alýan boş işlemede transformatoryň getirilen ýitgileri;

$\Delta P'_{gu} = \Delta P_{gu} + K_y \Delta P Q_{gu}$  – gysga utgaşmanyň getirilen ýitgileri;

$\Delta P_{bi}$  – boş işleýän transformatoryň kuwwatynyň ýitgileri (hasaplamalarda olary transformatorlaryň poladyndaky ýitgilere deň edip kabul etmeli);  $\Delta P_{gu}$  – gysga utgaşmanyň kuwwatynyň ýitgileri (takmynan olary transformatorlaryň sarymlaryndaky misiň ýitgilerine deň edip kabul edýärler);

$K_y$  – ýitgileriň üýtgemesiniň koeffisiýenti, podstansiýanyň şina simlarynyň göniden-göni birikdirilen tranformatolar üçin 0,02 kwt/kwar deň edip kabul edýärler we etrap

setlerinden iýmitlenýän 10-6/0.4kw naprýaženiýeli transformatorlar üçin  $K_{ýü}=0.1\div 0.15$ ;

$K_{ýü} = S_{ýük}/S_{nom,t}$  – transformatoryň toryň ýüklenme koeffisiýenti;

$S_{ýük}$  – transformatoryň hakyky ýa-da hasap ýüklenmesi;

$\Delta Q_{bi} = S_{nom,t} \frac{I_{bi}}{100}$  - boş işlemede transformatoryň reaktiw kuwwaty;

$\Delta Q_{gu} = S_{nom,t} \frac{U_{gu}}{100}$  - nominal ýüklenmede transformatoryň sarp edýän gysga utgaşmanyň reaktiw kuwwaty;

$I_{bi}$ -boş işlemede transformatoryň togy, %;

$U_{gu}$  – transformatoryň gysga utgaşmanyň naprýaženiýesi, %;

Transformatorlaryň kuwwatynyň getirilen ýitgileriniň egrileri  $S_{ýük}$  ýüklenmäniň üýtgemelerine baglylykda 7.1-nji çyzgyda görkezilen, mundan gelip çykyşyna görä, A nokada laýyk gelýän  $S_{ýük,A}$  ýüklenmede transformatorlarynyň, parallel işine geçmek maksada laýykdyr. Transformatorlaryň birmeňzeş kuwwatynda A nokatda ýüklenme şeýle kesgitlenýär.

$$S_{ýük,A} = S_{nom,T} \sqrt{N(N-1) \frac{\Delta P'_x}{\Delta P'_g}} \quad (7.9)$$

Bu ýerde N-birmeňzeş kuwwatly transformatorlaryňsany.

Transformatorlaryň parallel işe geçmesinden başga, uly ykdysady täsiri, ýüklenmeleriň minimumumyň sagatlarynda olaryň bir böleginiň öçmeginiň hasabyna (gijeki çalyşykda, dynç günleri) transformatorlaryň boş işlemesiniň ýitgilerini peseltmeklik berýär.

Transformatorlaryň elektrik energiýanyň ýyllyk ýitgileri boş işleme ýitgilerinden we ýüklenme ýitgilerden ybarat.

Eger-de, ýüklenmäniň peselmegide N birmeňzeş parallel işleýän transformatorlar öçürilmeseler, onda boş işleminiň ýylylyk ýitgilerini ýylyň dowmynda  $T_{ýyl}$  olaryň işiniň sagatlarynyň sany boýunça tapýarlar, ýüklenme ýitgileri bolsa şu deňleme boýunça kesgitlenýän  $T_{ýit}$ , sag, iň uly ýitgileriň wagty boýunça

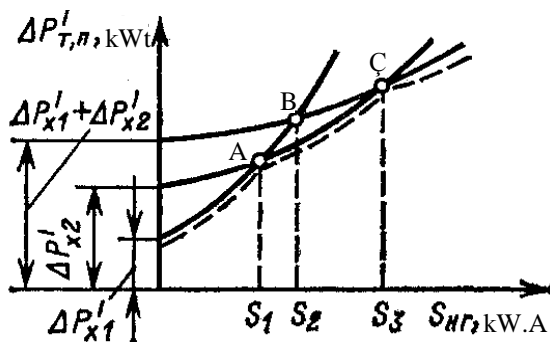
$$T_{ýit} = (0.124 + T_{max,ýük} / 10000) 8760 \quad (7.10)$$

Bu ýerde  $T_{max,ýük}$  – bir ýylda kärhananyň ýüklenmeleriniň maksimally peýdalanma wagty, sag / ýyl.

Üç fazaly iki sarymly transformator üçin  $\Delta E_{a,t}$ , kWt sag elektrik energiýanyň ýylylyk ýitgileri şeýle bolarlar:

$$\Delta E_{a,t} = NP_x T_{ýyl} + \frac{1}{N} P_g \frac{S_{max}}{S_{nom,t}} \frac{S_{max}^2}{S_{nom,T}^2} T_{ýit} \quad (7.11)$$

Bu ýerde  $S_{max}$  – grafik boýunça transformatoryň maksimal ýüklenmesi.



7.1- nji çyzgy. Transformatorlaryň peýdaly iş tertibiniň grafiki kesgitlemek.

## 7.2. Seh transformatorlarynyň sanyny we kuwwatyny saýlamak

Seh transformatorlarynyň sanyny we kuwwatyny dogry kegitlemek diňe şu indiki ýagdaýlary hasaba almak bilen tehniki – ykdysady hasaplamalar ugry bilen mümkin: sarp edijileriň elektrik üpjünçiliginiň ygtybarlyk derejesinde (категория); 1kw çenli naprýaženiýede reaktiw ýüklenmeleriň kompensasiýasynda; normal we bozulma (awariýa) ýagdaýlarynda transformatorlaryň aşa ýüklenme ukyplylygynda; standart kuwwatlyklaryň ädiminde; ýüklenme grafisine baglylykda transformatorlaryň tygşytlý iş ýagdaýlarynda.

Seh transformator podstantsiýalaryň sany gönüden-göni zawod içindäki we sehiň elektrik setleriniň we 6-20 kW naprýaženiýeli paýlaýjy gurnamalaryna ýitgiler täsir edýär. Şeýle transformator podstantsiýalaryň azalmagyna (ýagny, olaryň birleýin nominal kuwwatynyň ýokarlanmagynda) paýlaýjy gurnamalaryň öýjükleriniň sany, linýalaryň jemlenen uzynlygy we 6-20 kW setlerde naprýaženiýeli we elektrik energiýanyň ýitgileri peselýärler, ýöne 0.4kw naprýaženiýeli setleriň bahalary we olardaky ýitgiler ýokarlanýarlar. Transformator podstantsiýalaryň sanynyň ýokarlanmagy, tersine sehiň setlerine çykdaýjylary peseldýär, emma 6-20 kW naprýaženiýeli setlere çykdaýjylar ýokarlanýalar. Nominal  $S_{nom,t}$  kuwwatly transformatorlaryň sany birnäçe bolanda elektrik üpjünçiligiň ygtybarlylygynyň buýrulan derejesini üpjün edilende getirilen ýitgileriň minimumynyny gazanyp bolýar. Şeýle usul oňaýly (optimal) bolar, we oňa netijeleýji ýaly seredip geçmeli.

Bir transformatorly podstantsiýaly “ammar” ätiýaçlygyny getirilýän wagtda elektrik üpjünçiliginiň

arakesmesine ýol berýän elektrik energiýanyň kabul edijileriniň sehda (korpusda) barlygynda, ýa-da goňşy transformator podstansiýalardan pes naprýaženiýeli liniýalar boýunça amala aşyrylýan ätiýaçlandyrmada, ýagny olar 3 we 2 derejeli sarp edijiler üçin rugsat edilen, şeýle hem 1 derejeli sarp edijileriň köp bolmadyk sanyna 120% çenli setde 380-660 w naprýaženiýe barlygynda peýdalanmak maslahat berilýär.

Iki transformatorly podstansiýalary şu indiki ýagdaýlarda peýdalanmak maslahat berilýärler:

I derejeli sarp edijileriň aglabalygynda we esasy toparyň saryp edijileriniň bolmagynda:

Ünüslendirlen seh ýüklenme we umumy zowod niýetlenmeli aýratyn gurulýan obýektler (kompresor we suw sorujy stansiýalar) üçin;

Ýokary udel dykzlykly ýüklenmeli sehlar üçin. (0.5-0.7 kW A/m – dan ýýokary).

Kä ýagdaýlarda, gije-gündizlik ýa-da ýyllyk ýüklenmeler grafiginiň düzdälliginde iki transformatorly podstansiýalaryň ulanylmagy maksada laýyk bolmaýanlygy bolýar. Bu ýagdaýda has peýdaly iş ýagdaýlarda ulanyp transformatorlaryň goşulan kuwwatyny üýtgedip bolýar.

Iki transformatorly podstansiýalar üçin hem, transformatorlaryň biriniň uzak wagtlaýyn işden çykmagynyň ýagdaýynda sarp edijileriň normal iýmitlenmesini çalt ýola goýmak üçin ammar ätiýajy zerurdyr. Galan işläp duran transformator bozulan transformatoryň çalşyrylýan wagtynda 1 derejeli hemme sarp edijileriň elektrik üpjünçiligini üpjün etmelidir.

Sany ikiden köp transformatorly seh transformator podstansiýalar diňe gerekli esaslandyrmada ulanylyrlar.

ГОСТ 14209-85 we 11677-75 laýyklykda seh trnsformatorlaryň şu indiki nominal kuwwatlary bar; 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500 kW A. Häzirki wagtda

seh transformator podstansiýalar toplumlaýyn taýýarlanýarlar (TTP) we hemme ýagdaýlarda, haçanda oňa daşymyzy gurşap alýan sredanyň şertleri we hyzmat etmek garşylyk görkezmeseler, açyk edip gurnaýarlar.

Seh transformatorlaryň sanyny we kuwwatyny gözçeni bilen saylamak ýüklenmäniň  $T$  udel dykzlygy boýunça amala aşyrylýar.

$$T_H = S_h / F \quad (7.12)$$

Bu ýerde  $S_h$ - sehiň (korpussyň bölümiň) hasap ýüklenmesi, kW A;

$F$ -sehiň (korpussyň bölüminiň) meýdany,  $m^2$ ;

380 w naprýaženiýeli 0.2 kW A / $m^2$  ýüklenmäniň dykzlygynda 1000 kW A çenli kuwwatly transformatorlary ulanmak maksada laýyk 0.2-0.3 kW A/ $m^2$  dykzlykda – 1600 kW A kuwwatly. Dykzlygy 0.3 kW A ýa-da 2500 kW A kuwwatly transformatorlaryň ulanylmagynyň maksada laýyklygy tehniki – ykdysady hasaplama bilen kesgitlenmeli.

Başlangyç berilenlere baglylykda transformatorlaryň nominal kuwwatyny saýlamagyň iki usulyny tapawutlandyryýarlar:

- 1) Aday (normal) we bozulma (awariýa) ýagdaýlar üçin ýylyň häsýetli boýunça gije-gündizlerinde sehiň (korpussyň, bölümiň) berilen gije-gündiz ýüklenme grafigi boýunça.
- 2) Şol bir ýagdaýlar üçin hasap kuwwat boýunça.

Birinji ýagdaýda seh transformatorlary saýlamak baş peseldiji podstansiýanyň ýa-da çuňňur girizme podstansiýanyň transformatorlaryny saýlamagyna meňzeş ýerine ýetirilýär.

Ikinji ýagdaýda transformatorlaryň kuwwatyny saýlamak bozulmadan soňky ýagdaýda minimal zerur ätiýaçlandyрма hasaby bilen we daty ýagdaýda olaryň peýdaly ýüklenmesinden ugur alyp ýerine ýetirilýär. Bu ýagdaýda transformatorlaryň  $S_{nom,t}$  nominal kuwwaty maksimal ýüklenen çalyşykdaýy maksimal ýüklenen çalyşykdaýy  $S_{ort,m}$  ortaça ýüklemesi boýunça kesgitleýärler.

$$S_{nom,T} = S_{ort,m} / (N K_{yük}) \quad (7.13)$$

Bu ýerde N-transformatoryň sany;

$K_{yük}$ -transformatoryň ýüklenme koeffisiýenti.

Seh transformatorlaryň iň amatly ýüklenmesi elekteik energiýany sarp edijileriň ygtybarlyk derejesine, transformatorlaryň sanyna we ätiýaçlandyрма usulyna bagly. Transformatorlaryň ýüklenme koeffisiýentleriniň şu indikilerini kabul etmek maslahat berilýär.

Iki transformatorlytransformator podstansiýasy üçin I derejeli ýüklenmeleriň aglabalylygynda

$$K_{yük}=0,65/0,7;$$

Pes naprýäženiýede transformatorlaryň özara ätiýaçlanmagynyň ýagdyýnda bir transformatorly podstansiýalar üçin II derejeli ýüklenmeleriň aglabalylygynda

$$K_{yük}=0,7/0,8;$$

II derejeli ýüklenmeleriň aglabalylygynda we transformatorlaryň merkezleştirilen ätiýaçlygynyň



barlygynda, şeýle hem III derejeli ýüklenmelerde  $K_{yük} = 0,9/0,95$ ;

Iki birinji ýagdaýlarda transformatorlaryň ýüklenme koeffisiýentleriniň bahalary galan işläp duran transformatoryň rugsat edilen aşýüklenmeleriniň hasaba almak bilen bozulma ýagdaýda transformatorlaryň özara ätiýaçlanma şertlerinden kesgitlendirler.

Gurnama kabul edilen güýç transformatorlar şu şert boýunça rugsat edilen ulgamlaýyn aşýüklenmelere barlanan bolmaly

$$S_{nom,T} \leq S_{ort,m} K_{a,rug,\Sigma} \quad (7.14)$$

Iki transformatorly podstantsyýalarda goşmaça (4.9) deňleme boýunça BP-nyň ýa-da ПБ-nyň transformatorlary ýaly boulma ýagdaýda transformtorlaryň aşýüklenmesi barlanýar.

## **SEKIZINJI B A P**

### **ULGAMLARYŇ IÇKI ELEKTRIK ÜPJÜNÇILIGI**

#### **8.1. Kärhananyň paýlaýjy setiň shemalaryny saýlamak**

Elektrik energiýanyň zawod içinde paýlanmasyny magistral, radial ýa-da garyşyk shema boýunça ýerine ýetirýärler. Shemalary saýlamak elektrik energiýanyň sarp edijileriniň ygtybarlyk derejesi, olaram çäkleriniň ýerleşmesi, iş tertipleriniň aýratynlyklary bilen kesgitlenýär.

Elektrik energiýa iýmetlenme çeşmeden gönüden-göni kabul ediji nokada geçirilýär shemalara radial diýilýär. Köplenç radial shemalary ikide köp bolmadyk basgançaklaryň sany bilen ulanýarlar.

Bir basgançakly radial shemalary, iýmitlenme merkezden dürli ugurlarda ýerleşdirilen, bir ýere jemlenen sarp edijiler (nasos stansyýalar, peçler, özgerdiji gurnamalar, seh podstansiýalar) iýmitlendirmek üçin kuwwady boýunça uly bolmadyk we orta bolan kärhanalarda ulanýarlar. Radial shemalar, iýmetlenme çeşmelerden başlap tä sehiň podstansyýalarynyň 1 kW naprýaženiýeli ýygňalan şina simlere çenli bütün elektrik üpjünçilik ulgamyň düýpli seksionirlemesini üpjün edýär. I derejeli sarp edijileriň aglabalygy bilen paýlaýjy punktlaryň ýa-da podstansyýalaryň we iri podstansyýalaryň iýmetlenmesi, iýmetlenme çeşmesiniň dürli seksiyalaryndan gaýdan ikiden köp bolmadyk radial liniýalar bilen amala aşyrylýar.

400-630 kW A kuwwatly aýratyn ýerleştirilen bir transformatorly podstansyýalar I we II derejeli sarp edijiler bolmasalar ätiýaçlandyrmasyz ýekeleýin radial liniýalar boýunça iýmitlenmäni alýarlar we liniýany geçirmäniň şertleri boýunça onuň çalt bejerilmesi mümkindir. Eger-de aýratynlaştýrylan podstansiýalarda II derejeli sarp edijiler

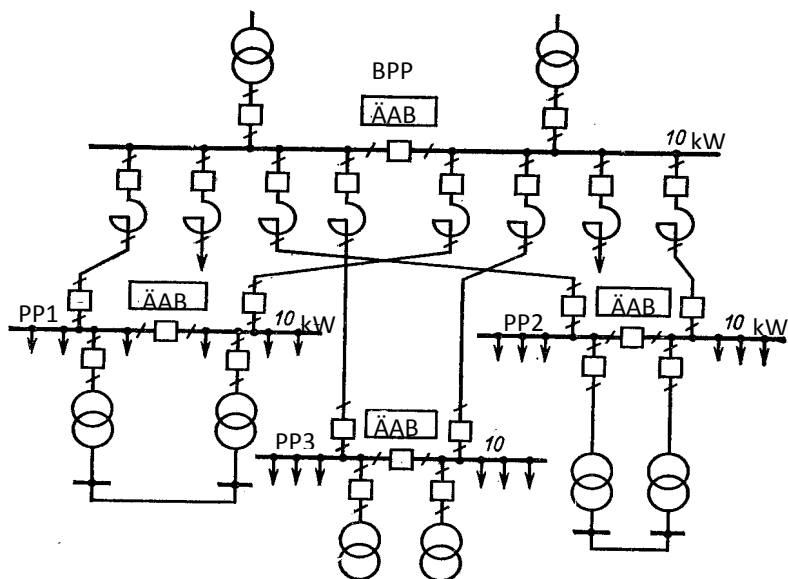
Aralyk paýlaýjy punktly iki basgançakly radial shemalary (8.2-nji çyzgy) elektrik energiýany sarp etmegiň iri nokatlaryny paýlaýjy punktlar arkaly iýmitlendirmek üçin kuwwatly boýunça uly we orta bolan kärhanalarda ulanýarlar sebäbi gymmat öýjükli paýlaýjy gurnamaly kärhanany iýmitlendirmegiň esasy merkezini aýyrlyp gidýän köp sanly ownuk liniýalar bilen ýüklenme maksada laýyk. Ikileýli paýlaýjy punktlardan iýmitlenme ýokary naprýaženiýeli ýygnaýan şina simlarsyz sehiň podstantsiýalaryna iberilýär. Bu ýagdaýda transformatorlaryň doly ýapyk birikdirmesini ulanylýar ýa-

da ýüklenme öçürijisini gözönünde tutýarlar, kä ýagdaýda-aýryjyny. Komutasion goraw apparatlaryny bu ýagdaýda paýlaýjy punktlarda gurnaýarlar.

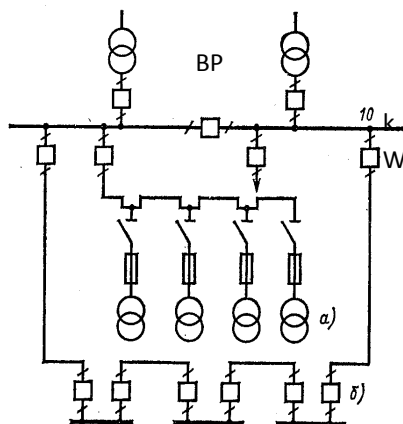
Elektrik energiýanyň paýlanmasynyň magistral shemalaryny sarp edijiler köp bolanlarynda we radial shemalar maksada laýyk bolan ýagdaýlarynda ulanýarlar. Magistral shemanyň esasy artykmaçlygy komutasiýa bölümleriniň gysgalmaklarynda bolup durýar. Magistral shemalary podstantsiýalaryň kärhananyň çäginde liniýa ýakyn ýerleşmeginde ulanmak maksada laýyk, bu magistrallaryňiýmitlenme çeşmeden sarp edijilere çenli göni göçmegine ýardam berýär we şonuň bilen bilelikde magistrallyň uzynlygynyň gysgalmasyna.

Magistral shemalaryň kemçiligi radial shemalar bilen deňşdireniňde has pes ygtybarlygy bolup durýar, sebäbi bir magistral boýunça olaryň iýmitlenmesinde bir transformatorly podstantsiýalarda pes naprýaženiýede ätiýaçlandyrmagyň mümkinçilikleri aradan aýrylýar. Bir magistraldan 2500-1000 kW.A kuwwatly iki-üçden köp bolmadyk transformatorlary ew 630-250 kW.A kuwwatly dört-bäşden köp bolmadyk transformatorlary iýmitlendirme maslahat berilýär.

Ygtybarlyk derejesiniň hasaby bilen iki topara bölünýän magistral shemalaryň modifikasiýalarynyň we dürli görnüşleriniň köp sany bar; ýekeleýin magistrallar (8.3-nji çyzgy) we iki we ondan hem köp ikitaraplaýyn magistrally shemalar (8.4- nji çyzgy)



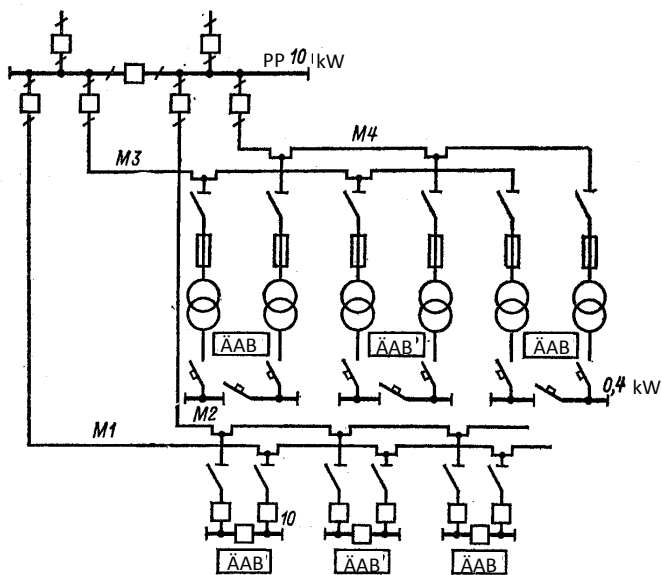
8.2- nji çyzgy. Elektrik energiýanyň paýlanmagynyň iki başgançakly radial shemasy.



8.3- nji çyzgy. Ýekeleýin magistral shemalar. A- bir taraplaýyn iýmiýlenmeli; b- iki taraplaýyn iýmitlenmeli.

Ýekeleýin magistrallar ätiýaçlanmasyz diňe III derejeli sarp edijiler üçin rugsat edilýändirler. Iki we ondan hem köp iki taraplaýyn magistrally shemalar ýokary yhtybarlykly bbolyp we islendik yhtybarlyk derejeli sarp edijiler üçin ulanylyp bilnerler.

Ikileýin iki taraplaýyn magistrallar seh podstansiýalar üçin ýa-da ýygnaýan şynalaryň iki seksiyaly paýlaýjy punktlary (M1 we M2 8.4-nji çyzgy) ýa-da ýokary naprýaženiýe tarapynda ýygnaýan şina simlersiz iki transformatorly seh podstansiýalar üçin maksada laýykdyr. Geçirilýän kuwwata baglylykda her magistralla ikiden dörde çenli podstansiýalary birikdirýärler. Trnaformator podstansiýalarynyň ýa-da paýlaýjy punktlarynyň şynalarynyň seksiyalary adaty ýagdaýda aýratyn işleýärler. Magistrallyň birinde bozulma ýagdaýynda trnasformatorlar podstansiýalarynyň ýa-da paýlaýjy punktlaryny işläp duran magistralla birikdirýärler



8.4-nji çyzgy. Ikileýin magistral shemalar.

Seh podstansiýalarynyň iýmitlenmesiniň magistral shemalarynda transformatora girizmede, ýüklenmäniň öçürijisi ýa-da üzňeleýji görnüşinde has arzan kommutasion apparaturany gurnaýarlar. Eger-de transformatoryň zaýalanmagynda onuň saýlama öçürilmesini üpjün etmek talap edilýän bolsa ýa-da transformatoryň zaýalanmagynda baş öçürijide goraw duýulmasa, onda üzňeleýji bilen yzygider, beýleki işlere zyýan bermesiz zaýаланan transformatory öçürmek üçin niýetlenen ПК görnüşli goraýjyny gurnaýarlar.

Taslama we ulanma işinde diňe radial ýa-da diňe magistral usuly boýunça gurulan elektrik energiýany zawod içinde paýlamak shemasyny kä ýagdaýda peýdalanýarlar. Radial we magistral shemalaryň utgaşmalarynyň artykmaçlygy iň gowy tehniki-ykdysady görkezijili elektrik üpjünçilik ulgamyny döretmäne mümkinçilik berýär.

## **8.2. Ýüklenmeleriniň kartogramasy we elektrik ýüklenmeleriň merkeziniň kesgitlenişi**

Elektrik üpjünçiligi ulgamlarynda rasional iş durkuny almak üçin belli bir derejede transformatorly podstansiýalaryň dogry ýerleşmekleridir. Baş peseldiji podstansiýasynyň ýerleşjek ýerini kesgitlemek üçin taslama işlenende senagat kärhanasynyň elektrik enjamlarynyň baş plany hem-de elektrik ýüklenmeleriň kargotramasy düzülýär. Ol baş planda elektrik ýüklenmeleriň kuwwatyny göz önünde tutýan töwerek hökmünde gurulýar, onuň üçin belli bir masştab kabul edilýär. Masştab hasaplanan kuwwata görä alynýar.

Baş peseldiji podstansiýa we elektrik paýlaýjy gurnama hasap boýunça alynýan ýüklenme merkezine ýakyn ýerleşmelidir, onuň manysy ýokary naprýaženiýäni

ýakynlaşdyrmakdyr. Sebäbi, şeýle bolanda ýokary naprýaženiýe üçin çekilýän simleriň ýa-da kabelleriň az mukdary ulanylmagy, şoňa laýyklykda kiçi naprýaženiýä degişli bolan simiň ýa-da kabeliň sany hem azalýar. Mundan başga-da umumy aktiw kuwwatyň we naprýaženiýäniň ýitgileri hem azalýar.

Tegelegiň meýdany masştabda alnyp hasaplanan ýüklenmä bagly şeýle kesgitlenýär:

aktiw kuwwat üçin

$$P_i = \pi R_i^2 \cdot m \quad R_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}} \quad (8.1)$$

doly kuwwat üçin

$$S_i = \pi R_i^2 \cdot m \quad R_i = \sqrt{\frac{S_i}{\pi \cdot m}} \quad (8.2)$$

Bu ýerde  $P_i$ ,  $S_i$ - nomerleri sehiň aktiw we doly kuwwaty;

$R_i$ -töweregiň radiusy;

$m$ - töweregiň meýdany hasaplamak üçin alynan masştab

(bir masştab alnýar).

1000 W çenli we naprýaženiýedäki elektrik ýüklenmeler tegelek ýa-da onuň sektory hökmünde görkezilýär. Sehdäki elektrik ýüklenmeler ortaça ýyglykda ýerleşýär diýip kabul etsek, şoňa laýyklykda ýüklenme merkezi baş planda görkezilen merkeze düşýär.

Yşyk üçin elektrik ýüklenme 1000 W çenli naprýaženiýä degişli kartogrammanyň töwereginde sektor hökmünde görkezilýär. Sektoryň burçy  $\alpha_i$  yşyklandyryş elektrik ýüklenmäniň  $P_{hi}$  bütün sehiň ýüklenmesiniň  $P_{h,\gamma,i}$  gatnaşygy hökmünde kesgitlenýär:



$$\alpha_i = \frac{P_{h.y.i} \cdot 630}{P_{hi}}; \quad \alpha_i = \frac{P_{h.y.i} \cdot 630}{S_{hi}} \quad (8.3)$$

Kartogramma düzülende sehdaiki hasaplanan aktiw  $P_{hi}$  doly kuwwat  $S_{hi}$  ýüklenmeleriň hasaplanan yşyklanmasyna  $P_{h.y.i}$  gidýän ýüklenmäni bilmeli. Soňra m-masştab kabul edilýär. Baş peseldiji podstansiýa we elektrik paýlaýjy gurnamanyň ýerleşýän ýerini bilmek üçin sehleriň aktiw  $P_{hi}$ , reaktiw  $Q_{hi}$  we doly  $S_{hi}$  kuwwatyny kesgitleýäris. Aktiw, reaktiw we doly kuwwatlaryň özbaşdak kesgitlemesiniň sebäbi olaryň aýratyn üpjün edijini ulanmagy (transformator podstansiýa, paýlaýjy gurnama, paýlaýjy gurnama, generator, kompensirleýji gurnama, sinhron kompensator).

Baş planda koordinata çyzyklary görkezilýär. Senagat kärhananyň elektrik ýüklenme merkezi (EÝM) aşakdaky formulalar boýunça kesgitlenilýär:

$$X_{o.a} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{hi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_{hi}}; \quad Y_{o.a} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{hi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{hi}} \quad (8.4)$$

$$X_{o.r} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{hi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n Q_{hi}}; \quad Y_{o.r} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{hi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n Q_{hi}} \quad (8.5)$$

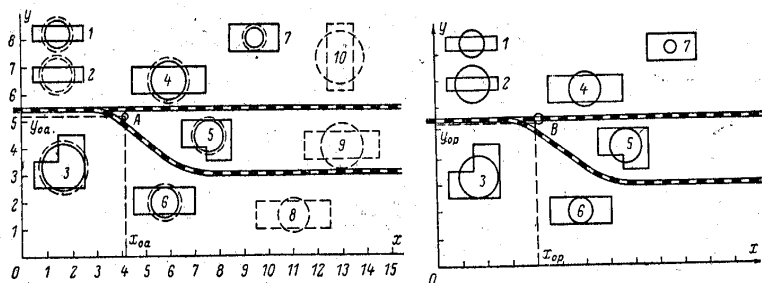
$$X_{o.d} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{hi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n S_{hi}}; \quad Y_{o.d} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{hi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n S_{hi}} \quad (8.6)$$

bu ýerde  $X_{o,a}$ ,  $Y_{o,a}$ ,  $X_{o,r}$ ,  $Y_{o,r}$ ,  $X_{o,d}$ ,  $Y_{o,d}$ , -aktiw, reaktiw we doly elektrik

ýüklenmeleriniň ýerleşýän merkeziniň koordinatalary;

$P_{hi}$ ,  $Q_{hi}$ ,  $S_{hi}$ -"i" sehiň aktiw, reaktiw we doly kuwwatlary;

$X_i$ ,  $Y_i$ -"i" sehiň ýüklenme merkeziniň koordinatalary.



8.5-nji çyzgy. Senagat kärhanalarynyň baş kartogrammalary.

## DOKUZY NJY BAP

### SEHLERİŇ ELEKTRIK ÜPJÜNÇİLIGI

#### **9.1. Seh elektrik üpjünçiligini taslama. Mikroklimat häsiýeti boýunça önümçilik jaýlarynyň klassifikasiýasy**

Senagat kärhanalarynyň seh setlerini 1 kW çenli naprýaženiýeli edip ýerine ýetirýärler. Seh setiniň gurnalysy ýerine ýetirilmegine we shemasyny saýlamana, elektrik energiýanyň kabul edijileriniň jogapkärçilik derejesi, olaryň iş ýagdaýlary we sehiň çäklerinde ýerleşmesi, nominal toklar we naprýaženiýalar ýaly ýagdaýlar täsir edýärler. Önümçilik jaýlarynyň mikroklimatynyň düýpli manysy bar.

Elektrik gurnamalary gurnamagyň düzgünlerine laýyklykda daşymyzy gurşap alýan sredanyň häsiýetine baglylykda önümçilik jaýlary şu indiki klasslara bölýärler: adaty sredaly jaýlar, yssy, çyg, yzgarly, gaty yzgarly, tozanly, himiki aktiw sredaly jaýlar, ýangyna howply zolakly jaýlar. Partlama we ýangyna howply jisimleriň we garyndylaryň emele gelmeginiň dürli şertlerini bilen şertlendirilen aýratyn klassifikasiýasy bar.

Elektrik üpjünçilik ulgamy taslananda, ulanylýan enjamyň goraw derejesine ahyrky täsir edýän sredanyň häsiýetini dogry kesgitlemek zerur.

Elektrik enjamynyň gorawynyň mümkin bolan derejeleri TDS 12454-80 bellenen, onda tok äkidiji bölümlere galtaşmaýar, şeýle hem gaty zatlaryň düşmeginden gorawyň alty derejesi we suwuň degmeginden gorawyň sekiz derejesi göz önünde tutulan.

Standarta laýyklykda elektrik enjamyň gorawynyň derejesi IP harplar we iki san bilen belgilenýär. Birinji san tok äkidiji bölümlere galtaşmagyndan gaty jisimleriň

degmeginden gorama derejesini görkezýär, ikinjisi-suwuň degmeginden gorama derejesini (9.1-nji tablisa) getirilen.

Elektrik enjamy gorama derejesi.

9.1-nji tablisa.

Gorawyň san belgisi	Tok äkidiji bölümlere galtaşmadan we gaty jisimleriň degmeginden gorama derejesi	Suw degmeginden gorawyň derejesi
0	Hiç-hili gorawyň bolmazlygy	Hiç-hili gorawyň bolmazlygy
1	50 mm-den uly bolan ölçegli gaty jisimlerden gorama	Suw damjalaryndan gorama
2	12 mm-den uly bolan ölçeli gaty jisimlerden gorama	15 <sup>0</sup> çenli egilmede suw damjalaradan gorama
3	2.5 mm-den uly bolan ölçegli gaty jisimlerden gorama	Ýagyşdan gorama
4	1mm-den uly bolan ölçegli gaty jisimlerden gorama	Syçramalardan gorama
5	Tozandan gorama	
6	Tozan geçirmezlik	Suw akymларыndan gorama
7	-	Suw akymларыndan gorama
8	-	Suwa çümmede suwuň degmeginden gorama
		Uzak wagtläýyn suwa çümmede gorama

Normal sredaly jaýlarda elektrik enjam mehaniki şikeslenmelerden, şeýle hem tok äkidiji böleklere tötänleýin degmeden (galtaşmadan) goralan bolmaly. Himiki aktiw sredaly jaýlarda elektrik enjamlaryň dargamadan gorawy göz önünde tutulan bolmaly, bu bolsa ýörite örtükleriň we materiallaryň ulanylmasy bilen amala aşyrylýar. Ýangyna howply we partlama howply jaýlarda gorama derejesi olaryň klassifikasyýasyna laýyklykda IP 44-den pes bolmaly däl. Yzgarly we has yzgarly jaýlarda suwuň degmeginden gorama derejesi 2, 4, 7 we 8 deň kabul edilýär. Iki soňky ýerine ýetirilmeler örtükleriň germetikligini döredýärler.

## **9.2. Seh elektrik setiň shemasyny saýlamak**

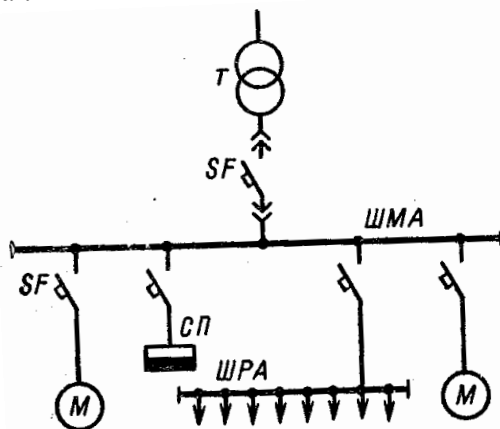
Elektrik energiýany paýlamagyň seh setleri şu indikileri üpjün etmeli. Derejesine baglylykda elektrik energiýanyň kabul edijileriniň elektrik üpjünçiliginiň gerekli ygtybarlygyny üpjün etmeli, ulanylanda howpsuz we tygaşykly (udobnyi) bolmaly;

Optimal peýdaly tehniki-ykdysasy görkezijileri bolmaly (getirilen çykdaňjylaryň minimumy);

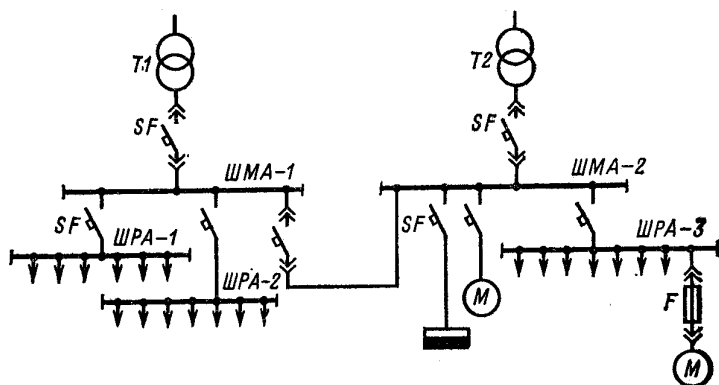
Ýygnamagyň (montažyň) industrial we tizlikleýin usullarynyň ulanylmagyny üpjün edýän gurnama (konstruktiv) ýerine ýetirilişi bolmaly.

Seh setleriniň shemalaryny magistrala we radiala bölýärler. Seh transformator podstansoýanyň pes naprýaženiýesiniň paýlaýjy gurnamasyndan gaýdýan we sehiň paýlaýjy setiniň we elektrik energiýanyňaýratyn has kuwwatly kabul edijilerini iýmitlendirmek üçin niýetlenen seh elektrik setiniň liniýasyna baş magistral liniýa (ýa-da baş magistral) diýýärler. Baş magistrally uly işçi toklarda (6300 A çenli) niýetlenýärler. Olaryň köp sany bolmadyk birikmeleri bar. Transformator-magistral blogy görnüşli (TMB) magistral shemalary giňden ulanýarlar. Şeýle

shemada seh podstansyýasynda pes naprýaženiýäniň paýlaýjy gurnamalary bolmaýarlar, magistral bolsa girizilýän awtomatiki öçüriji arkaly seh transformatoryna gönüden-göni birikdirilýär (9.1-nji çyzgy). Iki transformatorly podstansyýada we transformator-magistral blogly shemada magistrallaryň aralygynda özara ätiýaçlandyrma üçin awtomatiki öçürijili peremyçkany gurnaýarlar (9.2-nji çyzgy). Güýç transformatorlaryň sanyndan ýokary geçmeýän magistral transformator podstansiýalardan gelyänleriň sany bilen magistral shemalary ulanmak maslahat berilýär. Bu ýagdaýda iýmitlendiriji magistrallaryň jemlenen geçirijilik ukyby güýç transformatorlaryň jemlenen nominal kuwwatyndan ýokary bolmaly däl.



9.1-nji çyzgy. Bir transformatorly podstansiýa üçin transformator - magistral blogyň shemasy.



9.2-çyzgy. Iki transformatorly podstansýya üçin transformator-magistral blogyň shemasy.

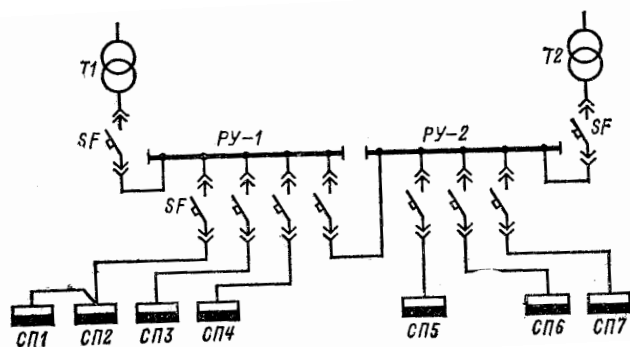
Köp ýagdaýlarda dargadylan (rassredotoçennyi) ýüklenmeli we 1600 we 2500 kW.A kuwwatly transformatorly iri sehlerde bir transformatorly iri sehlerde, bir transformatoradan iýmitlenýän birnäçe magistrally magistral shemalary ulanýarlar. Seh transformator-podstansiýasy bu ýagdaýda birikdirilen magistrallaryň sanyna deň bolan liniýaly awtomatiki öçürijileriň sany bilen pes naprýaäeniýeli paýlaýjy gurnamasy bolmaly (9.3-nji çyzgy).

Paýlaýjy magistrallar, magistral liniýanyň ugrunda endygan ýerleşdirilen kiçi we orta kuwwatly kabul edijileri iýmitlendirmek üçin niýetlenen. Şeýle shemalary 630 A çenli toklarda IIIPA seriýasynyň toplumlaýyn (komplektlaýyn) paýlaýj şina simleriň kömegi bilen ýerine ýetirýärler. Olaryň iýmitlendirmesini baş magistrallardan ýa-da seh podstansiýasynyň pes naprýaženiýesini paýlaýjy gurnamasyndan amala aşyrýarlar (9.2-nji çyzgy).

Magistral shemalar wlvktrik üpjünçiligiň ýokary ygtybarlagyny üpjün edýärler, köp taraplaýynlygy

(uniwersallygy) we çeyeligi bolýar (elektrik setiň esasy üýtgemesiz tehnologik enjamlary üýtgetmäne mümkinçilik berýär). Şol sebäpden ony ullamaklyk hemme ýagdaýlarda maslahat berilýär, eger-de muňa ýüklenmeleriň ýerine (territorial) ýerleşmesi, sredanyň şertleri we tehnikykdysady görkezijileri päsgel bermeseler.

Elektrik üpjünçiligiň radial shemasy, sehiň dürli ýerlerinde ýerleşdirilern elektrik energiýanyň kabul edijileriň uly bolmadyk toparyny iýmitlendirmek üçin niýetlenen we transformator podstansiýanyň pes napryžaeniýesiniň paýlaýjy gurnamalryndan gaýdýan seh elektrik setiniň jemini özünden emele getirýär (9.4-nji çyzgy). Elektrik üpjünçiligiň radial shemalaryny magistral shemalary ulanyp bolmaýan ýagdaýlarynda ulanýarlar.



9.4-nji çyzgy. 1 kW-da çenli napryžaeniýede elektrik energiýany paýlamagyň radial shemasy.

Radial shemalarda aýratyn sarp edijilere elektrik energiýany paýlamak, sarp edijileriň berilen toparynyň elektrik ýüklenmeleriň merkezinde ýerleşdirilen güýç nokatlardan özbaşdak liniýalar bilen amala aşyrýarlar. Has arzanlar hökmünde güýç nokatlary goraýjylar bilen ulanmak



maslahat berilýär (CII, SPU, ŞRSUZ görnüşli). Radial shemalar elektrik üpjünçiligiň ýokary ygtybarlylygyny üpjün edýärler. Emma olar magistral shemalara görä elektrik enjama we gurnama köp çykdajylary talap edýärler.

### **9.3. Seh elektrik setleriň gurluş (konstruktiv) ýerine ýetirilişi**

Elektrik üpjünçiligiň kabul eden shemasyna we daşymyzy gurşayan sredanyň şertlerine baglylykda seh elektrik setleri şina simler, kabel linişalar we simlar bilen ýerine ýetirilýärler.

Magistral setleri açyk, goraglanan ýa-da ýapyk şina simleri edip taýýarlaýarlar.

Açyk şina simleri düzgün bolşy ýaly, elektrik energiýanyň kabul edijileri gönüden-göni çatylmaýan magistrallar üçin ulanýarlar. Olar izolýatorda berkidilen alýumin şina simler bilen taýýarlanýarlar we elýetmez beýiklikde sehiň sýtýnlerinden (kolonna) we fermalaryndan geçirilýärler. Açyk şina simlerinden paýlaýjy punktunyň iýmitlenmesi turbalaryň içinden geçirilen simler ýa-da kabeller bilen ýerine ýetirýärler. Setiň şeýle ýerine ýetirilişi metallurgiýa zawodlaryň guýma we prokatlyma sehlary mehaniki ýygnaýjy zawodlaryň kebşirleýji sehlary, guýma presleme sehlar üçin häsiýetli.

Gorawlanan şina sim şina simelere tötänleýin degmeden we olara keseki zatlaryň düşmeginden gözenek (setka) ýa-da perforirlenen listlerden bolan guty bilen garawlanan şina simi özünden emele getirýär. Häzirki wagt zawod usuly bilen taýýarlanan ýapyk şina simleri giňden ulanýarlar. Şeýle şina sime toplumlaýyn diýip atlandyrylar, sebäbi ol, bir örtüğe gaplanan we örtügiň özi bilen ýa-da izolýator-kleşler bilen berkidilen üç ýa-da dört

şına simleri özünden emele getirýän aýratyn ýygñalan seksiyalar görnüşde bolýar.

Liniýanyň göni böleklerini ýerine ýetirmek üçin göni seksiyalar gulluk edýärler, öwrümler üçin- burçlaýynlar; şahalanmalar üçin – üçlükleýin we atanaklaýyn şahalaryň aýrylmaklary üçin – şaha aýryjylar, birikmeler üçin – birikdirijiler, temperatura uzalmalarda uzynlygyň üýtgemeginiň öwezini dolmak üçin (kompensasiýa) we uzynlygyny doly ýetirmek üçin - takmynlaşdyryjylary, olaryň gurnama ýerinde birikdirmesini kebsirleme, boltly ýa-da şepselli berkitme bilen ýerine ýetirýärler.

Baş magistrallar üçin IIIMA73Y3 we IIIPM73Y3 belgili toplumlaýyn şına simler bilen taýýarlaýarlar. Aýratyn kabul edijileri turbalarda, gutylarda ýa-da metalýeňlerde (metalmaýyşgaklarda) kabel ýa-da sim bilen şahalary aýrylan gutylar arkaly IIIPA-lara birikdirýärler. 3 m uzynlykly IIIPA-nyň her seksiyasynda , awtomatiki öçürijili ýa-da rubilnikli goraýjyly şahalary aýrylan gutylaryň şepselbirikdirilmesi üçin şına simiň seksiyalarynda awtomatiki ýapylýan tutuly penjireler göz önünde tutulan. Bu ulanma prosesinde naprýaženiýe astynda bolan şine simde gutylaryň howpsuz birikdirilmesini üpjün edýär. Gutynyň gapagy açylanda elektrik energiýasynyň kabul edijisiniň iýmitlenmesi bes edilýär.

Magistral şine simde IIIPA-nyň şahasy aýrylan IIIMA-nyň şahasy aýrylan seksiyasy bilen IIIPA-nyň girizilýän gutysyna birikdirilýän kabel bilen amala aşyrylýar.

IIIPA-nyň girizilýän gutusy sensiýanyň ahyrynda ýa-da iki seksiyalaryň bitişmesiniň ýerinde gurnalyp biliner.

IIIPA görnüşli şına simleriniň birikdirilmesini poldan 1,5 m beýiklikde sütünlerde, direlgelerde, kronşteýinler bilen diwarlara we kolannalara ,jaýyň fermalaryna troslar bilen ýerine ýetirýärler.

Kabeli esasan, kuwwatly merkezleşdirilen (сосредоточенной) ýüklenmeleri ýa-da ýüklenmeleriň böleklerini iýmitlendirmek üçin radial setlerde ulanýarlar. Jaýlaryň içinde kabelleri geçirlende olary açyk usul bilen diwarlarda kolankalarda (sütünlerde) fermalarda we ýapylmalarda polda we ýapylmalarda geçirilen turbalarda kanallarda blokarda ýerleşdirilýär. Jaýlaryň içinde kabelleriň açyk geçirilmesini bnorinlenen edip we köplenç bronirlenenmedik daşky ýüpli bitim örtüksiz kabeller bilen ýerine ýetirýärler (ýangyn howpsyzlyk şertlerinden). Kabelleriň goýulýan ýaly mümkin boldugyça göniugurly we dürli turba geçirijilerden daşlaşdyrylan bolmaly. Eger-de ýekeleýin kabeli diwarlar we ýapylmalar boýunça geçirseler, onda ony berkidijiniň (skopkanyň)kömegi bilen berkidýärler. Birnäçe kabeller geçirlende aýratyn böleklerden –direg we tekjeden ýygnaýan завод öndürilmesiniň direg gurluşyny (konstruksiya) ulanýarlar.

Önümçilik jaýlarynda has giňden ýaýrany, ýörüte kanallarda kabelleri geçirmek bolup durýar, eger-de bir ugurda kabelleriň köp sanyny geçirýän bolsalar, bu ýagdaýda demir-beton plitalar ýa-da polat egreldilen listler bilen ýapylan demir-betondan ýa-da kerpiçden kanaly sehiň polunyň aşagynda gurnaýarlar. Kanalyň içinde kabelleri, gapdalky diwarlarda ýerleşdirilen adaty ýygnama gurluşlarda ýerleşdirýärler.

Kabelleri şeýle geçirmegiň artykmaçlygy, olary mehaniki näsazlyklardan goramada, ulanmagyň dowamynda barlagyň we gözegçiligiň rahatlygy, kemçilikleri – ep –esli maddy çykdaýjylarda.

Kanallarda bronirlenen kabelleri geçirmek islendik häsiýetli sredaly jaýlarda mümkündür. Emma eger-de kanallara suwuň düşmegi himiki we aktiw suwuklyklaryň ýa-da ergin metalyň barmagynyň mümkinçiligi bolsa, beýle geçirme rugsat edilmeyär. Bloklary we tunelleri a gressiw

sredaly jaýlarda bir ugurda geçýän kabelleriň káp sanynda we metallyň ýa-da ýangyç suwuklyklaryň mümkin bolan dökülmeginde aýratyn jogapkär kabel liniýalaryň geçirilmesi üçin ulanylýar. Tunellerde we bloklarda kabelleri adaty metal gurluşlarda (konstuksiýa) geçirilýär.

Kabel tuneller mehaniki näsazlylardan gowý goraýarlar, kabelleri gözegçilik etmek we bejermek aňsat (udobno) emma düýplikemçilikler gurluşyk bölüme ep-esli maddy çykdaýjylar we sowatma şertleriniň pes bolmagyndadyr.

Turbalarda elektrik geçirmeler ygtybarly bolup we şol wagtyň özünde has köp zähmet sarp-edijilikli we gymmat bahaly bolup durýarlar. Şol sebäpden turbalardakabelleri geçirmeginden gaçadurmaga maslahat berilýär. Şeýle mümkinçiligiň bolmadyk ýagdaýda (mysal üçin: trassanyň kä-bir bölekleriniň ölçegleriniň darlygy sebäpli, partlama howply sredalyjaýlarda, mehaniki näsazlyklardan elektrik geçirmeleri goramagyň zerurlygynda we ş.m) kabelleriň (simleriň) toplumlaýyn geçirmesini giňden ulanmak gerek : trassanyň bir böleklerinde turbalarda we galanlarynda açyk.

Simler bilen ýerine ýetirilen seh setleri izolirleýji direglerde , polat we plastmass turbalarda açyk geçirýärler.

Izolirlenen simleriň açyk geçirilmesi partlama howply sredaly jaýlardan başga hemme jaýlarda rugsat edilýär. Ýeňil suwgazgeçiriji turbalary hemme sredalarda we daşky gurnamalarda ulanmaga rugsat edilýär, ýöne yzgarly, aş a yzgarly, himiki aktiw sredaly jaýlarda we daşky gurnamalar üçin maslahat berilýär. Ýuka diwarly elektrik kebşirlenen turbalary partlama howply, yzgarly, aş a yzgarly, himiki aktiw sredaly jaýlar üçin, daşky gurnamalarda we ýeriň aşagynda ulanylýar ; olary başga sredalarda ulanmak, şol sanda ýangyna howply jaýlarda ulanmak maslahat berilýär.

Plastmass turbalary ulanamak, polat turbalary tygşytlamaga , şeýle hem turba elektrik geçirmeleriň zähmet

sarp edijiligi peseltmäge mümkinçilik berýärler. Elektrik geçirmeler üçin plastmass turbalary winiplastalaň, politilenden we polipropilenden edip ulanýarlar. Winiplastalan turbalar gaty bolup, olary ýangyna howply we partlama howply sredalardan başga hemme sredalarda açyk we ýaoyk geçirmelr üçin, şeýle hem gyzgyn sehlerdaky geçirmeler üçin ulanylýarlar. Açyk geçirmede winiplast turbalary hassahanalarda, çagalar edaralarynda, jaýyň ýokarsynda (çerdaklarda) we maldarçylyk jaýlarynda ulanmaga rugsat edilmeýär.

Polietilen we polipropilen turbalary, partlama weýangyna howply jaýalrda, ýangyna durnuklygynyň ikinji derejesinden pes bolan jaýlarda, tomaşa jaýlarynda, çagalar we sagaldyş edaralarynda, ýasaýyş we jemgiýet administratiw gurnamalrynda, beýik gatly jaýlarda ulanmaklyk gadagan.

Polipropilen we polietilen turbalary, gury, yzgarly, tozanly we himiki agressiw sredaly jaýlarad ýapyk geçirmede maslahat berýärler.

Ýanmaýan diwarlarda we ýapylmalarda ýapyk geçirmede plastmass turbalary agaçlaryň içinde alebastr ergini bilen her 0,5-0,8 m-den berkidip geçirýärler; ýanamaýan materiýalardan bolan diwarlarda we ýapylmalarda turbalaryň aşagyna galyňlygy 3 mm-den az bolmadyk listly asbestyň çyzygynda goýýarlar.

Senagatyň birnäçe pudaklarynda (esasan enjamlar gurluşygynda) setirleýin ýerleştirilen uly bolmadyk kuwwatly sarp edijileri iýmitlendirmek üçin polyň içinde geçirilýän modul setleri ulanýarlar. Şeýle set, polyň içinde geçirilen magistral turbalrdan we polasty şahalandyrylan gutulardan ybarat, olaryň üstünde 380W çenli napryženiýeli 60A çenli üýtgeýän tokly kabul edijileri iýmitlendirmeküçin şahalandyrylan kolonkalary gurnalaýarlar.

KM-20 görnüşli modul setleri üçin gutylarda tozan suw geçimeýän ýerine ýetirilmesi bar. Gurluş boýunça gutylarda , gapdal diwarlarda potrupkaly dört sany öýjük ýar – ikisi neagistral üçin , ikisi şahalryň aýrylmagy üçin. Şahalandyryjy gutuly köplenç 2-3 m aralykda ýerleştiriler.

Magistrallaryň arasy kesilmedik simli bir damarly taýýarlaýarlar (AIIB we AIIPTO). Kalonkalardan elektrik kabul ediljere gaýdýan limiýalary maýyşgak metalturbalardaky ýa-da turbalardaky kabeller ýa-da simler bilen ýerine ýetirýäler.

50-60 Gs ýygylkly, 660 W çenli naprýaženiýeli ýapyk zeminlenen neýtrally setler üçin toplumlaýyn magistral şina simleriň tehniki häsiýetnamalary.

9.2-nji tablisa.

Häsiýetnamalary	Şina simleriň görnüşleri			
	IIIMA7343	IIIMA73II4 3	IIIMA6 8	HY3
Nominal tok, A	1600	1600	2500	4000
Elektrodinamiki durnuklyk (amplituda bahasy), kA azdäl.	70	90	70	100
Termiki durnuklyk, kA faza garşylyk, Om/km:	20	35	35	50
Şina simleriň temperaturasy 20 C bolanda aktiw induktiw	0,031	0,031	0,02	0,013
Faza-nol (doly) halkanyň garşylygy Om/km	0,022	0,022	0,02	0,015
Nominal tokda 100 m napriýaženiýanyň liniýa ýitgisi	11,5	11,5	13,5	16,5

(yükleme linýanyň soõunda jemlenen $\cos \varphi=0,8$ ), W				
Gňni seksiyanyň kese kesigi (giňligi X beýikligi), mm	300*160	300*160	444*215	444*29 5
Goraw derejeSI	1P20	1P20	1P20	1P20
Berkitme nokatlarynyň aralygyndaky maksimal aralyk, m;				
Uzynlygy 1,5 m- den uly bolan göni seksiýalardan düzülen trassolarda	6	6	-	-
Beýleki ýagdaýlarda	5	5	3	3
Jogapkär seksiýalrda gurnalan awtomatiki öçürjileriň kysymlary	A3734 , C400A, 600W; A3744C,630A,660W; A3736Φ,400A,380W ; A3736Φ,630A,380W	-	-	-

50-60 Gs ýygýlykly 380/220 W naprýaženiýeli ýapyk  
zeminlenen neýtrally şetrlr üçin toplumlaýyn paýlaýjy şına  
simleriň tehniki häsiýetnamalary.

### 9.3 – nji tablisa.

Häaiýetna-malary	Şina simleriň görnüşleri			
	IIIPA7343V3			IIIPM73V3
Nominal tok, A	250	400	630	100
Elektrodinamiki durnuklyk (amplituda bahasy) , kA, az däl.	15	25	35	10
Tehniki durnuklyk, kWA	7	10	14	7
Faza garşylyk, Om/km aktiw	0,21	0,15	0,10	-
induktiv	0,21	0,17	0,13	-
Nominal tokda $\cos \varphi = 0,8$ we ýüklenmäniň deň paýlanma-gynda 100 m uzynlykda, napryženi-ýäniň linýaly ýitgisi, W	6,5	8	8,5	-
Kese kesik mm	260x80	284x95	284x125	70x80
Goraw derejesi Berkitme nokatlarynyň arasyndaky maksimal aralyk, m, az däl:	1P32	1P32	1P32	1P32
Direglere berkidilende başga gurluşlarda şahalandyrlan gutularda gurnalan komutasion – goraw aparatyň görnişleri goraýjy owtomatiki öçirijiler (tok,A)	6 3  ПН2-100 A3710(160) A3720(100) AE2050(100)	6 3  ПН2-100 A3710 (160) A3720(100) A3120(100) AE2050(100)	6 3  ПН2-100 A3710(160) A3720(100) A3120(100) AE2050(100)	6 3  25Atogy AE2033(25)
Aýyrjylar bilen şahalandyryjy gutularyň barlygy toklara 160A 250A	BAR ÝOK	BAR BAR	BAR BAR	



#### 9.4. 1kw-da çenli napryażeniýe elektrik enjamlaryny saýlamak

Toplumlaýyn şina simlaryny saýlamak.

Baş magistrallar üçin IIIMA görnişli toplumlaýyn şina simlary, magistral birikdirilen güýç transformatoryň hasap togy boýunça saýlaýarlar.

Baş magistralda napryażeniýäniň ýitgilerini şu deňleme boýunça kesgitleýärler, %.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \sum I_p l \cdot 100}{U_{nom}} (r_{ud} \cos \varphi + X_{ud} \sin \varphi) \quad (9.1)$$

Bu ýerde  $\sum I_p l$  - şina simlaryň tok ýüklenmeleriniň momentlarynyň jemi, A·km;

$r_{ud}, X_{ud}$  - laýyklykda şina simiň udel aktiw we induktiw garşylyklary, Om/kW;

IIIMA görnişli paýlaýjy şina simleriň  $I_h$  hasap togy boýunça şu şertde saýlanýarlar.

$$I_n \leq I_{nom}$$

Bu ýerde  $I_{nom}$  - şina simiň nominal togy.

Endigan ýüklenmeli we giriziji seksiyanyň şina simiň ýerleşmesi bilen paýlaýjy şina simiň napryażeniýäniň ýitgisini şu deňleme boýunça kesgitleýärler, %.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,5 I_p l \cdot 100}{U_{nom}} (r_{ud} \cos \varphi + x_{ud} \sin \varphi) \quad (9.2)$$

Bu ýerde  $I_n$ - IIIMA-nyň hasap togy;

1- IIIMA-nyň garşylygy şina simiň başynda giriziji ýerleşdirilende naprýaženiýäniň ýitgisini şina simiň bütin uzynlygyny hasaba almak bilen kesgitleýärler.

Toplumlaýyn şina simiň elektrodinamiki durnuklylygy şu şert boýunça barlanylýar.

$$i_{urg} < i_{rug\ urg} \quad (9.3)$$

Bu ýerde  $i_{rug\ urg}$ - şina simiň berlen görnüşi üçin gysga utgaşmanyň rugsat edilen urygy togy ;

$i_{urg}$  - şina simiň başynda şina simiň gysga utgaşmanyň hasap ugy togy.

Kabelleriň damarlarynyň we şina simleriniň kese kesiklerini saýlamak seh setiniň kabelleriniň damarlarynyň we şina simleriniň kese kesiklerini şular boýunça saýlaýarlar.

Dowamly hasap togy gyzdymada

$$I_n \leq K_{dn} I_{nom}$$

Saýlanan gorow gurnama laýyklyk şerti

$$K_d I_{rug} \leq K_{g\ddot{o}r} I_g \quad (9.5)$$

Bu ýerde  $I_n$ -liniýanyň hasap togy;

$I_{rug}$ - geçirijiniň dowamly rugsat edilen togy;

$I_g$ - goraw gurnamanyň ölçegi (işläp başarma togy, nominal togy);

$K_{dn}$ -simleri we kabelleri geçirmegiň şertlerine düzediji koefisiýent;

$K_{gor}$ -goraw gurnamanyň ölçegine sim ýa-da kabeliň damary üçin dowamly toguň gatnaşygyny özünden emele getirýän goraw koefisiýenti;

1 kW-da çenli naprýaženiýe şertlerde ykdysady dykzlygy boýunça saýlanan simiň we kabelleriň damarlarynyň kese-kesikleri, hasap tok bilen gyzdyрма boýunça saýlanylýar 2-3 esse ýokarydygyny ýatda saklamak zerurdyr. Şol sebäpli toguň ykdysady dykzlygy boýunça barlyga şular degişli däl: 4000-5000 sagat ýüklenmäniň maksimumyny ulanmak sagat sanly setirler ýagtylandyryjy setler aýratyn kabul edijilere şahalandyrmalar, elektrik gurnamalaryň ýygnama şina simleri, wagtlaýyn gurnamalaryň setleri şeýle hem gysga gulluk wagtly gurnamalar (3-5 ýyl).

Simler ýa-da kabeller bilen ýerine ýetirilen seh şertlerindäki naprijeniýanyň ýitgilerini 35 kW-a çenli naprýaženiýeli liniýalardaky ýitgilere meňzeş edip kesgitleýärler.

Paýlaýjy şkaflary we nokatlary saýlamak. 380 W naprýaženiýeli senagat ýygylygyň 3 fazaly üýtgeýän togunyň sarp edijileriniň toparlaryna elektrik energiýany kabul etmek we paýlamak üçin güýç paýlaýjy şkaflary we nokatlary ulanýarlar.

Daşyny gurşap alýan sredanyň adaty (nominal) şertli sehler üçin gorawly ýerine ýetirilen CII 62 we III CII1-20Y3 görnüşli şkaflary taýýarlaýarlar, tozanly we çygly üçin ýapyp ýerine ýetirmeli SPU-62 we III CII1-50Y3 görnüşli şkaflary. Şkaflarda girizmede birikdiriji bar, emma çykarmalarda-PN2 ýa-da NPN2 görnüşli goraýjylar. SP62 we III CII1-20Y3 görnüşli şkaflaryň nominal toklary 250 we 400 amper bolýarlar, CII-62 we III CII1-50Y3 görnüşli

şkaflaryň -175 we 280 amper şkaflary esasy tehniki häsiýetnamalary we ölçegler 7.7 we 7.8 tablisada görkezilen.

Görkezilen güýç şkaflar bilen bilelikde ПП-9000 görnüşli paýlaýjy nokatlary hem ulanýarlar. Gurnalan awtomatiki öçürijileriň kuwwatlary boýunça nokatlary iki görnüşli edip taýýarlaýarlar: ýylylykly üzijili 50 amper nominal toga awtomatiki öçürijili bir polýusly (A3161) we üç polýusly (A3463); kombinirlenen (ýylylyk we elektromagnit) ýa-da elektromagnet düzijili 100(A3120) we 200 amper (A3130) nominal toklara awtomatiki öçürijileri 3 polýusly ПП-9000 görnüşiniň nokatlarynyň nominal toklary 50, 100, 200 we 600 amper düzýärler. Girizilýän awtomatiki öçürijili we şonsuz liniýaly awtomatiki öçürijileriň dürli sanlary bilen nokatlaryň ýerine ýetiriliş shemalary bar.

Gurnama usulu boýunça nokatlary asylyan, galyňlatmaly dik duran gorawlanan, gorawlanan galyňlanydylan (ýöne A3161) we (A3163) awtomatiki öçürijili nokat).

ПП-9000 görnüşli nokatlarda gyt bolan awtomatiki öçürijiler ulanylandygy sebäpli, olary goraýjy bilen üpjün edilmedik bolsa gorawyň saýlama hereketi üçin ýygy bozulma (awariýa) öçürmelerinde dolandyrmagyň awtomatizasiýasynda ulanýarlar. Bolan ýagdaýlarda, ergin goraýjylary güýç şkaflary ulanmak maslahat berilýär.

Güýç nokatlary we şkaflary iş zolagynyň howasynyň şertleriniň güýç nokadyna birikdirilen elektrik energiýanyň kabul edijileriň sanyny we olaryň hasap ýüklenmesini hasaba almak bilen saýlaýarlar (güýç nokada birikdirilýän kabul edijileriň toparynyň hasap togy nokadyň nominal togundan uly bolmaly däl).

Goraw koeffisiýentleriniň bahalary.

9.4-nji tablisa.

I <sub>g</sub> tok we goraw apparatyň görnüşi	Goraw koeffisiýenti K <sub>gör</sub> otn.bir			
	Goraw aş aýüklenmelerden hökman göz önünde tutulýan setler üçin			Goraw aş aýüklenmeden talap edilmeyän setleri üçin
	Rezin we ýylylyk häsiýetnamalary boýunça meñzeş izolýasiýaly geçirijiler		Kagyz izolýasiýaly kabeller	
	Partlama we ýangyn howply jaýlar	Senagat kärhanalaryň ýangyna we part-lama howpsyz önümçilik jaýlary		
Tokdan tersbagly sazlanmaýan häsiýetnamaly awtomatiki öçürijiniň üzüjisiniň nominal togy (otseçkanyň barlygyna we ýoklugyna bagly däl).	1	1	1	1
Tokdan tersbagly sazlanmaýan häsiýetnamaly awtomatiki öçürijiniň üzüjisiniň işläp başlama togy (awtomatiki öçürijide otseçkanyň bolmagynda onuň	1	1	0.8	0.66

togunyň kratnosti çäklenmeýär).				
Diňe maksimal birden (мгновенно) hereket edýän üzüjisi bar bolan awtomatiki öçürijiniň işläp başlama togy.	1.25	1	1	
Goraýjylary ergin ustawkasynyň nominal togy	1.25	1	1	0.33

СП, СПУ görnüşleriniň paýlaýjy şakflary.

9.5-nji tablisa.

Şakflaryň görnüşleri we olaryň işi		Şakfýň nominal togy, A	Liniýalary sany we goraýjylaryň nominal togy, A	Göwrümi, mm (beýikligim ini, cuňlugy
Ýapyk	Açyk			
СП62-1/1 СП62-2/1 СП62-3/1	СПУ62-1/1 СПУ62-2/1 СПУ62-3/1	250 (для СП); 175 (для СПУ)	5×60 2×60+3×100 5×100	1715×500× 380
СП62-4/1 СП62-5/1 СП62-6/1 СП62-7/1 СП62-8/1 СП62-9/1 СП62-10/1	СПУ62-4/1 СПУ62-5/1 СПУ62-6/1 СПУ62-7/1 СПУ62-8/1 СПУ62-9/1 СПУ62-10/1	400 (для СП); 280 (для СПУ)	4×250 8×60 4×60+4×100 8×100 2×60+4× ×100+2×250 5×100+2×250 6×250	1715×700× ×380

9.6-njy tablisa.

Görnüşleri	Gorag derejesi	Skafyň nominal togy, A	Liniýalary sany we goraýjylaryň nominal togy, A	Göwrümi, mm (beýikligim)	Bahasy, rub.
IIPC1-20Y3	IP22	250	5×60	1600×500×380	50
IIPC1-50Y3	IP54	175	5×60		53
IIPC1-21Y3	IP22	250	5×100	1600×700×580	58
IIPC1-51Y3	IP54	175	5×100		61
IIPC1-22Y3	IP22	250	2×60+3×100		56
IIPC1-52Y3	IP54	175	2×60+3×100		59
IIPC1-23Y3	IP22	400	8×60		61
IIPC1-53Y3	IP54	280	8×60		64
IIPC1-24Y3	IP22	400	8×100		73
IIPC1-54Y3	IP54	280	8×100		76
IIPC1-25Y3	IP22	400	4×60+4×100		73
IIPC1-55Y3	IP54	280	4×60+4×100		70
IIPC1-26Y3	IP22	400	5×250		67
IIPC1-56Y3	IP54	280	5×250		76
IIPC1-27Y3	IP22	400	5×100+2×250		74
IIPC1-57Y3	IP54	280	5×100+2×250		77
IIPC1-28Y3	IP22	400	2×60+4×100+2×250		74
IIPC1-58Y3	IP54	280	2×60+4×100+2×250		77

## Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhabelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. М., Высшая школа, 2005.



11. Аблаев А. Т. Методическое пособие для дипломного проектирования по курсу Электроснабжение. Ашхабад, 1991.
12. Аблаев А. Т, Назаров П. А. Методические указания к лабораторным работам по электроснабжению предприятий. Ашхабад , 1982.
13. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М., Энергоатомиздат, 1983.
14. Назаров П. А, Аблаев А. Т, Эщекоев Г. Методические указания по выполнению дипломного проекта. Ашхабад, 1977.
15. Правила устройства электроустановок. М., Энергоатомиздат, 2007.
16. Справочник по проектированию электроснабжения под общей редакцией Ю. Г. Барыбина. М., Энергоатомиздат, 1990.
17. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Электроснаб- жение т.1, электрооборудование т.2. М., Энергоатомиздат, 1986.
18. Фёдоров А. А, Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению предприятий. М., Энергоатомиздат, 1987.
19. Фёдоров А.А, Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М., Энергоатомиздат, 1984.

## Mazmuny

	SÖZBAŞY	7
	GIRIŞ	9
	B I R I N J I B A P ELEKTRIK ENERGIÝANY ÖNDÜRMEK, GEÇIRMEK WE PAÝLAMAK	11
1.1.	Elektrik stansiýalaryň umumy häsiýetnamasy	11
1.2.	Sarp edijelere elektrik energiýany geçirmek	19
1.3.	Elektrik setleriň klasifikasiýasy	22
1.4.	Senagat kärhanalaryň elektrik üpjünçiligi ulgamynyň gurluşy	25
1.5.	Birleşdirilen elektrik ulgamlary	28
	I K I N J I B A P ELEKTRIK STANSIÝALARYŇ WE ARALYK STAN- SIÝALARYŇ ELEKTRIK ENJAMLARY	34
2.1.	Sinhron generatorlar	34
2.1.1.	Sinhron generatorlaryň görnüşleri we olaryň gurnalyş aýratynlyklary	34
2.1.2.	Sinhron maşynlaryň oýandyрма ulgamlary	39
2.1.3.	Sinhron generatoryň iş tertibi we onuň sazlanyşy	45
2.1.4.	Sinhron generatorlary sinhronizmele usullary	46
2.2.	Güýç transformatorlary	54
2.2.	Transformatorlaryň gurnalyşlary we 1. ululyklary	54
2.2.2.	Güýç trnasformatorlaryň çalşyrylma çatgylary	58
2.3.	Awtotransformatorlar	62
2.4.	Ýokary woltly apparatlar	66
2.5.	Toguň ölçeyji transformatorlary	73
2.6.	Napryženiýäniň ölçeyji transformatorlary	76

<b>2.7.</b>	Reaktorlar	80
	Ü Ç Ü N J I B A P ELEKTRİK ÜPJÜNÇİLİK ULGAMLARYNDA GYSGA UTGAŞMALAR	82
<b>3.1.</b>	Esasy düşüňjeler we gatnaşyklar	82
<b>3.2.</b>	Gatnaşykly birlikleriň ulgamy	90
<b>3.3.</b>	Rugsat berilenler we hasap shemalary	94
<b>3.4.</b>	Gysga utgaşma toklarynyň hasaplanan ululyklaryny kesgitlemek	98
<b>3.5.</b>	Senagat elektrik üpjünçiligi ulgamlarynda gysga utgaşma toklary	103
<b>3.6.</b>	Gysga utgaşma toguň ýylylyk impulsynyň kesgitlenişi	106
<b>3.7.</b>	Gysga utgaşma toklarynyň dinamiki hereketi	109
<b>3.8.</b>	Elektrik aparatlary, tokäkidiji bölümleri we kabelleri saýlamak	110
	D Ö R D Ü N J I B A P ELEKTRİK SETLERİŇ REŽYMLARYNYŇ HASABY	119
<b>4.1.</b>	Setiň elementleriniň ululyklary we rezinyň ululyklary	119
<b>4.2.</b>	Π-görnüşli çalşyрма shemanyň hasaby	132
<b>4.3.</b>	Ýazdyrylan setleriň ýagdaýlarynyň (режим) hasaby	138
	B Ä Ş I N J I B A P SENAGAT SENAGAT KÄRHANALARYŇ ELEKTRİK ÝÜKLEN- MELERINI KESGITLEMEK	156
<b>5.1.</b>	Elektrik ýüklenmeleriň (нагрузка) esasy häsiýetnamalary	156
<b>5.2.</b>	Elektrik ýüklenmeleriň hasabynyň usullarynyň klasifikasiýasy	162
<b>5.3.</b>	Elektrik ýüklenmeleriň hasabynyň esasy usullary	163
<b>5.4.</b>	Elektrik ýüklenmeleriň hasaplamalarynyň kömekçi usullary	168

<b>5.5.</b>	Bir fazaly kabul edijileri hasaba almak bilen hasap yüklenmelerini kesgitlemek	171
<b>5.6.</b>	Pik yüklenmeleri	173
<b>5.7.</b>	Elektrik üpjünçilik ulgamynyň dürli basgançaklarynda hasap elektrik yüklenmeleri kesgitlemek	176
	A L T Y N J Y B A P ULGAMLARYŇ DAŞKY ELEKTRIK ÜPJÜNÇILIGI	182
<b>6.1.</b>	Kärhananyň elektrik üpjünçilik shemasyny saýlamak	182
<b>6.2.</b>	Howa we kabel liniýalaryň kese-kesiklerini saýlamak	186
<b>6.3.</b>	Baş peseldiji podstantsiýanyň birleşdirme shemasyny we gurnamany ýerine ýetirmäni sazlamak	195
	Ý E D I N J I B A P SENAGAT KÄRHANALARYNYŇ GÜÝÇ TRNAS-FORMATORLARYNY SAÝLAMAK	204
<b>7.1</b>	Baş peseldiji podstantsiýanyň güýç transformatorlarynyň sanyny we kuwwatyny saýlamak	204
<b>7.2.</b>	Seh transformatorlarynyň sanyny we kuwwatyny saýlamak	210
	S E K I Z I N J I B A P ULGAMLARYŇ IÇKI ELEKTRIK ÜPJÜNÇILIGI	215
<b>8.1.</b>	Kärhananyň paýlaýjy setiň shemalaryny saýlamak	215
<b>8.2.</b>	Yüklenmeleriniň kartogrammasy we elektrik yüklenmeleriniň merkeziniň kesgitlenişi	220
	D O K U Z Y N J Y B A P SEHLERIN ELEKTRIK ÜPJÜNÇILIGI	224
<b>9.1.</b>	Seh elektrik üpjünçiligini taslama. Mikroklimat häsiýeti boýunça önümçilik jaýlarynyň klassifikasyýasy	224

<b>9.2.</b>	Seh elektrik setiň shemasyny saýlamak	226
<b>9.3.</b>	Seh elektrik setleriň gurluş (konstruktiv) ýerine ýetirilişi	230
<b>9.4.</b>	1kw-da çenli naprýaženiýe elektrik enjamlaryny saýlamak	238
	Edebiýat	245