

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

ELEKTR TARMOQLARI VA TIZIMLARI

fanidan 5310200 - Elektr energetikasi(Elektr ta‘minoti) yo‘nalishi
talabalarining kurs loyihasini bajarishlari uchun

USLUBIY KO‘RSATMALAR

Toshkent - 2019

UDK 622.9.33.7

Tuzuvchilar: Rasulov A.N., Meliqo‘ziyev M.V., Mamarasulova F.S.
“Elektr tarmoqlari va tizimlari” fanidan kurs loyihasini
bajarish uchun uslubiy ko‘rsatmalar. – Toshkent: ToshDTU,
2019. - 61b.

Uslubiy ko‘rsatmalar 5310200 - Elektr energetikasi(Elektr ta‘minoti)
yo‘nalishi bo‘yicha ta‘lim olayotgan talabalarga «Elektr tarmoqlari va
tizimlari» fanidan kurs loyihasini bajarish uchun mo‘ljallangan.

Ko‘rsatmalarda kurs loyihasining hamma bosqichlari aniq misol
orqali ko‘rib chiqilgan, bundan tashqari yetarli darajada kerakli
ma‘lumotnomalardan materiallar keltirilgan.

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-
uslubiy ke
ngashining qaroriga asosan chop etilgan.*

Taqrizchilar:

Sattorov X.A. – TATU “Energiya ta‘minlash tizimlari” kafedrası
dotsenti;

Raxmonov I.U. – ToshDTU “Elektr ta‘minoti” kafedrası dotsenti.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2019

1. KURS LOYIHASINI BAJARISH UCHUN ASOSIY KO'RSATMALAR

Kurs loyihasining maqsadi: Kurs loyihasini bajarish bo'lajak mutaxassislar tayyorlashning asosiy bosqichlaridan biridir. Kurs loyihasini bajarishdan maqsad o'quv, tajriba va amaliy mashg'ulotlar jarayonida olingan nazariy bilimlarni kengaytirish, chuqurlashtirish, mustahkamlash, tavsiya etilgan adabiyotlarni mustaqil o'rganish, loyihalash ishlarida boshlang'ich tajriba orttirish, kitob va ma'lumotnomalar ustida ishlashga amaliy ko'nikmalar hosil qilish, tushuntirish uchun matn yozish va rasmiylashtirish hamda loyihaaning grafik qismini bajarishdir.

Loyihada ko'rib chiqiladigan asosiy masalalar: Tuman elektr tarmog'i shunday loyihalashtirilishi kerakki, uni amalga oshirish uchun eng kam kapital mablag' sarflanishi, tarmoqning ekspluatatsiya vaqtidagi yillik xarajati esa minimal bo'lishi kerak. Bu maqsadga muvofiq iqtisodiy ko'rsatkich hisoblanadi. Ammo amaliy hisoblarda kapital mablag' bilan yillik xarajatning minimumlari ayni bir vaqtga to'g'ri kelmaydi. Ko'pincha qurilishga kattaroq mablag' sarflanadigan variant ekspluatatsiyaga kamroq xarajat talab qiladi. Agar variantlar ishonchlilik bo'yicha bir xil bo'lsa, kapital mablag'i ham, ekspluatatsiya xarajatlari ham ko'proq bo'lgan variant oldindan hisobga olinmaydi. To'g'ri qilingan xulosaning asosiy mezonlari—bu iste'molchilarga sifatli elektr energiya yetkazib berish, iste'molchilarning kategoriyasiga qarab uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlash, iqtisodiy ko'rsatkichlarning maqsadga muvofiqligi hamda tarmoqlarning kelajakda ham ishlatilishi va rivojlanishi uchun qulayligidir.

Amaliy loyihalash vaqtida quyidagi asosiy masalalar hal qilinishi kerak:

- Tarmoqning(*liniya va podstantsiyalar*) elektr ulanish sxemasini tanlash;
- Tarmoqning nominal kuchlanishini aniqlash;
- Liniya simlarining kesim yuzasini va markasini, tayanchlarning tiplarini va zanjirlar sonini tanlash;
- Podstantsiyalardagi transformatorlarning tipini, quvvatini va sonini tanlash;
- Kuchlanishni rostdash usullarini, kuchlanishni rostdash qurilmalarining quvvatini va joyini tanlash;
- Elektr ta'minotining optimal variantini tanlash va uni maksimal, minimal va avariya rejimlarida quvvat isrofi, energiya isrofi va kuchlanish yo'qotilishi nuqtayi nazaridan hisoblab chiqish;

- Quvvat va energiya isrofini kamaytirish uchun qilinadigan tadbirlar;
- Sistemada chastotani rostdlash uchun amalga oshiriladigan tadbirlar;
- Sistema stansiyalari orasida yuklamalar taqsimlanishini tejamli ravishda ta'minlash va aniqlash;

- Sistema uskunalarini ta'mirlash bilan bog'liq bo'lgan ayrim masalalarni ko'rib chiqish, zahiradagi quvvat miqdorini va zahiraning joylashgan o'rnini aniqlash;

- Sistemada betaraf nuqta(neytral) holati bilan bog'liq bo'lgan masalalarni hal qilish;

- Tarmoq elementlarining rele himoyasini, ish jarayonini avtomatlashtirish tadbirlarini ko'rib chiqish;

- Sistemada yashindan saqlanish bo'yicha qilinadigan tadbirlar;

- Elektr stansiyalar, podstansiyalar, liniya tayanchlarini zaminlovchi qurilmalarni hisoblash va ishlab chiqish;

- Har bir liniya trassalarini izlab topish va tanlash, liniya tayanchlarining fundamentlari, trosslar va hokazolar bilan bog'liq bo'lgan mexanik hisoblarni bajarish;

Yuqorida keltirilgan savollardan birinchi yettitasi ushbu kurs loyihasida ko'rib chiqiladi.

Loyihani rasmiylashtirish: Kurs loyihasi 25-30 varaqdan iborat bo'lgan tushuntirish matnidan va grafik qismdan iborat.

Tushuntirish matni titul varag'idan boshlanadi. Undan keyin loyiha topshirig'i, ishlab chiqilgan hamma bo'limlarning betlari ko'rsatilgan mundarija va loyihaga qo'shiladigan chizmalarning ro'yxati ko'rsatiladi.

Loyiha hujjatlarining hajmini qisqartirish va loyihalash uchun qilingan mehnatni kamaytirish maqsadida boshlang'ich ma'lumotlardan tortib to olingan natijalargacha hamma hisoblar jadvallarga yoziladi.

Kerakli hollarda tushuntirish matni rasmlar, grafiklar, sxemalar bilan tasvirlanadi(*odatda millimetr qog'ozlarda va boshqa*).

Ushbu loyihada hamma hisoblash sxemalari(*tavsiya etilgan variantning sxemasidan boshqa*) tushuntirish matnida tanlangan variantning to'g'riligini isboti sifatida keltirilishi kerak.

Tushuntirish matnining oxirida talaba qilingan ishlar haqida xulosa chiqarib, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatini ko'rsatishi kerak.

Loyihaning grafik qismi A1 formatli 2 ta chizmadan iborat bo'ladi.

Birinchi chizmada quyidagilar ko'rsatilishi kerak:

a) ko'rilayotgan tumanning masshtabdagi plan topshirig'i(*ta'minlash nuqtasi va podstansiyalarning nomlari hisobiy quvvatlari bilan birga*);

b) berilgan tumanning elektr ta'minoti prinsipial sxemasi(*tanlangan variant bo'yicha*), quyidagilar bilan:

Podstansiyalarda – transformatorlarning soni, tipi, nominal quvvati, chulg'amlarining ulanish gruppasi, YUK va PK lardagi nominal kuchlanishlar, tanlangan sxema uchun yacheykalar soni ko'rsatilishi kerak;

Liniyalarda – uning nomeri(*masalan*, HL-3), uzunligi km da, tanlangan simning kesim yuzasi va markasi, zanjirlar soni va tavsiya qilinadigan tayanch turi ko'rsatiladi.



1.1-rasm.

c) texnik hisoblash natijalari jadvalda ko'rsatiladi.

Ikkinchi chizmada tavsiya etilayotgan variantning ekvivalent hisoblash sxemasi keltiriladi. Sxemada normal rejim uchun quvvat oqimi taqsimlanishi, kompensatsiyalovchi uskunalarning quvvati va o'ri, podstansiyaning YUK va PK shinalaridagi haqiqiy kuchlanishlar, transformatsiya koeffitsiyentlarini hisoblash natijasida tanlanganligi ko'rsatilishi kerak.

Chizmalar FOCT talablariga muvofiq holda bajarilishi lozim. Chizmalarning pastki o'ng burchagida shtamp chiziladi.

2. LOYIHALASH UCHUN TOPSHIRIQ VA DASTLABKI MA'LUMOTLAR

Har bir talabaga loyihalash uchun iste'molchi podstansiyalar va ta'minlash manbayi–tuman miqyosidagi yirik elektr stansiya va cheksiz quvvatli sistemaning joylanish plani ko'rsatilgan topshiriq varianti beriladi(*1-ilovaga qarang*).

Odatda elektr stansiya quvvati ma'lum bo'lgan manba hisoblanadi (*agregatlarning soni, quvvati va $\cos\varphi$ ma'lum*), sistema muvozanatlovchi manba bo'lib, kuchlanishi – 110, 220, 330 kV bo'lishi mumkin.

Sistema loyihada ko'rilayotgan tumanni ta'minlash uchun yetishmayotgan aktiv quvvatning hammasini berishi mumkin, kerak bo'lganda esa yuklamaning minimal holatida hosil bo'ladigan ortiqcha aktiv quvvatning hammasini qabul qilishi ham mumkin

(loyihalashtirilayotgan sistema reaktiv quvvat muvozanatini saqlashi lozim, ya'ni uning cheksiz quvvatli sistema bilan aloqasi $\cos\varphi=0,97-1,0$ ga teng bo'lishi kerak).

Iste'molchilar uchun yuklamaning aktiv quvvati P_n , MVt da, quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_n$, yil davomida iste'mol qilinadigan energiya miqdori W_n , kVt·soat da beriladi.

3. BERILGAN TUMAN ELEKTR TA'MINOTI UCHUN AKTIV VA REAKTIV QUVVATLAR BALANSINI TUZISH

3.1. Asosiy qoidalar

Ulangan iste'molchilarning ulanish xarakteriga bog'liq holda alohida tumanlar yuklamalarining umumiy grafiklari bir-biridan farq qiladi va ularning maksimumlari yig'indisi sistema yuklamasining maksimumidan katta. Shuning uchun elektr stansiya va podstansiyaning elektr tarmoqlari yordamida birlashtirish va ularni sistema bilan bog'lash, elektr energiyani alohida ishlab chiqarish va iste'mol qilishga nisbatan afzalroqdir.

Elektr stansiyalar va iste'molchilarni elektr sistemaga birlashtirish quvvat almashuvini, zaxiradagi quvvatning kamayishini, avariya va ta'mirlash vaqtida ish sharoitini o'zaro yordam bilan yengillashtirishni, yuklamalarni stansiyalararo tejamli taqsimlanishini ta'minlab, qo'shimcha iqtisodiy afzalliklar beradi.

Elektr stansiyalar va tizimlarni birlashtirish elektr hisoblariga, ayniqsa elektr xo'jaligini boshqarishga va uni ekspluatatsiya qilishga bir qator murakkabliklar olib keladi.

Birlashmalar ish holatini olib borishga taalluqli muhim ishlar quyidagilardan iborat:

1. Elektr stansiyalar chastotasini rostlash;
2. Sistemada kuchlanish va aktiv quvvatni rostlash;
3. Sistemadagi nonormal ish holatlarini yo'qotish va boshqalar.

Kurs loyihasida birinchi ikki masala ko'rib chiqiladi.

Chastota – bu elektr energiyaning sifat belgisidir, nominal qiymati $50\pm 0,1$ Hz ga teng bo'lishi kerak, avariya holatida $\pm 0,2$ Hz ga farq qilishi mumkin. Shuning uchun loyihalashtirilayotgan tuman elektr ta'minoti sxemasida aktiv quvvat balansi tuzilishi kerak va shu balansni ta'minlash rezervi aniqlanishi kerak.

Kuchlanish – bu elektr energiyaning asosiy sifat ko'rsatkichlaridan biridir, iste'molchiga uning nominal kuchlanishdan faqat $\pm 5\%$ farq

qiladigan qiymati berilishi kerak. Shuning uchun loyihalashtirilayotgan tuman elektr ta'minoti sxemasida reaktiv quvvat balansini tuzilishi kerak va shu balansni ta'minlash rezervi qo'shimcha reaktiv quvvat manbalarini o'rnatish yo'li bilan aniqlanishi kerak.

3.2. Aktiv quvvat balansini

Agar elektr stansiyada o'rnatilgan (*ishlab chiqarilayotgan*) quvvat yig'indisi ($\sum P_g$), yuklamalar quvvati ($\sum P_{yuk}$) elektr stansiyalarning xususiy ehtiyojiga sarflanadigan quvvat (P_{xe}), loyihalashtirilayotgan tarmoqdagi aktiv quvvat isrofi (ΔP) va quvvat rezervi (P_{zahira})lar yig'indisiga teng bo'lsa, u holda sistemada balans sharti bajariladi.

$$\sum P_g = \sum P_{yuk} + P_{xe} + \Delta P \pm P_{zahira}$$

Elektr stansiyalarning xususiy ehtiyoji sarfi miqdori:

GES uchun – $P_{xe} = \sum P_g$ ning 1 % ga;

IES uchun – $P_{xe} = \sum P_g$ ning 8 % ga;

DIES uchun – $P_{xe} = \sum P_g$ ning 3÷5 % ga teng qilib olinadi.

Hisob-kitobni boshida tarmoqdagi aktiv quvvat isrofining haqiqiy qiymati aniq bo'lmagani uchun aktiv quvvat isrofi ΔP ni yuklamalar quvvati yig'indisining $\sum P_{yuk}$ 6÷10% ga teng deb olish mumkin.

Yuqorida keltirilgan ifodadan cheksiz quvvatli sistema bilan bog'langan hol uchun P_{zahira} ning qiymati aniqlanadi.

Agar balans P_{zahira} manfiy bo'lsa, unda quvvat oqimi sistemadan keladi; aktiv quvvat oqimi sistemaga borsa, unda ko'rilayotgan tarmoqda ortiqcha aktiv quvvat borligi ma'lum bo'ladi.

3.3. Reaktiv quvvat balansini

Generatorlarning aktiv quvvati MVt yoki kVt larda katalog va ma'lumotnomalarda ko'rsatilgan bo'ladi, generatorning reaktiv quvvatini esa quyidagi ifoda orqali topish mumkin:

$$Q_g = P_g \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

bu yerda, $\operatorname{tg} \varphi$ – generatorning berilgan nominal quvvat koeffitsiyenti orqali aniqlanadi.

Reaktiv quvvat balansini tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$\sum Q_g = \sum Q_{yuk} + Q_{xe} + \Delta Q + Q_{zaryad} \pm Q_{zahira}$$

bu yerda, $\sum Q_g$ – generatorlar ishlab chiqaraётgan reaktiv quvvatlar yig'indisi; Q_{xe} – elektr stansiyalarning xususiy ehtiyojiga sarflanadigan reaktiv quvvat; ΔQ – o'rganilayotgan tarmoqdagi reaktiv quvvat isrofi;

Q_{zaryad} – havo liniyalari generatsiya qilayotgan reaktiv quvvat.

Elektr tarmog'ini oldindan tahlil qilish uchun reaktiv quvvat balansini quyidagicha tekshirish mumkin:

1. Yuklamalarning reaktiv quvvatlari aniqlanadi:

$$Q_A = P_A \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad Q_B = P_B \cdot \operatorname{tg} \varphi; \dots\dots\dots$$

2. Barcha yuklamalarning reaktiv quvvatlari yig'indisi topiladi:

$$\sum Q_{yuk} = Q_A + Q_B + Q_C + Q_D + Q_E$$

Elektr stansiyaning xususiy ehtiyoji uchun sarflanadigan reaktiv quvvat(Q_{xe}): $Q_{xe} = P_{xe} \cdot \operatorname{tg} \varphi_g$

3. Tarmoqdagi reaktiv quvvat isrofi quyidagicha aniqlanadi.

a) Podstansiyalardagi transformatorlarning po'lat o'zagidagi isrof ($\Delta Q_{po'lat}$) yuklamalar aktiv quvvat yig'indisining ($\sum P_{yuk}$) 5% ga teng qilib olinadi: $\Delta Q_{po'lat} = (\sum P_{yuk} \cdot 5) / 100$

b) Havo liniyalaridagi va transformatorlarning chulg'amlaridagi reaktiv quvvat isrofi: $\Delta Q_m = 3 \cdot \sum \Delta P$

c) Tarmoqdagi to'liq reaktiv quvvat isrofi: $\sum \Delta Q = \Delta Q_{po'lat} + \Delta Q_m$

Uzatuv liniyalari generatsiya qilayotgan zaryad quvvati bitta 110 kV li zanjirning har bir km uchun $Q_{zaryad} = 0,035$ MVar ga teng deb olinadi. 220 kV li zanjir uchun esa $Q_{zaryad} = 0,132$ MVar. Generatsiya qilinayotgan ($\sum Q_g + Q_{zaryad}$) va iste'mol qilinayotgan ($\sum Q_{yuk} + Q_{xe} + \Delta Q$) quvvatlar orasidagi farq tarmoqdagi ortiqcha yoki yetishmayotgan reaktiv quvvat haqida ma'lumot beradi:

$$(\sum Q_g + \sum Q_{zaryad}) - (\sum Q_{yuk} + Q_{xe} + \Delta Q) = Q_{zariha}$$

Agar Q_{zariha} musbat miqdor bo'lsa, sistemada reaktiv quvvat keragidan ortiqqligini bildiradi, bu holat juda kam uchraydi. Bunday holda loyiha rahbari bilan maslahatlashib elektrostansiyada reaktiv quvvat ishlab chiqarishni kamaytirish kerak, ya'ni uning $\cos \varphi$ sini ko'tarish lozim. Agar Q_{zariha} manfiy miqdor bo'lsa, ko'rilyotgan sistemada reaktiv quvvat etishmayotgan bo'ladi. Yetishmayotgan reaktiv quvvatni sistemadan olish iqtisodiy tomondan ma'qul emas, chunki bu ortiqcha aktiv va reaktiv quvvat isrofiga olib keladi, hamda kuchlanish rostdashuvini murakkablashtiradi. Shuning uchun podstansiyalarning PK tarafida reaktiv quvvat ishlab chiqaradigan qo'shimcha manbalar o'rnatish kerak bo'ladi (*sinxron kompensatorlar yoki statik kondensatorlar 4-ilova 1,2-jadvalga qarang*).

Reaktiv quvvat balansini to'g'ri tuzish va qo'shimcha reaktiv quvvat manbalarini to'g'ri joylashtirish quvvat isrofini kamayishiga, ba'zi hollarda HL simlarini kesim yuzasini kamayishiga olib keladi.

4. BERILGAN TUMAN UCHUN ELEKTR TA'MINOTI SXEMALARINING HISOBLASH VARIANTLARINI QABUL QILISH

Loyihalash maqsadida har bir iste'molchi uchun topshiriqda hisobiy kattaliklar berilgan: P_n , $\cos\varphi_n$, W_n .

Umumiy uzunligi minimal bo'lgan eng optimal variant ko'rsatilishi kerak.

Bunda quyidagi texnik talablarga amal qilish kerak:

-I kategoriya iste'molchilarini uzluksiz ta'minlash va II, III kategoriya iste'molchilari uchun ruxsat etilgan ishonchlilikni ta'minlash maxsus tadbirlarini bajarish;

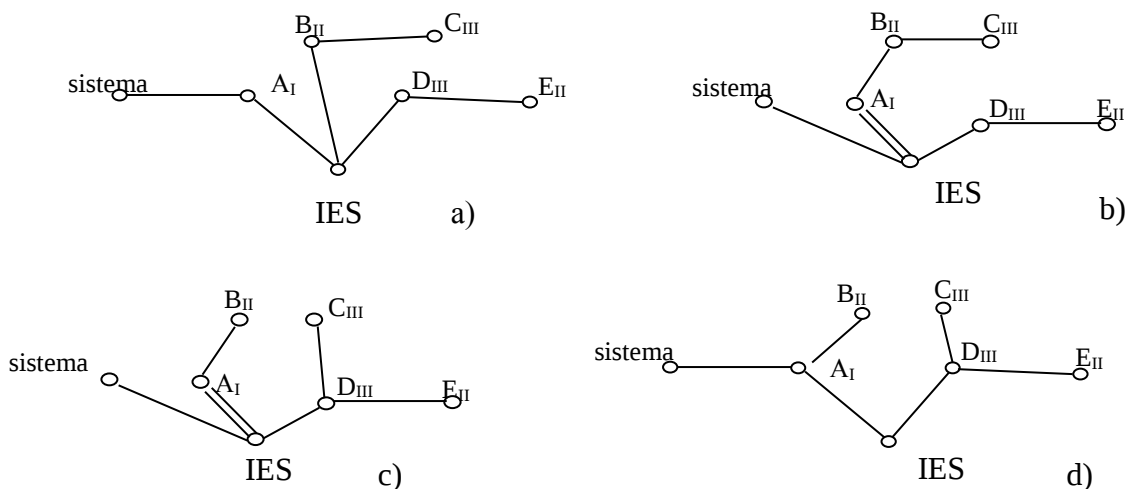
-Ta'mirlash ishlarini(*generatorlarni, transformatorlarni va HL*) olib borish uchun va zaxira quvvat oqimini oqib o'tishiga qulay bo'lgan sxemani tanlash;

-Foydalanilayotgan material va uskunalarning iloji boricha minimal sonini ishlatish;

-Tarmoq sxemasini iloji boricha soddalashtirish kerak, shunda xizmat qiluvchi xodim tomonidan qilinadigan xato harakatlar kamayadi hamda xizmat ko'rsatish xavfsizligiga rioya qilinadi;

-Ta'minlovchi punktlardan ketadigan HL lari iloji boricha bir xil yuklanishi kerak.

Agar ko'rilayotgan variantlar texnik jihatdan bir-biriga yaqin bo'lsa, u holda keyingi hisobni davom ettirish uchun liniyalarning uzunligi eng kam bo'lgan variant qoldiriladi.



4.1-rasm.

Masalan, iste'molchilarning berilgan kategoriyalari va joylashuvlari uchun elektr ta'minoti sxemasining quyidagi radial variantlarini ko'rib chiqish mumkin: "a", "b", "c", "d" variantlarini umumiy uzunligi bo'yicha solishtirilsa, faqat ikkita variant "a" va "d" bir-biriga tengligi ma'lum bo'ladi. Hisoblash uchun "a" variantni tanlaymiz, chunki "B", "C", "D", "E" podstantsiyalarni ta'minlash uchun eng ishonchlisi shu variantdir.

Loyihalashda yopiq zanjirli(*halqasimon*) variantlarni tanlashda quyidagilarga e'tibor berish kerak:

a) Halqa ichida bir xil kuchlanish olish kerak. Halqadan chiqadigan shoxobchalarda kichik kuchlanish olish mumkin.

b) Halqaga yuqori darajali ishonchlilik talab qiladigan iste'molchilar olinadi. (I va II kat.)

c) Halqaga birlashtirilayotgan yuklamalar kattalik jihatdan bir– biriga yaqin bo'lishi shart.

Eslatma: Hisoblanayotgan variantlar loyiha rahbari bilan kelishilib, tasdiqlanishi lozim.

5. RADIAL VARIANTINING ELEKTR HISOB–KITOBI

5.1.Tarmoqning nominal kuchlanishini aniqlash

Nominal kuchlanishni tanlash elektr tarmog'ini loyihalashda muhim o'rin tutadi, chunki asosiy sarf-harajatlar va ekspluatatsiya chiqimlari aynan shunga bog'liq.

Uzunligi 250 km dan kamroq, kuchlanishi 35-500 kV li tuman elektr tarmoqlarini hisoblash uchun quyidagi tanlov usullari tavsiya qilinadi:

a) formula bo'yicha: $U = 4,34 \cdot \sqrt{l + 0,016 \cdot P}$, kV.

bu yerda, l – liniya uzunligi, km; P – iste'molchini quvvati, kVt.

b) jadval bo'yicha liniyaning kesim yuzasiga bog'liq holda $\Delta U=10\%$, $\cos\varphi=0,85$ ga teng bo'lganda uzatilayotgan quvvatning va liniya uzunligining eng katta miqdorlari:

5.1.1-jadval

Simning markasi	$U_n= 36,7$ kV		$U_n=115$ kV		$U_n=230$ kV	
	P, MVt	l , km	P, MVt	l , km	P, MVt	l , km
AC–35	1,9	65	-	-	-	-
AC–50	2,7	56	-	-	-	-
AC–70	3,78	50	11,8	158	-	-
AC–95	5,15	45	16,1	141	-	-

AC-120	6,5	40	20,3	126	-	-
AC-150	8,12	36	25,4	113	-	-
AC-185	10	32	31,3	101	-	-
ACO-240	-	-	40,6	86	84,4	250
ACO-300	-	-	50,7	74	102	220
ACO-400	-	-	-	-	136	170

c) $T=3000\div 5000$ soat va $\cos\varphi=0,9$ ga teng bo'lganda po'lat-alyumin simli liniyalarning iqtisodiy quvvati bo'yicha:

5.1.2-jadval

Simning markasi va kesim yuzasi (mm ²)	Iqtisodiy quvvat, MVt		
	Kuchlanishi		
	35 kV	110 kV	220 kV
AC-35	2,22	—	—
AC-50	3,17	—	—
AC-70	4,44	13,9	—
AC-95	6,0	18,8	—
AC-120	7,6	23,8	—
AC-150	9,5	29,7	—
AC-185	11,8	36,7	—
ACO-240	—	47,5	80,8
ACO-300	—	59,5	118
ACO-400	—	—	158
ACO-500	—	—	197

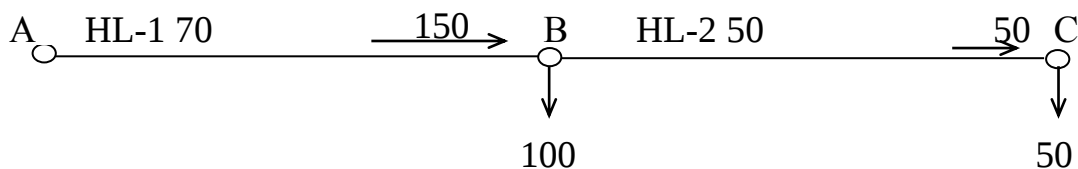
Sistema bilan bog'lovchi liniyaning kuchlanishini tanlash 5.2.8 daqi misolda berilgan.

Eslatma: Formulalar va jadvaldagi sonlar liniya oxirida bitta yuklama bo'lganda va bir zanjir uchun berilgan.

Elektr tarmoq kuchlanishini tanlashga misol:

Uzunligi km da ikkita yuklamali (MVt) liniya berilgan. Liniyaning har bir uchastkasi uchun kuchlanish aniqlansin.

B-C uchastkadagi quvvat "C" nuqtadagi yuklamaga teng, ya'ni 50 MVt. Iqtisodiy quvvat jadvali bo'yicha $U=110$ kV.



5.1.1-rasm.

A-B uchastkadagi quvvat “B” va “C” yuklamalar yig‘indisiga teng, ya’ni 50+100 MVt. Iqtisodiy quvvat jadvali bo‘yicha 2 ta variantdan birini olish mumkin: bitta zanjirli yoki ikkita zanjirli, 220 kV kuchlanishli liniya.

Uzatilayotgan quvvatlarning eng katta miqdorlari jadval bo‘yicha tekshirilsa, ham xuddi shu natijalar chiqadi.

A-B uchastkadagi kuchlanishni uzil-kesil tanlash, faqat variantlarni texnik-iqtisodiy solishtirish orqali yoki iste’molchilar kategoriyasini hisobga olib bajariladi.

A-B uchastka kuchlanishini tanlashda ta’minlovchi “A” podstansiya kuchlanishini hisobga olish kerak.

5.2. HL simlarining kesim yuzasini tanlash va ularning parametrlarini hisoblash

Tuman 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 ACU markali simlar ishlatiladi. Bu simlarda tokning iqtisodiy zichligi ($j_{iq.zich}$) maksimal yuklamaning ishlash vaqtiga (T_m) bog‘liq. O‘rta Osiyo uchun:

5.2.1-jadval

T_m (soat)	1000÷3000	3000÷5000	5000÷8760
$j_{iq.zich}$ (A/mm ²)	1,5	1,4	1,3

Simning kesim yuzasi quyidagi formula orqali topiladi:

$$F_{his} = \frac{I_m}{j_{iq.zich}};$$

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 simlar tojlanmaydi. 220 kVli kesim yuzasi – 240 mm² li simlar ham tojlanmaydi. 35 kVli HL tojlanishga tekshirilmaydi. Agar olinayotgan kesim yuza 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 $j_{iq.zich.}$ ni aniq tanlash katta ahamiyatga ega. $j_{iq.zich.}$ maksimal yuklamaning vaqti T_m ga bog'liq, T_m esa har bir podstantsiya uchun quyidagicha hisoblanadi:

a) Loyihalash uchun berilgan topshiriqda P_m - yuklamaning maksimal aktiv quvvati va W_{yil} - iste'molchining (podstantsiya) yil davomida qabul qiladigan energiya miqdori bo'lsa, u holda T_m :

$$T_m = \frac{W_{yil}}{P_m}, \text{ soat.}$$

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

$$T_{o'rt.m.} = \frac{P_B \cdot T_B + P_C \cdot T_C + \dots + P_n \cdot T_n}{P_B + P_C + \dots + P_n}, \text{ soat;}$$

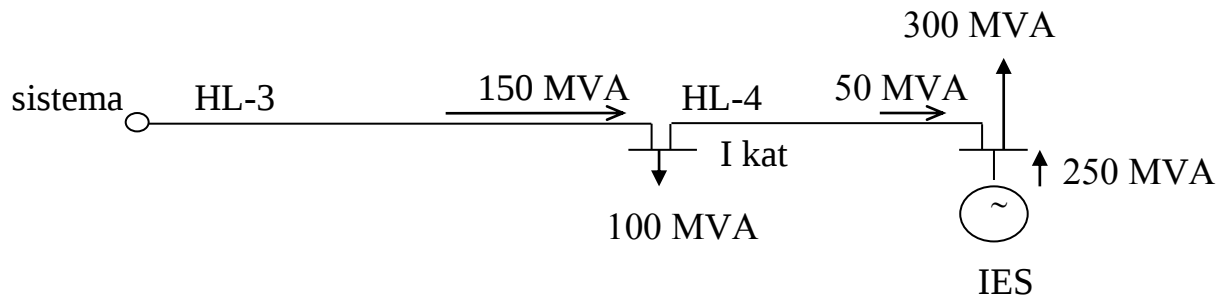
b) aniqlangan T_m bo'yicha bitta liniya uchun $j_{iq.zich.}$, I_m va I_{his} lar topiladi.

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.

Namuna uchun misol:

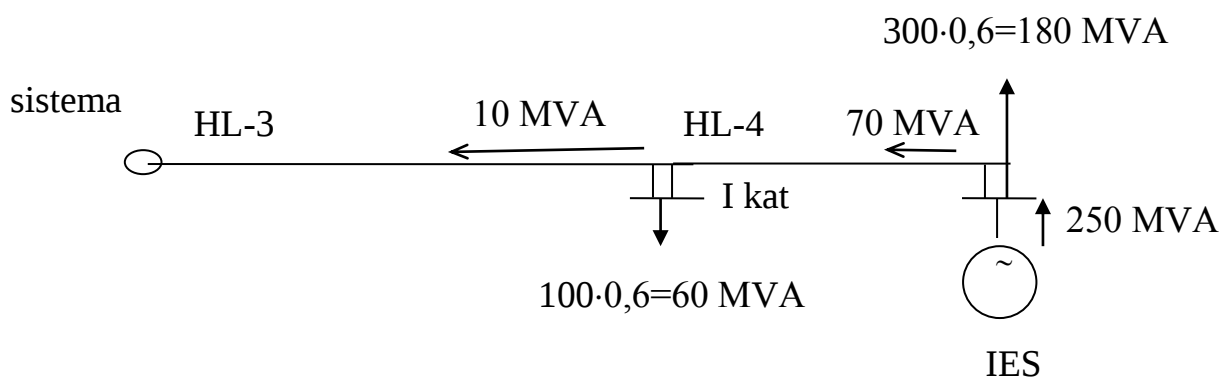
Mavjud ishlab turgan stansiya shinalarini sistema bilan bog'lovchi liniyaning kesim yuzasini topishda quyidagi misolni ko'rib chiqamiz. Bu liniyadan loyihalalanayotgan tarmoqning maksimal, minimal va avariya dan keyingi (holatlari) ish rejimlariga bog'liq bo'lgan har xil quvvat o'tishi quyidagi ko'rinishda ishlab chiqarilgan.

Maksimal rejim:



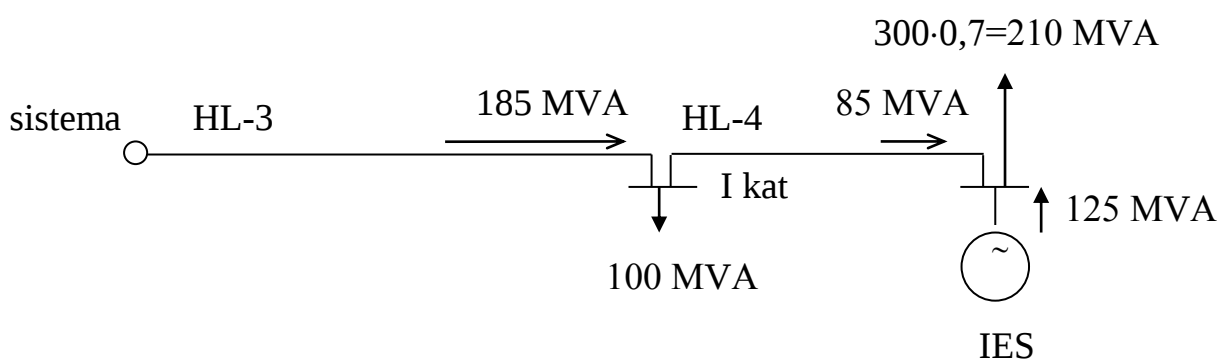
5.2.1-rasm.

Minimal rejim:



5.2.2-rasm.

Avariya dan keyingi rejim: (bitta generator o'chirilgan)



5.2.3-rasm.

Misoldan ko'rinib turibdiki:

- a) HL-3 ning kesim yuzasi maksimal rejim (*quvvat 150 MVA ga teng*) bo'yicha aniqlanib, avariya dan keyingi rejimda (*quvvat 185 MVA ga teng*) 2-ilovadagi 1-jadvalda ruxsat etilgan tokka tekshirilishi kerak.

Eslatma:

1. Sistema bilan bog'lovchi liniyaning kuchlanish elektr stansiyaning shinalaridagi YUK kuchlanishini hisobga olgan holda ish rejimlarida (ko'rilgan maksimal yoki minimal quvvatlarning maksimal oqimi bo'yicha) qabul qilinadi.

2. Tokning iqtisodiy zichligini aniqlashda sistema bilan bog'lovchi liniya uchun $T_m=5000$ soat deb olinadi.

3. Minimal rejimlarda hamma yuklamalar 60% gacha kamaytiriladi.

4. Avariya dan keyingi rejimda podstansiyaning II va III kategoriya yuklamalari 70% gacha kamaytirilishi mumkin.

5. Avariya dan keyingi hisobiy rejim tarmoq elementlaridan bir vaqtning ichida faqat bittasida sodir bo'lgan shikastlanish asosida tanlanadi va loyiha rahbari bilan kelishib olinadi.

Misol:

Berilgan "B" va "C" podstansiyalar yuklamalari, ularning quvvat ko'effitsiyentlari, masofalar km da.

$$P_B=100 \text{ MVt} \quad \cos\varphi_B=0,9 \quad l_{AB}=90 \text{ km}$$

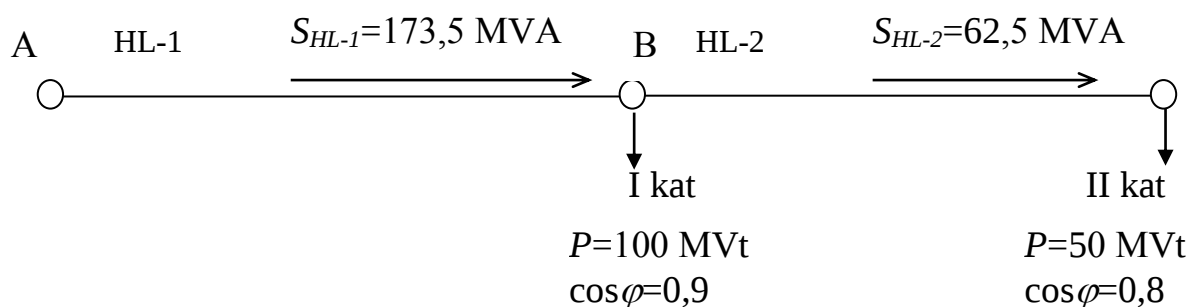
$$P_C=50 \text{ MVt} \quad \cos\varphi_C=0,8 \quad l_{BC}=60 \text{ km}$$

Podstansiya "B" – I kategoriya, "C" – II kategoriya.

Shuningdek, iste'mol qilinadigan yillik energiya miqdori ham berilgan.

$$W_B=400 \cdot 10^6 \text{ kVt} \cdot \text{soat} \quad , \quad W_C=225 \cdot 10^6 \text{ kVt} \cdot \text{soat}.$$

"B", "C" podstansiya uchun maksimal yuklamalardan foydalanish



5.2.4-rasm.

vaqti T_B va T_C larni hamda to'la quvvatlarni aniqlaymiz:

$$T_B = \frac{W_B}{P_B} = \frac{400 \cdot 10^6}{100 \cdot 10^3} = 4000 \text{ soat} \quad S_B = \frac{P_B}{\cos\varphi_B} = \frac{100}{0,9} = 111 \text{ MVA}$$

$$T_C = \frac{W_C}{P_C} = \frac{225 \cdot 10^6}{50 \cdot 10^3} = 4500 \text{ soat} \quad S_C = \frac{P_C}{\cos\varphi_C} = \frac{50}{0,8} = 62,5 \text{ MVA}$$

F_{HL-1} ni tokning iqtisodiy zichligi bo'yicha topish uchun o'rtacha vaqt $T_{o'rt.}$ ni aniqlash kerak:

$$T_{o'rt} = \frac{W_B + W_C}{P_B + P_C} = \frac{400 \cdot 10^6 + 225 \cdot 10^6}{(100 + 50) \cdot 10^3} = 4167 \text{ soat}$$

HL-1 ning hisobi:

Liniyadan oqayotgan quvvat:

$$S_{HL-1} = S_{HL-2} + S_B = 111 + 62,5 = 173,5 \text{ MVA}$$

Liniyadagi tok:

$$I_{HL-1} = \frac{S_{HL-1}}{\sqrt{3}U_{HL-1}} = \frac{173 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 220} = 458 \text{ A}$$

“B” p/st dagi I kategoriyali iste'molchini ishonchli ravishda elektr bilan ta'minlash uchun metall tayanchlarda joylashgan ikkita alohida parallel liniyani qabul qilish kerak. Shunda har bir liniyadan hisobiy yuklama tokining yarmi o'tadi, ya'ni $458:2=229 \text{ A}$.

Ana shu tok miqdoriga qarab har qaysi liniyaning kesim yuzasi tanlanadi:

$$F_{HL-1} = \frac{I_{HL-1}}{j_{iq.zich}} = \frac{229}{1,4} = 185 \text{ mm}^2$$

bu yerda, $j_{iq.zich}$ – tokning iqtisodiy zichligi, $T_{o'rt}$ bo'yicha jadvalga qarab $1,4 \text{ A/mm}^2$ ga teng deb olingan.

220 kV li liniyalar uchun tojlanish sharti bo'yicha (5.2 *punktdagi jadvalga qarang*) simning kesim yuzasi 240 mm^2 dan kam bo'lmasligi tavsiya qilinadi. Shuning uchun ikkitali 2xACO-240 markali liniyani tanlaymiz. Ikkitadan ko'p zanjirli liniyani olish iqtisodiy tarafdin muvofiq emas.

Bitta liniya avariya holatida o'chirilganda, hamma yuklama ish holatidagi ikkinchi liniyadan o'tadi. Unda tok 458 A ga teng bo'ladi. 2-*ilovadagi 1-jadvaldan* ruxsat etilgan tokni topib qizish darajasi bo'yicha tekshiramiz. ACO-240 uchun $I_{rux}=605 \text{ A}$; bu tok avariya keyingi mumkin bo'lgan tok 458 A dan ancha katta.

Liniya parametrlarini aniqlash uchun 2-*ilovadagi 2-jadvaldan* ACO-240 markali sim uchun kuchlanish 220 kV , o'rtacha geometrik masofa $D_{o'rt.}=9 \text{ m}$ bo'lgandagi r_0 , x_0 , q_0 larning qiymatini ko'chirib olamiz. Bu qiymatlar jadvalda 100 km uchun berilgan, 1 km uchun qaytadan hisoblaymiz.

1 ta liniya uchun:

$$r_0 = 13 \text{ Om/km}; \quad R_{HL-1} = 13 \cdot 90/100 = 11,7 \text{ Om};$$

$$x_0 = 43 \text{ Om/km}; \quad X_{HL-1} = 43 \cdot 90/100 = 38,7 \text{ Om};$$

$$q_0 = 14,1 \text{ MVAr/km}; \quad Q_{CHL-1} = 14,1 \cdot 90/100 = 12,7 \text{ MVAr}.$$

2 ta parallel liniyalar uchun:

$$R_{HL-1} = 11,7 : 2 = 5,85 \text{ Om};$$

$$X_{HL-1} = 38,7 : 2 = 19,35 \text{ Om};$$

$$Q_{CHL-1} = 12,7 \cdot 2 = 25,4 \text{ MVAr}.$$

2-ilovaning 2-jadvalidan 100 km liniyaning ishlab chiqarayotgan reaktiv quvvatini q_0 topish mumkin, q_0 ni formula orqali ham aniqlash mumkin: $q_0 = U_{HL-1}^2 \cdot b_0 \text{ MVAr/km};$

bu yerda, b_0 —1 km liniyaning sig‘im o‘tkazuvchanligi.

Unda butun liniya generatsiya qilayotgan zaryad quvvat quyidagi formula orqali topiladi: $Q_C = q_0 \cdot l_{HL-1} \text{ MVAr}.$

2 ta parallel liniyalar uchun hisoblangan parametrlar tarmoqning maksimal va minimal ish holatlarini hisoblash uchun qo‘llaniladi, bitta liniya uchun hisoblangan parametrlar esa avariya dan keyingi parallel liniyalardan biri o‘chirilgan holatni hisoblash uchun kerak bo‘ladi.

HL-2 ni hisobi:

Maksimal rejimda liniyadantayotgan quvvat: $S_{HL-2} = 62,5 \text{ MVA}$

Liniyadagi tok:
$$I_{HL-2} = \frac{S_{HL-2}}{\sqrt{3}U_{HL-2}} = \frac{62,5 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 110} = 328 \text{ A}$$

Shu tokning qiymatiga qarab simning kesim yuzasini tanlaymiz:

$$F_{HL-2} = \frac{I_{HL-1}}{j_{iq.zich}} = \frac{328}{1,4} = 234 \text{ mm}^2$$

“C” podstantsiya II kategoriyaga taalluqli iste’molchi bo‘lganligi uchun metalli tayanchlarda joylashgan ACO-240 markali simlar tanlanadi. Yuqorida ko‘rsatilgan jadvallardan ACO-240 markali, 110 kV kuchlanishli simlar orasidagi geometrik masofa $D_{o'rt} = 5 \text{ m}$ bo‘lgan sim uchun r_0 , x_0 , q_0 larning qiymatini ko‘chirib olamiz. Jadvalda berilgan sonlar 100 km liniya uchun berilgan, ularni 60 km uzunlikka moslab qayta hisoblaymiz.

Jadvaldan HL-2 uchun:

$$r_0 = 13 \text{ Om/km} \quad R_{HL-2} = 13 \cdot 60/100 = 7,8 \text{ Om}$$

$$x_0 = 40,1 \text{ Om/km} \quad X_{HL-2} = 40,1 \cdot 60/100 = 24,06 \text{ Om}$$

$$q_0 = 3,75 \text{ MVAr/km} \quad Q_{CHL-2} = 3,75 \cdot 60/100 = 2,25 \text{ MVAr}$$

5.3. Podstansiyalarda transformatorlar tanlash va ularning parametrlarini hisoblash

Transformatorlarni tanlashda ma'lumotnomalardan[1] yoki shu metodik qo'llanmaning 3-ilovadagi 1-5-jadvallardan foydalanish tavsiya etiladi. Transformatorlar tanlashda kuchlanishni ko'taruvchi va pasaytiruvchi kuch transformatorlari kuchlanishni rostlash bo'yicha va nol shoxobchadagi kuchlanish bo'yicha farq qilishiga alohida e'tibor berish kerak.

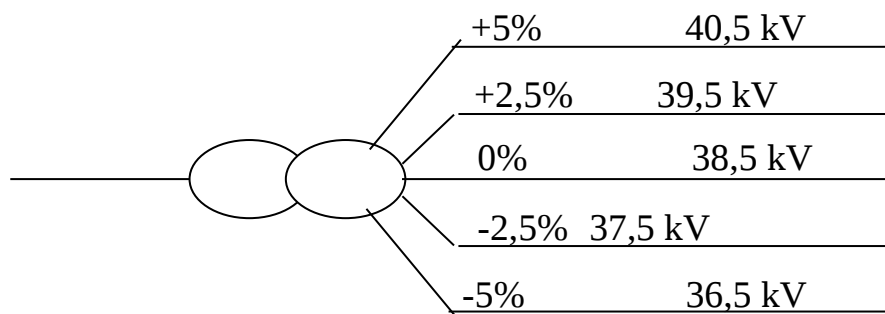
5.3.a.Kuchlanishni ko'taruvchi podstansiyalarda transformatorlarni tanlash

Generatorning to'la quvvatini o'tkazish uchun tanlanayotgan har bir transformatorning quvvati generator quvvatiga teng yoki katta bo'lishi shart. 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 uchun – 38,5 kV;
- 110 kV uchun – 121 kV;
- 220 kV uchun – 242 kV;



5.3.1-rasm.

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

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

Masalan, 35 kV li transformatorlar uchun:

Qo'shimcha shoxobchalar yordamida kuchlanishni rostlash namunalari 7.3a.§ punktda berilgan.

5.3.b.Pasaytiruvchi podstantsiyalarda transformatorlar tanlash

O'lchamlari yoki quvvati bo'yicha tanlash imkoni bo'lmagan vaqtda bir fazali transformatorlar tanlanadi. Pasaytiruvchi kuch transformatorlari YUK tomonida kuchlanishni yuklamalar o'chirilmay turib rostlaydigan maxsus qurilma(RPN) borligi bilan ko'taruvchi transformatorlardan farq qiladi.

Ularning nol uchlari quyidagicha:

35 kV uchun – 36,75 kV;

110 kV uchun – 115 kV;

220 kV uchun – 230 kV;

Bu qiymatlarga qarab ma'lumotnomalardagi ko'rsatkichlar qaysi (*pasaytiruvchi yoki ko'taruvchi*) transformatorga tegishliligini bilish mumkin. Pasaytiruvchi transformatorlarning YUK tomonidagi maxsus qurilma(RPN) yordamida PK dagi kuchlanish katta diapazonda rostlanadi.

2 chulg'amli pasaytiruvchi transformatorlar:

35 kV li transformatorlar uchun $\pm 12\%$ (± 8 bosqich), ya'ni nol uchidan – 36,75 kV, bunda 1.5 % dan har ikki tomonga 0,55 kV dan bosqichma-bosqich o'zgaradi.

110 kV li transformatorlar uchun $\pm 16\%$ (± 9 bosqich), ya'ni 115 kV, 1,78% dan har ikki tomonga 2,05 kV dan.

220 kV li transformatorlar uchun $\pm 12\%$ (± 8 bosqich), ya'ni 230 kV, 1,5% dan har ikki tomonga 3,45 kVdan bosqichma-bosqich o'zgaradi.

4-ilovaning 3-jadvalida pasaytiruvchi transformatorlarning shoxobchalari berilgan.

3 chulg'amli pasaytiruvchi transformatorlar:

Uch chulg'amli transformatorlar uchta kuchlanish kerak bo'lgan p/st larda o'rnatiladi.

Masalan, 110/35/10,5 kV; 220/110/35 kV va h.k.

3-ilovadagi 4 va 5-jadvallar yordamida transformatorlar tanlayotganda shuni nazarda tutish kerakki, hozirgi vaqtda 3 fazali 3 chulg'amli transformatorlarning chulg'amlari quvvat bo'yicha 100/100/100 etib yasalgan, ya'ni: $R_{YUK}=R_{O'K}=R_{PK}$

Bu transformatorlarning YUK tomonida RPN va O'K tomonida PBV bor.

110 kV da RPN $\pm 16\%$ (± 9 bosqich) va PBV $\pm 2 \times 2,5\%$

220 kV da RPN $\pm 12\%$ (± 8 bosqich) va PBV $\pm 2 \times 2,5\%$

Pasaytiruvchi podstansiyalarda transformatorlarning ratsional soni 2 ga teng. Uch va undan ortiq transformatorlarni o'rnatish texnik-iqtisodiy hisoblash natijasiga asoslanadi. Podstansiyalarda odatda bir xil quvvatli, chulg'amlarning ulanish guruhlarini bir xil bo'lgan transformatorlar o'rnatiladi. II va III kategoriyali podstansiyalarda 2 ta transformator o'rnatilsa, har qaysi transformatorlarning quvvati PK tomonidagi iste'molchi quvvatining 70% ga hisoblangan bo'lishi kerak. Bu bitta transformator avariya holatida bo'lgan vaqt uchun kerak bo'ladi. I kategoriya iste'molchilari uchun transformatorlar 100% zaxirali qilib tanlanadi. III kategoriya iste'molchining quvvati 100 MVA dan kam bo'lgan podstansiyalarda 24 soat ichida zahiradagi zahira quvvat hisobidan transformatorlar almashtirish imkoniyati bo'lgan holda bitta transformator o'rnatish ruxsat etiladi.

5.3.v. Avtotransformatorlar tanlash

Kapital xarajatlarni kamaytirish, kam isrof qilib, ko'proq quvvat o'tkazish uchun avtotransformatorlar qo'llaniladi. Hozirgi vaqtda ishlab chiqarilayotgan avtotransformatorlarni chulg'amlari 100/100/50 quvvatga moslashgan, bu esa avtotransformatorlarni chegaralab qo'yadi.

Misol yordamida tushuntiramiz:

Avtotransformatorning PK chulg'ami 3-ildagi 5-jadvaldagi YUK nominal quvvatining 50% i ga moslashgan.

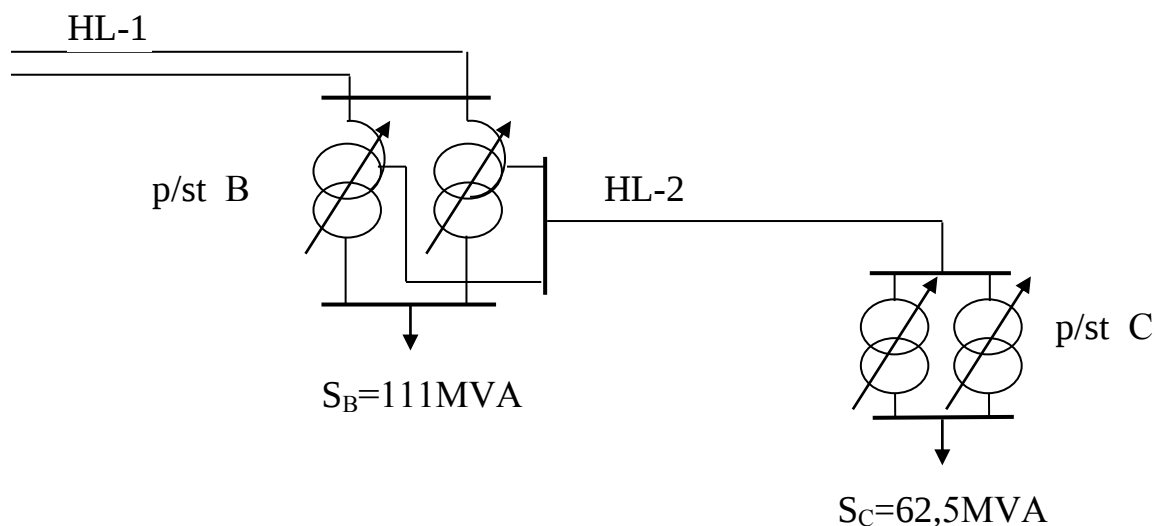
Agar generator 60 MVA quvvat ishlab chiqarayotgan bo'lsa, 63 MVA li avtotransformator tanlash mumkin emas, $S_n=125$ MVA bo'lgan avtotransformator tanlash lozim. Bu albatta podstansiyaning kapital xarajatini oshirib yuboradi. Bundan tashqari avtotransformatorning YUK tomonida hech qanday rostdash moslamalari yo'q, bu esa tarmoqda rostdash imkoniyatini chegaralaydi. Shuning uchun avtotransformatorlar faqat kuchlanishni pasaytiruvchi podstansiyalarda o'rnatiladi. Ularning O'K chulg'amlarida RPN $\pm 12\%$ (6 ta zinali) bo'lib, YUK va PK tomonlarida hech qanday qo'shimcha shaxobchalari yo'q.

Avtotransformatorlarning nominal quvvati deb YUK chulg'amidan o'tkazish mumkin bo'lgan eng katta quvvat tushuniladi. Kuchlanishni pasaytirish rejimida ishlayotgan avtotransformatorda nominal quvvatga teng quvvatni hammasini O'K tarmog'iga uzatish mumkin. Unda PK tarmog'iga quvvat uzatilmaydi. PK tarmog'iga nominal quvvatni 50% yoki undan ham kam uzatilayotgan bir vaqtda, YUK dan O'K tarmog'iga uzatilayotgan quvvat quyidagicha bo'ladi:

$$S_{O'K} = S_{nom} - S_{PK}$$

Avtotransformatorlar qo'llashni chuqurroq o'rganish uchun[3] ga qarang.

Pasaytiruvchi podstansiyalarda avtotransformatorlarning soni 2 tadan kam olinmaydi, quvvati esa O'K va PK tomonlaridagi yuklamaga va iste'molchilar kategoriyasiga qarab tanlanadi.



5.3.2-rasm.

5.3.g. Podstansiyalarning parametrlarini hisoblash

5.2.§ *dagi misolni* davom ettirib, “B” va “C” podstansiyalarda transformatorlar tanlaymiz.

Podstansiya “C”: II kategoriyali YUK tomonida 110 kV kuchlanish, yuklama 62,5 MVA ga teng. 3-ilovadagi 2-jadvaldan 2 ta bir xil 70% yuklamaga moslab ikkita bir xil transformator tanlaymiz:

$$0,7 \cdot 62,5 = 43,7 \text{ MVA}$$

Quvvati bo'yicha TRDN-40000/110 markali transformator to'g'ri keladi.

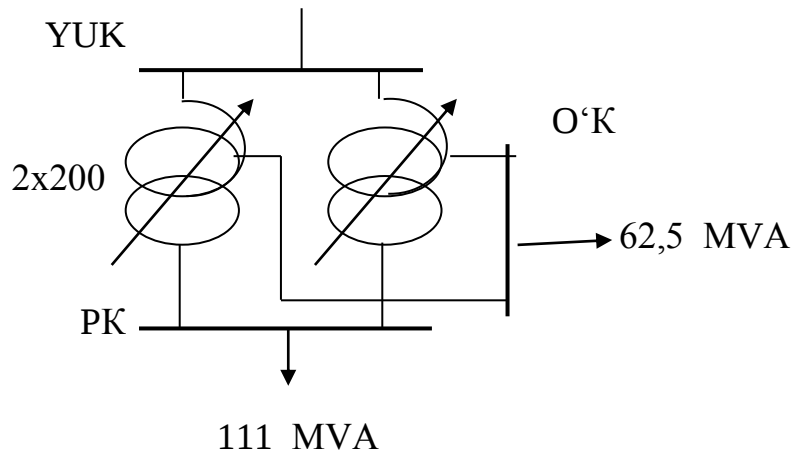
5.3.1-jadval

bitta transformator uchun:	podstansiya C uchun:
$R_T = 1,44 \text{ Om}$	$R_C = 1,44/2 = 0,72 \text{ Om}$
$X_T = 34,8 \text{ Om}$	$X_C = 34,8/2 = 17,4 \text{ Om}$
$\Delta P_{po'l} = 42 \text{ kVt}$	$\Delta P_{po'l} = 42 \cdot 2 = 84 \text{ kVt}$
$Q_{po'l} = 280 \text{ kVAr}$	$Q_{po'l} = 280 \cdot 2 = 560 \text{ kVAr}$

Hisoblangan parametrlar almashtiruv sxemasida ko'rsatilishi kerak (5.5.§ ga qarang).

Podstansiya "B": PK tomonida yuklama 111 MVA, O'K tomonida esa 62,5 MVA("C" podstansiyadagi va HL-2 dagi isroflar hisobga olinmaganda).

3-ilovadagi 5-jadvaldan 2 ta ATDSTN-200000/220/110 markali avtotransformatorlarni iste'molchilarni ta'minlash uchun tanlaymiz:



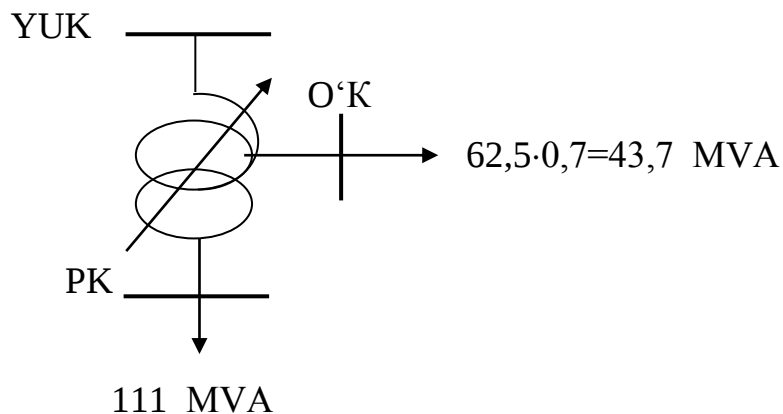
5.3.3-rasm.

Maksimal rejim:

2 ta transformator ishlab turgan paytda PK tomoniga 200 MVA uzatish mumkin, aslida 111 MVA kerak. O'K tomoniga $400-111=289$ MVA uzatish mumkin, aslida 62,5 MVA kerak. Demak, 2x200 MVA quvvat to'g'ri keladi, lekin ko'proq.

Avariya rejim(bitta avtotransformator o'chirilgan):

PK tomoniga 111 MVA uzatiladi, O'K tomoniga esa $200-111=89$ MVA uzatiladi, aslida $62,5 \cdot 0,7=43,7$ MVA kerak. Bitta transformator



5.3.4-rasm.

o‘chirilganda PK chulg‘am maksimal rejimda 11% ga yuklangan bo‘ladi. 50% ga moslashgan transformatorlarning PK cho‘lg‘ami I kategoriyali 111 MVA li yuklamani ta‘minlay olmaydigan ko‘rinadi, lekin yuklamaning barchasi I kategoriyali bo‘lmaydi, podstansiyalarda hamma vaqt II va III kategoriyalarga taalluqli bir necha % yuklamalar bo‘ladi.

Agar avtotransformatorni shunday usulda tanlash qoniqtirmasa, unda uchta ADTSTN-100000/220/110 avtotransformatorli variantni ham ko‘rib chiqish mumkin.

Maksimal rejim:

Yuklama 111 MVA ga teng, PK tomonida 150 MVA quvvat ta‘minlanishi mumkin. O‘K tomonida $300-111=189$ MVA quvvat ta‘minlanadi, yuklama esa 62,5 MVA.

Avariya rejim (bitta transformator o‘chirilgan)

PK tomonida 100 MVA, yuklama 111 MVA O‘K tomonida $200-111=89$ MVA, yuklama 43,7 MVA.

Ikkita variantni solishtirib, quyidagi xulosaga kelamiz: ishonchli ta‘minot nuqtayi nazaridan ikkalasi bir xil, shuning uchun ularni kapital xarajatlari bo‘yicha solishtiramiz([1] *adabiyotdan foydalanamiz*):

5.3.2-jadval

	VARIANTLAR	
	2ta transformatorli, ming shartli birlik	3ta transformatorli, ming shartli birlik
Avtotransformatorlar	$2 \times 276 = 552$	$3 \times 204 = 612$
220 kV li yacheykalar	$2 \times 100 = 200$	$3 \times 100 = 300$
110 kV li yacheykalar	$2 \times 40 = 80$	$3 \times 40 = 120$
10 kV li yacheykalar	$2 \times 3,2 = 6,4$	$3 \times 3,2 = 9,6$
JAMI:	838,4	1041,6

Texnik-iqtisodiy hisob 2 ta transformatorli variantning afzalligini ko‘rsatadi–farqi 24,4%.

5.3.4-jadval

Bitta transformator uchun:	Ikkita transformator uchun:
$R_{YUK} = 0,2 \text{ Om}$	$R_{YUK} = 0,2 \cdot 2 = 0,1 \text{ Om}$
$R_{O'K} = 0,2 \text{ Om}$	$R_{O'K} = 0,2 \cdot 2 = 0,1 \text{ Om}$
$R_{PK} = 1,15 \text{ Om}$	$R_{PK} = 1,15 \cdot 2 = 0,575 \text{ Om}$
$X_{YUK} = 30,4 \text{ Om}$	$X_{YUK} = 30,4 \cdot 2 = 15,2 \text{ Om}$
$X_{O'K} = 0$	$X_{O'K} = 0$
$X_{PK} = 54 \text{ Om}$	$X_{PK} = 54 \cdot 2 = 27 \text{ Om}$
$\Delta P_{po'l} = 125 \text{ kVt}$	$\Delta P_{po'l} = 125 \cdot 2 = 250 \text{ kVt} = 0,25 \text{ MVt}$

$\Delta Q_{po'l.} = 1000 \text{ kVAr}$	$\Delta Q_{po'l.} = 1000 \cdot 2 = 2000 \text{ kVAr} = 2 \text{ MVAr}$
--	--

Avtotransformatorning YUK tomonida kuchlanish 230 kV ga teng va qo'shimcha shoxobchalar yo'q, O'K tomonida esa shoxobchali RPN bor (4-ilova, 3-jadvalga qarang).

5.4. Radial variantning prinsipial sxemasini tuzish

Elektr ta'minotining kuchlanishi, simlarning kesim yuzasi, podstantsiyalardagi transformatorlar tanlangandan so'ng prinsipial sxema tuziladi. Sxemada quyidagi ma'lumotlar ko'rsatiladi: liniyalarning zanjirlar soni, simlarning markasi, liniyaning nomeri, uzunligi, podstantsiyalarning nomeri, yuklamalarning aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari, iste'molchilarning kategoriyalari, transformatorlarning soni va tiplari, YUK, O'K va PK chulg'amlarning kuchlanishlari, shinadagi kuchlanish.

Sxema bir chiziqli ko'rinishda chiziladi. PK chulg'amidagi yacheykalar soni podstantsiyaning quvvatiga qarab olinadi.

II va III kategoriyali oxirgi podstantsiyalarda "ko'priksimon" yoki o'chirgichlarsiz qisqa tutashtirgich va ajratkichlar yordamida qo'llaniladigan sxemalar tavsiya etiladi. Bu elektr ta'minot sxemalarining ishonchliligiga ta'sir ko'rsatmagan holda elektr qismlarga sarflanadigan kapital mablag'ni kamaytiradi. Misol tariqasida 5.2.§ va 5.3.§ da keltirilgan hisoblar uchun tuzilgan prinsipial sxema ko'rsatilgan(5-rasm).

5.5. Ekvivalent almashtiruv sxemasi

Qabul qilingan prinsipial sxemaga asosan ekvivalent almashtiruv sxemasi tuziladi. 5.2.§ va 5.3.§ da keltirilgan hisoblar natijasida sxemaning parametrlari ko'rsatilgan quyidagi jadval tuziladi:

5.5.1-jadval

Liniyalar uchun	Bitta zanjir uchun			
	R_{HL}, Om	X_{HL}, Om	Q_C, MVAr	$Q_C/2, \text{MVAr}$
HL-1	11,7	38,7	12,7	6,35
HL-2	7,8	24,06	2,25	1,125
HL-3	va h.k.			
Liniyalar uchun	Ikkita zanjir uchun			
	R_{HL}, Om	X_{HL}, Om	Q_C, MVAr	$Q_C/2, \text{MVAr}$
HL-1	5,85	19,35	25,4	12,7
HL-2	-	-	-	-
HL-3	va h.k.			

Podstansiyadagi transformatorlar uchun

5.5.2-jadval

P/st nomi	Aktiv qarshilik			Induktiv qarshilik			Po'latdagi isrof	
	$R_{YUK},$ Om	$R_{O'K},$ Om	$R_{PK},$ Om	$X_{YUK},$ Om	$X_{O'K},$ Om	$X_{PK},$ Om	$\Delta P_{po'l},$ kVt	$\Delta Q_{po'l},$ kVAr
P/st B 220 kV	0,2 0,1	0,2 0,1	1,15 0,575	30,4 15,2	0	54 27	125 250	1000 2000
P/st C 110 kV	1,44 0,72	- -	- -	34,8 17,4	- -	- -	42 84	280 560
P/st D va boshqa P/st uchun								

Eslatma: Jadvalda – sur'atda – bitta transformator uchun keltirilgan parametrlar, maxrajda – ikkita transformator uchun.

Ekvivalent almashtiruv sxemada elektr uzatuvchi liniyalar Π simon shaklda, transformatorlar esa Γ simon shaklda ko'rsatiladi. Transformatorlarning o'tkazuvchanliklari yoki o'zakdagi isrof har doim manba tomonida joylashadi, ya'ni pasaytiruvchi podstansiyalarda YUK tarafda, kuchaytiruvchi podstansiyalarda esa PK tarafda.

Ikkita parallel HL yoki podstansiyada ikkita transformator bo'lganida almashtiruv sxemada bitta element ko'rsatilib (Π *simon liniya uchun yoki* Γ *simon transformator uchun*) parametrlari ikkita parallel liniya yoki transformator uchun beriladi.

Ekvivalent sxema ishchi sxema bo'lib, hamma keyingi hisoblar unga qarab olib boriladi. Shuning uchun bu sxemani aniq, toza, katta va to'g'ri qilib chizib olish kerak. Hisoblarning natijalari ham shu sxemada o'z ifodasini topadi.

5.6. Radial tarmoqdagi quvvat isrofini nominal kuchlanish bo'yicha hisoblash

Elektr energiya elektr stansiyalardan iste'molchilarga uzatilayotganda tarmoqning har bir qismida quvvat va energiya isrofi yuzaga keladi. Bu isroflar uzatilayotgan energiyaning taxminan 10% ini tashkil qiladi. Isrofning asosiy qismi liniyalarda, kamrog'i transformatorlarda bo'ladi. Elektr hisoblarda tarmoqning har bir bo'limida aktiv va reaktiv quvvat isroflari aniqlanishi kerak:

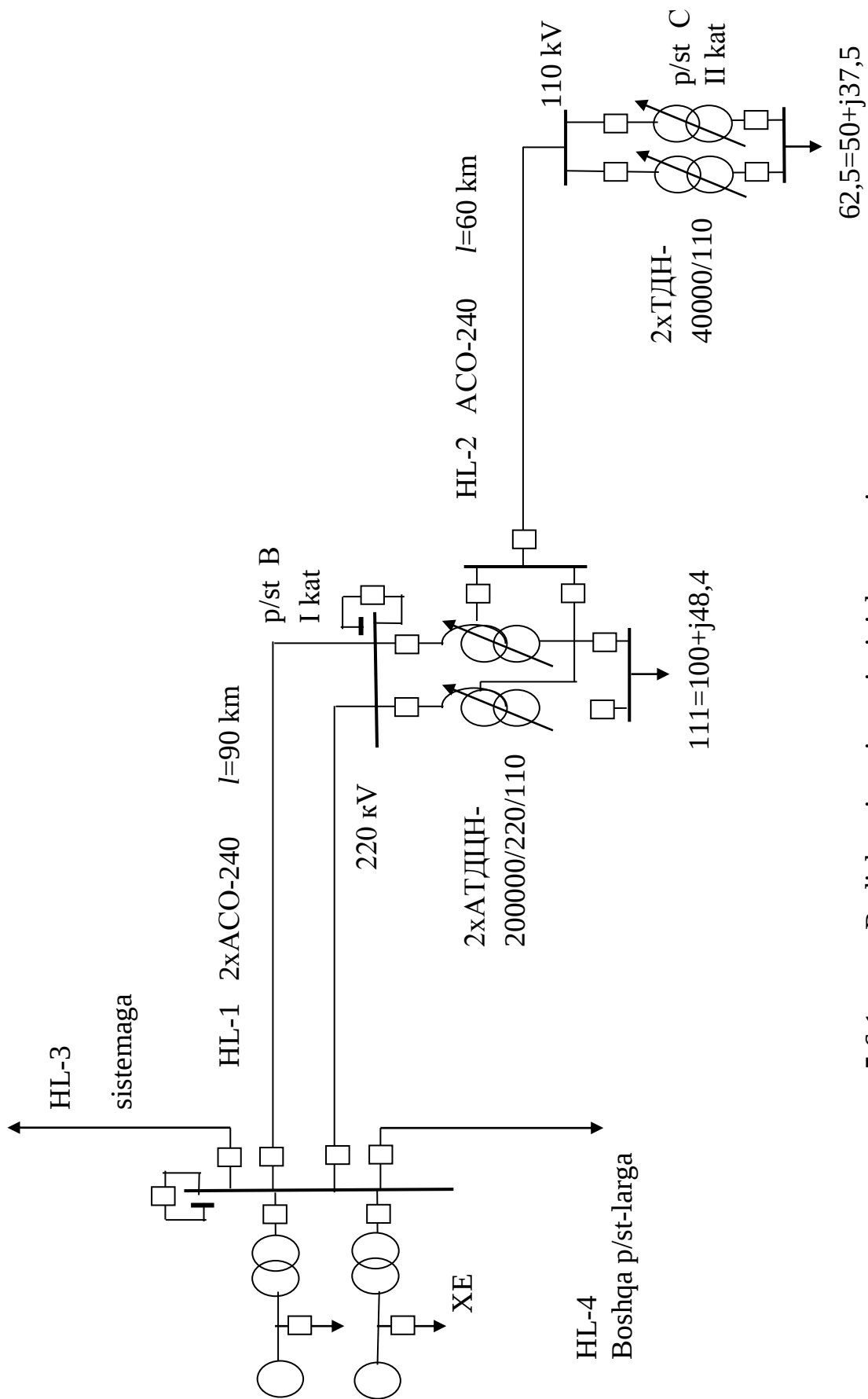
a) liniyadagi aktiv quvvat isrofi—bu simlarning qizishi bilan bog‘liq bo‘lgan kattalik, quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta P_{HL} = \frac{P_{HL}^2 + Q_{HL}^2}{U_n^2} \cdot R_{HL}, \text{ MVt};$$

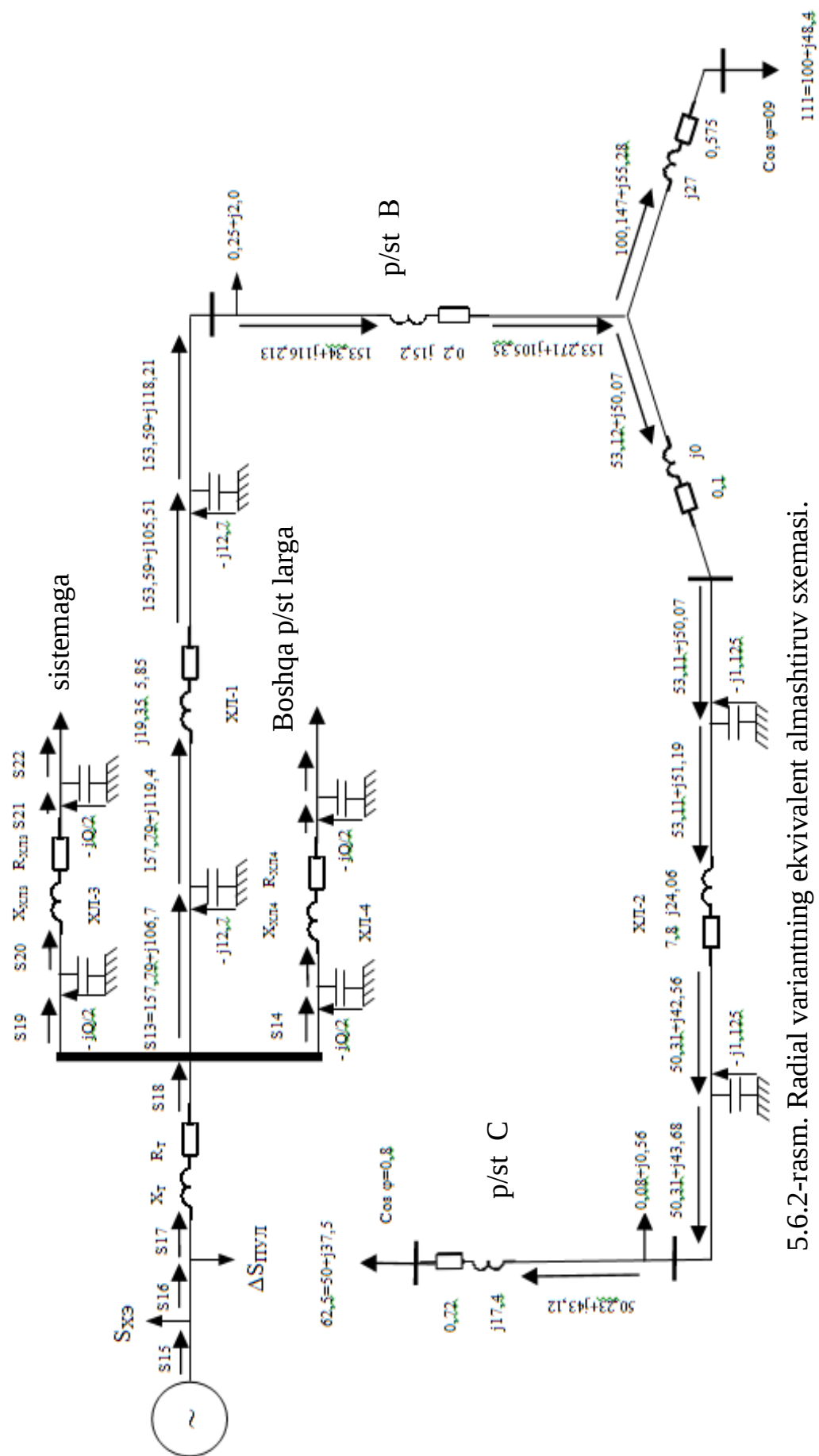
bu yerda, P_{HL} – liniyadan uzatilayotgan aktiv quvvat, MVt; Q_{HL} – liniyadan uzatilayotgan reaktiv quvvat, MVar; U_N – liniyaning nominal kuchlanishi, kV; R_{HL} – liniyaning aktiv qarshiligi, Om.

b) liniyadagi reaktiv quvvat isrofi – bu simning atrofida va ichida elektromagnit maydon hosil bo‘lishi bilan bog‘liq:

$$\Delta Q_{HL} = \frac{P_{HL}^2 + Q_{HL}^2}{U_N^2} \cdot X_{HL}, \text{ MVar};$$



5.6.1-rasm. Radial varianting prinsipial sxemasi.



5.6.2-rasm. Radial variantning ekvivalent almashiruv sxemasi.

v) ikki chulgʻamli transformatorlardagi aktiv quvvat isrofi:

$$\Delta P_T = \frac{P_T^2 + Q_T^2}{U_H^2} \cdot R_T + \Delta P_{po'l.}, \text{ MVt};$$

bu yerda, P_T va Q_T – transformatorning chulgʻamlaridan oʻtayotgan aktiv va reaktiv quvvatlar, MVt va MVar larda; U_N – transformatorning YUK tarafidagi nominal kuchlanish, kV; R_T – transformatorning aktiv qarshiligi, Om; $\Delta P_{po'l.}$ – transformatorning poʻlat oʻzagidagi aktiv quvvat isrofi, MVt, 3-ildovadagi 2,3 - jadvallardan olinadi.

g) ikki chulgʻamli transformatorlardagi reaktiv quvvat isrofi:

$$\Delta Q_T = \frac{P_T^2 + Q_T^2}{U_N^2} \cdot X_T + \Delta Q_{po'l.}, \text{ MVar};$$

bu yerda, X_T – transformatorning reaktiv qarshiligi, Om; $\Delta Q_{po'l.}$ – transformatorning poʻlat oʻzagidagi reaktiv quvvat isrofi, MVar, 3-ildovadagi 2, 3- jadvallardan olinadi.

d) uch chulgʻamli transformatorlar va avtotransformatorlardagi quvvat isrofi uch nurli almashtiruv sxema boʻyicha quyidagi formula orqali aniqlanadi: $\Delta S_T = \Delta P_T + j\Delta Q_T$, MVA;

Aktiv isrof: $\Delta P_T = \Delta P_{YUK} + \Delta P_{O'K} + \Delta P_{PK} + \Delta P_{po'l.}, \text{ MVt};$

Reaktiv isrof: $\Delta Q_T = \Delta Q_{YUK} + \Delta Q_{O'K} + \Delta Q_{PK} + \Delta Q_{po'l.}, \text{ MVar};$

bu yerda,

$$\Delta P_{YUK} = \frac{\Delta P_{YUKL}^2 + Q_{YUK}^2}{U_n^2} \cdot R_{YUK} - \text{YUK chulgʻamdagi aktiv quvvat isrofi, MVt};$$

$$\Delta P_{O'K} = \frac{\Delta P_{O'K}^2 + Q_{O'K}^2}{U_n^2} \cdot R_{O'K} - \text{O'K chulgʻamdagi aktiv quvvat isrofi, MVt};$$

$$\Delta P_{PK} = \frac{\Delta P_{PK}^2 + Q_{PK}^2}{U_n^2} \cdot R_{PK} - \text{PK chulgʻamdagi aktiv quvvat isrofi, MVt};$$

$R_{YUK}, R_{O'K}, R_{PK}$ – transformator YUK, OʻK, PK chulgʻamlarining aktiv qarshiliklari, Om; U_N – YUK chulgʻamdagi nominal kuchlanish, kV.

Xuddi shu tartibda ΔQ_T ni topish uchun ΔQ_{YUK} , $\Delta Q_{O'K}$, ΔQ_{PK} lar aniqlanadi. $\Delta P_{po'l.}$ va $\Delta Q_{po'l.}$ miqdorlar 3-ildovadagi 4,5-jadvallardan olinadi.

5.2.§ boshlangan misolni davom ettirib, 5.5.§(2-rasm) almashtiruv sxemasini toʻldiramiz.

1. “C” podstansiyaning transformatorlaridagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_T = \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_n^2} \cdot R_T = \frac{50^2 + 37,5^2}{110^2} \cdot 0,72 = 0,23, \text{ MVt};$$

$$\Delta Q_T = \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_n^2} \cdot X_T = \frac{50^2 + 37,5^2}{110^2} \cdot 17,4 = 5,62, \text{ MVAr.}$$

2. Quvvat:

$$S_1 = S_C + \Delta S_T = (50 + j37,5) + (0,23 + j5,62) = 50,23 + j43,12, \text{ MVA}$$

3. Po‘latdagi isrofni hisobga olgan holda:

$$S_2 = S_1 + \Delta S_{pol} = (50,23 + j43,12) + (0,084 + j0,56) = 50,314 + j43,68 \text{ MVA}$$

4. HL-2 liniyaning oxirida hosil bo‘lgan zaryad quvvatini hisobga olamiz:

$$S_3 = S_2 + \frac{Q_C}{2} = (50,314 + j43,68) - j1,125 = 50,314 + j42,555, \text{ MVA}$$

5. HL-2 dagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{HL-2} = \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U_n^2} \cdot R_{HL-2} = \frac{50,314^2 + 42,555^2}{110^2} \cdot 7,8 = 2,799 \text{ MVt};$$

$$\Delta Q_{HL-2} = \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U_n^2} \cdot X_{HL-2} = \frac{50,314^2 + 42,555^2}{110^2} \cdot 24,06 = 8,635 \text{ MVAr.}$$

6. Quvvat:

$$S_4 = S_3 + \Delta S_{HL-2} = (50,314 + j42,555) + (2,799 + j8,635) = 53,113 + j51,19, \text{ MVA.}$$

7. HL-2 liniyaning boshida generatsiya qilinayotgan quvvatni hisobga olamiz:

$$S_5 = S_4 + \frac{Q_C}{2} = (53,113 + j51,19) - j1,125 = 53,113 + j50,065, \text{ MVA.}$$

8. “B” podstansiya avtotransformatorining O‘K chulg‘amidagi quvvat isrofi (*faqat aktiv quvvat isrofini topish uchun, chunki $X_{O'K}=0$*):

$$\Delta S_{OK} = \Delta P_{OK} = \frac{P_5^2 + Q_5^2}{U_n^2} \cdot R_{OK} = \frac{53,113^2 + 50,065^2}{220^2} \cdot 0,1 = 0,011, \text{ MVt}$$

9. Quvvatni aniqlaymiz:

$$S_6 = S_5 + \Delta S_{SN} = (53,113 + j50,065) + 0,011 = 53,124 + j50,065 \text{ MVA}$$

10. “B” podstansiya avtotransformatorining PK chulg‘amidagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{PK} = \frac{P_B^2 + Q_B^2}{U_N^2} \cdot R_{PK} = \frac{100^2 + 48,4^2}{220^2} \cdot 0,575 = 0,147 \text{ MVt}$$

$$\Delta Q_{PK} = \frac{P_B^2 + Q_B^2}{U_N^2} \cdot X_{PK} = \frac{100^2 + 48,4^2}{220^2} \cdot 27,0 = 6,885 \text{ MVAr}$$

11. Quvvat:

$$S_7 = S_8 + \Delta S_{IKK} = (100 + j48,4) + (0,147 + j6,885) = 100,147 + j55,285 \text{ MVA}$$

12. S_8 quvvatni Kirxgofning birinchi qonuniga asosan topamiz:

$$S_8 = S_6 + S_7 = (53,124 + j50,065) + (100,147 + j55,285) = 153,271 + j105,35 \text{ MVA}$$

13. “B” podstantsiya avtotransformatori YUK chulgʻamidagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{YUK} = \frac{P_8^2 + Q_8^2}{U_N^2} \cdot R_{YUK} = \frac{153,271^2 + 105,35^2}{220^2} \cdot 0,1 = 0,072 \text{ MVt}$$

$$\Delta Q_{YUK} = \frac{P_8^2 + Q_8^2}{U_n^2} \cdot X_{YUK} = \frac{153,271^2 + 105,35^2}{220^2} \cdot 15,2 = 10,863 \text{ MVAr}$$

14. Quvvat:

$$S_9 = S_8 + \Delta S_{YUK} = (153,271 + j105,35) + (0,072 + j10,863) = 153,343 + j116,213 \text{ MVA}$$

15. Transformatorning poʻlat qismidagi isrofni hisobga olamiz:

$$S_{10} = S_9 + \Delta S_{pol} = (153,343 + j116,213) + (0,25 + j2,0) = 153,593 + j118,213 \text{ MVA}$$

16. HL-1 ning oxirida yuzaga kelgan zaryad quvvatini hisobga olgan holda:

$$S_{11} = S_{10} + \frac{Q_c}{2} = (153,593 + j118,213) - j12,7 = 153,593 + j105,513 \text{ MVA}$$

17. HL-1dagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{HL-1} = \frac{P_{11}^2 + Q_{11}^2}{U_N^2} \cdot R_{HL-1} = \frac{153,593^2 + 105,513^2}{220^2} \cdot 5,85 = 4,197 \text{ MVt}$$

$$\Delta Q_{HL-1} = \frac{P_{11}^2 + Q_{11}^2}{U_N^2} \cdot X_{HL-1} = \frac{153,593^2 + 105,513^2}{220^2} \cdot 19,35 = 13,882 \text{ MVAr}$$

18. Quvvat:

$$S_{12} = S_{11} + \Delta S_{HL-1} = (153,593 + j105,513) + (4,197 + j13,882) = 157,79 + j119,395 \text{ MVA}$$

19. HL-1 ning boshida yuzaga kelgan zaryad quvvatini hisobga olgan holda:

$$S_{13} = S_{12} + \frac{Q_c}{2} = (157,79 + j119,395) - j12,7 = 157,79 + j106,695 \text{ MVA}$$

20. Xuddi shunday hisob radial tarmoqning boshqa shoxobchasi uchun oxirgi podstantsiyadan boshlab HL-4 ning boshidagi quvvatni topguncha olib boriladi(yaʼni, S_{14}).

21. Almashtiruv sxemasiga IES ning generatorlari ishlab chiqarayotgan quvvatni joylashtiramiz, yaʼni S_{15} ni, keyin undan oʻz ehtiyoji uchun kerakli quvvatni ayiramiz:

$$S_{16} = S_{15} - S_{XE}$$

22. Transformatorning poʻlat qismidagi isrofni hisobga olgan holda:

$$S_{17} = S_{16} - \Delta S_{pol}$$

23. IESdagi ko‘taruvchi transformatorlarning chulg‘amlaridagi quvvat isrofini aniqlaymiz:

$$\Delta P_T = \frac{P_{17}^2 + Q_{17}^2}{U_n^2} \cdot R_T; \quad \Delta Q_T = \frac{P_{17}^2 + Q_{17}^2}{U_n^2} \cdot X_T; \quad \Delta S_T = \Delta P_T + j\Delta Q_T$$

24. IESdagi podstantsiyaning YUK tomonidagi quvvat: $S_{18} = S_{17} - \Delta S_T$

25. Sistema bilan bog‘lovchi HL-3 dagi quvvatning yo‘nalishi va miqdori Kirxgofning birinchi qonuniga asosan topiladi, ya’ni S_{19} :

$$S_{18} = S_{13} + S_{14} + \dots + S_n \pm S_{19}.$$

26. Sistema bilan bog‘lovchi liniyadagi quvvat isrofini topish, ya’ni S_{20} , S_{21} , S_{22} ning hisobi xuddi boshqa har qanday liniyaga o‘xshab quvvat yo‘nalishini hisobga olgan holda aniqlanadi.

27. Sistema bilan bog‘lovchi quvvat koeffitsiyenti:

$$\cos \varphi_{o'rt} = \frac{P_{22}}{S_{22}} = \frac{P_{22}}{\sqrt{P_{22}^2 + Q_{22}^2}}$$

Agar bu koeffitsiyent 0.97–1,0 dan kichik bo‘lsa sxemada kompensatsiya qiluvchi uskunalar ishlatiladi, ularning quvvati va joyi 7.3.b.§ ga qarab topiladi.

28. Kompensatsiyalovchi uskunalarining quvvati va joyi aniqlangandan keyin radial variant boshqatdan hisoblanadi va yangi quvvat taqsimoti almashtiruv sxemasida ko‘rsatiladi va shundan keyin 29-bandiga o‘tiladi.

29. Uzatishning FIK ni aniqlaymiz: $\eta = \frac{P_B + P_C + \dots + P}{P_\Sigma} \cdot 100\%$

30. Hamma hisoblangan quvvat oqimlari S_1 dan S_n gacha 5.5.§ 2-rasmda ko‘rsatilganidek almashtiruv sxemasiga joylashtirilishi kerak.

5.7. Liniya va transformatorlardagi yillik energiya isrofini aniqlash

Energiyani uzatish jarayonida liniya va transformatorlarda isrof hosil bo‘ladi:

a) Liniyadagi energiya isrofining yillik qiymati ΔW_{HL} quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta W_{HL} = \frac{S_{\max}^2}{U_n^2} \cdot R_{HL} \cdot \tau_{HL} = \frac{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}{U_n^2} \cdot R_{HL} \cdot \tau_{HL} = \Delta P_{HL} \cdot \tau_{HL} \quad \text{MVt} \cdot \text{s}$$

bu yerda, $P_{\max}$ —liniyadan o‘tayotgan maksimal aktiv quvvat, MVt;

$Q_{\max}$ —liniyadan o‘tayotgan reaktiv quvvat, MVAr;

R_{HL} — liniyaning aktiv qarshiligi, Om.

τ_{HL} — maksimal isrof vaqti, soat;

T va $\cos\varphi$ orqali 2-ilovaning 4-jadvalidan topiladi.

U_n – liniyadagi nominal kuchlanish, kV.

b) Ikki chulg‘amli transformatoridagi energiya isrofi:

$$\Delta W_T = \Delta W_{p/st} = \Delta P_T \cdot \tau_T + \Delta P_{po'l} \cdot t$$

bu yerda, $t=8760$ soat.

v) Uch chulg‘amli transformator va avtotransformatorlardagi energiya isrofi:

$\Delta W_T = \Delta P_{YUK} \cdot \tau_{YUK} + \Delta P_{O'K} \cdot \tau_{O'K} + \Delta P_{PK} + \tau_{PK} + \Delta P_{po'l} \cdot t$ bu yerda, $\tau_{O'K}$ va τ_{PK} – chulg‘amlardagi yuklamlarning “T” va $\cos\varphi$ siga bog‘liq holda 2-ilovadagi 4-jadvaldan topiladi.

τ_{UK} – “ $T_{O'K}$ ” va “ T_{PK} ” orqali aniqlangan $T_{o'rt}$ bo‘yicha yuqoridagi jadvaldan topiladi.

$$T_{o'rt} = T_{YUK} = \frac{P_{PK} \cdot T_{PK} + P_{O'K} \cdot T_{O'K}}{P_{PK} + P_{O'K}}, \text{ soat}$$

g) Elektr tarmoqdagi yillik energiya isrofining yig‘indisi foiz hisobida:

$$\Delta W_{\%} = \frac{\Delta W_{\Sigma}}{W_{IES}} \cdot 100\%$$

bu yerda, $\Delta W_{\Sigma} = \Delta W_{p/st} + \Delta W_{HL}$

W_{IES} – stansiyaning maksimal quvvati S_{max} va $T=5000$ soatga bog‘liq ishlab chiqarilgan energiyasi.

Bu hisoblarni yuqoridagi misollarda ko‘rib chiqamiz:

Berilgan: $T_B=4000$ soat va $T_C=4500$ soat berilgan bo‘lib, $T_{IES}=5000$ soat deb qabul qilinadi. $T_{HL-2}=4500$ soat, $T_{XL-1}=4167$ soat, IES ni sistema bilan bog‘lovchi liniya uchun $T=5000$ soat deb qabul qilamiz.

Hisob oxirgi podstansiyadan boshlab quyidagicha olib boriladi:

1. “C” p/st dagi isrof:

$$\begin{aligned} \Delta W_T &= \Delta W_{p/st} = \Delta P_T \cdot \tau_T + \Delta P_{po'l} \cdot t = \\ &0,23 \cdot 3100 + 0,084 \cdot 8760 = \\ &= 713 + 735 = 1448 \cdot 10^3 \text{ kVt} \cdot \text{soat} \end{aligned}$$

2. “B” p/st dagi isrof:

Bu podstansiyada uch chulg‘amli transformator o‘rnatilgan, shuning uchun τ har bir chulg‘amda aniqlanadi:

a) PK tomonda $T_B=4000$ soat

$$\cos \varphi_{PK} = \frac{P_{PK}}{S_{PK}} = \frac{100}{111} = 0,9; \quad \tau_{PK} = \tau_V = 2350 \text{ soat}$$

b) O‘K tomonda: $T_{HL-2}=4500$ s

$$\cos \varphi_{O'K} = \frac{P_5}{S_5} = \frac{53,113}{\sqrt{53,113^2 + 50,065^2}} = 0,728; \quad \tau_{O'K} = 3298 \text{ soat}$$

v) YUK tomonida $T_{HL-1} = 4167 \text{ soat}$

$$\cos \varphi_{YUK} = \frac{P_8}{S_8} = \frac{153,271}{\sqrt{153,271^2 + 105,35^2}} = 0,824; \quad \tau_{YUK} = 2754 \text{ soat}$$

$$\Delta W_B = \Delta P_{YUK} \cdot \tau_{YUK} + \Delta P_{O'K} \cdot \tau_{O'K} + \Delta P_{PK} \cdot \tau_{PK} + \Delta P_{pol} \cdot t =$$

$$\begin{aligned} \text{g)} \quad &= 0,072 \cdot 2754 + 0,011 \cdot 3298 + 0,147 \cdot 2350 + 0,25 \cdot 8760 = 2770 \text{ MVt} \cdot \text{s} = \\ &= 2700 \cdot 10^3 \text{ kVt} \cdot \text{s} \end{aligned}$$

Shu tartibda hamma qolgan podstansiyalarda energiya isrofi aniqlanadi.

$$\Delta W_{p/st} = \Delta W_A + \Delta W_B + \dots + \Delta W_n$$

HL-1 dagi energiya isrofi:

$$T_{HL-1} = T_{o'rt} = 4167 \text{ soat}$$

$$\cos \varphi_{HL-1} = \frac{P_{11}}{S_{11}} = \frac{153,593}{\sqrt{153,593^2 + 105,513^2}} = 0,824; \quad \tau_{HL-1} = 2754 \text{ soat}$$

$$\Delta W_{HL} = \Delta P_{HL-1} \cdot \tau_{HL-1} = 4,197 \cdot 2754 = 11558,5 \text{ MVt} \cdot \text{s} = 11558,5 \cdot 10^3 \text{ kVt} \cdot \text{s}$$

Xuddi shu tarzda qolgan hamma liniyalarda energiya isrofi topiladi.

Sistema liniyalaridagi energiya isrofi yig'indisi:

$$\Delta W_{HL} = \Delta W_{HL-1} + \Delta W_{HL-2} + \dots + \Delta W_n$$

Radial variant uchun energiya isrofining to'liq qiymati:

$$\Delta W_{\Sigma} = \Delta W_{p/st} + \Delta W_{HL}$$

$$\text{Foizdagi qiymati: } \Delta W_{\%} = \frac{\Delta W_{\Sigma}}{\Delta W_{IES}} \cdot 100\%$$

6. BERK ZANJIRLI VARIANTNING ELEKTR HISOBI

6.1. Berk zanjirli tarmoqning kuchlanishini aniqlash

4-bobdagi ko'rsatmalarga tayangan holda berk zanjirli variantning kuchlanishini podstansiyalarning quvvatlari va havo liniyalarining uzunligiga qarab tanlanadi.

6.2. Podstansiyalardagi transformatorlarni tanlash va ularning parametrlarini aniqlash

Podstansiyalardagi transformatorlarning soni va quvvatini aniqlash prinsipi 5.3.§.da ko'rsatilgandek iste'molchilarning kategoriyasi va quvvatiga bog'liq.

6.3. Hisobiy yuklamani aniqlash

Kurs loyihasi o'quv-mashq maqsadida bajarilayotgani uchun berk zanjirli tarmoq sifatida berilgan tumanning halqasimon variantini ko'rib chiqishni tavsiya etamiz.

Halqasimon variant 2 tarafdin ta'minlanadigan liniya ko'rinishiga keltirilib hisoblanadi. Bunday tarmoqlarda hisoblash natijasida bo'lish nuqtasi aniqlanib, shu nuqtada tarmoq ikkita alohida radial liniyalarga ajratiladi. Bunday liniyalarda hisoblash 5.2.-5.7.§ da ko'rsatilganidek bajariladi.

Halqasimon variantni hisoblashni boshlashdan oldin shuni esdan chiqarmaslik kerakki, halqada haqiqiy quvvat taqsimotini topish uchun iste'molchilarning quvvatini va liniyaning parametrlarini bilish kerak. Havo liniyalarining kesim yuzasi va boshqa parametrlarini aniqlash uchun esa halqadagi hamma liniyalarda quvvat oqimini aniqlash kerak.

Shuning uchun halqasimon variantni hisoblashdan oldin bir qator ehtimoldan uzoq bo'lmagan chekinishlar ishlatiladi:

Manbalarning kuchlanishlari bir xil va faza bo'yicha bir-biriga mos.

Kuchlanish liniya bo'ylab bir xil, ya'ni kuchlanish yo'qotilishi nazarga olinmaydi.

Halqa bo'ylab quvvat oqimini hisoblashda yuklamalarning quvvati transformatorning YUK tomoniga keltirilib hisoblanadi.

Masalan, agar halqaga "B" podstantsiya ulangan bo'lsa, undan O'K da HL-2 bo'yicha "C" podstantsiya ta'minlangan bo'lsa, hisob-kitob vaqtida "B" nuqtada umumiy hisobiy quvvat olinadi.

$S_{10}=153,593+j118,213 \text{ MVA}$ (5.6.§.dagi almashtiruv sxemasiga qarang).

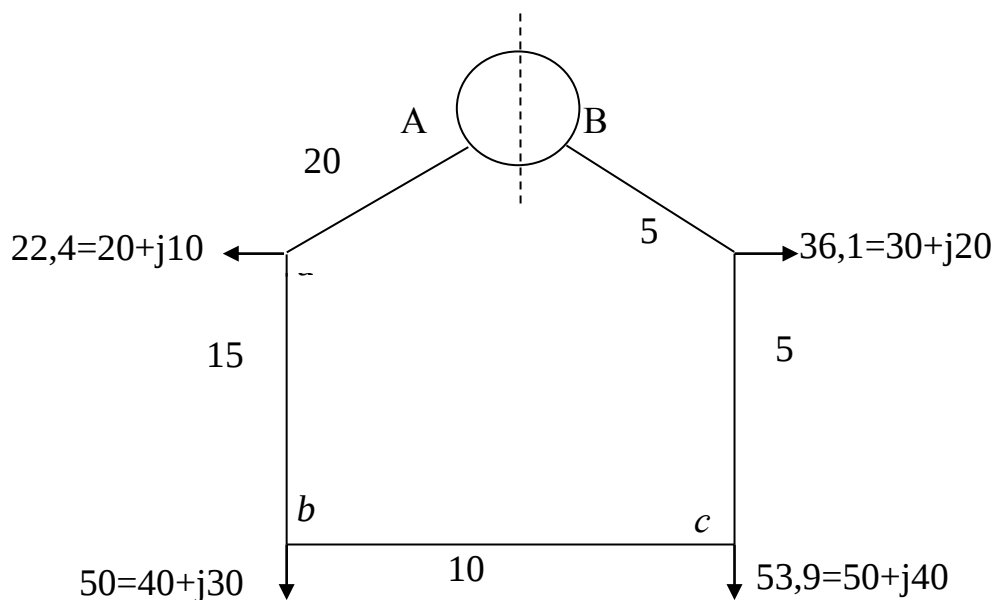
Halqada quvvat taqsimoti liniyalardagi quvvat isrofini hisobga olmagan holda aniqlanadi.

Agar halqada o'zgarmas grafik bilan ishlovchi bazisli stansiya bo'lsa, unda stansiyaning quvvati manfiy yuklama qilib olinadi, ya'ni P_g+jQ_g ning o'rniga $-(P_g+jQ_g)$ deb olinadi. Keyingi hisoblarda yuklama sifatida ko'riladi.

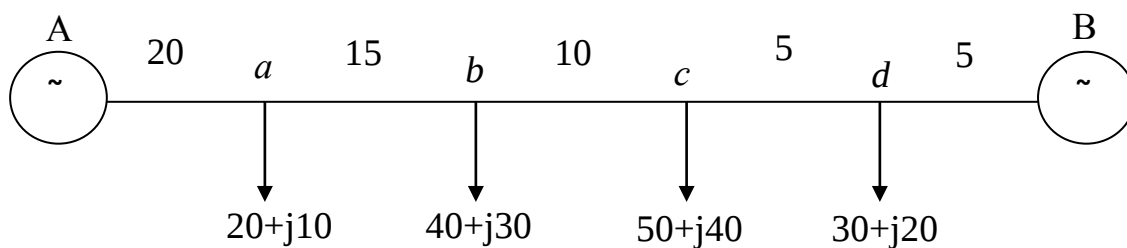
6.4. Berk zanjirli variantda dastlabki quvvat taqsimoti

Oddiy berk zanjirli tarmoqlarda hisob olib borishni tushuntirish uchun quyidagi misolni ko'rib chiqamiz.

6.4.1-rasmdagi sxemani ko'rib chiqib yuklamalar qaysi tomondan



6.4.1-rasm.



6.4.2-rasm.

ta'minlanishini aniqlab bo'lmaydi (*masalan*, "b" nuqta).

Dastlabki quvvat taqsimotini aniqlash uchun manba ikkiga bo'linadi. Ta'minlovchi manbani "A" nuqtada bo'lib, bir-biriga teng kuchlanishli "A" va "B"(6.4.2–rasm) manbalardan ta'minlanuvchi tarmoq hosil qilinadi. $U_A=U_B$.

Hamma liniyalarni bir xil kesim yuzali deb hisoblaymiz, ya'ni $r_0=\text{const}$, $x_0=\text{const}$.

Manbadan chiquvchi quvvat ikki tomondan ta'minlanuvchi liniyalardagi quvvat oqimini hisoblash qoidasiga binoan quyidagi formula orqali topiladi:

$$S_A = \frac{\sum S_i l_i}{\sum l_i}; \quad S_B = \frac{\sum S_i l'_i}{\sum l_i}$$

$$\begin{aligned} S_A &= \frac{(20 + j10)(15 + 10 + 5 + 5) + (40 + j30)(10 + 5 + 5) + (50 + j40)(5 + 5) + (30 + j20)5}{20 + 15 + 10 + 5 + 5} = \\ &= \frac{(700 + j350) + (800 + j600) + (500 + j400) + (150 + j100)}{55} = \frac{2150 + j1450}{55} = \\ &= 39,09 + j26,36 \text{ MBA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_B &= \frac{(30 + j20)(5 + 10 + 15 + 20) + (50 + j40)(10 + 15 + 20) + (40 + j30)(15 + 20) + (20 + j10)20}{20 + 15 + 10 + 5 + 5} = \\ &= \frac{(1500 + j1000) + (2250 + j1800) + (1400 + j1050) + (400 + j200)}{55} = \frac{5550 + j4050}{55} = \\ &= 100,91 + j73,64 \text{ MBA} \end{aligned}$$

Xatolarga yo‘l qo‘ymaslik uchun tekshiruv o‘tkazish kerak:
 $S_A + S_B = S_a + S_b + S_c + S_d = (39,09 + j26,36) + (100,91 + j73,64) = (20 + j10) + (40 + j30) + (50 + j40) + (30 + j20) = 140 + j100$. Demak, hisobimiz to‘g‘ri.

Har bir manbadan chiqayotgan quvvatni aniqlab olib, liniyalardan oqayotgan quvvatni Kirxgofning birinchi qonuni bo‘yicha topish mumkin:

$$S_{A-a} = 39,09 + j26,36, \text{ MVA};$$

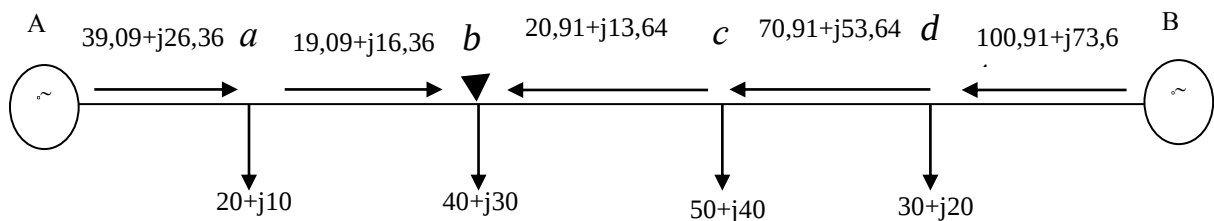
$$S_{a-b} = S_{A-a} - S_a = (39,09 + j26,36) - (20 + j10) = (19,09 + j16,36), \text{ MVA};$$

$$S_{b-c} = S_{a-b} - S_b = (19,09 + j16,36) - (40 + j30) = -(20,91 + j13,64), \text{ MVA};$$

$$S_{c-d} = S_{b-c} - S_c = -(20,91 + j13,64) - (50 + j40) = -(70,91 + j33,64), \text{ MVA};$$

$$S_{B-d} = S_{c-d} - S_d = -(70,91 + j33,64) - (30 + j20) = -(100,91 + j53,64), \text{ MVA}.$$

“A” manbadan chiqayotgan quvvat yo‘nalishini musbat deb, “B” dan chiqayotganini manfiy deb hisoblasak, 5-rasmda ko‘rsatilgan taqsimot hosil bo‘ladi.



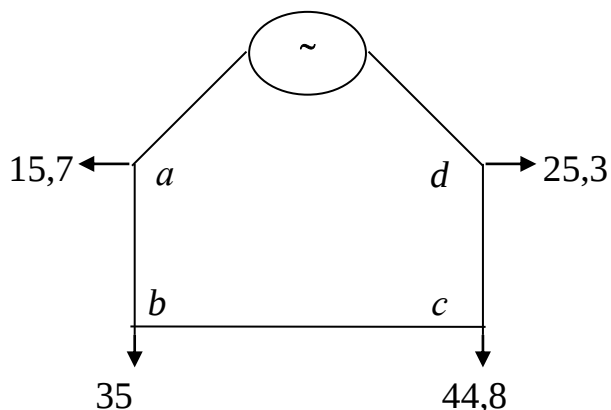
6.4.3-rasm.

“b” nuqtaga quvvat ikki tarafdin oqib kelishi ko‘rinib turibdi. Bu nuqta «bo‘lish nuqta» sidir.

Liniyalardan oqayotgan quvvatlar va halqadagi kuchlanish aniq bo‘lsa, har bir liniyaning kesim yuzasini aniqlash mumkin.

Halqa uchun $T_m=5000$ soat va $j_{iq.zich.}=1,4$ A/mm².

A-a uchastka uchun:



6.4.5-rasm

$$I_{A-a} = \frac{\sqrt{P_{A-a}^2 + Q_{A-a}^2}}{\sqrt{3}U_{nom}} = \frac{\sqrt{39,09^2 + 26,36^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 247,5 \text{ A.}$$

A-a liniyaning kesim yuzasi:

$$F_{A-a} = \frac{I_{A-a}}{j_9} = \frac{247,5}{1,4} = 176,8 \text{ mm}^2$$

2-ilovadagi 2-jadvaldan AC-185 markali sim tanlaymiz. Shu yo‘l bilan barcha liniyalarning kesim yuzalari tanlanadi. Tanlangan

simlar avariya holatiga tekshirilishi kerak, ya’ni halqadagi har qaysi liniyani o‘chirib turib quvvat taqsimoti aniqlanadi. Kelib chiqqan yangi quvvat taqsimoti jadvalda keltirilgan:

6.4.1-jadval

O‘chirilgan liniya	Liniyadagi quvvatlar (MVA)				
	HL _{A-a}	HL _{a-b}	HL _{b-c}	HL _{c-d}	HL _{B-d}
HL _{A-a}	-	15,7	50,7	95,5	120,8
HL _{a-b}	15,7	-	35	79,8	105,1
HL _{b-c}	50,7	35	-	44,8	70,1
HL _{c-d}	95,5	79,8	44,8	-	25,3
HL _{B-d}	120,8	105,1	70,1	25,3	-

Jadval rasmda keltirilgan avariya dan keyingi holat uchun tuzilgan. Avariya dan keyingi holatda yuklamalar 70% ga kamaytirilishi mumkin.

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, tanlangan simlarning kesim yuzalari uzoq muddatli ruxsat etilgan toklarga tekshirilishi kerak(2-ilovadagi 1-jadvalga qarang).

Ko‘rilayotgan misolda quyidagi maksimal quvvatlarga:

HL_{A-a} – 120,8 MVA quvvatga;

HL_{a-b} – 105,1 MVA quvvatga;

$HL_{b-c} - 70,1$ MVA quvvatga;
 $HL_{c-d} - 95,5$ MVA quvvatga;
 $HL_{d-B} - 120,8$ MVA quvvatga.

Misol tariqasida HL_{A-a} ni tekshirib ko‘ramiz.

2-ilovadagi 3-jadvaldan AC-185 uchun $S_{rux}=103$ MVA ($U_n=110$ kV), bu haqiqiy quvvat 120,8 MVA dan kam. Keyingi standart sim AC-240, $S_{rux}=122$ MVA lini tanlaymiz. Shu usulda halqadagi hamma simlar qizish shartiga tekshirilib chiqiladi. Shundan so‘ng haqiqiy sim markalari tanlanib, liniyaning parametrlari hisoblanadi. (5.2.§ qarang). Simlarning markalarini va parametrlarini tanlash natijalari quyidagi jadvalda ko‘rsatilgan:

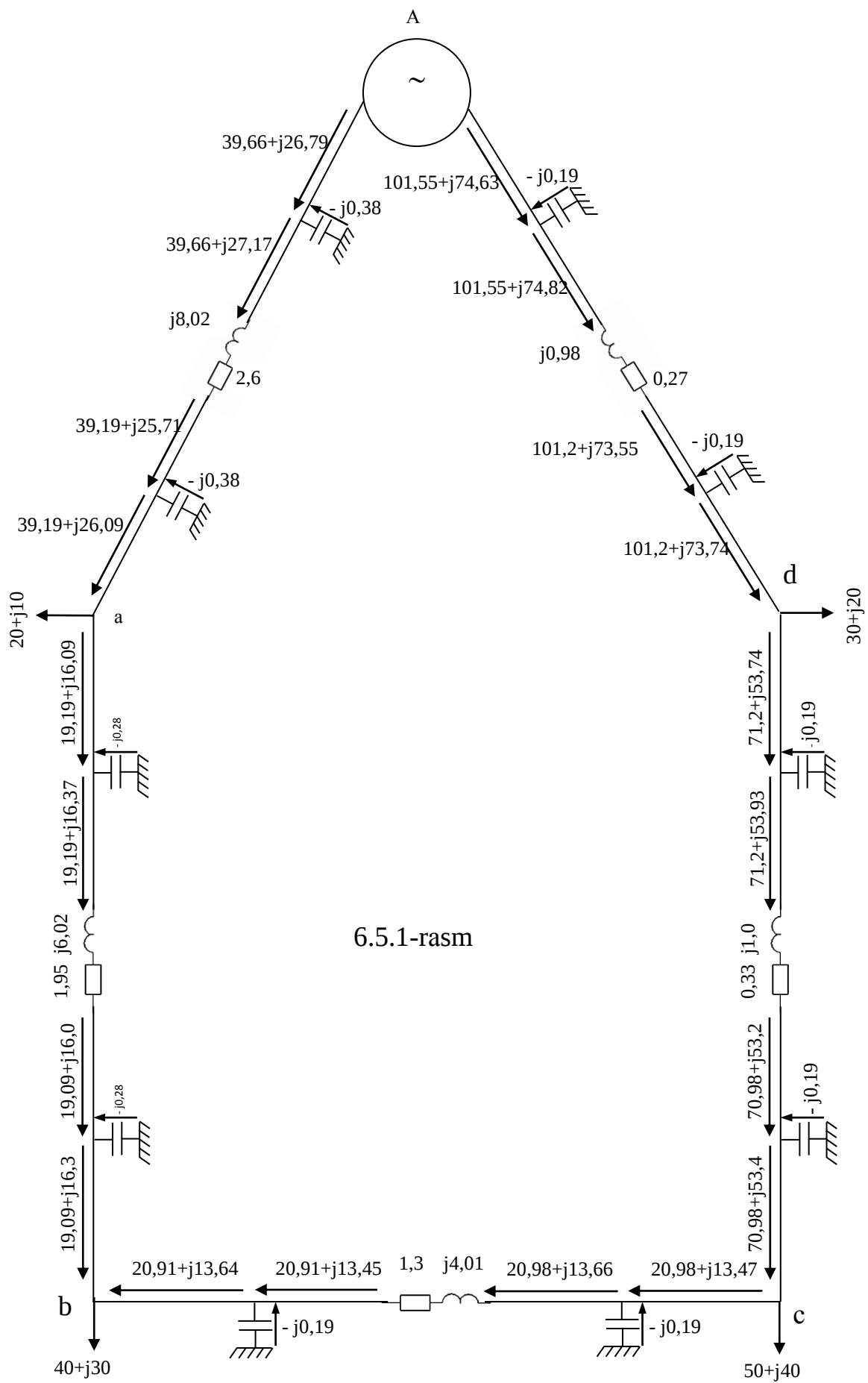
6.4.2-jadval

Liniyaning nomi	Simning markasi	R	X	Q_c	$Q_c/2$
		Om	Om	MVAr	MVAr
HL_{A-a}	ACO-240	2,6	8,02	0,75	0,38
HL_{a-b}	ACO-240	1,95	6,02	0,56	0,28
HL_{b-c}	ACO-240	1,3	4,01	0,38	0,19
HL_{c-d}	2xACO-240	0,33	1,0	0,38	0,19
HL_{d-B}	2xACO-300	0,27	0,98	0,39	0,19

6.5. Haqiqiy quvvat taqsimotini aniqlash va halqadagi quvvat isrofini nominal kuchlanish bo‘yicha hisoblash

Quvvat taqsimotini aniq hisobi liniyalar bo‘yicha quvvat isrofini va generatsiya qilinayotgan reaktiv quvvatni hisobga olish yo‘li bilan bajariladi(6.5.1-rasm).

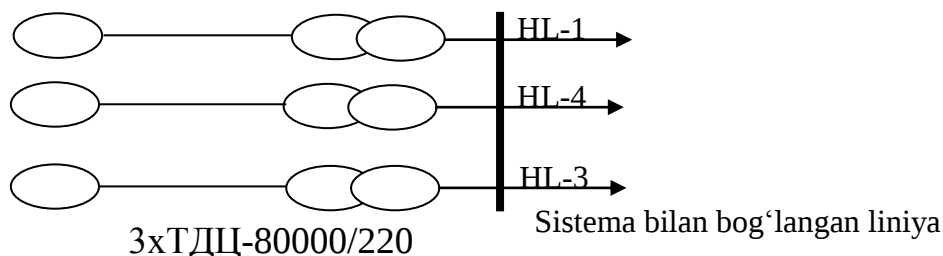
Bo‘lish nuqtasini bilgan holda, halqa xayolan ikki radial liniyalarga “ajratiladi”. Quvvat isrofi, energiya isrofi 5.6., 5.7.§ da ko‘rsatilganidek hisoblanadi.



7. TANLANGAN ELEKTR TA'MINOTI VARIANTINI KUCHLANISH YO'QOTILISHI BO'YICHA HISOBLASH

7.1. Asosiy mazmun

«Elektr uskunalar qoidolari» da elektr stansiyalar yuklamalari uchun kuchlanish og'ishining ruxsat etilgan qiymatlari (odatda $\pm 5\%$) aniq ko'rsatilgan. Kuchlanish qiymatlari ruxsat etilgan chegaradan chiqmaganligini hisoblab tekshiriladi, kerak bo'lsa kompensatsiyalovchi uskunalar tanlash tavsiya etiladi. Buning uchun talaba tanlangan variantni maksimal va minimal rejimlarda kuchlanish yo'qotilishi bo'yicha hisoblab chiqadi, bo'lishi mumkin bo'lgan avariya dan keyingi rejimda tekshiradi. Bunday hisob bilan tanishish uchun talabalarga tarmoqning maksimal rejimida kuchlanish yo'qotilishi bo'yicha bajarilgan elektrik hisoblash ko'rsatilgan. Bu misolda manbadagi va podstansiyalardagi transformatsiyalash koeffitsiyentlari tanlangan, kerak bo'lganda o'rnatiladigan kompensatsiyalovchi uskunalarning soni va joyi aniqlangan.



7.1.1-rasm

7.2. Kuchlanish yo'qotilishini aniqlash

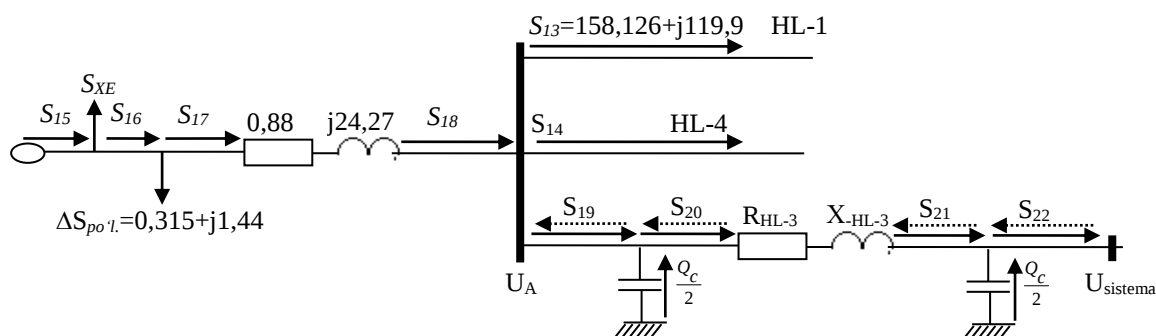
Tanlangan tarmoqning kuchlanishiga va kuchlanishni ko'taruvchi podstansiyadagi transformatorlarning tipiga qarab manbaning YUK tomonida kuchlanish – 242 kV, 121 kV yoki 35 kV ga teng, o'zgarmas deb qabul qilamiz. Keyin manbaning YUK tomonida istalgan kuchlanishni ushlab turish uchun generator kuchlanishi aniqlanadi. Shu vaqtda ko'taruvchi transformatorlarda kuchlanishni rostlash PBV yordamida $\pm 2 \times 2,5\%$ oraliqda avvaldan tuzilgan reja bo'yicha mavsumiy ravishda bajarilishini nazarda tutish kerak. Ko'taruvchi podstansiyalarda shoxobchalar tanlash va kuchlanish yo'qotilishi bo'yicha hisoblashni misolda ko'rib chiqamiz. Prinsipial sxemasi:

Har bitta generatorning quvvati $S_A = 60 + j45 = 75$ MVA

Har bitta transformator uchun texnik ma'lumotlar 3-ilova 3-jadvalidan olinadi. $\Delta P_{po'l} = 105$ kVt; $\Delta Q_{po'l} = 480$ kVAr; $R_{T1} = 2,64$ Om; $X_{T1} = 72,9$

Om. Elektr stansiyaning o'z ehtiyojiga sarflaydigan quvvatni generator quvvatining bir foiziga teng qilib olamiz.

Almashtiruv sxema:



7.2.1-rasm

Avval quvvat isrofi bo'yicha hisoblaymiz:

$$S_{16}=S_{15}-S_{XE}=(180+j135)-(1,8+j1,4)=(178,2+j133,6), \text{ MVA};$$

$$S_{17}=S_{16}-\Delta S_{po'l.}=(178,2+j133,6)-(0,315+j1,44)=(177,9+j132,2), \text{ MVA};$$

$$\Delta P_T = \frac{P_{17}^2 + Q_{17}^2}{U_n^2} \cdot R_T = \frac{177,9^2 + 132,2^2}{220^2} \cdot 0,88 = 0,89 \text{ MVt}$$

$$\Delta Q_T = \frac{P_{17}^2 + Q_{17}^2}{U_n^2} \cdot X_T = \frac{177,9^2 + 132,2^2}{220^2} \cdot 24,27 = 24,6 \text{ MVAr}$$

$$S_{18}=S_{17}-\Delta S_T=(177,9+j132,2)-(0,89+j24,6)=(177+j107,6), \text{ MVA}.$$

Agar "A" shinada 242 kV ga teng kuchlanish berilgan bo'lsa, unda kuchlanishni ko'taruvchi podstansiyaning transformatorlaridagi kuchlanish yo'qotilishiga teng:

$$\Delta U_T = \frac{P_{18} \cdot R_T + Q_{18} \cdot X_T}{U_A} = \frac{177 \cdot 0,88 + 107,6 \cdot 24,27}{242} = 11,44 \text{ kV}$$

Generatordagi keltirilgan kuchlanish: $U_g = U_A + \Delta U_T = 242 + 11,44 = 253,46 \text{ kV}$.

Kuchaytiruvchi transformatorlar haqida 5.3.§. punktda ko'rsatilgan ma'lumotlardan foydalanib 10,5/254 ga teng transformatsiya koeffitsiyentini tanlaymiz, ya'ni $\pm 2 \times 2,5\%$ shoxobchani, keyin generatordagi haqiqiy kuchlanishni topamiz:

$$U_g = U_g' \cdot K_T = \frac{253,46}{254} \cdot 10,5 = 10,5 \text{ kV}.$$

Shunday qilib, kuchlanishni ko'taruvchi podstansiyaning YUK tomonida:

$U_a = 242 \text{ kV}$ bo'lishi uchun stansiya generatorlarida;

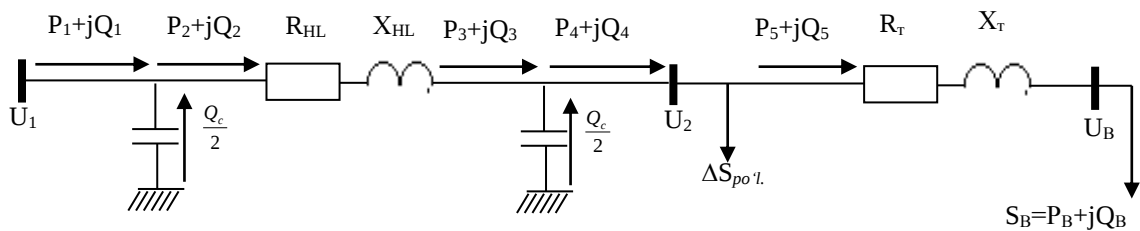
$U_g = 10,5 \text{ kV}$ ni ushlab turish kerak.

YUK shinada berilgan kuchlanishni ushlab turish imkoni borligi hisoblash yordamida aniqlangandan keyin, sistema bilan bog'lovchi HL-3 liniyada kuchlanish yo'qotilishi bo'yicha hisob olib borish kerak. Hisob natijasida loyihalalanayotgan rayonning elektr ta'minoti sxemasiga sistemadan (*yoki sistemaga*) oqayotgan quvvat qanday kuchlanish ostida bo'lishi aniqlanadi. Ya'ni, S_{22} quvvat, HL-3 dagi quvvat isrofi va kuchlanish yo'qotilishi hamda liniya oxiridagi $U_{sistema}$ kuchlanish aniqlanadi. Undan keyin bir necha podstantsiyalarni ta'minlovchi radial liniyalarda kuchlanish yo'qotilishi topiladi. Bunda hisob ta'minlovchi podstantsiyadan boshlab tokning(quvvatning) yo'nalishi bo'yicha olib boriladi, alohida uchastkalar mustaqil liniyadek qabul qilinadi, potentsiali yuqori bo'lgan nuqta liniyaning boshi, potentsiali pasti-oxiri deb hisoblanadi. Shu liniyalarda ketma-ket kuchlanish yo'qotilishi aniqlanadi.

Misolda ko'rib chiqamiz:

U_1 berilgan hol uchun liniyadagi kuchlanish yo'qotilishi:

$$\Delta U_{HL} = U_1 - \frac{P_2 R_{HL} + Q_2 X_{HL}}{U_1}$$



7.2.2-rasm

Liniya oxiridagi kuchlanish: $U_2 = U_1 - \Delta U_{HL}$

Podstantsiyaning PK tomonidagi keltirilgan kuchlanish: $U_2' = U_2 - \Delta U_T$

bu yerda, $\Delta U_T = \frac{P_5 \cdot R_T + Q_5 \cdot X_T}{U_2}$;

To'g'ri keladigan shoxobcha tanlangandan keyin PK tomondagi haqiqiy kuchlanish transformatsiyalash koeffitsiyenti yordamida quyidagi formula orqali aniqlanadi: $U_B = U_2' / K_T$. 7.3.a.§ misolga qarang.

7.3. Kuchlanishni rostlash

Sutka davomida yuklamaning o'zgarishi tarmoqda faqat kuchlanish yo'qotilishiga olib kelmasdan, balki iste'molchilarning chiqishlaridagi kuchlanishning miqdoriga ham ta'sir qiladi. Shuning uchun loyihalash davomida elektr energiyaning yuqori sifatliiligini ta'minlovchi tadbirlarni amalga oshirish kerak, ya'ni kuchlanishni rostlash tadbirini ham ko'rib

chiqish kerak. Shu ma'noda talabalarga pasaytiruvchi podstansiyalarda qo'llaniladigan eng asosiy va iqtisodiy jihatdan qulay usul – RPN yordamida rostlash tavsiya etiladi. Hozirgi vaqtda ishlab chiqarilayotgan transformatorlarda RPN yordamida kuchlanishni nominal kuchlanishning $\pm 16\%$ miqdorida o'zgartirish mumkin. Bu usul yordami bilan PK tomonida kerakli natijaga erisha olmagan holdagina boshqa usullar – sinxron kompensatorlar, statistik kondensatorlar qo'llash taklif etiladi (4-*ilovaga* va 7.3.b.§ ga qarang).

7.3.a. Transformatorlarda shaxobchalar tanlash

Pasaytiruvchi podstansiyalarning PK tomonida nominal kuchlanishga yaqin kuchlanish bilan ta'minlash uchun transformatorlarning shoxobchalarini tanlash kuchlanish yo'qotilishi hisobi bilan birga olib boriladi. 7.2.§ da ko'rsatilgan misoldan ma'lum bo'ldiki, kuchlanishni ko'taruvchi podstansiyaning YUK tomonida $K_T=10,5/254$ bo'lganda 242 kV ga teng kuchlanishni o'rnatish mumkin. Endi HL-1 da kuchlanish yo'qotilishini aniqlaymiz:

$$1. \Delta U_{HL1} = \frac{P_{12} \cdot R_{HL1} + Q_{12} \cdot X_{HL1}}{U_A} = \frac{157,79 \cdot 5,85 + 119,4 \cdot 19,35}{242} = 13,36 \text{ kV}$$

HL-1 ning oxiridagi kuchlanish: $U_{YUK} - \Delta U_{HL1} = 242 - 13,36 = 228,64$ kV

Bu va boshqa hisoblangan kuchlanishlar ko'rilayotgan variantning almashtirish sxemasiga yoziladi.

2. "B" podstansiya avtotransformatorlarning YUK chul-g'amlaridagi kuchlanish yo'qotilishi:

$$\Delta U_{YUK} = \frac{P_{YUK} \cdot R_{YUK} + Q_{YUK} \cdot X_{YUK}}{U_{YUK}} = \frac{153,6 \cdot 0,1 + 118,2 \cdot 15,2}{228,64} = 7,93 \text{ kV}$$

Avtotransformatorning almashtiruv sxemasidagi nol nuqtasi kuchlanishi:

$$U_0 = U_{YUK} - \Delta U_{YUK} = 228,64 - 7,93 = 220,71 \text{ kV}$$

"B" podstansiyadagi avtotransformatorlarning PK chulg'amlaridagi kuchlanish yo'qotilishi:

$$\Delta U_{PK} = \frac{P_7 \cdot R_{PK} + Q_7 \cdot X_{PK}}{U_0} = \frac{100,147 \cdot 0,575 + 55,29 \cdot 27}{220,71} = 7,03 \text{ kV}$$

"B" podstansiyaning PK tomoniga keltirilgan kuchlanish:

$$U'_B = U_0 - \Delta U_{PK} = 220,71 - 7,03 = 213,68 \text{ kV}$$

"B" podstansiyaning PK tomonidagi haqiqiy kuchlanish:

$$U_B = \frac{U'_B}{K_T} = \frac{213,68}{230} \cdot 11 = 10,22 \text{ kV}$$

PK tomonda talab bo'yicha 10,5 kV ga yaqin kuchlanish bo'lishi kerak. 5.6.§ dagi quvvat isrofining hisobi natijasida sistema bilan bog'lovchi liniyada $\cos\varphi=0,95$ ni ta'minlash uchun bitta yoki bir necha pasaytiruvchi podstansiyalarda kompensatorlar o'rnatish kerak bo'lsa U_B ning qiymati o'zgarishi mumkin. Kerakli kuchlanishni hosil qilish uchun ikki xil yo'l tutish mumkin:

a) PK tomonda sinxron kompensatorlar o'rnatish (4-ilova, 1-jadval). Natijada HL-1 da quvvat oqimining taqsimoti o'zgaradi, ΔS va ΔU isrof kamayadi. Bu esa U_{yuk} va U_B ni oshishiga olib keladi. Sinxron kompensatorlarni qo'llash 8.3.§ da keltirilgan.

b) PK tomonda volt-qo'shuvchi transformatorlar o'rnatiladi. Bu yo'l katta mablag' talab qiladi[4].

SK lar o'rnatilsa ularni prinsipial sxemada ham ko'rsatish kerak bo'ladi.

"B" podstansiyaning O'K tomonida kuchlanish yo'qotilishini aniqlaymiz:

$$\Delta U_{O'K} = \frac{P_6 \cdot U_{O'K} + Q_6 \cdot X_{O'K}}{U_0} = \frac{53,124 \cdot 0,1}{220,71} = 0,024 \text{ kV}$$

O'K tomonga keltirilgan kuchlanish:

$$U'_{O'K} = U_0 - \Delta U_{O'K} = 220,71 - 0,024 = 220,68 \text{ kV}$$

O'K tomondagi $\pm 6\%$ shoxobchaga mos haqiqiy kuchlaniish:

$$U_{O'K} = \frac{U'_{O'K}}{K_T} = \frac{220,68}{230} \cdot 128,23 = 123 \text{ kV}.$$

Demak, shoxobchalarni to'g'ri tanlab HL-2 boshida talab qilinayotgan 121 kV ga yaqin kuchlanishni hosil qilish mumkin.

7.3.b. Kompensatsiyalovchi uskunalarni tanlash

Kuchlanish rostlashdan asosiy maqsad elektr energiyaaning sifatini ko'tarishdir. PBV va RPN li transformatorlarning rostlash diapazoniga bog'liq holda har xil kuchlanishli tarmoqlarda iqtisodiy jihatdan qulay tarzda kuchlanishni rostlash mumkin.

Bunday yo'l bilan rostlash yetarli bo'lmagan hollarda reaktiv quvvatni qaytadan taqsimlashga olib keladigan usul qo'llaniladi. Bu esa sinxron kompensatorlar(SK) va boshqariladigan kondensator batareyalar(KB) yordamida bajariladi.

KBlar SKga qaraganda birqancha kamchiliklarga ega:

- ular kuchlanishni pog'onali ravishda rostlaydi;
- reaktiv quvvatni ishlab chiqaradi, lekin iste'mol qilmaydi;
- ular podstansiya hududining anchagina qismini egallaydi.

Shuning uchun KBlar kuchlanishni kichik diapazonda rostlash uchun qo'llaniladi.

SKlar ishlash rejimiga bog'liq holda reaktiv quvvatni ishlab chiqarishi va iste'mol qilishi mumkin, undan tashqari ular yordamida kuchlanishni rostlash bir tekisda olib boriladi.

7.3.a.§ *dagi misol* yordamida avtotransformatorining PK tomonida nominal kuchlanishni ushlab turish usulini ko'rib chiqamiz.

Agar PK tomonga 2xSK–16000–11 o'rnatilsa, iste'mol qilinadigan quvvat $(100+j48,4)-j32=100+j16,4$ ga teng bo'ladi, PK chulg'amlaridagi quvvat isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P_{PK} = \frac{100^2 + 16,4^2}{220^2} \cdot 0,575 = 0,12 \text{ MVt}$$

$$\Delta Q_{PK} = \frac{100^2 + 16,4^2}{220^2} \cdot 27 = 5,73 \text{ MVAr}$$

$$S'_7 = 100,12 + j22,13 \text{ MVA.}$$

Qayta taqsimlangan quvvatni almashtiruv sxemasida ko'rsatamiz

$$S'_8 = (53,124 + j50,065) + (100,12 + j22,13) = 153,244 + j72,195 \text{ MVA}$$

YUK tomondagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{YUK} = \frac{153,244^2 + 72,195^2}{220^2} \cdot 0,1 = 0,06 \text{ MVt}$$

$$\Delta Q_{YUK} = \frac{153,244^2 + 72,195^2}{220^2} \cdot 15,2 = 9,01 \text{ MVAr}$$

HL1 ning oxiridagi quvvati: $S'_9 = (153,244 + j72,195) + (0,06 + j9,01) = 153,3 + j81,21 \text{ MVA}$

Hisoblardan ma'lum bo'ldiki:

$$S'_{10} = 153,05 + j79,21; \quad S'_{11} = 153,05 + j66,51;$$

$$S'_{12} = 156,42 + j77,64; \quad S'_{13} = 156,42 + j64,94$$

Kuchlanish yo'qotilishi bo'yicha hisob olib boramiz:

$$\Delta U_{HL1} = \frac{156,42 \cdot 5,85 + 77,64 \cdot 19,35}{242} = 9,99 \text{ kV}; \quad U_{YUK} = 242 - 9,99 = 232,01 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{YUK} = \frac{153,3 \cdot 0,1 + 81,21 \cdot 15,2}{232,01} = 5,39 \text{ kV}; \quad U_0 = 232,01 - 5,39 = 226,62 \text{ kV};$$

$$\Delta U_{PK} = \frac{100,12 \cdot 0,575 + 22,13 \cdot 27}{226,62} = 2,89 \text{ kV};$$

$$U'_{PK} = 226,62 - 2,89 = 223,73 \text{ kV}; \quad U_{PK} = \frac{223,73}{230} \cdot 11 = 10,7 \text{ kV}$$

2xSK–16 o'rnatilsa podstantsiya 300 ming shartli belgiga qimmatlashadi. 2 ta SK–16 o'rniga 1xSK–30 ham o'rnatish mumkin edi,

lekin bu ishonchlilik nuqtai nazaridan avariya va ta'mirlash rejimlari uchun to'g'ri kelmaydi.

SK lar faqatgina kuchlanishni rostlab qolmay yana boshqa muhim vazifani ham bajaradilar: ular kerakli reaktiv quvvatni iste'molchi podstantsiyaning PK tomonidagi shinalarda ishlab chiqaradilar, shunday qilib liniyadagi quvvat taqsimotini yengillashtiradilar, natijada kuchlanish yo'qotilishi hamda quvvat va elektr energiya isrofi kamayadi, sistema bilan bog'lovchi liniyada $\cos\varphi$ ko'tariladi. Bu misolda ham ko'rinib turibdi:

a) SK bo'lmaganda $-S_{13}=157,79+j106,695=190,5$ MVA;

b) "B" podstantsiyada SK o'rnatilganda $S'_{13}=156,42+j64,94=169,4$ MVA.

SK yoki KB larning joyi va quvvati loyiha rahbari bilan kelishilishi kerak.

Ilovalar

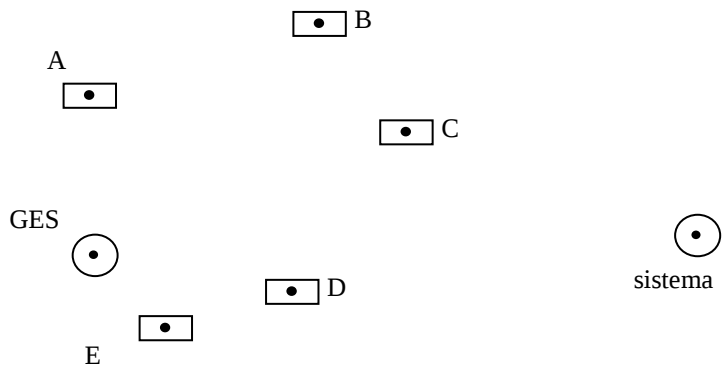
1–ilova 1.1–jadval Topshiriq variantlari

Sxemalar	Variantlar	p/st A				p/st B				p/st C				p/st D				p/st E			
		P	Kat	cosφ	W	P	Kat	cosφ	W	P	Kat	cosφ	W	P	Kat	cosφ	W	P	Kat	cosφ	W
		MVt	I	I	kVt·s	MVt	I	I	kVt·s	MVt	I	I	kVt·s	MVt	I	I	kVt·s	MVt	I	I	kVt·s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
№1 Sxema	V-1	15	I	0,85	80	40	I	0,9	105	90	I	0,9	500	160	III	0,87	105	60	II	0,9	500
	V-2	120	III	0,92	700	37	III	0,87	150	21	II	0,9	110	12	I	0,8	60	78	II	0,87	370
	V-3	150	II	0,9	800	80	I	0,9	420	15	III	0,85	86	10	II	0,85	60	70	III	0,92	360
	V-4	17	II	0,95	85	50	I	0,89	290	80	I	0,86	320	156	III	0,9	920	32	II	0,9	150
	V-5	59	I	0,9	300	20	III	0,92	95	100	II	0,92	450	80	II	0,88	410	85	I	0,8	400
№2 Sxema	V-1	17	I	0,85	90	100	I	0,92	500	25	III	0,85	100	60	II	0,9	400	10	III	0,91	40
	V-2	50	III	0,87	300	20	III	0,9	110	75	I	0,92	350	38	III	0,92	180	25	II	0,89	110
	V-3	25	II	0,9	120	115	II	0,9	700	10	II	0,9	40	24	I	0,85	100	40	III	0,93	220
	V-4	100	I	0,9	500	60	I	0,8	300	40	I	0,8	150	21	II	0,88	100	30	II	0,85	150
	V-5	32	II	0,93	150	120	II	0,92	700	50	II	0,86	250	60	III	0,92	300	15	I	0,8	60
№3 Sxema	V-1	54	I	0,92	280	12	III	0,95	50	110	II	0,92	420	48	III	0,92	240	78	II	0,85	400
	V-2	46	II	0,9	200	120	I	0,9	500	50	III	0,92	250	18	II	0,86	100	46	III	0,89	260
	V-3	40	III	0,9	200	30	I	0,92	120	85	I	0,9	300	80	I	0,8	400	60	II	0,86	280
	V-4	80	II	0,8	360	80	III	0,9	400	18	II	0,85	78	100	III	0,9	600	20	I	0,82	100
	V-5	17	I	0,85	85	56	II	0,86	300	120	III	0,8	600	40	II	0,88	200	50	III	0,9	240
№4 Sxema	V-1	100	I	0,92	420	152	II	0,88	790	48	III	0,82	250	20	III	0,9	120	60	I	0,82	250
	V-2	26	II	0,95	120	72	I	0,84	400	90	II	0,9	400	120	I	0,8	120	40	II	0,89	180
	V-3	18	I	0,85	110	115	III	0,85	650	82	I	0,85	400	60	II	0,85	30	32	II	0,85	180
	V-4	52	II	0,87	300	60	I	0,8	310	70	II	0,92	300	80	III	0,88	400	50	III	0,9	300
	V-5	28	III	0,9	120	80	II	0,82	420	50	III	0,9	300	110	I	0,82	450	40	I	0,81	250
№5 Sxema	V-1	35	III	0,8	200	14	II	0,9	63	56	I	0,85	230	23	II	0,85	120	72	I	0,83	460
	V-2	60	I	0,9	280	80	I	0,8	400	10	II	0,9	50	17	I	0,82	85	50	II	0,89	300
	V-3	20	III	0,85	100	37	II	0,85	160	78	I	0,8	350	48	III	0,88	220	12	II	0,9	65
	V-4	50	I	0,87	260	30	III	0,9	140	75	II	0,92	370	20	I	0,78	100	60	III	0,85	280
	V-5	45	II	0,85	180	15	I	0,85	70	95	III	0,85	400	28	II	0,86	140	48	I	0,86	220
№6 Sxema	V-1	48	II	0,85	240	105	III	0,9	600	65	I	0,85	320	68	II	0,9	340	50	III	0,92	260
	V-2	80	III	0,92	400	38	II	0,92	200	56	I	0,9	250	100	III	0,92	520	40	II	0,85	200
	V-3	52	I	0,87	320	20	I	0,95	90	115	III	0,92	105	38	I	0,88	200	68	II	0,89	300
	V-4	150	II	0,9	800	80	I	0,9	480	25	III	0,8	120	10	II	0,84	50	28	I	0,8	140
	V-5	125	I	0,92	700	115	III	0,8	400	10	II	0,88	40	20	I	0,8	70	48	III	0,91	150
№7 Sxema	V-1	140	I	0,9	760	156	II	0,87	900	40	III	0,9	220	25	I	0,8	120	15	II	0,89	75
	V-2	92	II	0,93	500	152	III	0,82	800	48	I	0,92	260	103	II	0,88	600	40	III	0,92	230
	V-3	70	III	0,92	350	48	I	0,85	220	120	III	0,88	600	78	II	0,9	380	92	I	0,83	500
	V-4	100	I	0,86	550	80	I	0,9	420	75	II	0,86	350	82	III	0,92	400	30	I	0,84	160
	V-5	150	II	0,8	750	80	II	0,92	400	32	II	0,82	170	50	I	0,82	250	60	II	0,87	260
№8 Sxema	V-1	100	I	0,9	500	80	I	0,92	420	45	III	0,85	220	125	II	0,85	190	65	I	0,85	300
	V-2	125	III	0,85	800	110	II	0,9	600	60	III	0,9	240	85	I	0,83	460	70	II	0,89	400
	V-3	82	I	0,87	460	70	II	0,85	400	175	I	0,82	100	38	III	0,9	220	92	II	0,88	500
	V-4	100	III	0,9	550	120	III	0,8	600	70	III	0,89	0	28	II	0,86	160	24	I	0,8	110
	V-5	50	II	0,9	300	130	I	0,87	650	75	II	0,92	350	60	I	0,8	340	80	III	0,9	440
№9 Sxema	V-1	15	II	0,85	110	78	I	0,87	400	150	II	0,92	100	47	III	0,9	280	89	I	0,9	500
	V-2	40	I	0,9	205	32	III	0,9	180	80	II	0,9	150	150	II	0,82	800	70	I	0,92	280
	V-3	90	II	0,9	400	120	II	0,9	480	40	I	0,89	400	50	I	0,8	200	110	II	0,89	420
	V-4	160	III	0,87	900	37	I	0,87	140	26	I	0,85	240	80	I	0,78	320	17	II	0,85	85
	V-5	60	I	0,9	300	90	III	0,92	360	70	III	0,84	220	32	II	0,88	150	80	III	0,91	320
№10 Sxema	V-1	100	III	0,95	500	25	II	0,85	110	20	I	0,95	100	70	III	0,92	350	45	II	0,88	200
	V-2	160	III	0,95	700	50	I	0,87	300	20	I	0,8	10	38	II	0,9	200	80	I	0,8	400
	V-3	155	II	0,92	850	25	II	0,9	300	10	II	0,88	40	40	I	0,8	200	60	II	0,84	320
	V-4	120	I	0,9	500	14	I	0,85	48	21	II	0,92	105	85	II	0,87	400	30	I	0,81	150
	V-5	115	II	0,9	600	32	III	0,85	140	50	III	0,86	200	60	I	0,82	240	10	III	0,9	49
№11 Sxema	V-1	59	I	0,92	340	46	I	0,9	200	10	II	0,98	60	32	II	0,82	150	50	I	0,84	200
	V-2	20	III	0,82	100	40	II	0,9	200	56	I	0,8	300	80	I	0,8	400	18	II	0,91	100
	V-3	40	II	0,9	200	17	I	0,85	80	50	I	0,85	200	78	III	0,87	320	19	III	0,92	100
	V-4	60	I	0,9	300	20	III	0,9	110	11	II	0,9	40	32	I	0,8	150	80	I	0,82	280
	V-5	50	III	0,9	300	30	II	0,92	220	5	III	0,92	18	90	II	0,9	360	40	II	0,85	120
№12 Sxema	V-1	150	I	0,8	550	20	II	0,85	100	37	I	0,79	160	63	I	0,8	320	42	III	0,85	232
	V-2	68	II	0,9	320	14	III	0,9	63	26	III	0,89	130	40	II	0,9	200	80	II	0,8	425
	V-3	80	II	0,8	475	10	III	0,89	40	23	I	0,85	115	50	I	0,86	220	60	I	0,82	300
	V-4	78	I	0,84	400	15	II	0,92	60	25	I	0,8	120	110	II	0,92	330	43	III	0,91	230
	V-5	120	III	0,87	375	12	I	0,8	80	30	II	0,87	140	71	III	0,93	250	54	I	0,86	355

№1 sxema

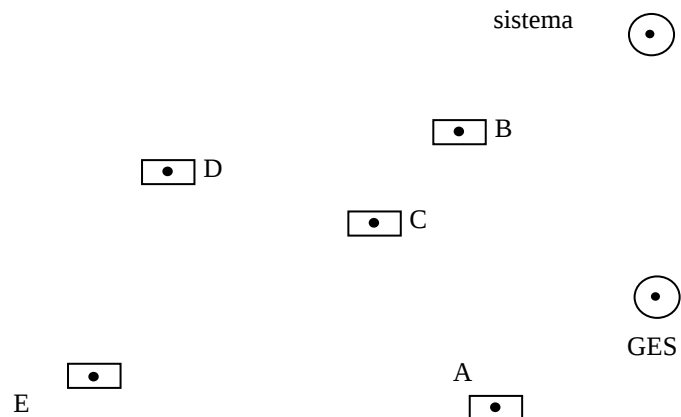
Masshtab-1:2000000

GES quvvati

 $P_g=4 \times 100$ MVt $\cos\varphi=0,85$ **№2 sxema**

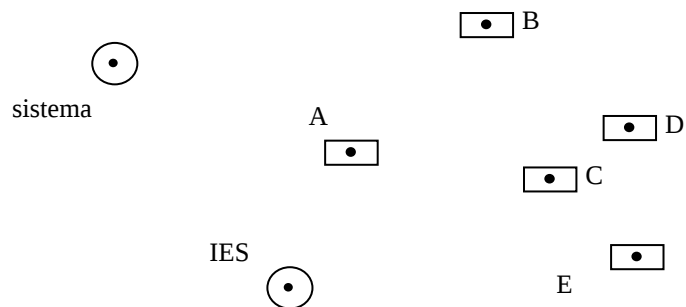
Masshtab-1:2000000

GES quvvati

 $P_g=2 \times 120$ MVt $\cos\varphi=0,8$ **№3 sxema**

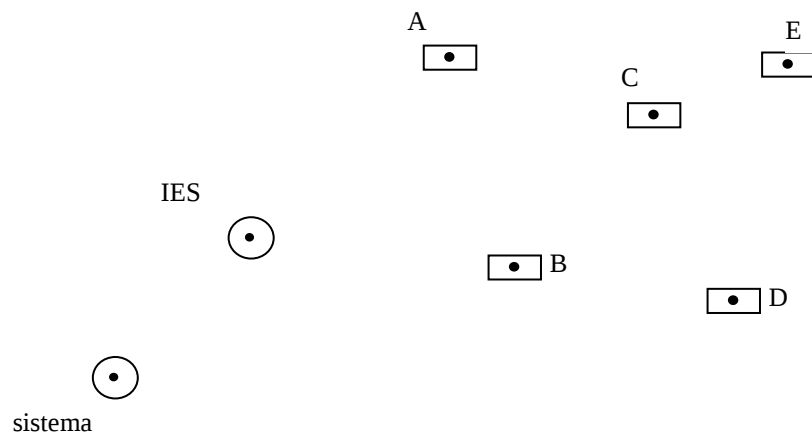
Masshtab-1:2000000

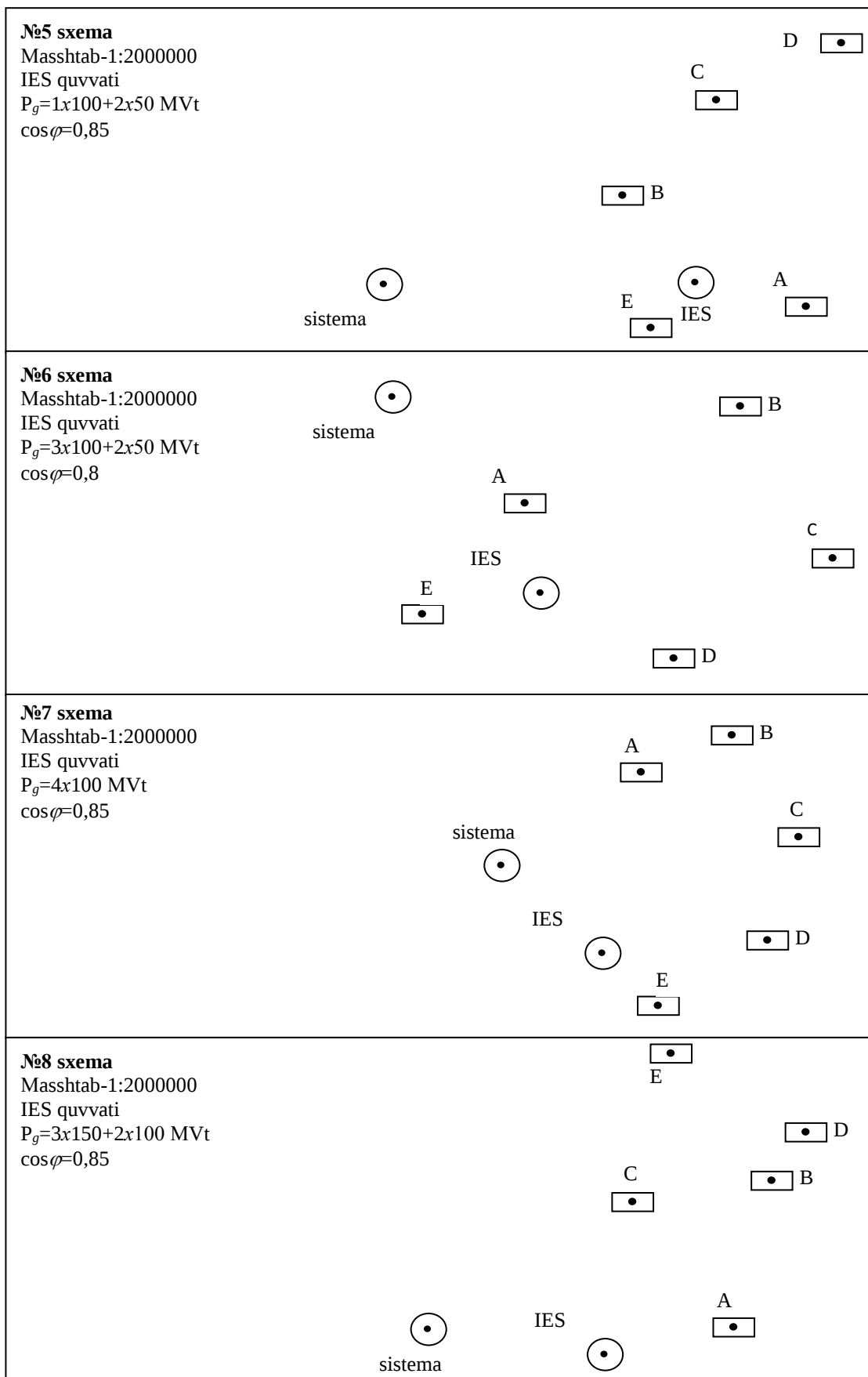
IES quvvati

 $P_g=3 \times 100$ MVt $\cos\varphi=0,85$ **№4 sxema**

Masshtab-1:2000000

IES quvvati

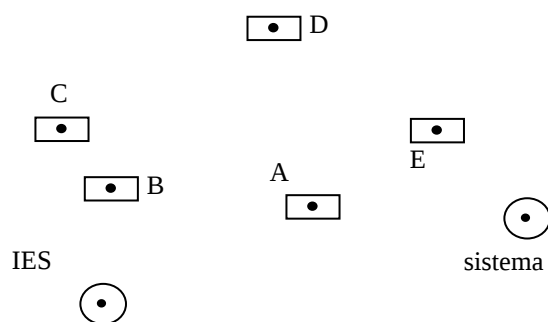
 $P_g=3 \times 100 + 2 \times 50$ MVt $\cos\varphi=0,8$ 



№9 sxema

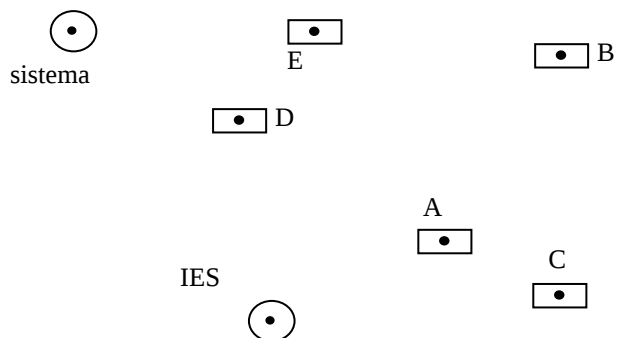
Masshtab-1:2000000

IES quvvati

 $P_g=3 \times 100 \text{ MVt}$ $\cos\varphi=0,85$ **№10 sxema**

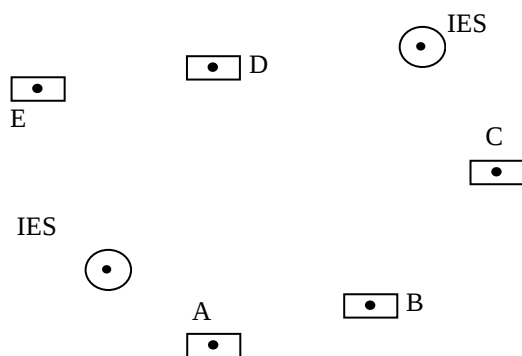
Masshtab-1:2000000

IES quvvati

 $P_g=3 \times 100 \text{ MVt}$ $\cos\varphi=0,8$ **№11 sxema**

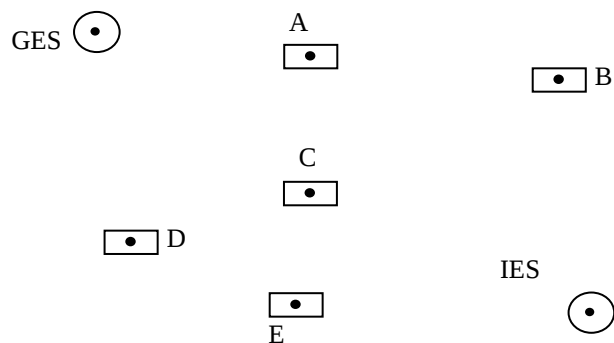
Masshtab-1:2000000

IES quvvati

 $P_g=3 \times 60 \text{ MVt}$ $\cos\varphi=0,9$ **№12 sxema**

Masshtab-1:2000000

GES quvvati

 $P_g=2 \times 120 \text{ MVt}$ $\cos\varphi=0,8$ 

HL larini hisoblash uchun ma'lumotlar

2.1- jadval

Ochiq po'lat-alyumin simlarning xarakteristikalar

Simning markasi	Tashqi diametr, mm	Uzoq vaqt ruxsat etilgan yuklama toki, A	1 km uchun aktiv qarshilik, Om/km
AC-35	8,4	175	0,85
AC-50	9,6	210	0,65
AC-70	11,4	265	0,46
AC-95	13,5	330	0,33
AC-120	15,2	380	0,27
AC-150	17	445	0,21
AC-185	19	510	0,17
ACO-240	21,6	605	0,13
ACO-300	23,5	690	0,108
ACO-400	27,2	825	0,08
ACO-500	30,2	945	0,065

2.2-jadval

35-220 kV li AC markali havo liniyalarini (100 km) hisoblash uchun berilgan ma'lumotlar

Simning markasi	r_0 , Om	35 kV		110 kV			220 kV		
		x_0 , Om	b_0 , sim, 10^{-4}	x_0 , Om	b_0 , sim, 10^{-4}	q_0 , MVAr	x_0 , Om	b_0 , sim, 10^{-4}	q_0 , MVAr
AC-35	95	44,5	2,59	-	-	-	-	-	-
AC-50	63	43,3	2,65	-	-	-	-	-	-
AC-70	45	42	2,73	44	2,85	3,4	-	-	-
AC-95	33	41,1	2,81	42,9	2,65	3,5	-	-	-
AC-120	27	43	2,85	42,3	2,69	3,6	-	-	-
AC-150	21	39,8	2,9	41,6	2,74	3,65	-	-	-
AC-185	17	38,4	2,9	40,9	2,82	3,7	-	-	-
AC-240	13	-	-	40,1	2,85	3,75	43	2,66	14,1
AC-300	10,8	-	-	39,2	2,91	3,85	42,2	2,71	14,4
AC-400	8	-	-	-	-	-	41,4	2,73	14,5
AC-500	6,5	-	-	-	-	-	41	2,79	14,8

2.3-jadval

Qizish sharti bo'yicha A va AC havo liniyalari uchun uzoq vaqt ruxsat etilgan quvvat, MVA da

Simning kesim yuzasi, mm ²	Kuchlanish, kV		
	35	110	220
35	10,7	-	-
50	14	-	-
70	17,5	55	-
95	21,4	67	-
120	24,1	75,8	-
150	28,2	88,8	-
185	32,7	103	-
240	-	122	244
300	-	142	276
400	-	-	346
500	-	-	388

2.4-jadval

Maksimal yuklamada ishlash vaqti " T_m " bilan quvvat isrofi vaqti " τ " orasidagi bog'liqlik

T_m , soat	" τ " ning $\cos\varphi$ bo'yicha qiymati, soat		
	0,6	0,8	1,0
2000	-	1000	800
3000	2800	2000	1200
4000	3300	2700	2000
5000	4000	3500	3000
6000	5000	4600	4000
7000	6000	5900	5500
8000	7300	7300	7300
8760	8760	8760	8760

3–ilova

Transformatorli podstantsiyalarning hisobi uchun ma'lumotlar

3.1-jadval

35 kV kuchlanishli uch fazali ikki chulg'amli transformatorlar

S_N	Transformator	Katalog ma'lumotlari
-------	---------------	----------------------

MVA	turi	U _N , kV		U _{q.t.} , %	$\Delta P_{po'l}$ kVt	$\Delta Q_{po'l}$ kVAr	R _T , Om	X _T , Om
		YUK	PK					
10	TD-10000/35	38,5	6,3; 10,5	7,5	14,5	80	0,87	10,1
10	TDN-10000/35	36,75	6,3; 10,5	8	14,5	80	0,87	10,8
10	TDNS- 10000/35	36,75	6,3	14	14,5	80	1,14	18,9
16	TD-16000/35	38,5	6,3; 10,5	8	21	120	0,48	6,75
16	TDN-16000/35	36,75	6,3; 10,5	8	21	120	0,48	6,75
16	TDNS- 16000/35	36,75	6,3	10	21	120	0,55	8,4
25	TDNS- 25000/35	36,75	6,3	10	29	175	0,29	5,4
25	TDN-25000/35	36,75	6,3; 10,5	8	29	175	0,27	4,3
25	TRDN- 25000/35	6,75	6,3/ 6,3; 6,3/ 10,5; 10,5/ 10,5.	9,5	29	175	0,31	5,1
32	TRDN- 32000/35	36,75	6,3/ 6,3; 6,3/ 10,5; 10,5/ 10,5.	11,5	33	224	0,23	4,85
40	TD-40000/35	38,5	6,3; 10,5	8,5	39	260	0,15	2,87
40	TRDN- 40000/35	36,75	6,3/ 6,3; 6,3/ 10,5; 10,5/ 10,5.	8,5	39	260	0,2	2,9
63	TRDN- 36000/35	36,75	6,3/ 6,3; 6,3/ 10,5; 10,5/ 10,5.	11,5	55	378	0,1	2,5

80	TDS-80000/35	38,50	6,3; 10,5	9	65	480	0,07	1,53
----	--------------	-------	--------------	---	----	-----	------	------

3.2-jadval

110 kV kuchlanishli uch fazali ikki chulgʻamli transformatorlar

S _N , MVA	Transformator turi	Katalog ma'lumotlari						
		U _N , kV		U _{q.t.} , %	ΔP _{poʻl} , kVt	ΔQ _{poʻl} , kVAr	R _T , Om	X _T , Om
		YUK	PK					
25	TRDN- 25000/110	115	6,3/ 6,3; 6,3/ 10,5; 10,5/ 10,5	10,5	29	200	2,54	55,9
32	TRDN- 32000/110	115		10,5	35	240	1,87	43,5
40	TRDN- 40000/110	115		10,5	35	280	1,87	66
40	TRDNS- 40000/110	115		10,5	42	280	1,44	34,8
40	TD-40000/110	115	3,15; 6,3; 10,5	10,5	42	280	1,44	34,8
63	TRDSN- 63000/110	115	6,4/ 6,3; 6,3/ 10,5	10,5	52	410	0,87	22
80	TRDSN- 80000/110	121	10,5/ 10,5	10,5	59	480	0,65	17,3
80	TD-80000/110	121	6,3; 10,5; 13,8; 3,15	10,5	70	480	0,65	17,3
125	TDS- 125000/110	121	10,5; 13,8	10,5	70	678	0,33	11,1
200	TDS- 200000/110	121	13,8; 15,75; 18; 20	10,5	120	1000	0,23	6,9
250	TDS- 250000/110	121	15,75; 20	10,5	170	1250	0,17	5,5
400	TDS- 400000/110	121	20	10,5	230	3200	0,12	3,5

3.3-jadval

Uch fazali ikki chulgʻamli 220 kV kuchlanishli transformatorlar

S _N , MVA	Transformator turi	Katalog maʼlumotlari						
		U _N , kV		U _{q.t.} , %	ΔP _{poʻl.} , kVt	ΔQ _{poʻl.} , kVAr	R _T , Om	X _T , Om
		YUK	PK					
32	TRDN-32000/220	230	6,6/ 6,6	12	53	288	8,66	198,5
63	TRDSN-63000/220	230	6,6/ 11; 11/ 11	12	82	504	4	100
80	TDS-80000/220	242	6,3; 10,5; 13,8	11	105	480	2,64	72,8
100	TRDSN-100000/220	230	11/ 11	12	115	700	1,9	63
125	TDS-125000/220	242	6,3; 10,5; 13,8; 20	11	135	625	1,27	46,5
160	TRDSN-160000/220	230	11/ 11	12	167	960	1,08	39,7
200	TDS-200000/220	242	13,8; 5,75; 18	11	200	900	0,77	29
250	TDS-250000/220	242	13,8; 15,75	11	240	1125	0,55	23,2
400	TDS-400000/220	242	13,8; 15,75; 20	11	330	1600	0,29	14,5
630	TS-630000/220	242	15,75; 20	11	380	2200	0,17	9,2

3.4-jadval

Uch fazali uch chulgʻamli 110 kV kuchlanishli transformatorlar

S _N , MVA	Transformator turlari	U _N , kV			ΔP _{poʻl.} , kVt	ΔQ _{poʻl.} , kVAr	R _T , Om			X _T , Om		
		YUK	OʻK	PK			YUK	OʻK	PK	YUK	OʻK	PK
6,3	TMTN-6300/110	115	22; 38,5	6,6; 11	14	75,5	10	10	10	225	0	131
10	TDTN-10000/110	115	22; 38,5	6,6; 11	19	110	5,3	5,3	5,3	142	0	82

16	TDTN-16000/110	115	27,5; 22; 38,5	6,6; 11	26	168	2,7	2,7	2,7	88	0	52
25	TDTN-25000/110	115	11; 22; 38,5	6,6; 11	36	250	1,5	1,5	1,5	54	0	33
25	TDTNE-25000/110	115	38,5; 27,5	6,6; 11; 27,5	45	250	1,5	1,5	1,5	57	0	33
31,5	TDTP-31500/110	110	38,5	27,5	55	472	1,3	1,3	1,3	46,5	0	
40	TDTN-40000/110	115	11; 22; 27,5; 38,5	6,6; 11	50	360	0,95	0,95	0,95	35,4	0	20,6
63	TDTN-63000/110	115	38,5	6,6; 11	70	536	0,52	0,52	0,52	22,6	0	13,1
80	TDSTN-80000/110	115	38,5	6,6; 11	82	640	0,4	0,4	0,4	17,7	0	10,3

3.5-jadval

220 kV kuchlanishli uch chulgʻamli, uch fazali transformator va avtotransformatorlar

S _N , MVA	Transformator turlari	U _n , kV			$\Delta P_{\text{po'li}}$, kVt	$\Delta Q_{\text{po'li}}$, kVAr	R _T , Om			X _T , Om		
		YUK	OʻK	PK			YUK	OʻK	PK	YUK	OʻK	PK
25	TDTN-25000/220	230	22; 27,5; 38,5	6,6; 11	50	300	5,72	5,72	5,72	276	0	148
32	ATDTN-32000/220	230	121	6,6; 11; 38,5	32	192	3,74	3,74	750	198	0	364
40	TDTN-40000/220	230	22; 27,5; 38,5	6,6; 11	66	440	3,97	3,97	3,97	165	0	126
63	TDSTN-63000/220	230	22; 38,5	6,6; 11	91	630	2,13	2,13	2,13	109	0	92,5
63	ATDTN-63000/220	230	121	6,6; 11; 27,5; 38,5	45	315	1,43	1,43	3,9	100	0	193
80	ATDSTN-80000/220/ 110	230	121	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-
100	ATDSTN-100000/ 220/110	230	121	6,6; 11	75	500	0,69	0,69	1,38	60,8	0	103
125	ATDSTN-125000/ 220/110	230	121	38,5	85	625	0,5	0,5	1	48,6	0	82,5
160	ATDSTN-160000/ 220/110	230	121	6,6; 11	100	800	0,39	0,78	-	38	0	68

200	ATDSTN- 200000/ 220/110	230	121	6,6; 11; 13,8; 38,5	125	1000	0,2	0,2	1,15	30,4	0	54
-----	-------------------------------	-----	-----	------------------------------	-----	------	-----	-----	------	------	---	----

4–ilova

Kuchlanishni rostdlash hisobi uchun kerakli ma'lumotlar

4.1-jadval

Sinxron kompensatorlarning asosiy xarakteristikalar

Kompensatorning turi	Reaktiv quvvat Q , MVA _r	U_n , kV	Aktiv quvvat isrofi ΔP , kVt	Hisobiy narxi, ming rub.
KC-5000-6	5	6,3	150	-
KC-7500-6	7,5	6,6	200	-
KC-10000-6	10	6,6	288	120
KC-15000-6	15	6,6	355	140
KC-16000	16	6,6; 11	390	150
KC-25000-11	25	11	450	240
KC-30000-11	30	10,5	532	300
KCB-37500-11	37,5	10,5	570	340
KCB-50000-11	50	11	800	420
KCB-75000-11	75	11	915	620
KCB-100000-11	100	11	1350	815

Eslatma: agar sinxron kompensator chala qo'zg'algan rejimda ishlayotgan bo'lsa, unda CK iste'mol qilayotgan quvvat jadvaldagi quvvatning 0,6 qismini tashkil etadi deb hisoblanadi.

4.2- jadval

Kondensator batareyalarining asosiy xarakteristikalar

Batareyaning tipi	O'rnatilgan quvvati Q_{KB} , MVA _r	U_n , kV	Hisobiy narxi, ming rub.
KCA-0,66-20	3,4	6	30
KCA-0,66-20	5,3	10	40
KC2A-0,66-10	6,7	6	52
KC2A-0,66-10	10,6	10	76

4.3-jadval

Kuchlanishi 35-220 kV ga teng bo‘lgan RPN li pasaytiruvchi transformator va avtotransformatorlarning rostdash shoxobchalaridagi nominal kuchlanishlar

35 kV li sinf		110 kV li sinf		220 kV li sinf		Avtotransformator O‘K tomonidagi RPN	
Pog‘ona, %	Kuch-sh, kV	Pog‘ona, %	Kuch-sh, kV	Pog‘ona, %	Kuch-sh, kV	Pog‘ona, %	Kuch-sh, kV
-	-	+16,02	133,45	-	-	-	-
+12	41,15	+14,24	131,4	+12	257,6	-	-
+10,5	40,6	+12,46	129,35	+10,5	254,15	-	-
+9	40,05	+10,68	127,3	+9	250,7	+12	135,45
+7,5	39,5	+8,9	125,25	+7,5	247,25	+10	133,05
+6	38,95	+7,12	123,2	+6	243,8	+8	130,64
+4,5	38,4	+5,34	121,15	+4,5	240,35	+6	128,23
+3	37,85	+3,56	119,1	+3	236,9	+4	125,82
+1,5	37,3	+1,78	117,05	+1,5	233,45	+2	123,41
0	36,75	0	115	0	230	0	121
-1,5	36,2	-1,78	112,95	-1,5	226,55	-2	118,59
-3	35,65	-3,56	110,9	-3	223,1	-4	116,18
-4,5	35,10	-5,34	108,85	-4,5	219,65	-6	113,77
-6	34,55	-7,12	106,8	-6	216,2	-8	111,36
-7,5	34,0	-8,9	104,75	-7,5	212,75	-10	108,95
-9	33,45	-10,68	102,7	-9	209,3	-12	106,5
-10,5	32,9	-12,46	100,65	-10,5	205,85	-	-
-12	32,35	-14,24	98,6	-12	202,4	-	-
-	-	-16,02	96,55	-	-	-	-

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Крючков И.П., Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций. - М.: Энергия, 1978.
2. Петренко Л.И. Электрические сети: Сб.задач. - Киев: Виша школа, 1976.
3. Боровиков В.А., Кесарев В.К., Ходот Г.А. Электросети энергетических систем. - Л.: Энергия, 1977.
4. Справочник по проектированию электрических систем/Под ред. Рокотяна С.С. и Шапиро И.М. - М.: 1977.
5. Веников В.А. Электрические системы в примерах и иллюстрациях. - М.: Энергоатомиздат, 1983. 504 с.
6. Мельников Н.А. Электрические сети и системы. - М.: Энергия, 1969.
7. Каримов Х.Г., Расулов А.Н. Электр тармоқлари. - Тошкент, 1996.

MUNDARIJA:

1. KURS LOYIHASINI BAJARISH UCHUN ASOSIY KO‘RSATMALAR...	3
2. LOYIHALASH UCHUN TOPSHIRIQ VA DASTLABKI MA’LUMOTLAR.....	5
3. BERILGAN TUMAN ELEKTR TA’MINOTI UCHUN AKTIV VA REAKTIV QUVVATLAR BALANSINI TUZISH.....	6
4. BERILGAN TUMAN UCHUN ELEKTR TA’MINOTI SXEMALARINING HISOBLASH VARIANTLARINI QABUL QILISH..	9
5. RADIAL VARIANTINING ELEKTR HISOB–KITOBI.....	10
6. BERK ZANJIRLI VARIANTNING ELEKTR HISOBI.....	34
7. TANLANGAN ELEKTR TA’MINOTI VARIANTINI KUCHLANISH YO‘QOTILISHI BO‘YICHA HISOBLASH.....	41
8. ILOVALAR.....	48
9. FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI.....	60

Muharrir: Sidikova K.A.