

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

Shamsutdinov H.F., Mirzabekov Sh.M, Normamatov N.N.

**STANSIYA VA PODSTANSIYALARNING ELEKTR QISMI
fanidan kurs loyihasini ajarishga oid
USLUBIY KO‘RSATMA**

Toshkent - 2022

UDK 621.316(075)

Shamsutdinov H.F., Mirzabekov Sh.M., Normamatov N.N. – “Stansiya va podstansiyalarning elektr qismi” fanidan uslubiy ko‘rsatma - Toshkent, ToshDTU, 2022 – 87 b.

Ushbu uslubiy ko‘rsatmada kurs loyihasi bo‘yicha kerakli nazariy ma’lumotlar, topshiriqlar, ularni bajarish tartibi, hamda katalog ma’lumotlar keltirilgan.

Uslubiy ko‘rsatma “60710600-Elektr energetikasi” ta’lim yo‘nalishi talabalari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, keltirilgan kurs loyihasi majmui mazkur fanning na’munaviy dasturiga muvofiq keladi.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy – uslubiy kengashining 10-sonli qaroriga muvofiq chop etildi.

Taqrizchilar: Mirzabayev A.M. - «MIRSOLAR» MChJ ilmiy maslahatchi, t.f.d., prof.
Taslimov A.D. - Toshkent davlat texnika universiteti «Elektr energetikasi» fakulteti «Elektr ta’minoti» kafedrasida professori

KIRISH

“Biz yangi davlat, yangi jamiyat qurayotgan ekanmiz, bu tizimda ijtimoiy-siyosiy munosabatlar, odamlarning ongi va tafakkuri ham o‘ziga xos, shu bilan birga, mutloqo yangicha ma’no kasb etishi shubhasiz”[1].

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

Ishlatilishi bo‘yicha elektr qurilmalari quyidagilarga bo‘linadi:

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

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

Mazkur uslubiy ko‘rsatma na‘munaviy va ishchi dastur talablariga muvofiq yozilgan bo‘lib, Christophe Preve ning “Protection of electrical networks” nomli adabiyotdan bevosita foydalanildi. Uslubiy ko‘rsatmada elektr stansiyalari va podstansiyalarining bosh va almashtirish sxemalari, hamda qisqa tutashuv toklarini hisoblash, elektr ta‘minoti va taqsimlash qurilmalari, kuch transformatorlari, kommutatsiya va o‘lchov elektr jihozlari, tok o‘tkazgich shinalar, podstansiyalar o‘z-extiyoj energiya iste‘moli qurilmalari, yashindan himoya kabi elektr apparatlarini tanlashga oid ko‘rsatmalar tahlil etilgan.

Qisqartmalar

OTQ-ochiq taqsimlash qurilmasi

TQ-taqsimlash qurilmasi

BTQ- bosh taqsimlash qurilmasi

YuK TQ- yuqori kuchlanishli taqsimlash qurilmasi

HL-havo linyalari

A-ajratgich

B-bo'lgich

U-uzgich

T-transformator

AT-avtotransformator

QT-qisqa tutashtirgich

ZO'ET-zahira o'z ehtiyoj transformatori

O'ET- o'z ehtiyoj transformatori

1.Kurs loyihasining tarkibi

Kurs loyihasi GES va IES larning elektr qismi uchun mo'ljallangan. Loyiha nazariy va hisob grafik qismdan iborat. Nazariy qism quyidagi bo'limlardan iborat:

- bosh elektr ulanish sxemalarini turli xil ulanish variantlari asosida tanlab olish;
- tanlangan variant bo'yicha qisqa tutashuv toklarini hisoblash;
- stansiya tizimga kerakli quvvat yetkazib berishi uchun har bir ochiq taqsimlash qurilmasi (OTQ) uchun elektr uzatish liniyalarining sonini tanlash, "Texnologik loyihalash normalari" ga asosan OTQ sxemasini tanlash;
- elektr apparatlar va tok o'tkazuvchi qismlarini tanlash.

Qo'shimcha: Uslubiy ko'rsatmada o'z ehtiyoj masalalari, operativ tok, zaminlash, yashindan himoyalash shuningdek loyihaning alohida bo'limlarining hisobi uchun texnik ma'lumotlar berilgan.

Nazariy va hisob grafik qismi 30-50 betli qo'lyozmadan iborat bo'lib tushuntirish sxema va rasmlariga ega bo'lishi lozim.

Loyiha uchun ikkita chizma bajariladi (chizmalarni zamonaviy kompyuter grafik dasturlari asosida chizilishi tavsiya etiladi):

- stansiyaning bosh elektr bog'lanishli sxemasi (qabul qilingan variant);
- taqsimlovchi qurilmalarning tuzilishi.

2.Nazariy qismning bajarilish ko'rsatmalari

Nazariy qism kurs loyihasi uchun topshiriq varag'idan boshlanishi kerak, undan keyin loyihaning vazifasi, mazmuni, asosiy bo'lim, xulosa.

Nazariy qism "Kirish" qismidan boshlashi lozim.

Nazariy qismida: ishning maqsadi, hisoblash usullari (qisqa tutashuv toklarini hisoblash usuli), olingan natijalar, loyihalashning asosiy yechimlari, OTQning tuzilishi.

"Kirish" da muammoning hozirgi kundagi dolzarbligi ko'rsatilishi lozim.

Nazariy qism "Xulosa" bilan tugallanadi. "Xulosa" da bajarilgan ishlar natijalari yuzasidan qisqa xulosalar ko'rsatiladi.

3. Elektr stansiyaning bosh elektr ulanish sxemasini tanlash

3.1. Elektr stansiya va podstansiyalarning ulanish sxemasi

Sxemalarning turlari va ularning vazifasi. Elektr stansiya (podstansiya)lar elektr ulanishlarining bosh sxemasi - bir-biri bilan o'zaro ulangan natural ko'rinishdagi asosiy elektr jihozlari (generator, transformator, liniyalar), yig'ma shinalar, kommutatsion va boshqa birlamchi apparatlar bilan ular orasida natural ko'rinishda bajarilgan barcha ulanishlar majmuidir.

Bosh sxemani tanlash elektr stansiya (podstansiya)ning elektr qismini loyihalashda asosiy mezon hisoblanadi, chunki u elementlarning to'liq tarkibini va ular orasidagi bog'lanishni aniqlaydi. Tanlangan bosh sxema elektr ulanishlarning

prinsipial sxemasi, o'z ehtiyoji sxemasi, ikkilamchi ulanishlarning sxemasi, montaj va boshqa sxemalarni tuzishda boshlang'ich ma'lumot hisoblanadi.

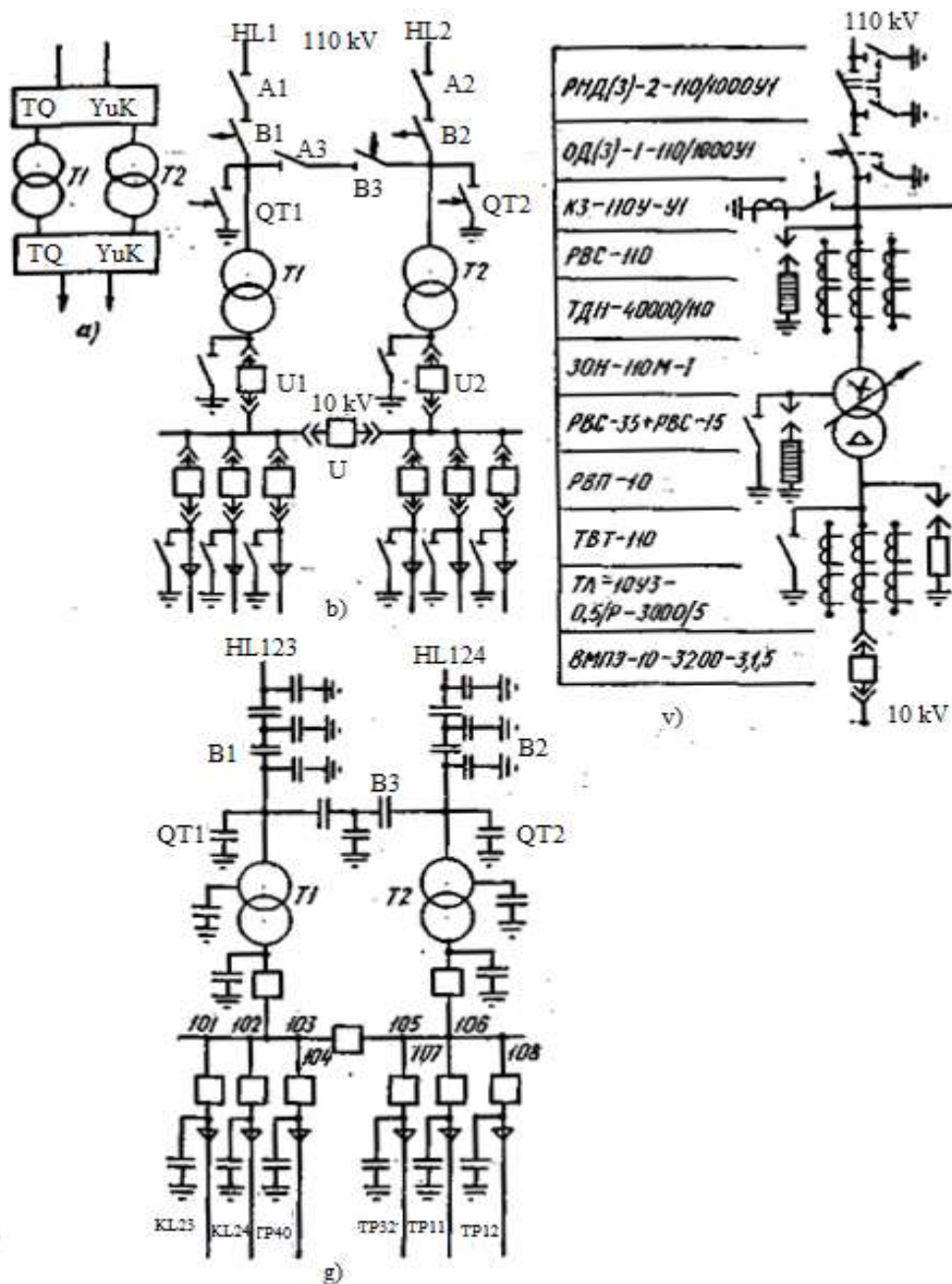
Bosh sxemalar chizmada bir chiziqli qilib tasvirlanib, bunda qurilmaning hamma elementlari uzilgan holatda bo'ladi. Ayrim hollarda sxemaning ayrim elementlarini ish holatida ko'rsatishga yo'l qo'yiladi.

Sxemaning hamma elementlari bilan ular orasidagi bog'lanishlar konstruktorlik hujjatlarining yagona sistemasining standartlariga muvofiq ko'rsatiladi.

Elektr qurilmalarni loyihalashda bosh sxemani tuzishdan oldin elektr energiya (quvvat)ni berishning strukturaviy sxemasi tuzilib, unda elektr qurilmaning asosiy funksional qismi (taqsimlagich qurilma, transformatorlar, generatorlar) va ular orasidagi bog'lanishni ko'rsatiladi.

Strukturaviy sxemalar keyinchalik prinsipial sxemalarni yanada to'laroq va batafsilroq ishlab chiqish, shuningdek elektr qurilmaning ishi bilan umumiy tanishib chiqish uchun xizmat qiladi.

Bu sxemalarning chizmalarida funksional qismlar to'g'ri burchaklar yoki shartli grafik tasvirlar ko'rinishida (1(a) -rasm,) tasvirlanadi. Sxemada apparatlar (uzgichlar, ajratgich, tok transformatori va hokazolar) dan hech qaysisi ko'rsatilmaydi.



1- rasm. Sxemalar turlari (110/10 kV li podstansiya misolida) a – struktura; b – bosh soddalashtirilgan; v – to‘liq prinsipial; g - operativ.

1(b)-rasm, da shu podstansiyaning bosh sxemasi ayrim apparatlarsiz - tok, kuchlanish transformatorlarsiz, razryadniklarsiz ko‘rsatilgan. Bunday sxema elektr ulanishlarning soddalashtirilgan prinsipial sxemasi bo‘ladi. To‘liq prinsipial sxemada (1(v)-rasm,) birlamchi zanjirning hamma apparatlari, ajratgich va uzgichlarning yerga ulovchi pichoqlari, shuningdek, qo‘llaniladigan apparatlarning tiplari ko‘rsatiladi. Operativ sxemada (1(g)-rasm,) shartli ravishda ajratgich va yerga ulovchi pichoqlar ko‘rsatilgan. Har bir smenada navbatchilik qiladigan hodim tomonidan shu apparatlarning haqiqiy holati (ulangan, uzilgan) sxemada ko‘rsatiladi.

3.2. Elektr qurilmalarning bosh sxemalariga qo‘yiladigan asosiy talablar

Elektr qurilmalarning sxemalarini tanlashda quyidagi talablar hisobga olinadi:

Elektr stansiya yoki podstansiyalarning elektr tizimdagi vazifasi hamda ahamiyati. Elektr tizimda parallel ishlayotgan elektr stansiyalar bajaradigan vazifasiga qarab keskin farqlanadi. Ulardan biri *bazisli* bo'lib, asosiy yuklamada ishlasa, boshqlari - *pikoviy* bo'lib, faqat maksimal yuklama vaqtida sutkada to'liq ishlamaydi, uchinchi ularning issiqlik iste'molchilari (IEM) talab etadigan elektr yuklamada ishlaydi. Elektr stansiyalarning turli vazifasi, hatto ulardagi ulanishlar soni bir xil bo'lishiga qaramay elektr ulanishlarning turli sxemalarini qo'llash maqsadga muvofiq ekanligini ko'rsatadi.

Podstansiyalar ayrim iste'molchilarni yoki butun bir hududni ta'minlash uchun, elektr tizimning bir qismini yoki turli elektr tizimlarni bog'lash uchun xizmat qilishi mumkin. Podstansiyaning vazifasi uning sxemasini aniqlaydi.

Elektr tizimda elektr stansiya yoki podstansiyaning tutgan o'rni, yondosh tarmoqlarning sxemalari va kuchlanishlariga bog'liq. Elektr stansiya yoki podstansiyalarning yuqori kuchlanishli shinalari elektr tizimning tugun (uzlovoy) nuqtasi bo'lib, unda bir nechta elektr stansiyalarni parallel ishlashga birlashtiriladi. Bu holda shinalar orqali elektr tizimning bir qismidan boshqasiga doimo quvvatni o'tkazib turish - quvvatni tranzitlash mumkin. Bunday elektr qurilmalar sxemasini tanlashda, birinchi navbatda, quvvatni tranzitlash masalasini hisobga olish lozim.

Podstansiyalar boshi berk (типикли), o'tiladigan (проходной), ajragan (отпаечный) bo'lishi mumkin; bunday podstansiyalarning ulanish sxemalari hatto bir xil sonli va quvvatli transformatorlarda ham turlicha bo'ladi.

6-10 kV li taqsimlash qurilmalarining sxemalari iste'molchilarning elektr bilan ta'minlanish sxemasiga: yakka yoki parallel liniyalar bilan ta'minlash, iste'molchilarda ishga solinadigan zahira (rezerv)larning mavjudligi va hokazoga bog'liq bo'ladi.

Elektr bilan ta'minlash ishonchliligi darajasiga qarab iste'molchilar (toifasi) kategoriyasi. Elektr bilan ta'minlash ishonchliligi nuqtai nazaridan hamma iste'molchilar toifalarga bo'linadi.

Elektr stansiya, podstansiya va tarmoqning yondashgan uchastkasini kengaytirish istiqboli hamda taraqqiy ettirishning oraliq bosqichlari. Taqsimlash qurilmalarining sxemasi hamda joylashishini elektr tizimning taraqqiy etishida ulanishlar sonining ortish imkoniyatini hisobga olib tanlash lozim bo'ladi. Yirik elektr stansiyalar navbati bilan qurilganligi uchun ulash sxemasini tanlashda birinchi, ikkinchi, uchinchi navbatda va uni tugal rivojlantirishda ishga tushiriladigan agregat va liniyalar soni hisobga olinadi.

Podstansiya sxemasini tanlashda yuqori va o'rta kuchlanishli liniyalar soni bilan ularning mas'uliyat darajasini hisobga olish lozim, shuning uchun turli rivojlanish bosqichida podstansiyaning sxemasi turlicha bo'lishi mumkin.

Stansiya va podstansiya taqsimlash qurilmalari sxemasining bosqichli rivojlanishi katta o'zgartirishlarga olib kelmasligi kerak. Bunga sxemani tanlashda uning rivojlanish istiqbolini hisobga olgandagina erishish mumkin.

Ishonchlilik - bu elektr qurilmaning elektr tarmog‘i uchastkasining, yoki elektr tizimning iste‘molchilarini belgilangan sifatdagi elektr energiyasi bilan uzluksiz, to‘la ta‘minlash xususiyatidir. Sxemaning istagan joyidagi asbob-uskunaning buzilishi, elektr bilan ta‘minlashni, sistemaga energiya berishni, shina orqali quvvatni tranzitlashni mumkin qadar buzmasligi kerak. Sxemaning ishonchliligi shu elektr qurilmadan ta‘minlanayotgan iste‘molchining xarakteri kategoriyasiga to‘g‘ri kelishi kerak.

Ishonchlilikni iste‘molchilarni elektr bilan ta‘minlashning buzilish davomiyligi hamda chastotasi va elektr tizim bilan uning ayrim tugunlari (uzellari) ni yetarli darajada avariyasiz ishlashini ta‘minlash uchun kerak bo‘ladigan avariya rezervining nisbiy kattaligi bilan baholash mumkin.

Elektr qurilmalarining remont ishlariga moslanganligi iste‘molchilarni elektr bilan ta‘minlashni cheklamasdan yoki buzmasdan turib, remont ishlarini olib borish imkoniyatiga ega bo‘lishi bilan baholanadi. Shunday sxemalar borki, o‘chirgichni remont qilish uchun uni remont tamom bo‘lguncha uzib turish kerak bo‘ladi, boshqa sxemalarda ulanganlardan ayrimini maxsus remont sxemasini tuzish uchun vaqtincha uzib turish talab etiladi; uchinchilarda - o‘chirgichlarni remont qilishda elektr bilan ta‘minlash hatto qisqa vaqtga ham uzilmay amalga oshiriladi. Shunday qilib, ko‘rilayotgan sxemaning remont ishlarini amalga oshirish uchun moslanganligini son jihatidan quyidagicha: asbob-uskunalarini remont qilish va iste‘molchilarni uzish chastotasi, hamda o‘rtacha davomiyliigi bilan baholash mumkin.

Elektr sxemaning operativ ixchamliligi kerakli ekspluatatsion rejimlarni hosil qilish va operativ qayta ulanishga moslanganligi bilan aniqlanadi.

Sxemaning eng katta operativ ixchamliligi operativ qayta ulashlar uzoqdan (distansion) boshqa taqsimlovchi yuritmaga ega bo‘lgan o‘chirgich yoki boshqa kommutatsion apparatlar tomonidan amalga oshirilgandagina ta‘minlanadi. Agar hamma qayta ulashlar uzoqdan, avtomatika vositasi yordamida amalga oshirilsa, yana ham yaxshiroq bo‘lardi, u holda avariyaning yo‘qotish ancha tezlashar edi.

Operativ ixchamlilik operativ qayta ulanishlar soni, murakkabligi va davomiyligi bilan baholanadi.

Sxemaning iqtisodiy maqsadga muvofiqligi qurilmani qurish uchun sarflangan kapital mablag‘, uni ekspluatatsiya qilish va elektr bilan ta‘minlash buzilganda ko‘rilgan zararlarni o‘z ichiga oladigan umumiy sarf miqdori bilan baholanadi.

Qilingan xarajatlarni hisoblash metodikasi quyida batafsil bayon etilgan.

3.3. Elektr stansiya va stansiyalardagi elektr energiyani uzatish sxemasi

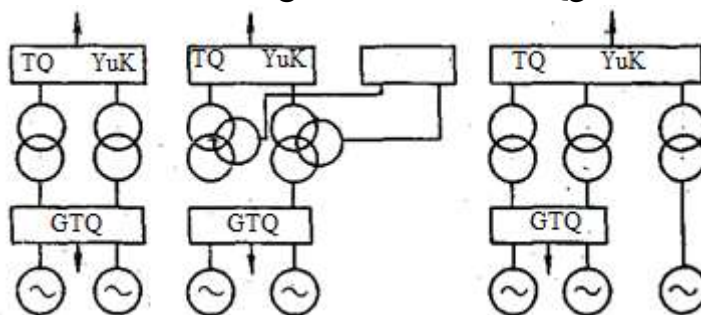
Elektr energiyani uzatish sxemasi asbob-uskunalar tarkibidan (generator, transformatorlar soni) va turli kuchlanishdagi taqsimlash qurilmalari (TQ) o‘rtasida yuklamaning taqsimlanishiga bog‘liq.

IEM da elektr energiyani uzatishning struktura sxemasi 2-rasmda ko‘rsatilgan. Odatda bunday stansiyalar 6-10 kV li generator kuchlanishidagi iste‘molchilarga ega bo‘lib, bosh taqsimlash qurilmasi (BTQ) qurishni taqozo etadi. Elektr tizim bilan

bog‘lanish 110, 220 kV li yuqori kuchlanish liniyalari orqali amalga oshiriladi, shuning uchun IEM da BTQ dan tashqari yuqori kuchlanishli taqsimlash qurilmasi (YuK TQ) quriladi.

Agar IEM yaqinida energiya ko‘p sarf qiladigan korxonalar mavjud bo‘lsa, u holda ularni 35 va undan yuqori kV li liniyalari orqali ta‘minlash mumkin. Bu holda IEM da o‘rta kuchlanishli taqsimlash qurilmasi (O‘K TQ) nazarda tutiladi (2(b)-rasm).

IEMga 100, 250 MVt li kuchli generatorlar o‘rnatilganda, ularni BTQga ulash maqsadga muvofiq bo‘lmaydi. Bu qisqa tutashuv toklarining ancha ortishiga, binobarin, BTQning hamma apparaturasining og‘irligi bilan tannarxining oshishiga olib kelgan bo‘lardi. Bundan tashqari, ma‘lumki, kuchli generatorlar 13,8-

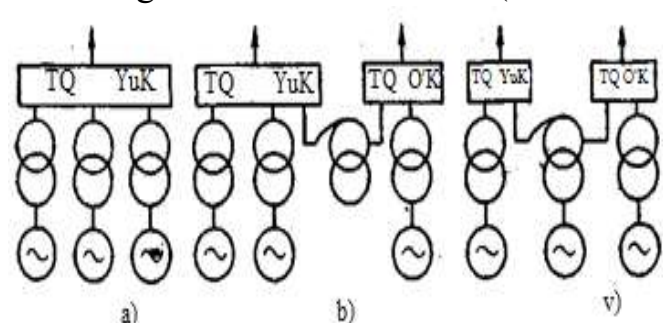


2- rasm. IEM ning elektr energiya berish struktura sxemasi.

20 kV li nominal kuchlanishga ega bo‘lib, iste‘molchilar esa BTQdan, odatda, 6-10 kV li kuchlanish bilan ta‘minlanadi. Bularning hammasi IEMning kuchli generatorlarini yuqori kuchlanishli TQ ga generator - transformator bloki sxemasi bo‘yicha bevosita ulashni - maqsadga muvofiq qiladi (2(v)-rasm).

Turli kuchlanishdagi taqsimlash qurilmalari bir-biri bilan ikki chulg‘amli yoki uch chulg‘amli transformatorlar (avtotransformatorlar) orqali bog‘lanadi.

3-rasmda elektr stansiya (IES, GES, AES) larning elektr energiyani asosan oshirilgan kuchlanishda berishining sxemasi berilgan.



3-rasm. Kuchli elektr stansiya (IES, GES, AES) larning elektr energiya berish struktura sxemasi.

Bunday elektr stansiyalarning yaqinida iste‘molchilarning bo‘lmasligi, generator kuchlanishidagi taqsimlash qurilmalarini qurmaslikka imkon beradi. Har bir generator, ko‘pincha, generator kuchlanishidagi o‘chirgich o‘rnatmay, bevosita oshiruvchi transformator bilan

biriktiriladi. Bunday ulash blokli ulash deb yuritiladi. Generator - transformator bloklarining parallel ishlashi yuqori kuchlanishda amalga oshirilib, bunda taqsimlash qurilmasi ko‘zda tutiladi (3-rasm). Agar elektr energiya yuqori va o‘rta kuchlanishda uzatilsa, u holda ular orasidagi bog‘lanish aloqa transformatori (avtotransformatori) (3(b)-rasm) yoki generator blokiga ulangan avtotransformator (3(b)-rasm) orqali bo‘ladi.

Ikki chulg‘amli transformatorlari bo‘lgan podstansiyada elektr energiyani qabul qilish va uni iste‘molchilarga uzatish sxemasi 2(a)-rasmida ko‘rsatilgan. Elektr energiya elektr tizimdan podstansiyaning yuqori kuchlanishli TQ ga kelib, transformatsiyalanadi va iste‘molchilar orasida past kuchlanishli TQ da taqsimlanadi.

Uzelli podstansiyalar iste'molchilarni ta'minlabgina qolmay, balki elektr tizimning ayrim qismlarini bir-biriga ulaydi. Bunday hollarda podstansiyada PK TQ dan tashqari, yuqori va o'rta kuchlanishdagi TQ quriladi va uch chulg'amli transformatorlar yoki avtotransformatorlar o'rnatiladi.

3.4. Generator-transformator bloklarini tanlash

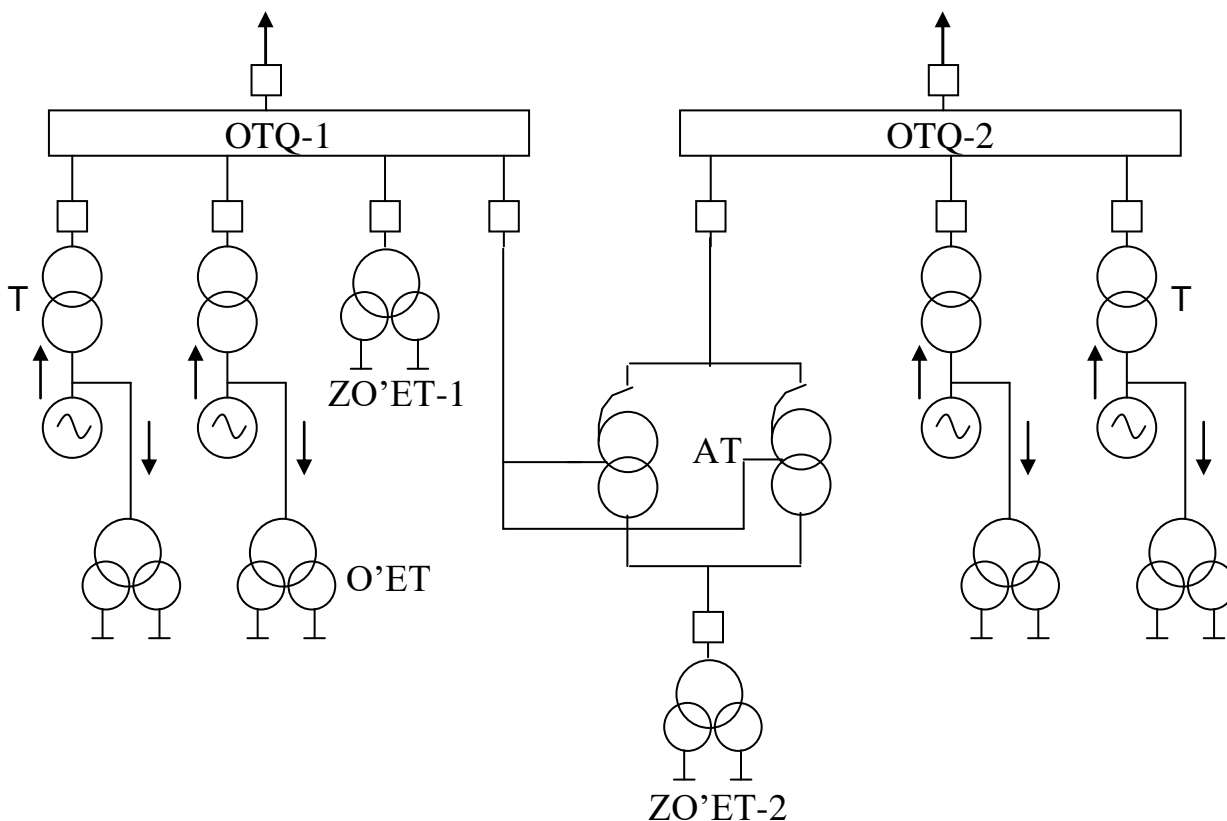
Stansiya va podstansiyalarning u yoki bu sxemalari ikki-uch variantning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini qiyoslash asosida tanlanadi.

Normal va avariya holatlarida quvvat ballanslari asosida issiqlik elektr stansiyasining tanlangan sxemasi aniqlashtiriladi (4, 5-rasmlar).

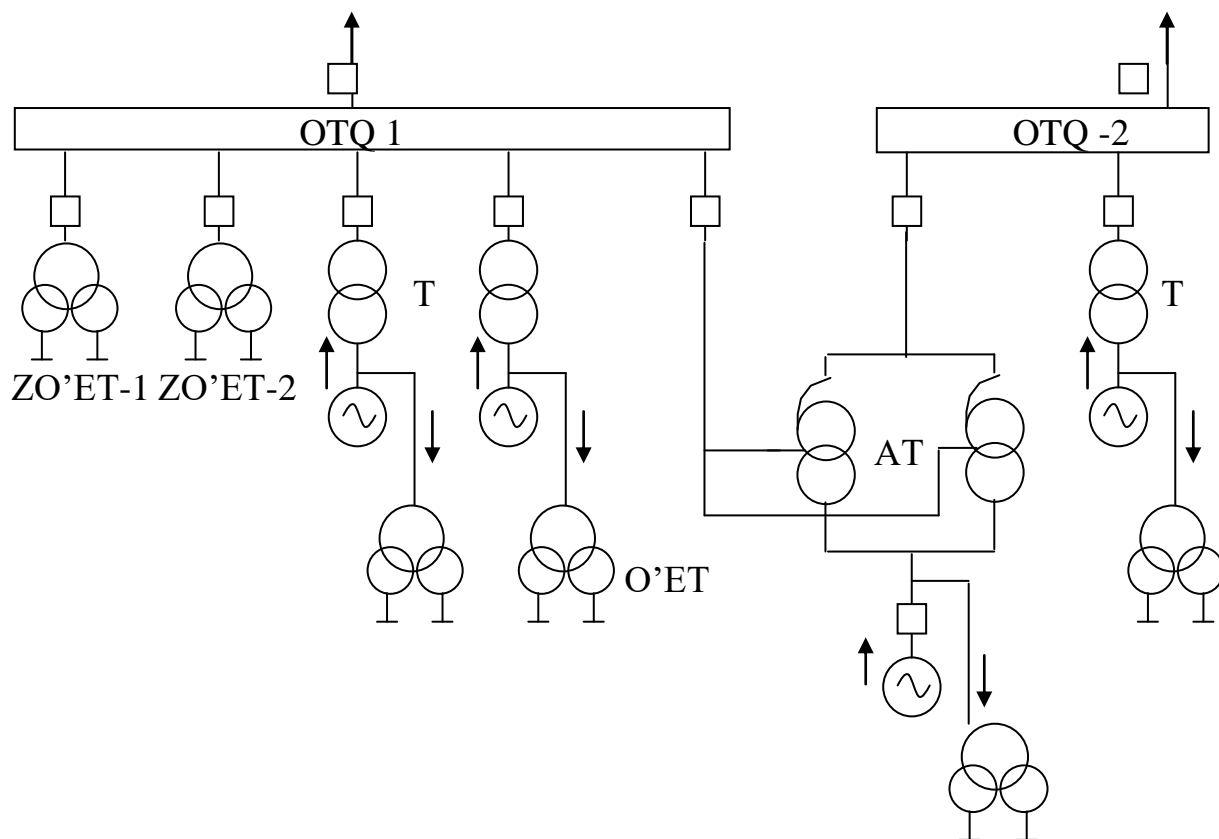
OTQ-1 ga o'rnatilgan generatorlar sonini o'zgartirgan holda (yuklama quvvati o'zgartirilmaydi) yana bitta bosh elektr ulanish sxemasi quriladi. 100 va 200 quvvatli bloklar bo'lganda ikkinchi variant sifatida bitta generatorni avtotransformatorning pastki chulg'amiga ulash mumkin (5-rasm).

6, 7-rasmlarda GES ning ikkita elektr ulanish varianti ko'rsatilgan. Hidrogeneratorning birlik quvvatiga qarab yaxlitlangan bloklarni yoki ikkita gidrogeneratorni chulg'amli parchalangan transformatorga ulash usulini qo'llash mumkin.

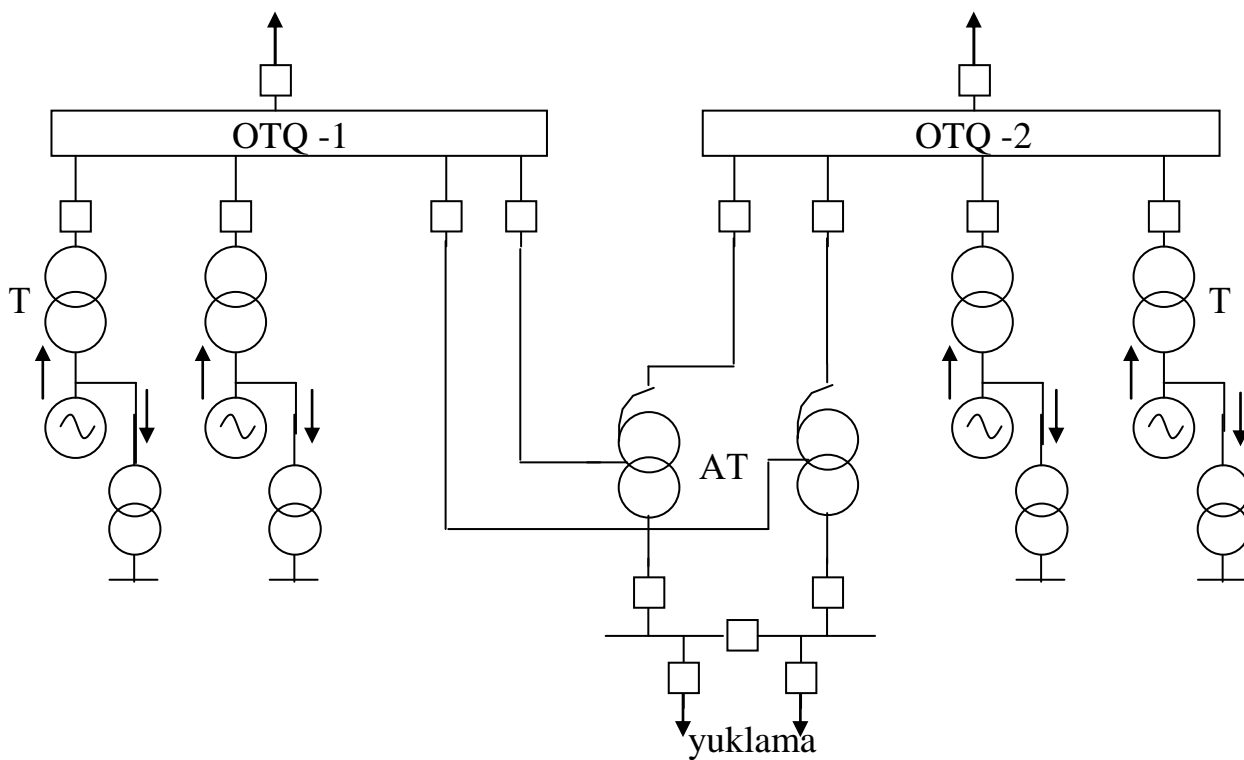
Turli xil ulanish variantlarini tuzish jarayonida normal sharoitda quvvat oqimini OTQ-1 dan OTQ-2 ga yo'naltirishga intilish lozim.



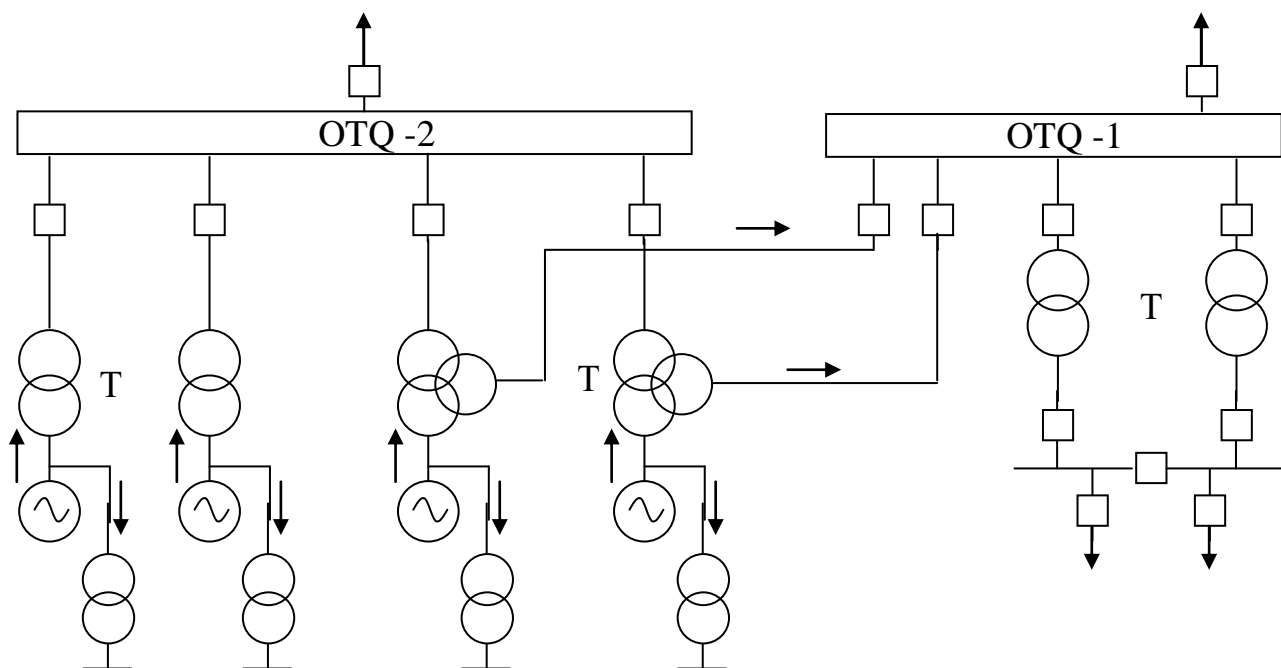
4-rasm. Tarmoqning prinsipial sxemasi.



5 – rasm. Tarmoqning prinsipial sxemasi.



6- rasm. Tarmoqning prinsipial sxemasi



7-rasm. Tarmoqning prinsipial sxemasi

3.5. Kuch transformatorlarni tanlash

Generatorning to'la quvvatini o'tkazish uchun tanlanayotgan har bir transformatorning quvvati generator quvvatiga teng yoki katta bo'lishi shart, shuningdek kuch transformatorining kuchlanishi generator kuchlanishidan katta yoki teng bo'lishi lozim, ya'ni:

$$S_{Tr} \geq S_G; U_G \geq U_{Tr}; \quad (1)$$

Elektr stansiyalarida odatda blok "generator-transformator" qo'llaniladi, shuning uchun transformatorlarning soni generatorlar soniga teng bo'ladi.

Kuchlanishni ko'taruvchi transformatorlar PK tomonida nominal kuchlanishdan 5% ortiq kuchlanishga ega bo'ladi, YuK tomonida esa rostlash transformator o'chgan holatda amalga oshiriladi, bunda diapazon $\pm 2 \times 2,5\%$ tashkil etadi.

Transformatorning sinfiga bog'liq holda nol rostlash shahobchasi quyidagicha:

35 kV sinf uchun – 38,5 kV;

110 kV sinf uchun – 121 kV;

220 kV sinf uchun – 242 kV;

ya'ni transformatorning salt yurish holatida u tarmoqning nominal kuchlanishidan 10% yuqori.

Transformatorning YuK shinalaridagi kuchlanishini qo'shimcha shahobchalar yordamida $\pm 2 \times 2,5\%$ oraliqda rostlash mumkin, transformator shu paytda tarmoqdan o'chirilgan bo'lishi kerak.

Masalan, 35 kV li transformatorlar uchun:

+5%	-	40,5 kV
+2,5%	-	39,5 kV
0	-	38,5 kV
-2,5%	-	37,5 kV
-5%	-	34,5 kV

3.6. O'z ehtiyoj transformatorlarini tanlash

O'z ehtiyoj transformatorining quvvatini elektr stansiyaning o'z ehtiyoji uchun sarflanayotgan maksimal quvvat sarfi orqali aniqlash mumkin. O'z ehtiyoj yuklamasi stansiyaning turiga qarab generatorning o'rnatilgan quvvatidan foiz hisobida ($P_{o'z.eh\%}$) olinadi, ya'ni:

$$P_{o'z.eh} = P_G \cdot \frac{P_{o'z.eh\%}}{100} \cdot \kappa_m, \quad (2)$$

κ_m - talab koefitsienti.

κ_m va $P_{o'z.eh\%}$ ni 1-jadval asosida topish mumkin.

1-jadval

O'z ehtiyoj qurilmalarining yuklamalari, energiya isrofi va qurilmalarning talab koefitsiyenti.

Elektr qurilmaning turi		$\frac{P_{o'z.eh.max}}{P_{o'rn}}, \%$	$\frac{W_{o'z.eh.max}}{W_{o'rn}}, \%$	k_{tal}
IES	Ko'mirda	8-14	8-10	0,8
	Gazda, mazutda	5-7	4-6	0,8
IEM	Ko'mirda	6-8	5-7	0,85-0,9
	Gazda, mazutda	3-5	3-4	0,85-0,9
GES	Kichik va o'rta quvvatli	3-2	2-1,5	0,7
	Katta quvvatli	1-0,5	0,5-0,2	0,8
AES	Gazli issiqlik toshuvchi bilan	5-14	3-12	0,8
	Suvli issiqlik toshuvchi bilan	5-8	4-6	0,8
Podstansiya	tuman	50-200 kVt	-	-
	tugun	200-500 kVt	-	-

3.7. Zahira o'z ehtiyoj transformatorini tanlash

Zahira o'z ehtiyoj transformatorlari yuqori kuchlanishli yig'ma shinalar tizimiga ulangan bo'lishi va yuqori kuchlanish liniyalari orqali tizimiga bog'langan bo'lishi

lozim (avariya vaqtida stansiyadagi barcha generatorlar o‘chib qolganda). Agarda tizim bilan bog‘lanuvchi liniyalarning kuchlanishi 500-750 kV bo‘lganda zahira o‘z ehtiyoj transformatorlarini ulash bir muncha noqulayliklarni yuzaga keltiradi. Bunday hollarda zahira o‘z ehtiyoj transformatorini o‘rta kuchlanishli shinalar tizimiga (110, 220 kV) ulash lozim. Bunda faqat avtotransformator orqali yuqori kuchlanishli shinalar tizimi bilan bog‘lanish bo‘lishi shart.

Shuningdek zahira o‘z ehtiyoj transformatorini avtotransformatorning past kuchlanishli tomoniga yoki generatorli uzgich o‘rnatilgan generator-transformator blokining shahobchasi orqali ulash mumkin.

Blokli IES larda zahira o‘z ehtiyoj transformatorlari bloklar soni ikkita bo‘lganda bitta zahira o‘z ehtiyoj transformatori, bloklar soni 3÷6 bo‘lganda ikkita zahira o‘z ehtiyoj transformatori qo‘llaniladi. Agarda bloklar soni oltidan ko‘p bo‘lganda generator kuchlanishiga mo‘ljallangan uchinchi zahira transformatori manbaga ulanmagan holda stansiyada o‘rnatilgan bo‘lishi va istalgan ishchi o‘z ehtiyoj transformatorini almashtira olishi lozim.

Har bir zahira o‘z ehtiyoj transformatorining quvvati bitta blokning ishchi o‘z ehtiyoj transformatorining almashtira olishi va bir vaqtning o‘zida ikkinchi blokning ishga tushirilishini (pusk) yoki avariya yoki to‘xtashini ta‘minlab bera oladigan qilib tanlanadi. *Agarda o‘z ehtiyoj iste‘molchilari haqida aniq ma‘lumotga ega bo‘linmasa, zahira o‘z ehtiyoj transformatorining quvvati o‘ta yuklangan ishchi o‘z ehtiyoj transformatorining quvvatidan 1,5 marta katta qilib olinadi.* Bunda zahira transformatori aksariyat hollarda o‘chirilgan yoki yuklanmagan holda ishlaganligini hisobga olgan holda ruxsat etilgan o‘ta yuklanish qobiliyatini hisobga olish zarur. Ushbu shartlar bo‘yicha tanlangan zahira o‘z ehtiyoj transformatorlari o‘z ehtiyoj motorlarning o‘z-o‘zidan ishga tushish shartiga tekshirilishi lozim.

Blokli transformatorlar, ishchi va zahira o‘z ehtiyoj transformatorlarning tanlovi 2-jadvalga kiritiladi. GES uchun “generator- transformator” blokiga ulangan O‘ET (o‘z ehtiyoj transformatori) yoki generator kuchlanish shinasiga ulangan bo‘lsa yetarli hisoblanadi.

2- jadval

O‘lchov kattaliklar nomi	Tanlash sharti	Tanlangan uskuna turi
Generator quvvati, MVt	P_G	
Generator quvvati, MVA	$S_G = \frac{P_G}{\cos \varphi_{yuk}}$	
OTQ-1 dagi blokli transformatorni tanlash sharti	$S_{Tr} \geq S_G;$ $U_1 = U_{OTQ-1};$ $U_2 = U_{G,nom}$	
OTQ-2 dagi blokli transformatorni tanlash sharti	$S_{TP} \geq S_G;$ $U_1 = U_{OTQ-2};$ $U_2 = U_{G,nom}$	
O‘z ehtiyojda sarflanadigan quvvat, MVA	$S_{o'z,eh} = S_G \cdot \frac{S_{o'z,eh\%}}{100}$	

Ishchi O'ET tanlash sharti	$S_{o'z.eh} \geq S_{o'z.eh};$ $U_1 = U_{G.nom};$ $U_2 = 6.3kV$	
ПРТЧ ₁ tanlash	$S_{ПРТЧ1} \geq S_{o'z.eh};$ $U_1 = U_{ОТQ-1};$ $U_2 = 6.3kV.$	
ПРТЧ ₂ tanlash sharti	$S_{ПРТЧ2} \geq S_{ПРТЧ1};$ $U_1 = U_{АТ.ПК};$ $U_2 = 6.3kV.$	

Agar stansiyada har xil quvvatli generator o'rnatilsa, har bir quvvat uchun blokli transformator va ishchi o'z ehtiyoj transformatorlari alohida tanlanadi. Zahira o'z ehtiyoj transformatorining quvvati ishchi zahira o'z ehtiyoj transformatorning quvvatidan bir pog'ona katta bo'lishi lozim.

3.8. Avtotransformator tanlash

Bir fazali avtotransformator ikkita elektr bog'langan chulg'am OB va OC ga ega (8-rasm). Qisqichlar tutqichlar B va C orasida joylashgan chulg'amning qismi ketma-ket, C va O orasidagisi esa umumiy deb yuritiladi.

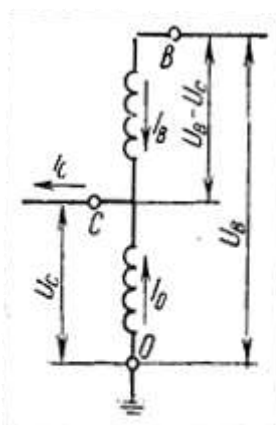
Avtotransformator kuchlanishni pasaytirish rejimida ishlaganda ketma-ket chulg'amdan tok I_b o'tib magnit oqim hosil qiladi va bu oqim umumiy chulg'amda I_o tokni vujudga keltiradi. Ikkilamchi chulg'am yuklanishning toki I_c , chulg'amning galvanik (elektr) bog'lanishi sababli o'tuvchi I_b tok bilan shu chulg'amlarning magnit bog'lanishidan hosil bo'lgan I_o toklar yig'indisiga teng:

$$I_c = I_b + I_o \text{ bundan } I_o = I_c - I_b$$

Avtotransformatorning nominal quvvati sifatida o'zaro avtotransformatorli bog'lanishga ega bo'lgan tomonlardan birining nominal quvvati (o'tuvchi quvvat – «проходная мощность») qabul qilinadi.

Avtotransformatorning birlamchi tarmog'idan ikkilamchisiga uzatiladigan to'la quvvat o'tuvchi quvvat deb yuritiladi.

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



8rasm. Bir fazali avtotransformator sxemasi

$$S = U_B I_B = U_C I_C, \quad (3)$$

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

$$S = U_B I_B = [(U_B - U_C) + U_C] I_B = (U_B - U_C) I_B + U_C I_B, \quad (4)$$

bunda $(U_B - U_C)I_B = S_T$ - birlamchi chulgʻamdan ikkilamchisiga magnit yoʻli bilan oʻtayotgan transformator quvvati; $U_C I_B = S_{\text{э}}$ - transformatsiyasiz, galvanik bogʻlanish hisobiga birlamchi chulgʻamdan ikkilamchi chulgʻamga oʻtayotgan elektr quvvat.

Bu quvvat umumiy chulgʻamni yuklamaydi, chunki I_B tok OC chulgʻamini chetlab ketma-ket chulgʻamdan chiqish joyi C ga oʻtadi.

Nominal rejimdagi oʻtuvchi quvvat avtotransformatorning nominal quvvati $S = S_{\text{ном}}$ boʻladi, transformator quvvati esa – tipavoy quvvat deb yuritiladi:

$$S_T = S_{\text{мин}} \quad (5)$$

Magnit oʻtkazgichning oʻlchamlari, demak uning ogʻirligi nominal quvvatning bir qismini tashkil etuvchi transformator (tipavoy) quvvati orqali aniqlanadi:

$$\frac{S_{\text{ТНП}}}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{(U_B - U_C)I_B}{U_B I_B} = \frac{U_B - U_C}{U_B} = 1 - \frac{1}{n_{BC}} = k_{\text{фৌ}} \quad (6)$$

bunda $n_{BC} = U_B / U_C$ - transformatsiya koeffitsiyenti; $k_{\text{фৌ}}$ - foydalilik yoki tipavoy quvvat koeffitsiyenti.

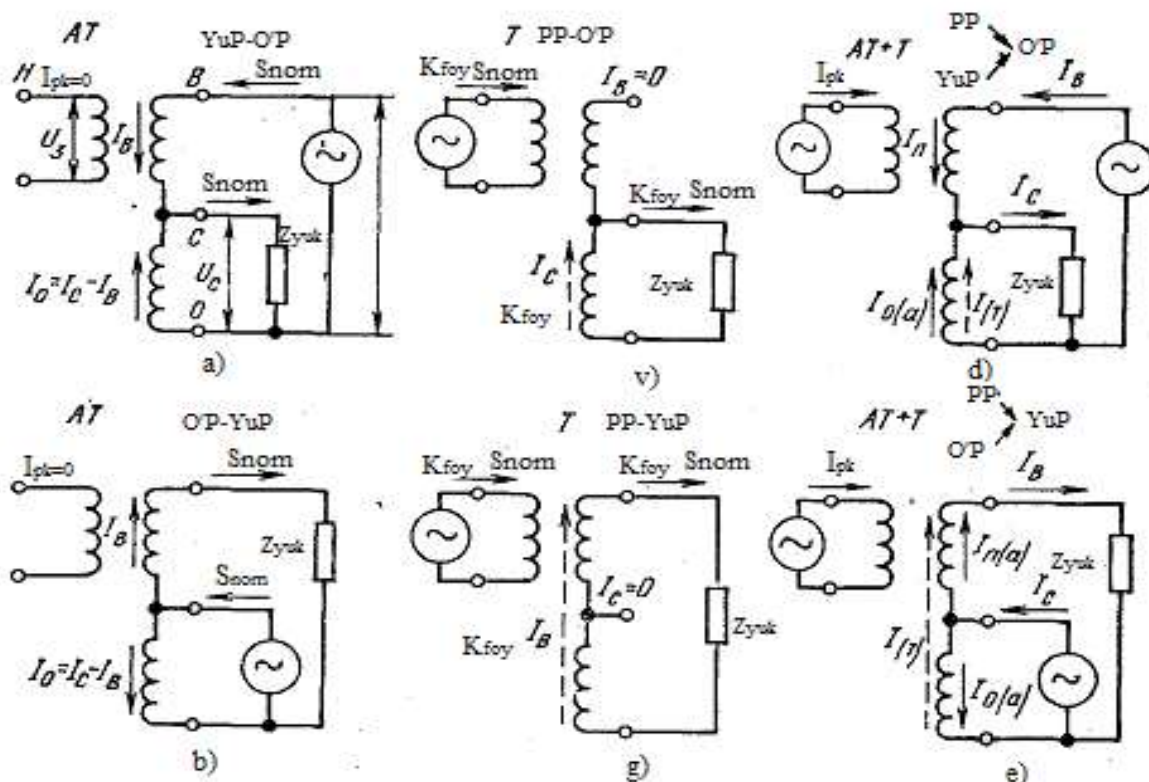
(4) ifodadan koʻrinadiki, U_B kattalik U_C ga qancha yaqin boʻlsa, $k_{\text{фৌ}}$ shuncha kichik va tipaviy quvvat nominalning kam qismini tashkil etadi. Bundan, avtotransformatorning oʻlchamlari, ogʻirligi, aktiv materiallarni sarflash, nominal quvvati bir xil boʻlgan transformatorga nisbatan kamayadi degan xulosa kelib chiqadi.

9 - rasmdagi sxemada koʻrinadiki, ketma-ket chulgʻam quvvati:

$$S_{\text{КК}} = (U_B - U_C)I_B = S_{\text{ТНП}}; \quad (7)$$

umumiy chulgʻam quvvati:

$$S_{\text{уМ}} = U_C I_o - U_C (I_C - I_B) = U_C I_C \left(1 - \frac{1}{n_{BC}}\right) = S_{\text{ном}} k_{\text{фৌ}} = S_{\text{ТНП}}, \quad (8)$$



9-rasm. Avtotransformatorlar chulgʻamlaridagi toklarning turli rejimlarda taqsimlanishi: a,b—avtotraisformator rejimlar; v,g—transformator rejimlar; b,e—kombinatsiyalashgan rejimlar.

Shunday qilib, yana shuni qayd qilish mumkinki, avtotransformatorning chulgʻami va magnet-oʻtkazgichi, ayrim hollarda hisobiy quvvat deb yuritiluvchi tipavoy quvvatga hisoblanadi. Yu va Oʻ qisqichlarga qanday quvvat keltirilishiga qaramay, ketma-ket va umumiy chulgʻamni S_{nom} dan ortiq yuklash mumkin emas. Bu xulosa, avtotransformatorning kombinatsiyalangan ish rejimlarini koʻrishda ayniqsa muhimdir. Bunday rejimlar avtotransformatorning chulgʻamlari bilan faqat magnet orqali bogʻlangan uchinchi chulgʻam mavjud boʻlgandagina kelib chiqadi.

Avtotransformatorning uchinchi chulgʻami (PK chulgʻami) yuklamani taʼminlash, aktiv yoki reaktiv quvvat manbalari (generatorlar va sinxron kompensatorlar) ni ulash, ayrim hollarda esa faqat uchinchi garmonik toklarni kompensatsiyalash uchun qoʻllaniladi. PK chulgʻaming nominal quvvati avtotransformatorning pasport maʼlumotlarida koʻrsatiladi.

YuK, OʻK va PK chulgʻamlari boʻlgan uch chulgʻamli avtotransformatorlarning ish rejimini koʻrib chiqamiz (9-rasm).

Avtotransformatorli rejimlarda (9(a,b) -rasm,) nominal quvvat S_{nom} YuK chulgʻamdan OʻK chulgʻamga uzatilishi va aksincha boʻlishi mumkin. Ikkala rejimda umumiy chulgʻamda toklar farq $I_C - I_B = k_{foy} * I_C$ oʻtadi, shuning uchun ketma-ket va umumiy chulgʻamlar tipavoy quvvat bilan yuklangan boʻladi, bu esa ruxsat etiladi.

Transformatorli rejimlarda (9(v,g) -rasm) quvvatni PK chulgʻamdan OʻK chulgʻamiga yoki YuK ga uzatish mumkin. PK chulgʻamini S_{tip} , dan ortiq yuklash mumkin emas. Rejim PK-YuK yoki PK-OʻK ning ruxsat etilish sharti:

$$S_{PK} \leq S_{tip} = k_{foy} * S_{tip} \quad (9)$$

Agar PK dan O'K ga transformatsiyalanadigan bo'lsa, unda umumiy chulg'am shu quvvat bilan yuklangan va ketma-ket chulg'am yuklanmagan bo'lsa ham YuK dan O'K ga qo'shimcha quvvat uzatilishi mumkin bo'lmaydi. Transformatorli rejimda (9(g)-rasm,) S_{tip} quvvatni PK chulg'amdan YuK ga uzatishda umumiy va ketma-ket chulg'amlar to'la yuklanmaydi:

$$I_0 = I_n = \frac{k_{foy} * S_{nom}}{U_B} = k_{foy} * I_B \quad (10)$$

shuning uchun O'K chulg'amidan YuK ga qo'shimcha ma'lum miqdordagi quvvatni uzatish mumkin (9(e) –rasm, ga berilgan tushuntirishni qarang).

Kombinatsiyalashgan rejimda quvvatni avtotransformatorli yo'l bilan YuK→O'K avtotransformatorli yo'l PK→O'K bilan uzatilgan (9-rasm, d) ketma-ket chulg'amdagi tok

$$I_{KK} = I_B = \frac{\sqrt{P_B^2 + Q_B^2}}{U_B} \quad (11)$$

bunda R_V , Q_B – YuK dan O'K ga uzatiladigan aktiv va reaktiv quvvatlar. Ketma-ket chulg'am yuklanishi:

$$S_{KK} = (U_B - U_C) I_{KK} = \frac{\sqrt{P_B^2 + Q_B^2}}{U_B} (U_B - U_C) = k_{foy} S_B, \quad (12)$$

bundan shu narsa ko'rinadiki, nominal quvvat $S_B = S_{NOM}$ ni uzatganda ham ketma-ket chulg'am o'ta yuklanmaydi.

Umumiy chulg'amdagi toklar avtotransformatorli va transformatorli rejimlarda bir tomonga yo'nalgan:

$$I_B = I_{0(a)} + I_{(T)}. \quad (13)$$

Umumiy chulg'am yuklamasi

$$S_{um} = U_C (I_{0(a)} + I_{(T)}). \quad (14)$$

Toklar miqdorini o'rniga qo'yib va tegishli o'zgartirishlardan so'ng quyidagi natijani olamiz:

$$S_{um} = \sqrt{(k_{foy} P_B + P_{PK})^2 + (k_{foy} Q_B + Q_{PK})^2}, \quad (15)$$

bunda P_{NN} , Q_{NN} - PK chulg'andan O'K chulg'amga uzatilayotgan aktiv va reaktiv quvvatlar.

Shunday qilib, PK→O'K, YuK→O'K kombinatsiyalangan rejim umumiy chulg'am yuklamasi bilan chegaralanadi va quyidagi shartda ruxsat etiladi:

$$S_{um} \leq S_{tip} = k_{foy} S_{nom} \quad (16)$$

Quvvatni PK va O'K chulg'amlardan YuK chulg'amga uzatuvchi kombinatsiyalashgan rejimda toklarning taqsimlanishi 9-rasm, e da ko'rsatilgan. Umumiy chulg'amda avtotransformatorli rejimdagi tok yo'nalishi transformatorli rejim tokining yo'nalishiga qarama-qarshi, shuning uchun chulg'amning yuklamasi ruxsat etilgandan ancha kichik va nihoyat nolga teng bo'lishi mumkin. Ketma-ket chulg'amdagi toklar o'zaro qo'shiladi va natijada uni o'ta yuklanishi mumkin. Bu rejim ketma-ket chulg'amni yuklanishlash bilan chegaralanadi:

$$S_{KK} = k_{foy} \sqrt{(P_C + P_{PK})^2 + (Q_C + Q_{PK})^2} \quad (17)$$

bunda P_C, Q_C - O'K tomonidagi aktiv va reaktiv quvvatlar; P_{HH}, Q_{HH} - PK tomonidagi aktiv va reaktiv quvvatlar.

Agar quyidagi shart bajarilsa kombinatsiyalangan rejim PK→YuK, O'K→YuK ga yo'l qo'yiladi:

$$S_{KK} \leq S_{tip} = k_{foy} S_{nom} \quad (18)$$

OTQ-1 va OTQ-2 o'rtasidagi normal va avariya holatlaridagi quvvat oqimlarining hisobi hamda avtotransformatorning tanlovi 2.1-rasm asosida bajarilganda 3-jadvalda solishtiriladi. Xuddi shunday issiqlik va gidrostansiyalar uchun 3-rasm asosida sxema bajarilganda 4-jadvalga kiritiladi.

3-jadval

Avtotransformatorini tanlash

Aniqlanayotgan kattaliklar nomi	Hisob-kitob ifodasi	1-variant	2-variant
Normal rejimdagi quvvat oqimi, MVA	$S_{oqim} = (S_G - S_{o'z,eh}) \cdot N_{bl.OTQ-1} - S_{yuk}$		
Ikkita uch fazali avtotransformator o'rnatilayotgandagi bitta avtotransformatorning hisobiy quvvati, MVA	$S_{his.} = \frac{S_{oqim}}{1.4}$		
Uchta bir fazali avtotransformatorlar	$S_{his.} = S_{oqim}$		

oʻrnatilgandagi quvvat hisobi			
Oʻrnatilgan transformatorlarning turi va soni	$S_{T.nom} \geq S_{his}$		
OTQ-1 dagi bitta blok oʻchirilgan holatdagi quvvat oqimi	$S_{oqim}^{ae} = (S_G - S_{o'z,eh}) \cdot (N_{bl.OTQ-1} - 1) - S_{yuk}$		
Ruxsat etilgan oʻta yuklanish sharti	$\sum S_{AT.nom} \cdot 1.4 \geq S_{oqim}^{ae}$		

4-jadval

Bogʻlanish avtotransformatorini tanlash

Aniqlanayotgan kattaliklarning nomi	Hisob-kitob ifodasi	Hisob-kitob natijasi
Avtotransformator PK chulgʻami quvvatini tanlash sharti, MVA	$\sum S_{his.PK} \geq S_{G.nom}$	
Bir avtotransformator quvvatning hisobi, MVA	$S_{his} = \frac{S_{his.PK}}{K_{foy}}; \quad K_{foy} = \frac{U_g - U_c}{U_g}$	
Oʻrnatilgan avtotransformatorning turi va soni	$S_{AT.nom} \geq S_{his}$	
Avtotransformatorning oʻrta kuchlanishi chulgʻamida normal rejimdagi quvvat oqimi, MVA	$S_{oqim,O'K} = (S_G - S_{o'z,eh}) \cdot N_{bl.OTQ-1} - S_{yuk}$	
Avtotransformatorning tekshiruvi	$\sum S_{AT.nom} \geq S_{oqim,O'K}$	
Avtotransformatorning YuK chulgʻamida normal rejimdagi quvvat oqimi	$S_{oqim,YuK} = S_{oqim,O'K} + S_G - S_{o'z,eh}$	
Avtotransformatorning tekshiruvi	$\sum S_{AT.nom} \geq S_{oqim,YuK}$	
Avtotransformatorning OʻK chulgʻamida avariya xolatida OTQ-1 ning bitta bloki oʻchirilgandagi quvvatning oqimi, MVA	$S_{oqim,O'K}^{av} = (S_G - S_{o'z,eh}) \cdot (N_{bl.OTQ-1} - 1) - S_{yuk}$	
Oʻta yuklanishga yoʻl qoʻyish sharti	$\sum S_{AT.nom} \cdot 1.4 \geq S_{oqim,O'K}^{av}$	
Avtotransformatorning YuK chulgʻamida avariya rejimida OTQ-1 ning bitta bloki oʻchirilgandagi quvvat oqimi, MVA	$S_{oqim,YuK} = S_{oqim,O'K} + \frac{(P_{bl} - P_{o'z,eh})}{\cos \varphi_G}$	
Oʻta yuklanishga yoʻl qoʻyish sharti	$\sum S_{AT.nom} \cdot 1.4 \geq S_{oqim}^{av}$	

Agarda faqat bir fazali avtotransformator mavjud boʻlsa, uchta bir fazali avtotransformatorlar guruhi oʻrnatiladi.

Ikki kuchlanishli tarmoqlar orasidagi bog‘lanish shinasining mustahkamligini oshirish uchun izdan chiqqan har qanday fazaning o‘rnini bosadigan (fazani punktir bilan ifodalash lozim) to‘rtinchi qo‘shilmagan bir fazali avtotransformator o‘rnatish lozim.

4-7-rasmlarda belgilar bilan quvvat oqimining manfiy yo‘nalishi belgilangan. Avariya rejimi sifatida avtotransformator tanlanganda OTQ-1 bloklarning birining o‘chirilishi ko‘rib chiqiladi. Avariya o‘ta yuklanishga yo‘l qo‘yishini 40% deb qabul qilish lozim.

Transformatorga netral bo‘lgan yakkalangan yoki qoplangan tarmoq bo‘lsa, GES dagi OTQ-1 va OTQ-2 orasidagi bog‘lanish uch chulg‘amli transformator (110/35/10 kV) orqali amalga oshiriladi. Ushbu transformatorning uchlamchi chulg‘ami 6-10 kV kuchlanishli mahalliy yuklanish ta‘minlanishi uchun ishlatilishi mumkin (6-rasm.).

OTQ-1, OTQ-2 transformator bo‘g‘lanishining o‘ta yuklanish quvvatining ko‘rsatgichi minimal bo‘lishi kerak, boshqa tomondan bir generator avariya o‘chirishida iste‘molchilar ta‘minlanishi saqlangan holda OTQ-1 ga ulanganda quyidagilarga amal qilish lozim:

- a) OTQ 220 va 500 kV da havoli uzgichlar o‘rnatilishi;
- b) OTQ 220 va 110 kV da quyidagilar o‘rnatilishi lozim:
 - havoli uzgichlar, agar stansiyada TQ 220 kV va yuqori bo‘lsa;
 - kichik hajimli moyli uzgich, boshqa hollarda;
- v) TQ 110 kV dan past bo‘lsa, kichik hajimli moyli uzgich o‘rnatiladi, agar ularda yetarlicha tok uzgich bo‘lsa.

Misol 1

Vazifa. Normal va avariya rejimida OTQ-1 va OTQ-2 orasidagi quvvat oqimini hisoblang va 4-rasmdagi sxema asosida stansiya bog‘lanish avtotransformatorini tanlang. Elektr stansiyada 4 ta quvvati 200 MVt li generator o‘rnatilgan, yuklanishi OTQ-1 $P_{maks}=320$ MVt, $U_{OTQ-1}=110$ kV, $U_{OTQ-2}=220$ kV, stansiya ko‘mirda ishlaydi.

Yechilishi.

/1/ ga muvofiq shaxsiy ehtiyoj uchun qabul qilingan $P_{o'z}=0.08 \cdot P_{o'm}$, ya'ni har bir blok uchun

$$P_{o'z} = 0.08 \cdot P_{o'm} = 0.08 \cdot 200 = 16 \text{ MVt.}$$

Generator turini TFB-200 qabul qilib, /1/ muvofiq generatorning nominal $\cos \varphi$ ni aniqlaymiz :

$$\cos \varphi = 0.85.$$

Normal rejimidagi avtotransformator orqali quvvatning oqimi:

$$S_{oqim} = \frac{(P_{bl} - P_{o'z,eh}) \cdot N_{bl,OTQ-1} - P_{maks}}{\cos \varphi_g} = \frac{(200 - 16) \cdot 2 - 320}{0.85} = 56,47 [MVA]$$

Bitta avtotransformatorning quvvat hisobi, ikkita uch fazali o‘rnatilganda:

$$S_{his} = \frac{S_{oqim}}{1.4} = \frac{56,47}{1,4} = 46,34 [MVA]$$

Qurilmada 2 ta uch fazali avtotransformatorning ATДЦТН-63/230/121 kV turi qabul qilinadi.

Ammo, OTQ-1 avariya rejimida, bir bloki yuqotilganda, qabul qilingan avtotransformatorning o'ta yuklanishini tekshirib ko'rish lozim:

$$S_{oqim}^{av} = \frac{(P_{bl} - P_{o'z.ch}) \cdot (II_{bl.OTQ-1} - 1) - P_{maks}}{\cos \varphi_g} = \frac{(200 - 16) \cdot (2 - 1) - 320}{0,85} = -160[MVA]$$

«-» ifodasi quvvat yuklanishi uchun yo'nalishi o'zgarganligini bildiradi o'ta yuklanishga yo'l qo'yish shartlari tekshiriladi:

$$\sum S_{AT.HOM} \cdot 1,4 = 2 \cdot 63 \cdot 1,4 = 176,4 > |S_{oqim}^{av}| = 160[MVA]$$

ATДЦТН-63 avtotransformatori ushbu variant sxemasi IES elektr birikmalari uchun qabul qilinadi.

Misol 2

Vazifa. Normal va avariya holatida OTQ-1 va OTQ-2 orasidagi quvvatning oqimini hisoblang va 5- rasmda ko'rsatilgan sxema asosida elektr stansiyaning bog'lanish avtotransformatorni tanlang. Elektr stansiyada 4 ta 200 MVt li generator o'rnatilgan. OTQ-1 yuklanishi $R_{maks}=320$ MVt, $U_{OTQ-1}=110$ kV, $U_{OTQ-2}=220$ kV, $\cos \varphi = 0,85$, $P_{o'z.ch}=16$ MVt.

Yechish.

Berilgan kuchlanish ifodalari uchun OTQ-1 va OTQ-2 avtotransformatorning foydali ish koeffitsiyent hisoblanadi:

$$K_{fik} = \frac{U_{yu} - U_{o'r}}{U_{yu}} = \frac{230 - 121}{230} = 0,474$$

/1/ ga muvofiq $S_{g.nom.}=235,3[MVA]$. OTQ-1 va OTQ-2 orasidagi bog'lanish uchun 2 ta uch fazali avtotransformator o'rnatiladi, past kuchlanishli chulg'amning har biri uchun quyidagi shart bajarilishi lozim $\sum S_{his.PK} \geq S_{g.nom}$, undan

$$S_{his.PK} = \frac{S_{g.nom}}{2} = \frac{235,3}{2} = 117,65[MVA]$$

Bir avtotransformatorning quvvat hisobi

$$S_{his} = \frac{S_{his.PK}}{K_{fik}} = \frac{117,65}{0,474} = 248,2[MVA]$$

Qurilmada ikkita uch fazali avtotransformatorning ATДЦТН-250/230/121/15,75 kV turi qabul qilinadi.

Normal rejimdagi o'rta kuchlanishli avtotransformatorning chulg'am yuklanishi tekshiriladi:

$$S_{oqimOK} = \frac{(P_{bl} - P_{OK}) \cdot II_{bl.OTQ-1} - P_{maks}}{\cos \varphi_g} = \frac{(200 - 16) \cdot 2 - 320}{0,85} = 56,47[MVA]$$

$$\sum S_{AT.HOM} = 250 \cdot 2 = 500 > |S_{oqimOK}| = 56,47[MVA]$$

Normal rejimdagi yuqori kuchlanishli avtotransformatorning chulg'am yuklanishini tekshirish:

$$S_{oqim.YuK} = S_{oqim.O'K} + \frac{(P_{bl} - P_{O'K})}{\cos \varphi_g} = 56,47 + \frac{(200-16)}{0,85} = 272,94[MVA]$$

$$\sum S_{AT.nom} = 250 \cdot 2 = 500 > |S_{oqim.YuK}| = 272,94[MVA]$$

Avariya rejimida OTQ-1 bir bloki yo'qotilganda, qabul qilingan avtotransformatorning o'ta yuklanishi tekshirib ko'riladi..

Avariya rejimida o'rtacha kuchlanishli chulg'anda quvvatning oqimi:

$$S_{oqim.O'K}^{av} = \frac{(P_{bl} - P_{O'K}) \cdot (\Pi_{bl.OTQ-1} - 1) - P_{maks}}{\cos \varphi_g} = \frac{(200-16) \cdot (2-1) - 320}{0,85} = -160[MVA]$$

$$\sum S_{AT.nom} \cdot 1,4 = 2,250 \cdot 1,4 = 700 > |S_{oqim.O'K}^{av}| = 160[MVA]$$

Avtotransformatorning avariya rejimida yuqori kuchlanishli chulg'anda quvvatning oqimi:

$$S_{oqim.YuK}^{av} = S_{oqim.O'K}^{av} + \frac{(P_{bl} - P_{O'K})}{\cos \varphi_g} = -160 + \frac{(200-16)}{0,85} = 56,47[MVA]$$

$$\sum S_{AT.nom} \cdot 1,4 = 2 \cdot 250 \cdot 1,4 = 700 > |S_{oqim.YuK}^{av}| = 56,47[MVA]$$

3.9. Elektr uzatish liniyalarini tanlash

Rayon elektr tarmoqlari simlarining kesim yuzalari tokning iqtisodiy zichligi bo'yicha tanlanib tojlanishga va normal hamda avariya dan keyingi rejimlarda ruxsat etilgan tok qiymatiga tekshiriladi.

35 kV va undan yuqori kuchlanishli HL da odatda po'lat-alyumin AC, ACO va ACY markali simlar ishlatiladi. Bu simlarda tokning iqtisodiy zichligi maksimal yuklamaning ishlash vaqti -T ga bog'liq. O'rta Osiyo uchun:

5-jadval

T (soat)	1000÷5000	3000÷5000	5000÷8760
j A/mm ²	1,5	1,4	1,3

Simning kesim yuzasi quyidagi formula orqali topiladi:

$$F_{his} = \frac{I_M}{j_s} \quad (19)$$

bu yerda, $I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_n}$ - liniyaning maksimal ish rejimidagi yuklama toki, A;

S_M - maksimal rejimdagi liniyadan uzatilayotgan to'la quvvat, MVA;

U_n - liniyaning nominal kuchlanishi, kV.

Hosil bo'lgan hisobiy yuza eng yaqin standart songacha yaxlitlanishi, hamda tojlanishga tekshirilishi kerak. Kesim yuzasi 70 mm² yuqori bo'lgan 110 kVli

liniyalar tojlanmaydi. 220 kVli kesim yuzasi – 240 mm² li liniyalar ham tojlanmaydi. 35 kVli HL tojlanishga tekshirilmaydi.

Agar olinayotgan kesim yuzasi iqtisodiy quvvat bo'yicha tuzilgan jadvaldagidan katta bo'lsa, u holda nominal kuchlanish oshiriladi yoki ikkita zanjirli liniya olinadi.

Simlarning kesim yuzalarini aniqlashdan oldin maksimal yuklama rejimida hamma liniyalardan oqayotgan quvvat miqdorini taxminan aniqlash kerak. Radial variantda yuklama quvvatlari yig'indisi har bir radiusning oxiridan manbaga qarab hisoblash yo'li bilan topiladi.

Tokning iqtisodiy zichligi bo'yicha qilinayotgan hisob-kitobda j_s ni aniq tanlash katta ahamiyatga ega. j_s maksimal yuklamaning vaqti T ga bog'liq, "T" esa har bir podstansiya uchun quyidagicha hisoblanadi:

a) Loyihalash uchun berilgan topshiriqda P_M - yuklamaning maksimal aktiv quvvati va W_{yil} - iste'molchining (podstansiya) yil davomida qabul qiladigan energiya miqdori bo'lsa, u holda "T":

$$T = \frac{W_{yil}}{P_M} \text{ soat} \quad (20)$$

Agar bir necha podstansiyalarni ta'minlaydigan liniyaning kesim yuzasi topilayotgan bo'lsa, unda bu liniya uchun o'rtacha muallaq " $T_{o.r.m}$ " aniqlanadi:

$$T_{o.r.m} = \frac{P_{BM} \cdot T_B + P_{CM} \cdot T_c + \dots + P_{nM} \cdot T_n}{P_{BM} + P_{CM} + \dots + P_{nM}} \text{ soat} \quad (21)$$

b) aniqlangan "T" bo'yicha bitta liniya uchun j_s, I_M, I_{his} lar topiladi.

Berilgan stansiya shinalarini sistema bilan bog'lovchi liniyaning kesim yuzasini topishga alohida ahamiyat berish kerak. Bu liniyadan loyihalalanayotgan tarmoqning maksimal, minimal va avariya dan keyingi (holatlari) ish rejimlariga bog'liq bo'lgan har xil quvvat o'tishi mumkin.

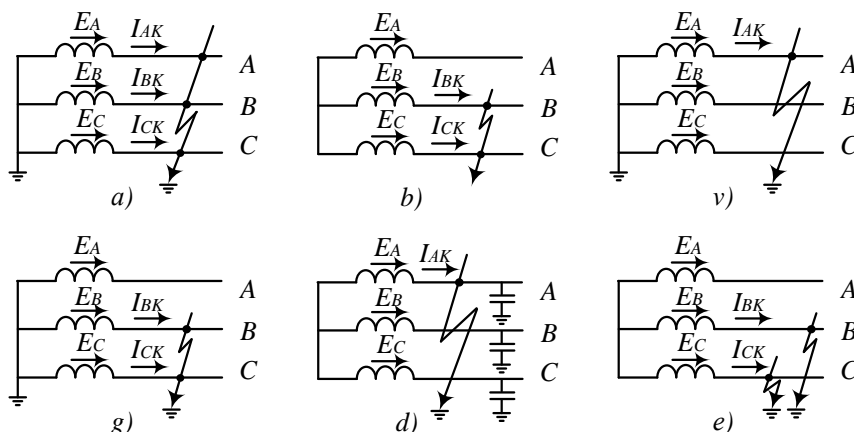
4. Qisqa tutashuv toklarini hisoblash

Energetika tizimidagi ko'pgina shikastlanishlar fazalarning o'zaro va yer bilan qisqa tutashishlariga (QT) olib keladi (10-rasm). Elektr mashinalari va transformatorlarning chulg'amlarida bundan tashqari o'ramlar orasida bir fazali QT larni keltirib chiqadi. Shikastlanishlarning asosiy sabablariga izolyatsiyaning buzilishi, eskirishi, kuchlanishning normadan oshib ketishi, xizmat ko'rsatuvchi shaxslarning noto'g'ri amali va xatolari, ajratgichni kuchlanish ostida uzish, qisqa tutashtirgich bor holda kuchlanishni berilishlari kiradi.

Qisqa tutashuv vaqtida yopiq elektr konturning ta'minot manbasining

(generatorning) EYuK da katta qisqa tutashuv toki I_k hosil bo‘ladi. Qisqa tutashuvlar uch fazali $K^{(3)}$, ikki fazali $K^{(2)}$, bir fazali yerga $K^{(1)}$ va ikki fazali yerga $K^{(1.1)}$ larga bo‘linadi (10-rasm).

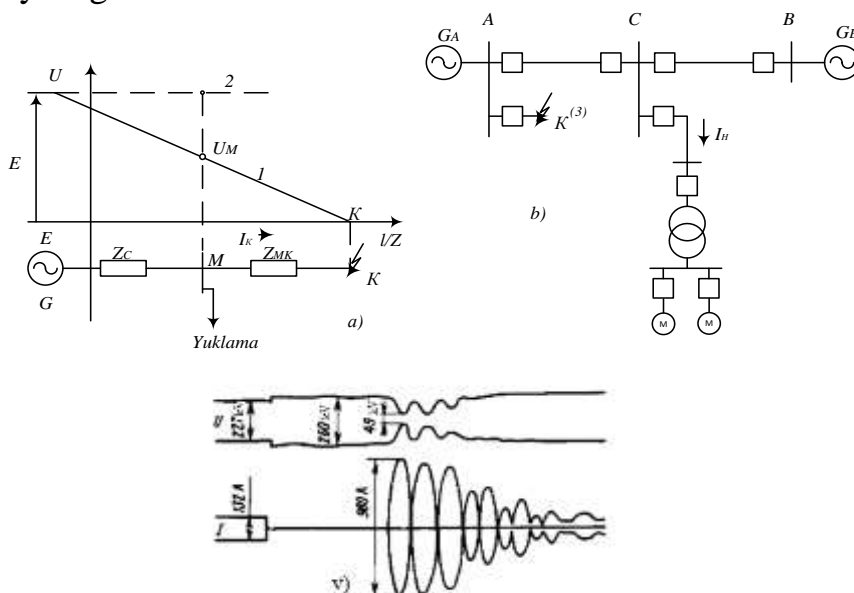
Qisqa tutashuv paytida tokning ortishi natijasida elektr tizimning elementlaridagi kuchlanishning miqdori kamayadi. Bu o‘z navbatida elektr liniyaning barcha nuqtalarida kuchlanishning kamayishiga olib keladi. Qisqa tutashuv nuqtasi K da kuchlanish nolga teng (11(a)- rasm). Tarmoqning biror bir nuqtasidagi pasaygan kuchlanishning qiymati quyidagicha aniqlanadi: $U_m = I_k \cdot Z_m$



10- rasm. Elektr qurilmalaridagi shikastlanishlar turlari:

a, b, v, g – uch fazali, ikki fazali, bir fazali va ikki fazali yer bilan qisqa tutashuv; d va e – neytrali izolyatsiyalangan tarmoqlarda bir fazali va ikki fazaning yer bilan tutashuvlari.

Qisqa tutashuv vaqtida tokning ortishi va kuchlanishning kamayishi quyidagi xavfli natijalarni yuzaga keltiradi:



11 -rasm. QT ning kuchlanish pasayishiga ta’siri.

a - iste’molchilar ishiga, b - elektr tizimning parallel ishlash turg‘unligiga, v - asinxron rejimda tok va kuchlanishning ossillogrammasi.

a) Joule-Lenz qonuniga asosan qisqa tutashuv I_k toki R aktiv qarshilikdan t vaqt mobaynida $Q=k \cdot I_k^2 \cdot R \cdot t$ issiqlik ajralishiga olib keladi. Shikastlangan joylardagi tok va elektr yoyi natijasida hosil bo'lgan issiqlik buzilishlarni yuzaga keltiradi, I_k tok va t vaqt qancha katta bo'lsa u ham katta bo'ladi. QT toki shikastlanmagan qurilmalardan o'tishi natijasida ruxsat etilgan miqdoridan qizdiradi, bu esa izolyatsiyani va tok o'tkazuvchi qismlarni shikastlantiradi.

b) katta QT toklarining o'tishi natijasida o'tkazgichlar orasidagi elektrodinamik o'zaro ta'sir ortadi, natijada mexanik kuchlanish kattalashadi.

v) qisqa tutashuv paytida kuchlanishning tushishi sinxron va asinxron motorlarning, yoritish uskunalari va boshqa elektr qurilmalarining ishlashining buzilishiga olib keladi (11(b)- rasm).

g) kuchlanishning tushuvi parallel ishlayotgan generatorlarning turg'un ishlashining buzilishiga olib kelishi mumkin, bu esa energiya tizimning buzilishiga va bir qism yoki barcha istemolchilarning elektr ta'minotida to'xtalishlarga olib keladi.

Shikastlanishlarning asosiy ko'rinishi neytrali izolyatsiyalangan yoki katta qarshilikli yoyni so'ndiruvchi reaktor yoki katta aktiv qarshilik orqali zaminlangan tarmoqlarda bir fazali tutashuv hisoblanadi. 10-rasmdan ko'rinib turibdiki, neytrali izolyatsiyalangan tarmoqda bir fazali tutashuv QT ni keltirib chiqarmaydi, chunki shikastlangan fazaning E_A EYuK si yer bilan shunt hosil qilmaydi. Bunda shikastlangan joydagi Iz toki shikastlanmagan tarmoq o'tkazgich faza (B va C) larini yer bilan orasidagi C sig'im orqali tutashadi, bunda shuni ta'kidlash kerakki uning qiymati kichik bo'ladi. Ushbu turdagi shikastlanishda fazalararo kuchlanish o'zgarmasdan qoladi. Buning natijasida neytrali izolyatsiyalangan tarmoqlarda bir fazali yerga tutashuv iste'molchilarning ishlashiga ta'sir qilmaydi va generatorlar sinxron ishlashini buzmaydi. Lekin ushbu turdagi shikastlanish tarmoqda o'ta kuchlanishni keltirib chiqaradi, buning natijasida esa shikastlanmagan ikki faza (B va C) larning yerga nisbatan izolyatsiyasini buzilishini va bir fazali yerga tutashuv ikki fazali QT yoki yerga ikkita tutashuvga o'tishi mumkin bo'lgan xavfni keltiradi.

4.1. Qisqa tutashuv toklarining hisobi

Tanlangan variant uchun uch fazali qisqa tutashuv tokining hisobi o'tkaziladi. Qisqa tutashuv hisob nuqtalari 12- rasmda ko'rsatilgan:

Qisqa tutashuv tokining hisobi generator va sistemada nisbiy birliklar sistemasiga bajarilishi kerak. Nisbiy birliklar sistemasida ixtiyoriy S_{baz} tanlanadi, qisqa tutashuv hisoblanayotganda U_{baz} qabul qilinadi.

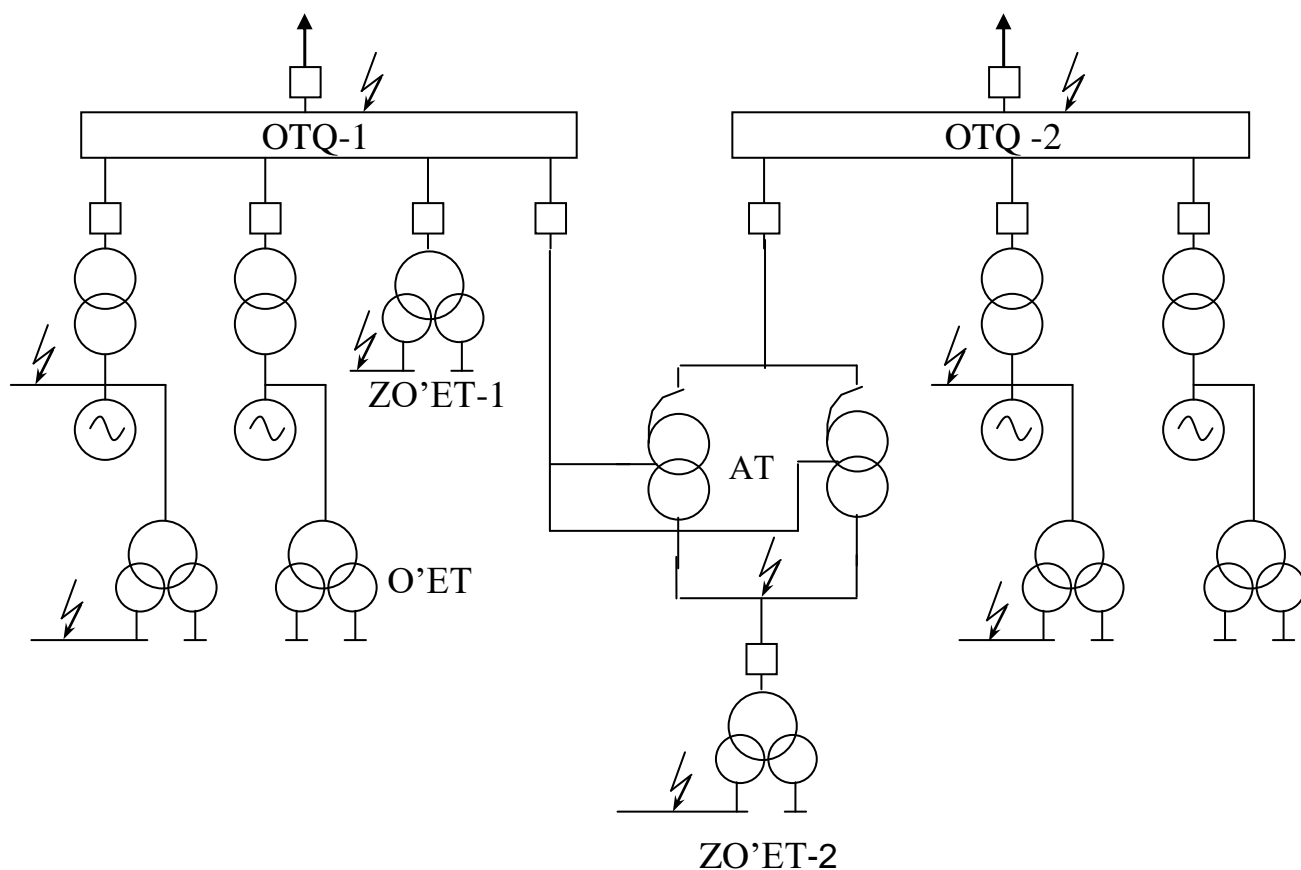
Asosiy kuchlanishlar qatori: 525; 230; 115; 37; 24; 20; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3.

Sxemadagi elementlar qarshiligi quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$\text{- sistema: } X_{*bc} = \frac{S_{baz}}{S_c''}; \quad \text{nomli birlik } X_{C(O.M)} = \frac{U_{o'rt.q.t}^2}{S_c''}$$

- avtotransformator va uch chulg'amli transformatorlar uchun alohida uchta chulg'amining qarshiliklari hisoblanadi:

$$\begin{aligned}
 X_{yu} &= \frac{0,5 \cdot (U_{Ky.u.o'} + U_{Ky.u.p} - U_{Ko'.p})}{100} \cdot \frac{S_b}{S_{nAA}}, \\
 X_{O'} &= \frac{0,5 \cdot (U_{Ky.u.o'} - U_{Ky.u.p} + U_{Ko'.p})}{100} \cdot \frac{S_b}{S_{nAA}}, \\
 X_p &= \frac{0,5 \cdot (-U_{Ky.u.o'} + U_{Ky.u.p} + U_{Ko'.p})}{100} \cdot \frac{S_b}{S_{nAA}}
 \end{aligned}
 \tag{22}$$



12- rasm. Qisqa tutashish hisob nuqtalari berilgan tarmoqning prinsipial sxemasi

Ko'p qirrali yulduzchali sxemadan foydalaniladi va barcha manbalardagi qisqa tutashish toklari quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$I_{bazl10} = \frac{S_b}{\sqrt{3}U_b}; \quad I_{d.t} = \frac{E}{X_{*b}} \cdot I_b; \tag{23}$$

Qisqa tutashish zarbaviy toki: $i_z = \sqrt{2} \cdot k_z \cdot I_{K\Sigma t=0}$;

Qisqa tutashish nodavriy toki: $i_{nt} = \sqrt{2} \cdot I_{d.t} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}$.

Sistemadagi EYuKning ko'rsatgichi $E_S = 1$ deb qabul qilinadi; generator uchun:

$$E_r = 1 + X_d'' \cdot \sin \varphi_{nom}.$$

Sistemada $I_{P,\tau}$ tokining ko'rsatgichi $I_{P,0}$ ga teng deb olinadi va egri chiziq hisobi metodida aniqlanadi.

Qisqa tutashish toklar hisobidagi doimiy vaqt sistemasi barcha nuqtalarda $T_A=0,045$ sek., deb olinadi, generator qisqichidagi qisqa tutashish nuqtalari vaqt doimiyligi /5/ katalog ko'rsatgichiga muvofiq. Dvigateldan qisqa tutashish tok hisobi \5\ da ko'rsatilgan metodika bo'yicha bajariladi.

Ushbu metodikaga muvofiq, bunda nazarda tutilgan o'rta kuchlanish dvigatellar aniq tarkibi noma'lum, ularning nisbiy yig'indi quvvati: $\sum P_{nom}=1,25 \cdot S_{prtsn.nom}$, ifodasi orqali aniqlanadi, bunda $S_{prtsn.nom}$ – TIQH ishchi rezerv nominal quvvati (parchalangan transformator uchun $0,5 \cdot S_{prtsn.nom}$).

$\sum P_{nom}$ qiymatining tarkibiga shinaning hisob seksiyasiga bevosita birlashgan dvigatelning quvvatidan tashqari, boshqa seksiyalarga birikkan dvigatellar, ya'ni rezerv ta'minlanish magistrali orqali hisob seksiyasiga bog'liq.

Dvigateldan qisqa tutashuv tarkibiy tokdagi davriy bog'lanishining qiymati:

$$I_{d.t.dv.} = 4 \cdot \frac{\sum P_{nom}}{U_{nom}}, \quad (24)$$

Bunda, $I_{d.t.dv.}$, $\sum P_{nom}$ o'lchovi kA va MVt bir-biriga muvofiq, U_{NOM} – dvigatelning chizikli kuchlanishi, kV.

Qisqa tutashuvning davriy tarkibi τ vaqtida:

$$i_{d.\tau.dv.} = I_{d.t.dv.} \cdot e^{\frac{-\tau}{0,07}} \quad (25)$$

Qisqa tutashuvning nodavriy tarkibi τ vaqtida:











$$i_{n.\tau.dv.} = \sqrt{2} \cdot I_{d.t.dv.} \cdot e^{\frac{-\tau}{0,04}} \quad (26)$$

Qisqa tutashuvning zarbaviy toki: $i_z = \sqrt{2} \cdot I_{d.t.dv.} \cdot k_{z.dv.}$, bunda $K_{z.dv.}=1,65$.

Qisqa tutashuv tokining hisobi natijalari barcha manbalarda jamlanib vaqt uchun $t=0$ va $t=\tau$.

6-jadval

Elektr qurilmaning elementi	Almashtirish sxemasi	Hisoblash formulalari	
		Nomli birliklarda, Om	Nisbiy birliklarda

<p>Generator</p> 		$x = \frac{x_d'' \cdot U_d^2}{100 S_{i\dot{i}}}$	$x_* = \frac{x_d'' S_d}{100 S_{i\dot{i}}}$
<p>Elektr tizim</p> 		$x = \frac{U_b^2}{\sqrt{3} I_{nom} U_{o'r}}$ yoki $x = \frac{U_b^2}{S_k}$ yoki $x = x_{c,nom} \frac{U_b^2}{S_{nom}}$	$x_* = \frac{S_b}{\sqrt{3} I_{nom} U_{o'r}}$ yoki $x_* = \frac{S_b}{S_k}$ yoki $x_* = x_{c,nom} \frac{S_b}{S_{nom}}$
<p>Transformator</p> <p>r</p> 		$x = \frac{u_k \% U_b^2}{100 S_{nom}}$ Aktiv qarshilik hisobga olinganda $r = \frac{\Delta P_k U_b^2 10^{-3}}{S_{nom}^2}$ $x = \sqrt{u_{*k}^2 - \left(\frac{\Delta P_k}{S_{nom}}\right)^2} \frac{U_b^2}{S_{nom}}$	$x_* = \frac{u_k \% S_b}{100 S_{nom}}$ Aktiv qarshilik hisobga olinganda $r_* = \frac{\Delta P_k S_b 10^{-3}}{S_{nom}^2}$ $x_* = \sqrt{u_{*k}^2 - \left(\frac{\Delta P_k}{S_{nom}}\right)^2} \frac{S_b}{S_{nom}}$
<p>Reaktor</p> 		$x = x_r \frac{U_b^2}{U_{o'r}^2}$	$x_* = x_r \frac{S_b}{U_{o'r}^2}$
<p>Liniya</p> 		$x = x_0 l \frac{U_b^2}{U_{o'r}^2}$ $r = r_0 l \frac{U_b^2}{U_{o'r}^2}$	$x_* = x_0 l \frac{S_b}{U_{o'r}^2}$ $r_* = r_0 l \frac{S_b}{U_{o'r}^2}$

7-jadval

Qisqa tutashuv nuqtasi	kuchlanish kV	Qisqa tutashuv nuqtasi	$I_{d.t}$ kA	$I_{d.\tau}$ kA	$I_{n.\tau}$ kA	I_z kA	B_k $\kappa A^2 \cdot c$
------------------------	---------------	------------------------	--------------	-----------------	-----------------	----------	----------------------------

		joylashgan joy.					
K – 1							
...							
K – n							

Qisqa tutashuv toklari hisobi ochiq jadval bilan tugashi lozim.

Qisqa tutashuv tokining vaqt τ hisobi har bir nuqta uchun alohida aniqlanadi:

$$\tau = t_{sh.v} + 0,01 \quad (27)$$

bunda, $t_{sh.v}$ – uzgichning shaxsiy vaqti, uzgichning katalog ma'lumotiga muvofiq aniqlanadi.

Uzgich turi elektr stansiya sxemasi tanlovi orqali amalga oshiriladi. Uzgichning oxirgi tekshiruvi 2.4.1. bo'limida bajariladi.

5. Qurilmalar va tok uzatuvchi qismlarni tanlash

Qurilmalar va tok uzatish qismlar faqat tanlangan variant uchun tanlanadi. Tanlovga: uzgich, ajratgich, tok va kuchlanish o'lchovchi transformator, barcha kuchlanish TQ tok uzatish qismlari, zaryadsizlagich va yig'ma shinalar kiradi.

5.1. Uzgich va ajratgich tanlash

Uzgichlar haqidagi umumiy ma'lumotlarda ularni standart bo'yicha xarakterlovchi parametrlari ko'rib o'tilgan. Uzgichlarni tanlashda ularning 12 ta parametrlarini hisobga olish lozim, biroq ishlab chiqaruvchi zavodlar tomonidan parametrlarning ayrim bog'lanishi kafolatlanganligi sababli, masalan,

$$I_{ish,nom} \geq I_{uz,nom}; i_{ish,nom} \geq 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{uz,nom} \quad (28)$$

uzgichlarni muhim parametrlari bo'yicha tanlashga ruxsat etiladi.
qurilmaning kuchlanishi bo'yicha:

$$U_{o'rn} \leq U_{nom} \quad (29)$$

Nominal toki bo'yicha:

$$I_{o'rn} \leq I_{nom} \quad (30)$$

uzish qobiliyati bo'yicha.

Birinchi navbatda quyidagi shartga asosan simmetrik uzish toki bo'yicha tekshiriladi:

$$I_{r,\tau} \leq I_{uz.nom} \quad (31)$$

Soʻngra q.t. aperiodik tashkil etuvchisining uzilish ehtimoli tekshiriladi

$$i_{a,\tau} \leq i_{a, nom} = \sqrt{2} \beta_{nom} I_{uz.nom} \quad (32)$$

bu yerda $i_{a.nom}$ —uzilayotgan tokning t vaqtdagi aperiodik tashkil, etuvchisining ruxsat etilgan nominal qiymati; β_{nom} —uzilayotgan tokdagi aperiodik tashkil etuvchining nisbiy qismining nominal qiymati; $i_{a,\tau}$ — kontaktlarning ajrash momenti τ dagi q.t. tokining aperiodik tashkil etuvchisi; τ q.t. boshlanishidan yoy soʻndiruvchi kontaktlarning ajrash vaqtigacha boʻlgan eng qisqa vaqt:

$$\tau = t_{z,min} + t_{sh.v} \quad (33)$$

bu yerda $t_{z,min}=0,01$ s—releli muhofazaning minimal taʼsir etish vaqti; $t_{sh.v}$ —uzgichning xususiy uzish vaqti.

Agar $I_{d,\tau} \leq I_{uz.nom}$ shart bajarilib, $i_{n,\tau} > i_{a.nom}$ boʻlsa, u holda q.t. ning toʻliq toki boʻyicha uzish qobiliyatini tekshirish mumkin.

$$(\sqrt{2I_{d,\tau}} + i_{n,\tau}) \leq \sqrt{2I_{uz.nom}} * (1 + \beta_{nom}) \quad (34)$$

Uzgich elektrodinamik turgʻunlikka q.t. ning chegara parron oʻtish toki boʻyicha tekshiriladi:

$$I_{d,t} \leq I_{pr.s}, i_z \leq I_{pr.s}, \quad (35)$$

bu yerda, $I_{pr.s}$ —q.t. ning chegara parron oʻtish tokining taʼsir etuvchi qiymati (katalog boʻyicha olinadi); $i_{pr.s}$ —q.t. ning chegara parron oʻtish tokining amplituda qiymati (katalog boʻyicha olinadi); $I_{d,t}$ —uzgich zanjiridagi q.t. tokining davriy tashkil etuvchisining boshlangʻich qiymati; i_z —uzgich zanjiridagi q.t. ning zarbiy toki.

Uzgich termik turgʻunlikka issiqlik impulsi boʻyicha tekshiriladi:

$$B_k \leq I_{\tau}^2 * t_{\tau}, \quad (36)$$

bu yerda B_k —hisob boʻyicha issiqlik impulsi; I_{τ} —termik turgʻunlikning katalog boʻyicha chegara toki; t_{τ} —termik turgʻunlik tokining oʻtish davomiyligi, s.

8-jadval

Koʻrsatgich	Hisob koʻrsatgichi	Uzgichning katalog maʼlumotlari	Ajratgich katlog maʼlumotlari	Tanlash sharti.
Nominal				$U_{ish} \leq U_{nom}$

kuchlanish, kV				
Uzkuksiz tok, A				$I_{ish} \leq I_{nom}$
Nominal uchirish toki, kA				$I_{d\tau} \leq I_{o'ch.nom}$
Dinamik chidamli nominal toki, kA				$I_z \leq i_{pr.skv}$
Termik chidamlilik, $kA^2 \cdot s$				$B_k \leq I_{\tau}^2 \cdot t$

5.2. Ajratgichlarni tanlash

Ajratgichlar quyidagicha tanlanadi:
qurilmaning kuchlanishi bo'yicha

$$U_{qur} \leq U_{nom}$$

tok bo'yicha

$$I_{ish.n} \leq I_{nom}$$

konstruksiyasi, o'rnatish turi bo'yicha;
elektrodinamik turg'unligi bo'yicha

$$i_z \leq I_{pr.s}, I_{d.t} \leq I_{pr.s},$$

bu yerda, $i_{pr.s}$, $I_{pr.s}$ —q.t. ning parron o'tuvchi chegara toki (amplituda va ta'sir etuvchining qiymatlari);
termik turg'unligi bo'yicha

$$B_k \leq I_{\tau}^2 * t_{\tau}$$

bu yerda B_k —hisob bo'yicha issiqlik impulsi, $kA^2 \cdot s$; I_{τ} —termik turg'unlikning chegara toki; t_{τ} —termik turg'unlik chegara tokining o'tish davomiyligi.

Qisqa tutashtirgichlar ham o'sha shartlar asosida tanlanadi, faqat yuklama tokiga tekshirilmaydi.

9-jadval

Xisobiy parametrlar		Ajratgichning parametrlari	
U_{nom} (kV)		U_{nom} (kV)	
I_{nom} (A)		I_{nom} (A)	
i_{zarb} (kA)		i_{zarb}	

$I_{KT}^2 \cdot t(\kappa A \cdot c)$	$I_{TEP}^2 \cdot t(\kappa A \cdot c)$	
--------------------------------------	---------------------------------------	--

5.3. Tok transformatorini tanlash

Tok transformatorini tanlash uchun, avvalo transformator turi aniqlanadi (qurilgan yoki alohida turadigan), bu o'z navbatida oldindan qabul qilingan uzgich turiga bog'liq. Kam hajmli moyli uzgich o'rnatilganda alohida turadigan tok transformatori ishlatiladi. Tok transformatorini tanlash yig'ma jadval bilan yakunlanadi.

Tok transformatori barcha yuqori voltli uzgichlar zanjirida tanlanadi. OTQ-I va OTQ-2, tarmoqlarida o'rnatilgan tok transformatori uchun ikkilamchi yuklanish bo'yicha tekshiriladi (aniqlik sinfi tekshiruvi).

Bajariladigan sharti birikib tekshiriladi:

$$S_{2,his} \leq S_{2,nom}. \quad (37)$$

10-jadval

Ko'rsatgich	TT hisob ko'rsatgichi	TT katalog ma'lumoti	Tanlash sharti.
Nominal kuchlanish, kV			$U_{ish} \leq U_{nom}$
Uzluksiz tok, A			$I_{ish} \leq I_{nom}$
Dinamik chidamlilik nominal tok, kA			$I_z \leq i_{din}$ $i_{din} = \kappa_{din} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{nom}$
Temik chidamlilik, $kA^2 \cdot s$			$B_k \leq (I_{nom} \cdot \kappa_t)^2 \cdot t$

Tokli zanjirning induktiv qarshiligi yuqori emas, shuning uchun $Z_2 \approx r_2$. ikkilamchi yuklanish uskunalar qarshiligidan simlar birikmasi va qarshilik o'tkazish kontaktidan iborat:

$$r_2 = r_{quril} + r_{pr} + r_k. \quad (38)$$

Uskunalarining qarshiligi quyidagicha ifodalanadi $r_{quril} = S_{nom} / I_2^2$, bunda S_{quril} – uskunalar iste'moldagi quvvat; I_2 – uskunaning ikkilamchi nominal toki 5A ga teng.

Kontaktlar qarshiligi ikki- uch uskunada 0.05 Om deb olinadi va ko'proq uskunalarda 0.1 Om deb qabul qilinadi. Birikkan simlarning qarshiligi ularning kesimi va uzunligiga bog'liq. Tok transformatori tanlangan aniq sinfdan ishlashi uchun ushbu shartga chidab berishi lozim:

$$r_{quril} + r_{bs} + r_k \leq Z_{2nom}, \quad (39)$$

bu yerda,

$$r_{pr} = Z_{2nom} - r_{quril} - r_k.$$

$$q = \frac{\rho \cdot l_{his}}{r_{bs}}, \quad (40)$$

r_{bs} bilib birikkan simlar kesimidan aniqlash mumkin:

bu yerda, ρ - simning solishtirma qarshiligi. Mis tolali simlar ($\rho=0.0175$) ikkilamchi zanjirning asosiy va yordamchi uskunasida (ishlatiladi) agregati 100MVt va yuqori quvvatli elektr stansiyada ishlatiladi, hamda yuqori kuchlanishli 220kV va undan yuqori nimstansiyalarda qo'llaniladi. Boshqa holatlarda ikkilamchi zanjirda alyumin tolali simlar ($\rho=0.0283$) qo'llaniladi; l_{hisob} – hisob uzunligi, tok transformatori sxemasiga muvofiq. Uchta TT yulduzga ulangan, $l_{hisob} = l$, bunda l – TT o'rnatilgan joydan uskunaga qadar masofa. Ikkita TT to'liq bo'lmagan yulduzga ulangan, $l_{hisob} = l \cdot \sqrt{3}$, bitta TT sxemasi uchun, o'rta fazaga qo'shilgan bo'lsa (B fazasi) $l_{hisob} = 2 \cdot l$

TT dan uskunagacha bo'lgan ulangan simlar uzunligi kuchlanish pog'onalari uchun: 35kV ... (60 - 75)m; 110kV ... (75 – 100)m; 220kV ... (100-150)m; 500kV ... (150-175)m. deb qabul qilish mumkin.

Mexanik mustahkam mis simlar birikishi kesishmalari 2,5 mm dan kam bo'lmasligi lozim

Nazariy qismda uskunalarining tok transformatoriga ulanish sxemasi keltirilgan (yulduz, to'liqmas yulduz).

5.4. Kuchlanish transformatorini tanlash

Kuchlanish transformatori: har bir yuqori kuchlanishli yuqori shina sistemasida va har bir seksiyada agar har bir tarmoqdagi seksiyalanish $U_{nom} = 500kV$ bo'lsa, blokli transformator va generator orasida uskunalar ishlashi va generatorning yoqilishi va o'chirishi uchun o'rta kuchlanish 6 kV har seksiyada, AZQU (AVR) ishlash sharti uchun o'rnatiladi.

O'rnatilgan kuchlanish transformatorlar nominal kuchlanishi ular o'rnatilish joyiga qarab qabul qilinadi. Elektr stansiyalarda hisoblagichlar o'rnatilganligi sababli aniqlik sinfi kuchlanish transformatori uchun ham tok transformatori uchun ham 0,5 ga teng deb olinadi.

Nazariy qismda barcha kuchlanish transformatorining aniqlik sinfiga tekshiruv o'tkaziladi.

11-jadval

Uskunalar nomi	Uskuna turi	Bitta g'altak uchun sarflanadigan quvvat, VA	G'altaklar soni	Uskunalar soni	Umumiy sarflanadigan quvvat, VA.
Voltmetr					
...					

Ma'lumotlar bo'lmasa hisoblagichlar uchun $\cos \varphi = 0,38$ deb qabul qilinadi. Ikkilamchi yuklanish tekshiruvi quyidagi shart bilan birlashtiriladi:

$$S_{2.\text{hisob}} \leq S_{2.\text{nom}}$$

5.5. Shinalar va tok uzatish qismlar tanlash

5.5.1. Qayishqoq shinalar tanlash

Qayishqoq simlar blokli transformatorlarni OTQ bilan bog'lash uchun ishlatiladi.

35kV dan ortiq kuchlanishli elektr uzatish tarmoq simlari, blokli transformator bilan OTQ bog'lanish uzun simlari, qayishqoq tok o'tkazuvchi kuchlanish generatori tejoychi tok zichligi orqali tekshiriladi:

$$q_e = \frac{I_{\text{norm}}}{J_{\text{e}}}$$

bu yerda, I_{norm} – normal rejimdagi tok; j_e – tokning normallangan zichlik, A/mm². O'rta Osiyo uchun $J_e=1,3$ A/mm².

Qizish kesimi tanlovi:

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{rux}}$$

orqali olib boriladi.

Tanlangan kesim qisqa tutashuv tokining termik ta'siriga $B_K \leq B_{K \text{ rux}}$ orqali tekshiriladi;

$$q_{\text{MIN}} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} \leq q \cdot S_{\text{al}}=91, S_{\text{Cu}}=167. \quad (41)$$

Qisqa tutashuv toki elektrodinamik ta'siriga TQ qayishqoq shinalari tekshiriladi bunda $I_k^{(3)} \geq 20\text{kA}$ va HL simlar $i_z \geq 50\text{kA}$.

Toj sharti tekshiruvi 35kV va undan yuqori kuchlanishli qayishqoq simlar uchun zarur toj ko'rinishidagi rezerv yuqori kuchlanishli elektr maydoni atrofida hosil bo'ladi, bunda yoritilish jarayoni qo'shimcha energiya sarflanishiga olib keladi, radiolakatrlar hosil qiladigan elektrmagnit to'lqin yuzaga keladi, kontakt birikmalarining oksidlanishiga olib keladigan ozon hosil bo'ladi

Toj ko'rinishdagi zaryadsizlanish elektr maydonining keskin kuchlanganligi boshlang'ich maksimal ko'rsatgichi, kV/sm,

$$E_0 = 30,3 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}}\right) \quad (42)$$

bunda, m – g'adir-budirlik koeffitsiyenti 0.82 ga teng; r_0 – sim radiusi, sm.

Parchalanmagan sim yuzasi yonidagi elektr maydon kuchlanishi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$E = \frac{0,354 \cdot U}{r_0 \cdot \lg \frac{D_{o'r}}{r_0}} \quad (43)$$

bu yerda, U – tarmoqdagi kuchlanish, kV; $D_{o'r}$ – fazalar simlari orasidagi o'rta geometrik masofa, sm.

Fazalarning gorizontal holatdagi $D_{o'r} = 1.26D$, bunda D – fazalar orasidagi masofa, sm.

Simlar parchalanganda elektr maydon kuchlanishi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$E = k \cdot \frac{0,354 \cdot U}{mr_0 \cdot \lg \frac{Do'r}{r_{ek}}} \quad (44)$$

Fazaning ikki parallel sigma parchalanishda $K = 1 + 2 \cdot r_0/a$, ekvivalent radius esa $r_{ek} = \sqrt{r_0 \cdot a}$, sm. Bunda a – fazaning parchalangan simlar orasidagi masofa. $U=220$ kV $a=20-30$ sm uchun sim yuzasidagi.

Eng yuqori kuchlanishi $0.9E_0$ dan oshmasa simlar ekranlanmaydi, shuning uchun toj shartini bu tarzda yozish mumkin: $1.07 \cdot E \leq 0.9E_0$.

5.5.2. Qattiq shinalar tanlash

Yopiq TQ 6-10kV da qalin sim o'rnatish va yig'ma shinalar qattiq alyumin shinalar bilan bajariladi. Mis shinalar qimmatligi sababli hatto yuqori tok kuchlanishlarda ham ishlatilmaydi. 3000A gacha bo'lgan toklarda bir va ikki tasmali shinalar ishlatiladi. Yuqori toklarda qutichasimon kesishmali shinalar tavsiya etiladi, chunki ular yaqinlik effektidan, yuza effekti sodir bo'ladigan kam yo'qotishni ta'minlaydi, hamda sovish uchun yaxshi sharoit mavjud.

Elektr uskuna yig'ma shinalari va qalin sim o'rnatish ochiq va yopiq TQ chegaralaridagi barcha kuchlanish tejoychi tok zichlovchi tekshirilmaydi.

Shinalar kesishmasi tanlovi qizish bo'yicha olib boriladi, bunda nafaqat normal, balki avariyan keyingi rejim, hamda remont vaqtidagi rejim, shina seksiyalari orasidagi tok taqsimlanishi imkoni hisobga olinadi. Tanlov sharti $I_{ishmax} \leq I_{rux}$, bunda I_{rux} – tanlangan kesishma shinalardagi tok, plasmas yoki farq qiladigan havo harorati

$B_{0nom} = 25^\circ C$. Bu yerda $I_{rux} = I_{rux.nom} \cdot \sqrt{\frac{B_{rux} - B_0}{B_{rux} - B_{0nom}}}$. Yakkalanmagan simlar va bo'yalgan

shinalar uchun $B_{rux}=70^\circ C$; $B_{0.NOM}=25^\circ C$, deb qabul qilinadi, unda $I_{rux} = I_{rux.nom} \cdot \sqrt{\frac{70 - B_0}{45}}$,

bunda $I_{rux.nom}$ – havo haroratidagi tok $B_{0.NOM}=25^\circ C$ da; B_0 – havoning haqiqiy harorati; B_{rux} – davomiy rejimdagi qizish harorati (shinalar uchun $+70^\circ C$).

Shinalarning termik chidamlilikka tekshirish qisqa tutashishda $B_K \leq B_{K.rux}$ yoki $q_{min} \leq q$, bunda B_K – qisqa tutashish toki orqali shinalarning qizish harorati; $B_{K.rux}$ – qisqa tutashishdagi ruhsat etilgan shinaning qizish harorati; q_{min} – termik chidamlilikka minimal kesishma; q – tanlangan kesishma, sharti asosida bajariladi.

Ko‘pchilik, shinalar tuzulishining amaliy qo‘llanishida bu shartlarga amal qiladi, shuning uchun mexanik to‘lqinni e‘tiborga olib PUE da elektrodinamik chidamlilik tekshiruvini talab qilmaydi.

5.5.3. Bir tasmali shinalarning mexanik hisobi

Uch fazali qisqa tutashishda eng katta solishtirma kuchayish, N/m, quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$F^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \frac{i_z^{(3)2}}{a} \quad (45)$$

Fazalar orasidagi masofa shinalar parametridan ancha katta bo‘lganligi tufayli $a \gg 2(b + h)$, unda forma koeffitsiyenti $k_F=1$.

Eng katta solishtirma kuchayish uch fazali shikastlanishda sodir bo‘ladi, shuning uchun keyingi hisob-kitobda uch fazali qisqa tutashishning zarbaviy toki hisobga olinadi. Indeks (3) soddalashtirishlar maqsadida tushuriladi.

Bir zayilda taqsimlangan kuch F eguvchi moment hosil qiladi, N·m:

$$M = \frac{F \cdot l^2}{10} \quad (46)$$

bunda, l – shinali konstruktor izolyatori orasidagi ustunlar orasining uzunligi, m.

Eguvchi moment ta‘sirida vujudga keladigan shina materialining kuchlanishi, MPa,

$$\sigma_{hisob} = \frac{M}{W} = \frac{F \cdot l^2}{10 \cdot W} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{i_z^2 \cdot l^2}{W \cdot a} \quad (47)$$

bunda W – o‘qqa nisbatan shinalar qarshiligi momenti, kuch harakatiga perpendikulyar, sm^3 .

Shinalar mexanik mustahkam, agar $\sigma_{hisob} \leq \sigma_{rux}$, bunda σ_{rux} – shina materialidagi mexanik kuchlanish.

5.5.4. Ikki tasmali shinalarning mexanik hisobi

Agar har bir faza ikki tasmadan bajarilsa, unda tasmalar va fazalar orasida kuchlanish hosil bo‘ladi. Tasmalar orasidagi kuchlanish bir-biriga tegmasligi lozim. Ushbu kuchlanishni kamaytirish uchun tasmalarning ustunlari orasiga qistirmalar

joylashtiriladi. Ustunlar orasi qistirmalar orasida qisqa tutashishda hosil bo‘ladigan elektrdinamik kuchlar tasmalar to‘qnashuviga olib kelmasligi uchun l_p tanlanadi:

$$l_p \leq 0.216 \cdot \sqrt{\frac{a_p}{i_z^{(3)}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{EJ_p}{\kappa_F}} \quad (48)$$

Ikki tasmaning mexanik sistemasi – izolyatorlari 200Gs dan ortiq bo‘lgan shaxsiy to‘lqin chastotasiga ega bo‘lishi lozim, mexanik rezonans tufayli kuchlanish ko‘payib ketmasligi uchun. Shunga asosan l_p ifodasi yana bir shart bilan tanlanadi

$$l_p \leq 0.133 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt[4]{\frac{EJ_p}{m_p}} \quad (49)$$

bunda, a_p – tasmalar o‘qi orasidagi masofa, sm; $J_p = h \cdot b^3 / 12$ – tasmalar inersiya momenti, sm⁴; κ_F – forma koeffitsiyenti; m_p – uzunlik birligidagi tasmaning massasi, kg/m; E – shina materialining qayishqoqlik moduli.

Yuqorida ko‘rsatilgan ifodalardan aniqlangan ko‘rsatgichlarning hisob uchun ikki ko‘rsatgichdan kichigi olinadi.

Ikki tasmalar paketidagi tasmalarning o‘zaro ta’sir kuchini ushbu ifoda orqali topish mumkin $i_1 = i_2 = i_z / 2$; $a = a_p = 2b$ ni qo‘yib:

$$F_p = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \kappa_F \cdot \left(\frac{i_z}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{2b} = \frac{\kappa_F}{4} \cdot \frac{i_z^2}{b} \cdot 10^{-7} \quad (50)$$

Tasmalarning o‘zaro ta’siridan shina materialidan kuchlanishi, MPa,

$$\sigma_p = \frac{F_p l_p^2}{12W_p} \quad (51)$$

bunda, W_p – bir tasmaning qarshilik momenti, sm³; l_p – qistirmalar orasidagi masofa, m.

Fazalarning o‘zaro ta’siridan shina materialining kuchlanishi quyidagicha

$$\sigma_F = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l^2}{aW_F} \cdot i_z^2 \quad (52)$$

bunda l – izolyator ustunlari orasidagi masofa, m; W_F – shina to‘plamining qarshilik momenti, sm³.

Shinalar mexanik mustahkam, agarda $\sigma_{\text{hisob}} = \sigma_F + \sigma_p \leq \sigma_{\text{rux}}$.

6. Variantlar tartibi.

№	Stansiya turi	Bloklar soni	OTQ-1			OTQ-2		
			Liniya uzunligi, km	Kuchlanish, kV	Yuklama, MVA	liniya uzunligi, km	Kuchlanish, kV	S _{kz} , MVA
1	IES	6x63	21	110	95	25	220	6000
2	IES	4x63	21	110	80	25	220	6000
3	GES	7x80	18	110	160	20	220	5000
4	IES	5x300	22	110	520	39	220	4600
5	GES	6x117	23	110	310	28	220	2600
6	IES	5x120	14	110	180	28	220	6200
7	IES	6x110	25	110	310	30	220	2600
8	GES	6x64	16	110	180	20	220	2200
9	GES	5x80	21	110	70	18	220	6500
10	IES	5x110	14	110	130	28	220	5000
11	GES	4x64	26	110	80	30	220	6000
12	IES	4x100	17	110	115	29	220	6600
13	IES	6x200	24	220	420	36	500	4600
14	GES	5x100	12	110	250	25	220	6600
15	GES	4x100	12	110	115	25	220	6600
16	IES	5x250	17	110	480	22	220	2200
17	GES	4x80	15	110	200	19	220	2500
18	IES	5x260	21	220	500	26	500	3200
19	GES	5x103	28	110	350	38	220	4200
20	IES	6x200	24	220	420	36	500	4600
21	GES	4x100	12	110	115	25	220	6600
22	IES	5x200	21	220	395	26	500	3200
23	GES	7x60	16	110	300	24	220	3100
24	IES	5x300	22	110	520	39	220	4600
25	GES	6x64	16	110	180	20	220	2200
26	IES	6x63	16	110	180	20	220	2200
27	GES	6x117	23	110	310	28	220	2600
28	IES	6x110	25	110	310	30	220	2600
29	GES	4x64	26	110	80	30	220	6000
30	IES	5x320	18	220	500	22	500	2800
31	GES	5x100	12	110	250	25	220	6600
32	IES	6x220	17	110	600	22	220	2200
33	GES	5x200	16	110	250	30	220	7000
34	IES	5x110	14	110	130	28	220	5000
35	GES	5x83	20	110	200	29	220	5000
36	IES	8x100	23	110	415	32	220	3700
37	GES	6x100	12	110	125	21	220	3700
38	IES	8x100	13	220	160	19	500	6500
39	IES	5x120	14	110	150	28	220	6200
40	IES	8x200	17	220	275	18	500	4200
41	IES	4x63	21	110	80	25	220	6000
42	IES	6x220	17	110	600	22	220	2200
43	GES	5x103	28	110	350	38	220	4200

12-jadval davomi

44	IES	5x320	18	220	500	22	500	2800
45	GES	6x117	23	110	310	28	220	2600
46	IES	5x300	22	110	520	39	220	4600
47	GES	6x64	16	110	180	20	220	2200
48	IES	5x120	14	110	150	28	220	6200
49	GES	5x150	20	110	320	30	220	3200
50	IES	5x300	22	110	520	39	220	4600
51	GES	4x64	26	110	80	30	220	6000
52	IES	7x110	29	110	350	38	220	3300
53	GES	5x83	20	110	200	29	220	5000
54	IES	8x200	17	220	275	18	500	4200
55	IES	6x63	21	110	95	25	220	6000
56	GES	4x100	12	110	115	25	220	6600
57	IES	4x63	21	110	80	25	220	6000
58	GES	7x80	18	110	220	20	220	5000
59	IES	8x100	13	220	160	19	500	6500
60	GES	6x200	27	220	500	14	500	6700
61	GES	5x100	12	110	250	25	220	6600
62	IES	6x63	16	110	180	20	220	2200
63	GES	7x60	16	110	300	24	220	3100
64	IES	7x200	17	220	530	18	500	4200
65	GES	4x200	27	220	205	14	500	6700
66	IES	6x120	14	110	280	28	220	6200
67	GES	5x100	12	110	215	21	220	3700
68	IES	6x100	19	110	280	32	220	7300
69	GES	7x80	21	110	230	18	220	6500
70	IES	6x110	25	110	310	30	220	2600
71	IES	8x100	13	220	160	19	500	6500
72	GES	4x100	12	110	115	25	220	6600
73	GES	4x64	26	110	80	30	220	6000
74	IES	5x300	22	110	520	39	220	4600
75	GES	5x100	12	110	250	25	220	6600
76	IES	6x220	17	110	600	22	220	2200
77	GES	5x83	20	110	200	29	220	5000
78	IES	8x200	17	220	275	18	500	4200
79	IES	4x63	21	110	80	25	220	6000
80	IES	4x100	17	110	115	29	220	6600
81	GES	6x117	23	110	310	28	220	2600
82	IES	6x200	24	220	420	36	500	4600
83	GES	6x64	16	110	180	20	220	2200
84	IES	5x100	19	110	150	32	220	7300
85	GES	5x200	16	110	250	30	220	7000
86	IES	6x63	16	110	180	20	220	2200
87	GES	5x103	28	110	350	38	220	4200
88	IES	5x110	14	110	130	28	220	5000
89	GES	7x60	16	110	300	24	220	3100
90	IES	4x300	19	110	570	23	220	2600
91	IES	5x120	14	110	150	28	220	6200

12-jadval davomi

92	IES	5x110	25	110	220	30	220	2600
93	GES	8x40	22	110	170	29	220	3200
94	IES	6x210	24	110	460	32	220	4200
95	GES	8x78	21	110	260	28	220	3800
96	IES	7x100	23	110	250	32	220	3700
97	GES	6x83	17	110	205	24	220	4100
98	IES	6x200	24	220	410	36	500	4600
99	GES	6x115	19	110	330	26	220	3300
100	IES	7x160	22	110	310	24	220	3000
101	IES	5x320	18	220	500	22	500	2800
102	GES	6x117	23	110	310	28	220	2600
103	IES	6x110	25	110	310	30	220	2600
104	GES	6x40	22	110	150	29	220	3200
105	IES	5x100	19	110	150	32	220	7300
106	IES	4x63	21	110	80	25	220	6000
107	IES	8x100	13	220	160	19	500	6500
108	GES	5x83	17	110	190	24	220	4100
109	IES	5x120	14	110	150	28	220	6200
110	GES	5x100	12	110	250	25	220	6600
111	IES	6x110	25	110	310	30	220	2600
112	GES	5x103	28	110	350	38	220	4200
113	IES	5x100	19	110	150	32	220	7300
114	IES	5x120	14	110	150	28	220	6200
115	IES	5x300	22	110	520	39	220	4600
116	GES	6x64	16	110	180	20	220	2200
117	IES	5x110	14	110	130	28	220	5000
118	IES	6x63	21	110	95	25	220	6000
119	IES	6x220	17	110	600	22	220	2200
120	GES	8x78	21	110	320	28	220	3800
121	GES	5x83	20	110	200	29	220	5000
122	GES	6x83	17	110	250	24	220	4100
123	IES	6x200	24	220	580	36	500	4600
124	GES	6x115	19	110	360	26	220	3300
125	IES	7x160	22	110	450	24	220	3000
126	GES	5x120	23	110	260	32	220	4200
127	GES	5x150	20	110	320	30	220	3200
128	IES	5x210	23	110	430	36	220	4600
129	GES	6x115	27	110	325	38	220	4200
130	IES	7x110	29	110	360	38	220	3300
131	GES	5x130	26	110	300	37	220	3000
132	IES	5x200	30	110	380	30	220	4000
133	GES	5x103	28	110	250	38	220	4200
134	GES	4x100	12	110	190	25	220	6600
135	IES	4x63	21	110	130	25	220	6000
136	GES	7x80	18	110	250	20	220	5000
137	IES	8x200	17	220	720	18	500	4200
138	GES	6x200	27	220	580	14	500	6700
139	GES	4x100	12	110	220	25	220	6600

12-jadval davomi

140	IES	4x63	21	110	150	25	220	6000
141	GES	7x80	18	110	260	20	220	5000
142	IES	8x200	17	220	610	18	500	4200
143	GES	6x200	27	220	620	14	500	6700
144	IES	5x120	14	110	250	28	220	6200
145	GES	6x100	12	110	310	21	220	3700
146	IES	5x100	19	110	190	32	220	7300
147	GES	5x80	21	110	180	18	220	6500
148	IES	5x110	14	110	200	28	220	5000
149	GES	7x100	16	110	280	17	220	3400
150	IES	5x260	18	220	550	19	500	4200
151	GES	8x90	23	110	310	24	220	3700
152	IES	6x300	20	110	580	26	220	4200
153	GES	5x100	12	110	255	21	220	3700
154	IES	6x100	19	110	305	32	220	7300
155	GES	7x80	21	110	260	18	220	6500
156	IES	6x110	14	110	295	28	220	5000
157	GES	8x100	16	110	360	17	220	3400
158	IES	6x260	18	220	600	19	500	4200
159	GES	7x90	23	110	300	24	220	3700
160	GES	6x90	16	110	250	20	220	2600
161	IES	5x250	17	110	430	22	220	2200
162	GES	4x80	15	110	200	19	220	2500
163	IES	5x260	21	220	460	26	500	3200
164	GES	5x90	11	110	210	24	220	3100
165	IES	5x200	17	110	420	22	220	2200
166	GES	4x120	11	110	260	14	220	2500
167	IES	5x200	21	220	380	26	500	3200
168	GES	7x90	18	110	300	30	220	3100
169	IES	6x210	16	110	550	22	220	3000
170	GES	6x80	18	110	260	20	220	3100
171	IES	5x63	22	110	150	30	220	3100
172	GES	6x60	16	110	220	24	220	3200
173	IES	4x320	18	220	600	22	500	2800
174	GES	5x64	16	110	100	20	220	2200
175	IES	5x120	14	110	150	28	220	6200
176	GES	6x117	17	110	270	26	220	3500
177	IES	5x100	19	110	150	32	220	7300
178	IES	6x200	21	220	250	26	500	3200
179	GES	8x90	18	110	280	30	220	3100
180	IES	6x110	25	110	310	30	220	2600
181	GES	6x117	23	110	310	28	220	2600
182	IES	6x63	22	110	150	30	220	3100
183	GES	7x60	16	110	130	24	220	3200
184	IES	5x300	22	110	520	39	220	4600
185	GES	7x107	28	110	280	35	220	4200
186	IES	4x63	21	110	80	25	220	6000
187	GES	5x200	16	110	250	30	220	7000

12-jadval davomi

188	IES	5x63	21	110	95	25	220	6000
189	IES	6x110	25	110	310	30	220	2600
190	IES	7x200	17	220	580	18	500	4200
191	GES	4x200	27	220	190	14	500	6700
192	IES	4x100	17	110	115	29	220	6600
193	IES	5x300	22	110	520	39	220	4600
194	IES	5x110	14	110	130	28	220	5000
195	IES	6x200	24	220	420	36	500	4600
196	GES	5x103	28	110	350	38	220	4200
197	GES	5x83	20	110	200	29	220	5000
198	GES	8x90	11	110	300	24	220	3100
199	IES	8x200	17	220	275	18	500	4200
200	IES	5x320	18	220	500	22	500	2800
201	GES	7x80	21	110	230	18	220	6500
202	IES	6x110	25	110	310	30	220	2600
203	IES	8x100	13	220	160	19	500	6500
204	GES	4x100	12	110	115	25	220	6600
205	GES	4x64	26	110	80	30	220	6000
206	IES	5x300	22	110	520	39	220	4600
207	GES	5x100	12	110	250	25	220	6600
208	IES	6x220	17	110	600	22	220	2200
209	GES	5x83	20	110	200	29	220	5000
210	IES	8x200	17	220	275	18	500	4200
211	IES	4x63	21	110	80	25	220	6000
212	IES	4x100	17	110	115	29	220	6600
213	GES	6x117	23	110	310	28	220	2600
214	IES	6x200	24	220	420	36	500	4600
215	GES	6x64	16	110	180	20	220	2200
216	IES	5x100	19	110	150	32	220	7300
217	GES	5x200	16	110	250	30	220	7000
218	IES	6x63	16	110	180	20	220	2200
219	GES	5x103	28	110	350	38	220	4200
220	IES	5x110	14	110	130	28	220	5000
221	GES	7x60	16	110	300	24	220	3100
222	IES	4x300	19	110	570	23	220	2600
223	IES	5x120	14	110	150	28	220	6200
224	IES	5x110	25	110	220	30	220	2600
225	GES	8x40	22	110	170	29	220	3200

7. Kurs loyahasini bajarish na'munasi

13-jadval

Stansiya turi	Bloklar soni	OTQ 1				OTQ 2			
		liniya		kuchlanish	Yuklama	liniya		kuchlanish	Skz
		soni	uzunligi			soni	Uzunligi		
		hisob	km	kV	MVA	hisob	km	kV	MVA
GES	6x64	hisob	16	110	180	hisob	20	220	2200

7.1. Asosiy elektr uskunalarini tanlash

7.1.1. Generatorlar tanlash

Berilgan variant bo'yicha gidroelektr stansiyasi (GES) uchun generator tanlaymiz. Variant bo'yicha GES dagi generatorning aktiv quvvati $P_{nom} = 64$ MVt bo'lishi lozim. Katalogdan CB-1510/120-108 rusumli gidrogenerator tanlaymiz.

Tanlangan gidrogeneratorning pasport ma'lumotlari:

14-jadval

Generatorning to'la quvvati, MVA	Kuchlanishi, kV	Toki, kA	Quvvat koeffitsiyenti ($\cos \varphi$)	O'ta o'tkinchi qarshilik (x_d'')
75,3	13,8	3,15	0,85	0,21

7.1.2 Kuch transformatorini tanlash

Kuch transformatori generatordan chiqayotgan quvvat va kuchlanishni ko'tara olishi lozim.

Tanlash sharti: $S_{nom,t} \geq S_{nom,g}$; $U_{nom,quyi t} \geq U_{nom,g}$

Generatorning quvvati 75,3 MVA bo'lganligi uchun ikkita OTQ lar uchun quvvati 80 MVA bo'lgan ikki chulg'amli kuch transformatorlarini tanlaymiz.

OTQ -1 da kuchlanish 110 kV ligini hisobga olgan holda kuch transformatorimizning yuqori chulg'ami 110 kV kuchlanishga mo'ljallangan bo'lishi lozim. OTQ-1 uchun ТДЦ-80 000/110 rusumli transformator tanlab, passport ma'lumotlari yozib olinadi.

15-jadval

To'la quvvati, (MVA)	Yuqori kuchlanish i $U_{nom,yu.}$, (kV)	Quyi kuchlanish i $U_{nom,qu.}$, (kV)	Salt ishlashdag i toki I_s , %	Qisqa tutashuv kuchlanish i U_k , %	Salt ishlashdag i aktiv quvvatning isrofi ΔP_s , (kVt)	Qisqa tutashuvdag i aktiv quvvatning isrofi $\Delta P_{q,t}$, (kVt)
80	121	13,8	0,6	11	310	85

OTQ – 2 da kuchlanish 220 kV ligini hisobga olgan holda kuch transformatorimizning yuqori chulg‘ami 220 kV kuchlanishga mo‘ljallangan bo‘lishi lozim. OTQ-2 uchun ТД-80000/220 rusumli kuch transformatori tanlanadi.

16-jadval

To‘la quvvati, (MVA)	Yuqori kuchlanish i $U_{nom,yu.}$, (kV)	Qo‘yi kuchlanish i $U_{nom.qu.}$, (kV)	Salt ishlashdagi i toki I_s , %	Qisqa tutashuv kuchlanish i U_k , %	Salt ishlashdagi i aktiv quvvatning isrofi ΔP_s , (kVt)	Qisqa tutashuvdagi i aktiv quvvatning isrofi $\Delta P_{q.t}$, (kVt)
80	242	13,8	0,45	11	315	79

7.1.3 O‘z ehtiyoj transformatorini tanlash

O‘z ehtiyoj transformatorining (O‘ET) quvvatini elektr stansiyaning o‘z ehtiyoji uchun sarflanayotgan maksimal quvvatning sarfi orqali aniqlash mumkin. O‘z ehtiyoj yuklamasi stansiyaning turiga qarab generatorning o‘rnatilgan quvvatidan foiz hisobida ($P_{o'z.eh\%}$) olinadi. IES uchun o‘z ehtiyoji transformatori generator quvvatini 5÷14 %, GES uchun 0,5÷3 % olinadi. Shuningdek o‘z ehtiyoj transformatorining yuqori kuchlanishi generator kuchlanishiga teng qilib yoki kuchlanishlar qatoridagi eng yaqin katta kuchlanishga mos qilib olinadi, ya’ni $U_{o'z.eh.tr} \geq U_g$

GES dagi generatorning quvvati 75,3 MVA, stansiyaning o‘z ehtiyoji uchun ketayotgan quvvatni generatorlar quvvatining 3% ga teng deb qabul qilamiz.

$$S_{o'z.ex} = 0,03 \cdot S_g = 0,03 \cdot 75,3 = 2,3 \text{ MVA}$$

Hisoblangan quvvat asosida o‘z ehtiyoj transformatorining quvvatini o‘z ehtiyoji uchun ketayotgan quvvatga teng yoki transformatorlar quvvati qatorining eng yaqin kattasini qabul qilamiz, ya’ni:

$$S_{o'z.ex} \leq S_{o'z.ex.tr}$$

Kataloglardan TM-2500/35 rusumli transformatorni qabul qilamiz.

17-jadval

To‘la quvvati (MVA)	Yuqori kuchlanishi $U_{nom,yu.}$, (kV)	Qo‘yi kuchlanishi $U_{nom.qu.}$, (kV)	Salt ishlashdagi toki I_s , %	Qisqa tutashuv kuchlanishi U_k , %	Salt ishlashdagi aktiv quvvatning isrofi ΔP_s , (kVt)	Qisqa tutashuvdagi aktiv quvvatning isrofi $\Delta P_{q.t}$, (kVt)
2,5	13,8	11	1	6,5	4,1	23,5

7.1.4 Ishga tushiruvchi zahira o'z ehtiyoj transformatorini tanlash

Blokli IES larda ishga tushiruvchi zahira o'z ehtiyoj transformatorlari (ITZO'ET) bloklar soni ikkita bo'lganda bitta ishga tushiruvchi zahira o'z ehtiyoj transformatori, bloklar soni 3÷6 bo'lganda ikkita zahira o'z ehtiyoj transformatori qo'llaniladi. Agarda bloklar soni oltidan ko'p bo'lganda generator kuchlanishiga mo'ljallangan uchinchi zahira transformatori manbaga ulanmagan holda stansiyada o'rnatilgan bo'lishi va istalgan ishchi o'z ehtiyoj transformatorini almashtira olishi lozim.

Har bir ishga tushiruvchi zahira o'z ehtiyoj transformatorining quvvati bitta blokning ishchi o'z ehtiyoj transformatorini almashtira olishi va bir vaqtning o'zida ikkinchi blokning ishga tushirilishini (pusk) yoki avariya viy to'xtashini ta'minlab bera oladigan qilib tanlanadi. *Agarda o'z ehtiyoj iste'molchilari haqida aniq ma'lumotga ega bo'linmasa, zahira o'z ehtiyoj transformatorining quvvati o'ta yuklangan ishchi o'z ehtiyoj transformatorining quvvatidan 1,5 marta katta qilib olinadi.* Bunda ishga tushiruvchi zahira o'z ehtiyoj transformatori aksariyat hollarda o'chirilgan yoki yuklanmagan holda ishlaganligini hisobga olgan holda ruxsat etilgan o'ta yuklanish qobiliyati hisobga olish zarur. Ushbu shartlar bo'yicha tanlangan zahira o'z ehtiyoj transformatorlari o'z ehtiyoj motorlarning o'z-o'zidan ishga tushish shartiga tekshirilishi lozim.

Ishga tushiruvchi zahira o'z ehtiyoj transformatorining hisobiy quvvatini topib olamiz:

$$S_{ish.z.} = 1,5 \cdot S_{o'z.ex} = 1,5 \cdot 2,5 = 3,75 MVA$$

Hisoblangan quvvat asosida ishga tushiruvchi zahira o'z ehtiyoj transformatorining quvvatini transformatorlar quvvati qatorining eng yaqin kattasini qabul qilamiz, ya'ni: $S_{ish.z.} \leq S_{ish.z.t.}$. Shuningdek ishga tushiruvchi zahira o'z ehtiyoj transformatori quyi chulg'aming kuchlanishi ishchi o'z ehtiyoj transformatorining quyi chulg'amidagi kuchlanishiga teng, yuqori chulg'aming kuchlanishi esa OTQ-1 dagi shina kuchlanishiga (110 kV) teng bo'lishi lozim.

TM-4000/110 rusumli transformatorni qabul qilamiz.

18-jadval

To'la quvvati, (MVA)	Yuqori kuchlanishi $U_{nom,yu.}$, (kV)	Qo'yi kuchlanishi $U_{nom,qu.}$, (kV)	Salt ishlashdagi toki I_s , %	Qisqa tutashuv kuchlanishi U_k , %	Salt ishlashdagi aktiv quvvatning isrofi ΔP_s , (kVt)	Qisqa tutashuvdagi aktiv quvvatning isrofi $\Delta P_{q.t.}$, (kVt)
4	121	10,5	-	-	-	-

7.1.5 Avtotransformator tanlash

Avtotransformator quvvatini tanlash avtotransformatordan o'tishi mumkin bo'lgan eng katta quvvatni topib olish sharti orqali aniqlanadi. Bunda tarmoqning normal va avariya holatlarida avtotransformatorning ish rejimlari orqali quvvat oqimi bir OTQ dan ikkinchi OTQ ga o'tishini hisobga olish lozim.

Avtotransformator orqali o'tuvchi quvvat yuklamaning quvvatiga bog'liq ravishda o'zgarishi mumkin, shuningdek OTQ dagi generatorning remont holatida bo'lishi natijasida avtotransformatordan o'tuvchi quvvatning o'zgarishiga olib keladi.

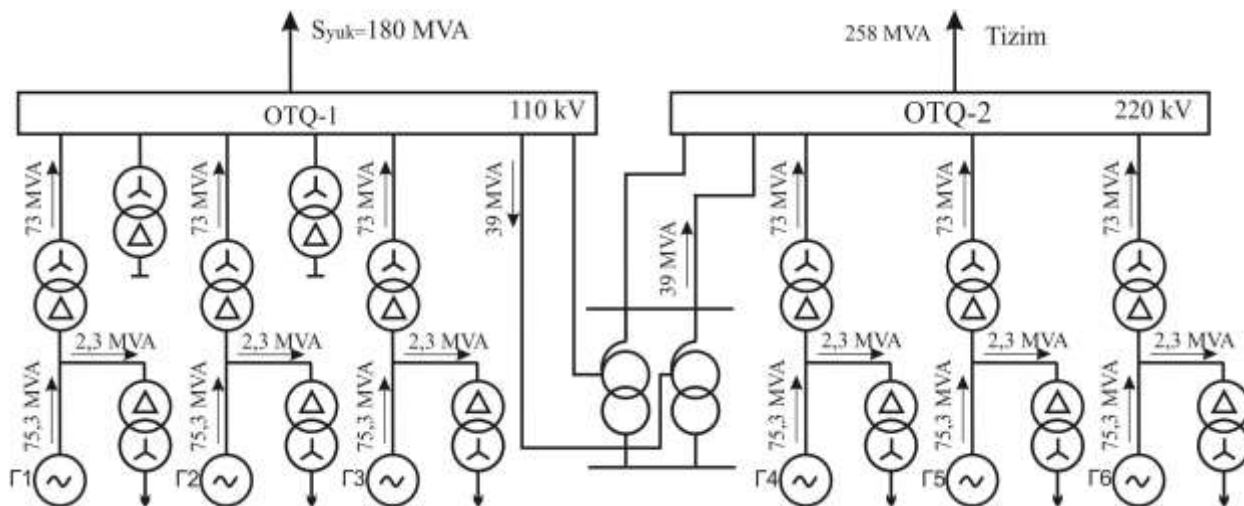
Yuqoridagi variant bo'yicha bloklarning joylashishi mumkin bo'lgan holatlarini ko'rib chiqamiz. Har bir OTQ da generatorlarning bir nechtasini joylashtirib ko'rishdan maqsad, imkon boricha kichik quvvatli avtotransformatorni tanlashdan iborat. Bloklarning joylashish variantlarida kuchlanishi past tomondagi OTQ da bitta blokning ta'mirga chiqishi yoki avariya natijasida ishdan chiqishini hisobga olish lozim. Shuning uchun kuchlanishidan qat'iy nazar bloklarning joylashtirilishida OTQ da kamida ikkita blok o'rnatilishi lozim, bitta blokning o'rnatilish varianti ko'rib chiqilmaydi.

Generatorlar soni 6 ta bo'lganda OTQ larga joylashtirish mumkin bo'lgan variantlarni ko'rib chiqamiz.

1-VARIANT

Bunda har ikkala OTQ ga uchtadan generator joylashtirib, normal va avariya holatlarida quvvat uzatilishni ko'rib chiqamiz.

Normal holat



13-rasm. Tarmoqning normal holatdagi quvvat uzatishi.

Normal holatda stansiyadagi barcha generatorlar normal ishlab turibdi (1-rasm). Har bir generator 75,3 MVA quvvat ishlab chiqarmoqda. Quvvatning 2,3 MVA qismi o'z ehtiyoj uchun sarf etilmoqda. OTQ-1 da o'rnatilgan uchta bloklardan yuklamagacha 219 MVA quvvat yetib bormoqda. Yuklama o'ziga tegishli quvvatni olgach, quvvatning qolgan 39 MVA qismi avtotransformator orqali tizimga uzatiladi. Tizimga uzatilayotgan jami quvvat 258 MVA ni tashkil etadi. Bularni formulalar orqali ifodalasak quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

1. OTQ lardan chiqayotgan quvvatlarni aniqlaymiz:

$$S_{OTQ-1} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{otq-1} = (75,3 - 2,3) \cdot 3 = 219 \text{ MVA};$$

$$S_{OTQ-2} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{otq-2} = (75,3 - 2,3) \cdot 3 = 219 \text{ MVA}.$$

bu yerda, n_{otq-1} va n_{otq-2} - mos ravishda OTQ larda ishlayotgan generatorlar soni.

2. Avtotransformator orqali o'tayotgan quvvat:

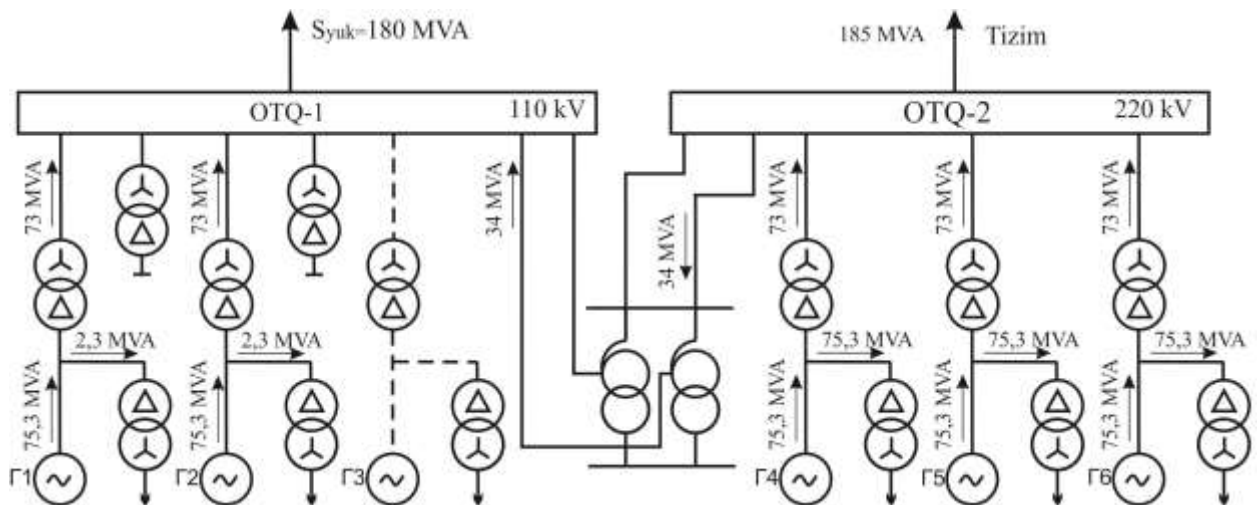
$$S_{AT} = S_{OTQ-1} - S_{yuk} = 219 - 180 = 39 \text{ MVA};$$

3. Tizimga ketayotgan quvvat:

$$S_{tiz} = S_{OTQ-1} + S_{OTQ-2} - S_{yuk} = 219 + 219 - 180 = 258 \text{ MVA}.$$

Avariya holati

Bunda past kuchlanishli OTQ-1 da bitta generatorni remont holatida yoki avariya natijasida ishdan chiqqan deb qabul qilinadi. Remontga chiqarilgan generator 2-rasmda uziq-uziq chiziqlar bilan ko'rsatilgan. Hisoblash ishlari xuddi yuqoridagidek amalga oshiriladi.



14-rasm. Tarmoqning avariya holatdagi quvvat uzatishi.

1. OTQ lardan chiqayotgan quvvatlarni aniqlaymiz:

$$S_{OTQ-1} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{otq-1} = (75,3 - 2,3) \cdot 2 = 146 \text{ MVA};$$

$$S_{OTQ-2} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{otq-2} = (75,3 - 2,3) \cdot 3 = 219 \text{ MVA}.$$

bu yerda, n_{otq-1} va n_{otq-2} - mos ravishda OTQ larda ishlayotgan generatorlar soni.

2. Avtotransformator orqali o'tayotgan quvvat:

$$S_{AT} = S_{OTQ-1} - S_{yuk} = 146 - 180 = -34MVA ;$$

Quvvatning «-» ishora bilan chiqishi, yuklamaga quvvatning bir qismi tizim tomondan kelayotganini bildiradi.

3. Tizimga ketayotgan quvvat:

$$S_{iz} = S_{OTQ-1} + S_{OTQ-2} - S_{yuk} = 146 + 219 - 180 = 185MVA .$$

Bundan ko‘rinib turibdiki har bir OTQ ga uchtadan generator joylashtirilganda avtotransformator orqali normal holatda 39 MVA quvvat, avariya holatida esa 34 MVA quvvat o‘tishi mumkin. Ikkala holatda avtotransformatordan eng katta o‘tishi mumkin bo‘lgan quvvat $S_{max} = 39MVA$ tashkil etmoqda. Ushbu quvvat asosida avtotransformatorning hisobiy quvvatini topib olamiz. Bunda avtotransformatorelarni 70 % yuklanadigan qilib ikkita bir xil avtotransformator tanlaymiz.

$$S_{AT.his} = \frac{S_{max}}{2 \cdot 0.7} = \frac{39}{2 \cdot 0.7} = 27,9MVA$$

Hisoblangan hisobiy quvvat asosida katalog ma’lumotlaridan hisobiy quvvatga teng yoki bir pog‘ona katta bo‘lgan avtotransformatorni qabul qilamiz,

19-jadval

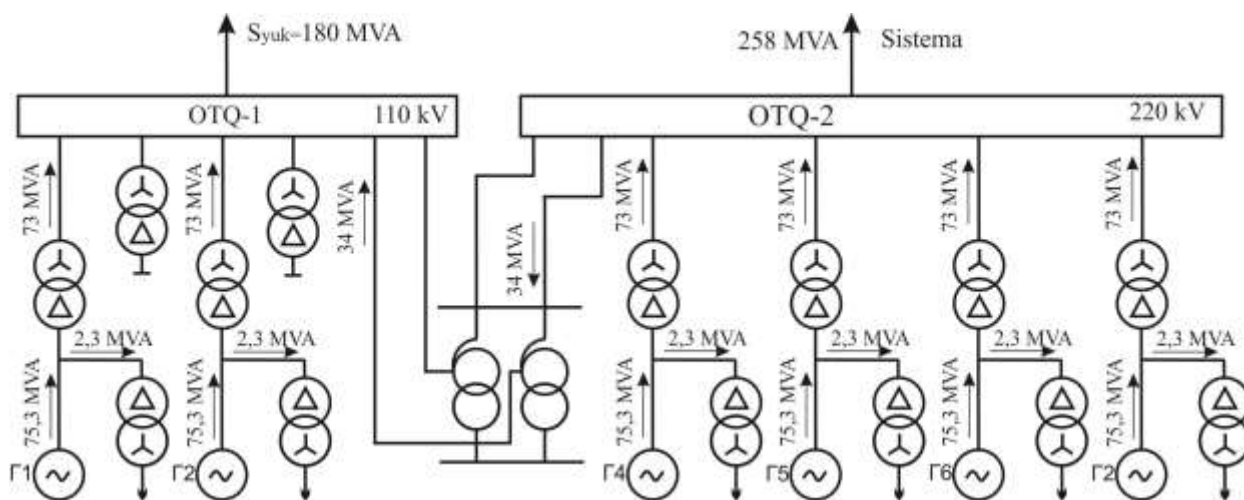
2xATДЦТН-32000/220/110

To‘la quvvati, (MVA)	Yuqori kuchlanish $U_{nom,yu.}$, (kV)	O‘rta kuchlanish $U_{nom,o`rt.}$, (kV)	Quyi kuchlanish $U_{nom,qu.}$, (kV)	Salt ishlashdagi toki I_s , %	Qisqa tutashuv kuchlanishi, %		
					$U_{k,Y-O}$	$U_{k,Y-P}$	$U_{k,O-P}$
32	230	121	11	0,6	11	22	9,5

2-VARIANT

Bunda OTQ-1 da 2 ta generator, OTQ-2 da 4 generator joylashgan holatini ko‘rib chiqamiz.

Normal holat



15-rasm. Tarmoqning normal holatidagi quvvat uzatishi.

1. OTQ lardan chiqayotgan quvvatlarni aniqlaymiz:

$$S_{OTQ-1} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{oiq-1} = (75,3 - 2,3) \cdot 2 = 146 \text{ MVA} ;$$

$$S_{OTQ-2} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{oiq-2} = (75,3 - 2,3) \cdot 4 = 292 \text{ MVA} .$$

bu yerda, n_{oiq-1} va n_{oiq-2} - mos ravishda OTQ larda ishlayotgan generatorlar soni.

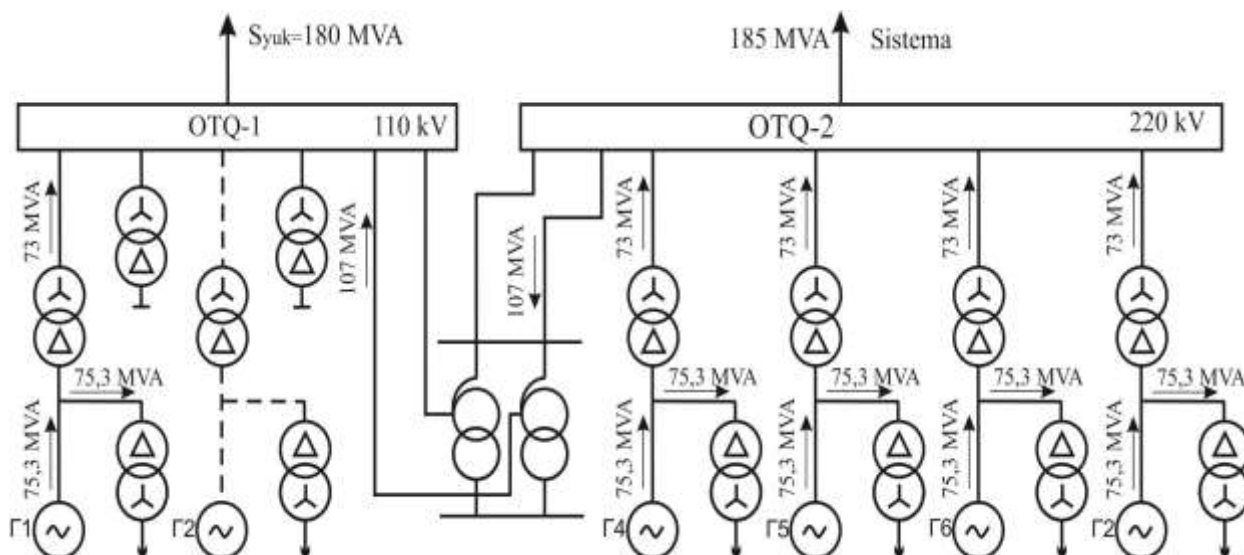
2. Avtotransformator orqali o'tayotgan quvvat:

$$S_{AT} = S_{OTQ-1} - S_{yuk} = 146 - 180 = -34 \text{ MVA} ;$$

3. Tizimga ketayotgan quvvat:

$$S_{tiz} = S_{OTQ-1} + S_{OTQ-2} - S_{yuk} = 146 + 292 - 180 = 258 \text{ MVA} .$$

Avariya holati



16-rasm. Tarmoqning avariya holatidagi quvvat uzatishi.

1. OTQ lardan chiqayotgan quvvatlarni aniqlaymiz:

$$S_{OTQ-1} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{otq-1} = (75,3 - 2,3) \cdot 1 = 73 \text{ MVA};$$

$$S_{OTQ-2} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{otq-2} = (75,3 - 2,3) \cdot 4 = 292 \text{ MVA}.$$

bu yerda, n_{otq-1} va n_{otq-2} - mos ravishda OTQ larda ishlayotgan generatorlar soni.

2. Avtotransformator orqali o'tayotgan quvvat:

$$S_{AT} = S_{OTQ-1} - S_{yuk} = 73 - 180 = -107 \text{ MVA};$$

3. Tizimga ketayotgan quvvat:

$$S_{tiz} = S_{OTQ-1} + S_{OTQ-2} - S_{yuk} = 73 + 292 - 180 = 185 \text{ MVA}.$$

Bundan ko'rinib turibdiki OTQ-1 ga 2 ta generator, OTQ-2 ga 4 ta generator joylashtirilganda avtotransformator orqali normal holatda 34 MVA quvvat, avariya holatida esa 107 MVA quvvat o'tishi mumkin. Ikkala holatda avtotransformatordan eng katta o'tishi mumkin bo'lgan quvvat $S_{max} = 107 \text{ MVA}$ tashkil etmoqda. Ushbu quvvat asosida avtotransformatorning hisobiy quvvatini topib olamiz. Bunda avtotransformatornlarni 70 % yuklanadigan qilib ikkita bir xil avtotransformator tanlaymiz.

$$S_{AT.his} = \frac{S_{max}}{2 \cdot 0,7} = \frac{107}{2 \cdot 0,7} = 76,42 \text{ MVA}$$

Hisoblangan hisobiy quvvat asosida katalog ma'lumotlardan hisobiy quvvatga teng yoki bir pog'ona katta bo'lgan avtotransformatorni qabul qilamiz,

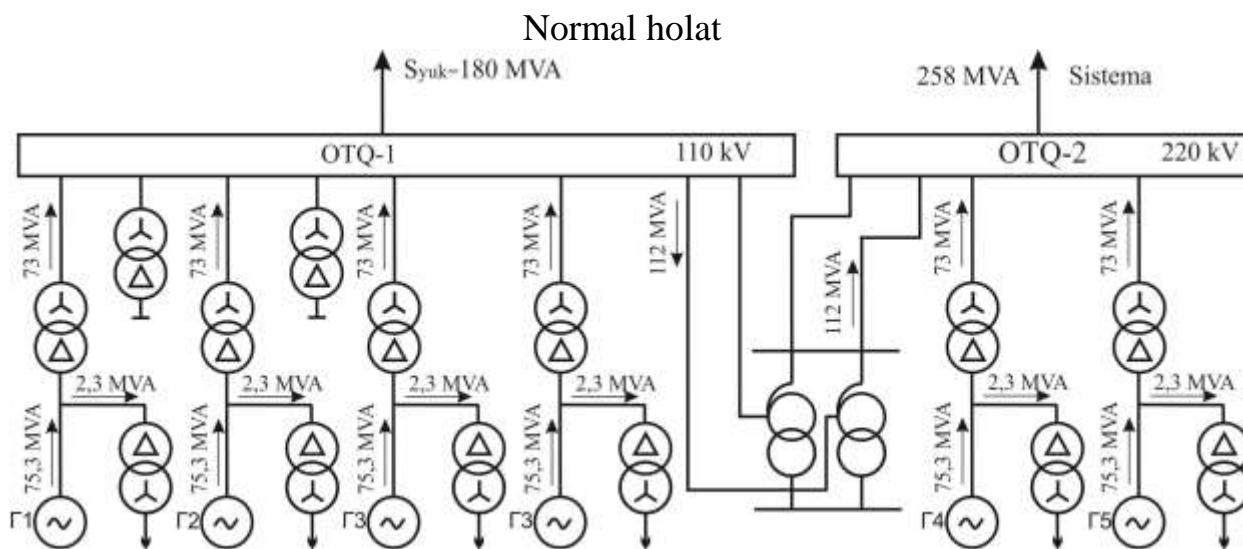
20-jadval

2xATДЦТН-100000/220/110.

To'la quvvati, (MVA)	Yuqori kuchlanish $U_{nom,yu.}$, (kV)	O'rta kuchlanish $U_{nom,ort.}$, (kV)	Quyi kuchlanish $U_{nom,qu.}$, (kV)	Salt ishlashdagi toki I_s , %	Qisqa tutashuv kuchlanishi, %		
					$U_{k,Y-O}$	$U_{k,Y-P}$	$U_{k,O-P}$
100	230	121	11	0,5	11	35	22

3-VARIANT

Bunda OTQ-1 da 4 ta generator, OTQ-2 da 2 generator joylashgan holatini ko'rib chiqamiz.



17-rasm. Tarmoqning normal holatidagi quvvat uzatishi.

1. OTQ lardan chiqayotgan quvvatlarni aniqlaymiz:

$$S_{OTQ-1} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{otq-1} = (75,3 - 2,3) \cdot 4 = 292 \text{ MVA} ;$$

$$S_{OTQ-2} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{otq-2} = (75,3 - 2,3) \cdot 2 = 146 \text{ MVA} .$$

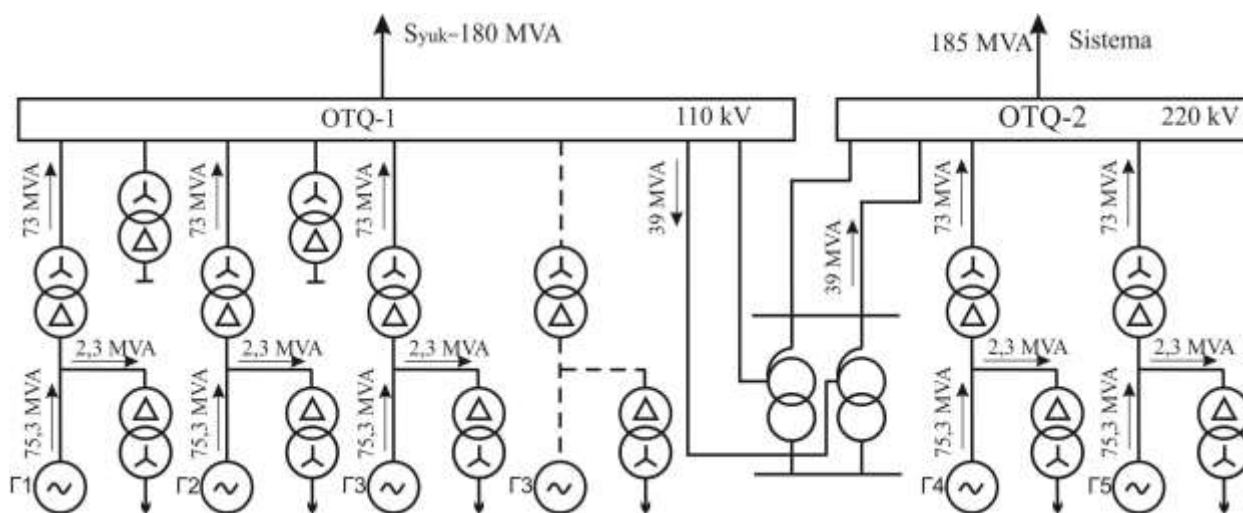
bu yerda, n_{OTQ-1} va n_{OTQ-2} - mos ravishda OTQ larda ishlayotgan generatorlar soni.

2. Avtotransformator orqali o'tayotgan quvvat:

$$S_{AT} = S_{OTQ-1} - S_{yuk} = 292 - 180 = 112 \text{ MVA} ; \quad 3. \text{ Tizimga ketayotgan quvvat:}$$

$$S_{tiz} = S_{OTQ-1} + S_{OTQ-2} - S_{yuk} = 292 + 146 - 180 = 258 \text{ MVA}$$

Avariya holati



18-rasm. Tarmoqning avariya holatdagi quvvat uzatishi.

1. OTQ lardan chiqayotgan quvvatlarni aniqlaymiz:

$$S_{OTQ-1} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{otq-1} = (75,3 - 2,3) \cdot 3 = 219 \text{ MVA};$$

$$S_{OTQ-2} = (S_g - S_{o'z.ex.}) \cdot n_{otq-2} = (75,3 - 2,3) \cdot 2 = 146 \text{ MVA}.$$

bu yerda n_{otq-1} va n_{otq-2} - mos ravishda OTQ larda ishlayotgan generatorlar soni.

2. Avtotransformator orqali o'tayotgan quvvat:

$$S_{AT} = S_{OTQ-1} - S_{yuk} = 219 - 180 = 39 \text{ MVA};$$

3. Tizimga ketayotgan quvvat:

$$S_{tiz} = S_{OTQ-1} + S_{OTQ-2} - S_{yuk} = 219 + 146 - 180 = 185 \text{ MVA}$$

Ikkala holatda avtotransformatoridan eng katta o'tishi mumkin bo'lgan quvvat $S_{max} = 112 \text{ MVA}$ tashkil etmoqda. Ushbu quvvat asosida avtotransformatorning hisobiy quvvatini topib olamiz. Bunda avtotransformatorlarni 70 % yuklanadigan qilib ikkita bir xil avtotransformator tanlaymiz.

$$S_{AT.his} = \frac{S_{max}}{2 \cdot 0,7} = \frac{112}{2 \cdot 0,7} = 80 \text{ MVA}$$

Hisoblangan hisobiy quvvat asosida katalog ma'lumotlaridan hisobiy quvvatga teng yoki bir pog'ona katta bo'lgan avtotransformatorni qabul qilamiz,

21-jadval

2xAT/ДЦТН-100000/220/110.

To'la quvvati, (MVA)	Yuqori kuchlanish $U_{nom,yu.}$, (kV)	O'rta kuchlanish $U_{nom,ort.}$, (kV)	Qo'yi kuchlanish $U_{nom,qu.}$, (kV)	Salt ishlashdagi toki I_s , %	Qisqa tutashuv kuchlanishi, %		
					$U_{k,Y-O'}$	$U_{k,Y-P}$	$U_{k,O'-P}$
100	230	121	11	0,5	11	35	22

Ko'rib o'tilgan variantlarda eng kichik quvvatli avtotransformator 1-variantga mos kelmoqda. Hisoblashlarning qolgan qismini shu variant bo'yicha olib boramiz (13-rasm).

7.1.6 Havo elektr uzatish yo'lini tanlash

7.1.6.1. Yuklama uchun havo elektr uzatish yo'li

Nazariy ma'lumotlardan foydalangan holda havo elektr uzatish yo'lining kesim yuzalari tokning iqtisodiy zichligi bo'yicha tanlanib tojlanishga va normal hamda

avariyadan keyingi rejimlarda ruxsat etilgan tok qiymatiga tekshiriladi. Buning uchun birinchi navbatda havo elektr uzatish yo‘lidan normal holatda o‘tishi mumkin bo‘lgan yuklama toki topib olinadi. OTQ-1 ni yuklama bilan bog‘lovchi havo elektr uzatish yo‘lining kesim yuzasini topamiz. Bunda havo elektr uzatish yo‘lining nominal toki yuklamaning tokiga teng bo‘ladi.

$$I_L = \frac{S_{yuk}}{\sqrt{3} \cdot U_{OTQ-1}} = \frac{180 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} = 945 \text{ A}.$$

bu yerda: S_{yuk} - yuklamaning quvvati (MVA);

U_{OTQ-1} - OTQ-1 dagi nominal kuchlanish (kV).

Havo elektr uzatish yo‘lining hisobiy kesim yuzasini hisoblaymiz:

$$F_{his} = \frac{I_L}{j_{iqt.}} = \frac{945}{1,4} = 675 \text{ mm}^2.$$

bu yerda $j_{iqt.}$ - tokning iqtisodiy zichligi bo‘lib, ushbu kurs loyihasida 1,4 A/mm² qabul qilish mumkin.

Hisoblangan hisobiy kesim yuza asosida havo elektr uzatish yo‘lining kesim yuzasini katalog ma’lumotlardan tanlab olamiz. Standart bo‘yicha 110 kV kuchlanish uchun 70, 95, 120, 150, 185, 240 mm² kesim yuzali havo elektr uzatish yo‘llari mos keladi. Hisoblangan kesim yuzasi (675 mm²) standart kesim yuzalar qatoriga mos kelmagani uchun uning qiymatini ushbu standart qatorga keltirish maqsadida havo elektr uzatish yo‘lining sonini ko‘paytirib olamiz ya’ni hisobiy kesim yuzani ma’lum bir songa bo‘lib olamiz (havo elektr uzatish yo‘lining nominal toki ham shu songa bo‘linadi).

$$F_L = \frac{F_{his}}{4} = \frac{945 \text{ mm}^2}{4} = 168 \text{ mm}^2$$

22-jadval

Standart bo‘yicha 4xACO–185 rusumli havo elektr uzatish yo‘lini tanlaymiz.

Havo elektr uzatish yo‘lining rusumi	Solishtirma aktiv qarshiligi r_0 , Om	Solishtirma reaktiv qarshiligi x_0 , Om	Uzoq vaqt ruxsat etilgan toki I_{ruh} , A
ACO-185	0,162	0,413	520

7.1.6.2 Tizim uchun havo elektr uzatish yo‘li

Tizim uchun havo elektr uzatish yo‘lining kesim yuzasini tanlash tizimga uzatilishi mumkin bo‘lgan maksimal quvvatni aniqlash orqali erishiladi. Qabul qilingan 1-variantda normal va avariya holatlarida tizimga uzatiluvchi eng katta quvvat normal holatga mos kelib, uning qiymati 258 MVA ga teng. Ushbu quvvatni

havo elektr uzatish yo'lining yuklamasi sifatida qabul qilib, havo elektr uzatish yo'lining tokini topib olamiz.

$$I_L = \frac{S_{tiz,max}}{\sqrt{3} \cdot U_{OTQ-2}} = \frac{258 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} = 677 A$$

bu yerda, $S_{tiz,max}$ - tizimga uzatiluvchi maksimal quvvat;

U_{OTQ-2} - OTQ-2 dagi nominal kuchlanish (kV).

Havo elektr uzatish yo'lining hisobiy kesim yuzasini hisoblaymiz:

$$F_{his} = \frac{I_L}{j_{igt.}} = \frac{677}{1,4} = 483,6 mm^2 .$$

Hisoblangan hisobiy kesim yuza asosida havo elektr uzatish yo'lining kesim yuzasini katalog ma'lumotlardan tanlab olamiz. Standart bo'yicha 220 kV kuchlanish uchun 240, 300, 330, 400, 500 mm² kesim yuzali havo elektr uzatish yo'llari mos keladi. Hisoblangan kesim yuzasi (483 mm²) standart kesim yuzalar qatoridagi 500 mm² ga mos keladi, lekin uning kesim yuzasi juda katta bo'lganligi uchun hisobiy kesim yuzani ikkiga bo'lib olamiz (havo elektr uzatish yo'lining nominal toki ham shu songa bo'linadi).

$$F_L = \frac{F_{his}}{2} = \frac{483,6 mm^2}{2} = 241,8 mm^2$$

23-jadval

Standart bo'yicha 2xACO-240 rusumli havo elektr uzatish yo'lini tanlaymiz.

Havo elektr uzatish yo'lining rusumi	Solishtirma aktiv qarshiligi r_0 , Om	Solishtirma reaktiv qarshiligi x_0 , Om	Uzoq vaqt ruxsat etilgan toki I_{ruh} , A
ACO-240	0,12	0,435	605

7.2. Uch fazali qisqa tutashuv toklarini hisoblash usullari

7.2.1 Qisqa tutashuv toklarini hisoblashdan maqsad

Qisqa tutashuv toklarini hisoblashdan maqsad:

elektr stansiyalari, tarmoqlari va podstansiyalarning bosh elektr sxemalarini taqqoslash, baholash va tanlash;

elektr apparatlarni va o'tkazgichlarni tanlash va tekshirish;

releli himoya va avtomatika qurilmalarini loyihalash va sozlash;

shikastlanish holatida iste'molchilarning ishlashini tahlil qilish;

generatorlarning qo'zg'atish tizimini tanlash va baholash;

himoyalash uchun yerga ulash qurilmalarini loyihalash;

razryadlagichlar karakteristikasini tanlash;

elektr tizimining statik va dinamik turg'unligini hisoblash;
bo'lib o'tgan shikastlanishni tahlil qilish;
elektr uzatish yo'llarining aloqa va signalizatsiya simlariga ta'sirini aniqlash.

7.2.2. Qisqa tutashuv tokini hisoblashda qabul qilinadigan asosiy farazlar

Zamonaviy elektr tizimidagi barcha mavjud shartlarni e'tiborga olib, qisqa tutashuv toklarini hisoblash juda qiyin va amalda bajarib bo'lmaydi. Shu sababdan hisoblash uchun bir qator farazlar kiritiladi. Bu farazlar yechiladigan masalaning harakteriga bog'liq. Qisqa tutashuv toki va kuchlanishini aniqlash bilan bog'liq ko'pgina amaliy masalalarni yechishda odatda quyidagi taxminlar qabul qilinadi:

elektr apparatlarning magnit tizimlari to'yinmagandir, ya'ni sxemadagi qarshiliklar chiziqlidir ($L = const, M = const$);

transformatorning magnitlanish toklari hisobga olinmaydi ($i_{\mu} = 0$);

elektr liniyasining sig'imi o'tkazuvchanligi hisobga olinmaydi ($b_c = 0$), bu 500 kV va yuqori kuchlanishli elektr uzatish yo'llariga tegishli emas;

havo elektr uzatish yo'lining aktiv qarshiliklari hisobga olinmaydi ($r = 0$), bu past kuchlanishli tarmoqlar va kabel liniyalari uchun tegishli emas;

uch fazali tizim simmetrikdir;

yuklamalar taxminiy hisobga olinadi;

sinxron mashinalarning davriy tezligi o'zgarmasdir ($\omega = \omega_c = const$).

7.2.3 Elektr qurilmalarning hisobiy sxemalari

Elektr qurilmaning hisobiy sxemasi sifatida, qisqa tutashuv tokiga ta'sir etuvchi va shuning uchun hisoblashlarda hisobga olinishi lozim bo'lgan elektr uskunaning barcha elementlar va ularning parametrlari ko'rsatilgan bir chiziqli soddalashtirilgan sxemasi tushuniladi.

Hisobiy sxemada barcha elementlarning (tizim, generator, transformator, havo elektr uzatish yo'li, reaktor) nominal parametrlari ko'rsatiladi (kuchlanish, quvvat, qarshilik va h.z.).

Elektr qurilmaning nominal parametrlari katalog ma'lumotlaridan olinadi.

Elektr qurilmaning hisobiy sxemasining yig'ma shinalarida o'rtacha kuchlanishlari $U_{o,r}$ ko'rsatilishi lozim. O'rtacha kuchlanishlar qatori quyidagicha: 770; 515; 340; 230; 154; 115; 37; 24; 20; 18; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15.

Har bir pog'ona uchun o'rtacha kuchlanishni qabul qilinadi. Bundan tashqari hisobiy sxemada manbaning o'ta o'tkinchi elektr yurituvchi kuchining faza qiymatlari (E_{ϕ}) ko'rsatilish lozim. Bunda shartli ravishda qisqa tutashuvdan oldin barcha sinxron mashinalar nominal quvvat koeffitsiyenti va nominal kuchlanishda to'liq nominal yuklamada ishlayotgandi deb qabul qilinadi. Bundan tashqari ularning barchasi AQU va qo'zg'atishni forsirovkalash bilan jihozlangan.

24-jadvalda manbalarning o‘ta o‘tkinchi elektr yurituvchi kuchining o‘rtacha qiymatlari berilgan bo‘lib, ushbu qiymatlarni qisqa tutashuvlarni hisoblashda ishlatish mumkin.

24-jadval

Nominal sharoitlarda o‘ta o‘tkinchi elektr yurituvchi kuchning o‘rtacha qiymatlari.

Manba	E_{*nom}'' , n.b.
Turbogeneratorning quvvati, MVt:	
100 MVt gacha	1,08
100-1000 MVt	1,13
Gidrogenerator tinchlantiruvchi chulg‘am bilan	1,13
Gidrogenerator tinchlantiruvchi chulg‘amsiz	1,18
Sinxron kompensator	1,2
Sinxron motor	1,1
Asinxron motor	0,9
Energetika tizimi	1,0

Qisqa tutashuv yaqinidagi katta quvvatli yuklamalar o‘zining parametrlari bilan $E_{*nom}'' = 0,85$; $x_{*nom} = 0,35$ umumlashgan manba sifatida qaraladi.

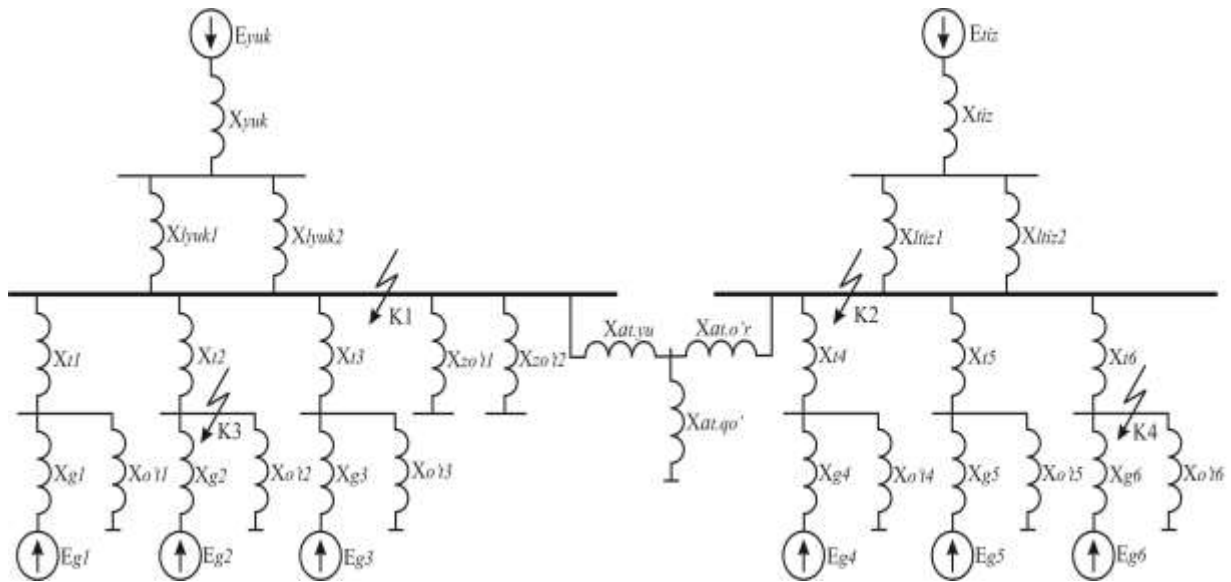
Hisobiy sxemada qisqa tutashuv toklarini hisoblash uchun nuqtalar belgilanib olinadi. Ushbu nuqtalar yig‘ma shinalardagi tutashmalarda (liniya, transformator) elektr apparatlari va tok o‘tkazuvchilarni tanlash kerak bo‘lgan zanjirlarda belgilanadi.

7.2.4 Ekvivalent elektr almashtirish sxemasi

Elektr qurilmaning hisobiy sxemasi bilan birgalikda to‘g‘ri ketma – ketlikdagi ekvivalent elektr almashtirish sxemasi quriladi.

Almashtirish sxemasi deb, hisobiy sxemaning dastlabki ma‘lumotlariga mos keluvchi elektr sxema bo‘lib, bunda barcha magnit bog‘lanishlar elektr bog‘lanishlarga almashtirilgan holatdagi sxemaga aytiladi.

25-jadvalda asosiy elektr uskunalarning almashtirish sxemalari ko‘rsatilgan: Qabul qilingan (13-rasm) variantning almashtirish sxemasini tuzib olamiz.









19-rasm. Tarmoqning almashtirish sxemasi.

Almashtirish sxemasini tuzib olgandan so‘ng, sxemadagi barcha qarshiliklarning qiymatlari hisoblanadi. Almashtirish sxemasidagi qarshiliklarni hisoblashning 2 usuli mavjud: nisbiy birliklarda (ya’ni bazaviy kattalikning ma’lum bir ulushida) va nomli birliklarda (Om da).

25-jadval

Asosiy elektr qurilmalarning almashtirish sxemalari va parametrlarini hisoblash formulalari.

Elektr qurilmaning elementi	Almashtirish sxemasi	Hisoblash formulalari	
		Nomli birliklarda, Om	Nisbiy birliklarda
Generator 		$x = \frac{x_d'' \cdot U_a^2}{100 S_{iii}}$	$x_* = \frac{x_d'' S_a}{100 S_{iii}}$
Elektr tizim 		$x = \frac{U_b^2}{\sqrt{3} I_{nom} U_{o'r}}$ yoki $x = \frac{U_b^2}{S_k}$ yoki $x = x_{c,nom} \frac{U_b^2}{S_{nom}}$	$x_* = \frac{S_b}{\sqrt{3} I_{nom} U_{o'r}}$ yoki $x_* = \frac{S_b}{S_k}$ yoki $x_* = x_{c,nom} \frac{S_b}{S_{nom}}$
Transformator		$x = \frac{u_k \% U_b^2}{100 S_{nom}}$ Aktiv qarshilik	$x_* = \frac{u_k \% S_b}{100 S_{nom}}$ Aktiv qarshilik

		hisobga olinganda $r = \frac{\Delta P_k U_b^2 10^{-3}}{S_{nom}^2}$ $x = \sqrt{u_{*k}^2 - \left(\frac{\Delta P_k}{S_{nom}}\right)^2} \frac{U_b^2}{S_{nom}}$	hisobga olinganda $r_* = \frac{\Delta P_k S_b 10^{-3}}{S_{nom}^2}$ $x_* = \sqrt{u_{*k}^2 - \left(\frac{\Delta P_k}{S_{nom}}\right)^2} \frac{S_b}{S_{nom}}$
Reaktor 		$x = x_r \frac{U_b^2}{U_{o'r}^2}$	$x_* = x_r \frac{S_b}{U_{o'r}^2}$
Liniya 		$x = x_0 l \frac{U_b^2}{U_{o'r}^2}$ $r = r_0 l \frac{U_b^2}{U_{o'r}^2}$	$x_* = x_0 l \frac{S_b}{U_{o'r}^2}$ $r_* = r_0 l \frac{S_b}{U_{o'r}^2}$

Nisbiy birliklarda hisoblashda bazis shartlari berilishi lozim:

S_b - bazaviy quvvat, MVA;

U_b - bazaviy kuchlanish, kV.

Bazaviy quvvat sifatida istalgan kattalikni qabul qilish mumkin. Nisbiy birliklarda hisoblangan qarshiliklarning qiymatlarida qulaylik tug'dirish maqsadida ko'pgina hollarda $S_b = 1000 \text{ MV} \cdot \text{A}$ qabul qilinadi. Bazaviy kuchlanish sifatida almashtirish sxemasidagi har bir pog'onaning o'rtacha kuchlanishi $U_{o'r}$ qabul qilinadi.

25-jadvaldan foydalanib almashtirish sxemasidagi EYuK larni va qarshiliklarni nisbiy birliklarda hisoblaymiz. Bunda bazis quvvati sifatida $S_b = 500 \text{ MVA}$, bazis kuchlanishlari $U_{b1} = 230 \text{ kV}$, $U_{b2} = 115 \text{ kV}$, $U_{b3} = 13,8 \text{ kV}$ qabul qilamiz.

GES dagi generatorlarning quvvatlari bir xil bo'lgani uchun generatorlarning EYUK va qarshiliklarining kattaliklari bir xil qiymatga ega bo'ladi.

$$E_{g1} = E_{g2} = E_{g3} = E_{g4} = E_{g5} = E_{g6} = \sqrt{\cos^2 \varphi + (\sin \varphi + x_d'')^2} = \sqrt{0,85^2 + (0,53 + 0,21)^2} = 1,13$$

Generator qarshiliklarining qiymatlarini topamiz.

$$x_{g1} = x_{g2} = x_{g3} = x_{g4} = x_{g5} = x_{g6} = x_d'' \cdot \frac{S_b}{S_{nom}} = 0,21 \cdot \frac{500}{75,3} = 1,39.$$

Kuch transformatorlarining qarshiliklarini nisbiy birliklarga o'tkazish. Bunda OTQ-1 dagi (1-rasm) uchta kuch transformatorining rusumlari va parametrlari bir xil bo'lganligi uchun, transformatorlarning qarshiliklarining qiymati bir biriga teng bo'ladi.

$$x_{t1} = x_{t2} = x_{t3} = \frac{U_k \cdot S_b}{100 \cdot S_{nom, tr}} = \frac{11 \cdot 500}{100 \cdot 80} = 0,68.$$

OTQ-2 dagi kuch transformatorlarining qarshiliklarini nisbiy birliklarga o'tkazamiz:

$$x_{t4} = x_{t5} = x_{t6} = \frac{U_k \cdot S_b}{100 \cdot S_{nom, tr}} = \frac{11 \cdot 500}{100 \cdot 80} = 0,68.$$

O'z ehtiyoj transformatorlarining qarshiliklarini nisbiy birliklarga o'tkazish. O'z ehtiyoj transformatorlari generatorlarning quvvatiga bog'liq ravishda tanlangani uchun, stansiyamizdagi o'z ehtiyoj transformatorlarining rusumlari va parametrlari bir xil bo'lganligi uchun, transformatorlarining qarshiliklarining qiymati bir biriga teng bo'ladi.

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_5 = x_6 = \frac{U_k \cdot S_b}{100 \cdot S_{o'z, ex, tr}} = \frac{7,5 \cdot 500}{100 \cdot 4} = 9,4.$$

OTQ-1 dagi havo elektr uzatish yo'lining qarshiligini nisbiy birliklarga o'tkazamiz.

$$x_{lyuk1} = x_{lyuk2} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_b}{n \cdot U_{b2}} = \frac{0,413 \cdot 16 \cdot 500}{2 \cdot 115} = 14,41.$$

OTQ-2 dagi havo elektr uzatish yo'lining qarshiligini nisbiy birliklarga o'tkazamiz.

$$x_{litz1} = x_{litz2} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_b}{n \cdot U_{b2}} = \frac{0,435 \cdot 20 \cdot 500}{1 \cdot 230} = 18,9$$

Avtotransformatorning qarshiliklarini nisbiy birliklarga o'tkazish.

$$U_{kyu} = 0,5 \cdot (U_{k,Y-O} + U_{k,Y-P} - U_{k,O-P}) = 0,5 \cdot (11 + 35 - 22) = 12;$$

$$U_{ko'r} = 0,5 \cdot (U_{k,Y-O} + U_{k,O-P} - U_{k,Y-P}) = 0,5 \cdot (11 + 22 - 35) = 0;$$

$$U_{kp} = 0,5 \cdot (U_{k,Y-P} + U_{k,O-P} - U_{k,Y-O}) = 0,5 \cdot (22 + 35 - 11) = 23.$$

$$x_{AT.YU} = \frac{U_{kyu} \cdot S_b}{100 \cdot S_{nom, AT}} = \frac{12 \cdot 500}{100 \cdot 63} = 0,95;$$

$$x_{AT.O'R} = \frac{U_{ko'r} \cdot S_b}{100 \cdot S_{nom, AT}} = \frac{0 \cdot 500}{100 \cdot 63} = 0;$$

$$x_{AT.P} = \frac{U_{kp} \cdot S_b}{100 \cdot S_{nom, AT}} = \frac{23 \cdot 500}{100 \cdot 63} = 1,83.$$

Tizim uchun EYuK ni $E_{tiz} = 1$ deb olamiz. Tizim qarshiligini esa quyidagicha topamiz:

$$x_{tiz} = \frac{S_b}{S_{kz}} = \frac{500}{2600} = 0,19.$$

Yuklama uchun EYuK ni $E_{yuk} = 0,85$, yuklama qarshiligini esa $x_{yuk} = 0,35$ deb qabul qilamiz.

Almashtirish sxemasidagi barcha parametrlarni nisbiy birliklarga o'tkazib bo'lgach, berilgan qisqa tutashuv nuqtalaridagi qisqa tutashuv toklarini hisoblaymiz.

K₁ nuqta uchun qisqa tutashuv tokini hisoblash

K₁ nuqtadagi qisqa tutashuv tokini hisoblashda berilgan almashtirish sxemasidagi (7-rasm) qarshilik va EYuK larni qisqa tutashuv nuqtasiga nisbatan soddalashtiramiz. Soddalashtirishda manbaga ulanmagan o'z ehtiyoj transformatorlarining, ishga tushiruvchi zahira o'z ehtiyoj transformatorlarining, hamda avtotransformatorning quyi chulg'amidagi qarshiliklarini soddalashtirishda hisobga olinmaydi.

OTQ-1 dagi generator va transformatorlarning qarshiliklarini ketma-ket qo'shib olamiz:

$$x_{10} = x_{11} = x_{12} = x_{g1} + x_{t1} = x_{g2} + x_{t2} = x_{g3} + x_{t3} = 1,39 + 0,68 = 2,07$$

OTQ-2 dagi generator va transformatorlarning qarshiliklarini ketma-ket qo'shib olamiz:

$$x_{13} = x_{14} = x_{15} = x_{g4} + x_{t5} = x_{g5} + x_{t5} = x_{g6} + x_{t6} = 1,39 + 0,68 = 2,07.$$

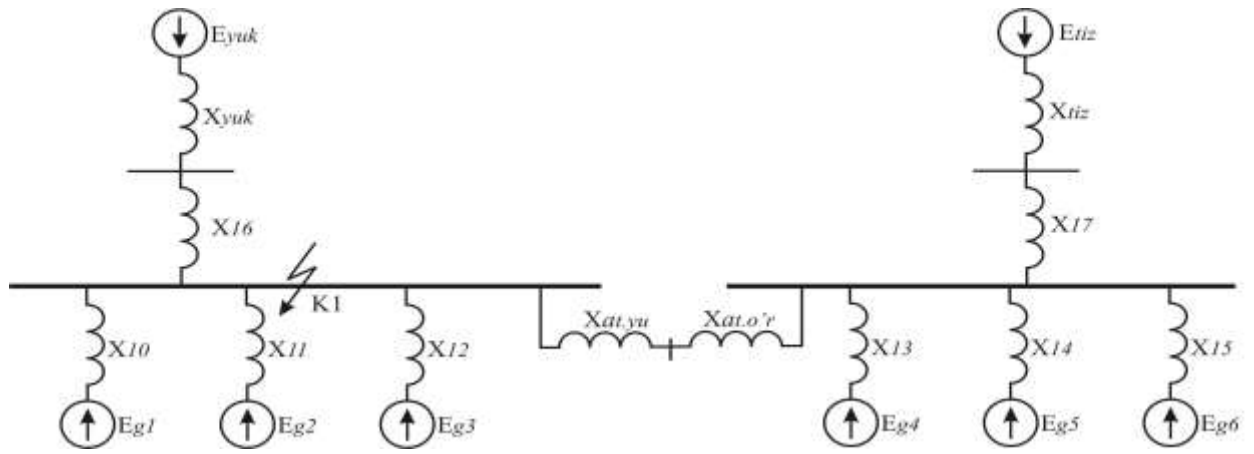
Yuklama uchun havo elektr uzatish yo'llarini parallel qo'shamiz:

$$x_{16} = \frac{x_{lyuk1} \cdot x_{lyuk2}}{x_{lyuk1} + x_{lyuk2}} = \frac{14,4 \cdot 14,4}{14,4 + 14,4} = 7,2.$$

Tizim uchun havo elektr uzatish yo'llarini parallel qo'shamiz:

$$x_{17} = \frac{x_{ltiz1} \cdot x_{ltiz2}}{x_{ltiz1} + x_{ltiz2}} = \frac{18,91 \cdot 18,91}{18,91 + 18,91} = 9,5$$

Soddalashtirish natijasida quyidagi sxemani hosil qilamiz:



20-rasm. Tarmoqning soddalashtirilgan sxemasi.

Ushbu sxemani qarshilik va EYuK lar minimal darajada qolguncha soddalashtiramiz.

$$E_7 = \frac{E_{g2} \cdot x_{10} + E_{g1} \cdot x_{11}}{x_{10} + x_{11}} = \frac{1,13 \cdot 2,07 + 1,13 \cdot 2,07}{2,07 + 2,07} = 1,13; \quad x_{18} = \frac{x_{10} \cdot x_{11}}{x_{10} + x_{11}} = \frac{2,07 \cdot 2,07}{2,07 + 2,07} = 1,04;$$

$$E_8 = \frac{E_7 \cdot x_{12} + E_{g3} \cdot x_{18}}{x_{12} + x_{18}} = \frac{1,13 \cdot 2,07 + 1,13 \cdot 1,04}{2,07 + 1,04} = 1,13; \quad x_{19} = \frac{x_{18} \cdot x_{12}}{x_{18} + x_{12}} = \frac{1,04 \cdot 2,07}{1,04 + 2,07} = 0,69;$$

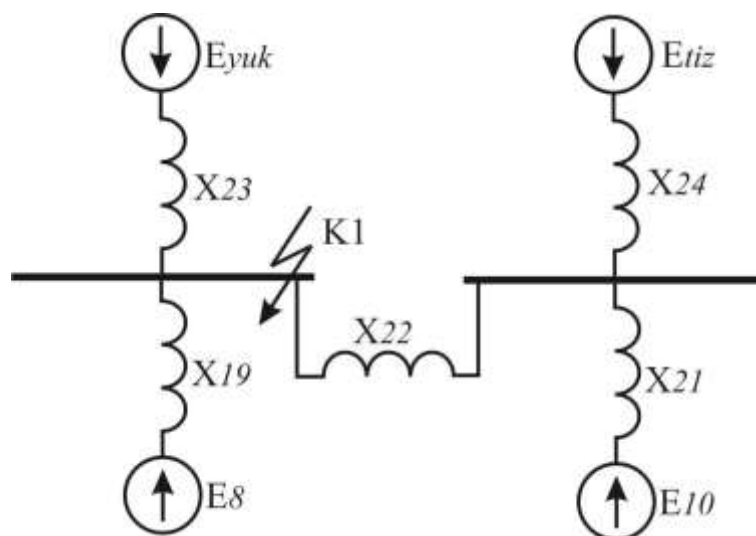
$$E_9 = \frac{E_{g4} \cdot x_{14} + E_{g5} \cdot x_{13}}{x_{14} + x_{13}} = \frac{1,13 \cdot 2,07 + 1,13 \cdot 2,07}{2,07 + 2,07} = 1,13; \quad x_{20} = \frac{x_{13} \cdot x_{14}}{x_{13} + x_{14}} = \frac{2,07 \cdot 2,07}{2,07 + 2,07} = 1,04;$$

$$E_{10} = \frac{E_9 \cdot x_{15} + E_{g6} \cdot x_{20}}{x_{15} + x_{20}} = \frac{1,13 \cdot 2,07 + 1,13 \cdot 1,04}{2,07 + 1,04} = 1,13; \quad x_{21} = \frac{x_{20} \cdot x_{15}}{x_{20} + x_{15}} = \frac{2,07 \cdot 1,04}{2,07 + 1,04} = 0,69;$$

$$x_{22} = x_{AT.YU} + x_{AT.OR} = 0,95 + 0 = 0,95; \quad x_{23} = x_{yuk} + x_{16} = 0,35 + 7,2 = 7,55;$$

$$x_{24} = x_{iz} + x_{17} = 0,19 + 9,5 = 9,69.$$

Soddalashtirish natijasida quyidagi sxemani olamiz:



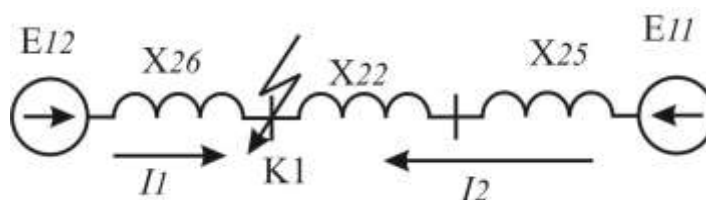
21-rasm. Tarmoqning soddalashtirilgan sxemasi.

$$E_{11} = \frac{E_{tiz} \cdot x_{21} + E_{10} \cdot x_{24}}{x_{21} + x_{24}} = \frac{1 \cdot 0,69 + 1,13 \cdot 9,69}{0,69 + 9,69} = 1,12; \quad x_{25} = \frac{x_{21} \cdot x_{24}}{x_{21} + x_{24}} = \frac{0,69 \cdot 9,69}{0,69 + 9,69} = 0,64;$$

$$E_{12} = \frac{E_{yuk} \cdot x_{19} + E_8 \cdot x_{23}}{x_{19} + x_{23}} = \frac{0,85 \cdot 0,69 + 1,13 \cdot 7,55}{0,69 + 7,55} = 1,1;$$

$$x_{26} = \frac{x_{19} \cdot x_{23}}{x_{19} + x_{23}} = \frac{0,69 \cdot 7,55}{0,69 + 7,55} = 0,63.$$

Soddalashtirish natijasida quyidagi sxemani olamiz:



22-rasm. Tarmoqning soddalashtirilgan sxemasi.

Soddalashtirilgan sxemadan I_1 va I_2 toklarni topib olamiz:

$$I_1 = \frac{E_{12}}{x_{26}} = \frac{1,1}{0,63} = 1,75; \quad I_2 = \frac{E_{11}}{x_{22} + x_{25}} = \frac{1,12}{0,95 + 0,64} = 0,7;$$

Ushbu toklar asosida qisqa tutashuv tokini topib olamiz.

$$I_{q.t.K1}^* = I_1 + I_2 = 1,75 + 0,7 = 2,45$$

Ushbu qisqa tutashuv tokimiz nisbiy birlikda bo'lgani uchun uni nomli birlikka o'tkazib olamiz. Nomli birlikka o'tkazilgan qisqa tutashuv toki asosida o'rnatilishi mumkin bo'lgan elektr apparatlari tanlanadi.

$$I_{q.t.K1} = I_{q.t.K1}^* \cdot \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_{b2}} = 2,45 \cdot \frac{500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 10^3} = 6,15 \text{ kA}.$$

Hisoblangan nomli birlikdagi qisqa tutashuv toki asosida zarbaviy tok topiladi:

$$i_{zar.K1} = \sqrt{2} \cdot k_{zar} \cdot I_{q.t.K1} = \sqrt{2} \cdot 1,78 \cdot 6,15 = 15,48 \text{ kA}$$

bu yerda, k_{zar} - zarbaviy koeffitsiyent (26-jadval).

Qisqa tutashuv tokining issiqlik impulsini (Joul integrali) quyidagicha topamiz:

$$B_k = I_{q.t.}^2 \cdot (t_{uzish} + T_a) = 6,15^2 \cdot (1,2 + 0,03) = 6,15^2 \cdot 1,23 (\text{kA})^2 \cdot c$$

bu yerda, t_{uzish} - qisqa tutashuv tokining davomiylik vaqti, s; T_a - qisqa tutashuv tokini aperiodik tashkil etuvchisining doimiy so'nishi (26-jadval), s.

26-jadval

Tarmoqlardagi qisqa tutashuv tokini aperiodik tashkil etuvchisining doimiy so'nish vaqti so'nish vaqti T_a va zarbaviy koeffitsiyent k_{zar}

Energetika tizimining bir qismi yoki elementi	T_a , s	k_{zar}
Turbogeneratorning quvvati, MVt:		
12÷60	0,16÷0,25	1,94÷1,955
100÷1000	0,4÷0,54	1,975÷1,98
Turbogenerator va transformator blokining quvvati 60 MVt dan yuqori bo'lgandagi generatorlarning nominal kuchlanishi, kV:		
6,3	0,15	1,95
10		1,935
Turbogenerator va transformator blokida generatorning quvvati, MVt:		
100-200	0,26	1,965
300	0,32	1,97
500	0,35	1,973
800	0,3	1,967
Qisqa tutashuv toki ko'rilayotgan havo elektr uzatish yo'llari orqali yig'ma shinalarga bog'langan tizim, bunda havo liniyalarining kuchlanishi, kV;		
35		

110-150	0,02	1,608
220-330	0,02-0,03	1,608-1,717
500-750	0,03-0,04	1,717-1,78
	0,06-0,08	1,85-1,895
Qisqa tutashuv toki ko‘rilayotgan transformator orqali yig‘ma shinalarga bog‘langan tizim, bunda transformatorning birlik quvvati, MVA;		
80 va undan yuqori	0,06÷0,15	1,85÷1,935
32-80	0,05÷0,1	1,82÷1,904
1,6-32	0,02÷0,05	1,6÷1,82
Reaktor bilan himoyalangan tarmoq, bunda reaktorning nominal toki, A:		
1000 va undan yuqori	0,23	1,956
630 va undan kichik	0,1	1,904
6-10 kV li taqsimlovchi tarmoqlar	0,01	1,369

7.3. Asosiy elektrotexnik uskunalarning va o‘tkazuvchi qisimlarni tanlash

Har bir elektrotexnik uskunalar va o‘tkazuvchi qismlar nominal parametrari bo‘icha tanlanib, qisqa tutashuv toklarining ta‘siriga tekshiriladi. Qisqa tutashuv toklarining o‘tishi elektrotexnik uskunalarning kontaktlarida va o‘tkazgichlarda elektr energiyani ko‘prok isrof bo‘lishiga olib keladi, bu ularning tez qizishiga sabab bo‘ladi. Qizish protsessi izolyatsiyaning eskirishi bilan buzilishini tezlashtiradi, kontaktlarning payvandlanishi va yonishiga, shina va simlarning mexanik mustahkamligining yo‘qotishiga va shunga o‘xshash hollarga olib keladi. Apparatlar va o‘tkazgichlar berilgan hisobiy vaqt oralig‘ida qisqa tutashuv tokidan qizib, shikastlanmasliklari kerak, ya‘ni termik chidamli bo‘lishlari lozim.

Qisqa tutashuv toklarining o‘tishi, shuningdek, o‘tkazgichlar orasida katta elektrodinamik kuchlar hosil bo‘lishi bilan kuzatiladi. Tok o‘tkazuvchi qismlar, apparatlar va elektr mashinalar shunday loyihalangan bo‘lishi kerakki, ular qisqa tutashuvda hosil bo‘ladigan kuchlar ta‘siriga shikastlanmasdan chidashi, ya‘ni elektrodinamik nuqtai nazardan turg‘un bo‘lishi lozim.

7.3.1 Uzgichlarni tanlash

1) Qurilmaning kuchlanishi bo‘yicha:

$$U_{t.k} \leq U_{nom}$$

bu yerda, $U_{t.k}$ - tarmoqning kuchlanishi, U_{nom} - uzgichning nominal kuchlanishi

2) Uzoq ta‘sir etuvchi tok bo‘yicha:

$$I_{t.nom} \leq I_{nom}$$

bu yerda, $I_{t.nom}$ - tarmoqning nominal toki, I_{nom} - uzgichning nominal toki.

3) Qo‘shish qobiliyati (kontaktlarini ulash) bo‘yicha:

$$i_{qo'sh} \geq i_{zar}$$

bu yerda, $i_{qo'sh}$ - katalog bo‘yicha uzgich qo‘shish tokining eng katta miqdori.

3) Elektrodinamik turg‘unlik bo‘yicha:

$$i_{cheg.o.t.} \geq i_{zar}$$

bu yerda, $i_{cheg.o.t.}$ - katalog bo‘yicha chegaraviy o‘tish toki.

4) Termik turg‘unlik bo‘yicha:

$$I_{ter}^2 \cdot t_{ter} \geq B_k$$

bu yerda, I_{ter} - katalog bo‘yicha termik turg‘unlik toki; t_{ter} - katalog bo‘yicha termik turg‘unlik tokining oqish vaqti, B_k - hisoblangan qisqa tutashuv tokining issiqlik impulsi.

Katalog ma’lumotlardan MKII – 110Б-630-20Y1 rusumli uzgich tanlab, uning parametrlarini hisobiy ma’lumotlar bilan solishtiramiz.

Hisobiy parametrlar			Uzgich parametrlari	
U_{nom} (kV)	110	≤	U_{nom} (kV)	110
I_{nom} (A)	420	≤	I_{nom} (A)	630
i_{zar} (kA)	14,48	≤	i_{qush} (kA)	52
i_{zar} (kA)	14,48	≤	$i_{cheg.o.t.}$ (kA)	52
$B_k \left((kA)^2 \cdot c \right)$	$6,15^2 \cdot 1,23$	≤	$I_{ter}^2 \cdot t_{ter} \left((kA)^2 \cdot c \right)$	$20^2 \cdot 3$

7.3.2 Ajratgichlarni tanlash

1) Qurilmaning kuchlanishi bo‘yicha:

$$U_{t.k} \leq U_{nom}$$

bu yerda, $U_{t.k}$ - tarmoqning kuchlanishi, U_{nom} ajratgichning nominal kuchlanishi

2) Uzoq ta’sir etuvchi tok bo‘yicha:

$$I_{t.nom} \leq I_{nom}$$

bu yerda, $I_{t.nom}$ - tarmoqning nominal toki, I_{nom} - ajratgichning nominal toki.

3) Elektrodinamik turg'unlik bo'yicha:

$$i_{cheg.o.t.} \geq i_{zar}$$

bu yerda, $i_{cheg.o.t.}$ - katalog bo'yicha chegaraviy o'tish toki.

4) Termik turg'unlik bo'yicha:

$$I_{ter}^2 \cdot t_{ter} \geq B_k$$

bu yerda, I_{ter} - katalog bo'yicha termik turg'unlik toki; t_{ter} - katalog bo'yicha termik turg'unlik tokining oqish vaqti, B_k - hisoblangan qisqa tutashuv tokining issiqlik impulsi.

Katalog ma'lumotlardan PHД – 110/630Y1 rusumli ajratgich tanlab, uning parametrlarini hisobiy ma'lumotlar bilan solishtiramiz.

Hisobiy parametrlar		Uzgich parametrlari		
U_{nom} (kV)	110	\leq	U_{nom} (kV)	110
I_{nom} (A)	420	\leq	I_{nom} (A)	630
i_{zar} (kA)	14,48	\leq	$i_{cheg.o.t.}$ (kA)	80
$B_k \left((kA)^2 \cdot c \right)$	$6,15^2 \cdot 1,23$	\leq	$I_{ter}^2 \cdot t_{ter} \left((kA)^2 \cdot c \right)$	$31,5^2 \cdot 3$

7.3.3 Tok transformatorlarini tanlash

1) Qurilmaning kuchlanishi bo'yicha:

$$U_{t.k} \leq U_{nom}$$

bu yerda, $U_{t.k}$ - tarmoqning kuchlanishi, U_{nom} tok transformatorining nominal kuchlanishi.

2) Uzoq ta'sir etuvchi tok bo'yicha:

$$I_{t.nom} \leq I_{nom}$$

bu yerda, $I_{t.nom}$ - tarmoqning nominal toki, I_{nom} - tok transformatorining nominal toki.

3) Elektrodinamik turg'unlik bo'yicha:

$$k_{ed} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{1nom} \geq i_{zar} ; i_{din} \geq i_{zar}$$

bu yerda, k_{ed} - katalog bo'yicha elektrodinamik karralik ko'effitsiyenti; I_{1nom} - tok transformatorning birlamchi nominal toki; i_{din} - elektrodinamik turg'unlik toki.

5) Termik turg'unlik bo'yicha:

$$(k_{ter} \cdot I_{1nom})^2 \cdot t_{ter} \geq B_k ; I_{ter}^2 \cdot t_{ter} \geq B_k$$

bu yerda, k_{ter} - katalog bo'yicha termik turg'unlik ko'effitsiyenti.

Katalog ma'lumotlaridan ТФ3М 110Б-1 rusumli ajratgich tanlab, uning parametrlarini hisobiy ma'lumotlar bilan solishtiramiz.

Hisobiy parametrlar	
U_{nom} (kV)	110
I_{nom} (A)	420
i_{zar} (kA)	14,48
$B_k \left((kA)^2 \cdot c \right)$	$6,15^2 \cdot 1,23$

Uzgich parametrlari	
$\leq U_{nom}$ (kV)	110
$\leq I_{nom}$ (A)	600
$\leq k_{ed} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{1nom} = i_{din}$ (kA)	63
$\leq I_{ter}^2 \cdot t_{ter} \left((kA)^2 \cdot c \right)$	$26^2 \cdot 3$

Ushbu kurs loyihasida kuchlanish transformatorlari va razryadniklarni ularning nominal kuchlanishi bo'yicha tanlash kifoya.

Adabiyotlar ro‘yhati

1. Christophe Preve “Protection of electrical networks”, New York,Basel, “ISTE Ltd”, 2006.508 p.
2. Ruben Garzon, “High voltage circuit breakers” Design and Applications Second Edition, USA Marcel Dekker,Inc. All Rights Reseverd, 473 p.
3. Allayev Q.R., Siddiqov I.H., Hakimov M.H., Ibragimov R.I., Siddiqov O.I., Shamsutdinov H.F. “Stansiya va podstansiyalarning elektr qismi”, Toshkent. Cho‘lpon NMIU.2015.302 b.
4. Рожкова Л.Д., Корнеева Л.К., Черкова Т.В.,“Электрооборудование Электрических станций и подстанций».- Москва: «Академия, 2006» 586 с.
5. “Правила устройства электроустановок” – Тошкент: ГИ Узгосенергонадзор, 2007. – 732 с.
6. Почаевис В.С. “Электрооборудование и аппаратура электрических подстанций, альбом”. - Москва: - УМК МПС России, 2002. - 55 листов.
7. www.ziyonet.uz

Mundarija

	Kirish	3
	Qisqartmalar	4
1	Kurs loyihasining tarkibi	5
2	Nazariy qismning bajarilish ko'rsatmalari	5
3	Elektr stansiyaning bosh elektr ulanish sxemasini tanlash	6
3.1	Elektr stansiya va podstansiyalarning ulanish sxemasi	6
3.2	Elektr qurilmalarning bosh sxemalariga qo'yiladigan asosiy talablar	8
3.3	Elektr stansiya va podstansiyalardagi elektr energiyani uzatish sxemasi	11
3.4	Generator-transformator bloklarini tanlash	12
3.5	Kuch transformatorlarini tanlash	15
3.6	O'z ehtiyoj transformatorini tanlash	16
3.7	Zahira o'z ehtiyoj transformatorini tanlash	17
3.8	Avtotransformator tanlash	19
3.9	Elektr uzatish liniyalarini tanlash	29
4	Qisqa tutashuv toklarini hisoblash	31
4.1	Qisqa tutashuv toklarining hisobi	33
5	Qurilmalar va tok uzatuvchi qismlarni tanlash	37
5.1	Uzgich va ajratgich tanlash	37
5.2	Ajratgichlarni tanlash	39
5.3	Tok transformatorini tanlash	40
5.4	Kuchlanish transformatorini tanlash	43
5.5	Shinalar va tok uzatish qismlarini tanlash	44
5.5.1	Qayishqoq shinalar tanlash	44
5.5.2	Qattiq shinalar tanlash	45
5.5.3	Bir tasmali shinalarning mexanik hisobi	46
5.5.4	Ikki tasmali shinalarning mexanik hisobi	47
6	Variantlar tartibi	49
7	Kurs loyihasini bajarish na'munasi	54
	Adabiyotlar ro'yhati	85

STANSIYA VA PODSTANSIYALARNING ELEKTR QISMI
fanidan kurs lohiyasini bajarish uchun
uslubiy qo‘llanma

Tuzuvchilar: kat.o‘q. Shamsutdinov H.F., ass. Mirzabekov Sh.M.,
ass. Normamatov N.N.

Muharrir: Sidikova K.A.