

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

“ELEKTR TARMOQLARI VA TIZIMLARI”

fanidan amaliy mashg‘ulotlar uchun

USLUBIY QO‘LLANMA

Toshkent 2014

UDK 621.316

Tuzuvchilar: A.N.Rasulov, A.D.Taslimov, F.S.Mamarasulova, I.U.Raxmonov. “Elektr tarmoqlari va tizimlari” fanidan amaliy mashg‘ulotlar uchun uslubiy qo‘llanma. – Toshkent, ToshDTU, 2014. 90 b.

“Elektr tarmoqlari va tizimlari” fanidan amaliy mashg‘ulotlar uchun uslubiy qo‘llanma elektr energetikasi va kasb ta’limi yo‘nalishida taxsil oladigan talabalarni fanni o‘zlashtirish jarayonida olgan nazariy bilimlarini kengaytirish va mustahkamlashni o‘ziga maqsad qiladi.

Amaliy mashg‘ulotlar jarayonida talabalarning amaliy jihatdan mahoratlari o‘sib, mutaxassislikka oid masalalarni ma’lumotnoma materiallaridan mustaqil foydalangan holda yechish usullarini o‘rganadilar.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashining qaroriga asosan chop etildi.

Taqrizchilar:

F.A.Xoshimov – O‘zFA “Energetika va avtomatika” instituti laboratoriya mudiri, t.f.d., professor.

E.G.Usmanov – ToshDTU “Elektr stansiyalari, tizimlari va tarmoqlari” kafedrası dotsenti.

KIRISH

“Elektr tarmoqlari va tizimlari” fanidan misollarni yechish talabalarni o‘qitishning asosiy bir bosqichi hisoblanib, talabalarning fanni o‘zlashtirish jarayonida olgan nazariy bilimlarini kengaytirish, sistemallashtirish va mustahkamlashni o‘ziga maqsad qiladi.

Amaliy mashg‘ulotlar jarayonida talabalarning amaliy jihatdan mahoratlari o‘sib, mutaxassislikka oid masalalarni ma’lumotnoma materiallaridan mustaqil foydalangan holda yechish usullarini o‘rganadilar.

Amaliy mashg‘ulotlarni muvafaqiyatli o‘tkazish uchun o‘zida qisqacha nazariy ma’lumotlar, masalalarni yechishda misollar, namunali misollar va zarur ma’lumot materiallari keltirilgan amaliy ko‘rsatmalar zarur.

Ushbu uslubiy qo‘llanmada keltirilgan misollar elektr tarmoqlari va tizimlari darsligining ko‘pgina qismlarini o‘z ichiga oladi. Jumladan:

1. Havo va kabel liniyalarining parametrlarini hisoblash.
2. Ikki, uch chulg‘amli transformatorlar va avtotransformatorlarning parametrlarini hisoblash.
3. Liniya va transformatorlarda quvvat va energiya isrofini hisoblash.
4. Liniyalarda kuchlanish yo‘qotilishini hisoblash.
5. Ochiq zanjirli tarmoq parametrlarini hisoblash.
6. Ikki tarafdan ta’minlanuvchi elektr tarmoqlarining ish tartibini hisoblash.
7. Sim va kabellarning kesim yuzasini tokning iqtisodiy zichligi va kuchlanishini ruxsat etilgan yo‘qotilishi bo‘yicha tanlash.
8. Berk zanjirli tarmoqlarni hisoblash.

1. Havo va kabel liniyalari parametrlarini hisoblash

1.1 Nazariy qism

Uzatuv liniyasini nazariy jihatdan uzunligi davomida bir tekisda joylashgan ko'p sonli aktiv va reaktiv qarshiliklar hamda o'tkazuvchanliklardan iborat deb faraz qilish mumkin. Ammo bunday tarmoqlarni hisoblash murakkab, shuning uchun aktiv R , reaktiv X qarshiliklar hamda aktiv G va reaktiv V o'tkazuvchanliklardan iborat liniya uchun yig'ilgan parametrli almashtiruv sxemasini qo'llash maqsadga muvofiqdir.

1 km uzunlikdagi simning normal haroratdagi ($t=20^0$) aktiv qarshiligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$r_o = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F}, \text{ Om/km} \quad (1.1)$$

bu yerda: ρ - solishtirma qarshilik, $\text{Om}\cdot\text{mm}^2/\text{km}$ (mis uchun $\rho=18,8 \text{ Om}\cdot\text{mm}^2/\text{km}$, alumin uchun $\rho=31,5 \text{ Om}\cdot\text{mm}^2/\text{km}$);

γ - solishtirma o'tkazuvchanlik, $\text{km}/\text{Om}\cdot\text{mm}^2$, (alumin uchun $\gamma=0,0317 \text{ km}/\text{Om}\cdot\text{mm}^2$; mis uchun $\gamma=0,053 \text{ km}/\text{Om}\cdot\text{mm}^2$);

F - simning ko'ndalang kesim yuzasi, mm^2 .

Normal holatda havo liniyasining aktiv qarshiligi:

$$R = r_o \cdot l, \text{ Om} \quad (1.2)$$

bu yerda: r_o - 1 km simning hisoblangan aktiv qarshilik qiymati, Om/km ;
 l - liniyaning uzunligi, km.

Normal haroratdagi 1 km havo liniyasining induktiv qarshiligi quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$x_o = (0,144 \lg \frac{D_{o'r}}{r_s} + 0,016), \text{ Om/km} \quad (1.3)$$

bu yerda: r_s - simning radiusi, sm.

Havo liniyasining umumiy induktiv qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$X = x_o \cdot l, \text{ Om} \quad (1.4)$$

bu yerda: $D_{o'r}$ - faza simlari o'rtasidagi o'rtacha geometrik masofa.

$D_{o'r}$ quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$D_{o'r} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{31}}, \text{ sm} \quad (1.5)$$

bu yerda: D_{12} , D_{23} , D_{31} - ayrim faza simlari orasidagi masofa, sm.

330-750 kV li elektr uzatuv liniyalarida induktiv qarshilikni kamaytirish uchun har bir faza simi 2-3 ta simga bo'linadi. Unda x_o quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$x_o = (0,144lg \frac{D_{o'r}}{r_{ek}} + \frac{0,016}{n}), Om/km \quad (1.6)$$

bu yerda: r_{ek} - bo'lingandagi ekvivalent radius.

r_{ek} quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$r_{ek} = \sqrt[r_s \cdot a_{o'r}^{n-1}]{} \quad (1.7)$$

bu yerda: n- fazadagi simlar soni;

$a_{o'r}$ - bir fazadagi simlar o'rtasidagi o'rtacha geometrik masofa, sm;

r_{ek} - simlarning bo'lingandan keyingi ekvivalent radiusi, sm.

1 km havo liniyasining aktiv o'tkazuvchanligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$g = \Delta P_{toj} \cdot 10^{-3} / U_h^2, Sm/km \quad (1.8)$$

bu yerda: ΔP_{toj} - tojlanishdagi quvvat isrofi (kW/km) ob-havoga bog'liq bo'lib, jadvaldan yoki quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\Delta P_{toj} = \frac{0,18}{\delta} \sqrt{\frac{r_s}{D_{o'r}}} (U_f - U_{kr})^2, kW/km \quad (1.9)$$

bu yerda: δ – barometr bosimi va haroratni hisobga oluvchi koeffitsient ($t=25^0$ da $\delta=1$);

U_{kr} - kritik kuchlanish, kV.

Kritik kuchlanish U_{kr} quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$U_{kr} = 48,9 m_0 m_n \delta \lg \frac{D_{o'r}^2}{r_c}, kV \quad (1.10)$$

bu yerda: m_0 – sim yuzasi silliqiligini hisobga oluvchi koeffitsient. Ko'p tolali sim uchun $m_0=0,83 \div 0,87$;

m_n – ob-havoni holatini hisobga oluvchi koeffitsient. Quruq ob-havoda $m_n=1$, yomon ob-havo (tuman, yomg'ir, qor) da $m_n=0,8$.

Tojlanishga bo'lgan quvvat isrofining yo'qligi holati uchun simlar markasi, eng kichik kesim yuzasi va diametri 1-ilovadagi 1-jadvalda keltirilgan.

Kabel liniyalarining aktiv o'tkazuvchanligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$G = g \cdot l, sm \quad (1.11)$$

Kabel liniyalarining uzunligi katta bo'lmaganligi va g ning qiymati kichik bo'lgani uchun ko'p hollarda bu o'tkazuvchanlik hisobga olinmaydi.

Liniyalardagi reaktiv (sig'im) o'tkazuvchanligi fazalar orasida fazalar bilan yer orasida sig'im borligi tufayli yuzaga keladi. Kabel liniyalarida

sigʻim oʻtkazuvchanligi esa tok oʻtkazuvchi tomirlarni oʻrgan dielektrdagi elektr maydonining taʼsiri tufayli yuzaga keladi.

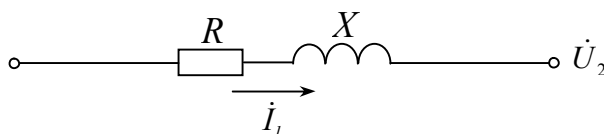
1 km liniyaning sigʻim oʻtkazuvchanligi:

$$b_o = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{D_{o'r}}{r_s}}, \text{ Sm/km} \quad (1.12)$$

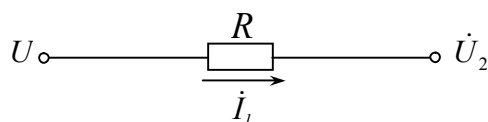
Liniyalardagi sigʻim oʻtkazuvchanligi zaryad toki, yaʼni liniya generatsiya qiladigan reaktiv quvvatni yuzaga keltiradi.

$$Q_s = U^2 b_o l, \text{ MVar} \quad (1.13)$$

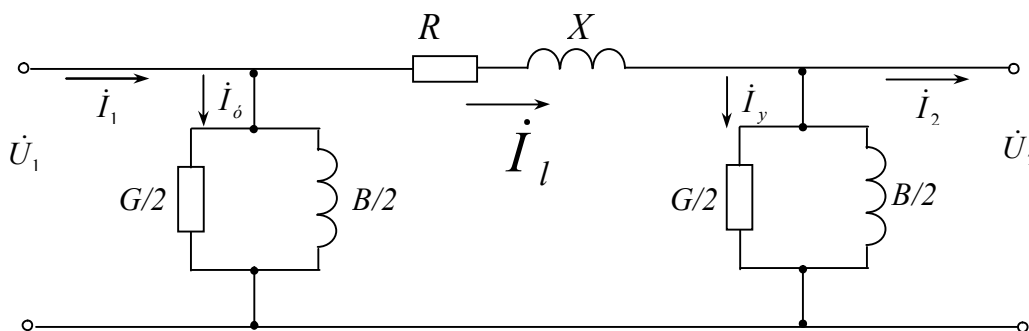
1.1-rasmda mahalliy havo tarmogʻining almashtirish sxemasi keltirilgan. 35 kV va undan kichik kuchlanishli mahalliy tarmoqlarda zaryad quvvati hisobga olinmaydi, izolatorlarda yoʻqoladigan toklar sababli boʻladigan aktiv quvvat isrofi ham juda kichik, shuning uchun bunday tarmoqlardagi aktiv oʻtkazuvchanlik G ni nolga teng deb hisoblash mumkin. Uch fazali kabel liniyalarida induktiv qarshilik X ham hisobga olinmaydi, chunki tok oʻtkazuvchi tomirlar juda yaqin joylashgan. Almashtiruv sxema (1.2-rasm) bunda juda soddalashadi. 110 kV va undan yuqori kuchlanishli havo liniyalarining almashtiruv sxemasi 1.3-rasmda koʻrsatilgan.



1.1-rasm. Mahalliy havo tarmogʻining almashtirish sxemasi



1.2-rasm. 35 kV va undan kichik kuchlanishli havo liniyalarining almashtirish sxemasi



1.3-rasm. 110 kV va undan yuqori kuchlanishli havo liniyalarining almashtirish sxemasi

1.2 Masalalarni yechish uchun misollar

1-masala. 45 km uzunlikka ega bo'lgan AC-95 simlardan tayyorlangan 110 kV li elektr uzatuv liniyasining almashtirish sxemasi parametrlarini aniqlang. Simlarni tayanchlarda osilishi gorizontol, faza simlari orasidagi masofa - 4 m, liniyada transpozitsiya amalga oshirilgan.

Yechish. Alumin uchun $\rho = 31,5 \text{ Om}\cdot\text{mm}^2/\text{km}$ va $\gamma = 0,0317 \text{ km}/\text{Om}\cdot\text{mm}^2$ ekanligini hisobga olib, 1 km liniyaning aktiv qarshiligini aniqlaymiz. Unda:

$$r_i = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F} = \frac{31,5}{95} = \frac{1000}{0,0317 \cdot 95} = 0,33 \text{ Om}/\text{km}$$

Liniyaning aktiv qarshiligi:

$$R = r_0 \cdot \ell = 0,33 \cdot 45 = 14,85 \text{ Om}$$

Simlar orasidagi o'rtacha geometrik masofani hisobga olib, 1 km liniyaning induktiv qarshiligini hisoblaymiz.

$$D_{o'r} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{31}} = \sqrt[3]{4 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 10^6} = 504 \text{ sm}$$

AC-95 simning diametrini 1-ilovadagi 1-jadvaldan ($2r_s = 13,5 \text{ mm}$) aniqlaymiz. Unda:

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{o'r}}{r_s} + 0,016 = (0,144 \lg \frac{504}{0,675} + 0,016) = 0,431 \text{ Om}/\text{km}$$

Liniyaning induktiv qarshiligi:

$$X = x_0 \cdot \ell = 0,431 \cdot 45 = 19,395 = 19,4 \text{ Om}$$

1 km liniyaning aktiv o'tkazuvchanligini aniqlash uchun dastlab kritik faza kuchlanishini aniqlash kerak.

$$U_{kr} = 48,9 m_0 m_n \delta r_c \lg \frac{D_{o'r}^2}{r_s} = 48,9 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,675 \lg \frac{504^2}{0,675} = 76,5 \text{ kV}$$

Simlarning gorizontol joylashishida o'rtadagi simning kritik kuchlanishi:

$$U_{kr1} = 0,96 U_{kr} = 0,96 \cdot 76,5 = 73,4 \text{ kV}$$

Chetdagi simlarda:

$$U_{kr2} = 1,06 U_{kr} = 1,06 \cdot 76,5 = 81,09 \text{ kV}$$

$$U_{f1} = \frac{110}{\sqrt{3}} = 63,5 \text{ kV}$$

Liniyaning eng katta faza kuchlanishi kritik kuchlanishdan kichik, shuning uchun liniyaning butun uzunligi davomida tojlanish bo'lmaydi. Hisoblarsiz bunday xulosaga kelish mumkin, agar 1-ilovadagi 3-jadvaldan foydalansak, unda tojlanishdagi quvvat isrofi bo'lmaydigan simning eng

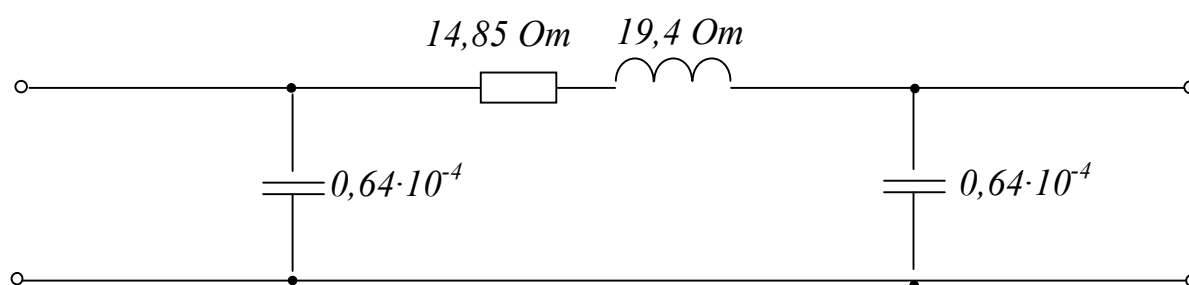
kichik diametri ko'rsatilgan. 110 kVli elektr uzatish liniyasi uchun bunday sim AC-70 hisoblanadi.

1 km uzunlikdagi liniyaning sig'im o'tkazuvchanligini quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz:

$$b_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{D_{o'r}}{r_s}} = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{504}{0,675}} = 2,84 \cdot 10^{-6} \text{ Sm/km}$$

Liniyaning sig'im o'tkazuvchanligi:

$$B = b_0 \cdot l = 2,84 \cdot 10^{-6} \cdot 45 = 1,28 \cdot 10^{-4} \text{ Sm}$$



1.4-rasm. 110 kVli elektr uzatish liniyasining almashtirish sxemasi

2-masala. 330 kVli EUL faza simlari gorizantal joylashgan, ular orasidagi masofa 10 m liniyada, agar AC-600/72 sim o'rniga fazada ikkita AC-300/27 markali sim tanlansa, 1 km uzunlikda induktiv va sig'im o'tkazuvchanliklari o'zgarishini aniqlang.

Yechish. Faza simlari orasidagi o'rtacha geometrik masofani aniqlaymiz:

$$D_{o'r} = 1,26 \cdot D = 1,26 \cdot 10 = 12,6 \text{ m}$$

1-ilovadagi 1-jadvaldan AC-600/72 sim diametrini aniqlaymiz. $2r_s = 33,2 \text{ mm}$.

1 km uzunlikdagi simning induktiv qarshiligini aniqlaymiz:

$$x_0 = (0,144 \lg \frac{D_{o'r}}{r_s} + 0,016) = 0,144 \lg \frac{12600}{16,6} + 0,016 = 0,43 \text{ Ohm/km}$$

Ushbu simning 1 km uchun sig'im o'tkazuvchanligini aniqlaymiz:

$$b_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{D_{o'r}}{r_s}} = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{12600}{16,6}} = 2,63 \cdot 10^{-6} \text{ Sm/km}$$

Fazalari bo'lingan 1 km uzunlikdagi simning induktiv qarshiligini aniqlaymiz:

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{o'r}}{r_{ek}} + \frac{0,016}{n} = 0,144 \lg \frac{12600}{69,86} + \frac{0,016}{2} = 0,33 \text{ Om / km}$$

Bunda $r_{ek} = \sqrt{r_s \cdot a_{o'r}^{n-1}} = \sqrt{12,2 \cdot 400} = 69,86 \text{ mm}$ (Bu yerda AC-300/27 sim uchun $r_s = 12,2 \text{ mm}$)

Fazalari bo'lingan 1 km uchun sig'im o'tkazuvchanligini aniqlaymiz:

$$b_o = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{D_{o'r}}{r_s}} = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{12600}{69,86}} \approx 3,36 \cdot 10^{-6} \text{ Sm / km}$$

Shunday qilib, faza simini ikkiga bo'lganimizda 1 km uzunlikdagi simning induktiv qarshiligi o'zgaradi

$$\frac{0,33}{0,43} 100 = 76,7\%$$

Ya'ni 23,3 % ga induktiv qarshilik kamayadi, 1 km uzunlikdagi sig'im o'tkazuvchanligi bo'ladi.

$\frac{3,36 \cdot 10^{-6}}{2,63 \cdot 10^{-6}} 100\% = 127,7\%$, ya'ni 27,7% ga sig'im o'tkazuvchanligi kattalashadi.

3-masala. AC-150/34 simdan tayyorlangan faza simlari o'rtasida o'rtacha geometrik masofa 7 m bo'lgan 220 kV kuchlanishli 130 km uzunlikdagi havo liniyasida yaxshi va yomon ob-havoda tojlanishga bo'lgan quvvat isrofini va liniyada generatsiya qilinadigan reaktiv quvvat miqdorini aniqlang.

Yechish. Tojlanishga bo'lgan quvvat isrofini aniqlaymiz.

1-ilovadagi 1-jadvaldan AC-150/34, $2r_s=17,5 \text{ mm}$ da yaxshi ob-havoda $b=1$, $m_s=1$ va kritik faza kuchlanishi.

$$U_{krf} = 48,9 m_0 m_n \delta r_c \lg \frac{D_{o'r}^2}{r_s} = 48,9 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,875 \lg \frac{7000}{8,75} = 105,6 \text{ kV}$$

Yomon ob-havoda $b=0,9$; $m_s=0,8$.

$$U_{krf} = 48,9 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,875 \lg \frac{7000}{8,75} = 76,2 \text{ kV}$$

Yaxshi ob-havoda 1 km uzunlikdagi liniyaning quvvat isrofi:

$$\Delta P_{toj} = \frac{0,18}{\delta} \sqrt{\frac{r_s}{D_s}} (U_f - U_{krf})^2 = \frac{0,18}{1} \sqrt{\frac{8,75}{7000}} \left(\frac{220}{\sqrt{3}} - 105,6 \right)^2 = 2,9 \text{ kW / km}$$

Yomon ob-havoda liniyadagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{toj} = \frac{0,18}{\delta} \sqrt{\frac{r_s}{D_s}} (U_f - U_{krf})^2 = \frac{0,18}{0,9} \sqrt{\frac{8,75}{7000}} \left(\frac{220}{\sqrt{3}} - 76,02 \right)^2 = 18,5 \text{ kW / km}$$

Yaxshi ob-havoda liniyadagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_g = \Delta P_{toj} \cdot l = 2,96 \cdot 130 = 384,8 \text{ kW / km}$$

Hisoblar shuni ko'rsatadiki, AC-150/34 ($d_s=17,5\text{mm}$) simni 220 kVli liniyalarda quvvat isrofi katta bo'lganligi sababli ishlatishga ruxsat etilmaydi, chunki yaxshi ob-havoda isrof bo'lmashligi kerak.

1 km uzunlikdagi liniyaning sig'im o'tkazuvchanligini aniqlaymiz:

$$b_o = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{D_{or}}{r_s}} = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{7000}{8,75}} = 2,61 \cdot 10^{-6} \text{ Sm / km}$$

Liniya generatsiya qiladigan reaktiv quvvat:

$$Q_c = U^2 b_o \cdot l \cdot 10^3 = 220^2 \cdot 2,61 \cdot 10^{-6} \cdot 130 \cdot 10^3 = 16422 \text{ kVAr} = 16,4 \text{ MVar}$$

1.3 Mustaqil yechish uchun misollar

1-misol. 220 kV li 150 km uzunlikdagi AC-240 simli elektr uzatish liniyasi fazalari bir-biridan o'rtacha 7 m geometrik masofada joylashgan. Elektr uzatish liniyasining parametrlarini, yaxshi va yomon ob-havoda tojlanishdagi quvvat isrofini hamda liniya generatsiya qiladigan reaktiv quvvatni aniqlang.

2-misol. Sanoat korxonasi 10 kV kuchlanishli ikki manbadan havo va kabel liniyalari orqali ta'minlanadi. Havo liniyasining uzunligi 10 km bo'lib, fazalari orasidagi masofa-3 m li AC-95 simdan tayyorlangan. Kabel liniyasining uzunligi (AAB-95) 6 km. Ko'rsatilgan liniyalar almashtirish sxemasi parametrlarini aniqlang.

3-misol. Zavod podstansiyasidan 6 kV kuchlanishda sexga ACБ-120 kabel orqali elektr energiya uzatiladi. Agar uzatuv liniyasi AC-95 havо liniyasiga almashtirilsa, uning qarshiligi qanday o‘zgaradi? Liniyaning uzunligi 5 km.

4-misol. 110 kV li 85 km uzunlikdagi AC-95 simdan tayyorlangan liniyaning almashtirish sxemasini tuzing va parametrlarini aniqlang. Liniyada faza simlari gorizantal joylashgan va ular orasidagi masofa 5 m.

5-misol. ACK-95 simdan tayyorlangan 110 kV li liniya qarshiligi $z_l=15,51 \text{ Om}$. Agar $D_{o,r}=5\text{m}$ bo‘lsa, liniya uzunligini aniqlang.

6-misol. Uzunligi 15 km bo‘lgan AC-70 simdan tayyorlangan ikki tizimli havо liniyasining almashtirish sxemasini tuzing va parametrlarini aniqlang. Liniya simlari orasidagi masofa 1 m, liniya parallel ishlaydi. Bir tayanchda joylashgan simlarning o‘zaro ta’sirini hisobga olmang.

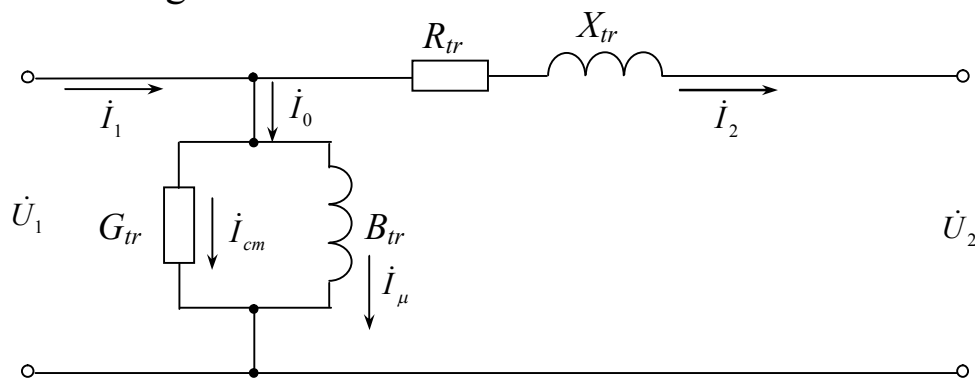
7-misol. 6 kV li 5 km uzunlikdagi AC-50 simdan tayyorlangan EULning parametrlarini aniqlang. Liniya simlari gorizantal joylashgan, ular orasidagi masofa 1,2 m.

8-misol. 380/220 V li yoritgich liniyasining almashtirish sxemasini tuzing. Taqsimlash punkitini ta’minlovchi 25 m uzunlikdagi liniya 4 tomirli 50 mm^2 kesim yuzali kabeldan tayyorlangan, 5 ta taqsimlash punkitidan ketayotgan 40 m uzunlikdagi bir fazali liniyalar 6 mm^2 kesim yuzali simdan tayyorlangan. Faza va nol sim orasidagi masofa 200 mm. Almashtirish sxemasi parametrlarini aniqlang.

2. Ikki, uch chulg‘amli transformatorlar va avtotransformatorlarning parametrlarini hisoblash

2.1 Nazariy qism

Podstansiyalarga ikki va uch chulg‘amli, past kuchlanishning chulg‘ami bo‘lingan transformatorlar va avtotransformatorlar o‘rnatiladi.



2.1-rasm Ikki chulg‘amli transformatorning almashtirish sxemasi

Ikki chulgʻamli transformatorlarni hisoblash uchun 2.1-rasmda koʻrsatilgan G-koʻrinishdagi almashtirish sxemasidan foydalaniladi.

Bir faza uchun transformatorning aktiv qarshiligi quyida keltirilgan maʼlumotlar asosida aniqlanadi:

$$R_t = \frac{\Delta P_{qt} U_n^2 \cdot 10^3}{S_n^2}, \text{ Om} \quad (2.1)$$

bu yerda: ΔP_{qt} -qisqa tutashuv holatida aktiv quvvat isrofi, kW;

U_n -nominal kuchlanish, kV;

S_n - nominal quvvat, kVA.

Transformatorning reaktiv qarshiligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$X_m = \frac{U_{qt} U_n^2 \cdot 10^3}{S_n}, \text{ Om} \quad (2.2)$$

bu yerda: U_{qt} - qisqa tutashuv kuchlanishi, %.

Gisterezis va uyurma toklari tufayli transformatorning poʻlatidagi aktiv quvvat isrofini yuzaga keltiruvchi aktiv oʻtkazuvchanlik, bir faza uchun quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$G_T = \frac{\Delta P_{syu}}{U_n^2 \cdot 10^3}, \text{ Sm} \quad (2.3)$$

bu yerda: ΔP_{syu} - salt yurish holatidagi aktiv quvvat isrofi, kW

Asosiy magnit oqimi sababli boʻladigan reaktiv oʻtkazuvchanlik quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$B_T = \frac{\Delta Q_\mu}{U_n^2 \cdot 10^3}, \text{ Sm} \quad (2.4)$$

bu yerda: $\Delta Q_\mu = \frac{I_{syu} S_n}{100}$ - reaktiv quvvat isrofi, kVAr;

I_{syu} - nominal tokka nisbatan foiz hisobidagi salt yurish toki, A.

Uch chulgʻamli transformatorlar 100/100/100 tamoyilida ishlaganda, yaʼni har bir chulgʻami nominal quvvatga hisoblanganda har bir chulgʻamning aktiv qarshiliklari quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{T1} = R_{T2} = R_{T3} = 0,5 R_{Tumum} \quad (2.5)$$

bu yerda: R_{Tumum} (2.1) ga asosan ΔP_{kt} yordamida aniqlanadi.

Transformator 100/100/66,7 ishlanganda aktiv qarshilik quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{T1} = R_{T2} = 0,5 R_{Tumum}, \quad R_{T3} = 0,75 R_{Tumum} \quad (2.6)$$

100/66,7/100 ishlanganda esa quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{T1} = R_{T3} = 0,5 R_{Tumum}, \quad R_{T2} = 0,75 R_{Tumum} \quad (2.7)$$

Uch chulg'amli transformatorlarning induktiv qarshiligini aniqlash uchun qisqa tutashuv kuchlanishini foiz hisobida almashtirish sxemasi yulduz nurlarining har biri uchun hisoblash kerak.

$$\begin{aligned} U_{qt1} &= 0,5(U_{qt1-2} + U_{qt1-3} - U_{qt2-3}) \\ U_{qt2} &= 0,5(U_{qt2-3} + U_{qt1-2} - U_{qt1-3}) \\ U_{qt3} &= 0,5(U_{qt1-3} + U_{qt2-3} - U_{qt1-2}) \end{aligned} \quad (2.8)$$

Shundan so'ng (2.2) ifoda ishlatiladi.

Avtotransformatorlarning xarakterli xususiyati, bu nominal quvvat S_n , namunaviy quvvat S_t va ular orasidagi bog'lanish:

$$S_t = a \cdot S_n, \quad a = 1 - \frac{U_{or}}{U_{yu}} = 1 - \frac{1}{K}$$

bu yerda: $K = U_{yu} / U_u$

U_{or} - o'rta chulg'am kuchlanishi;

U_{yu} -yuqori chulg'am kuchlanishi.

Avtotransformatorlar uchun ham qisqa tutashuv kuchlanishlari (2.8) ifodalar yordamida aniqlanadi. Keyin induktiv qarshiliklar (2.2) ifoda orqali aniqlanadi. Lekin dastlab kuchlanishlarni quyidagicha bir kuchlanish pog'onasiga keltirish kerak.

$$U_{qt1-2} = U'_{k1-2}, \quad U'_{qt1-3} = U_{qt1-3}(S_{nom}/S_t), \quad U'_{qt2-3} = U_{qt2-3}(S_{nom}/S_t).$$

Almashtirish sxemasining aktiv qarshiliklarini aniqlash uchun barcha qisqa tutashuv quvvat isrofi avtotransformatorlar nominal quvvatiga keltirilishi kerak.

$$\Delta P'_{qt1-3} = \Delta P_{qt1-3}(S_{nom}/S_t)^2, \quad \Delta P'_{qt1-2} = \Delta P'_{qt1-2}, \quad \Delta P'_{qt2-3} = \Delta P'_{qt2-3}(S_{nom}/S_t)^2.$$

Unda

$$R_{1-2} = \frac{\Delta P'_{qt1-2} U_n^2 \cdot 10^3}{S_n^2}, \quad R_{1-3} = \frac{\Delta P'_{qt1-3} U_n^2 \cdot 10^3}{S_n^2},$$

$$R_{2-3} = \frac{\Delta P'_{qt2-3} U_n^2 \cdot 10^3}{S_n^2},$$

$$R_1 = 0,5(R_{1-2} + R_{1-3} - R_{2-3}), \quad R_2 = 0,5(R_{1-2} + R_{2-3} - R_{1-3}), \quad R_3 = 0,5(R_{2-3} + R_{1-3} - R_{1-2}).$$

2.2 Masalalarni yechish uchun misollar

1-masala. Uch fazali ikki chulg'amli ТРДС-80000/220 transformatori almashtiruv sxemasi parametrlarini aniqlang.

Yechish. 2-ilovadagi 4-jadvaldan transformator uchun texnik ma'lumotlarni yozib olamiz.

$$S_{nt}=80000 \text{ kVA}, \quad U_n=242 \text{ kV}, \quad P_{syu}=105 \text{ kW}, \\ \Delta P_{qt}=320 \text{ kW}, \quad I_{syu}=0,6\%, \quad U_{qt}=11\%.$$

Chulg'amlarning aktiv qarshiligi:

$$P_t = \frac{\Delta P_{qt} U_n^2 \cdot 10^3}{S_n^2} = \frac{320 \cdot 242^2 \cdot 10^3}{80000^2} = 2,93 \text{ Om}$$

Chulg'amlarning induktiv qarshiligi:

$$X_t = \frac{U_{qt} \cdot U_n^2 \cdot 10^3}{S_n} = \frac{11 \cdot 242^2 \cdot 10^3}{80000} = 80,5 \text{ Om}$$

Transformatorning aktiv o'tkazuvchanligi:

$$G_t = \frac{\Delta P_{syu}}{U_n^2 \cdot 10^3} = \frac{105 \cdot 10^{-3}}{242^2} = 1,79 \cdot 10^{-6} \text{ Sm}$$

Transformatorning reaktiv o'tkazuvchanligi:

$$B_t = \frac{\Delta Q_{\mu}}{U_n^2 \cdot 10^3} = \frac{I_{syu} \% S_n}{U_n^2 \cdot 10^3 \cdot 100} = \frac{0,6 \cdot 80000}{242^2 \cdot 10^5} = 7,58 \cdot 10^{-6} \text{ Sm}$$

2-masala. Uch fazali uch chulg'amli ТДЦН-63000/220 transformatori uch nurlu almashtiruv sxemasining yuqori kuchlanishga keltirilgan parametrlarini aniqlang.

Yechish. 2-ilovadagi 4-jadvaldan texnik ma'lumotlarni yozib olamiz.

$$S_{nt}=63000 \text{ kVA}, \quad U_n=230 \text{ kV}, \quad P_{s.yu.}=91 \text{ kW}, \quad \Delta P_{qt}=320 \text{ kW}, \\ I_{syu}=1,0 \%, \quad U_{qt1-2}=11\%, \quad U_{qt1-3}=12,5\%, \quad U_{qt2-3}=10,5\%.$$

Chulg'am quvvatlari orasidagi bog'lanish 100/100/100.

Qisqa tutashuv quvvat isrofi ΔP_{qt} qisqa tutashuv tajribasida ikkita chulg'am ishtirok etgan holat uchun berilgan. Umumiy aktiv qarshilik qiymatini aniqlaymiz:

$$R_{umum} = \frac{\Delta P_{qt} U_{qt}^2 \cdot 10^3}{S_n^2} = \frac{320 \cdot 230^2 \cdot 10^3}{63000^2} = \frac{16928}{3963} = 4,26 \text{ Om}$$

Chulg'amlarning aktiv qarshiliklarini aniqlaymiz:

$$R_{T_1} = R_{T_2} = R_{T_3} = 0,5 R_{T_{umum}} = 0,5 \cdot 4,26 = 2,13 \text{ Om}$$

Uch fazali almashtiruv sxemasi nurlarining qisqa tutashuv kuchlanishi:

$$U_{qt1}=0,5(U_{qt1-2}+U_{qt1-3}-U_{qt2-3})=0,5(24+12,5-10,5)=13\%$$

$$U_{qt2}=0,5(U_{qt2-3}+U_{qt1-2}-U_{qt1-3})=0,5(24+10,5-12,5)=11\%$$

$$U_{qt3}=0,5(U_{qt1-3}+U_{qt2-3}-U_{qt1-2})=0,5(10,5+12,5-24)=0$$

Nurlarning induktiv qarshiliklarini aniqlaymiz:

$$X_{T1} = \frac{U_{qt1} \cdot U_n^2 \cdot 10^3}{S_n} = \frac{13 \cdot 242^2 \cdot 10^3}{63000} = 120,84 \text{ Om}$$

$$X_{T2} = \frac{U_{qt2} \cdot U_n^2 \cdot 10^3}{S_n} = \frac{11 \cdot 242^2 \cdot 10^3}{63000} = 102,25 \text{ Om}$$

$$X_{T3} = \frac{U_{qt3} \cdot U_n^2 \cdot 10^3}{S_n} = 0$$

Hisoblardan ko‘rinadiki, katta quvvatli transformatorlarda aktiv qarshilik induktiv qarshilikka nisbatan ancha kichik bo‘lganligi sababli hisobga olinmasa ham bo‘ladi.

Transformatorning aktiv o‘tkazuvchanligi:

$$G_T = \frac{\Delta P_{syu}}{U_n^2 \cdot 10^3} = \frac{91}{242^2 \cdot 10^3} = 1,55 \cdot 10^{-6} \text{ Sm}$$

Reaktiv quvvatni aniqlaymiz:

$$Q_\mu = \frac{I_{syu} \cdot S_n}{100} = \frac{1,1 \cdot 63000}{100} = 693 \text{ kVAr}$$

Transformatorning reaktiv o‘tkazuvchanligi:

$$B_r = \frac{\Delta Q_\mu}{U_n^2 \cdot 10^3} = \frac{693}{242^2 \cdot 10^3} = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ Sm}$$

3-masala. Birlamchi va ikkilamchi chulg‘amlari nominal kuchlanishga keltirilgan TM-630/10 transformatorning almashtirish sxemasi parametrlarini aniqlang.

Yechish. 2-ilovadagi 1-jadvaldan transformator uchun ma’lumotlar olamiz.

$$S_{nt}=630 \text{ kVA}; \quad U_{nyu}=10 \text{ kV}; \quad U_{np}=0,4 \text{ kV}; \quad \Delta P_{qt}=8,5 \text{ kW}; \\ \Delta P_{syu}=1,65 \text{ kW}; \quad \Delta U_{qt}=5,5\%; \quad I_{s,yu}=3\%$$

Kuchlanishni kV da, quvvatni mVA da, qarshilikni Om da va o‘tkazuvchanlikni – Sm (simens)da olamiz. Transformatorning birlamchi chulg‘am (10kV) va ikkilamchi chulg‘am (0,4kV) ga keltirilgan r_t va r_t^p larni aniqlaymiz. Yuqori kuchlanishga keltirilgan r_t ni hisoblashda

$U_{yu.nom}=10$ kV ni, past kuchlanish tomoniga keltirilgan r_{tp} ni hisoblashda $U_{p.nom}=0,4$ kV qiymatlarni qo‘yamiz.

$$r_{tyu} = \frac{\Delta P_{qt} \cdot U_{yu.nom}^2}{S_n^2} = \frac{8,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2}{0,63^2} = 2,14 \text{ Om}$$

$$r_{tp} = \frac{\Delta P_{qt} \cdot U_{p.nom}^2}{S_n^2} = \frac{8,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4^2}{0,63^2} = 3,43 \cdot 10^3 \text{ Om}$$

Kichik quvvatli transformator chulg‘amlarining induktiv qarshiligini aniqlash uchun $U_{qt}\%$ ga teng bo‘lmagan $U_{qt.r}\%$ ni aniqlash kerak. Shuning uchun oldindan aktiv qarshilikdagi kuchlanish yo‘qotilishini foizda $U_{qt.a}\%$, keyin $U_{qt.r}\%$ da topamiz:

$$U_{qt.a}\% = \frac{\sqrt{3}I_{nom} \cdot r_t}{U_n^2} 100\% = \frac{S_n r_t}{U_n^2} 100\% = \frac{\Delta P_{qt}}{S_n} 100\% = \frac{8,5 \cdot 10^{-3}}{0,63} 100\% = 1,35\%$$

$$U_{qt.r}\% = \sqrt{U_{qt}^2 - U_{qt.a}^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,35^2} = 5,33\%$$

Bu qiymatdan X_{tyu} va X_{tp} ni topamiz:

$$X_{tyu} = \frac{U_{qt.r}''\% \cdot U_{yu.nom}^2}{100S_n} = \frac{5,33 \cdot 10^2}{100 \cdot 0,63} = 8,64 \text{ Om}$$

$$X_{tp} = \frac{U_{qt.r}''\% \cdot U_{p.nom}^2}{100S_n} = \frac{5,33 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 0,63} = 1,35 \cdot 10^{-2} \text{ Om}$$

Magnitlashning aktiv o‘tkazuvchanligini aniqlaymiz:

$$G_{tyu} = \frac{\Delta P_{syu}}{U_{yu.nom}^2} = \frac{1,65 \cdot 10^{-3}}{10^2} = 1,65 \cdot 10^{-5} \text{ Sm}$$

$$G_{tp} = \frac{\Delta P_{syu}}{U_{p.nom}^2} = \frac{1,65 \cdot 10^{-3}}{0,4^2} = 1,03 \cdot 10^{-2} \text{ Sm}$$

Magnitlashning reaktiv o‘tkazuvchanligini aniqlaymiz:

$$B_{tyu} = \frac{I_{syu}\% S_{nom}}{100U_{yu.nom}^2} = \frac{3 \cdot 0,63}{100 \cdot 10^2} = 1,89 \cdot 10^{-4} \text{ Sm}$$

$$B_{tp} = \frac{I_{syu}\% S_{nom}}{100U_{p.nom}^2} = \frac{3 \cdot 0,63}{100 \cdot 0,4^2} = 0,12 \text{ Sm}$$

Kichik quvvatli transformatorlarda magnitlash quvvatini salt yurish quvvat isrofi bilan almashtirilgan almashtirish sxemasini ishlatish mumkin.

$$\Delta S_{syu} = \Delta P_{syu} + j\Delta Q_{syu}$$

Reaktiv quvvat isrofini aniqlaymiz:

$$\Delta Q_{syu} = \frac{3 \cdot 0,63}{100} = 0,0189 \text{ MVAr}$$

Unda

$$\Delta S_{syu} = (1,65 + j18,9) \cdot 10^3 \text{ MVA}$$

2-ilovadagi 1-jadvaldan to'g'ridan - to'g'ri yuqori kuchlanish tomonga keltirilgan r_t va x_t va ΔQ_{syu} ni olishimiz mumkin. $r_t=2,12 \text{ Om}$, $x_t=8,5 \text{ Om}$, $\Delta Q_{syu}=0,0189 \text{ MVAr}$.

Jadvallar yordamida qiymatlarni aniqlash hisoblashlarni ancha soddalashtiradi.

4-masala. Ikki parallel ulangan ТДН-10000/110 transformatorni yuqori kuchlanishga keltirilgan almashtirish sxemasi parametrlarini aniqlang.

Yechish. 2-ilovadagi 3-jadvaldan transformator uchun ma'lumotlar olamiz.

$$S_n=10 \text{ MVA}; \quad U_{nyu}=115 \text{ kV}; \quad U_{np}=11 \text{ kV}; \quad \Delta P_{qt}=60 \text{ kW};$$

$$\Delta P_{syu}=14 \text{ kW}; \quad \Delta U_{qt}=10,5\%; \quad I_{syu}=0,7\%$$

Almashtirish sxemasining bitta transformator parametrlarini aniqlaymiz.

Yuqori kuchlanishga keltirilgan almashtirish sxemasi parametrlarini aniqlashda ifodaga $U_{n,yu}$ ni qo'yish kerak:

$$r_t = \frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 115^2}{10^2} = 7,94 \text{ Om}$$

$$X_t = \frac{10,5 \cdot 115^2}{100 \cdot 10} = 139 \text{ Om}$$

$$G_t = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{115^2} = 1,66 \cdot 10^{-6} \text{ Sm}$$

$$\Delta Q_{s,yu} = \frac{10 \cdot 0,7}{100} = 0,07 \text{ MVAr}$$

$$B_t = \frac{0,07}{115^2} = 5,293 \cdot 10^{-6} \text{ Sm}$$

2-ilovadagi 3-jadvaldan ТДН-10000/110 transformatorning parametrlarini to'g'ridan - to'g'ri olish mumkin. $r_t=7,95 \text{ Om}$, $x_t=139 \text{ Om}$, $\Delta Q_{\text{syu}}=70 \text{ kVAr}$.

Umumiy holatda k sonli transformatorni parallel ulaganda r_{ek} va x_{ek} k marta kamayadi, o'tkazuvchanliklar B_{ek} va G_{ek} k marta oshadi, ya'ni $k=2$ holat uchun.

$$r_{ek} = \frac{7,95}{2} = 3,98 \text{ Om} \qquad x_{ek} = \frac{139}{2} = 69,5 \text{ Om}$$

$$G_{ek} = 2 \cdot 1,06 \cdot 10^{-6} = 2,12 \cdot 10^{-6} \text{ Sm} \qquad B_{ek} = 2 \cdot 5,29 \cdot 10^{-6} = 10,58 \cdot 10^{-6} \text{ Sm}$$

$U_{\text{nyu}}=110 \text{ kV}$ transformatorni almashtirish sxemasida magnitlovchi salt yurish quvvat isrofi hisobga olinadi. Ko'rilayotgan holat uchun quvvat isrofi quyidagini tashkil etadi:

$$\Delta S_{\text{syu}} = 2(14 + j70) = (0,028 + j0,14) \text{ MVA}$$

5-masala. Uch chulg'amli ТДНТ-40000/220 transformatorning almashtirish sxemasi yuqori kuchlanish tomonga keltirilgan parametrlarini aniqlang.

Yechish. 2-ilovadagi 6-jadvaldan transformator uchun ma'lumotlar olamiz.

$$S_n=40 \text{ MVA}, \quad U_{\text{yun}}=230 \text{ kV}, \quad U_{o'n}=38,5 \text{ kV}, \quad U_{\text{pn}}=11 \text{ kV},$$

$$U_{\text{qt}(yu-p)}\% = 22\%, \quad U_{\text{qt}(yu-o')} \% = 12,5\%, \quad U_{\text{qt}(o'-p)} \% = 9,5\%,$$

$$\Delta P_{\text{qt}(yu-p)} = P_{\text{qt}(yu-o')} = P_{\text{qt}(o'-p)} = 220 \text{ kW}, \quad \Delta P_{s,yu} = 55 \text{ kW}, \quad I_{s,yu} = 1,1\%.$$

Chulg'amlarning quvvatlari nisbati 100/100/100%.

Ko'rilayotgan holatda chulg'amlar quvvatlari bir xil bo'lgan holat uchun:

$$\Delta P_{\text{qt},yu} = P_{\text{qt},o'} = P_{\text{qt},p} = 0,5 P_{\text{qt}(yu-p)} = 0,5 \cdot 220 = 110 \text{ kW};$$

Ko'rilayotgan transformator uchun:

$$U_{\text{qt},yu} = 0,5(22 + 12,5 - 9,5) = 12,5\%$$

$$U_{\text{qt},o'} = 0,5(12,5 + 9,5 - 22) = 0$$

$$U_{qt.p} = 0,5(22 + 9,5 - 12,5) = 9,5\%$$

Uch chulg'amli transformator almashtirish sxemasi chulg'am nurlarining aktiv qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$r_{t.yu} = r_{t.o'} = r_{t.p} = \frac{110 \cdot 10^{-3} \cdot 230^2}{40^2} = 3,64 \text{ Om}$$

Chulg'am nurlarining induktiv qarshiligi, tegishli nurlarni qisqa tutashuv kuchlanish yo'qotilishini qo'yganimizdan so'ng aniqlanadi.

$$X_{t.yu} = \frac{U_{q.yu} \cdot U_{yu.nom}^2}{100S_n} = \frac{12,5 \cdot 230^2}{100 \cdot 40} = 165 \text{ Om} \quad X_{t.o'} = \frac{U_{q.yu} \cdot U_{yu.nom}^2}{100S_n} = 0$$

$$X_{t.p} = \frac{U_{q.yu} \cdot U_{yu.nom}^2}{100S_{t.n}} = \frac{9,5 \cdot 230^2}{100 \cdot 40} = 126 \text{ Om}$$

Reaktiv quvvat isrofi:

$$\Delta Q_{syu} = \frac{1,1 \cdot 40}{100} = 0,44 \text{ MVAr}$$

2.3. Mustaqil yechish uchun misollar

1-misol. TMH-6300/35 transformatorining almashtirish sxemasini tuzing va uning parametrlarini ikkala nominal kuchlanishni galma-gal bazis qiymat sifatida qabul qilib aniqlang.

2-misol. TMH-16000/110 transformatorining almashtirish sxemasini tuzing va uning parametrlarini yuqori kuchlanish chulg'amiga keltirib hisoblang.

3-misol. ATDCH-32000/220/110/11 transformatorining almashtirish sxemasini tuzing va uning parametrlarini aniqlang.

4-misol. ATDCH-100000/220/110 avtotransformatorning almashtirish sxemasini tuzing va avtotransformatorning yuqori kuchlanish chulg'amiga keltirib uning parametrlarini aniqlang.

5-misol. TДH-125000/220 transformatorining almashtirish sxemasini tuzing va uning parametrlarini yuqori kuchlanish chulg'amiga keltirib hisoblang.

6-misol. Nominal yuklamada $\cos\varphi=1$ holat uchun kuchlanishni pasayishi nominal kuchlanishga nisbatan 2,4% ni tashkil qilgan, qisqa tutashuv kuchlanishi 5,5% bo'lgan TM-1600/10 transformatorining aktiv va reaktiv qarshiliklarini yuqori kuchlanish chulg'amiga keltirib hisoblang.

3. Liniya va transformatorlarda quvvat va energiya isrofini hisoblash

3.1 Nazariy qism

Uch fazali elektr uzatish liniyasida aktiv va reaktiv quvvat isrofi quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} R \cdot 10^{-3} \text{ kW}, \quad \Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} X \cdot 10^{-3} \text{ kVAr} \quad (3.1)$$

bu yerda: P, Q – yuklamaning aktiv va reaktiv quvvatlari kW, kVAr;

U_n - liniyaning nominal kuchlanishi, kV;

R, X – bir fazaning aktiv va reaktiv qarshiliklari, Om.

Yuklama liniyaning uzunligi davomida bir xil taqsimlanganda quvvat isrofi, yuklama liniyaning oxiridagi holatiga nisbatan uch marta kam bo‘ladi:

$$\Delta P = \frac{S^2}{3U_n^2} R \cdot 10^{-3} \text{ kW}, \quad \Delta Q = \frac{S^2}{3U_n^2} X \cdot 10^{-3} \text{ kVAr} \quad (3.2)$$

Liniyadagi energiya isrofi quyidagiga asosan aniqlanadi:

$$\Delta E = \Delta P_{\max} \tau, \text{ kW} \cdot \text{s} \quad (3.3)$$

bu yerda: τ – eng katta quvvat isrofi vaqti;

ΔP_{\max} - eng katta quvvat isrofi.

Transformatorlar orqali quvvat uzatish chulg‘amlarining aktiv va reaktiv qarshiliklaridagi quvvat isrofi po‘lat o‘zakning magnitlanishiga sarf bo‘lgan isrof bilan bog‘liqdir.

$$\left. \begin{aligned} \Delta P &= \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} R_T + \Delta P_{\text{syu}} \\ \Delta Q &= \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} X_T + \Delta Q_{\mu} \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

Bu yerda: ΔP_{syu} , ΔQ_{μ} - po‘latni magnitlashga bog‘liq bo‘lgan salt yurishdagi quvvat isrofiga teng quvvat.

2-ilovadagi jadvallarda keltirilgan ma‘lumotlarga asosan quvvat isrofini tegishli ifodalardan aniqlash juda qulay:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P &= \frac{\Delta P_k S^2}{S_n^2} + \Delta P_{\text{syu}} \\ \Delta Q &= \frac{U_k S^2}{S_n^2} + \Delta Q_{\mu} \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

bu yerda: S - transformatorning yuklamasi, kVA;

S_n - transformatorning nominal quvvati, kVA.

Bir xil n transformatorlar parallel ishlaganida quvvat isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P &= \frac{\Delta P_{qt} S^2}{n S_n^2} + n \Delta P_{syu} \\ \Delta Q &= \frac{U_{qt} S^2}{n S_n^2} + n \Delta Q_{\mu} \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

Transformatorlarda energiya isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta E = \Delta P_{\max} \frac{S_{\max}^2}{S_n^2} \tau + \Delta P_{syu} T$$

bu yerda: ΔP_{syu} – yuklamaga bog‘liq bo‘lmagan energiya isrofi;
T- 8760 soat.

3.2 Masalalarni yechish uchun misollar

1-masala. (30+j20) mVA quvvat iste‘mol qiladigan mashinasozlik zavodi 220 kV kuchlanishda ta‘minlanadi. 150 km uzunlikdagi liniya ACO-240 simdan tayyorlangan. Maksimal yuklamada liniyaning oxiridagi kuchlanish 215 kV. Liniyadagi quvvat isrofini aniqlang.

Yechish. 1-ilovadagi 2-jadvaldan liniya ma‘lumotlarini aniqlaymiz:
 $r_0=0,13$ Om/km, $x_0=0,43$ Om/km, $b_0=2,66 \cdot 10^{-6}$ Sm/km, $\Delta P_{toj}=2,7$ kW/km.
Unda

$$R=r_0 \cdot l=0,13 \cdot 150=19,5 \text{ Om}$$

$$X=x_0 \cdot l=0,43 \cdot 150=64,5 \text{ Om}$$

Liniya generatsiya qiladigan quvvat:

$$Q_s=U^2 b_0 l=25^2 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} \cdot 150=18,44 \text{ MVar}$$

Tojlanishda quvvat isrofi:

$$\Delta P_{toj}=\Delta P_{toj} \cdot l=2,7 \cdot 150=405 \text{ kW}=0,405 \text{ MW}$$

Almashtirish sxemasida aktiv va reaktiv o‘tkazuvchanliklarni yarmi liniyaning oxiriga ulanganligini hisobga olib liniyaning oxiridagi yuklamani aniqlaymiz.

Unda

$$S_l=P+jQ+0,5(\Delta P_{toj}-jQ_c)=30+j20+0,5(0,405-j18,4)=(30,202+j10,78) \text{ MVA}$$

Liniyadagi quvvat isrofi:

$$\Delta P=\frac{P^2+Q^2}{U_n^2} R=\frac{30,202^2+10,78^2}{215^2} \cdot 19,5=0,433 \text{ MW}$$

$$\Delta Q=\frac{P^2+Q^2}{U_n^2} X=\frac{30,202^2+10,78^2}{215^2} \cdot 64,5=1,42 \text{ MVar}$$

Liniyadagi to‘liq quvvat isrofi:

$$\Delta S=(0,433+j1,42) \text{ MVA}$$

2-masala. AC-95 simdan tayyorlangan 20 km uzunlikdagi uch fazali 35 kV kuchlanishli havo liniyasi 5000 kVA quvvat iste‘mol qiladigan

mashinasozlik zavodini ta'minlaydi. Quvvat koeffisienti $\cos\varphi=0,8$. Maksimal yuklamada ishlash vaqti $T=4500$ soat. Bir yillik aktiv energiya isrofini aniqlang.

Yechish. 1-ilovadagi 2-jadvaldan AC-95 simning 1 km uzunlikdagi aktiv qarshiligini aniqlaymiz. $r_0=0,33 \text{ Om/km}$

Liniyaning bir fazasi qarshiligi:

$$R=0,33 \cdot 20=6,6 \text{ Om}$$

Maksimal yuklama paytidagi aktiv quvvat isrofini aniqlaymiz:

$$\Delta P_{max} = \left(\frac{S_{max}}{U_n}\right)^2 R \cdot 10^{-3} = \left(\frac{5000}{35}\right)^2 6,6 \cdot 10^{-3} = 134,7 \text{ kW}$$

1-ilovadagi 4-jadvaldan $\tau=3200$ soat ($\cos\varphi=0,8$) ga teng bo'lgan holat uchun.

Ta'minlovchi liniyadagi aktiv energiya isrofi:

$$\Delta E = \Delta P_{max} \tau = 134,7 \cdot 3200 = 431040 \text{ kW}\cdot\text{soat}$$

3-masala. Mashinasozlik zavodi 110 kVli rayon elektr tarmog'idan ta'minlanadi. Bosh pasaytiruvchi podstansiyada ТДН-10000/110 markali transformator o'rnatilgan. Zavod qabul qiluvchi maksimal quvvat 7000 kVA, $\cos\varphi=0,8$. Aktiv va reaktiv quvvat isrofini hamda yillik energiya isrofini aniqlang.

Yechish. 2-ilovadagi 3-jadvaldan transformator ma'lumotlarini aniqlaymiz.

$$\Delta P_{qt}=60 \text{ kW}, \quad \Delta P_{syu}=14 \text{ kW}, \quad U_{qt}=10,5 \%, \quad I_{syu}=0,9\%$$

Transformatoridagi aktiv quvvat isrofi:

$$\Delta P = \frac{\Delta P_{qt} S^2}{S_n^2} + \Delta P_{syu} = \frac{60 \cdot 7000^2}{10000^2} + 14 = 43,4 \text{ kW}$$

Reaktiv quvvat isrofi:

$$\Delta Q = \frac{U_{qt} S^2}{100 \cdot S_n} + \frac{I_{syu} S_n}{100} = \frac{10,5 \cdot 7000^2}{100 \cdot 10000} + \frac{0,9 \cdot 10000}{100} = 604,5 \text{ kVAr}$$

Aktiv energiya isrofini aniqlash uchun 1-ilovadagi 4-jadvaldan mashinasozlik zavodi uchun maksimal yuklamada ishlash vaqti $T_{max}=4345$ soatni aniqlaymiz. $T_{max}=4345$ soat va $\cos\varphi=0,8$ uchun maksimal isrof vaqtini aniqlaymiz, $\tau=3100$ soat, unda

$$\Delta E = \Delta P_{max} \frac{S_{max}^2}{S_n^2} \tau + \Delta P_{syu} T = \frac{60 \cdot 7000^2}{10000^2} 3100 + 14 \cdot 8760 = 213,780 \text{ kW}\cdot\text{soat}$$

3.3 Mustaqil yechish uchun misollar

1-misol. Mashinasozlik zavodi 10 kVli havo va kabel liniyalaridan ta'minlanadi. Liniyalarning iste'mol quvvati 1200 va 1500 kVA ga teng. AC-150 simdan tayyorlangan havo liniyasi 5 km uzunlikda va AAB (3x120) simdan tayyorlangan kabel liniyasi 2 km uzunlikda bo'lsa, liniyalardagi quvvat isrofini aniqlang. Havo liniyasining faza simlari orasidagi o'rtacha masofa 2 m ni tashkil etadi.

2-misol. Agar maksimal yuklama 2500 kVA, $\cos\varphi=0,95$, maksimal yuklamada ishlash vaqti $T_{\max}=5000$ soat bo'lsa, 60 km uzunlikdagi 110 kV kuchlanishli AC-120 simdan tayyorlangan havo liniyasidagi quvvat va energiya isrofini aniqlang.

3-misol. $\cos\varphi=0,9$ da maksimal 4500 kW quvvat qabul qiluvchi zavodni ta'minlovchi 35 kV kuchlanishli 25 km uzunlikdagi AC-95 simdan tayyorlangan liniyadagi quvvat va energiya isrofini aniqlang. Yillik energiya iste'moli $26,4 \cdot 10^6$ kW·soat.

4-misol. Rayon podstantsiyasidan 120 km uzunlikdagi zavodni ta'minlaydigan 220 kV li havo liniyasi ACO-300 simdan tayyorlangan. Zavod qabul qiladigan quvvat $(55000+j25000)$ kVA. Agar liniyani AC-240 simdan tayyorlasak, quvvat isrofi liniyada qancha foizga oshadi.

5-misol. Agar transformatorning yuklamasi 55000 kVA va $\cos\varphi=0,91$ bo'lsa, TPДCH-63000/220 transformatoridagi va uni ta'minlovchi 220 kV 180 km uzunlikdagi AC-240 simdan tayyorlangan liniya quvvat isrofini aniqlang.

6-misol. 380/220 Vli ta'minlovchi va taqsimlovchi yorituvchi tarmoqdagi quvvat isrofini aniqlang. Ta'minlovchi tarmoq АИПТО-25 o'tkazgichdan tayyorlangan bo'lib, 150 m uzunlikka ega. Taqsimlovchi tarmoq esa А-6 o'tkazgichdan tayyorlangan, uzunligi esa 20 m. Sexni taqsimlovchi qurilmadan uchta uch fazali guruh ta'minlangan bo'lib, har biriga 450 Wli 12 ta lampochka ulangan.

4. Liniyalarda kuchlanish yo'qotilishini hisoblash

4.1 Nazariy qism

Liniyaning boshidagi (U_1) va oxiridagi (U_2) kuchlanish vektor qiymatlarining algebraik farqi kuchlanishning yo'qotilishi deyiladi.

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

Liniyaning boshidagi va oxiridagi kuchlanish vektorlarining geometrik farqi kuchlanishning pasayishi deyiladi. Kuchlanish

pasayishining bo‘ylamasiga va ko‘ndalangiga tashkil etuvchilardan iborat deb qarash mumkin.

Bo‘ylamasiga tashkil etuvchi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\Delta U_f = I r_0 l \cos \varphi + I x_0 l \sin \varphi$$

$$\Delta U_f = \sqrt{3} (I_a r_0 + I_r x_0) l$$

$$\Delta U = \frac{P r_0 + Q x_0}{U} l,$$

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$$

Ko‘ndalangiga tashkil etuvchi esa quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\delta U_f = I x_0 l \cos \varphi - I r_0 l \sin \varphi$$

$$\delta U_f = \sqrt{3} (I_a x_0 - I_r r_0) l$$

$$\delta U = \frac{P r_0 - Q x_0}{U} l,$$

$$\delta U = \frac{PX - QR}{U}$$

Liniyaning boshidagi va oxiridagi kuchlanish liniyadagi kuchlanish pasayishini bo‘ylamasiga va ko‘ndalangiga tashkil etuvchilari bilan quyidagicha bog‘langan:

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U)^2 + (\delta U)^2}$$

$$U_2 = \sqrt{(U_1 - \Delta U)^2 + (\delta U)^2}$$

Mahalliy elektr tarmoqlarida kuchlanish pasayishining ko‘ndalangiga tashkil etuvchisi juda kichik, shuning uchun ko‘p hollarda hisobga olinmaydi

$$U_1 = U_2 + \Delta U$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U$$

ya’ni bunda kuchlanish yo‘qotilishini ko‘ramiz (kuchlanishni algebraik farqi), qachonki, u kuchlanish pasayishi bo‘ylama tashkil etuvchisi bo‘ladi:

$$\Delta U = \frac{P r_0 + Q x_0}{U} l,$$

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$$

Yuklama bir tekisda taqsimlangan liniyalarda (ko‘chani yoritish, sexlarning yuklamalari) kuchlanish yo‘qotilishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U = \sqrt{3} r_0 I \frac{l}{2}$$

bu yerda: l – liniyaning uzunligi, km.

Kuchlanish yo‘qotilishi transformatorlarda quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U_T = \frac{P R_T + Q X_T}{U_h}$$

4.2 Masalalarni yechish uchun misollar

1-masala. Liniyaning boshidagi kuchlanish 115 kV bo'lganda 7200+j6400 kVA yuklamani ta'minlovchi 120 km uzunlikdagi AC-120 simdan tayyorlangan liniyaning oxiridagi kuchlanishni aniqlang.

Yechish. 1-ilovadagi 2-jadvaldan AC-120 sim qarshiliklarni aniqlaymiz.

$$r_0=0,21 \text{ Om/km}, \quad x_0=0,42 \text{ Om/km}$$

Liniyadagi kuchlanish pasayishining bo'ylamasiga tashkil etuvchisini aniqlaymiz.

$$\Delta U = \frac{Pr_0 + Qx_0}{U} l = \frac{7200 \cdot 0,21 + 6400 \cdot 0,42}{115} \cdot 120 = 4383 \text{ V}$$

Kuchlanish pasayishining ko'ndalangiga tashkil etuvchisi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\delta U = \frac{Px_0 - Qr_0}{U} l = \frac{7200 \cdot 0,42 - 6400 \cdot 0,21}{115} \cdot 120 = 1753 \text{ V}$$

Liniyaning oxiridagi kuchlanishni aniqlaymiz.

$$U_2 = \sqrt{(U_1 - \Delta U')^2 + (\delta U')^2} = \sqrt{(115 - 4,38)^2 + (1,753)^2} = 110,63 \text{ kV}$$

Kuchlanish yo'qotilishini hisobga olib liniya'ning oxiridagi kuchlanish:

$$U_2 = U_1 - \Delta U' = 115 - 4,38 = 110,62 \text{ kV}$$

2-masala. AC-70 simdan tayyorlangan 10 km uzunlikdagi liniyadagi va TM-630/10 li transformatoridagi kuchlanish yo'qotilishini, agar yuklamaning quvvati (600+j400) kVA va liniyaning boshidagi kuchlanishi 10,5 kV bo'lsa, tarmoqdagi nominal kuchlanishga nisbatan aniqlang.

Yechish. 1-ilovadagi 2-jadvaldan AC-70 sim uchun qarshiliklarni aniqlaymiz.

$$r_0=0,46 \text{ Om/km}, \quad x_0=0,35 \text{ Om/km}$$

TM-630/10 transformatori uchun:

$$\Delta P_{qt}=7,6 \text{ kW}, \quad U_{qt}=5\%$$

Transformatorning aktiv qarshiligi:

$$R_T = \frac{P_{kt} U_n^2 \cdot 10^3}{S_n^2} = \frac{7,6 \cdot 10^2 \cdot 10^3}{630^2} = 1,9 \text{ Om}$$

Transformatorning aktiv qarshiligidagi kuchlanishning yo'qotilishi:

$$\Delta U_a \% = \frac{S_n R_T^2}{U_n^2 \cdot 10^3} \cdot 100 = \frac{630 \cdot 1,9^2}{10^2 \cdot 10^3} \cdot 100 = 1,2\%$$

Transformatorning reaktiv qarshiligidagi kuchlanishning yo‘qotilishini aniqlaymiz:

$$\Delta U_r = \sqrt{U_{k3}^2 - \Delta U_a^2} = \sqrt{5^2 - 1,2^2} = 4,86\%$$

Transformatorning induktiv qarshiligi:

$$X_T = \frac{\Delta U_p U_H^2 \cdot 10^3}{S_H} = \frac{4,86 \cdot 10^2 \cdot 10^3}{630} = 7,71 \text{ Om}$$

Liniyadagi kuchlanishning yo‘qotilishi:

$$\Delta U' = \frac{Pr_0 + Qx_0}{U} l = \frac{600 \cdot 0,46 + 400 \cdot 0,35}{10,5} 10 = 316,35 \text{ V}$$

Liniyaning oxiridagi kuchlanish:

$$U_2 = U_1 - \Delta U' = 10,5 - 0,316 = 10,186 \text{ kV}$$

Liniyadagi aktiv va reaktiv quvvat isrofi:

$$\Delta P_1 = \left(\frac{S}{U_1}\right)^2 r_0 l = \frac{600^2 + 400^2}{10,5} 0,46 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 17,36 \text{ kW}$$

$$\Delta Q_1 = \left(\frac{S}{U_1}\right)^2 x_0 l = \frac{600^2 + 400^2}{10,5} 0,35 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 13,206 \text{ kVAr}$$

Liniya oxiridagi to‘la quvvat:

$$S_2 = S_1 - (\Delta P_1 + j\Delta Q_1) = 600 + j400 - (17,36 + j13,2) = (582,64 + j386,8) \text{ kVA}$$

Transformatorning yuqori kuchlanish tomonidagi kuchlanishni bilib, undagi kuchlanish yo‘qotilishini aniqlaymiz:

$$\Delta U_T = \frac{PR_T + QX_T}{U} l = \frac{582,64 \cdot 1,9 + 386,8 \cdot 7,71}{10,184} = 404,95 \text{ V}$$

Tarmoqdagi kuchlanishning yo‘qotilishi:

$$\Delta U = \Delta U_1' + \Delta U_T = 316,35 + 404,95 = 721,2 \text{ V}$$

Nominal kuchlanishga nisbatan foiz hisobida:

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{10 \text{ kV}} \cdot 100 = \frac{721,2}{10000} \cdot 100 = 7,21\%$$

4.3 Mustaqil yechish uchun misollar

1-misol. Uzunligi 80 m, kesim yuzasi 6 mm², 220 V li, yuklamasi 300 W/m bir tekisda taqsimlangan yoritgich tarmog‘ida kuchlanish yo‘qotilishini aniqlang.

2-misol. Zavodning bosh pasaytiruvchi podstansiyasi 220 kV li uzunligi 120 km, ACO-300 simdan tayyorlangan liniyadan ta‘minlanadi. Ta‘minlash manbai shinasidagi kuchlanish maksimal (12000+j9000) kVA

yuklamada 240 kV ga teng. Tarmoqdagi kuchlanish pasayishi va yo‘qotilishini hamda pasaytiruvchi podstansiya shinalaridagi kuchlanishni aniqlang.

3-misol. 30 kW qabul qiluvchi yuklama 380/220 V kuchlanishli 200 m uzunlikdagi to‘rtta simli havo liniyasidan ta‘minlanadi. Liniya mis simli bo‘lib, faza simining kesim yuzasi 16 mm^2 , nol simniki esa 10 mm^2 . Liniyadagi kuchlanish yo‘qotilishini (voltlarda, foizda) aniqlang.

4-misol. 400 kVA quvvatli sex transformator podstansiyasi zavodning bosh pasaytiruvchi podstansiyasidan 10 kV kuchlanishda 2 km uzunlikdagi havo liniyasi orqali ta‘minlanadi. Liniya AC-50 simdan tayyorlangan bo‘lib, sim bir xil tomonli uch burchakning qirralarida 1 m uzoqlikda joylashgan. Past kuchlanish tarafida (320+j210) kVA quvvat qabul qiluvchi yuklama ulangan. Liniya va transformatorlardagi kuchlanish yo‘qotilishini aniqlang.

5-misol. AAB-3x70 kabel liniyasidan tayyorlangan taqsimlash punktidan 1600 kVA quvvatli 10 kVli transformator podstansiyasi ta‘minlanadi. Liniyaning uzunligi 2,2 km bo‘lib podstansiyaning iste‘mol qiluvchi quvvati (1100+j850) kVA. Qabul liniyasidagi kuchlanish yo‘qotilishini aniqlang.

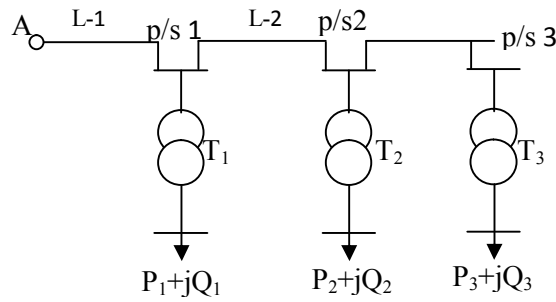
5. Ochiq elektr tarmoqlarni hisoblash

5.1 Nazariy qism

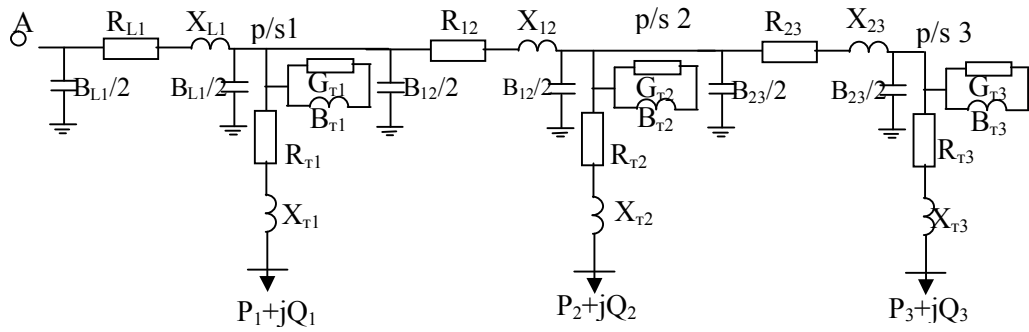
Ochiq zanjirli elektr tarmoqlarni hisoblashdan maqsad, tarmoqda aktiv va reaktiv quvvatlar taqsimotini aniqlash hamda normal va avariya dan so‘nggi holatlarda ishlaydigan iste‘molchilar podstansiyasi shinalaridagi kuchlanishni hisoblashdan iborat. Almashtirish sxemasida-liniyalar asosan “II” - ko‘rinishli, transformatorlar – “T” - ko‘rinishli sxema orqali ko‘rsatildi.

Tarmoqning almashtirish sxemasi, har bir liniya uchun uning aktiv va reaktiv (induktiv) qarshiliklari va sig‘im (reaktiv) o‘tkazuvchanligi (110 kV va undan yuqori kuchlanishli hamma liniyalar uchun) hisoblanadi. Tarmoqqa ulangan podstansiyaning transformatorlari uchun aktiv, induktiv qarshiliklar va aktiv, induktiv o‘tkazuvchanliklar aniqlanadi.

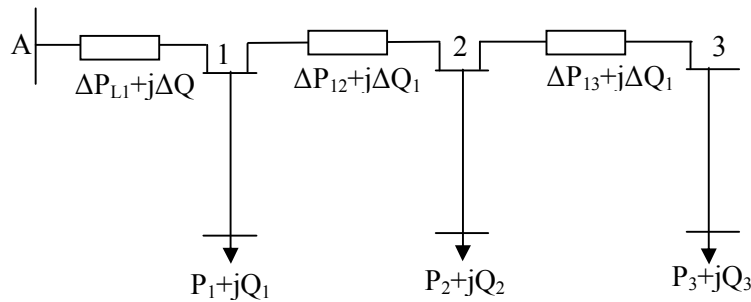
Parametrlarni aniqlashda bir vaqtning o‘zida liniyaning har bir qismi uchun zaryad quvvati va transformator po‘latidagi aktiv va reaktiv quvvat isrofini hisoblash maqsadga muvofiqdir. Ushbu hisoblar keyinchalik yuklamani tarmoqni yuqori kuchlanishga keltirishda kerak bo‘ladi.



5.1 (a)-rasm. Yuqori kuchlanishli tarmoq uchastkalari



5.1 (b)-rasm. Elektr tarmoq almashtiruv sxemasi



5.1 (d)-rasm. Elektr tarmog'ini hisoblash sxemasi

5.2-jadval

Transformator xarakteristikasi va parametrlari

Podstansiya	Transformator xarakteristikasi				Parametrlar			
	Turi va quvvati, mVA	Qisqa tutashuvda kuchlanish yo'qotilishi, %	Qisqa tutashuvda quvvat isrofi, kW	Salt yurish quvvat isrofi, kW	Salt yurish toki, %	Almashtirish sxemasi aktiv qarshiligi, Om	Almashtirish sxemasi reaktiv qarshiligi, Om	Transformator po'latidagi aktiv quvvat isrofi yig'indisi, kW

Qolgan podstansiyalar uchun birlamchi kuchlanish tarafidagi quvvat ushbu tartibda aniqlanadi:

2-3-uchastkasidagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{23} + j\Delta Q_{23} = \frac{(P''_{23})^2 + (Q''_{23})^2}{U_n^2} \cdot R_3 + j \frac{(P''_{23})^2 + (Q''_{23})^2}{U_n^2} \cdot X_3$$

Uchinchi uchastka boshidagi quvvat oqimi:

$$P'_{23} + jQ'_{23} = (P'_{23} + \Delta P_{23}) + j(Q'_{23} + \Delta Q_{23})$$

Ikkinchi uchastka oxiridagi quvvat:

$$P''_{12} + jQ''_{12} = (P'_{23} + P_2) + j(Q'_{23} + Q_2)$$

2-uchastkadagi quvvat isrofi 3-uchastkadagiga o'xshab aniqlanadi va teng bo'ladi:

$$\Delta P_{12} + j\Delta Q_{12}$$

2-uchastka boshidagi quvvat:

$$P'_{12} + jQ'_{12} = (P''_{12} + \Delta P_{12}) + j(Q''_{12} + \Delta Q_{12})$$

1-uchastka boshi va oxiridagi quvvat xuddi shunday usulda aniqlanadi:

$$P''_{A1} + jQ''_{A1} = (P'_{12} + \Delta P_1) + j(Q'_{12} + Q_1)$$

$$P'_{A1} + jQ'_{A1} = (P''_{A1} + \Delta P_1) + j(Q''_{A1} + \Delta Q_{A1})$$

Quvvat oqimi taqsimlanishining hisobiy natijalari har bir ko'rilayotgan tarmoqning ishlash holati uchun hisobiy sxemaga kiritiladi.

Kuchlanishni hisoblashdan maqsad, podstansiyaning past kuchlanishli shinalaridagi kuchlanishni hamda yuqori kuchlanishga keltirilgan qiymatlarini aniqlashdan iborat. Bu kuchlanish tayanch tuguni kuchlanishi qiymati asosida hisoblanadi.

5.1-rasmda keltirilgan hisobiy sxema uchun kuchlanishni hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi:

Tayanch tuguni A kuchlanishni U_A orqali belgilaymiz. Unda 1-podstansiyaning yuqori kuchlanish shinalaridagi kuchlanish teng bo'ladi:

$$U_1 = U_A - \frac{P'_{A1}R_1 + Q'_{A1}X_1}{U_A} - j \frac{P'_{A1}X_1 - Q'_{A1}R_1}{U_A} = U'_1 - jU''_1$$

Kuchlanishning (modul) qiymati:

$$U_1 = \sqrt{(U'_1)^2 + (U''_1)^2}$$

$\Delta U_{A1} = \frac{P'_{A1}R_1 + Q'_{A1}X_1}{U_A}$ - kuchlanish pasayishining bo'y yamasiga tarkibiy qismi

$\delta U_{A1} = \frac{P'_{A1}X_1 - Q'_{A1}R_1}{U_A}$ - kuchlanish pasayishining ko'ndalangiga tarkibiy qismi

1-podstansiya past kuchlanish shinalaridagi kuchlanishni yuqori kuchlanishga keltirilgan qiymati U_1 kuchlanishdan transformatoridagi kuchlanish pasayishini ayirib aniqlanadi:

$$U'_1 = U_1 - \frac{P_1 R_{T1} + QX_{T1}}{U_1} - j \frac{P_1 X_{T1} - QR_1}{U_1} = U'_{11} - jU'_{12}$$

bu yerda: P_1, Q_1 – 1-podstansiyaga tegishli aktiv va reaktiv yuklamalar; R_{T1}, X_{T1} – 1-podstansiya transformatoriga tegishli aktiv va reaktiv qarshiliklar.

Keyin
$$U'_1 = \sqrt{(U'_{11})^2 + (U'_{12})^2}$$

2-podstansiya va qolgan podstansiya shinalaridagi kuchlanish shu tartibda aniqlanib, 3-jadvalga kiritiladi.

110 kV kuchlanishgacha bo'lgan tarmoq hisoblarida ko'ndalangiga kuchlanishni pasayishini hisobga olmaslikka ruxsat etiladi.

Transformator shoxobchalarini tanlash.

Transformator koeffisienti
$$K_T = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$$
 ni chulg'amlar sonini

o'zgartirib o'zgartirish mumkin. Buning uchun transformatorlarda maxsus shoxobchalar qo'llaniladi. Shoxobchalarni chulg'amdan o'zgartirish uchun transformator ulangan (yuklama ostida rostdash) yoki o'chirilgan (qo'zg'atishsiz rostdash) holatda bo'lishi kerak.

Hisobiy shoxobcha shunday tanlanadiki, unda podstansiya shinalarida eng kichik kuchlanish og'ishi ta'minlanishi kerak.

Agar kuchlanish U_1 ma'lum bo'lsa, ikkilamchi chulg'am tarafda U_{2k} (kerakli kuchlanish) olish uchun berilgan yuklamada, birlamchi chulg'amga tegishli rostlovchi shoxobchani tanlash kerak.

Transformatorida kuchlanish yo'qotilishini foizda taxminan quyidagicha aniqlash mumkin.

$$\Delta U_T = \left(\frac{Q}{S_{nom}}\right) \cdot U_n$$

bu yerda: Q – transformator orqali oquvchi reaktiv quvvat yuqori tarafga keltirilgan ΔU_T qiymatini U_1 dan ayirib, transformatorni birlamchi tarafga keltirilgan ikkilamchi chulg'am tarafidagi kuchlanishni olamiz.

$$U'_2 = U_1 - \Delta U_t$$

Transformatsiya koeffisientini aniqlovchi ifodani ishlatib, ikkilamchi tarafdagi kerakli kuchlanishni topamiz:

$$U_{2K} = \frac{U'_2}{K_T} = \frac{U'_2 \cdot U_2}{U_{1sh.R}}$$

Bundan rostlovchi shoxobchani nominal kuchlanishini aniqlaymiz:

$$U_{1Sh.R.} = \frac{U'_2 \cdot U_2}{U_{2K}}$$

Olinadigan kuchlanishning og'ishi

$$U_{og'.} = \frac{U'_2 - U_{2K}}{U_{2K}} \cdot 100\%$$

Hamma hisoblangan ma'lumotlarni tarmoq kuchlanishini hisoblash jadvaliga kiritamiz:

3-jadval

1	Podstansiyalar raqami	1	2	3	4
2	Tarmoq uchastkalari	A-1	1-2	2-3	3-4
3	Uchastka boshidagi kuchlanish, kV				
4	Liniyada kuchlanish pasayishi, kV				
5	Liniya oxiridagi kuchlanish, kV				
6	Transformatorlarda kuchlanish pasayishi, kV				
7	Yuqori tarafga keltirilgan past kuchlanish shinasidagi kuchlanish, kV				
8	Rostlovchi shoxobchani hisoblash				
9	Standart rostlovchi shoxobcha				
10	Past kuchlanish shinasidagi keltirilgan kuchlanish				
11	Past kuchlanish shinasidagi haqiqiy kuchlanish				
12	Kuchlanishning og'ishi				

5.2 Masalalarni yechish uchun misollar

1-masala. Rayon podstansiyasiga uch fazali ikki chulg'amli TДН-10000/115 turli, 10 mVA quvvatli yuklama ostida rostlash oralig'i, 115 kV±9x1,78%, ikkilamchi chulg'am kuchlanishi $U_2=11$ kV, qisqa tutashuv kuchlanishi 10,5% bo'lgan transformator o'rnatilgan.

Transformatorning eng katta yuklamasi $S=8+j5$ mVA. Ish tartibida birlamchi chulg'amdagi kuchlanish $U_1=120$ kV bo'lganda ikkilamchi chulg'amdagi kerakli kuchlanish $U_{2k}=10,5$ kV, eng kichik yuklamali $S=5+j2$ MVA ish tartibida, $U_1=114$ kVda, $U_{2k}=10$ kV bo'lishi kerak.

Berilgan yuklamalar ish tartibi uchun transformatorning rostlovchi shoxobchasini tanlash va olingan rostlash oralig'ining mumkinligini tekshirish talab etiladi.

Yechish. Eng katta yuklamali ish tartibida transformatoridagi kuchlanish yo'qotilishini hisoblaymiz. ($U_n=110$ kV)

$$\Delta U_T = \frac{Q}{S_{nom}} \cdot U = \frac{5}{10} \cdot 10,5\% = 5,28\% \text{ yoki } 5,8 \text{ kV}$$

Eng kichik yuklamali ish tartibida:

$$\Delta U_T = \frac{Q}{S_{nom}} \cdot U = \frac{2}{10} \cdot 10,5\% = 2,1\% \text{ yoki } 2,3 \text{ kV}$$

Eng katta yuklamali ish tartibida, birlamchi tarafga keltirilgan ikkilamchi chulg'am kuchlanishi:

$$U'_2 = U_I - \Delta U_{tr} = 120 - 5,8 = 114,2 \text{ kV}$$

Eng kichik yuklamali ish tartibida:

$$U'_2 = U_I - \Delta U_{tr} = 114 - 2,3 = 111,7 \text{ kV}$$

Rostlovchi shoxobchani talab qilinayotgan ish holati:

$$U_{1sh.R.} = \frac{U'_2 \cdot U_2}{U_{2K.}} = \frac{114,2 \cdot 11}{10,5} = 119,5 \text{ kV}$$

(Rostlovchi shoxobcha 119,56 kV, $U_n + 2 \times 1,78\%$)

Eng kichik yuklamali ish tartibida:

$$U_1 = \frac{111,7 \cdot 11}{10} = 123 \text{ kV}$$

(Rostlovchi shoxobcha 122,2 kV, $U_n + 4 \times 1,78\%$)

Shunday qilib, olingan rostdash oralig'i yetarli.

2-masala. 110 kVli uzunligi 140 km bo'lgan liniya orqali elektr stansiyaning yuqori kuchlanishli shinasidan energetika tizimiga $S_1 = 50 - j30$ MVA quvvat 120 kVli ishchi kuchlanishida uzatilmogda. Liniyaning energetika tizimiga ulanish nuqtasida kuchlanish 108 kVga teng bo'lganda U_2 kuchlanishni va liniya oxiridagi transformatorni transformatsiya koeffitsientini aniqlang.

Liniya temir-beton tayanchlarda, AC-240 simdan tayyorlangan bo'lib, faza simlari orasidagi masofa 4,4 m.

Yechish. 1-ilovadagi 2-jadvaldan AC-240 sim uchun ma'lumotlarni olamiz:

$$r_0 = 0,132 \text{ Om/km}, \quad x_0 = 0,39 \text{ Om/km}, \quad v_0 = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Sm/km}, \quad d_0 = 21,6 \text{ mm.}$$

Liniya parametrlarini aniqlaymiz:

$$R = r_0 \cdot l = 0,132 \cdot 140 = 18,5 \text{ Om} \quad X = x_0 \cdot l = 0,39 \cdot 140 = 54,5 \text{ Om}$$

$$B = b_0 \cdot l = 2,84 \cdot 140 \cdot 10^{-6} = 400 \cdot 10^{-6} \text{ Sm}$$

Liniya boshidagi zaryad quvvati:

$$Q_{B1} = U^2 \cdot \frac{B}{2} = \frac{120^2 \cdot 400 \cdot 10^{-6}}{2} \approx 2,9 \text{ MVAr}$$

Uzatish boshidagi quvvat:

$$\dot{S}_1 = 50 - j(30 + 2,9) = (50 - j32,9) \text{ MVA}$$

Yuklama holatida liniya oxiridagi kuchlanish:

$$\begin{aligned} U_2 &= U_1 - \frac{PR + QX}{U_1} = 120 - \frac{50 \cdot 18,5 + 32,9 \cdot 54,5}{120} - j \frac{50 \cdot 54,5 - 32,9 \cdot 18,5}{120} = \\ &= (120 - 22,7) - j17,6 = 99 \text{ kV} \end{aligned}$$

Agar liniyaning energetika tizimiga ulanish nuqtasida kuchlanish 108 kVga teng bo'lsa, unda uzatish liniyasining oxiriga quyidagi $K_T=108/99=1,09$ li rostlanadigan avtotransformator (volt qo'shuvchi transformator o'rnatish talab etiladi. Liniya qarshiliklaridagi quvvat isrofi va uzatish zvenosi oxiridagi quvvat quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} R \cdot 10^{-3} = \frac{50^2 + 32,9^2}{120^2} 18,6 \cdot 10^{-3} = 4,6 \text{ MVt}$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} X \cdot 10^{-3} = \frac{50^2 + 32,9^2}{120^2} 54,5 \cdot 10^{-3} = 13,6 \text{ MVAr}$$

$$\dot{S}_1 = (50 - 4,6) - j(32,9 - 13,6) = 45,4 - j19,3 \text{ MVA}$$

Liniya oxiridagi zaryad quvvati:

$$Q_{B2} = U_2^2 \cdot \frac{B_l}{2} = \frac{99^2 \cdot 400 \cdot 10^{-6}}{2} \approx 2 \text{ MVAr}$$

Energetika tizimiga kelayotgan quvvat:

$$\dot{S}'_2 = \dot{S}_2 - Q_3 = 45,4 - j(19,3 + 2) = 45,4 - j21,3 \text{ MVA}$$

Quvvat koeffitsienti $\cos \varphi_2 = 0,9$ FIK $\eta = \frac{45,4}{50} \cdot 100 = 90,8\%$

3-masala. 220 kVli 140 km uzunlikdagi liniya orqali elektr stansiya shinasidan energetika tizimining asosiy tarmog'i $S_1=100-j50$ MVA quvvat uzatilmoqda. Liniya temor-beton tayanchlarda faza simlari orasidagi

masofa $D=7\text{m}$ da gorizontaal joylashgan AC-300 simdan tayyorlangan. Tizimga ulanish nuqtasida kuchlanish $U_2 = 210 \text{ kV}$ bo'lganda liniya boshidagi kuchlanishni toping.

Yechish. 1-ilovadagi 2-jadvaldan AC-300 sim uchun ma'lumotlarni olamiz.

$$r_0=0,107 \text{ Om/km}, \quad x_0=0,425 \text{ Om/km}, \quad v_0=2,67 \cdot 10^{-6} \text{ Sm/km}, \\ d_0=24,2 \text{ mm}.$$

Liniya parametrlarini aniqlaymiz:

$$R = r_0 \cdot l = 0,107 \cdot 160 = 17 \text{ Om} \qquad X = x_0 \cdot l = 0,425 \cdot 160 = 68 \text{ Om}$$

$$V = v_0 \cdot l = 2,67 \cdot 160 \cdot 10^{-6} = 427 \cdot 10^{-6} \text{ Sm} \qquad D_{o,r} = D\sqrt{2} = 7 \cdot 1,26 = 8,8 \text{ m}$$

Liniya boshidagi zaryad quvvati:

$$Q_{B1} = Q_{B2} = U_n^2 \cdot \frac{B_{\lambda}}{2} = 220^2 \cdot \frac{4,27 \cdot 10^{-6}}{2} \approx 10,3 \text{ MVar}$$

Liniya boshidagi quvvat:

$$\dot{S}_1 = 100 - j(50 + 10,3) = 100 - j60,3 \text{ MVA}$$

Liniyadagi quvvat isrofi:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} R \cdot 10^{-3} = \frac{100^2 + 60,3^2}{220^2} 17 \cdot 10^{-3} = 4,8 \text{ MVt}$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} X \cdot 10^{-3} = \frac{100^2 + 60,3^2}{220^2} 68 \cdot 10^{-3} = 19,2 \text{ MVar}$$

Uzatish tarmog'i oxiridagi quvvat:

$$\dot{S}_1' = (100 - 4,8) - j(60,3 - 19,2) = 95,2 - j41,1 \text{ MVA}$$

Elektr uzatish liniyasi boshidagi kuchlanish:

$$U_1 = U_2 + \frac{PR + QX}{U_2} = 210 + \frac{95,2 \cdot 16,8 + 41,1 \cdot 68}{210} - j \frac{95,2 \cdot 68 + 41,1 \cdot 16,8}{210} = 231 - j27,5 = 232 \text{ kV}$$

Energetika tizimiga kelayotgan quvvat:

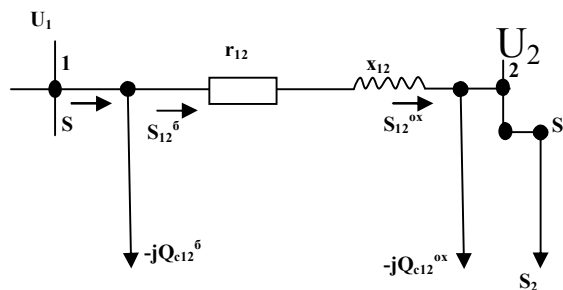
$$\dot{S}_2' = 95,2 - j(41,1 + 10,3) = 95,2 - j51,4 \text{ MVA}$$

$$\text{FIK } \eta = \frac{95,2}{100} \cdot 100 = 95,2 \%$$

U_1 ni 232 kV qabul qilishimiz liniya oxirida $U_2=211\text{kV}$ olishimizga imkon beradi. Ushbu usulda quvvatlarni hisoblash 0,47 % xatolikni beradi.

4-masala. $S_2=15+j10$ MVA elektr stansiya shinasidan 110 kV li bir tizimli 80 km uzunlikdagi liniya orqali ta'minlanadi. Liniyaning almashtiruv sxemasi 5.2.1-rasmda ko'rsatilgan, uning parametrlari $r_{12}=24,48$ Om, $x_{12}=34,72$ Om, $v_{12}=208,8 \cdot 10^{-6}$ Sm. elektr stansiya shinasidagi kuchlanish 116 kV, elektr stansiyasi ishlab chiqarayotgan quvvat S , liniya oxiridagi kuchlanish U_2 ni toping.

Yechish. Hisoblashni uch bosqichda amalga oshiramiz.



5.2.1 - rasm

1-bosqich. Liniyaning sig'im quvvati, undagi quvvat isrofi va quvvat oqimini aniqlaymiz:

$$Q_{s12}^{ox} = \frac{1}{2} = 110^2 \cdot 208,8 \cdot 10^{-6} = 1,26 \text{ MVA}r$$

Liniya oxiridagi quvvat:

$$S_{12}^{ox} = \dot{S}_2 - Q_{c12}^{ox} = 15 + j10 - j1,26 = 15 + j8,74 \text{ MVA}$$

Liniyadagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{12} = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} R \cdot 10^{-3} = \frac{15^2 + 8,74^2}{110^2} 24,48 \cdot 10^{-3} = 0,61 \text{ MV}t$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} X \cdot 10^{-3} = \frac{15^2 + 8,74^2}{110^2} 34,72 \cdot 10^{-3} = 0,86 \text{ MVA}r$$

Liniya boshidagi quvvat:

$$S_{12}^b = S_{12}^{ox} + \Delta P_{12} + j\Delta Q_{12}^b = 15 + j8,74 + 0,61 + j0,86 = 15,61 + j9,6 \text{ MVA}$$

Elektr stansiya shinasidagi quvvat:

$$S_1 = S_{12}^b + jQ_{12}^b = 15,61 + j9,6 - j1,26 = 15,61 + j8,34 \text{ MVA}$$

2-bosqich. Liniya oxiridagi kuchlanish (4.3.3) (4.3.8) (4.3.9) ifodalarni qo'llab aniqlanadi.

$$U_2 = 116 - \frac{15,61 - j9,6}{116} (24,48 + j34,72) = 109,8 - j2,65 \text{ kV}$$

Kuchlanish moduli:

$$U_2 = \sqrt{109,8^2 - j2,65^2} = 109,8 \text{ kV}$$

3-bosqich. Liniya parametrlarini ishlatib bo'ylamasiga va ko'ngdalangiga kuchlanish pasayishini aniqlaymiz:

$$\Delta U_{12}^b = \frac{15,61 \cdot 24,48 + 9,6 \cdot 34,72}{115,9} = 6,17 \text{ kV}$$

$$\delta U_{12}^b = \frac{15,61 \cdot 34,72 - 9,6 \cdot 24,48}{115,9} = 2,85 \text{ kV}$$

Liniya oxiridagi kuchlanish:

$$U_2 = 115,9 + j0,15 - 6,17 - j2,65 = 109,7 - j2,5 \text{ kV}$$

Liniya oxiridagi kuchlanish moduli:

$$U_2 = \sqrt{109,7^2 + 2,5^2} = 109,7 \text{ kV}$$

Liniyadagi kuchlanish yo'qotilishi:

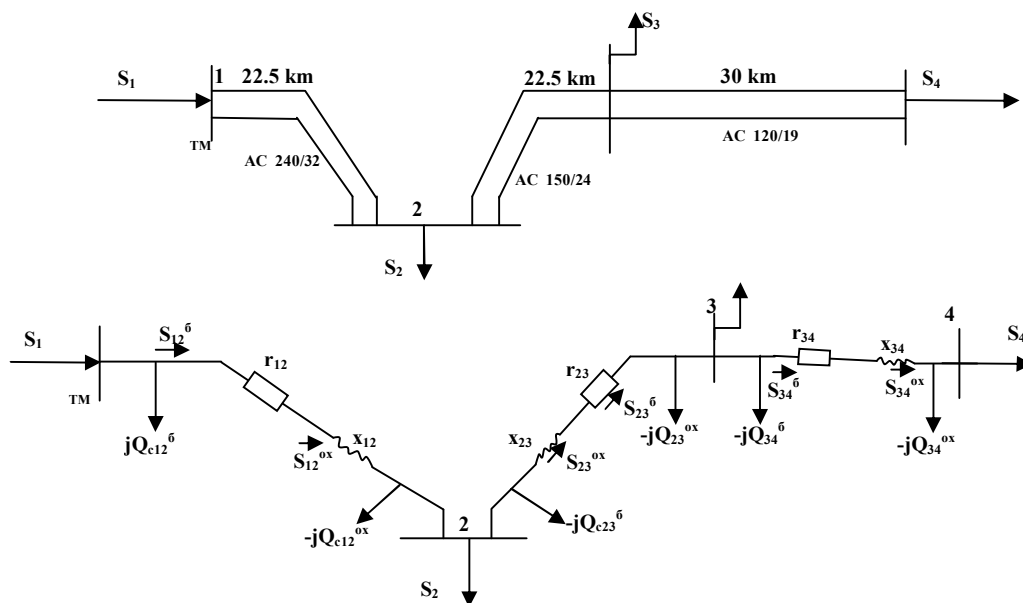
$$U_1 - U_2 = 115,9 - 109,7 = 6,2 \text{ kV}$$

5-masala. 5.2.1 - rasmda ko'rsatilgan ta'minlash tarmog'ining ish tartibini hisoblang. Yuklama quvvatlari transformatorni YuK tomonidan ko'rsatilgan.

$$S_2 = 22,13 + j18,35 \text{ mVA}, S_3 = 17,11 + j14,45 \text{ mVA}, S_4 = 41,21 + j34,72 \text{ MVA}$$

6-masala. Liniya uzunligi va ishlatilgan simlar markasi 5.2.2-rasmda ko'rsatilgan. TM kuchlanishi 117,7 kVda ushlab turiladi. 1-ilovadagi 2-jadvaldan AC-240/32, AC-150/24, AC-120/19 simlar uchun 1 km

uzunlikni solishtirma qarshiliklarini olamiz. Solishtirma sig‘im o‘tkazuvchanligi va aktiv, reaktiv qarshiliklar va o‘tkazuvchanlikni ikki tizimli liniya uchun aniqlaymiz.



5.2.2-rasm

$$r_{12} = 0,5 \cdot 0,12 \cdot 22,5 = 1,35 \text{ Om},$$

$$x_{12} = 0,5 \cdot 0,405 \cdot 22,5 = 4,56 \text{ Om},$$

$$v_{12} = 2 \cdot 2,81 \cdot 10^{-4} \cdot 22,5 = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ Sm},$$

$$r_{23} = 0,5 \cdot 0,198 \cdot 22,5 = 2,23 \text{ Om},$$

$$x_{23} = 0,5 \cdot 0,42 \cdot 22,5 = 4,72 \text{ Om},$$

$$v_{23} = 2 \cdot 2,7 \cdot 10^{-4} \cdot 22,5 = 1,22 \cdot 10^{-4} \text{ Sm},$$

$$r_{34} = 0,5 \cdot 0,249 \cdot 30 = 3,74 \text{ Om},$$

$$x_{34} = 0,5 \cdot 0,427 \cdot 30 = 6,4 \text{ Om},$$

$$v_{34} = 2 \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} \cdot 30 = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ Sm}.$$

Almashtirish sxemasini tuzamiz. Yuklamalar ulangan nuqta kuchlanishlari noma'lum, liniyaning boshidagi kuchlanish esa ma'lum. Hisoblashni ikki bosqichda olib boramiz.

1-bosqich. Liniyaning sig‘im quvvati, undagi quvvat isrofi va quvvat oqimi [A3] ni (3.3.7), (4.1.6) orqali aniqlaymiz:

$$Q_{s34} = \frac{1}{2} = 110^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-4} = 0,97 \text{ MVar}$$

3.4 liniyaning oxiridagi quvvat:

$$S_{34}^{ox} = \dot{S}_4 - jQ_{c34}^{ox} = 42,21 + j34,72 - j0,97 = 41,21 + j33,75 \text{ MVA}$$

3.4 liniyadagi quvvat isrofi:

$$\Delta S_{34} = \frac{(P_{34}^{ox})^2 + (Q_{34}^{ox})^2}{U_n^2} (r_{34} + jx_{34}) = \frac{41,21^2 + 33,75^2}{110^2} (3,74 + j6,4) = 0,88 + j1,5 \text{ MVA}$$

3.4 liniya boshidagi quvvat:

$$S_{34}^b = S_{34}^{ox} + \Delta S_{34} = 41,21 + j33,75 + 0,88 + j1,5 = 42,9 + j35,26 \text{ MVA}$$

Shunga o'xshash 2.3 va 1.2 liniyalar uchun hisoblaymiz:

$$Q_{s23} = \frac{1}{2} = 110^2 \cdot 1,22 \cdot 10^{-4} = 0,74 \text{ MVA}r$$

$$S_{23}^{ox} = S_{34}^b - jQ_{s34}^b + S_3 - jQ_{s23}^{ox} = 42,09 + j35,25 - j0,97 + 17,11 + j14,45 - j0,74 = 59,2 + j48 \text{ MVA}$$

$$\Delta S_{23} = \frac{(P_{23}^{ox})^2 + (Q_{23}^{ox})^2}{U_n^2} (r_{23} + jx_{23}) = \frac{59,2^2 + 48^2}{110^2} (2,23 + j4,72) = 1,07 + j2,27 \text{ MVA}$$

$$S_{23}^b = S_{23}^{ox} + \Delta S_{23} = 59,2 + j48 + 1,07 + j2,27 = 60,27 + j50,27 \text{ MVA}$$

$$Q_{s12} = \frac{1}{2} = 110^2 \cdot 1,264 \cdot 10^{-4} = 0,76 \text{ MVA}r$$

$$S_{12}^{ox} = S_{23}^b - jQ_{s23}^b + S_2 - jQ_{s12}^{ox} = 60,27 + j50,27 - j0,74 + 22,13 + j18,35 - j0,76 = 82,4 + j67,12 \text{ MVA}$$

$$\Delta S_{12} = \frac{(P_{12}^{ox})^2 + (Q_{12}^{ox})^2}{U_n^2} (r_{12} + jx_{12}) = \frac{82,4^2 + 67,12^2}{110^2} (1,35 + j4,56) = 1,26 + j4,25 \text{ MVA}$$

$$S_{12}^b = S_{12}^{ox} + \Delta S_{12} = 82,4 + j67,12 + 1,26 + j4,23 = 83,66 + j70,37 \text{ MVA}$$

TM shinasidan 1.2 liniyaga oquvchi quvvat:

$$S_1 = S_{12}^b - jQ_{s12} = 83,66 + j71,37 - j0,76 = 83,66 + j70,61 \text{ MVA}$$

2-bosqich. U_2 kuchlanishni aniqlaymiz:

$$\Delta U_{12}^b = \frac{P_{12}^b \cdot r_{12} + Q_{12}^b \cdot x_{12}}{U_1} = \frac{83,66 \cdot 1,35 + 71,37 \cdot 4,56}{117,7} = 3,72 \text{ kV}$$

$$\delta U_{12}^b = \frac{P_{12}^b \cdot x_{12} - Q_{12}^b \cdot r_{12}}{U_1} = \frac{83,66 \cdot 4,56 - 71,37 \cdot 1,35}{117,7} = 2,42 \text{ kV}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12}^b - j\delta U_{12}^b = 117,7 - 3,72 - j2,42 = 114 - j2,42 \text{ kV}$$

Kuchlanish moduli:

$$U_2 = \sqrt{114^2 + 2,42^2} = 114 \text{ kV}$$

110 kV va undan past kuchlanishli elektr tarmoqlarida kuchlanish pasayishini ko'ndalangiga tarkibiy qismi hisoblarga uncha ta'sir etmaydi. Shuning uchun ko'rilayotgan tarmoq uchun bo'y-lamasiga tarkibiy qismini hisobga olsak, unda ikkinchi nuqta uchun

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12}^b = 117,7 - 3,72 = 114 \text{ kV}$$

3.4 tugundagi kuchlanishni aniqlaymiz:

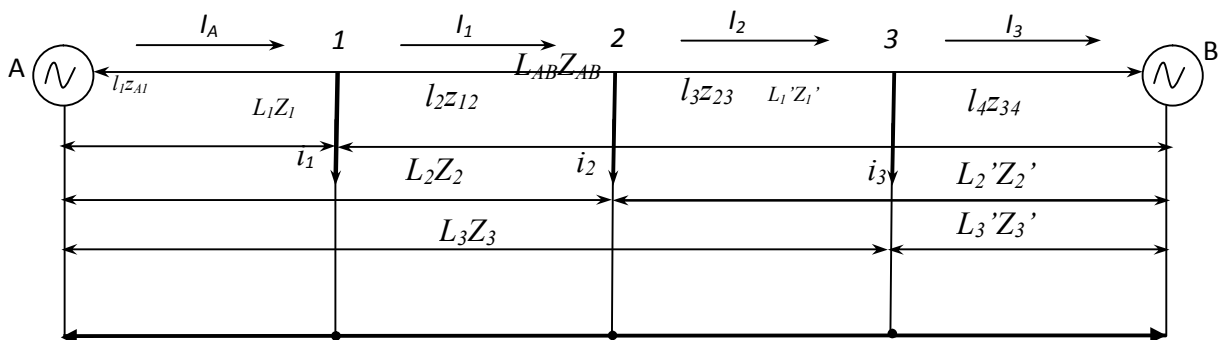
$$\Delta U_{23}^b = \frac{P_{23}^b \cdot r_{23} + Q_{23}^b \cdot x_{23}}{U_2} = \frac{60,27 \cdot 2,23 + 50,27 \cdot 4,72}{114} = 3,26 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{34}^b = \frac{P_{34}^b \cdot r_{34} + Q_{34}^b \cdot x_{34}}{U_3} = \frac{42,09 \cdot 3,74 + 35,25 \cdot 6,4}{110,7} = 3,45 \text{ kV}$$

$$U_4 = 110,7 - 3,45 \approx 107,2 \text{ kV}$$

6. Ikki tarafdin ta'minlanuvchi liniyalarni hisoblash tartibi

6.1 Nazariy qism



6.1-rasm Ikki tarafdin ta'minlanuvchi elektr tarmog'i sxemasi

Ikki tarafdin ta'minlanuvchi elektr tarmoqlarida elektr uzatishni (6.1-rasm) hisoblash uchun ikkita shartni qabul qilamiz.

1. Iste'molchilarni ta'minlovchi kuchlanish o'zaro teng va nominal kuchlanishga teng deb qabul qilamiz.

2. Ko'rilayotgan tarmoqda quvvat isrofini hisobga olmaymiz.

Umumiy holatni ko'ramiz.

a) ta'minlash punktlarining kuchlanishlari o'zaro teng emas va fazalari bir-biriga to'g'ri kelmaydi.

b) $Z=R+jX$ – tarmoqning to'liq qarshiligini belgilaymiz.

d) $i=i_a-i_r$ – yuklama kompleks holda ko'rsatilgan va quvvat koeffitsienti o'zaro to'g'ri kelmasligi mumkin.

Ikki tarafdin ta'minlanadigan tarmoqning bo'linish nuqtasini aniqlash uchun $U_A \neq U_B$ kuchlanishlar teng bo'lmaganda, uchastka boshidagi quvvat yoki tokni bilish kerak.

Belgilaymiz: $z_1=z_{A1}$; $z_1' = z_{12} + z_{23} + z_{34}$; $z_2' = z_{A1} + z_{12}$;
 $z_2 = z_{23} + z_{34}$; $z_3 = z_{A1} + z_{12} + z_{23}$; $z_3' = z_{34}$;
 $Z_{AB} = z_{01} + z_{12} + z_{23} + z_{32}$

$$I_A = \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}Z_{AB}} + \frac{i_1 z_1' + i_2 z_2' + i_3 z_3'}{Z_{AB}}; \quad S_A = \frac{U_A - U_B}{Z_{AB}} U_H + \frac{\sum S \cdot z'}{Z_{AB}}$$

$$I_B = \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}Z_{AB}} + \frac{i_1 z_1 + i_2 z_2 + i_3 z_3}{Z_{AB}}; \quad S_B = \frac{U_A - U_B}{Z_{AB}} + \frac{\sum S \cdot z}{Z_{AB}}$$

Umumiy holat uchun

$$I_A = I_{AB} + I_A' \quad I_B = I_{AB} + I_B'$$

bu yerda: $I_{AB} = \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}Z_{AB}}$ - I_{AB} -ta'minlash punktlari kuchlanishlari va tarmoqning umumiy qarshiligiga bog'liq tenglashtiruvchi tok;

I_A, I_B - yuklama toklaridan aniqlanadigan toklar ta'minlash punktlari kuchlanishlari teng bo'lganda, yuklama toklari va liniyaning parametrlariga bog'liq bo'ladi.

Agar $U_A = U_B$ – ta'minlash punktlari kuchlanishlari o'zaro teng va fazalari ustma-ust tushadi. $I_{AB} = 0$, chunki $U_A - U_B = 0$

$$I_A = \frac{\sum iz'}{Z_{AB}}; \quad I_B = \frac{\sum iz}{Z_{AB}}; \quad S_A = \frac{\sum Sz'}{Z_{AB}}; \quad S_B = \frac{\sum Sz}{Z_{AB}}$$

Agar ta'minlash punktlari kuchlanishi o'zaro teng va fazalari ustma-ust tushsa, liniya o'zining uzunligi davomida bir xil kesim yuzali simdan tayyorlanadi va tayanchlarda simlarning joylashuvi bir xil bo'ladi. Shunda:

$$I_A = \frac{\sum iL'}{Z_{AB}}; \quad I_B = \frac{\sum iL}{Z_{AB}}; \quad S_A = \frac{\sum SL'}{Z_{AB}}; \quad S_B = \frac{\sum SL}{Z_{AB}}$$

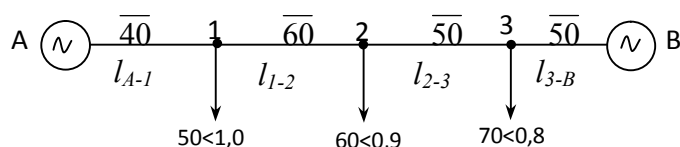
6.2 Masalalarni yechish uchun misollar

1-masala. 6.2.1-rasmda ko'rsatilgan elektr tarmog'i uchun ikki holatga tokni taqsimlanishini aniqlang.

a) $U_A=U_B$ fazalar ustma-ust tushadi $U_n=220$ V;

b) $U_A=222$ V $U_B=228$ V va fazalar ustma-ust tushadi. Liniya mis tomirli, kesim yuzasi 50 mm^2 bo'lgan simdan tayyorlangan.

Sxemada uzunlik m da, toklar Amperda berilgan.



6.2.1-rasm

Yuklama toklarini kompleks holda ko'rsatamiz:

$$i_1 = (50 - j0)A$$

$$i_2 = (54 - j26,4)A$$

$$i_3 = (56 - j42)A$$

Uchastka qarshiliklarini aniqlaymiz:

$$R_{A-1} = \frac{l_{A-1}}{\gamma F} = \frac{40}{53 \cdot 50} = 0,015 \text{ Om}$$

$$R_{1-2} = \frac{l_{1-2}}{\gamma F} = \frac{60}{53 \cdot 50} = 0,023 \text{ Om}$$

$$R_{2-3} = R_{3-B} = \frac{50}{53 \cdot 50} = 0,019 \text{ Om}$$

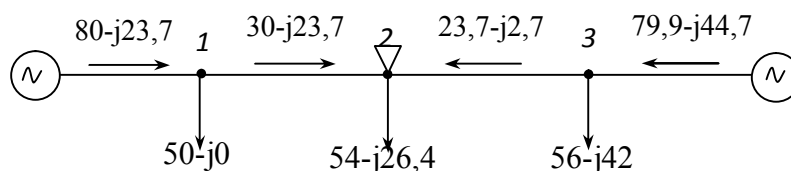
(a) holat uchun, $U_A=U_B$ va kabel liniyalari uchun $X_0=0$

$$I_A = \frac{\sum iR'}{R_{AB}} = \frac{\sum (i_a - ji_p)R'}{R_{AB}} = \frac{\sum i_a R'}{R_{AB}} - j \frac{\sum i_p R'}{R_{AB}} = I_{Aa} - jI_{Ap}$$

$$I_{Aa} = \frac{\sum iR'}{R_{AB}} = \frac{50(0,023 + 0,019 + 0,019) + 54(0,019 + 0,019) + 56 \cdot 0,019}{0,076} = 80,5 \text{ A}$$

$$I_{Ap} = \frac{\sum iR'}{R_{AB}} = \frac{26,4(0,019 + 0,019) + 42 \cdot 0,019}{0,076} = 23,7 \text{ A}$$

Shunday qilib, toklarning taqsimlanishini ko'rsatamiz.



6.2.2-rasm

Topildi

$$I_B = (79,5 - j44,7) A$$

Endi tekshiramiz:

$$I'_{Ba} = \frac{56(0,019 + 0,023 + 0,015) + 54(0,023 + 0,015) + 56 \cdot 0,015}{0,076} = 79,5 A$$

$$I'_{Bp} = \frac{42(-0,019 + 0,023 + 0,015) + 26,4(0,023 + 0,015) + 56 \cdot 0,015}{0,076} = 44,7 A$$

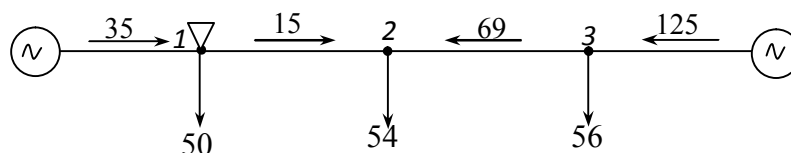
Bundan ko'rinadiki hisoblar to'g'ri manbalar kuchlanishi teng bo'lganda 2-nuqtada tok bo'linishi nuqtasiga to'g'ri keladi.

(b) holat uchun $U_A = 222 V$, $U_V = 228 V$

$$I_{AB} = \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}R_{AB}} = \frac{222 - 228}{1,73 \cdot 0,076} = \frac{-6}{1,73 \cdot 0,076} = 45,5 A$$

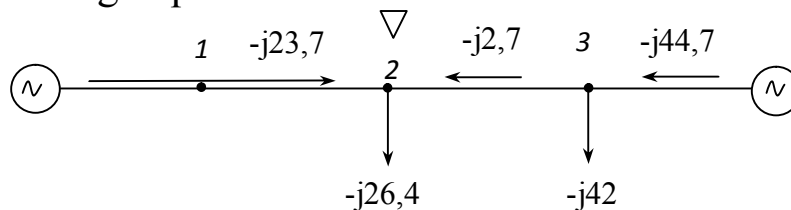
$$I_A = I_{AB} + I'_A = 45,5 + (80,5 - j23,7) = (35 - j23,7) A$$

Aktiv tokning taqsimlanishi:



6.2.3-rasm

Reaktiv tokning taqsimlanishi:



6.2.4-rasm

Shunday qilib,

$$I_b = (125 - j44,7) A$$

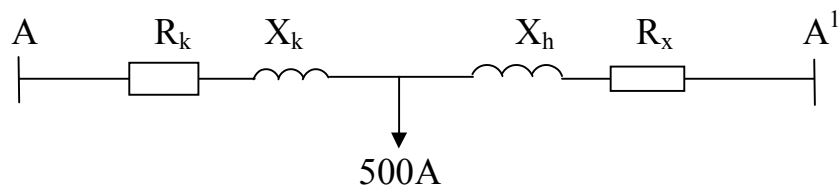
Tekshirib ko‘ramiz:

$$I_V = I_{AB} + I_B = 45,5 + (79,5 - j44,7) = (125 - j44,7)A$$

2-masala. Toki 500 A, $\cos\varphi=0,8$ bo‘lgan iste‘molchi 10 kV kuchlanishli ikkita EUL dan ta‘minlanadi. Birinchi liniya AC - 120 simdan tayyorlangan havo liniyasi, uzunligi 6 km; ikkinchisining uzunligi 4 km li AAB 3x95 dan tayyorlangan kabel liniyasi. Liniyadagi tok va kuchlanish yo‘qotilishini, nominal va avariya holatlarida tarmoqni ishlashi uchun aniqlang. 1 km uzunlikdagi AC - 120 simning qarshiligi $r_0=0,27\text{Om/km}$, $x_0=0,33\text{Om/km}$; AAB 3x95 kabel liniyasini $r_{0kl}=0,33\text{Om/km}$, $x_{0kl}=0,083\text{Om/km}$. Liniyaning to‘la qarshiligi:

$$R_x + jX_x = (0,27 + j0,33) \cdot 6 = (1,62 + j1,98) \text{ Om}$$

$$R_{kl} + jX_{kl} = (0,33 + j0,083) \cdot 4 = (1,32 + j0,33) \text{ Om}$$



6.2.5-rasm

Elektr tarmog‘ini ikki tarafdin ta‘minlanadigan liniya deb qaraymiz. Kabel liniyasidagi tok:

$$I_k = \frac{I(R_x + jX_x)}{R_x + jX_x + R_k + jX_k} = \frac{(400 + j300)(1,62 + j1,98)}{1,62 + j1,98 + 1,32 + j0,33} = (222,5 + j259,8)A$$

Shunga o‘xshash, havo liniyasidagi tok:

$$I_x = \frac{I(R_x + jX_x)}{R_x + jX_x + R_k + jX_k} = \frac{(400 + j300)(1,32 + j0,33)}{1,62 + j1,98 + 1,32 + j0,33} = (177,5 + j40,2)A$$

Tekshirish:

$$I_k + I_x = 222,5 + j259,8 + 177,5 + j40,2 = (400 + j300)A = I$$

Tarmoqning meyoriy ish tartibida kuchlanishning yo‘qotilishi ta‘minlash manбайдan bo‘linish nuqtasigacha aniqlanishi kerak.

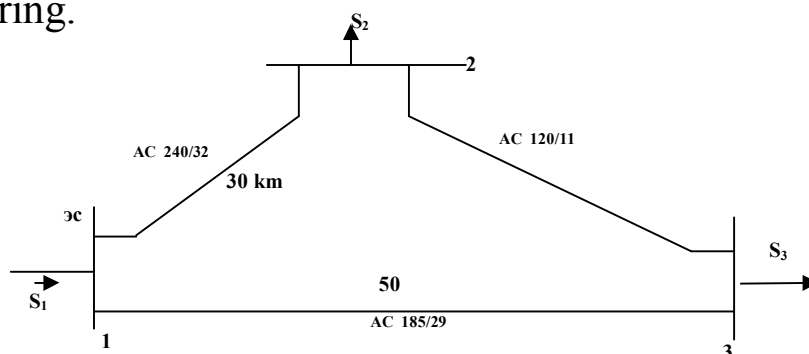
(Bu holatda yuklama o‘rnatilgan nuqtagacha)

$$\Delta U = \sqrt{3}(I_{ak} R_k + I_{pk} X_k) = 1,73(222,5 \cdot 1,32 + 259,8 \cdot 0,33) = 656 \text{ V}$$

Shikastlangan holatda havo liniyasini o‘chirilgan deb tasavvur qilib, kuchlanish yo‘qotilishini aniqlaymiz.

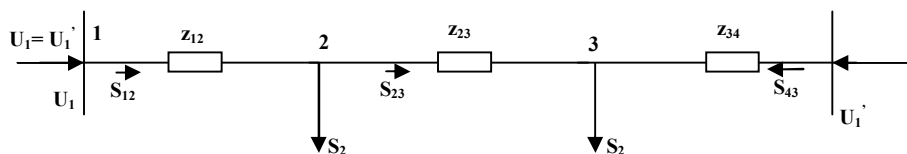
$$\Delta U = \sqrt{3}(I_a R_\kappa + I_p X_\kappa) = 1,73(400 \cdot 1,32 + 300 \cdot 0,33) = 1085 \text{ V}$$

3-masala. 110 kV li halqasimon tarmoq elektr stansiyasi 1-podstansiyani va $S_2=36,18+j29,17$ MVA, $S_3=39,2+j32,89$ MVA quvvatga ega 2-3-podstansiyalar bilan bog‘laydi. Simlar markasi va liniyalar uzunligi rasmda ko‘rsatilgan. Ularning qarshiliklari tegishli holda $r_{12}=3,6+j12,15$ Ohm, $r_{23}=9,84+j10,21$ Ohm, $r_{13}=8,1+j20,65$ Ohm elektr stansiya shinasidagi kuchlanish 117,7 kV. Elektr stansiya shinasidan keladigan quvvatni aniqlang. Hisoblarni quvvat isrofini hisobga olmasdan amalga oshiring.



6.2.6-rasm

1-tugundan tarmoqni kesib ikki tarafdin ta‘minlanadigan liniyaga keltiramiz:



6.2.7-rasm

Bo‘linish nuqtasini aniqlash uchun halqasimon tarmoqdagi taxminiy quvvat taqsimlanishini aniqlaymiz:

$$S_{12} = \frac{(36,18 + j29,17)(9,84 - j10,21 + 8,1 - j20,65) + (39,2 + j32,89)(8,1 - j20,65)}{3,6 - j12,15 + 9,84 - j10,21 + 8,1 - j20,65} = 44,82 + j36,75 \text{ MVA}$$

$$S_{43} = \frac{(39,2 + j32,89)(9,84 - j10,21 + 3,6 - j12,15) + (36,18 + j29,17)(3,6 - j12,15)}{3,6 - j12,15 + 9,84 - j10,21 + 8,1 - j20,65} = 30,56 + j25,31 \text{ MVA}$$

Berk tarmoq liniyalarining boshidagi quvvat taqsimlanishini $S_{12} + S_{43} = S_2 + S_3$ sharti bilan to‘g‘riligini tekshiramiz:

$$44,82 + j36,75 + 30,56 + j25,31 = 75,38 + j62,06 \text{ MVA}$$

S_{12} va S_{43} to'g'ri aniqlandi. 2-tugun uchun Kirxgofning birinchi qonunini ishlatib 23 liniyadagi quvvat taqsimlanishini aniqlaymiz:

$$S_{23} = S_{12} - S_2 = 44,82 + j36,75 - (36,18 + j29,17) = 8,64 + j7,58 \text{ MVA}$$

3 - tugun aktiv va reaktiv quvvat taqsimlanishining bo'linish nuqtasi. Quvvat isrofini hisobga olmagan holda elektr stansiya shinasidan kelayotgan quvvat quyidagiga teng:

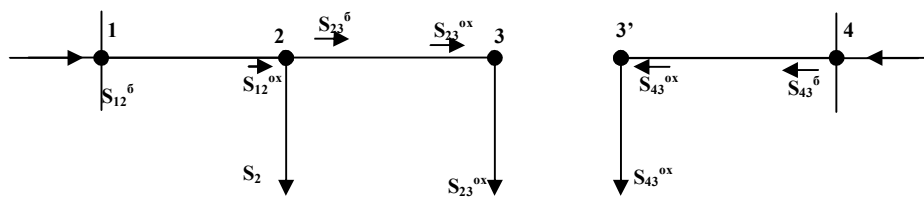
$$S_1 = S_{12} + S_{43} = 75,38 + j62,06 \text{ MVA}$$

Misolni liniyalarda bo'ladigan quvvat isrofini hisobga olib davom ettiramiz.

S_{12} , S_{23} , S_{43} , quvvatlar quvvat isrofini hisobga olmasdan aniqlangan. Ikki tarafdin ta'minlangan liniyaning bo'linish nuqtasini 3-tugunda qirqamiz. 3 va 3' nuqtalardagi yuklama teng.

$$S_{23}^{ox} = 8,64 + j7,58 \text{ MVA} = S_{23}$$

$$S_{43}^{ox} = 30,56 + j25,31 \text{ MVA} = S_{43}$$



6.2.8-rasm

2-3, 1-2 - liniyalarda quvvat oqimini aniqlaymiz.

2-3 - liniya oxiridagi quvvat:

$$S_{23}^{ox} = S_{23} = 8,64 + j7,58 \text{ MVA}$$

2-3 liniyadagi quvvat isrofi:

$$\Delta S_{23} = \frac{8,64^2 + 7,58^2}{110^2} (9,84 + j10,21) = 0,11 + j0,11 \text{ MVA}$$

1-2 liniya oxiri quvvat:

$$S_{13}^{ox} = S_{23}^{ox} + \Delta S_{23} + S_2 = 8,64 + j7,58 + 0,11 + j0,11 + 36,18 + j29,17 = 44,93 + j36,86 \text{ MVA}$$

1-2 liniyadagi quvvat isrofi:

$$\Delta S_{12} = \frac{44,93^2 + 36,86^2}{110^2} (3,6 + j12,15) = 1 + j3,39 \text{ MVA}$$

1-2 liniya boshidagi quvvat:

$$S_{12}^b = S_{12}^{ox} + \Delta S_{12} = 44,93 + j36,86 + 1 + j3,39 = 45,93 + j40,25 MVA$$

4-3-liniyadagi quvvatni hisoblaymiz. 4-3-liniya oxiridagi quvvat $S_{43}^{ox} = 30,56 + j25,31 MVA$. 4 3 liniyadagi quvvat isrofi:

$$\Delta S_{43} = \frac{30,56^2 + 25,31^2}{110^2} (8,1 + j20,65) = 1,05 + j2,69 MVA$$

4-3-liniya boshidagi quvvat:

$$S_{43}^b = 30,59 + j25,31 + 1,05 + j2,69 = 31,61 + j28 MVA$$

Elektr stansiya shinasidan istemol qilinayotgan quvvat:

$$S_1 = S_{12}^b + S_{43}^b = 45,93 + j40,25 + 31,61 + j28 = 77,54 + j68,25 MVA$$

Yuqorida keltirilgan berk elektr tarmog'ida quvvat taqsimlanishini hisobga olib 2,3-tugunlardagi kuchlanish va kuchlanish yo'qotilishini aniqlaymiz.

Quvvat isrofini hisobga olmagan holda kuchlanish yo'qotilishi ΔU_{ek} (eng katta) ni hamda ko'ndalangiga quvvat isrofini hisobga olmay amalga oshiramiz.

$U_1 = U_4 = 117,7$ kV bo'lganda kuchlanish yo'qotilishi quyidagicha:

$$\Delta U_{43} = \frac{30,56 \cdot 8,1 + 25,31 \cdot 20,65}{117,7} = 6,54 kV$$

$$U_3 = 117,7 - 6,54 \approx 111,2 kV$$

$$\Delta U_{12} = \frac{44,82 \cdot 3,6 + 36,15 \cdot 12,15}{117,7} = 5,16 kV$$

$$U_2 = 117,7 - 5,16 \approx 112,5 kV$$

$$\Delta U_{23} = \frac{8,64 \cdot 9,84 + 7,58 \cdot 10,21}{117,7} = 1,44 kV$$

$$U_3 = 117,7 - 1,44 \approx 111,1 kV$$

Quvvat isrofi hisobga olinmagan holda meyoriy tartibda eng katta kuchlanish yo'qotilishi:

$$\Delta U_{ek} = \Delta U_{13} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} = 5,16 + 1,44 = 6,6 kV$$

Quvvat isrofini hisobga olib eng katta kuchlanish yo‘qotilishi ΔU_{ek} ni aniqlaymiz

$$\Delta U_{43} = \frac{31,16 \cdot 8,1 + 28 \cdot 20,65}{117,7} = 7,1 \text{ kV}$$

$$U_3 = 117,7 - 7,1 \approx 110,6 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{45,93 \cdot 3,6 + 40,25 \cdot 12,15}{117,7} = 5,56 \text{ kV}$$

$$U_2 = 117,7 - 5,56 \approx 112,1 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{8,75 \cdot 9,84 + 7,69 \cdot 10,21}{112,1} = 1,47 \text{ kV}$$

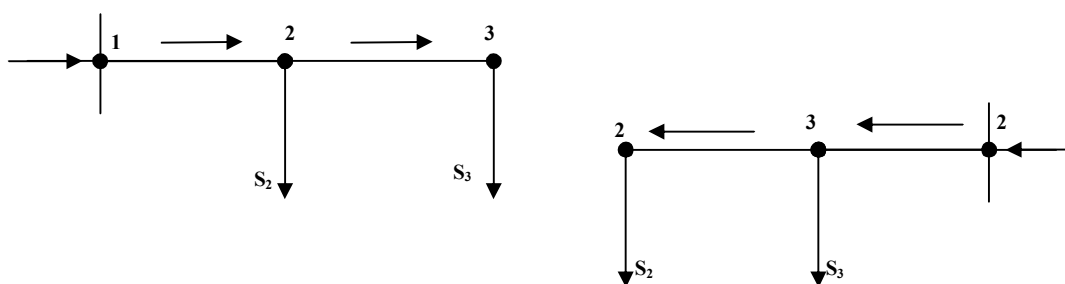
$$U_3 = 112,1 - 1,47 \approx 110,6 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{13} = 5,56 + 1,47 = 7,03 \text{ kV}$$

Eng katta quvvat isrofi bo‘yicha hatolik

$$\Delta U_{43} - \Delta U_{13} = 0,07 \text{ kV}$$

Avariya holatini ko‘ramiz



6.2.9-rasm

4-3-liniya uzilganda 1-2-liniyadagi quvvat

$$S_{12} = S_3 + S_2 = 39,2 + j32,89 + 36,18 + j29,17 = 75,38 + j62,06 \text{ MVA}$$

2-3-liniyadagi quvvat

$$S_{23} = S_3 = 39,2 + j32,89 \text{ MVA}$$

1-2, 2-3-liniyalardagi kuchlanish yo‘qotilishi 1- va 2- tugunlardagi kuchlanish va eng katta kuchlanish yo‘qotilishi ΔU_{ek} ni aniqlaymiz.

$$\Delta U_{12avar} = \frac{75,38 \cdot 3,6 + 62,06 \cdot 12,15}{117,7} = 8,71 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{23avar} = \frac{39,2 \cdot 9,84 + 32,89 \cdot 10,21}{109} = 6,62 \text{ kV}$$

$$U_3 = 109 - 6,62 \approx 102,4 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{13avar} = 8,71 + 6,62 = 15,33 \text{ kV}$$

1-2-liniya uzilgan holatda

$$S_{43} = S_2 + S_3 = 39,2 + j32,89 + 36,18 + j29,17 = 75,38 + j62,06 \text{ MVA}$$

$$S_{23} = S_3 = 36,18 + j29,17 \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{43avar} = \frac{75,38 \cdot 8,1 + 62,06 \cdot 20,65}{117,7} = 16,08 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{3avar} = 117,7 - 16,08 \approx 101,6 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{23avar} = \frac{36,18 \cdot 9,84 + 29,17 \cdot 10,21}{101,6} = 6,44 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{2avar} = 101,6 - 6,44 \approx 95,2 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{42avar} = 16,08 + 6,44 \approx 22,5 \text{ kV}$$

Avariya holatida eng katta kuchlanish yo'qotilishi 1-2 liniya uzilganda bo'ladi ya'ni

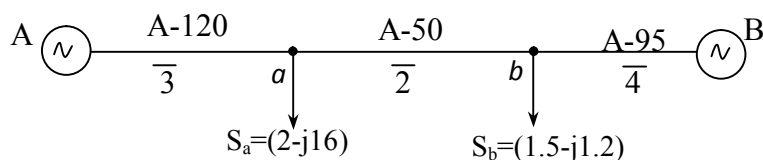
$$\Delta U_{avar.e.k} = \Delta U_{42avar} = 22,5 \text{ kV} ,$$

$$\Delta U_{avar.e.k} \% = 20,5\%$$

6.3. Mustaqil yechish uchun misollar

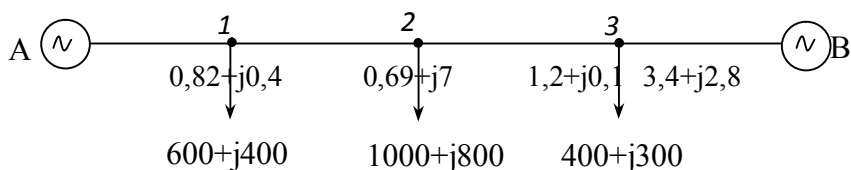
1-misol. 6.3.1-rasmda ko'rsatilgan iste'molchilar kuchlanishlari $U_A=11 \text{ kV}$, $U_V=10,5 \text{ kV}$ bo'lgan ikki manbadan ta'minlanadi. Uchastkalar uzunligi (km)da, yuklamalar (MVA)da simlar markasi rasmda ko'rsatilgan.

Tok bo'linish nuqtasini va 6.3.1-rasmda ko'rsatilgan uchastkalardagi quvvat taqsimotini aniqlang:



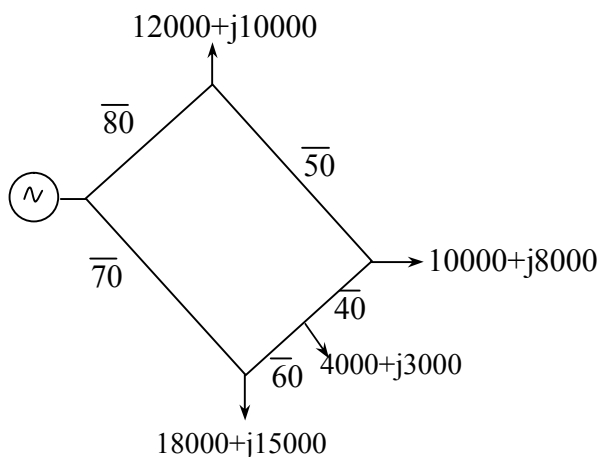
6.3.1-rasm

2-misol. 6.3.2-rasmda tasvirlangan ikki tarafdan ta'minlangan tarmoqda, ta'minlash manbalarining kuchlanishlari bir xil, 6 kVga teng bo'lganda quvvat taqsimlanishini aniqlang. Sxemada yuklama (kVA)da tarmoq uchastkalarini qarshiliklari (Om)da ko'rsatilgan.



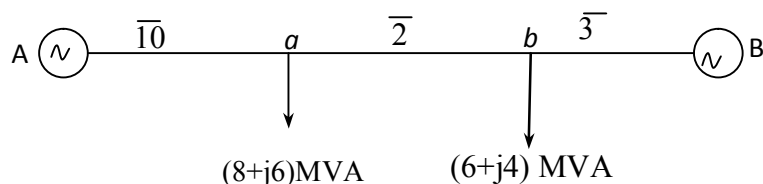
6.3.2-rasm

3-misol. 220 kVli berk zanjirli elektr tarmog'i bir xil kesim yuzali simdan tayyorlangan. 6.3.3-rasmda yuklamalar (kVA)da uchastkalar uzunligi (km)da ko'rsatilgan. Tarmoqdagi quvvat taqsimotini aniqlang.



6.3.3-rasm

4-misol. 6.3.4-rasmda ko'rsatilgan a va b hududlarda joylashgan korxonalar 35 kV kuchlanishda A va B rayon podstansiyalardan ta'minlanadi. A va B podstansiyalar kuchlanishlari o'zaro teng va fazalari ustma-ust tushadi. Liniya faza simlari gorizontaal joylashgan, ular orasidagi masofa 4 km bo'lgan po'lat-alumin simdan tayyorlangan. Tarmoqdagi quvvat isrofini hamda a va b nuqttagacha bo'lgan kuchlanish yo'qotilishini aniqlang.



6.3.4-rasm

7. Sim va kabellarning kesim yuzasini tokning iqtisodiy zichligi va kuchlanish yo‘qotilishi bo‘yicha tanlash

7.1. Nazariy qism

Sim va kabellarning kesim yuzasini tanlash hamda qaysi materiallardan, tanlangan sim va kabellardan tayyorlangan tarmoqni qurish va ishlatishda eng kam keltirilgan xarajatlar usuli qabul qilinadi

35kV va undan yuqori kuchlanishli havo elektr tarmoqlari uchun ko‘pincha AC, ACO markali po‘lat-alumin simlar ishlatiladi. Kichik kuchlanishli tarmoqlar asosan alumin simlardan tayyorlanadi. Atrof-muhit sharoitlari alumin simlarni ishlatishga imkon bermasa unda mis simlari va kabellar ishlatiladi.

Elektr uskunalari tuzilish qoidalariga asosan rayon elektr tarmoqlari tokni iqtisodiy zichlik j_{iq} qiymatlari bo‘yicha hisoblanadi. 2-ilovadagi 8-jadvalda j_{iq} ning qiymatlari keltirilgan. Ushbu jadvalda keltirilgan qiymatlar 220 kV kuchlanishgacha bo‘lgan liniyalarga tegishli. 330 kV va 500 kV kuchlanishli liniyalar uchun tokning iqtisodiy zichligi usuli tavsiya etilmaydi. Bu liniyalar uchun simning kesim yuzasi bir nechta, bo‘lingan simlar tuzilmalari va ularni umumiy kesim yuzalari uchun kumulativ xarajatlar bo‘yicha taqqoslanib tanlanadi.

Tokning iqtisodiy zichligi sim tayyorlangan material, elektr uzatish liniyasi joylashgan hudud iste‘molchilarni maksimal yuklamada ishlash vaqtiga bog‘liq.

Simning kerakli iqtisodiy kesim yuzasi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$F = \frac{I_n}{j_{iq}}$$

bu yerda: I_n -normal ish sharoitida hisobiy tok.

Hisoblangan natija yaqin standart qiymatga yaxlitlanadi.

Mahalliy elektr tarmoqlarining aktiv qarshiligi induktiv qarshilikka nisbatan ancha katta, kesim yuzasi kichik simlardan tayyorlanadi.

Liniyaning induktiv qarshiligi sim kesim yuzasining o'zgarishiga ham bog'liq. Shuning uchun mahalliy elektr tarmoqlarida sim va kabellar kesim yuzasini tanlashda, undagi kuchlanish yo'qotilishining maksimal qiymati ruxsat berilgan qiymatdan oshishi kerak emas. Iste'molchilarga kerakli sifatli kuchlanish berish – hozirgi vaqtda iqtisodiy o'zini oqlagan usul hisoblanadi.

Hisoblash quyidagicha olib boriladi: havo liniyalarining induktiv qarshiligi kichik oraliqda ($x_0=0,384\div 0,42$ Om/km) o'zgaradi, shuning uchun X_0 ni o'rtacha qiymatini berib, X va reaktiv yuklama Q ga bog'liq kuchlanish yo'qotilishini aniqlaymiz:

$$\Delta U_p = \frac{Q}{U_n} x_0 l$$

Keyin liniya aktiv qarshiligidagi ruxsat berilgan kuchlanish yo'qotilishi aniqlanadi:

$$\Delta U_{arux} = \Delta U_{rux} - \Delta P_r$$

Qidirilayotgan sim kesim yuzasi quyidagi ifodadan topiladi:

$$F = \frac{Pl}{\gamma \Delta U_{rux} U_n}$$

bu yerda: P - yuklamani aktiv tashkil etuvchisi;

l - liniya uzunligi;

γ – simning solishtirma o'tkazuvchanligi.

Bir nechta iste'molchilar bo'lgan liniyalarda asosiy shartlardan biri, liniyaning hamma uchastkalarida sim kesim yuzasining bir xil bo'lishi.

Bu holatda x ning qiymati orqali induktiv qarshilik va reaktiv quvvatga bog'liq umumiy kuchlanish yo'qotilishi aniqlanadi.

$$\Delta U_r = \frac{x_0}{U_n} \sum Q_i l_i$$

So'ngra $\Delta U_{arux} = \Delta U_{rux} - \Delta P_p$ aniqlanadi va simning kesim yuzasi topiladi:

$$F = \frac{I}{\gamma \Delta U_{arux} U_n} \sum P_i l_i$$

bu yerda: P_i va Q_i – liniya uchastkalarining aktiv va reaktiv quvvatlari; l_i - i uchastka uzunligi.

Boshqa qo'shimcha shart liniya'ning hamma uchastkalarida tok zichligi, ya'ni $j_1=j_2=j_3=\dots j_n=j$ bir xilligidir. Avval ΔU_a hisoblanib, so'ngra tok zichligi topiladi:

$$J_{\Delta U} = \frac{\gamma \Delta U}{\sqrt{3} \sum l_i \cos \varphi_i}$$

bu yerda: $\cos\varphi_i$ – uchastkaning quvvat koeffisienti.

Topilgan quvvat zichligidan simlarning kesim yuzasi aniqlanadi:

$$F_1 = \frac{I_1}{j}; \quad F_2 = \frac{I_2}{j}; \quad F_n = \frac{I_n}{j};$$

bu yerda: I_1, I_2, I_n – uchastkalardagi liniya toklari.

Kabel liniyalari uchun $X=0$ deb qabul qilishimiz mumkin. Shuning uchun kesim yuzasi to‘g‘ridan-to‘g‘ri ruxsat etilgan kuchlanish yo‘qotilishi - ΔU_{rux} – orqali tanlanadi. Hamma ifodalarga bunda $\Delta U_{\text{rux}} = \Delta U_a$ qiymati qo‘yiladi.

7.2. Masalalarni yechish uchun misollar

1-masala. $(80+j40)$ MVA quvvat iste‘mol qiluvchi korxonada ikki tizimli 110 kV kuchlanishli liniya orqali ta‘minlanishi kerak. Maksimal yuklamada ishlash vaqti 4500 soat. Po‘lat-alumin liniya simlarining kesim yuzasini aniqlang.

Yechish. Liniyadagi hisobiy tokni aniqlaymiz:

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2} \cdot 10^3}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{\sqrt{80^2 + 40^2} \cdot 10^3}{2 \cdot 1,73 \cdot 110} = 232A$$

2-ilovadagi 8-jadvaldan tokning iqtisodiy zichligi $j_{iq}=1,1A/mm^2$ ni topamiz. Iqtisodiy mumkin bo‘lgan liniya simining kesim yuzasi:

$$F_u = \frac{I}{j_{iq}} = \frac{232}{1,1} = 211 mm^2$$

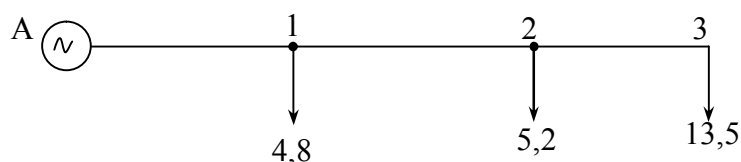
Standart AC-240 kesim yuzasini tanlab, uni qizishga tekshiramiz. Binodan tashqarida $t=25^0 C$ da 1-ilovadagi 1-jadvalga asosan ruxsat etilgan tok $I_{\text{rux}}=605 A$. Tanlangan kesim yuzali simni qizishga tekshiramiz. $I < I_{\text{rux}}$. Avariya so‘nggi ish tartibi bitta liniya o‘chirilganda ishda qolgan liniyadagi ish toki:

$$I_{ish} = 2 \cdot 232 = 464A < I_{\text{rux}}$$

2-masala. 7.2.1-rasmda ko‘rsatilgan 110 kV kuchlanishli magistral tarmoqdan quvvat iste‘mol qiladigan uchta sex podstansiyalari – birinchisi – 4,8 mVA, ikkinchisi – 5,2 mVA, uchinchisi – 13,5 mVA ta‘minlanadi. Agar maksimal yuklamada ishlash vaqti 4200 soat bo‘lsa, tarmoq uchastkalari simlarining kesim yuzasini aniqlang.

Yechish. Quvvat isrofini hisobga olmasdan uchastkalardagi quvvat oqimini aniqlaymiz. Uchinchi uchastkadagi quvvat oqimi 13,5 MVA, ikkinchisida:

$$S_{1-2} = S_3 + S_2 = 13,5 + 5,2 = 18,7 MVA$$



7.2.1-rasm

birinchisida:

$$S_{A-2} = S_1 + S_2 + S_3 = 18,7 + 4,8 = 25,5 \text{ MVA}$$

Liniya uchastkalaridagi ish tokini aniqlaymiz:

$$I_{A-1} = \frac{25,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 134 \text{ A}; \quad I_{1-2} = \frac{18,7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 98,3 \text{ A};$$

$$I_{2-3} = \frac{13,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 71 \text{ A}$$

$T_{\max} = 4200$ soatda po‘lat-alumin simlar uchun $j_{iq} = 1,12 \text{ A/mm}^2$.
Uchastka simlarining kesim yuzasi:

$$F_{A-1} = \frac{134}{1,12} \approx 122 \text{ mm}^2; \quad F_{1-2} = \frac{98,3}{1,12} \approx 89,5 \text{ mm}^2; \quad F_{2-3} = \frac{71}{1,12} = 64,5 \text{ mm}^2$$

Yaqin joylashgan standart kesim yuzasini tanlaymiz.

$F_{A-1} - 120 \text{ mm}^2$, $I_{\text{rux}} = 380 \text{ A}$; $F_{1-2} - 95 \text{ mm}^2$, $I_{\text{rux}} = 330 \text{ A}$; $F_{2-3} - 70 \text{ mm}^2$,
 $I_{\text{rux}} = 265 \text{ A}$.

Hamma tanlangan kesim yuzalari qizish shartini qoniqtiradi, chunki liniya uchastkalaridagi ish toki $I_{\text{ish}} < I_{\text{rux}}$

3-masala. 1000 kVA transformator o‘rnatilgan korxonada, podstansiyasi 10 kV kuchlanishli havo liniyasi orqali ta‘minlanadi. Oraliq masofasi 1 m bo‘lgan uchburchak shaklida joylashgan alumin simdan tayyorlangan liniyaning uzunligi 2,5 km. Podstansiyaning yuklamasi $(750 + j650) \text{ kVA}$. Kuchlanish yo‘qotilishining ruxsat etilgan qiymati 4,5 % ga teng. Liniya simining kesim yuzasini toping.

Yechish. Kuchlanish yo‘qotilishining ruxsat etilgan qiymati:

$$\Delta U_{\text{rux}} = \frac{10000 \cdot 4,5}{100} = 450 \text{ V}$$

1 km liniyaning induktiv qarshiligi $x_0 = 0,38 \text{ Ohm/km}$, reaktiv yuklama tufayli hosil bo‘lgan kuchlanish yo‘qotilishini topamiz:

$$\Delta U = \frac{Qx_0 l}{U} = \frac{600 \cdot 0,38 \cdot 2,5}{10} = 57 \text{ V}$$

Kuchlanish yo‘qotilishining aktiv tarkibiy qismi:

$$\Delta U_a = \Delta U_{rux} - \Delta U_r = 450 - 57 = 396 V$$

Simga kerak bo'lgan kesim yuzasini aniqlaymiz:

$$F = \frac{Pl}{\Delta U_a \gamma U_i} = \frac{750 \cdot 2,5 \cdot 10^3}{393 \cdot 32 \cdot 10} = 14,7 \text{ mm}^2$$

Standartga yaqin: ААШВ-16 simni tanlaymiz. Simning qarshiliklari: $r_0=1,98 \text{ Om/km}$, $x_0=0,39 \text{ Om/km}$. Tanlangan sim bo'yicha liniyadagi kuchlanish yo'qotilishi:

$$\Delta U = \frac{Pr_0 + Qx_0}{U} l = \frac{750 \cdot 1,98 + 600 \cdot 0,39}{10} \cdot 2,5 = 430 V$$

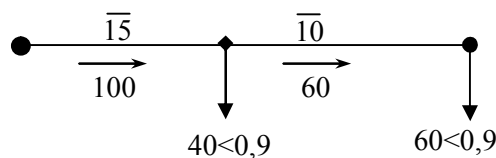
Shunday qilib, $\Delta U=430V < \Delta U_{rux}=450V$ va tanlangan kesim yuzasi kuchlanish yo'qotilishining ruxsat etilgan qiymati shartini qoniqtiradi. Tanlangan simni kesim yuzasini qizish shartiga ko'ra tekshiramiz. ААШВ-16 sim uchun $I_{rux}=105 \text{ A}$, liniyaning maksimal toki:

$$I = \frac{\sqrt{750^2 + 600^2}}{\sqrt{3} \cdot 10} = 55,5 \text{ A}$$

Shunday qilib, tanlangan kesim yuzasi qizish shartini qoniqtiradi.

4-masala. 35/6 kV podstantsiyasini ta'minlovchi 35 kV kuchlanishli elektr uzatuvchi havo liniyasi simlarining kesim yuzasini aniqlang. Liniyaga AC markali simlar oraliq masofasi 3 m dan gorizontaal osish mo'ljallanmoqda. Kuchlanish yo'qotilishining ruxsat etilgan qiymati 6%.

Liniya ayrim uchastkalari simlarining kesim yuzasi, tokning iqtisodiy zichligi bir xil bo'lishi uchun tanlanishi kerak. Rasmda toklar (A)da quvvat koeffitsienti ($\cos\varphi$) uchastkalar uzunligi (km) da ko'rsatilgan.



7.2.2-rasm

Yechish. Kuchlanish yo'qotilishining ruxsat etilgan qiymati:

$$\Delta U_{rux} = 0,06 \cdot 35000 = 2100 V$$

1 km liniyaning $x_0=0,38 \text{ Om/km}$ induktiv qarshiligini qabul qilib, reaktiv yuklama tufayli undagi kuchlanish yo'qotilishini aniqlaymiz:

$$\Delta U = \sqrt{3}(I_1 l_1 \sin\varphi_1 + I_2 l_2 \sin\varphi_2) x_0 = \sqrt{3}(100 \cdot 15 \cdot 0,43 + 60 \cdot 10 \cdot 0,43) \cdot 0,38 = 539,6 V$$

Kuchlanish yo'qotilishini aktiv tarkibiy qismini topamiz:

$$\Delta U_a = \Delta U_{rux} - \Delta U_p = 2100 - 593,6 = 1506,4 V$$

Liniyadagi tok zichligini topamiz:

$$j = \frac{\gamma \Delta U_a}{\sqrt{3}(l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2) \cdot 10^3} = \frac{32 \cdot 1506,4}{\sqrt{3}(15 \cdot 0,9 + 10 \cdot 0,9) \cdot 10^3} = 1,23 A/mm^2$$

Uchastkalar uchun simning kesim yuzasini tanlaymiz:

$$F_1 = \frac{I_1}{j} = \frac{100}{1,23} = 81,3 mm^2; \quad F_2 = \frac{I_2}{j} = \frac{60}{1,23} = 48,8 mm^2$$

Standart AC-95 sim uchun 1-ilovadagi 2-jadvaldan 1 km uzunlik qarshiliklari $r_{01}=0,35$ Om/km, $x_{01}=0,397$ Om/km va AC-50 uchun 1 km uzunlik qarshiliklari $r_{02}=0,65$ Om/km, $x_{02}=0,418$ Om/km ni tanlaymiz.

Tanlangan simning kesim yuzasida tarmoqdagi kuchlanishning yo'qotilishi:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \left[I_1 l_1 (r_{01} \cos \varphi_1 + x_{01} \sin \varphi_1) + I_2 l_2 (r_{02} \cos \varphi_2 + x_{02} \sin \varphi_2) \right] = \\ &= \sqrt{3} [100 \cdot 15(0,35 \cdot 0,9 + 0,397 \cdot 0,43) + 60 \cdot 10(0,69 \cdot 0,9 + 0,418 \cdot 0,43)] = 2046 V \end{aligned}$$

Shunday qilib, $\Delta U=2046V < \Delta U_{rux}=2100V$ va tanlangan kesim yuzasi ruxsat etilgan kuchlanish yo'qotilishi shartini qoniqtiradi.

Tanlangan kesim yuzasini qizish shartiga tekshiramiz, 1-ilovadagi 1-jadvaldan AC-95 sim uchun $I_{rux}=330A > I_1=100A$, AC-50 sim uchun $I_{rux}=210A > I_2=60A$.

Shunday qilib, tanlangan kesim yuzasi qizish shartini ham qoniqtirdi.

5-masala. Sanoat korxonasi 7.3.3-rasmda ko'rsatilgan 110 kVli berk zanjirli tarmoqdan ta'minlanadi. Uchastkalaridagi quvvatlar megovol'tlarda rasmda ko'rsatilgan maksimal yuklamada ishlash vaqti 4800 soat. Tarmoq simlarini kesim yuzasini aniqlang.

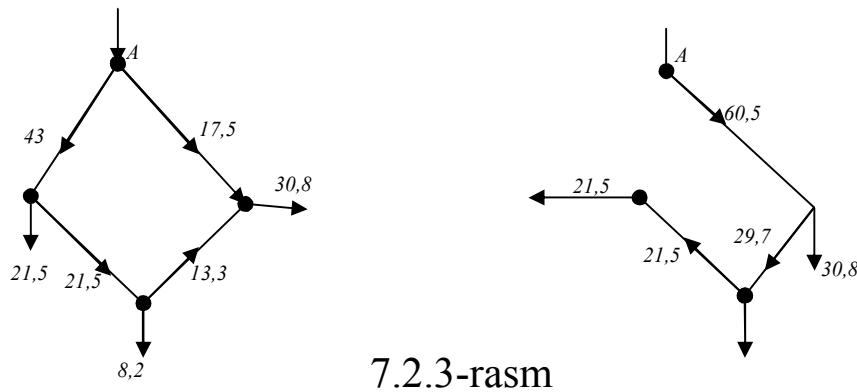
Yechish. Tarmoq uchastkalarida oqayotgan ish tokini aniqlaymiz:

$$I_1 = \frac{S_1 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{43 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 110} = 226 A$$

$$I_2 = \frac{S_2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{21,5 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 110} = 113 A$$

$$I_3 = \frac{S_3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{13,3 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 110} = 70 A$$

$$I_4 = \frac{S_4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{17.3 \cdot 10^3}{1.73 \cdot 110} = 92 A$$



7.2.3-rasm

Po‘lat-alumin simlar uchun $T_{\max}=4800$ soat bo‘lganda 2-ilovadagi 8-jadvaldan j_{iq} ning qiymatini olamiz. $j_{iq}=1,1 A/mm^2$ teng bo‘lganda uchastkalardagi simlarning kesim yuzasini aniqlaymiz:

$$F_1 = \frac{226}{1,1} = 205 mm^2, \quad F_2 = \frac{113}{1,1} = 102,7 mm^2,$$

$$F_3 = \frac{70}{1,1} = 63,6 mm^2, \quad F_4 = \frac{92}{1,1} = 83,6 mm^2$$

Yaqin standart kesim yuzasini tanlaymiz:

$$F_1 = 240 mm^2, \quad I_{rux} = 610 A, \quad F_2 = 120 mm^2, \quad I_{rux} = 380 A,$$

$$F_3 = 70 mm^2, \quad I_{rux} = 265 A, \quad F_4 = 95 mm^2, \quad I_{rux} = 330 A.$$

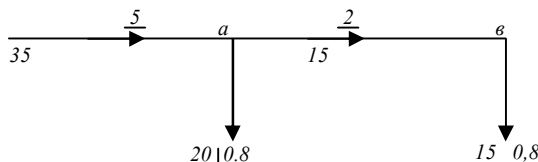
Hamma tanlangan kesim yuzalari tojlanish shartini qoniqtiradi. Eng og‘ir avariya holati, tarmoqning birinchi uchastkasi uzilganda bo‘ladi. Ushbu holatlarda tarmoq uchastkalarida quvvat oqimi 7.2.3-rasmدا ko‘rsatilgandek bo‘ladi.

Avariya dan keyingi holatda eng katta tok tarmoqning to‘rtinchi uchastkasidan oqadi, uning qiymati:

$$I_{ak} = \frac{60,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 318 A$$

Uning qiymati AC-95 markali simning ruxsat etilgan $I_{rux}=330 A$ dan kichik.

6-masala. Rasmda ko'rsatilgan ikki iste'molchini ta'minlaydigan 6 kV EUL uchun simning kesim yuzasi va markasini aniqlang. Liniya fazalari orasida o'rtacha geometrik masofa 800 mm bo'lgan po'lat-alumin simdan tayyorlangan. Liniyada kuchlanishning ruxsat etilgan qiymati 4%. Rasmda tok amperda liniya uchastkalari km, quvvat koeffisienti $\cos\varphi$ da ko'rsatilgan.



7.2.4-rasm

Yechish. Kuchlanishni ruxsat etilgan qiymati:

$$\Delta U_{rux} = 0,04 \cdot 6000 = 240 \text{ V}$$

Liniyaning induktiv qarshiligini $x_0=0,4$ Om/km deb qabul qilib, reaktiv quvvatdan bo'ladigan kuchlanish yo'qotilishini aniqlaymiz:

$$\Delta U_r = \sqrt{3}(I_2 l_2 \sin\varphi + I_1 l_1 \sin\varphi)x_0 = \sqrt{3} \cdot 0,4(15 \cdot 2 \cdot 0,6 + 35 \cdot 5 \cdot 0,6) = 85 \text{ V}$$

Kuchlanish yo'qotilishining aktiv tashkil etuvchisini aniqlaymiz:

$$\Delta U_a = \Delta U_{rux} - \Delta U_x = 240 - 85 = 155 \text{ V}$$

Liniya simining kesim yuzasini aniqlaymiz:

$$F = \frac{\sqrt{3} \cos\varphi (I_2 l_2 + I_1 l_1)}{\gamma \Delta U_p} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^3 \cdot 0,8(15 \cdot 2 + 35 \cdot 5)}{32 \cdot 155} = 57,2 \text{ mm}^2$$

Standart AC-70 sim uchun 1-ilovadagi 2-jadvaldan $r_0=0,42$ Om/km, $x_0=0,327$ Om/kmni tanlaymiz

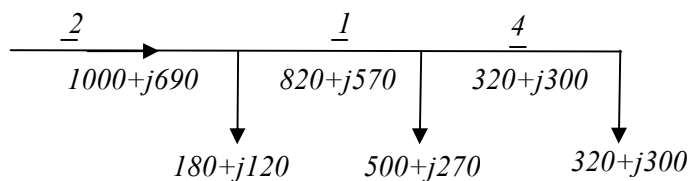
Unda liniyadagi kuchlanishning yo'qotilishi:

$$\Delta U_x = \sqrt{3}[(I_2 l_2 + I_1 l_1)(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi)] = \sqrt{3}[(15 \cdot 2 + 35 \cdot 5)(0,42 \cdot 0,8 + 0,327 \cdot 0,6)] = 188,7 \text{ V}$$

Shunday qilib, $\Delta U = 188,7 \text{ V} < \Delta U_{rux} = 240 \text{ V}$ va tanlangan sim kuchlanishi yo'qotilishi bo'yicha qoniqtiradi.

7-masala. 7.2.5-rasmda ko'rsatilgan masofada joylashgan podstansiya 6 kV li havo liniyasi orqali ta'minlanadi. Liniya po'lat-alumin simdan tayyorlangan bo'lib, simlar teng qirrali uchburchakning cho'qqilarida 800

mm masofada joylashgan. Kuchlanishning mumkin bo'lgan yo'qotilishi 6% (360 V) bo'lganda, o'tkazgich materiallarning minimum sharti bo'yicha liniya uchastkalari kesim yuzasini aniqlang. 7.2.5-rasmda yuklama kilovoltamperda va uchastkalar uzunligi km da ko'rsatilgan.



7.2.5-rasm

Yechish. $x_0=0,38$ Om/km deb qabul qilib, reaktiv yuklama tufayli kuchlanish yo'qotilishini aniqlaymiz:

$$\Delta U_p = X_0 \sum_{i=1}^n \frac{Q_i l_i}{U_H} = 0,38 \frac{690 \cdot 2 + 570 \cdot 1 + 300 \cdot 4}{6} = 199,5 \text{ V}$$

Kuchlanish yo'qotilishining aktiv tashkil etuvchisini aniqlaymiz:

$$\Delta U_a = \Delta U_{pyx} - \Delta U_x = 360 - 199,5 = 160,5 \text{ V}$$

Uchinchi oxirgi uchastkadagi simning kesim yuzasini aniqlaymiz:

$$F_3 = \frac{\sqrt{P_3} 10^3}{\gamma \Delta U_a U_H} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3}) = \frac{\sqrt{320}}{32 \cdot 160,5 \cdot 6} (2\sqrt{1000} + 1\sqrt{800} + 4\sqrt{320}) = 94,7 \text{ mm}^2$$

Standart AC-95 sim uchun 1-ilovadagi 2-jadvaldan qarshiliklarni aniqlaymiz: $r_0=0,316$ Om/km, $x_0=0,318$ Om/km.

Ikkinchi uchastkadagi simning kesim yuzasi:

$$F_2 = F_3 \sqrt{\frac{P_2}{P_3}} = 94,7 \sqrt{\frac{800}{320}} = 167,4 \text{ mm}^2$$

Standart AC-185 sim uchun 1-ilovadagi 2-jadvaldan qarshiliklarni aniqlaymiz: $r_{01}=0,154$ Om/km, $x_{01}=0,298$ Om/km.

Tanlangan kesim yuzali simlardagi kuchlanishning yo'qotilishi:

$$\Delta U_1 = \frac{\sum (P_i r_{0i} + Q_i x_{0i}) l_i}{U_H} = \frac{(1000 \cdot 0,154 + 690 \cdot 0,298) \cdot 2}{6} + \frac{(820 \cdot 0,195 + 570 \cdot 0,305) \cdot 1}{6} + \frac{(320 \cdot 0,316 + 300 \cdot 0,318) \cdot 4}{6} = 306,5 \text{ V}$$

Shunday qilib, $\Delta U = 306,5 V < \Delta U_{rux} = 360 V$ va tanglangan simlar kuchlanish yo‘qotilishi bo‘yicha qoniqtiradi.

Tanglangan kesim yuzali simlarni qizish sharti bo‘yicha tekshiramiz. Liniya uchastkalaridagi va ruxsat etilgan toklarning qiymati:

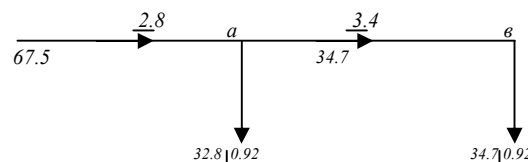
$$I_1 = \frac{\sqrt{1000^2 + 690^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = 117 A < I_{rux} = 510 A \quad \text{AC-185 sim uchun;}$$

$$I_2 = \frac{\sqrt{820^2 + 570^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = 96 A < I_{rux} = 445 A \quad \text{AC-150 sim uchun;}$$

$$I_3 = \frac{\sqrt{320^2 + 300^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = 42 A < I_{rux} = 330 A \quad \text{AC-95 sim uchun.}$$

Shunday qilib, tanglangan simlar qizish darajasi bo‘yicha ham qoniqtiradi.

8-masala. Ikki sex podstansiyasini ta‘minlovchi 10 kV li kuchlanishli elektr uzatish liniyasi AAB kabelidan tayyorlangan. Liniyadagi kuchlanish yo‘qotilishini ruxsat etilgan qiymati 3% (300V). Tok zichligini liniya uchastkalarida bir xilligi sharti bilan kabel tomirlarini kesim yuzasini aniqlang. 7.2.6-rasmda toklar A da, quvvat koeffisienti $\cos \varphi$ va liniya uzunligi km da ko‘rsatilgan.



7.2.6-rasm

Yechish. Kabel liniyasining induktiv qarshiligi kichik bo‘lganligi uchun uni hisobga olmaymiz, $x_0=0$ unda $\Delta U_a = \Delta U_{rux}$.

Liniyadagi tokning zichligini aniqlaymiz:

$$j = \frac{\gamma \Delta U_a}{\sqrt{3}(l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2) 10^3} = \frac{32 \cdot 300}{\sqrt{3}(2,8 \cdot 0,92 + 3,4 \cdot 0,92) \cdot 10^3} = 0,99 A/mm^2$$

Ikkinchi uchastkadagi kabel tomirlarining kesim yuzasi:

$$F_2 = \frac{I_2}{j_{iq}} = \frac{34,7}{0,99} = 35,05 \text{ mm}^2$$

Tomirlar kesim yuzasi 35 mm²li standart kabel tanlaymiz, r₀₂=0,89 Om/km, x₀₁=0,095 Om/km.

Birinchi uchastkadagi kabel tomirlarining kesim yuzasi:

$$F_1 = \frac{I_1}{j_{iq}} = \frac{67,5}{0,99} = 68,2 \text{ mm}^2$$

Tomirlar kesim yuzasi 70 mm²li standart kabel tanlaymiz, r₀₂=0,443 Om/km, x₀₁=0,086 Om/km.

Tanlangan kesim yuzali kabellarda liniyadagi kuchlanish yo'qotilishi:

$$\begin{aligned} \Delta U_x &= \sqrt{3}[I_1 l_1 (r_{o1} \cos \varphi_1 + x_{o1} \sin \varphi_1) + I_2 l_2 (r_{o2} \cos \varphi_2 + x_{o2} \sin \varphi_2)] = \\ &= \sqrt{3}[67,5 \cdot 2,8(0,443 \cdot 0,92 + 0,086 \cdot 0,93) + 34,7 \cdot 3,4(0,89 \cdot 0,92 + 0,095 \cdot 0,39)] = \\ &= 318,9 \text{ V} > \Delta U_{rux} = 300 \text{ V} \end{aligned}$$

Hisoblangan kuchlanish yo'qotilishi ruxsat etilgan qiymatdan katta bo'lganligi uchun ikkinchi uchastka uchun 50 mm²li kabel tanlaymiz. r₀₂=0,62 Om/km, x₀₁=0,09 Om/km.

Unda liniyadagi kuchlanishning yo'qotilishi:

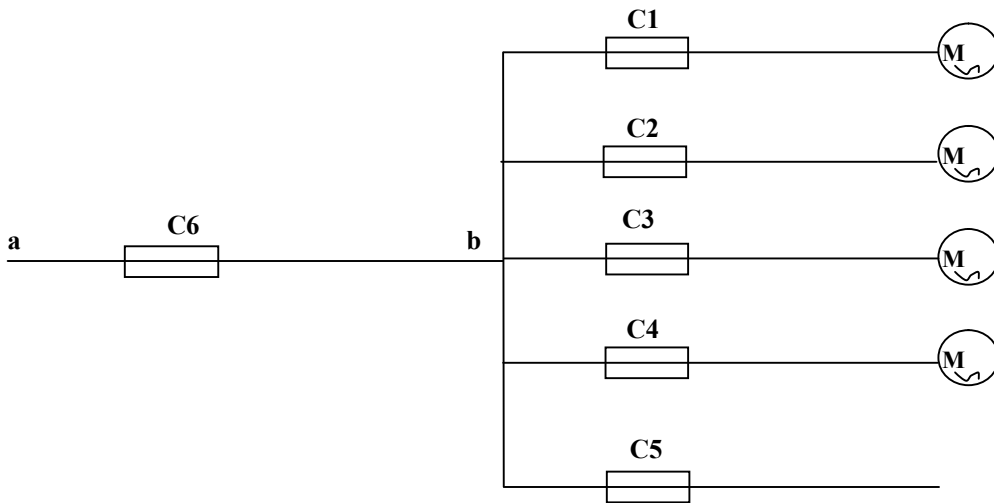
$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3}[67,5 \cdot 2,8(0,443 \cdot 0,92 + 0,086 \cdot 0,93) + 34,7 \cdot 3,4(0,62 \cdot 0,92 + \\ &+ 0,09 \cdot 0,39)] = 267,8 \text{ V} < \Delta U_{rux} \end{aligned}$$

9-masala. 380/220 Vli taqsimlovchi tarmoqdan M1-M4 motorlari va 25 kW, cos φ = 1 yoritgich yuklamasi rasmda ko'rsatilgandek ta'minlanadi. Motorlar M1 va M2 ning ish toki 28 A ga, ishga tushirish tokining darajasi 7 ga teng. Motorlar M3 va M4 ning ish toki 40,5A ga, ishga tushirish tokining darajasi 2, ishga tushirish darajasi og'ir. Eruvchan elementning nominal tokini toping. Tarmoqni kesim yuzasi kuchlanishining yo'qotilishi va saqlagichga to'g'ri kelishi bo'yicha tanlang.

Yechish. C2 va C3 saqlagich erish elementi tokini quyidagi shart bo'yicha aniqlaymiz:

$$I_e \geq I_m = 28 \text{ A}$$

$$I_e \geq \frac{7I_m}{2,5} = \frac{7 \cdot 28}{2,5} = 78,4 \text{ A}$$



7.2.7-rasm

2-ilovadagi 9-jadvaldan 80 A nominal tok uchun saqlagichlarning erish elementini tanlaymiz.

Trubada yotqizilgan bir tomirli alumin simning kesim yuzasini tanlaymiz. Qizish sharti bo'yicha ruxsat etilgan tok ishchi tokdan katta bo'lishi kerak.

$$I_{rux} \geq I_n = 28 \text{ A}$$

Himoya sharti bo'yicha:

$$I_{rux} \geq \frac{I_e}{3} = \frac{8}{3} = 26,7 \text{ A}$$

1-ilovadagi 5-jadvaldan 4 mm² kesim yuzali sim tanlaymiz. Ruxsat etilgan tok $I_{rux}=27 \text{ A}$.

Saqlagichlar C4 va C5 uchun erish elementini nominal tokini aniqlaymiz:

$$I_e \geq I_n = 40,5 \text{ A}; \quad I_e \geq \frac{2I_n}{1,6} = \frac{2 \cdot 40,5}{1,6} = 50,6 \text{ A}$$

2-ilovadagi 9-jadvaldan 60 A nominal tok uchun erish elementini tanlaymiz.

Trubada yotqiziladigan bir tomirli alumin simning kesim yuzasini tanlaymiz:

$$I_{rux} \geq I_n = 40,5 \text{ A}; \quad I_{rux} \geq \frac{I_e}{3} = 60 \text{ A}$$

1-ilovadagi 5-jadvaldan 10 mm² kesim yuzali sim tanlaymiz. Ruxsat etilgan tok $I_{rux}=42 \text{ A}$. Normal ish holatida yoritgich liniyasining ish toki:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}U_n} = \frac{2,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 38 \text{ A}$$

Saqlagich C5 erish elementining nominal tokini aniqlaymiz:

$$I_e \geq I_n = 38 \text{ A}$$

2-ilovadagi 9-jadvaldan standartga yaqin erish elementini tanlaymiz. Nominal toki 45 A:

Trubada yotqiziladigan bir tomirli alumin simning kesim yuzasini tanlaymiz:

$$I_{rux} \geq I_n = 38 \text{ A}; \quad I_{rux} \geq \frac{I_e}{3} = \frac{45}{3} = 15 \text{ A}$$

1-ilovadagi 5-jadvaldan 10 mm² kesim yuzali sim tanlaymiz. Ruxsat etilgan tok $I_{rux}=42 \text{ A}$.

ab liniyadagi ish toki:

$$I_i = m(2I_1 + 2I_2 + I_3) = 0,8(2 \cdot 28 + 2 \cdot 40,5 + 38) = 140 \text{ A}$$

Motorlarni ishga tushirishda va eng katta ishga tushirish tokida liniyadagi tok:

$$I_{max} = m(I_1 + 2I_2 + I_3) + \frac{I_{um}}{2,5} = 0,8(2,8 + 2 \cdot 40,5 + 38) + \frac{7 \cdot 28}{2,5} = 196 \text{ A}$$

Saqlagich C6 erish elementining nominal tokini aniqlaymiz:

$$I_e \geq I_n = 139 \text{ A}; \quad I_e \geq I_{max} = 196 \text{ A}$$

2-ilovadagi 9-jadvaldan standartga yaqin erish elementini tanlaymiz. Nominal tok 200 A.

Sex devorida yotqiziladigan uch tomirli alumin simning kesim yuzasini tanlaymiz.

$$I_{rux} \geq I_H = 139 A;$$

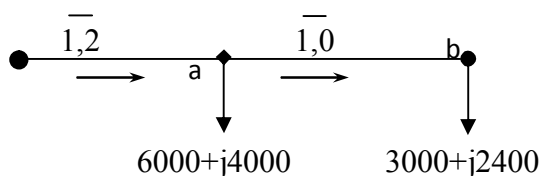
$$I_{rux} \geq \frac{I_e}{3} = \frac{200}{3} = 67 A$$

1-ilovadagi 5-jadvaldan 70 mm² kesim yuzali kabel tanlaymiz. Ruxsat etilgan tok $I_{rux}=140 A$.

7.3. Mustaqil tayyorlash uchun misollar

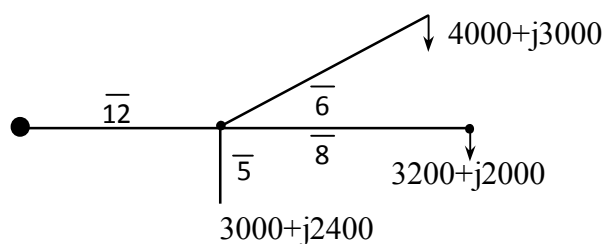
1-misol. (40+j30) MVA quvvat iste'mol qiluvchi korxonaning bosh pasaytiruvchi podstansiyasi 110 kV kuchlanishli ikkita liniya orqali ta'minlanadi. $T_{max}=5200$ s. Podstansiyani ta'minlovchi liniya simlarining markasi va kesim yuzasini tanlang.

Bir-biridan uncha uzoq bo'lmagan masofada joylashgan ikki podstansiya 35 kV li bitta liniyadan ta'minlanishi kerak. Liniyani bir xil kesim yuzali po'lat-alumin simdan tayyorlab, faza simlarini 3,5 m oraliq masofada osilishi mo'ljallanmoqda. 7.3.1-rasmda berilgan maksimal yuklama (kVA) va uzunlik km da ko'rsatilgan. Liniyada kuchlanish yo'qotilishi 5 % dan oshmaydi deb liniya simlarining markasi va kesim yuzasini tanlang.



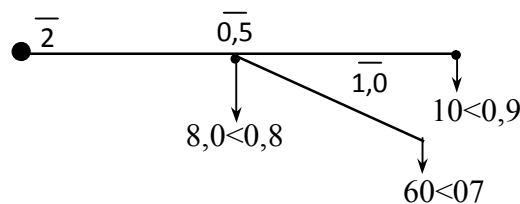
7.3.1-rasm

2-misol. 35 kV kuchlanishli rayon podstansiyasidan ko'rsatilgan sxema bo'yicha 3 ta korxonona ta'minlanadi. Elektr uzatish liniyasi faza simlari o'rtacha geometrik oraliq masofasi 3 m dan po'lat-alumin simdan tortiladi. Ruxsat etilgan kuchlanish yo'qotilishi 6,8 %. 7.3.2-rasmda maksimal yuklama (kVA) uchastkalar uzunligi (km) da ko'rsatilgan. Tarmoqning hamma uchastkalarida tok zichligining bir xillik sharti bilan, uchastka simlarning markasini tanlang.



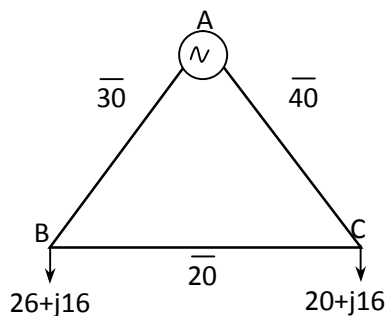
7.3.2-rasm

3-misol. Korxonadagi sex podstansiyalari 10 kV kuchlanish bilan ta'minlanadi. Tarmoq kabelda bajariladi. Ruxsat etilgan kuchlanish yo'qotilishi 5,5 %. 7.3.3-rasmda tarmoq uchastkalarining toki (A), uzunligi (km) va quvvat ko'rsatilgan. Tarmoq uchastkalari uchun kabel tanlang.



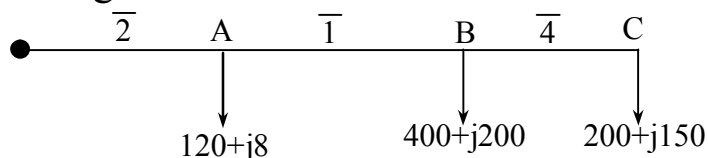
7.3.3-rasm

4-misol. A va B bosh pasaytiruvchi podstansiyalar rayon podstansiyasidan 110 kV kuchlanishda halqasimon tarmoq orqali elektr energiyasi oladi. Tarmoq uchastkalari bir xil kesim yuzali simdan tayyorlangan. Tarmoq uchastkalarining yuklamasi (MVA), uzunligi (km)da ko'rsatilgan. $T_{\max B}=2900$ soat, $T_{\max}=5600$ soat. Tokning iqtisodiy zichligi bo'yicha simning markasi va kesim yuzasini tanlang.



7.3.4-rasm

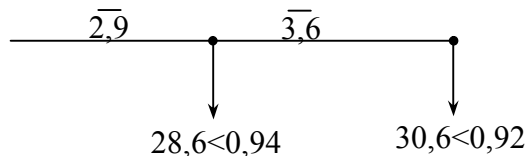
5-misol. A, B, C podstansiyalari havo liniyalari orqali 6 kV kuchlanishda ta'minlanadi. Liniya po'lat-alumin simdan tayyorlangan bo'lib, tomonlari teng uchburchakning cho'qqilarida 800 mm masofada joylashgan. Liniyada kuchlanishning ruxsat etilgan yo'qotilishi 5% (300 V) ga teng. Materialning minimal sarfi sharti bo'yicha simning kesim yuzasini toping. 7.3.5-rasmda yuklama (kVA) liniya uchastkalarining uzunligi (km) da ko'rsatilgan.



7.3.5-rasm

6-misol. Sex podstansiyalarini ta'minlovchi 10 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyasi AAB kabeldan tayyorlangan. Ruxsat etilgan

kuchlanishning yo‘qotilishi 3 % (300V)ga teng. Liniya uchastkalarida tokning iqtisodiy zichligi o‘zgarmaslik sharti bo‘yicha, kabel tomirlarining kesim yuzasini toping. 7.3.6-rasmda liniya uchastkalaridagi tok (A), uzunligi (km)da va quvvat koeffisienti $\cos\varphi$ ko‘rsatilgan.



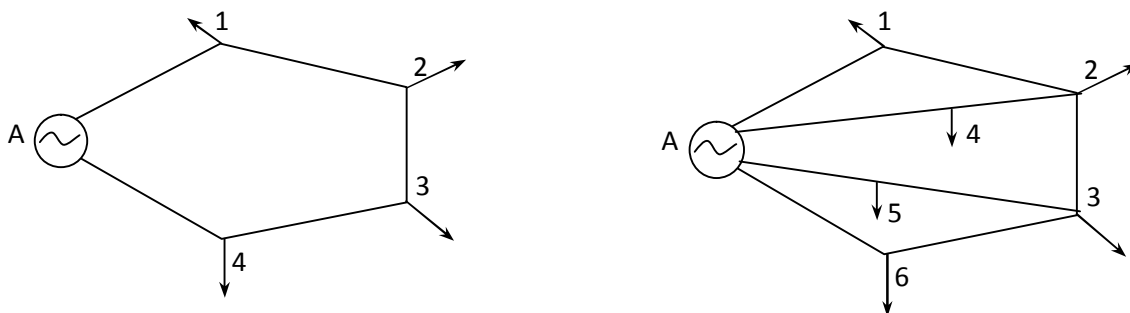
7.3.6-rasm

7-misol. Ikkita korxonani ta‘minlovchi magistral tarmoq bir xil kesim yuzali simdan tayyorlangan. Birinchi korxonani $i_1=140\text{A}$ ($T_{\max}=3400$ soat) iste‘mol qilib, ta‘minlovchi manbadan 4 km masofada joylashgan. Ikkinchi korxonani $i_2=80\text{A}$ ($T_{\max}=4300$ soat) iste‘mol qilib, ta‘minlovchi manbadan 7 km masofada joylashgan. Magistral simning iqtisodiy kerakli kesim yuzasini tanlang.

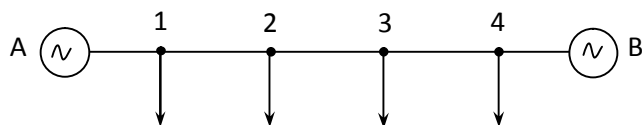
8. Berk zanjirli tarmoqlarda quvvat taqsimlanishini hisoblash

8.1. Nazariy qism

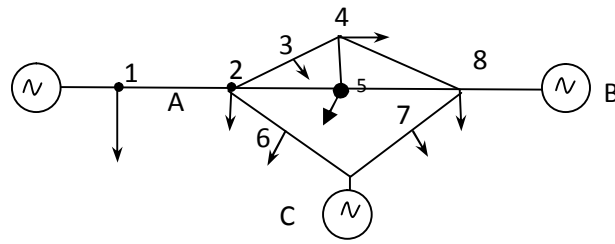
Hamma iste‘molchilari minimum ikki tarafdin ta‘minlanadigan tarmoqlar berk zanjirli tarmoqlar deyiladi. Berk zanjirli tarmoq turlari 8.1-8.4 rasmlarda keltirilgan.



8.1-rasm Halqasimon elektr tarmoqlari

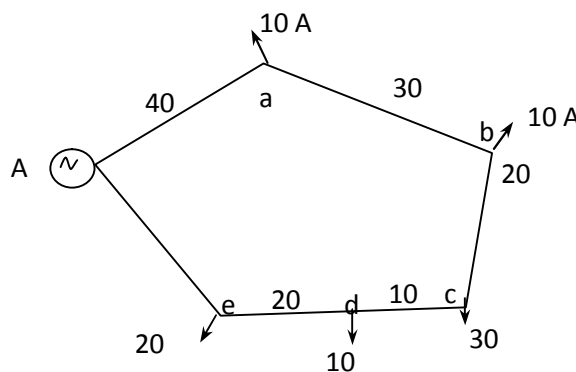


8.2-rasm Ikki tarafdin ta‘minlanadigan tarmoq

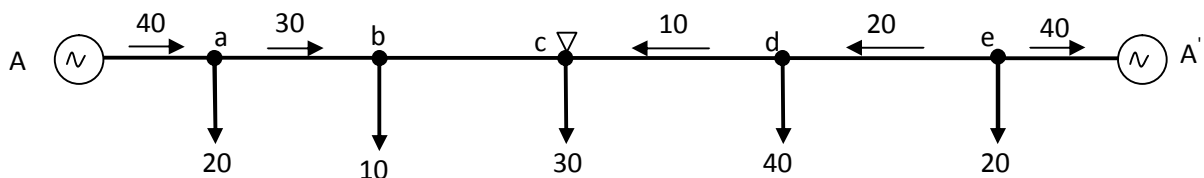


8.3-rasm. Murakkab zanjirli elektr tarmogʻi

Berk zanjirli tarmoqlarda (8.4-rasm) ayrim uchastkalardagi quvvat taqsimlanishini quyidagi usulni qoʻllab topamiz: halqasimon tarmoq generator stansiyasidan xayolan qirqilib, ikki tarafdin taʼminlanuvchi liniyaga keltiriladi. Bunda manba (A va A') bir xil kuchlanishga ega boʻladi.



8.4-rasm Berk zanjirli elektr tarmogʻi



8.5-rasm Ikki tomonlama taʼminlanuvchi liniyalarda quvvat taqsimlanishi

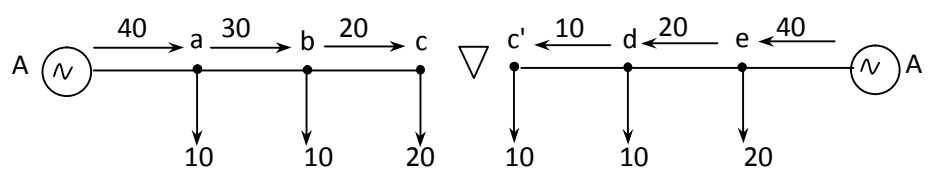
Bunda Kirxgofning birinchi qonunini qoʻllab, hamma uchastkalardagi quvvat oqimini aniqlash yetarlidir.

Ikki tarafdin taʼminlanadigan liniyalarda P , I va U ga bogʻliq holda isteʼmolchilar a, b, c, d, e elektr energiyani A yoki A' stansiyalardan olishi mumkin, ammo yuklamalarning umumiy quvvati, stansiyalarning umumiy quvvatiga (8.5-rasm) teng boʻlishi kerak.

Meʼyoriy ish tartibida isteʼmolchi C nuqtada ikki tarafdin taʼminlanadi.

Isteʼmolchi ikki tarafdin elektr energiyasi oladigan elektr tarmoq nuqtasi – tokning boʻlinish nuqtasi deyiladi va sxemada quyidagicha

belgilanadi -∇. Tok bo‘linish nuqtasidan tarmoqni xayolan ikkiga bo‘lib, ikkita alohida hisoblash mumkin bo‘lgan ochiq zanjirli tarmoqqa keltiriladi



8.6-rasm Tok bo‘linish nuqtasini aniqlash

Shunday qilib, berk zanjirli tarmoqlarni ochiq zanjirli tarmoqlarni hisoblashdan farqi, asosan, bo‘linish nuqtasini aniqlash, so‘ngra tarmoq, ochiq zanjirli tarmoqlarni hisoblash usullari bilan hisoblanadi.

Murakkab tuzilishli tarmoqlarda bir qator o‘zgartirishlar kiritilib, sxema soddalashtiriladi va ikki tarafdin ta‘minlanuvchi liniyaga keltiriladi. Murakkab berk zanjirli elektr tarmoqlarini hisoblashda ko‘pincha quyidagi – tugun potentsiallarini qo‘yish, kontur tenglamalari va boshqa nazariy elektrotexnikadan ma‘lum usullar qo‘llaniladi.

Berk zanjirli elektr tarmoqlar tartibini hisoblashni vazifasi uni almashtirish sxemasidagi tarmoq va tugun nuqtalaridagi tok va kuchlanishlarni aniqlashdir. Berk zanjirli (8.1-rasm) elektr tarmoqlarni hisoblash ochiq zanjirligiga nisbatan ancha murakkab. Ochiq zanjirli tarmoqlarning ayrim uchastkalaridan o‘tayotgan quvvatni aniqlash uchun quvvatga quvvat isrofini qo‘shib aniqlanadi. Berk zanjirli elektr tarmoqlarida ayrim uchastkalardagi quvvat taqsimlanishi maxsus hisoblardan so‘ng aniqlanadi.

Murakkab berk zanjirli elektr tarmoqlarini hisoblash uchun kontur toklari va tugun kuchlanishlari usulini qo‘llab, birgalikda algebraik tenglamalarni yechish ko‘p mehnatni talab etadi. Ancha oddiy usul bu berk tarmoqni ketma-ket o‘zgartirib, ikki tarafdin ta‘minlanadigan tarmoqqa keltirishdir.

Bu bir-biriga ekvivalent tarmoqda quvvat taqsimlanishi aniqlanib so‘ngra sxemani ketma-ket kengaytirib, berilgan tarmoqdagi quvvat taqsimlanishi aniqlanadi. Tarmoqni o‘zgartirish jarayonida maxsus ishlar bajariladi: ta‘minlash punktlari va tugunlardagi yuklamalarni tarqatish, bir xil kesim yuzali tarmoqqa keltirish, parallel tarmoqlarni qo‘shish, yulduzni teng uchburchak bilan va uchburchakni teng yulduz bilan almashtirish.

I qabul qilish. Yuklama yo‘q holatida parallel liniyalarni ekvivalent liniya bilan almashtirish.

Ikki parallel liniya uchun:

$$Z_{ek} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}; \quad i_{ek} = i_1 + i_2 \quad \text{yoki} \quad S_{ek} = S_1 + S_2$$

Uchta parallel liniya uchun:

$$Z_{ek} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3}{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_1 Z_3}; \quad i_{ek} = i_1 + i_2 + i_3 \quad \text{yoki} \quad S_{ek} = S_1 + S_2 + S_3$$

Agar liniyaning kesim yuzasi bir xil bo'lsa, hisoblash uchastkalar uzunligi bo'yicha olib boriladi.

$$l_{ek} = \frac{l_1 \cdot l_2}{l_1 + l_2}; \quad l_{ek} = \frac{l_1 \cdot l_2 \cdot l_3}{l_1 l_2 + l_2 l_3 + l_1 l_3}$$

Teskari vazifa shundan iboratki, ma'lum tenglik toki i_{ek} va Z_{ek} orqali tarmoqlardagi qiymatlari aniqlanadi:

$$I_1 = I_{ek} \frac{Z_{ek}}{Z_1}; \quad I_2 = I_{ek} \frac{Z_{ek}}{Z_2}; \quad I_3 = I_{ek} \frac{Z_{ek}}{Z_3}$$

II qabul qilish. Tarmoqning bir nuqtasiga ulangan kuchlanish manbalarini bitta ekvivalent manba bilan almashtirish

$$E_{ekf} = \frac{\sum E_{mf} Y_m}{\sum Y_m}$$

bu yerda: E_{mf} - m elektr liniyaga ulangan EYK;
 U_m - m liniyaning o'tkazuvchanligi.

Teskari vazifa shundan iboratki, I_{ek} toki orqali berilgan sxema liniyalarida oqadigan toklar aniqlanadi:

$$I_m = I_{ek} \frac{Z_{ek}}{Z_m} + \frac{E_{mF}}{Z_m}$$

III qabul qilish. Qarshiliklar uchburchagini teng yulduzga o'zgartirish. Uchburchak tomonlarining qarshiliklari orqali yulduz tomonlarining qarshiliklari ma'lum ifodalar orqali aniqlanadi.

$$Z_1 = \frac{Z_{31} \cdot Z_{12}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}; \quad Z_2 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}; \quad Z_3 = \frac{Z_{31} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}$$

Yulduz tomonlarining toklari:

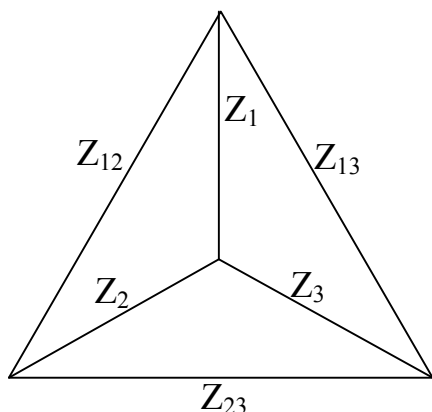
$$I_1^* = I_{12}^* - I_{13}^*; \quad I_2^* = I_{23}^* - I_{13}^*; \quad I_3^* = I_{23}^* - I_{31}^*$$

Teskari vazifa shundan iboratki, yulduzning qarshiliklarini teng uchburchakka almashtirish. Ma'lum yulduz qarshiliklari orqali uchburchak tomonlarining qarshiliklari quyidagicha aniqlanadi:

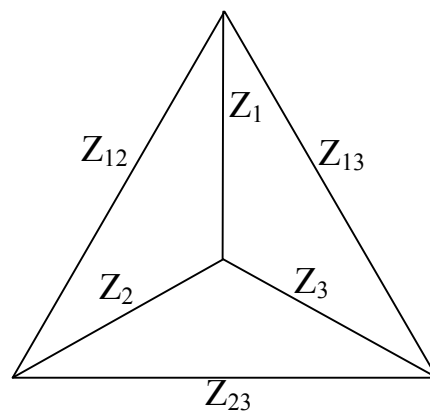
$$Z_{12} = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 * Z_2}{Z_3}; \quad Z_{23} = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_2 * Z_3}{Z_1}; \quad Z_{31} = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 * Z_3}{Z_2};$$

Agar yulduz nurlari yoki uchburchak tomonlari toklarini hisoblaganda manfiy belgida chiqsa, ko'rilayotgan sxemadagi toklarni shartli yo'nalishini teskari tomonga o'zgartirish kerak.

Birinchi yaqinlashuv sifatida liniyaning butun uzunligi davomida kuchlanish, nominal kuchlanish qiymatiga teng deb qabul qilinib, quvvat isrofi hisobga olinmaydi. Liniya yuklamasining qiymatiga liniyaning zaryad quvvati va transformatoridagi quvvat isrofi qo'shiladi, ya'ni yuklama hisobiy qiymatlarda ko'rsatiladi.



Uchburchakdan yulduzga o'tish



Yulduzdan uchburchakka o'tish

8.7-rasm Uchburchakdan yulduzga va yulduzdan uchburchakka o'tish sxemalari

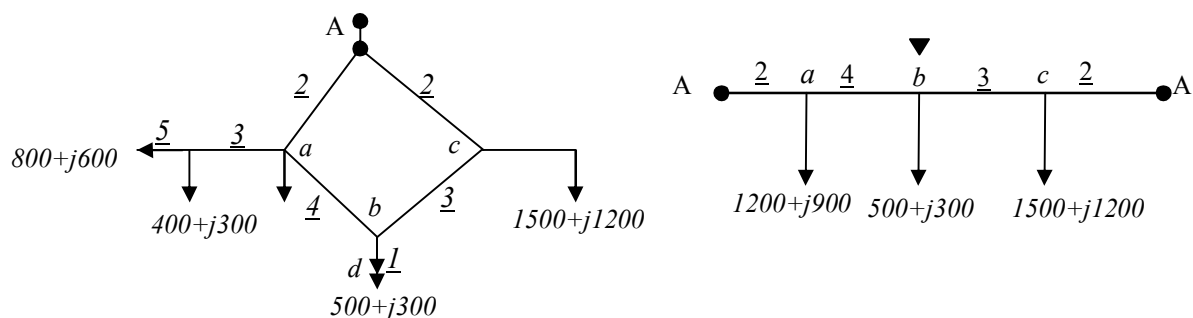
Uchburchak tomonlarining toklari

$$I_{12} = \frac{I_1^* Z_1 - I_2^* Z_2}{Z_{12}}; \quad I_{23} = \frac{I_2^* Z_2 - I_3^* Z_3}{Z_{23}}; \quad I_{31} = \frac{I_3^* Z_3 - I_1^* Z_1}{Z_{31}}$$

8.2 Masalalarni yechish uchun misollar

1-masala. To'rtta elektr iste'molchilari 10 kV li berk zanjirli liniyalarda ta'minlanadi. Iste'molchilar quvvatlari kVA da va

uchastkalarining uzunligi km da 8.2.1-rasmda ko'rsatilgan. Halqasimon liniya AC-70 simdan, shoxobchalari AC-50 simdan tayyorlangan. Hamma uchastkalaridagi quvvat va ulardagi maksimal kuchlanish yo'qotilishini aniqlang.



8.2.1-rasm

Yechish. Halqasimon tarmoqni ta'minlash manбайдan kesib, ikki tomondan ta'minlanadigan liniyaga keltiramiz.

Ta'minlash manbalarini kuchlanishlari va magistral liniyalari bir xil bo'lganligi uchun liniyaning bosh uchastkalaridagi quvvatni hisoblash uchastkalarining uzunligi bo'yicha olib borilishi mumkin.

$$\underline{S}_1 = \frac{S_a(l_2 + l_3 + l_4) + S_b(l_3 + l_4) + S_c l_4}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4} =$$

$$= \frac{(1200 + j900)(4 + 3 + 2) + (500 + j300)(3 + 2) + (1500 + j1200)2}{2 + 4 + 3 + 2} = (1482 + j1091) \text{ kVA}$$

$$\dot{S}_4 = \frac{S_a l_1 + S_b(l_1 + l_2) + S_c(l_1 + l_2 + l_3)}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4} =$$

$$= \frac{(1200 + j900) \cdot 2 + (500 + j300) \cdot 6 + (1500 + j1200) \cdot 9}{2 + 4 + 3 + 2} = (1718 + j1309) \text{ kVA}$$

Ikkinchi uchastkadagi quvvat:

$$S_2 = S_1 - S_a = (1482 + j1091) - (1200 + j900) = (282 + j191) \text{ kVA}$$

Quvvatning bo'linishi b nuqtaga to'g'ri keladi, chunki $S_b = S_u = (500 + j300) \text{ kVA}$ katta $S_2 = (282 + j191) \text{ kVA}$ quvvatdan. Shuning uchun A manbadan ta'minlanadi.

Simlarning uzunlik birligidagi qarshiliklari:

$$\text{AC-70 } r_{01} = 0,35 \text{ Om / km ; } x_{01} = 0,38 \text{ Om / km}$$

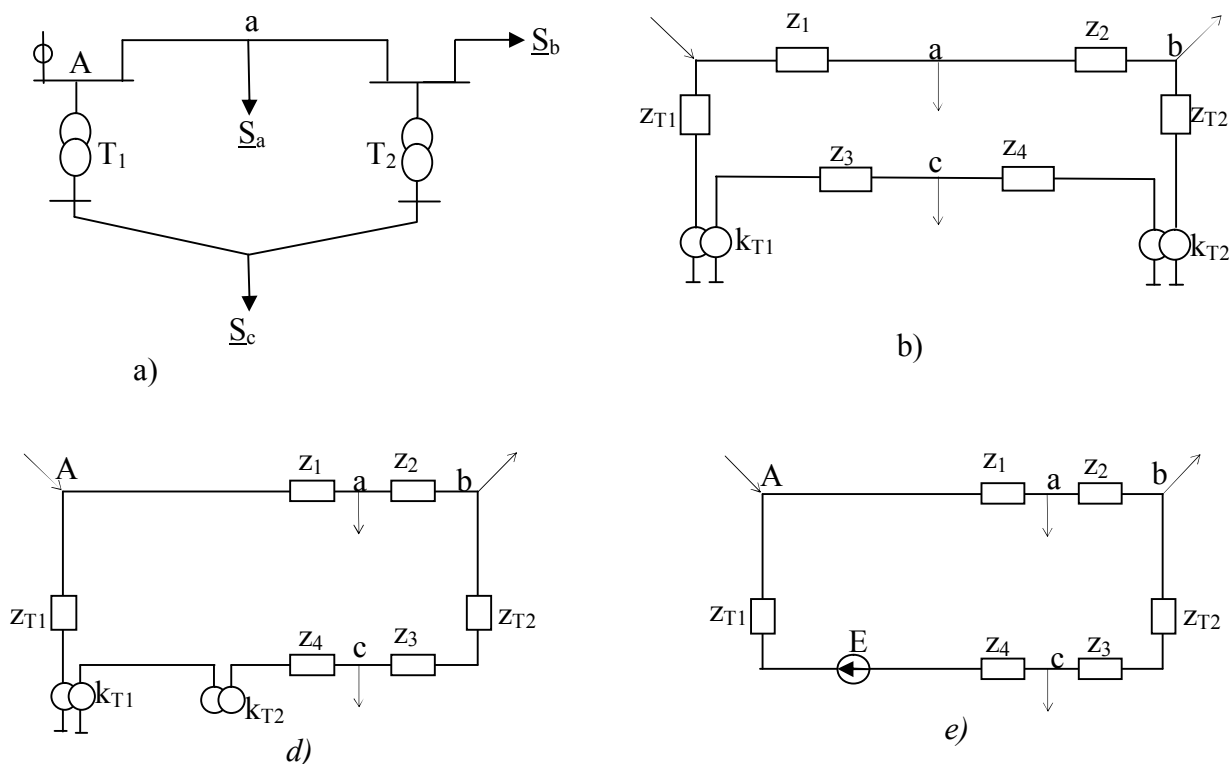
$$\text{AC-50 } r_{01} = 0,46 \text{ Om / km ; } x_{01} = 0,39 \text{ Om / km}$$

Liniyadagi eng katta kuchlanish yo‘qotilishini aniqlash uchun bo‘linish nuqtasi *B* gacha va eng uzoq shoxobcha *d* va *f* gacha bo‘lgan kuchlanish yo‘qotilishini hisoblaymiz.

$$\Delta U_{Av} = \frac{P_1 l_1 + P_2 l_2}{U_{nom}} r_{01} + \frac{Q_1 l_1 + Q_2 l_2}{U_{nom}} x_{01} = \frac{1482 \cdot 2 + 282 \cdot 4}{10} 0,35 + \frac{1091 \cdot 2 + 191 \cdot 4}{10} 0,38 = 255 V$$

$$\Delta U_{Ad} = U_{Ab} + U_{Bd} = 255 + \frac{500 \cdot 0,46 \cdot 1 + 300 \cdot 0,39 \cdot 1}{10} = 289,7 V$$

2-masala. A nuqtadan ta‘minlanuvchi T_1 va T_2 transformatorlar bilan o‘zaro bog‘langan 220 V 110 kVli EUL (elektr uzatish liniyasi)dan tashkil topgan, halqasimon tarmoqdagi (8.2.2-rasm) quvvat taqsimlanishini aniqlang. Liniyaning ayrim uchastkalari va transformatorlarning 220 kV ga keltirilgan almashtirish sxemasiga asosan qarshiliklari: $z_1 = (4 + j40) \text{ Om}$; $z_2 = (6 \div 50) \text{ Om}$; $z_3 = (39 + j75) \text{ Om}$; $z_4 = (38 + j80) \text{ Om}$; $z_{Tp1} = (2 + j120) \text{ Om}$; $z_{Tp2} = (1 + j25) \text{ Om}$. Yuklama quvvatlari: $S_a = (50 + j30) \text{ MVA}$, $S_b = (150 + j100) \text{ MVA}$. Transformatorlarning transformatsiya koeffisienti $K_{T1} = 231/110$; $K_{T2} = 209/110$. Transformator po‘latidagi quvvat isrofini hisobga olamiz.



8.2.2-rasm. Berk zanjirli elektr tarmoqlarining almashtirish sxemasi

Yechish. Almashtirish sxemasini (8.2.2-rasm) tuzamiz, birinchi bosqichda T_1 va T_2 transformatorlar transformatsiya koeffisientining har xilligini hisobga olmasdan quvvat taqsimlanishini topamiz.

Bosh uchastkalardagi quvvat oqimi:

$$S_{Aa} = \frac{S_a(Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_{Tp1}) + S_b(Z_{Tp2} + Z_3 + Z_4 + Z_{Tp1}) + S_c(Z_4 + Z_{Tp1})}{Z_1 + Z_2 + Z_{Tp2} + Z_3 + Z_4 + Z_{Tp1}} =$$

$$= \frac{(50 + j30)(6 - j50 + 1 - j25 + 39 - j75 + 38 - j80 + 2 - j120) + (150 + j100)(1 - j25 + 39 - j75 + 33 - j80 + 2 - j120) + (30 + j10)(38 - j80 + 2 - j120)}{4 - 406 - j50 + 1 - j25 + 39 - j75 + 38 - j80 + 2 - j120} =$$

$$(174 + j114)MVA$$

$$S_{Aa} = \frac{S_a Z_1^* + S_b(Z_1 + Z_2^*) + S_c(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_{Tp2})}{Z_1 + Z_2 + Z_{Tp2} + Z_3 + Z_4 + Z_{Tp1}} =$$

$$= \frac{(50 + j30)(4 - j40) + (150 + j100)(10 - j90) + (30 + j10)(50 - j190)}{90 - j390} = (56 + j26)MVA$$

Bosh uchastkalardagi quvvat oqimining yig'indisi:

$$\underline{S}_{Aa} + \underline{S}_{Ac} = 174 + j114 + 56 + j26 = (230 + j140)MVA$$

Yuklamalar quvvatlarining yig'indisiga teng:

$$S_a + S_b + S_c = 50 + j30 + 150 + j100 + 30 + j10 = (230 + j140)MVA$$

Transformatorlar T_1 va T_2 transformatsiya koeffisientining har xilligi tufayli yuzaga kelgan tenglashtiruvchi quvvatni aniqlaymiz.

Qo'shimcha EYK:

$$\Delta E = U_{nom} \left(\frac{K_{Tp2}}{K_{Tp1}} - 1 \right) = 220 \left(\frac{209}{231} - 1 \right) = -20,9 kV$$

Tenglashtiruvchi quvvat:

$$S_{ieng} = \frac{\Delta E}{\Sigma Z} \cdot U_n = -\frac{20,9}{90 - j390} \cdot 220 = (-2,58 - j11,2) MVA$$

Avval aniqlangan quvvat taqsimotiga tenglashtiruvchi quvvatni qo'shib, bosh uchastkalarda yangidan quvvat taqsimotini topamiz:

$$S'_{Aa} = S_{Aa} + S_{ieng} = 174 + j114 - 2,58 - j11,2 = (171 + j103) MVA$$

$$S'_{Ac} = S_{Ac} - S_{ieng} = 56 + j26 + 2,58 + j11,2 = (59 + j37) MVA$$

a va b uchastkadan oqayotgan quvvat:

$$S_{ab} = S'_{Aa} - S_a = 171 + j103 - 50 - j30 = (121 + j73) \text{ MVA}$$

B nuqtadagi quvvat ab uchastkadan oqayotgan quvvatdan katta bo'lganligi uchun S_b yuklama ikki tomondan ta'minlanadi va b nuqta bo'linish nuqtasi hisoblanadi s b uchastkadan oqayotgan quvvat.

$$S_{sb} = S'_{ac} - S_c = 59 + j37 - 30 - j10 = (29 + j27) \text{ MVA}$$

ab va cb uchastkalardan oqayotgan quvvatlar yig'indisi b nuqtadagi yuklama $S_b = (150 + j100) \text{ MVA}$

$$S_{a6} + S_{c6} = 121 + j73 + 29 + j27 = (150 + j100) \text{ MVA}$$

8.2.3-rasmda ko'rsatilgan liniyalardagi tokning taqsimlanishi va kuchlanishning yo'qotilishini aniqlang. Rasmda liniya uchastkalari metrda yuklamalar amperda ko'rsatilgan. Hamma yuklamalarning quvvat koeffisienti birga teng EULsi l_1 va l_2 uchastkalar 120 mm^2 kesim yuzali, qolganlari 70 mm^2 kesim yuzali kabeldan tayyorlangan. Liniyaning reaktiv qarshiliklari hisobga olinmaydi.

Yechish. Nollari interatsiyada berk liniyani o'zgartirish usulini ishlatib tokning taqsimlanishini aniqlaymiz. EUL bir xil kesim yuzali deb, hisoblashni liniyaning uzunliklari bo'yicha olib boramiz. Boshida 120 mm^2 kesim yuzali l_1 va l_2 kabellarni 70 mm^2 kesim yuzali kabellarga almashtiramiz. Shunday almashtirishda keltirilgan uchastkalarining uzunligi:

$$l'_1 = \frac{F_1}{F'_1} l_1 = \frac{120}{70} \cdot 35 = 60 \text{ m}, \quad l'_6 = \frac{F_6}{F'_1} l_6 = \frac{120}{70} \cdot 58 \approx 100 \text{ m}$$

b nuqtadagi yuklamani a va c nuqталarga olamiz:

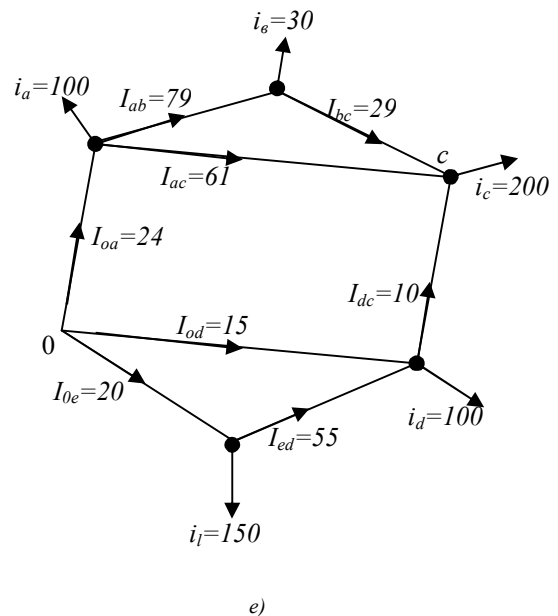
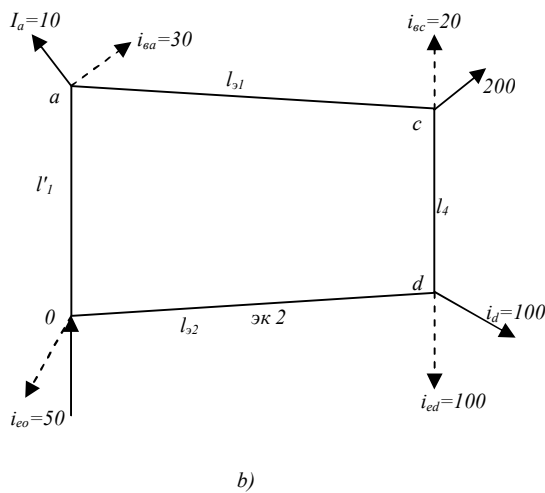
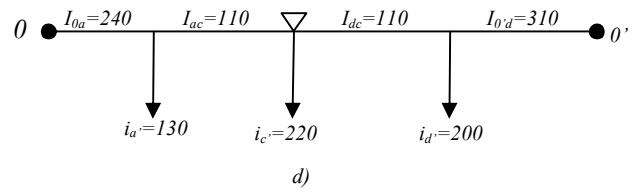
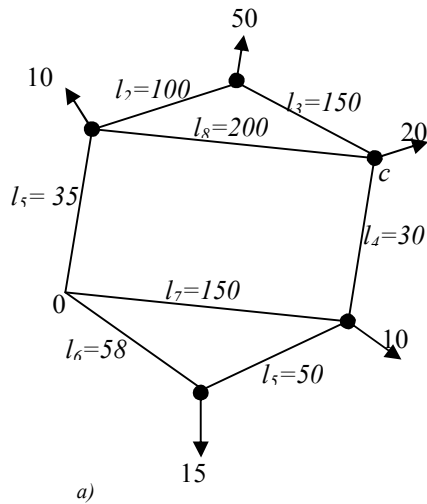
$$i_{ea} = i_6 \frac{l_3}{l_2 + l_3} = 50 \cdot \frac{150}{100 + 150} = 30 \text{ A}$$

$$i_{ec} = i_6 \frac{l_3}{l_2 + l_3} = 50 \cdot \frac{100}{100 + 150} = 20 \text{ A}$$

l nuqtadan o va d nuqtaga

$$i_{ea} = i_6 \frac{l_5}{l_6 + l_5} = 150 \cdot \frac{50}{100 + 50} = 50 \text{ A}$$

$$i_{ec} = i_6 \frac{l_6}{l_6 + l_5} = 150 \cdot \frac{100}{100 + 50} = 100 \text{ A}$$



8.2.3-rasm. Murakkab elektr zanjirlarini ikki tomonlama ta'minlanadigan liniyalarga keltirish

Parallel liniyalarda l_2 , l_3 , va l_8 ni qo'shamiz

$$l_{ek1} = \frac{(l_2 + l_3)l_8}{l_2 + l_3 + l_8} = \frac{(100 + 150) \cdot 200}{100 + 150 + 200} = 111 \text{ m}$$

Parallel liniyalar l_6 , l_5 , va l_7

$$l_{ek2} = \frac{(l_6 + l_5)l_7}{l_6 + l_5 + l_7} = \frac{(100 + 50) \cdot 150}{100 + 150 + 50} = 75 \text{ m}$$

O'zgartirilgandan so'ng 8.2.3-rasmda ko'rsatilgan *b* sxemani olamiz.

Halqasimon liniyani manbadan qirqib, ikki tarafdin ta'minlanadigan liniyaga keltiramiz, ular uchun bosh uchashtaklardagi toklarni topamiz

$$I'_{0a} = \frac{i'_a l_{ek2} + i'_c (l_{ek2} + l_4) + i'_a (l_{ek2} + l_4 + l_{ek1})}{l_1^e + l_{ek1} + l_4 + l_{ek2}} = \frac{200 \cdot 75 + 220 \cdot (75 + 30) + 130 \cdot (75 + 30 + 111)}{60 + 111 + 30 + 75} = 239,8A$$

$$I'_{0a} = \frac{i'_a l'_1 + i'_c (l_{ek1} + l'_1) + i'_d (l_4 + l'_1 + l_{ek1})}{l_1 + l_{ek1} + l_4 + l_{ek2}} = \frac{130 \cdot 60 + 220 \cdot (60 + 111) + 200 \cdot (60 + 30 + 111)}{60 + 111 + 30 + 75} = 310,2A$$

Tekshirishni bosh uchastkalarda oqayotgan toklarning yig'indisini yuklama toklarini yig'indisi bilan taqqoslab amalga oshiramiz.

$$I'_{0a} + I'_{0d} = 239,8 + 310,2 = 550A$$

$$i'_a + i'_b + i'_c = 130 + 220 + 200 = 550A$$

ac liniyadan oqayotgan tok:

$$i'_{0c} = I'_{0a} - i'_a = 239,8 - 130 = 110A$$

Shuningdek, *ac* liniyadan oqayotgan tok *c* nuqtadagi yuklama tokidan kichik, bu nuqtada yuklama ikki tarafga ulanadi va u bo'linish nuqtasi hisoblanadi.

dc liniyadagi oqayotgan tok:

$$I_{dc} = I'_{0'd} - I'_d = 310 - 200 = 110A$$

Aniqlangan tok taqsimlanishi 8.2.3 *b* - rasmda ko'rsatilgan.

Asosiy sxemaga qaytib, *l_{ac}* va *l_{dc}* liniyalarda topilgan toklarni parallel liniyalar *abc* va *ac*, *0ed* va *0d* ga bo'lamiz:

$$I_{abc} = I'_{ac} \frac{l_{ek1}}{l_2 + l_3} = 110 \cdot \frac{111}{100 + 150} = 49A$$

$$I_{ac} = I'_{ac} \frac{l_{ek1}}{l_8} = 110 \cdot \frac{111}{200} = 61A$$

$$I_{0ed} = I'_{a'd} \frac{l_{ek2}}{l_6 + l_5} = 310 \cdot \frac{75}{100 + 50} = 155A$$

$$I_{0d} = I'_{o'd} \frac{l_2}{l_7} = 310 \cdot \frac{75}{150} = 155A$$

Nuqta *b* ga ko'chirilgan yuklamalarni qaytarib, *ab* va *bc* liniyalardagi haqiqiy toklarni topamiz.

$$I_{a6} = I_{a6c} + i_{6a} = 49 + 30 = 79 A$$

$$I_{6c} = I_{a6c} - i_{6c} = 49 - 20 = 29 A$$

Tekshirish hisobning to'g'riligini tasdiqlaydi.

$$I_{6c} = I_{a6} - i_6 = 79 - 50 = 29 A$$

Nuqta *e* ga ko'chirilgan yuklamalarni qaytarib, *oe* va *ed* liniyalardagi haqiqiy toklarni topamiz:

$$I_{oe} = I_{oed} + i_{eo} = 155 + 50 = 205 A$$

$$I_{ed} = I_{oed} - i_{ed} = 155 - 100 = 55 A$$

8.2.3 g – rasmda liniyalardagi toklarning taqsimlanish natijasi ko'rsatilgan. l_1 va l_6 liniyalarda kesim yuzasini qaytadan almashtirish, toklarni liniyalardagi taqsimlanishiga ta'sir qilmaydi, bo'linish nuqtasi *d* va *c* tugunlarda qoladi.

Eng katta kuchlanishning yo'qotilishi (*c* nuqtagacha):

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{ac} = \sqrt{3} \left(\frac{I_{oa} l_{oa}}{\gamma F_{oa}} + \frac{I_{ac} l_{ac}}{\gamma F_{ac}} \right) = \sqrt{3} \left(\frac{240 \cdot 35}{34,7 \cdot 120} + \frac{61 \cdot 200}{34,7 \cdot 70} \right) = 12,2 V$$

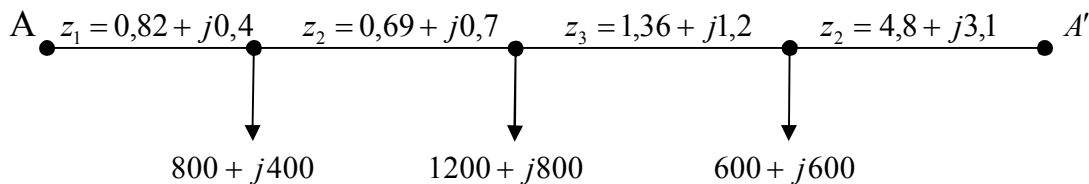
Yoki

$$\frac{\Delta U_{\max}}{U_n} \cdot 100\% = \frac{12,2}{380} \cdot 100 = 3,2\%$$

8.3 Mustaqil yechish uchun misollar

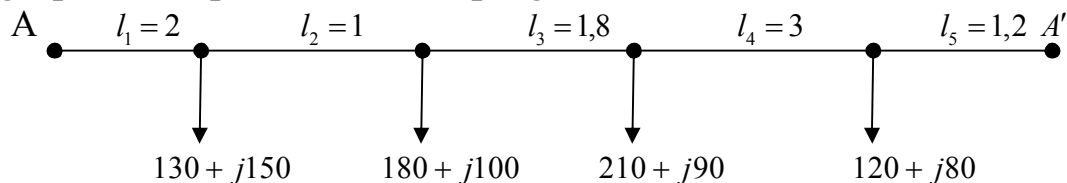
1-misol. 250 A tok iste'mol qiladigan tuzatish-mexanika korxonasi A va B podstansiyalardan ta'minlanadi. Birinchisi havo EULsi AC-120 sim bilan bajarilgan, uzunligi 3 km, boshqasi AC-95 sim bo'lib uzunligi 2 km. Ikkala liniya uchun simlar o'rtasidagi o'rtacha geometrik masofa 1m. A va B podstansiya shinalaridagi kuchlanish o'zaro teng. Har bir liniyadan oqadigan tokni toping.

2-misol. 8.3.1-rasmda keltirilgan ikki tarafdin ta'minlangan liniyaning ish tartibini hisoblang. Ta'minlash manbalari kuchlanishlari bir xil va 10 kVga teng. 8.3.1-rasmda uchastkalar qarshiliklari Omda, yuklamalari kilovoltamperda ko'rsatilgan.



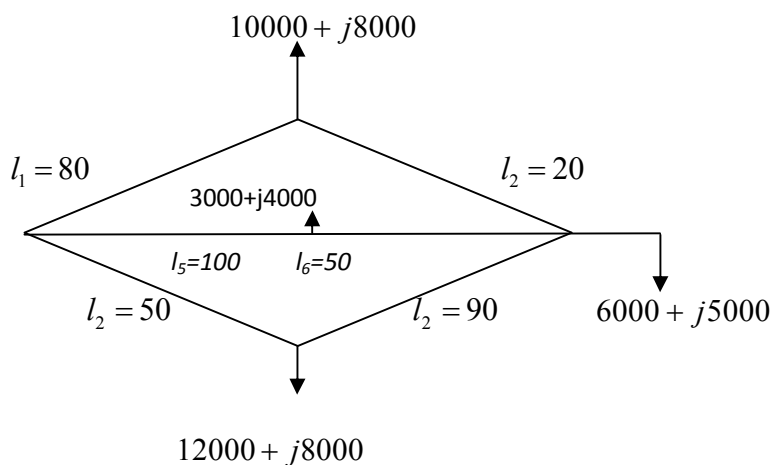
8.3.1-rasm

3-misol. AS-70 simdan tayyorlangan ikki tarafdin ta'minlanadi liniya 6,1 kVli A va 6,2 kVli B podstansiyadan ta'minlanadi. Uchastkalar uzunligi km da, yuklamalar kilovoltamperda 8.3.2-rasmda ko'rsatilgan. Tarmoqdagi quvvat taqsimlanishini toping.



8.3.2-rasm

4-misol. Halqasimon 110 kV liniya bir xil kesim yuzali simdan tayyorlangan. Yuklama kilovoltamperda, liniya uchastkalarining uzunligi km da 8.3.3-rasmda ko'rsatilgan. Liniyalarda quvvat taqsimotini toping.



8.3.3-rasm

Havo liniyalarini hisoblash uchun ma'lumotlar

Ochiq po'lat-alumin simlarning xarakteristikasi (binodan tashqarida)

Sim markasi	Tashqi diametri, mm	Uzoq vaqt ruxsat etilgan yuklama toki, A	1km liniyaning aktiv qarshiligi, 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	0,274
AC-150	17,0	445	0,21
AC-185	19,0	510	0,17
ACO-240	21,6	606	0,13
ACO-300	23,5	690	0,108
ACO-400	27,2	825	0,08
ACO-500	30,2	945	0,065

AC markali 35-220 kV kuchlanishli havo liniyalarini (100 km) hisoblash uchun 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	42,0	2,73	44,0	2,85	3,40	-	-	-
AC-95	33	41,1	2,81	42,9	2,65	3,5	-	-	-
AC-120	27	43,0	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	-	-	-
ACO-240	13	-	-	40,1	2,85	3,75	43,0	2,66	14,1
ACO-300	10,8	-	-	39,2	2,91	3,85	42,2	2,71	14,4
ACO-400	8	-	-	-	-	-	41,4	2,73	14,5
ACO-500	6,5	-	-	-	-	-	41,0	2,79	14,8

3-jadval

Qizish sharti bo'yicha AC va ACO markali havо liniyalari uchun uzoq vaqt ruxsat etilgan quvvat, MVA da

Simning kesim yuzasi, mm ²	Kuchlanish, kV		
	35	110	220
35	10,7	-	-
50	14,0	-	-
70	17,5	55,0	-
95	21,4	67,0	-
120	24,0	75,8	-
150	28,2	88,8	-
180	32,7	103,0	-
240	-	122,0	244
300	-	142	276
400	-	-	346
500	-	-	388

4-jadval

Maksimal yuklamada ishlash vaqti T_{max} bilan quvvat isrof vaqti τ orasidagi bog'liqlik

T_{max} (soat)	τ ning $\cos\varphi$ bo'yicha qiymati, soat		
	$\cos\varphi = 0,6$	$\cos\varphi = 0,8$	$\cos\varphi = 1,0$
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

**1 kV kuchlanishgacha bo'lgan kabel liniyalarini
hisoblash uchun ma'lumotlar**

Simning kesim yuzasi, mm ²	Yuklama tokining ruxsat etilgan qiymati, A	r ₀ , Om/km	x ₀ , Om/km
2,5	19	-	-
4	27	7,74	0,095
6	32	5,17	0,09
10	42	3,1	0,073
16	60	1,94	0,0675
25	75	1,24	0,0662
35	90	0,89	0,0637
50	110	0,62	0,0625
70	140	0,443	0,0612
95	170	0,326	0,0602
120	200	0,258	0,0596
150	235	0,206	0,0596

Transformatorli podstansiyalarning hisobi uchun ma'lumotlar

3-20 kVli moyli transformatorlar

Transformator turi	S _{nt} , kVA	U _n , kV		ΔP _{syu} , kVt	ΔP _{qt} , kVt	U _{qt} , %	I _{syu} , %
		YuK	PK				
TM	1000	10	0,4	-	-	-	-
		20	11,0	2,75	11,6	6,5	1,5
TMH	1000	10	0,69	2,45	12,2	5,5	1,4
		10	3,15	2,45	11,6	5,5	1,4
TM	1600	10	0,4	3,3	18	5,5	1,3
		10	0,69	2,8	18	5,5	1,3
		20	0,4	3,65	18	6,5	1,4
		20	0,69	3,65	18	6,5	1,4
TMH	1600	10	0,4	-	-	-	1,3
		20	0,4	3,65	18	6,5	1,4
		20	6,3	3,65	16,5	6,5	1,4
TM	2500	10	0,4	4,6	25,5	5,5	1,0
		10	0,69	4,6	25	5,5	1,60
		10	3,15	4,6	23,5	5,5	1,0
		15,75	6,3	-	-	-	-
		20	0,69	5,1	25,0	6,5	1,1
		20	6,2	5,1	23,5	6,5	1,1
		20	10,5	5,1	23,5	6,5	1,1
20	11,0	5,1	23,5	6,5	1,1		
TMH	2500	6	3,15	-	-	-	-
		10	0,4	4,6	25	5,5	1,0
		10	0,69	4,6	25	5,5	1,0
		20	0,69	5,1	25	6,5	1,0

2-jadval

35 kV li uch fazali ikki chulg'amli transformatorlar

S _{nt} , MVA	Transformator turi	U _n , kV		ΔP _{po'l} , kW	ΔQ _{po'l} , kVAr	R _T , Om	X _T , Om
		YuK	PK				
10	ТДНС-100000/35	36,75	6,3;10,5	14,5	80	1,14	18,0
16	ТДН-16000/35	36,75	6,3;10,5	21,0	120	0,48	6,75
25	ТРДН-25000/35	36,75	6,3;10,5	29,0	175	0,31	5,1
32	ТРДН-32000/35	36,75	6,3;10,5	33,0	224	0,23	4,85
40	ТД-40000/35	38,5	6,3;10,5	39,0	260	0,15	2,87
40	ТРДН-40000/35	36,75	6,3;10,5	30,0	260	0,20	2,90
63	ТРДН-63000/35	36,76	6,3;10,5	55,0	378	0,1	2,50
80	ТДС-80000/35	38,5	6,3;10,5	65,0	480	0,07	1,53

3-jadval

110 kV li uch fazali ikki chulg'amli transformatorlar

S _{nt} , MVA	Transformator turi	U _n , kV		ΔP _{po'l} , kW	ΔQ _{po'l} , kVAr	R _T , Om	X _T , Om
		YuK	PK				
16	ТДН-16000/110	115	6,6;11	21	135	4,38	86,7
25	ТРДН-25000/110	-"-	6,6;11	29	200	2,54	55,9
32	ТРДН-32000/110	-"-	6,6;11	35	240	1,87	43,5
40	ТРДН-40000/110	-"-	6,6;11	42	280	1,44	34,8
40	ТД-40000/110	121	6,3;10,5	52	280	1,44	34,8
63	ТРДЦН-63000/110	151	6,3;10,5	59	410	0,87	22,0
80	ТРДЦН-80000/110	-"-	6,3;10,5	70	480	0,65	17,3
80	ТД-80000/110	121	6,3;10,5	70	480	0,65	17,3
125	ТДЦ-125000/110	-"-	10,5	120	678	0,33	11,1
200	ТДЦ-200000/110	-"-	13,8	170	100	0,23	6,95
250	ТДЦ-250000/110	-"-	15,75	200	1250	0,17	5,55

220 kV li uch fazali ikki chulg'amli transformatorlar

S _{nt} , MVA	Transformator turi	U _n , kV		ΔP _{po'l} , kW	ΔQ _{po'l} , kVAr	R _T , Om	X _T , Om
		YuK	PK				
32	ТРДН-32000/220	230	6,6	53	288	8,66	32
63	ТРДЦН-63000/220	230	6,6;11	82	504	4,0	63
80	ТДЦ-80000/220	242	6,3;11	105	480	2,64	80
100	ТРДЦН-100000/220	230	11	115	700	0,90	100
125	ТДЦ-125000/220	242	6,3;11	135	625	1,27	125
160	ТРДЦН-160000/220	230	11	167	960	1,08	160
200	ТРДЦН-200000/220	242	13,8	200	900	0,77	200
250	ТДЦ-250000/220	242	13,8	240	1125	0,55	250

110 kV li uch fazali uch chulg'amli transformatorlar va ularning
passport ma'lumotlari

S _{nt} , MVA	Transformator turi	U _n , kV			ΔP _{po'l} , kW	ΔQ _{po'l} , kVAr
		YuK	UK	PK		
25	ТДТН-25000/110	115	38,5	6,6; 11	36	25
40	ТДТН-40000/110	115	38,5	6,6; 11	50	360
63	ТТДН-63000/110	115	38,5	6,6; 11	70	536
80	ТДЦТН-80000/110	115	38,5	6,6; 11	82	640

S _{nt} , MVA	Transformator turi	R _T , Om			X _T , Om		
		YuK	UK	PK	YuK	O'K	PK
25	ТДТН-25000/110	1,5	1,5	1,5	54	0	33
40	ТДТН-40000/110	0,95	0,95	0,95	35,4	0	20,6
63	ТТДН-63000/110	0,52	0,52	0,52	22,6	0	13,1
80	ТДЦТН-80000/110	0,4	0,4	0,4	17,6	0	10,3

**220 kV li uch fazali uch chulg'amli transformatorlar va
avtotransformatorlar**

S _{nt} , MVA	Transformator turi	U _n , kV			ΔP _{po'l} , kW	ΔQ _{po'l} , kVAr
		YuK	UK	PK		
25	ТДТН-25000/220	230	38,5	6,6; 11	50	300
32	АТДТН-32000/220/110	230	121	6,6; 11	32	192
40	ТДТН-40000/220	230	38,5	6,6; 11	66	440
63	ТДЦТН-63000/220	230	38,5	6,6; 11	91	630
80	АТДТН-63000/220/110	230	121	6,6; 11	45	315
80	АТДЦТН-80000/220/110	230	121	6,6; 10,5	-	-
100	АТДЦТН-100000/220/110	230	121	6,6; 11	75	500
125	АТДЦТН-125000/220/110	230	122	6,6; 11	85	625
160	АТДЦТН-160000/220/110	230	121	6,6; 11	100	8000
200	АТДЦТН-200000/220/110	230	121	6,6; 11	125	1000

S _{nt} , MVA	Transformator turi	R _T , Ом			X _T , Ом		
		YuK	UK	PK	YuK	O'K	PK
25	ТДТН-25000/220	5,72	5,72	5,72	276	0	148
32	АТДТН-32000/220/110	3,74	3,74	7,5	198	0	364
40	ТДТН-40000/220	3,97	3,97	3,97	165	0	126
63	ТДЦТН-63000/220	2,13	2,13	2,13	109	0	92,5
80	АТДТН-63000/220/110	1,43	1,43	2,9	100	0	193
80	АТДЦТН-80000/220/110	-	-	-	-	-	-
100	АТДЦТН-100000/220/110	0,69	0,69	0,69	60,8	0	103
125	АТДЦТН-125000/220/110	0,5	0,5	1,0	48,6	0	82,5
160	АТДЦТН-160000/220/110	39	0,78	-	38,0	0	68
200	АТДЦТН-200000/220/110	0,39	0,2	1,5	30,4	0	54

**Yuklama ostida rostlash qurilmali 35-220 kV kuchlanishli
pasaytiruvchi va avtotransformatorlar rostlovchi shoxobchalarining
nominal kuchlanishi**

35 kV		110 kV		220 kV		Avtotransfarmator O'K tomonida	
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	145,45
+7,5	39,5	+8,9	125,25	+7,5	247,25	+10	130,05
+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	+36,9	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	-2,0	118,59
-3	35,65	-3,56	110,9	-33	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	111,95
-9,0	33,45	-10,68	102,7	-9,0	209,3	-12	106,5
-7,5	34,0	-8,9	104,75	-7,5	212,75	-10	108,95
-10,5	32,90	-12,46	100,65	-10,5	205,85	-12	-
-12	32,35	-14,20	98,60	212	202,4	-	-
-	-	-16,02	96,55	-	-	-	-

Tokning iqtisodiy zichligi qiymatlari

Simlarning turlari	Tokning iqtisodiy zichligi j_{iq} A/mm ² T_{max} qiymatlarida		
	1000-3000	3001-5000	5001-8760
Ochiq simlar va shinalar: Mis va alumin	2,5	2,1	1,8
Rossiya, Kavkaz orti, Uzoq Sharq	1,3	1,1	1,0
Markaziy Sibir, Qozog'iston, O'rta Osiyo	1,5	1,4	1,3
Mis va aluminiy tomirli rezinali va polixlorvinil va izolatsiyali simlar va qog'oz izolatsiyali kabellar	3,0	2,5	2,0
Rossiya, Kavkvz orti, Uzoq Sharq	1,6	1,4	1,2
Markaziy Sibir, Qozog'iston, O'rta Osiyo	1,8	1,6	1,5
Mis va aluminiy tomirli rezinali va plastmassali izolatsiyali kabellar	3,5	3,1	2,7
Rossiya, Kavkaz orti, Uzoq Sharq	1,9	1,7	1,6
Markaziy Sibir, Qozog'iston, O'rta Osiyo	2,2	2,0	1,9

Eruvchan saqlagichlarning nominal toklari

Eruvchan saqlagichning nominal toki, A	Erish elementining nominal toki, A
15	6, 10, 15
60	15, 20, 25, 35, 45, 60
100	60, 80, 100
200	100, 125, 160, 200
350	200, 225, 260, 300, 350
600	350, 430, 500, 600
1000	600, 700, 850, 1000

Adabiyotlar

1. К.Р. Аллаев. Электроэнергетика Узбекистана и мира, – Т.: Fan va texnologiya, 2009. - 463 с.
2. Х.Г.Каримов, А.Н.Расулов. Электр тармоқлари ва тизимлари. – Тошкент, 1998.
3. В.И.Идельчик. Электрические сети и системы. Учебник. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
4. В.А. Строев. Электрические системы и сети. Учебник. – М.: Высшая школа, 1998.
5. Электротехнический справочник: Производство, передача и распределение электрической энергии. Под общ. ред. профессоров МЭИ. – М.: МЭИ, 2004. – 964с.
6. X.G.Karimov, A.D.Taslimov, F.S. Mamarasulova. «Elektr tarmoqlari va tizimlari» fanidan kurs loyihasini bajarish bo'yicha uslubiy qo'llanma.– Т.: ToshDTU, 2006.
7. В.В.Ежнов, Г.К.Зарудский, Э.И.Зуев под.ред. В.А.Строева. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, М.: Высшая школа, 1999. – 352 с.
8. www/energystrategy.ru
9. www/uzenergy.uzpak.uz

MUNDARIJA

Kirish	9
Havo va kabel liniyalarining parametrlarini hisoblash	4
Ikki, uch chulgʻamli transformatorlar va avtotransformatorlarning parametrlarini hisoblash	11
Liniya va transformatorlarda quvvat va energiya isrofini hisoblash	20
Liniyalarda kuchlanish yoʻqotilishini hisoblash	23
Ochiq elektr tarmoqlarni hisoblash	27
Ikki tarafdin taʼminlanuvchi liniyalarni hisoblash tartibi	40
Sim va kabellarning kesim yuzasini tokning iqtisodiy zichligi va kuchlanish yoʻqotilishi boʻyicha tanlash	51
Berk zanjirli tarmoqlarda quvvat taqsimlanishini hisoblash	66
Ilovalar	79
Adabiyotlar	89

Muharrir: K.Sidikova

Musahhih: Sh.Dexkanova