

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI

ISLON KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

«ELEKTR TARMOQLARI VA TIZIMLARI»

fanidan laboratoriya ishlarini bajarish uchun
uslubiy ko‘rsatmalar



TOSHKENT 2019

«Elektr tarmoqlari va tizimlari» fanidan laboratoriya ishlari uchun uslubiy ko'rsatmalar./ Gayibov T.Sh., Pulatov B.M., Nurmatov O.Yo., Musinova G.F. – Toshkent, ToshDTU, 2019. 72 b.

Uslubiy ko'rsatmada «Elektr tarmoqlari va tizimlari» fanidan laboratoriya ishlarini bajarish, ular asosida hisobotlarni rasmiylashtirish bo'yicha ko'rsatmalar va zaruriy ma'lumotlar berilgan. Har bir laboratoriya ishi bo'yicha ishning maqsadi, ishning dasturi, nazariy ma'lumotlar, ishni bajarish tartibi, topshiriq variantlari va sinov savollari keltirilgan.

Uslubiy ko'rsatmalar bakalavriatning «5310200 - Elektr energetikasi (energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash)» ta'lim yo'nalishida tahsil oluvchi talabalar uchun mo'ljallangan.

Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga asosan chop etildi.

Taqrizchilar: Taslimov A.D. - Toshkent Davlat Texnika
Universiteti «Energetika» fakulteti
«Elektr ta'minoti» kafedrasida dotsenti;
Mirzayev A.T. - O'zbekenergo AJ O'zelektrtarmoq
UK MDM boshlig'i.

KIRISH

Ushbu laboratoriya ishlari “5310200-Elektr energetikasi” yo‘nalishi bo‘yicha bakalavrlarni tayyorlashda bazaviy fanlardan biri hisoblanadi.

Laboratoriya ishlarini o‘rganishdan maqsad elektr tizimlari va tarmoqlarini loyihalashtirish, holatlarini hisoblash hamda ulardan foydalanish bo‘yicha bilimlar berishdan iborat. Asosiy vazifalari: elektr tarmoqlarining parametrlari va holatlarini o‘rgatish; elektr tarmoqlari va tizimlari holatlarini hisoblash va tahlil qilish usullarini o‘zlashtirish; elektr tizimlari rivojlanishini loyihalashtirish asoslarini o‘rgatish; elektr tarmoqlarning iqtisodiyligini oshirish tadbirlarini o‘rgatish.

Laboratoriya ishlarini o‘rganishi natijasida talaba:

- laboratoriya ishlarining asosiy maqsad va vazifalari; elektr tarmoqlari va tizimlarining holatlarini hisoblash va tahlillashdagi o‘rni; elektr tarmoqlarida rostdash va boshqarish prinsiplari *haqida tasavvurga ega bo‘lishi*;

-Elektr tarmoqlarining elementlari – elektr uzatish liniyalari, ikki va uch chulg‘amli transformatorlar, avtotransformatorlarning modellari, ularning ish holatlari, parametrlari va tavsiflari; elektr tizimida aktiv quvvat balansi va uning chastota bilan bog‘liqligi; elektr tizimida reaktiv quvvat balansi va uning kuchlanish bilan bog‘liqligi; elektr tizimida chastotani rostdash; elektr energiyaning sifat ko‘rsatkichlari; elektr tarmoq elementlarining almashtirish sxemalari va hisobiy parametrlari; ochiq va yopiq elektr tarmoqlarini hisoblash; taqsimlovchi elektr tarmoqlarida kuchlanish va quvvat isroflarini hisoblash; elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash usullari; elektr tarmoqlarida kuchlanishni rostdash usullari; elektr tarmoqlarini loyihalash asoslarini bilishi va ulardan foydalana olishi;

- elektr tarmoq elementlarining almashtirish sxemalarini qurish va hisobiy parametrlarini topish; elektr tarmoqlarini hisoblash; elektr tarmoqlarida kuchlanishni rostdash; elektr tarmoqlarining samaradorligini oshirish; elektr tarmoqlarini loyihalash; elektr tarmoqning nominal kuchlanishi va texnik qurilmalarini tanlash ko‘nikmalariga ega bo‘lishi kerak.

1- LABORATORIYA ISHI

ELEKTR TIZIMINING NORMAL HOLATLARINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

Elektr tizimining normal holatlarini tadqiq qilishni o'rganish.

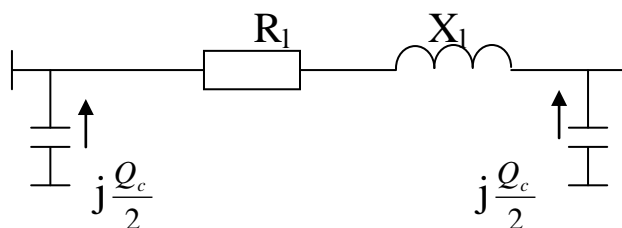
1.1. DASTLABKI MA'LUMOTLAR

Ishda kuchlanishni oshirib beruvchi podstansiyaga ega bo'lgan bitta elektr stansiyasi, kuchlanishni pasaytirib beruvchi podstansiyalarga ega bo'lgan uchta elektr iste'molchisi va uchta elektr liniyasidan iborat bo'lgan elektr tizimining normal holati hisoblanadi. Elektr tizimi sxemasi, unga kiruvchi liniyalar uzunliklari, kuchlanishni pasaytirib beruvchi transformatorlarning tiplari, iste'molchilar aktiv quvvatlari va aktiv quvvat koeffitsiyentlari berilgan variantga mos ravishda keltirilgan jadvaldan olinadi.

1.1.1. Elektr tizimi ekvivalent sxemasini tuzish

Elektr tizimiga kiruvchi barcha elementlarning hisob parametrlari topiladi va bu asosda ularning ekvivalent sxemalari tuziladi.

Elektr liniyalari II - simon sxema ko'rinishida tasvirlanadi:



1.1-rasm. Elektr uzatish liniyasining almashtirish sxemasi

$$R_l = r_o l \quad [\text{Om}],$$

$$X_l = x_o l \quad [\text{Om}],$$

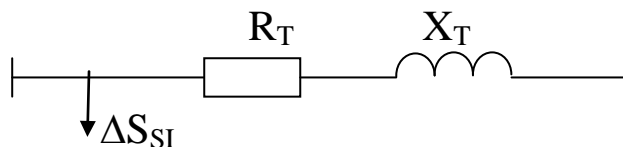
$$Q_s = U^2 b_l \quad [\text{MVAr}]$$

Bu yerda r_o , x_o , Q_s - mos ravishda liniyaning solishtirma aktiv, induktiv(reaktiv) qarshiliklari va nominal kuchlanishda ishlab chiqariluvchi reaktiv quvvat (zaryad quvvati); l - liniyaning uzunligi.

Ikki zanjirli liniya uchun:

$$R_{2l} = \frac{R_l}{2}; \quad X_{2l} = \frac{X_l}{2}; \quad Q_{2s} = 2Q_s \quad (1.1)$$

Transformatorlar Γ - simon sxema ko‘rinishida tasvirlanadi. Ular uchun hisob parametrlari qiymatlari qo‘llanma jadvalda keltirilgan.



1.2-rasm. Transformatorning almashtirish sxemasi

Ikkita parallel ishlovchi transformatorlar uchun:


$$\Delta S_{SI} = 2\Delta S_{SI} : \quad R_{2T} = \frac{R_T}{2} : \quad X_{2T} = \frac{X_T}{2} \quad (1.2)$$

Kuchlanishni pasaytirib beruvchi podstansiyalar yuklamalari aktiv va quyidagi formula yordamida hisoblanuvchi reaktiv quvvatlar orqali ifodalanadi:

$$Q = P \operatorname{tg} \varphi \quad \text{yoki} \quad Q = P \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi} \quad (1.3)$$

1.2. LABORATORIYA ISHINI BAJARISH TARTIBI

1. DigSILENT Power Factory dasturida birinchi laboratoriya mashg‘ulotini dasturda yuklanadi (Файл / Активировать проект/{birinchi laboratoriya ishi}/Ok). Tuzilgan elektr tizim ekvivalent sxemasi **DigSILENT Power Factory** virtual modelda yig‘iladi. Liniyalar va transformatorlarning qarshiliklari, o‘tkazuvchanliklari va sig‘imlari hisoblangandan so‘ng tuzilgan jadval o‘qituvchi tomonidan tekshiriladi. Bunda generator shinasiga belgilangan kuchlanish va yuklamalarga belgilangan quvvatlar qo‘yiladi.

Berilgan ma‘lumotlarini kiritib,  (Расчет УР) tugmasini ishga tushuramiz. So‘ngra dastur yordamida barcha shinalardagi kuchlanishlar hamda tarmoqning xarakterli nuqtalari orqali o‘tuvchi aktiv va reaktiv quvvatlar topiladi. Har bir tarmoqda bo‘layotgan isroflar hisobini olinadi va xulosa qilinadi.

1.3. HISOBOTNI TAYYORLASH TARTIBI

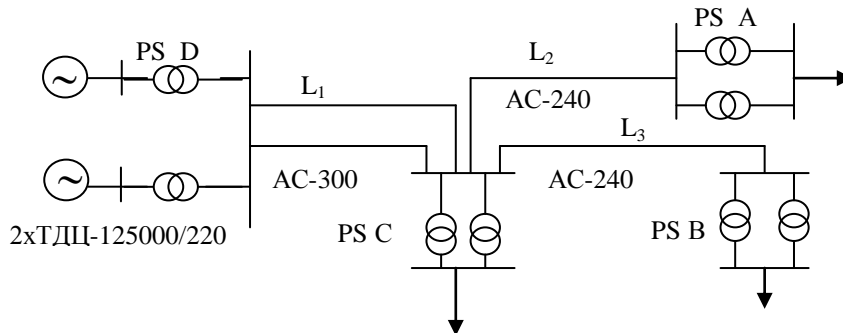
Hisobotda quyidagilar bo‘lishi lozim:

1. Elektr tizimning liniyalari uzunliklari, transformatorlar tiplari, yuklamalar aktiv quvvatlari va aktiv quvvat koeffitsiyentlari qiymatlari, elektr tizim prinsipial sxemasi;

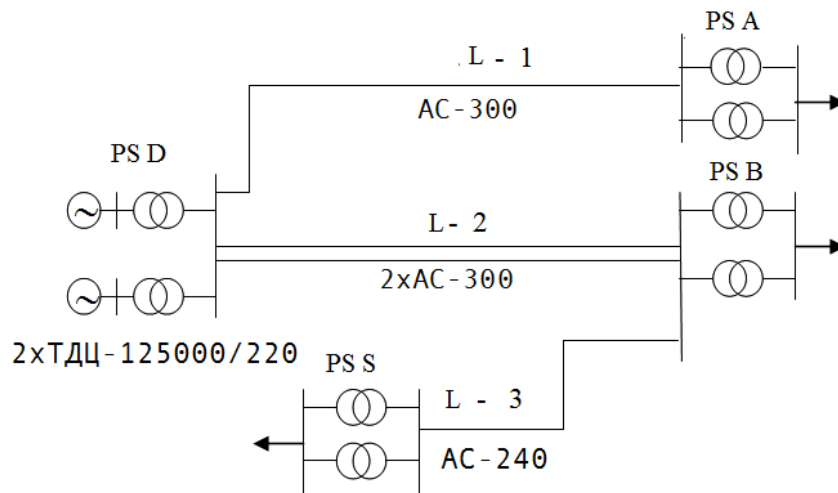
2. Elektr tizimning ekvivalent almashtirish sxemasi;
3. Dasturga kiritish uchun tayyorlangan parametrlar jadvali;
4. Dasturdan olingan hisob kitob natijalari;
5. Xulosa.

Laboratoriya ishini bajarish uchun sxema variantlari

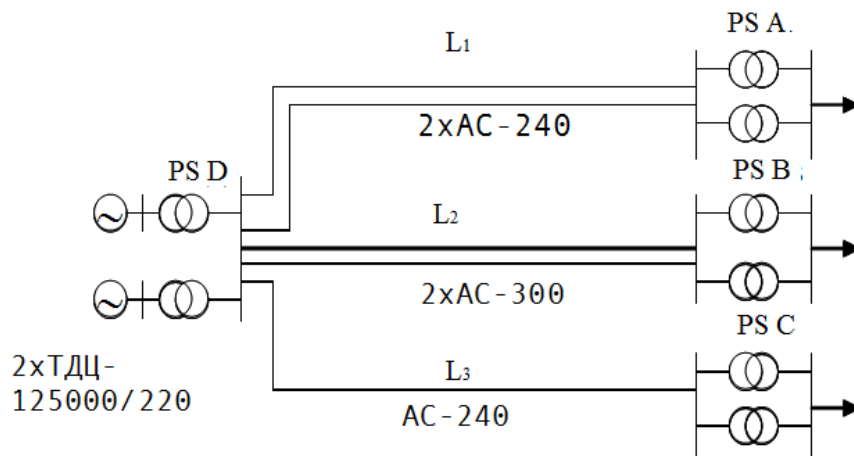
1-SXEMA



2 - SXEMA



3 - SXEMA



Laboratoriya ishi bo'yicha topshiriq variantlari

Sxemalar	Variantlar	Liniya uzunliklari, km			Podstansiyalar					
		1	2	3	A		B		V	
					Transformatorlar	Yuklamalar	Transformatorlar	Yuklamalar	Transformatorlar	Yuklamalar
1	1	40	53	80	ТРДЦН-40000/220	36 MVt $\cos \varphi = 0.9$	ТРДЦН-40000/220	54 MVt $\cos \varphi = 0.86$	ТРДЦН-63000/220	53 MVt $\cos \varphi = 0.89$
	2	50	70	60	ТРДЦН-63000/220	52 MVt $\cos \varphi = 0.87$	ТРДЦН-40000/220	37 MVt $\cos \varphi = 0.89$	ТРДЦН-63000/220	58 MVt $\cos \varphi = 0.9$
	3	50	60	70	ТРДЦН-40000/220	37 MVt $\cos \varphi = 0.88$	ТРДЦН-63000/220	36 MVt $\cos \varphi = 0.9$	ТРДЦН-63000/220	46 MVt $\cos \varphi = 0.8$
	4	50	30	70	ТРДЦН-63000/220	53 MVt $\cos \varphi = 0.91$	ТРДЦН-40000/220	52 MVt $\cos \varphi = 0.87$	ТРДЦН-40000/220	32 MVt $\cos \varphi = 0.8$
	5	20	10	50	ТРДЦН-40000/220	33 MVt $\cos \varphi = 0.8$	ТРДЦН-63000/220	33 MVt $\cos \varphi = 0.87$	ТРДЦН-40000/220	32 MVt $\cos \varphi = 0.9$
2	6	100	40	50	ТРДЦН-63000/220	34 MVt $\cos \varphi = 0.8$	ТРДЦН-40000/22	53 MVt $\cos \varphi = 0.87$	ТРДЦН-63000/220	53 MVt $\cos \varphi = 0.8$
	7	70	50	20	ТРДЦН-63000/220	50 MVt $\cos \varphi = 0.9$	ТРДЦН-40000/220	46 MVt $\cos \varphi = 0.88$	ТРДЦН-63000/220	36 MVt $\cos \varphi = 0.9$
	8	60	50	40	ТРДЦН-40000/220	33 MVt $\cos \varphi = 0.81$	ТРДЦН-63000/220	49 MVt $\cos \varphi = 0.8$	ТРДЦН-40000/220	34 MVt $\cos \varphi = 0.85$
	9	70	50	20	ТРДЦН-63000/220	45 MVt $\cos \varphi = 0.9$	ТРДЦН-40000/220	53 MVt $\cos \varphi = 0.81$	ТРДЦН-63000/220	46 MVt $\cos \varphi = 0.85$
	10	50	90	80	ТРДЦН-40000/220	31 MVt $\cos \varphi = 0.78$	ТРДЦН-63000/220	39 MVt $\cos \varphi = 0.77$	ТРДЦН-40000/220	31 MVt $\cos \varphi = 0.78$
3	11	80	50	40	ТРДЦН-63000/220	29 MVt $\cos \varphi = 0.84$	ТРДЦН-40000/220	67 MVt $\cos \varphi = 0.9$	ТРДЦН-63000/220	20 MVt $\cos \varphi = 0.8$
	12	50	60	55	ТРДЦН-40000/220	21 MVt $\cos \varphi = 0.8$	ТРДЦН-63000/220	51 MVt $\cos \varphi = 0.77$	ТРДЦН-40000/220	24 MVt $\cos \varphi = 0.81$
	13	90	45	60	ТРДЦН-63000/220	25 MVt $\cos \varphi = 0.8$	ТРДЦН-40000/220	52 MVt $\cos \varphi = 0.75$	ТРДЦН-63000/220	26 MVt $\cos \varphi = 0.8$
	14	35	60	90	ТРДЦН-40000/220	20 MVt $\cos \varphi = 0.8$	ТРДЦН-63000/220	52 MVt $\cos \varphi = 0.84$	ТРДЦН-40000/220	28 MVt $\cos \varphi = 0.8$
	15	20	55	35	ТРДЦН-63000/220	14 MVt $\cos \varphi = 0.77$	ТРДЦН-40000/220	55 MVt $\cos \varphi = 0.85$	ТРДЦН-63000/220	36 MVt $\cos \varphi = 0.9$

1.4. SINOV SAVOLLARI

1. Elektr liniyalari va transformatorlar ekvivalent sxemalari.

2. Yuklamalarning virtual dasturda qanday tasvirlanadi?
3. Elektr tarmog'ida quvvat va kuchlanish isroflarini aniqlash.

2– LABORATORIYA ISHI

UZUN ELEKTR UZATISH LINIYALARINING ISH HOLATLARINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

Uzun elektr liniyalari turli ish holatlarini tadqiq qilishni o'rganish.

2.1. QISQACHA NAZARIY MA'LUMOTLAR

Uzun elektr uzatish liniyalari ish holatlari o'ziga xos xususiyatlarga ega. Bunday liniyalarda uzatishning to'liq xarakteri, yuklamalar kichik bo'lganda sig'im effekti yuzaga chiqadi.

Uzun elektr liniyalari ish holatlarini liniya umumiy tenglamalari yordamida tadqiq qilish mumkin:

$$\begin{aligned} U_1 &= U_2 \operatorname{ch} \gamma_0 l + \sqrt{3} I_2 Z_b \operatorname{sh} \gamma_0 l, \\ I_1 &= U_2 \frac{1}{\sqrt{3} Z_b} \operatorname{sh} \gamma_0 l + I_2 \operatorname{ch} \gamma_0 l. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Bu yerda $\gamma_0 = \sqrt{(r_0 + jx_0) \cdot (g_0 + jb_0)}$ - to'liqning tarqash koeffitsiyenti bo'lib, kompleks kattalikdir:

$$\gamma_0 = \beta_0 = j\alpha_0 \quad (2.2)$$

β_0 – so'nish koeffitsiyenti;

α_0 – faza koeffitsiyenti;

$Z_b = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}}$ - liniyaning to'liq qarshiligi.

Uzun elektr liniyalari katta miqdordagi elektr energiyasini o'ta yuqori kuchlanishda uzoq masofaga uzatish uchun quriladi. Bunday liniyalarda tojlanish tufayli isrof bo'luvchi quvvatni kamaytirish maqsadida o'tkazgichlar bir nechta o'tkazgichlarga tarqalgan ko'rinishda tayyorlanadi. Buning natijasida liniyaning aktiv qarshiligi uning induktiv qarshiligiga nisbatan ancha kichik bo'ladi. Bu o'z navbatida

o'tkazgichlarning aktiv qarshiligi va o'tkazuvchanliklarini hisobga olmaslik imkonini beradi. U holda

$$r_0 \approx 0 \quad \text{va} \quad g_0 \approx 0$$

$$Sh \gamma_0 l \approx Sh(j\alpha_0 l) = j \sin \alpha_0 l;$$

$$Ch \gamma_0 l \approx Ch(j\alpha_0 l) = j \cos \alpha_0 l; \quad \alpha_0 = \sqrt{x_0 b_0}; \quad Z_b = \sqrt{\frac{x_0}{b_0}} \quad (2.3)$$

shuningdek, liniya tenglamasi ham soddalashadi:

$$U_1 = U_2 \cos \alpha_0 l + j\sqrt{3}I_2 Z_b \sin \alpha_0 l,$$

$$I_1 = I_2 \cos \alpha_0 l + jU_2 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}Z_b} \cdot \sin \alpha_0 l \quad (2.4)$$

yoki

$$U_2 = U_1 \cos \alpha_0 l - j\sqrt{3}I_1 Z_b \sin \alpha_0 l,$$

$$I_2 = I_1 \cos \alpha_0 l - jU_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}Z_b} \cdot \sin \alpha_0 l. \quad (2.5)$$

Aktiv qarshilik va aktiv o'tkazuvchanlik hisobga olinmaganda liniya orqali elektr energiyasi uzatish tezligi quyidagi formula yordamida aniqlanuvchi elektr magnitik to'lqinning tarqalishi bilan amalga

oshadi: $v = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}}$.

Bu yerda L_0 , C_0 – liniyaning birlik uzunligiga to'g'ri keluvchi induktivlik va sig'im.

Uzun elektr liniyasi orqali energiya uzatilganda uning oxiridan to'lqinning qaytishi yuz beradi. Liniyadagi kuchlanish va tok qiymatlari boruvchi va qaytuvchi to'lqinlar yig'indisi sifatida topiladi. Agar iste'molchi qarshiligi liniyaning to'lqin qarshiligi

$$Z_6 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \quad (2.6)$$

ga teng bo'lsa, to'lqinning qaytishi yuz bermaydi.

Elektr energiyasi isrofini kamaytirish maqsadida liniya boshlanishi va oxiridagi kuchlanish va tokning fazalari bir xil bo'lishi, ya'ni $\cos \varphi = 1$ bo'lishi lozim. Bu paytda quyidagicha quvvat uzatiladi:

$$P = I^2 Z_b = \frac{U_F^2}{Z_b},$$

$$P_{nat} = 3P = \frac{U_N^2}{Z_b}. \quad (2.7)$$

Bu yerda P_{nat} – natural quvvat.

Elektr liniyasi orqali natural quvvat uzatilayotganda uning har qanday bo‘lagidagi sig‘im o‘tkazuvchanlik tufayli ishlab chiqariluvchi reaktiv quvvat shu bo‘lakdagi induktivlikda yo‘qoluvchi reaktiv quvvatga tengdir.

Liniya l uzunligida yo‘qoluvchi reaktiv quvvat:

$$\Delta Q = I^2 x = I^2 \omega l. \quad (2.8)$$

Liniya l uzunligida ishlab chiqariluvchi reaktiv quvvat:

$$\Delta Q_s = U_f \cdot I_s = U_s^2 \omega c_0 l. \quad (2.9)$$

(2.7) dan U_f^2 uchun ifodani oxirgi tenglamaga qo‘yib va Z_v ning formulasidan foydalanib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$I^2 Z_b^2 \omega c_0 l = I^2 \omega L_0 l, \quad (2.10)$$

$$\Delta Q_s = \Delta Q.$$

Liniya natural quvvat bilan ishlaganda kuchlanish va tok qiymatlari uning uzunligi davomida o‘zgarishsiz qoladi.

2.2. DASTLABKI TAYYORGARLIK

Laboratoriya ishida $U_N=500$ kV kuchlanishdagi, AC-3x500 markali o‘tkazgichdan tayyorlangan, uzunligi $l=1000$ km bo‘lgan elektr liniyasining turli xil holatlari tadqiq etiladi. Buning uchun uning ekvivalent sxemasi har biri 100 km uzunlikdagi bo‘lakni ifodalovchi 10 ta ketma-ket Π – simon, zanjir shaklida ulangan liniyalar ko‘rinishida tasvirlanadi.

Ko‘rilayotgan elektr liniyasi 1 km uzunligiga to‘g‘ri keluvchi parametrlar qiymatlari ma’lumatomadan olinadi:

$$r_0 = 0.22 \text{ Om/km}; \quad x_0 = 0.296 \text{ Om/km}; \quad b_0 = 3.84 \cdot 10^{-6} \text{ Sm/km}.$$

Bularga mos faza koeffitsiyenti:

$$b_0 = \sqrt{x_0 b_0} = \sqrt{0.296 \cdot 0.84 \cdot 10^{-6}} = 1.065 \cdot 10^{-3} \text{ rad/km} = 0.06 \text{ grad/km}.$$

$$\text{To‘lqin qarshiligi: } Z_b = \sqrt{\frac{x_0}{b_0}} = \sqrt{\frac{0.296}{3.84 \cdot 10^{-6}}} = 278 \text{ Om}$$

Liniyada $r_0 \ll x_0$, bo‘lganligi uchun r_0 ni hisobga olmaslik mumkin.

Liniya 100 km uzunligi uchun induktiv qarshilik va ko‘ndalang o‘tkazuvchanlikni topamiz:

$$X_l = Z_b \cdot \sin \alpha_0 l = 278 \cdot \sin 6^\circ 278 \cdot 0.11 = 29.19 \text{ Om};$$

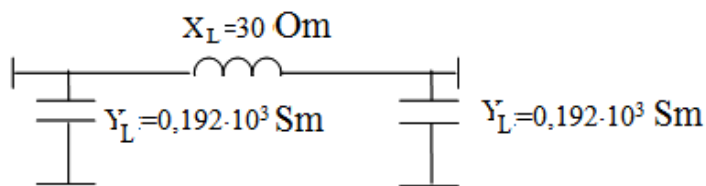
$$Y_l = \frac{1}{Z_b} \cdot \text{tg} \frac{\alpha_0 l}{2} = \frac{1}{278} \cdot \text{tg} 3^\circ = 0.18 \cdot 10^{-3} \text{ Sm}$$

Soddalashtirilgan formulalar bo‘yicha esa

$$X_l = x_0 l = 0.296 \cdot 100 = 29.6 \text{ Om};$$

$$Y_l = \frac{b_0 l}{2} = \frac{3.84 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{2} = 0.192 \cdot 10^{-3} \text{ Sm}.$$

100 km uzunlikdagi bo‘lak uchun ekvivalent almashtirish sxema quyidagichadir:



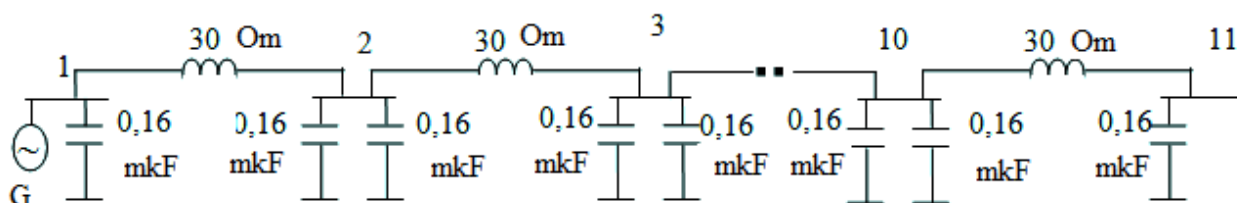
2.1-rasm. 100 km uzunlikdagi liniyaning ekvivalent almashtirish sxemasi

Liniya ko‘ndalang o‘tkazuvchanligi virtual modelda qiymati quyidagicha hisoblanuvchi sig‘im ko‘rinishda tasvirlanadi:

$$C = \frac{b}{\omega} = \frac{Y_L}{\omega} = \frac{0,192 \cdot 10^{-3}}{1230} = 0,16 \text{ mkF},$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 196 \approx 1230 \text{ rad/s}.$$

1000 km uzunlikdagi liniya ekvivalent almashtirish sxemasi quyidagicha tasvirlanadi:



2.2-rasm. 1000 km uzunlikdagi liniyaning ekvivalent almashtirish sxemasi

2.3. LABORATORIYA ISHINING DASTURI

2.3.1 Salt ishlash laboratoriyasi

Laboratoriya ishi uchun berilgan dasturga parametrlar kiritiladi. Birinchi shinadagi generatorga 500 kV kuchlanish beriladi.

Dastur yordamida liniyaning har bir 100 km uzunlikdagi bo‘lagi yakunidagi kuchlanish qiymatlari o‘lchanadi. Shuningdek, generatordagi va liniya yakunidagi aktiv va reaktiv quvvatlar yozib olinadi.

Hisob kitob natijalari quyidagi 2.1– jadvalga kiritiladi.

2.1- jadval

L, km	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$U_{\text{sist.}} \text{ kV}$											

Generator quvvati: $P_{G.\text{sist.}} =$ $Q_{G\text{sist}} =$
 Liniya yakunidagi quvvat: $P_{O.\text{sist.}} =$ $Q_{O\text{sist}} =$

2.3.2 Qisqa tutashuv laboratoriyasi

Modelda yigʻilgan sxemaning oxiri yerga ulanadi. Birinchi shinaga 500 kV kuchlanish beriladi. Oʻlchash asboblari yordamida har bir 100 km uzunlikdagi boʻlak yakunidagi kuchlanish qiymatlari, generatordagi va liniya oxiridagi aktiv va reaktiv quvvatlar oʻlchanadi.

Oʻlchov natijalari yuqoridagi singari maxsus jadvalga kiritiladi.

2.3.3 Isteʼmolchiga ulangan holatlar

Boshlanishida kuchlanish oʻzgarmas boʻlgan va isteʼmolchiga ulangan uzun elektr uzatish liniyasi holatlari tadqiq qilinadi.

a) Liniya oxiriga qarshiligi toʻlqin qarshiligiga teng boʻlgan yuklama ulanadi ($R_n=Z_b$). Uning boshlanishiga 500 kV kuchlanish berilib, har bir 100 km uzunlikdagi boʻlak yakunidagi kuchlanish qiymatlari, generatordagi va liniya oxiridagi aktiv va reaktiv quvvatlar oʻlchanadi.

Oʻlchash natijalari maxsus jadvalga kiritiladi.

b) $R_n < Z_b$, boʻlgan holat uchun laboratoriya «a» punktidagidek amalga oshiriladi va oʻlchov natijalari maxsus jadvalga kiritiladi.

v) $R_n > Z_b$ boʻlgan holat uchun laboratoriya «a» punktidagidek amalga oshiriladi va oʻlchov natijalari maxsus jadvalga kiritiladi.

2.3.4 Chekkalarida kuchlanish oʻzgarmas boʻlgan va aktiv quvvat uzatiluvchi uzun elektr liniyasida kuchlanish taqsimlanishini tadqiq qilish

Uzun elektr liniyasi sxemasida boshlangʻich va oxirgi shinalariga generator G_1 va G_2 ulanib, 500 kV dan kuchlanish beriladi.

a) har ikkala generator faza koʻrsatkichlari nol holatiga keltirilib qoʻyiladi. Oʻlchov asboblari yordamida liniya davomida har bir 100 km uzunlikdagi boʻlak yakunidagi kuchlanish qiymatlari, generatorlardagi aktiv va reaktiv quvvatlar oʻlchanadi.

Oʻlchov natijalari maxsus jadvalga kiritiladi.

b) Generator G_1 da faza koʻrsatkichini rostlab, natural quvvatga teng boʻlgan quvvat oʻrnatiladi:

$$P_{G.mod.} = P_{nat.mod.}$$

Bu yerda

$$P_{nat.sist.} = \frac{U_n^2}{Z_b} = \frac{500^2}{278} = 900 MVt,$$

$$P_{nat.sist.} = \frac{P_{nat.sist.}}{\kappa_p} = \frac{900}{100} = 9Vt$$

Har bir 100 km uzunlikdagi bo‘lak yakunidagi kuchlanish qiymatlari va generatorlardagi quvvatlar o‘lchanib, maxsus jadvalga kiritiladi.

Generatorlar G_1 va G_2 uchun aktiv quvvat koeffitsiyentlari hisoblanadi.

v) $R_{G.mod} < R_{nat.sist}$ bo‘lgan holat uchun laboratoriya «b» punktdagidek amalga oshiriladi va o‘lchov natijalari maxsus jadvalga kiritiladi.

g) $R_{G.mod} > R_{nat.sist}$ bo‘lgan holat uchun laboratoriya «b» punktdagidek amalga oshiriladi va o‘lchov natijalari maxsus jadvalga kiritiladi.

2.3.5. LABARATORIYA ISHINI EHM DA BAJARISH BO‘YICHA KO‘RSATMALAR

1. Dastlab **DigSILENT Power Factory** dasturi ishga tushuriladi.
2. Kerakli laboratoriya ishi tanlanib dasturda yuklanadi. (**Файл / Активироват проект/{kerekli labaratoriya ishi}/ Ok**)
3. Laboratoriya ishida berilgan qurilmalarni ma’lumotlari kiritiladi. Qolgan ma’lumotlari o‘zgartirilmaydi. (по умалчение).

Sxemadagi ma’lumotlar to‘liq kiritilgandan so‘ng (Расчет УР) tugmasi bosiladi.



2.4. HISOBOTNI TAYYORLASH TARTIBI

Barcha laboratoriyalar natijalari bo‘yicha $U=f(l)$ bog‘lanishlar quriladi.

2.5. SINOV SAVOLLARI

1. Liniyaning natural quvvati nima?
2. Liniyaning to‘lqin qarshiligi nima?

3. Salt ishlash va qisqa tutashuv holatlarida liniya qanday xarakterda bo‘ladi?

4. Qanday uzunlikdagi liniyalar uchun parametrlarning tarqalganligi ta’siri hisobga olinmasligi mumkin?

5. Nega 500 kV kuchlanishli liniyada faza o‘tkazgichi tarqalgan holda quriladi?

3- LABORATORIYA ISHI

ELEKTR TARMOQNING NORMAL HOLATINI GAUSS-ZEYDEL USULI YORDAMIDA HISOBLASH

Ishdan maqsad:

1. Elektr tarmoqlari uchun tugun kuchlanishlari tenglamalarini tuzishni o‘rganish.

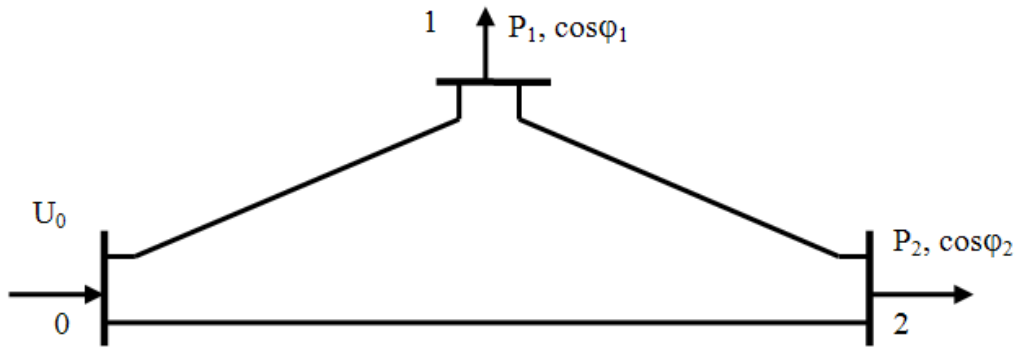
2. Elektr tarmoqning normal holatini Gauss-Zeydel usuli yordamida hisoblash.

3.1.UMUMIY MA’LUMOTLAR

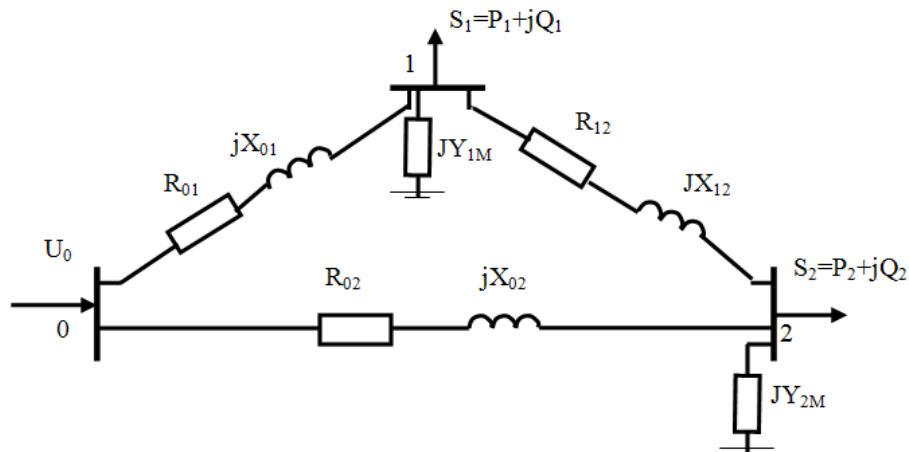
3.1.1.Elektr tarmoqlar uchun tugun kuchlanishlari tenglamalarini tuzish

Har qanday murakkablikdagi elektr tarmoqning normal holatini istalgan aniqlikda hisoblash usullari tugun kuchlanishlari tenglamalaridan foydalanishni ko‘zda tutadi. Bunda tarmoqning holatini hisoblash uchun avvalo uning holatini ifodalovchi tugun tenglamalari tuziladi.

Tugun tenglamalarini tuzish tartibi bilan prinsipial sxemasi 3.1-rasmda keltirilgan elektr tarmoq misolida tanishamiz. Ushbu sxemada elektr tarmoqni tashkil etuvchi elektr uzatish liniyalarining (EUL) uzunliklari va ular tayyorlangan o‘tkazgichlarning markalari, ta’minlovchi tugun (0-tugun) kuchlanishi, yuklama tugunlarida (1 va 2-tugunlar) yuklamalarning aktiv quvvatlari va aktiv quvvat koeffitsiyentlari dastlabki ma’lumot sifatida berilgan.



3.1-rasm. Elektr tarmoqning prinsipl sxemasi



3.2-rasm. Elektr tarmoqning ekvivalent almashtirish sxemasi

Barcha iste'molchilarning reaktiv yuklamalari ularning aktiv yuklamalari va quvvat koeffitsiyentlaridan foydalanib topiladi:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi = P \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi}, \quad (3.1)$$

shuningdek, barcha EULlarning solishtirma parametrlari va uzunliklaridan foydalanib, almashtirish sxemasining hisob parametrlari topiladi:

$$R = r_0 l; \quad X = x_0 l; \quad B = b_0 l. \quad (3.2)$$

Hisoblash natijalari bo'yicha elektr tarmoqning almashtirish sxemasi quriladi (3.2-rasm). Sxemadagi Y_{1sh} , Y_{2sh} mos tugunlardagi o'tkazuvchanlik bo'lib, quyidagicha hisoblanadi:

$$Y_{1sh} = \frac{B_{01}}{2} + \frac{B_{12}}{2}; \quad Y_{2sh} = \frac{B_{02}}{2} + \frac{B_{12}}{2}. \quad (3.3)$$

Paydo bo'lgan sxema uchun tugun kuchlanishlari tenglamalari quyidagi tartibda tuziladi.

a) barcha tugunlar uchun (0- balanslovchi tugundan tashqari) Kirxgofning 1- qonuni bo'yicha tenglamalar tuziladi:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{10} + \dot{I}_{12} + \dot{I}_{1sh} + \dot{I}_1 &= 0, \\ \dot{I}_{20} + \dot{I}_{21} + \dot{I}_{2sh} + \dot{I}_2 &= 0. \end{aligned} \quad (3.4)$$

bu yerda \dot{I}_{ij} – $i-j$ tarmoq orqali i tugundan j tugunga tomon oquvchi tok; \dot{I}_{ish} – i tugundagi Y_{1sh} o‘tkazuvchanlik orqali yerga tomon oquvchi tok; \dot{I}_i – i tugundagi yuklama toki.

b) tenglamalar tizimdagi barcha shoxobchalar (EUL va sig‘im o‘tkazuvchanliklar) toklarini ularning o‘tkazuvchanliklari va tugunlar kuchlanishlari orqali ifodalab, tugun kuchlanishlari tenglamalarini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} (\dot{U}_1 - U_0)Y_{01} + (\dot{U}_1 - \dot{U}_2)Y_{12} + (\dot{U}_1 - 0)Y_{1sh} + \dot{I}_1 &= 0, \\ (\dot{U}_2 - U_0)Y_{02} + (\dot{U}_2 - \dot{U}_1)Y_{12} + (\dot{U}_2 - 0)Y_{2sh} + \dot{I}_2 &= 0. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Bu yerda $Y_{ij} = \frac{1}{Z_{ij}}$.

Oxirgi tenglamalar sistemasini soddalashtirib, quyidagi tizimni hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} (Y_{01} + Y_{12} + Y_{1sh})\dot{U}_1 - Y_{12}\dot{U}_2 &= Y_{01}U_0 - \dot{I}_1, \\ -Y_{12}\dot{U}_1 + (Y_{02} + Y_{12} + Y_{2sh})\dot{U}_2 &= Y_{02}U_0 - \dot{I}_2. \end{aligned} \quad (3.6)$$

Paydo bo‘lgan tenglamalar sistemasiga ma’lum belgilashlarni kiritib, uchta tugunga ega bo‘lgan (balanslovchi tugun bilan) tarmoq uchun standart ko‘rinishdagi tenglamalar sistemasini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_{11}\dot{U}_1 - \bar{Y}_{12}\dot{U}_2 &= \bar{Y}_{10}U_0 - \dot{I}_1, \\ -\bar{Y}_{21}\dot{U}_1 + \bar{Y}_{22}\dot{U}_2 &= \bar{Y}_{20}U_0 - \dot{I}_2. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Bu yerda $\bar{Y}_{11} = Y_{01} + Y_{12} + Y_{1sh}$; $\bar{Y}_{10} = Y_{01}$; $\bar{Y}_{12} = Y_{12}$; $\bar{Y}_{21} = Y_{12}$; $\bar{Y}_{22} = Y_{02} + Y_{12} + Y_{2sh}$; $\bar{Y}_{20} = Y_{02}$.

3.1.2. Elektr tarmoqning normal holatini Gauss-Zeydel usuli yordamida hisoblash

Elektr tarmoqning normal holatini hisoblash uning holatini ifodalovchi tenglamalari sistemasini yechib (umumiy holatda), barcha noma’lum holat parametrlarini aniqlashni nazarda tutadi.

Elektr tarmoqlarning normal holatlarini tugun kuchlanishlari tenglamalaridan foydalanib hisoblashning eng soddagina usullaridan biri Gauss-Zeydel usulidir. Ushbu usul ketma-ket yaqinlashish (iteratsiya) usuli bo‘lib, uning ma’nosi bilan yuqorida keltirilgan tarmoq (3.2-rasm) holatini hisoblash misolida tanishamiz.

a) Elektr tarmoq uchun tugun kuchlanishlari tenglamalari tuzilib, ular standart (3.7) ko‘rinishga keltiriladi. So‘ngra tenglamalar noma‘lum kuchlanishlarning qiymatlarini hisoblash uchun quyidagicha qulay ko‘rinishga keltiriladi:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= \frac{\bar{Y}_{10}U_0 + \bar{Y}_{12}\dot{U}_2 - \frac{S_1}{U_1}}{\bar{Y}_{11}}, ; \\ \dot{U}_2 &= \frac{\bar{Y}_{20}U_0 + \bar{Y}_{21}\dot{U}_1 - \frac{S_2}{U_2}}{\bar{Y}_{22}}. \end{aligned} \quad (3.8)$$

b) Hisoblash aniqlagi ε_u va (3.8) dagi noma‘lum kuchlanishlar uchun boshlang‘ich qiymatlar $\dot{U}_1^{(0)}$ va $\dot{U}_2^{(0)}$ qabul qilinadi;

v) Kuchlanishlarning oldingi k - qiymatlaridan foydalanib, ularning yangi, aniqroq $k+1$ - yaqinlashishdagi qiymatlari (3.8) dagi formulalar bo‘yicha quyidagi tartibda hisoblanadi (masalan, birinchi yaqinlashishda $k=0$):

$$\begin{aligned} \dot{U}_1^{(k+1)} &= \frac{\bar{Y}_{10}U_0 + \bar{Y}_{12}\dot{U}_2^{(k)} - \frac{S_1}{U_1^{(k)}}}{\bar{Y}_{11}}, ; \\ \dot{U}_2^{(k+1)} &= \frac{\bar{Y}_{20}U_0 + \bar{Y}_{21}\dot{U}_1^{(k+1)} - \frac{S_2}{U_2^{(k)}}}{\bar{Y}_{22}} \end{aligned} \quad (3.9)$$

g) Yaqinlashish jarayoni quyidagi shartlar bo‘yicha tekshiriladi:

$$\left\| \dot{U}_1^{(k+1)} - \dot{U}_1^{(k)} \right\| \leq \varepsilon_u ; \quad \left\| \dot{U}_2^{(k+1)} - \dot{U}_2^{(k)} \right\| \leq \varepsilon_u ; \quad (3.10)$$

d) (3.10) dagi barcha shartlar bajarilgan taqdirda kuchlanishlarning $k+1$ -yaqinlashishda paydo bo‘lgan qiymatlari (3.7) ning yechimi hisoblanadi va paydo bo‘lgan kuchlanishlar bo‘yicha tarmoqdagi quvvatlar oqimlari va isroflari hisoblanadi. Aks holda $k=k+1$ deb qabul qilinib, kuchlanishlarning yangi yaqinlashishdagi k – yanada aniqroq qiymatlarini topish uchun hisoblash «v» punktdan boshlab takrorlanadi;

e) (3.10) dagi shartlar bajarilgan taqdirda shahobchalardagi toklar va quvvatlar oqimlari quyidagi formulalar bo‘yicha hisoblanadi:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{01} &= (U_0 - \dot{U}_1)Y_{01}; & \dot{I}_{02} &= (U_0 - \dot{U}_2)Y_{02}; & \dot{I}_{12} &= (\dot{U}_1 - \dot{U}_2)Y_{12}; \\ \dot{S}_{01}^{(0)} &= U_0 I_{01}; & \dot{S}_{10}^{(1)} &= -U_1 I_{01}; & \dot{S}_{02}^{(0)} &= U_0 I_{02}; & \dot{S}_{20}^{(2)} &= -U_0 I_{02}; & \dot{S}_{12}^{(1)} &= U_1 I_{12}; \\ & & \dot{S}_{21}^{(2)} &= -U_2 I_{12}; \\ \Delta \dot{S}_{01} &= \dot{S}_{01}^{(0)} + \dot{S}_{10}^{(1)}; & \Delta \dot{S}_{02} &= \dot{S}_{02}^{(0)} + \dot{S}_{20}^{(2)}; & \Delta \dot{S}_{12} &= \dot{S}_{12}^{(1)} + \dot{S}_{21}^{(2)}; \\ \Delta \dot{S}_{\Sigma} &= \Delta \dot{S}_{01} + \Delta \dot{S}_{02} + \Delta \dot{S}_{12}. \end{aligned}$$

Bu yerda $\dot{S}_{ij}^{(i)}$ - i -tugundan j -tugunga qarab oqayotgan quvvatning i -tugundan chiqish joyidagi qiymati; $\Delta\dot{S}_{ij}$ - i - j shoxobchada isrof bo'luvchi to'la quvvat; $\Delta\dot{S}_{\Sigma}$ - elektr tarmoqda isrof bo'luvchi umumiy to'la quvvat.

Umumiy holatda n ta tugunga (balanslovchi tugundan tashqari) ega bo'lgan elektr tarmoqning normal holatini Gauss-Zeydel usuli bo'yicha hisoblaganda i -tugun kuchlanishining $k+1$ - iteratsiyadagi qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\dot{U}_i^{(k+1)} = \frac{1}{Y_{ii}} \left(Y_{i0}U_0 + \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}\dot{U}_j^{(k+1)} + \sum_{j=i+1}^n Y_{ij}\dot{U}_j^{(k)} - \dot{I}_i^{(k)} \right). \quad (3.11)$$

Gauss-Zeydel usuli bo'yicha hisoblash jarayonini tezlashtirish uchun monoton yaqinlashish boshlangandan so'ng quyidagi tartibda tezlashtiruvchi koeffitsiyent kiritiladi:

$$\dot{U}_{i.tez.}^{(k+1)} = \dot{U}_i^{(k)} + \alpha(\dot{U}_i^{(k+1)} - \dot{U}_{i.tez.}^{(k)}), \quad (3.12)$$

bu yerda $1 < \alpha < \alpha_{max}$.

Amalda hisoblashni qulaylashtirish maqsadida kompleks ko'rinishdagi (3.11) formula ikkita haqiqiy ko'rinishdagi formulalar sifatida ifodalanadi:

$$\begin{Bmatrix} U_i^{(k+1)} \\ U_i'^{(k+1)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} r_{ii} & -x_{ii} \\ x_{ii} & r_{ii} \end{Bmatrix} \times \left\{ \begin{Bmatrix} g_{i0} \\ -b_{i0} \end{Bmatrix} \cdot U_0 + \sum_{j=1}^{i-1} \begin{Bmatrix} g_{ij} & b_{ij} \\ -b_{ij} & g_{ij} \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} U_j^{(k+1)} \\ U_j'^{(k+1)} \end{Bmatrix} + \sum_{j=i+1}^n \begin{Bmatrix} g_{ij} & b_{ij} \\ -b_{ij} & g_{ij} \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} U_j^{(k)} \\ U_j'^{(k)} \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} I_i^{(k)} \\ I_i'^{(k)} \end{Bmatrix} \right\} \quad (3.13)$$

bu yerda

$$\bar{Y}_{ij} = g_{ij} - jb_{ij}; \quad Z_{ii} = r_{ii} + jx_{ii} = \frac{1}{\bar{Y}_{ii}} = \frac{1}{g_{ii} - jb_{ii}}; \quad \dot{U} = U' + jU''; \quad \dot{I} = I' + jI''.$$

3.2 LABORATORIYA ISHINING DASTURI

1. Elektr tarmoqning ekvivalent almashtirish sxemasi quriladi va uning hisob parametrlari topiladi. Tugunlar nomerlanadi.

2. Elektr tarmoqning normal holatini Gauss-Zeydel usuli bo'yicha hisoblashda ikkita iteratsiya amalga oshiriladi. Bunda topiluvchi kuchlanishlar uchun boshlang'ich qiymatlar sifatida nominal kuchlanishlarni qabul qilish tavsiya etiladi.

3. Elektr tarmoqning normal holatini Gauss-Zeydel usuli bo'yicha EHMda hisoblash uchun dastlabki ma'lumotlar 4.1 va 4.2-jadvallarga kiritiladi.

$$N_{tug.} = \quad ; \quad M_{shox.} = \quad ; \quad N_{BT.} = \quad ; \quad U_{balans.tugun} = \quad kV; \quad \varepsilon =$$

3.1–jadval

Boshlanshi <i>i</i>	Oxiri <i>j</i>	R_{ij} Ω	X_{ij} Ω	B_{Sij} S_m	K_T

3.2 –jadval

Tugun t/r	P_i, MVt	$Q_i, MVAr$	$U_i^{(0)}, kV$	$U_i''^{(0)}, kV$

4. Elektr tarmoqning normal holati EHM (Matlab dasturi) da hisoblanadi va hisoblash natijalari quyidagi jadvallarga kiritiladi:

3.3 –jadval

Tugun t/r	Kuchlanish		Yuklama	
	U_i, kV	U_i'', kV	P_i, MVt	$Q_i, MVAr$

3.4 –jadval

Boshlanshi, <i>i</i>	Oxiri <i>j</i>	P_{ij} MVt	Q_{ij} $MVAr$	P_{ji} MVt	Q_{ji} $MVAr$

Umumiy isrof: $\Delta S = \dots$ MVA.

5. Tugunlardan biri uchun kuchlanishning haqiqiy va mavhum qismlarini iteratsion hisoblash jarayonida o'zgarishi olinadi (tugunning tartib raqami *i* ukituvchi tomonidan beriladi) va natija quyidagi jadvalga kiritiladi:

Tugunning tartib raqami – *i*

3.5-jadval

Iteratsiya raqami, <i>n</i>	U'_i, kV	U''_i, kV
0 1 2 ...		

Izoh: Elektr tarmoqning prinsipial sxemasi va uni tashkil etuvchi elementlar uchun dastlabki ma'lumotlar o'qituvchi tomonidan berilgan variantga muvofiq 3.6- jadvaldan olinadi. Bunda variant nomeri ikkita

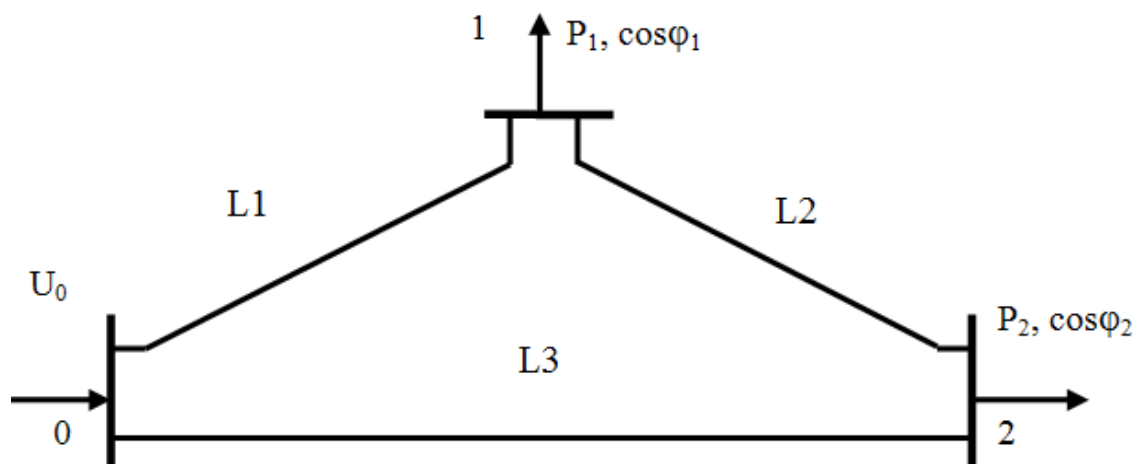
raqamli son bilan belgilanib, birinchi raqam – elektr tarmoq prinsipial sxemasining nomerini, ikkinchi raqam – ta'minlovchi tugun kuchlanishi, yuklamalar quvvatlari, EULning uzunligi, EUL o'tkazgichining markasini bildiradi.

3.3. LABORATORIYA ISHI BO'YICHA HISOBOTNI TAYYORLASH TARTIBI

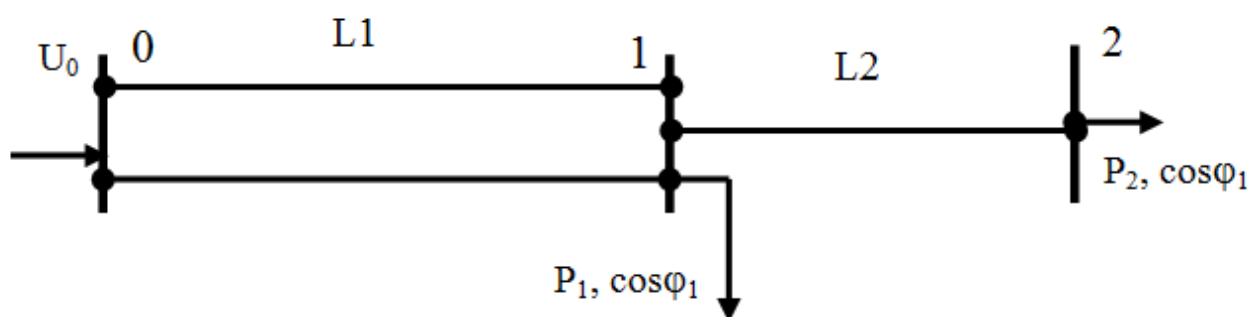
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobotda quyidagilar keltirilishi lozim.

1. Laboratoriya ishining nomi va undan ko'zda tutilgan maqsad.
2. O'qituvchi tomonidan berilgan variantga muvofiq elektr tarmoqning prinsipial sxemasi va uni tashkil etuvchi elementlar uchun dastlabki ma'lumotlar (elektr uzatish liniyalarining uzunliklari, o'tkazgichlarining markalari, solishtirma hisob parametrlari; transformatorlarning tiplari, katalog parametrlari; yuklama va generatsiya tugunlari haqida berilgan ma'lumotlar).
3. Elektr tarmoqning almashtirish sxemasi va hisob parametrlari (aniq qiymatlari).
4. Elektr tarmoqning normal holatini Gauss-Zeydel usuli bo'yicha ikkita iteratsiyani qo'lda hisoblash natijalari.
5. Elektr tarmoq normal holatini EHM (Matlab dasturi) da Gauss-Zeydel usuli yordamida hisoblash uchun kiritilishi lozim bo'lgan dastlabki ma'lumotlar.
6. Elektr tarmoq holatini EHM (Matlab dasturi) da hisoblash natijalari.
7. Tugunlardan biri uchun kuchlanishning haqiqiy va mavhum qismlarini iteratsiya raqamiga bog'lanishi jadval va grafik ko'rinishlarida $U_i' = f(n)$.

Mustaqil ishlash uchun variantlar



1-sxema



2-sxema

EULning turli markali o'tkazgichlari uchun solishtirma parametrlar

3.6-jadval

O'tkazgich markasi	$r_0, \text{Om/km}$	$x_0, \text{Om/km}$		$b_0, \text{Sm/km}$	
		110 kV	220 kV	110 kV	220 kV
AC-185	0,16	0,41		0,00000275	
AC-240	0,12	0,40	0,435	0,00000281	0,0000026
AC-300	0,1	-	0,43	-	0,00000264

3.7-jadval

Variant	U ₀ , kV	Yuklama				EUL-L1		EUL-L2		EUL-L3	
		P ₁ , MVt	cosφ ₁	P ₂ , MVt	cos φ ₂	Oʻtkazgich markasi	EUL uzunligi, km	Oʻtkazgich markasi	EUL uzunligi, km	Oʻtkazgich markasi	EUL uzunligi, km
1.	230	60	0,9	30	0,85	AC-300	60	AC-240	40	AC-300	52
2.	225	50	0,91	40	0,88	AC-240	55	AC-240	45	AC-300	50
3.	220	55	0,89	35	0,9	AC-300	58	AC-240	50	AC-240	42
4.	120	40	0,9	25	0,85	AC-240	35	AC-185	30	AC-185	32
5.	115	35	0,85	20	0,9	AC-185	30	AC-240	40	AC-185	32
6.	110	30	0,87	25	0,89	AC-185	25	AC-240	25	AC-240	34

3.4. SINOV SAVOLLARI

1. Elektr tarmoqning normal holati nima?
2. Elektr tarmoqlar uchun tugun kuchlanishlari tenglamalarini tuzish.
3. Elektr tarmoqning normal holatini hisoblashning vazifalari nimalardan iborat?
4. Elektr tarmoq elementlarining almashtirish sxemalarini qurish va hisob parametrlarini topish.
5. Elektr tarmoqning normal holatini Gauss-Zeydel usuli yordamida hisoblashning maʼnosi.
6. Elektr tarmoqning normal holatini Gauss-Zeydel usuli yordamida hisoblashning afzalliklari va kamchiliklari.

4- LABORATORIYA ISHI

ELEKTR TARMOQNING NORMAL HOLATINI NYUTON- RAFSON USULI YORDAMIDA HISOBLASH

Ishdan maqsad:

1. Turli ko‘rinishdagi tugun kuchlanishlari tenglamalarini tuzishni o‘rganish.
2. Elektr tarmoqning normal holatini Nyuton-Rafson usuli yordamida hisoblashni o‘rganish.

4.1. UMUMIY MA'LUMOTLAR

4.1.1. Turli ko‘rinishdagi tugun kuchlanishlari tenglamalarini tuzish

Amalda turli ko‘rinishdagi tugun kuchlanishlari tenglamalaridan foydalaniladi. Tugun kuchlanishlari tenglamalari tok va quvvat balanslari ko‘rinishida dekart va qutb koordinatalari tizimlarida ifodalanishi mumkin. Har bir konkret holatda yechilayotgan masalaning xususiyatlari, uni yechishning maqsadlari va qulayliklaridan kelib chiqib u yoki bu ko‘rinishdagi tugun kuchlanishlari tenglamalaridan foydalaniladi.

Turli ko‘rinishdagi tugun kuchlanishlari tenglamalarini tuzish bilan oldingi laboratoriya ishidagi 4.2-rasmda tasvirlangan elektr tarmoq sxemasi misolida tanishamiz.

(4.7) toklar balansi ko‘rinishidagi kompleks tugun kuchlanishlari tenglamalari sistemasidir. Agar ushbu tenglamalarda tugun toklarini $i = \frac{S}{U}$ ko‘rinishda ifodalab, paydo bo‘lgan tenglamalarni mos ravishda U_1 va U_2 ga ko‘paytirsak quyidagi quvvatlar balansi ko‘rinishidagi kompleks tugun kuchlanishlari tenglamalari sistemasi hosil bo‘ladi:

$$\begin{aligned} -\bar{Y}_{10}U_0\dot{U}_1 + \bar{Y}_{11}U_1^2 - \bar{Y}_{12}\dot{U}_1U_2 + \dot{S}_1 &= 0, \\ -\bar{Y}_{20}U_0\dot{U}_2 - \bar{Y}_{21}U_1\dot{U}_2 + \bar{Y}_{22}U_2^2 + \dot{S}_2 &= 0. \end{aligned} \quad (4.1)$$

Agar (4.1) dagi kompleks parametrlarni haqiqiy va mavhum tashkil etuvchilar orqali $\bar{Y}_{ij} = g_{ij} - jb_{ij}$; $\dot{U} = U' + jU''$; $\dot{I} = I' + jI''$; ko‘rinishda ifodalab, qavslarni ochib chiqsak va paydo bo‘lgan tenglamalarning haqiqiy va mavhum qismlarini alohida tenglamalar sifatida ifodalasak, dekart

koordinata tizimida toklar balansi ko‘rinishida yozilgan tugun kuchlanishlari tenglamalari sistemasini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned}
 g_{11}U'_1 - g_{12}U'_2 + b_{11}U''_1 - b_{12}U''_2 &= g_{10}U_0 - I'_1, \\
 -g_{21}U'_1 + g_{22}U'_2 - b_{21}U''_1 + b_{22}U''_2 &= g_{20}U_0 - I'_2, \\
 -b_{11}U'_1 + b_{12}U'_2 + g_{11}U''_1 - g_{12}U''_2 &= -b_{10}U_0 - I''_1, \\
 b_{21}U'_1 - b_{22}U'_2 - g_{21}U''_1 + g_{22}U''_2 &= -b_{20}U_0 - I''_2.
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

Shuningdek, (4.1) da kompleks o‘tkazuvchanliklarni yuqoridagi kabi, kuchlanishlarni $\dot{U}_i = U_i e^{j\delta_i}$; $\dot{U}_j = U_j e^{j\delta_j}$, quvvatlarni esa $S = P + jQ$ ko‘rinishida ifodalab, $\delta_{ij} = \delta_i - \delta_j$ belgilash kiritsak, qutb koordinata tizimida quvvatlar balansi ko‘rinishida yozilgan tugun kuchlanishlari tenglamalari sistemasini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned}
 g_{11}U_1^2 - U_1U_0(g_{10}\cos\delta_{10} + b_{10}\sin\delta_{10}) - U_1U_2(g_{12}\cos\delta_{12} + b_{12}\sin\delta_{12}) + P_1 &= 0, \\
 -b_{11}U_1^2 - U_1U_0(g_{10}\sin\delta_{10} - b_{10}\cos\delta_{10}) - U_1U_2(g_{12}\sin\delta_{12} - b_{12}\cos\delta_{12}) + Q_1 &= 0, \\
 g_{22}U_2^2 - U_2U_0(g_{20}\cos\delta_{20} + b_{20}\sin\delta_{20}) - U_2U_1(g_{21}\cos\delta_{21} + b_{21}\sin\delta_{21}) + P_2 &= 0, \\
 -b_{22}U_2^2 - U_2U_0(g_{20}\sin\delta_{20} - b_{20}\cos\delta_{20}) - U_2U_1(g_{21}\sin\delta_{21} - b_{21}\cos\delta_{21}) + Q_2 &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{4.3}$$

Yuqoridagi singari qutb koordinata tizimida toklar balansi ko‘rinishida, shuningdek, dekart koordinata tizimida quvvatlar balansi ko‘rinishida yozilgan tugun kuchlanishlari tenglamalari tizimlarini hosil qilish mumkin. Lekin bunday ko‘rinishlarda yozilgan tugun kuchlanishlari tenglamalari sistemalari amalda deyarli qo‘llanilmaydi.

4.1.2. Nyuton-Rafson usuli va uning elektr tarmoqning normal holatini hisoblashda qo‘llanilishi

Nochiziqli algebraik tenglamalarni Nyuton usuli bilan echish effektivdir. Chunki u nisbatan murakkab bo‘lmagan hisoblash tizimiga ega bo‘lib, tez yaqinlashish xususiyatiga ega. Nyuton usuli har qanday sinfdagi nochiziqli tenglamalarni yechishda qo‘llanilishi mumkin.

Nyuton usulining tenglamalar sistemasini yechish uchun umumlashtirilgan ko‘rinishi Nyuton-Rafson usuli deb yuritiladi.

Nyuton-Rafson usulining ma‘nosi har bir iteratsiyada nochiziqli tenglamalar sistemasini unga juda yaqin bo‘lgan to‘g‘ri chiziqli tenglamalar sistemasi bilan almashtirishdan iboratdir.

Ushbu usulning ma‘nosi bilan quyidagi tenglamani yechish misolida tanishamiz:

$$w(x) = 0 \tag{4.4}$$

Tenglamaning yechimi bo‘lib $w(x)$ funksiyasi grafigi nol orqali o‘tuvchi \bar{x} nuqta (4.1-rasm) hisoblanadi.

Boshlang‘ich qiymat $x^{(0)}$ ni qabul qilamiz. (4.4) tenglamani $x^{(0)}$ nuqta atrofida chiziqli tenglama bilan almashtiramiz:

$$w(x^{(0)}) + \frac{\partial w}{\partial x}(x^{(0)}) (x - x^{(0)}) = 0. \quad (4.5)$$

(4.5) ning chap qismi $w(x)$ funksiyani Teylor qatoriga yoyishdagi 2 ta boshlang‘ich tashkil etuvchidan iborat. (4.5) ni yechib, $\Delta x^{(1)}$ ni topamiz:

$$\Delta x^{(1)} = x^{(1)} - x^{(0)} = - \frac{w(x^{(0)})}{\frac{\partial w}{\partial x}(x^{(0)})}. \quad (4.6)$$

Noma‘lumning yangi interatsiyadagi qiymati sifatida

$$x^{(1)} = x^{(0)} + \Delta x^{(1)} = x^{(0)} - \frac{w(x^{(0)})}{\frac{\partial w}{\partial x}(x^{(0)})}. \quad (4.7)$$

ni qabul qilamiz.

Keyingi yaqinlashishlar ham shu singari amalga oshiriladi:

$$x^{(i+1)} = x^{(i)} + \Delta x^{(i+1)} = x^{(i)} - \frac{w(x^{(i)})}{\frac{\partial w}{\partial x}(x^{(i)})}. \quad (4.8)$$

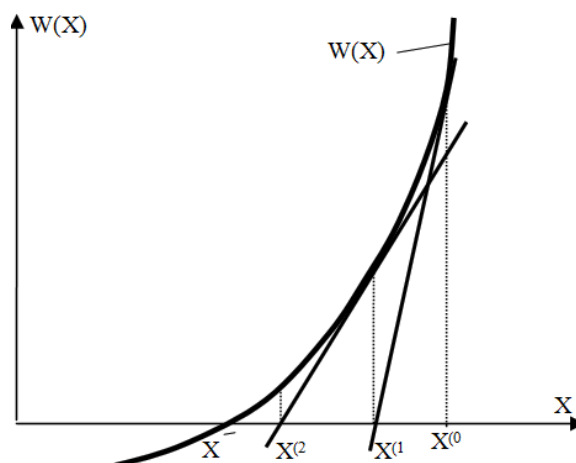
$w(x^{(i)})$ funksiyaning absolyut qiymati berilgan sondan kichik bo‘lib qolganda yaqinlashishga erishildi deb hisoblanadi:

$$|w(x^{(i)})| \leq \varepsilon \quad (4.9)$$

Yaqinlashishni $\Delta x^{(i)}$ ning qiymati bo‘yicha tekshirish noto‘g‘ri natijaga olib kelishi mumkin.

Nyuton usulining geometrik ma‘nosi bilan tanishaylik.

Nyuton usuli bo‘yicha har bir qadamda $w(x)$ funksiyasi x ning oldingi qadamdagi qiymatida $w(x)$ egri chizig‘iga urinma ko‘rinishdagi to‘g‘ri chiziqli funksiya bilan almashtiriladi. Masalan, 1-qadamda (4.5) ning chap tomonidagi to‘g‘ri chiziqli funksiya grafigi $x^{(0)}$ nuqtada $w(x)$ egri chizig‘iga urinmadir (4.1-rasm). Shu sababli Nyuton usuli urinma usuli deb ham yuritiladi. $x^{(i+1)}$ yaqinlashish $x^{(i)}$ nuqtada $w(x)$ egri chizig‘iga urinmaning x o‘qi bilan kesishish nuqtasidir.



4.1 - rasm. Nyuton usulining ketma-ket yaqinlashish jarayoni

Haqiqiy noma'lumli nochiziqli algebraik tenglamalar sistemasini Nyuton-Rafson usuli yordamida yechishni ko'rib o'tamiz:

$$\left. \begin{aligned} w_1(x_1, x_2, x_3) &= 0; \\ w_2(x_1, x_2, x_3) &= 0; \\ w_3(x_1, x_2, x_3) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (4.10)$$

Agar vektor ustun X va vektor-funksiya $W(X)$ dan foydalansak, u holda

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, \quad W(x) = \begin{bmatrix} w_1(x_1, x_2, x_3) \\ w_2(x_1, x_2, x_3) \\ w_3(x_1, x_2, x_3) \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

va (4.10) sistemasini matritsa ko'rinishda yozish mumkin:

$$W(x) = 0. \quad (4.12)$$

$x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)}$ lar noma'lumlarning boshlang'ich qiymatlari bo'lsin. (4.10) nochiziqli tenglamalarning har birini Teylor qatoriga yoyish natijasida paydo bo'lgan chiziqli tenglamalar bilan almashtiramiz. Masalan, birinchi chiziqli tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$\begin{aligned} w_1(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)}) + \frac{\partial w_1}{\partial x_1}(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)})(x_1 - x_1^{(0)}) + \\ + \frac{\partial w_1}{\partial x_2}(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)})(x_2 - x_2^{(0)}) + \frac{\partial w_1}{\partial x_3}(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)})(x_3 - x_3^{(0)}) = 0. \end{aligned} \quad (4.13)$$

Yakobi matritsasining, ya'ni W_k funksiya sistemasining X_k noma'lumlar bo'yicha xususiylar matritsasini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \begin{bmatrix} \frac{\partial w_1}{\partial x_1} & \frac{\partial w_1}{\partial x_2} & \frac{\partial w_1}{\partial x_3} \\ \frac{\partial w_2}{\partial x_1} & \frac{\partial w_2}{\partial x_2} & \frac{\partial w_2}{\partial x_3} \\ \frac{\partial w_3}{\partial x_1} & \frac{\partial w_3}{\partial x_2} & \frac{\partial w_3}{\partial x_3} \end{bmatrix}. \quad (4.14)$$

U holda paydo bo'lgan chiziqli tenglamalar sistemasini matritsa ko'rinishida quyidagicha yozish mumkin:

$$w(x^{(0)}) + \frac{\partial w}{\partial x} (x - x^{(0)}) = 0. \quad (4.15)$$

Bu tizim $\Delta x_k^{(1)} = x_k^{(1)} - x_k^{(0)}$ ga nisbatan chiziqli. Faraz qilaylik, Yakobi matritsasining aniqlovchisi nolga teng emas.

(4.15) chiziqli tenglamalar sistemasini $\Delta x^{(1)}$ ga nisbatan yechamiz va so'ngra noma'lumlarning birinchi yaqinlashishdagi qiymatlarini topamiz:

$$x^{(1)} = x^{(0)} + \Delta x^{(1)}. \quad (4.16)$$

Shunday qilib iteratsiya jarayonining har bir qadami

$$\frac{\partial w}{\partial x} (x^{(i)}) \Delta x^{(i+1)} = -w(x^{(i)}) \quad (4.17)$$

Chiziqli tenglamalar sistemasini yechish va noma'lumlarning yangi yaqinlashishdagi qiymatlarini

$$x^{(i+1)} = x^{(i)} + \Delta x^{(i+1)} \quad (4.18)$$

ifoda bo'yicha aniqlashdan iborat.

Yaqinlashishni tekshirish quyidagi shart bo'yicha amalga oshiriladi:

$$|w_k(x^{(i)})| \leq \varepsilon, \quad k = 1, 2, 3. \quad (4.19)$$

Quvvatlar balansi ko'rinishdagi tugun tenglamalarini yechish. k-tugun uchun quvvatlar balansi ko'rinishdagi tugun kuchlanishlari tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$\dot{w}_{sk}(\dot{U}) = S_k + Y_{kk} \dot{U}_k U_k - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n+1} Y_{kj} \dot{U}_j U_k. \quad (4.20)$$

Bu ifodada $\dot{w}_{sk}(U)$ funksiyasi k-tugunda quvvat nobalansi funksiyasiga mos keladi. Hisoblashni haqiqiy sonlar ustida amallar bajarish orqali olib borish uchun (4.20) ni haqiqiy va mavhum qismlarga ajratamiz:

$$w_{sk}(\dot{U}) = w_{pk}(U', U'') + jw_{Qk}(U', U'').$$

Bu yerda w_{pk} , w_{qk} - mos ravshda k tugundagi aktiv va reaktiv quvvat nobalanslari; U', U'' - kuchlanishlarning haqiqiy va mavhum tashkil etuvchilarining vektor-ustunlari.

Tugun kuchlanishlari tenglamalarini yechishda noma'lum sifatida tugunlardagi kuchlanishlarning moduli va fazasi U, δ ; haqiqiy va mavhum qismlari U', U'' lar foydalanilishi mumkin.

Noma'lumlar sifatida U, δ qabul qilinganda k - tugun uchun quvvatlar balansi ko'rinishidagi (4.20) dan kelib chiquvchi tenglamalar quyidagicha:

$$w_{pk} = P_k + g_{kk} U^2 - U_k \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n+1} U_j (g_{kj} \cos \delta_{kj} + b_{kj} \sin \delta_{kj}) = 0; \quad (4.21)$$

$$w_{qk} = Q_k - b_{kk} U_k^2 - U_k \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n+1} U_j (g_{kj} \sin \delta_{kj} + b_{kj} \cos \delta_{kj}) = 0. \quad (4.22)$$

Bu yerda $\delta_{kj} = \delta_k - \delta_j$; $k = 1, 2, \dots, n$.

Bu holatda

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \begin{bmatrix} \frac{\partial w_p}{\partial \delta} & \frac{\partial w_p}{\partial U} \\ \frac{\partial w_q}{\partial \delta} & \frac{\partial w_q}{\partial U} \end{bmatrix}, \quad (4.23)$$

ya'ni Yakobi matritsasi elementlari – bu aktiv va reaktiv quvvat nobalanslarining tugun kuchlanishlari moduli va fazalari bo'yicha hususiy hosilalaridir.

Toklar balansi ko'rinishidagi tugun kuchlanishlari tenglamalarini Nyuton-Rafson usuli yordamida yechish yuqoridagi kabi amalga oshiriladi.

Nyuton usuli barqaror holatlarni EHM (Matlab dasturi) da hisoblashda keng qo'llaniladi.

Barqaror holatni ifodalovchi tenglamalar sistemasining Yakobi matritsasi Y matritsasi kabi zaif to'lgan va bu hususiyat EHM (Matlab dasturi)da hisoblashda e'tiborga olinadi. EHMda barqaror xolatlarni hisoblashda Nyuton-Rafson usulining muhim afzalligi – tez (kvadratik) yaqinlashishi va Yakobi matritsisining zaif to'lganligidir.

Shunday qilib, Nyuton-Rafson usuli boshqa usullarga nisbatan tez va ishonchli yaqinlashadi.

Amaldagi hisoblashlarda tezlik va ishonchlilikni oshirish uchun Nyuton-Rafson usulining turli modifikatsiyalaridan ham foydalaniladi.

4.2. LABORATORIYA ISHINING DASTURI

1) Elektr tarmoqning almashtirish sxemasi quriladi va uning hisob parametrlari topiladi. Tugunlar raqamlanadi.

2) Elektr tarmoqning normal holatini qutb koordinata tizimida quvvatlar balansi ko‘rinishida yoziluvchi tugun tenglamalaridan foydalanib Nyuton-Rafson usuli bo‘yicha hisoblashda dastlabki yaqinlashish uchun Yakobi matritsasi va quvvatlar nobalanslari ustun matritsasining elementlari hisoblanadi. Bunda topiluvchi kuchlanishlar uchun boshlang‘ich qiymatlar sifatida nominal kuchlanishlarni qabul qilish tavsiya etiladi.

3) Elektr tarmoqning normal holatini Nyuton-Rafson usuli bo‘yicha EHM(Matlab dasturi)da hisoblash uchun dastlabki ma’lumotlar 4.1 va 4.2-jadvallarga kiritiladi.

$$N_{tug.} = \quad ; M_{shah.} = \quad ; U_{bal.tugun} = \quad kV; \quad \varepsilon = \quad .$$

4.1 – jadval

Shahobcha t/r	Boshlanishi - i	Oxiri -j	R _{ij} , Om	X _{ij} , Om	K' _{Tij} ,	K'' _{Tij} ,	B _{Sij} , Sm

4.2– jadval

Tugun t/r	P _i , MVt	Q _i , MVAr	U _i ⁽⁰⁾ , kV	δ _i ⁽⁰⁾ , rad	B _{Si} Sm

4) Elektr tarmoqning normal holati EHMda hisoblanadi va hisoblash natijalari quyidagi jadvallarga kiritiladi:

4.3 – jadval

Tugun	Kuchlanish		Yuklama	
	U, kV	δ, rad.	P, MVt	Q, MVAr

4.4 – jadval

Shahobcha t/r	Boshla- nishi, i	Oxiri, j	P _{ij} , MVt	Q _{ij} ,MVAr	P _{ji} , MVt	Q _{ji} ,MVAr

Umumiy isrof: ΔS= ...

MVA.

Izoh: Elektr tarmoqning prinsipial sxemasi va uni tashkil etuvchi elementlar uchun dastlabki ma'lumotlar o'qituvchi tomonidan berilgan variantga muvofiq olinadi. Bunda variant nomeri ikkita raqamli son bilan belgilanib, birinchi raqam – elektr tarmoq prinsipial sxemasining nomerini, ikkinchi raqam – ta'minlovchi tugun kuchlanishi, yuklamalar quvvatlari, EULning uzunligi, EUL o'tkazgichining markasini bildiradi.

4.3. LABORATORIYA ISHI BO'YICHA HISOBOTNI TAYYORLASH TARTIBI

Laboratoriya ishi bo'yicha hisobotda quyidagilar keltirilishi lozim.

1. Laboratoriya ishining nomi va undan ko'zda tutilgan maqsad.
2. O'qituvchi tomonidan berilgan variantga muvofiq elektr tarmoqning prinsipial sxemasi va uni tashkil etuvchi elementlar uchun dastlabki ma'lumotlar (elektr uzatish liniyalarining uzunliklari, o'tkazgichlarining markalari, solishtirma hisob parametrlari; transformatorlarning tiplari, katalog parametrlari; yuklama va generatsiya tugunlari haqida berilgan ma'lumotlar).
3. Elektr tarmoqning almashtirish sxemasi va hisob parametrlari (aniq qiymatlari).
4. Elektr tarmoqning normal holatini Nyuton-Rafson usuli bo'yicha hisoblashda dastlabki yaqinlashish uchun topilgan Yakobi va nobalanslar ustun matritsalarini.
5. Elektr tarmoq normal holatini EHMda Nyuton-Rafson usuli yordamida hisoblash

4.2. SINOV SAVOLLARI

1. Turli ko'rinishdagi tugun kuchlanishlari tenglamalari va ularni hosil qilish.
2. Nyuton-Rafson usulining ma'nosi va u bo'yicha hisoblash jarayonining geometrik tasviri.
3. Nyuton-Rafson usulining afzalliklari va kamchiliklari.
4. Yakobi matritsasining elementlarini hisoblash va uning xususiyatlari.
5. Nyuton-Rafson usulining modifikatsiyalari.
6. Elektr tarmoqning normal holatini Gauss-Zeydel va Nyuton-Rafson usullari bo'yicha hisoblashda ketma-ket yaqinlashish jarayonining borishini solishtiring.

5– LABORATORIYA ISHI

ELEKTR TARMOQLARIDA REAKTIV QUVVATNI KOMPENSATSIYALASH

Ishdan maqsad:

Elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash masalalarini o‘rganish.

UMUMIY NAZARIY MA’LUMOTLAR

Elektr tarmoqi aktiv quvvatni faqatgina elektr stansiyalardagi yagona aktiv quvvat manbai bo‘lgan generatorlardan oladi. Reaktiv quvvat ishlab chiqarish shu bilan farq qiladiki, ular faqatgina generatorlarda emas, balki kompensatsiyalovchi qurilmalarda-kondensator, sinxron kompensator yoki reaktiv quvvatning statik manbalarida ishlab chiqariladi. Bu qurilmalarni elektr tarmoqining nimstansiyalarida o‘rnatish mumkin. Tarmoqda nominal yuklama bo‘lganda talab qilinayotgan reaktiv quvvatning taxminan 60% ni generatorlar ishlab chiqaradi, 20% i 110 kv dan yuqori kuchlanishli liniyalarda, 20% esa kompensatsiyalovchi qurilmalarda ishlab chiqariladi.

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash deb uni kompensatsiyalovchi qurilmalar yordamida ishlab chiqarish yoki iste‘mol qilishga aytiladi. Elektr tizimlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash muammosi quyidagi sabablarga ko‘ra katta ahamiyatga egadir:

1) sanoat ishlab chiqarishida iste‘mol qilinuvchi aktiv quvvatga nisbatan reaktiv quvvat iste‘mol qilinishining ko‘proq o‘shishi kuzatilmoqda;

2) shahar elektr tarmoqlarida maishiy xizmat yuklamalarining o‘shishiga bo‘liq xolda reaktiv quvvat iste‘mol qilish xam o‘sdi;

3) qishloq elektr tarmoqlarida reaktiv quvvat iste‘mol qilish o‘smoqda;

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash quyidagi maqsadlarda qo‘llanilishi mumkin:

1) reaktiv quvvat balansini ta‘minlash uchun;

2) tarmoqdagi energiya isrofini kamaytirish uchun;

3) kuchlanishni rostdash uchun.

Kompensatsiyalovchi qurilmalarni qo‘llashda quyidagi talablar bo‘yicha chegaraviy shartlar xisobga olinishi lozim:

- 1) yuklama tugunlarida zaruriy quvvat rezervi bo'yicha;
- 2) reaktiv quvvat manbalarining shinalaridagi mavjud bo'lgan reaktiv quvvat bo'yicha;
- 3) kuchlanish oqishlari bo'yicha;
- 4) elektr tarmoqining o'tkazish qobiliyati bo'yicha.

Liniya va transformatorlarda juda katta reaktiv quvvat oqimi xosil bo'lishining oldini olish uchun reaktiv quvvat manbalari iste'molchilarga yaqin joylashtirilishi kerak. Bunda tarmoqning uzatuvchi elementlarida reaktiv quvvat kamayadi, natijada kuchlanish va aktiv quvvat isroflari kamayadi. 5.1-rasmda liniya oxirida kompensatsiyalovchi qurilma o'rnatilganda uning effekti almashtirish sxemalari va vektor diagrammalar orqali tasvirlangan.

Kompensatsiyalovchi qurilma qo'llanilmaganda liniyadan oquvchi tok va yuklama quvvati (5.1,a- rasm):

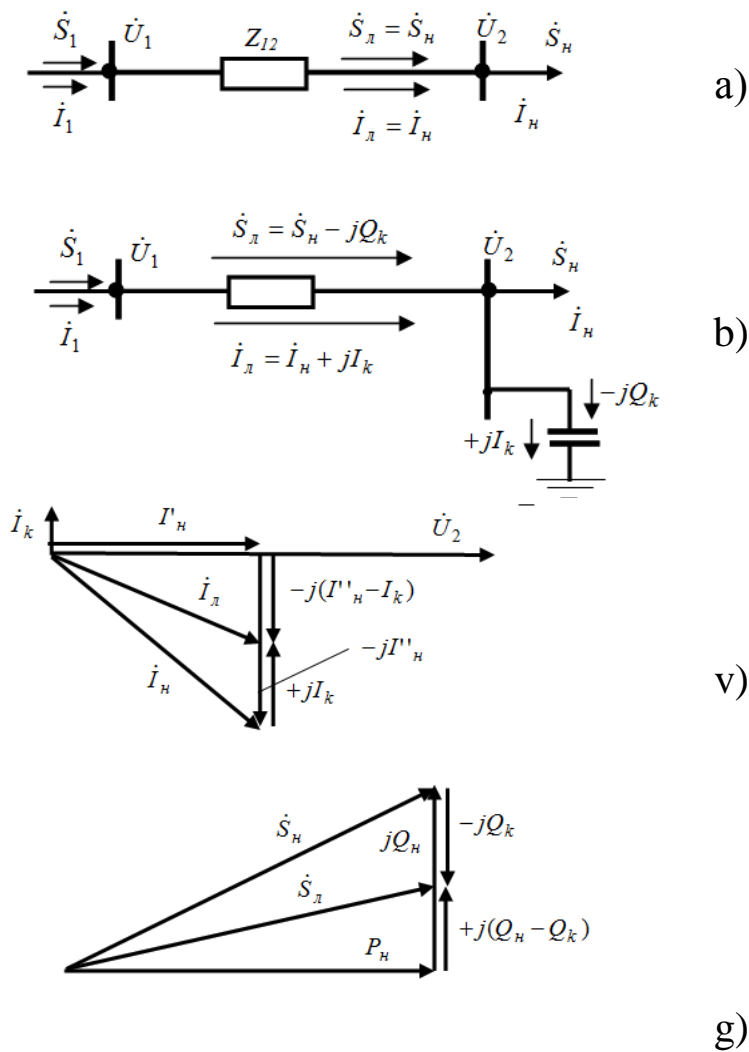
$$I_{yu} = I'_{yu} - jI_{yu}''; \quad S_{yu} = P_{yu} + jQ_{yu}; \quad (5.1)$$

Kompensatsiyalovchi qurilma qo'llanilganda liniyadagi tok va reaktiv quvvat kompensatsiyalovchi qurilmada ishlab chiqarilgan tok va reaktiv quvvatning qiymatiga kamayadi. Liniyada moduli bo'yicha oldingiga nisbatan kichik tok va quvvat oqadi:

$$I_{yu} = I'_{yu} - j(I_{yu}'' - I_k); \quad S_l = P_{yu} + j(Q_{yu} - Q_k). \quad (5.2)$$

Shunday qilib, yuklama quvvati o'zgarmas bo'lgan podstansiyalarda kompensatsiyalovchi qurilmalar qo'llanilganda liniyadan oquvchi reaktiv quvvat va tok kamayadi. Natijada liniyadagi quvvat va kuchlanish isroflari kamayadi, chunki:

$$\Delta R_l = \frac{P_{yu}^2 + (Q_{yu} - Q_k)^2}{U_{NOM}^2} r_L; \quad \Delta U_l = \frac{P_{yu} r_L + (Q_{yu} - Q_k) x_L}{U_{NOM}}; \quad (5.3)$$




5.1-rasm. Kompensatsiyalovchi qurilmalarni qo‘llashdan ko‘riladigan samarani tushunishga doir. a, b – kompensatsiyagacha va kompensatsiyalangandan keyingi toklar va quvvatlar; v – toklarning vektor diagrammasi; g – quvvatlar uchburchagi.

Kompensatsiyalovchi qurilmalar sifatida sinxron kompensatorlardan, kondensatorlardan, kondensatorlar batareyasidan, reaktorlardan va reaktiv quvvatning statik manbalaridan foydalanish mumkin.

5.2. LABORATORIYA ISHINING DASTURI

1. Dastlab DigSILENT Power Factory dasturi ishga tushiriladi.
2. Kerakli laboratoriya ishi tanlanib dasturda yuklanadi. (Файл / Активироват проект/{kerakli laboratoriya ishi}/ Ok)

3. Laboratoriya ishida berilgan qurilmalarni ma'lumotlari kiritiladi. Sxemadagi ma'lumotlar to'liq kiritilgandan so'ng (Расчет УР)

 tugmasi bosiladi.

4. Tarmoqning yuklama ulangan qabul qiluvchi punkti shinasiga reaktiv quvvat manbai – kondensator batareyasi ulanadi. Uning sig'imi nominal kuchlanishda yuklamaning reaktiv quvvatiga nisbatan liniya zaryad quvvatining yarmiga kam reaktiv quvvat ishlab chiqarish shartidan kelib chiqib o'rnatiladi. Demak, kondensator batareyasining reaktiv quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{KB} = Q_{Yu} - Q_{S2} \quad \text{yoki} \quad Q_{KB} = Q_{Yu} - U_N^2 \cdot \frac{B_L}{2}.$$

Kondensator batareyasining modelda o'rnatiluvchi sig'imi 1-laboratoriya ishida kabi hisoblanadi.

5. Ta'minlovchi tugunda berilgan kuchlanish va yuklamaning berilgan quvvatlari kelma-ket yaqinlashish orqali o'rnatiladi.

6. Tarmoqning barcha tugunlaridagi kuchlanishlar, shoxobchalardagi quvvat oqimlari va kondensator batareyasi beruvchi reaktiv quvvatlar EHM dan yozib olinadi (natijaviy holat).

5.3. LABORATORIYA ISHI BO'YICHA HISOBOTNI TAYYORLASH TARTIBI

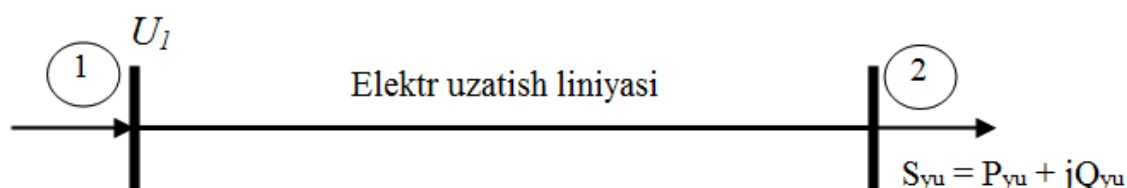
1. Dastlabki va natijaviy holatlar uchun sxemalar chizilib, ularda dastlabki ma'lumot sifatida berilgan hisob va holat parametrlari; laboratoriya natijasida o'lchab, yozib olingan xolat parametrlarining, jumladan kondensator batareyasi ishlab chiqaruvchi reaktiv quvvatning, mos masshtab koeffitsiyentlari yordamida aniqlangan original qiymatlari yoziladi.

2. Dastlabki va reaktiv quvvat kompensatsiyalangan holatlar solishtirilib, ikkinchi holatda birinchi holatdagiga nisbatan tarmoqda aktiv quvvat isrofining kamligi va qabul qiluvchi shinaidagi kuchlanishning katta ekanligiga e'tibor qaratiladi.

5.1.-jadval

Laboratoriya ishi bo'yicha topshiriq variantlari

Varian	U_1 , kV	O'tkazgich markasi	Liniya uzunligi, km	P_{yu} , MVt	Q_{yu} , MVAr
1	225	AC-300	40	100	50
2	230	AC-240	60	80	30
3	220	AC-300	50	100	45
4	240	AC-240	70	72	50
5	230	AC-300	40	110	60
6	115	AC-240	25	50	25
7	120	AC-185	30	60	30
8	110	AC-240	50	45	30
9	125	AC-185	40	55	35
10	115	AC-95	20	40	20



Elektr tarmog'ining prinsipial sxemasi

5.4. SINOV SAVOLLARI

1. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash deyilganda nimani tushunasiz?
2. Elektr tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qanday maqsadlarda amalga oshirilishi mumkin?
3. Reaktiv quvvat kompensatorlariga nimalar kiradi? Ularning afzallik va kamchiliklari nimalardan iborat?
4. Reaktiv quvvat kompensatorlarini tanlashda texnik va holat parametrlari bo'yicha qanday cheklanishlar hisobga olinadi?
5. Kondensator batareyasining berilgan reaktiv quvvatni ta'minlovchi sig'imi qanday aniqlanadi?

6– LABORATORIYA ISHI

ELEKTR TARMOQLARIDA KUCHLANISHNI TRANSFORMATORLARNING TRANSFORMATSIYALASH KOEFFITSIYENTINI O‘ZGARTIRIB ROSTLASH

Ishdan maqsad:

Elektr tarmoqlarida kuchlanishni EHM (DigSILENT Power Factory dasturi)da transformatorlarning transformatsiyalash koeffitsiyentini o‘zgartirib rostdash usulini tadqiq qilish.

6.1. QISQACHA NAZARIY MA’LUMOT

6.1- rasmda sodda elektr tarmog‘ining sxemasi keltirilgan. Elektr energiyasi elektr stansiyasi generatoridan T_1 transformator orqali manbalovchi liniyaga va so‘ngra T_2 transformatorga uzatiladi. T_2 transformatorning pastki chulg‘ami tomoniga ko‘pchilik iste‘molchilarni bevosita manbalovchi taqsimlovchi tarmoq ulangan.

Berilgan sxema uchun iste‘molchidagi kuchlanishning T_2 transformatori yuqori kuchlanish chulg‘ami tomoniga keltirilgan qiymati quyidagicha topiladi:

$$U'_4 = U_2 - \Delta U_\Sigma \quad (6.1)$$

Bu yerda U_2 - liniya L boshlanishdagi kuchlanish; ΔU_Σ - liniya L va T_2 transformatorida kuchlanish isrofi yig‘indisi bo‘lib, u quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$\Delta U_\Sigma = \frac{P \cdot R_\Sigma + Q \cdot X_\Sigma}{U_2} \quad (6.2)$$

P, Q – L liniya boshlanishida oquvchi aktiv va reaktiv quvvatlar; R_Σ, X_Σ - L liniya va T_2 transformatorning umumiy aktiv va reaktiv qarshiliklari.

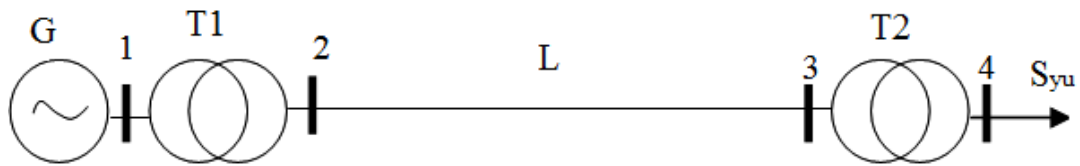
Iste‘molchida kuchlanishning haqiqiy qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$U_4 = \frac{U'_4}{K_{T_2}} \quad (6.3)$$

Bu yerda K_{T_2} – T_2 transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti.

Yuqoridagi formulalarni hisobga olib, quydagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$U_4 = \frac{U_2 - \Delta U_\Sigma}{K_{T2}} \quad (6.3A)$$



6.1-rasm. Elektr tizimining sxemasi

Ko‘rinib turibdiki, iste‘molchida kuchlanish qiymati uchta parametrga – liniyalar boshlanishdagi kuchlanishga, tarmoqda kuchlanish isrofiga va transformatorning transformatsiyalash koeffitsientiga bog‘liqdir. Shunday qilib, elektr iste‘molchilarida kuchlanishni quyidagi usullar yordamida rostdash mumkin:

- a) tarmoqni manbalovchi shinadagi kuchlanishni o‘zgartirish orqali;
- b) transformator transformatsiyalash koeffitsiyentini o‘zgartirish orqali;
- v) kuchlanish isrofini o‘zgartirish orqali:

Elektr tarmog‘ini manbalovchi shinada kuchlanishni o‘zgartirish generator qo‘zg‘atish tokini o‘zgartirish yoki kuchlanishni oshiruvchi transformator transformatsiyalash koeffitsiyentini o‘zgartirish orqali amalga oshiriladi. Generator chiqishidagi kuchlanishni uning nominal qiymatiga nisbatan $\pm 5\%$ dan o‘da kiymatga og‘ishi ishlab chiqariluvchi quvvatni kamayishiga olib keladi va shu sababli qo‘zg‘atish tokini o‘zgartirib, kuchlanishni rostdash imkoniyati cheklangan.

Transformator transformatsiyalash koeffitsiyentini o‘zgartirib rostdash. Transformatorlar va avtotransformatorlar transformatsiyalash koeffitsiyentlarini o‘zgartiruvchi maxsus qurilmalar bilan ta‘minlangan. O‘zidagi maxsus shahobchalarni uzib ulash tartibiga bog‘liq holda bu qurilmalar ikkiga bo‘linadi.

1) Transformatorlarni tarmoqdan ajratib o‘zgartirish, ya‘ni qo‘zg‘atishsiz almashlab ulash – QAU (ПБВ).

2) Transformatorni tarmoqdan ajratmasdan o‘zgartirish, ya‘ni yuklama ostida rostdash – I (ПНН).

Barcha transformatorlarda kuchlanishni rostdash qurilmasi yuqori kuchlanish chulg‘ami tomonida, avtotransformatorlarning esa aksariyatida o‘rta kuchlanish chulg‘ami tomonida joylashtiriladi.

Elektr tarmog‘ida kuchlanish isrofini o‘zgartirish.

Elektr tarmog‘i elementlarida kuchlanish isrofi qiymati ΔU tarmoq kuchlanishiga, yuklamaga va elementning elektr qarshiligiga bog‘liqdir. Elektr tarmog‘i uchun nominal kuchlanish uni loyihalashtirish jarayonida texnik-iqtisodiy hisoblashlar asosida tanlanadi va shu sababli kuchlanishni rostdash maqsadida U_N ni o‘zgartirish mumkin emas. Shunday qilib, ΔU ni faqat elektr tarmog‘i yuklamasini va qarshiligini o‘zgartirish orqali o‘zgartirish mumkin.

8) Elektr tarmog‘i yuklamasini o‘zgartirish.

Elektr tarmog‘i yuklamasi u orkali iste‘molchilarga uzatiluvchi va qarshiliklarda isrof bo‘luvchi quvvatlar bilan aniqlanadi. Aktiv quvvat faqat generatorlarda ishlab chiqariladi. Shu sababli kuchlanishning isrofini o‘zgartirish uchun aktiv yuklamani o‘zgartirish imkoniyati yuk. Reaktiv quvvat esa generatorlardan tashqari elektr liniyalari va maxsus kompensatsiyalovchi qurilmalarda ham ishlab chiqariladi.

Kompensatsiyalovchi qurilmalarga elektr tarmog‘ida va iste‘molchilarga yaqin joylashtiriluvchi sinxron kompensatorlar (SK), kondensator batareyalari (KB), reaktiv quvvatning odatdagi manbalari kabilar kiradi.

Iste‘molchida kuchlanishni rostdash shartidan kelib chiqqan holda sinxron kompensator quvvati quyidagi formula bo‘yicha topiladi:

$$Q_{SK} = \frac{(U_{2hoh} - U_2)U_{2hoh}}{X_{\Sigma}} \quad (6.4)$$

Bu yerda U_{2hoh} - iste‘molchida kuchlanishning xohlangan qiymati; U_2 – iste‘molchida kuchlanishning kompensatsiyalovchi qurilma o‘rnatilmagan holdagi qiymati; X_{Σ} - ta‘minlovchi va iste‘molchi ulangan tugunlar orasidagi umumiy reaktiv qarshilik.

$U_{2hoh} > U_2$ bo‘lganda Q_{sk} musbat ishorali bo‘lib, bu holat sinxron kompensatorning reaktiv quvvatni ishlab chiqarish holatiga – o‘ta qo‘zg‘alganlik holatiga to‘g‘ri keladi. $U_{2hoh} < U_2$ bo‘lganda esa, Q_{sk} manfiy ishorali bo‘lib, bu holat sinxron kompensatorning reaktiv quvvatni iste‘mol qilish holatiga – kam qo‘zg‘alganlik holatiga to‘g‘ri keladi.

6.2. ISH YUZASIDAN TOPSHIRIQ

1. Elektr tarmog‘i ekvivalent almashtirish sxemasi qurilsin va uning holati hisoblansin (6.3-punktga qarang).

2. Iste‘molchidagi kuchlanish uning ruxsat etiluvchi qiymatiga ($U_{ruh.} = 10,5kV \pm 5\%$) quyidagi usullarni qo‘llab rostlansin:

- a) Generator chiqishida kuchlanishni o'zgartirish orqali;
- b) T_1 transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyentini o'zgartirish orqali;
- v) T_2 transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyentini o'zgartirish orqali;

3. Hisoblash natijalari 6.1-jadvalga kiritilsin.

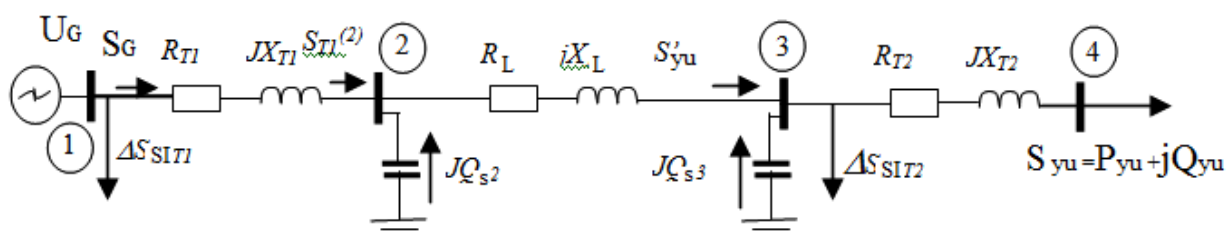
6.1-jadval

T/r	Kuchlanishni rostdash usuli va rostlovchi qurilma parametri	$U_G = U_1$ kV	U_2 kV	U_3 kV	$U_4 = U_N$ kV
1	Dastlabki holat				
2	Generator chiqishida kuchlanishni o'zgartirish orqali:				
3	$U_G =$				
4	T_1 transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyentini o'zgartirish orqali: $U_{shah.} =$				
	T_2 transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyentini o'zgartirish orqali: $U_{shah.} =$				

6.3. DASTLABKI TAYYORGARLIK

Laboratoriya ishini bajarish uchun dastlabki tayyorgarlikda amalga oshirilishi lozim bo'lgan ishlar 6.1- rasmda ko'rsatilgan elektr tarmog'i misolida keltirilgan.

Elektr tarmog'ining ekvivalent almashtirish sxemasi tuziladi (6.2-rasm) va uning holati hisoblanadi.



6.2– rasm. Elektr tiziming almashtirish sxemasi

Bu sxemadagi transformatorlar hisob parametrlari qo‘llanmadan olinadi. Shuningdek, har bir liniya uchun 1 km uzunlikka to‘g‘ri keluvchi hisob parametrlari qiymatlari (r_0, x_0, b_0) o‘tkazgich markasiga bog‘liq holda qo‘llanmadan olinadi. Bunday holda,

$$R_l = r_0 l; \quad X_l = x_0 l; \quad B_l = b_0 l. \quad (6.5)$$

Bu yerda l – liniya uzunligi, km: r_0, x_0, b_0 – mos xolda liniya 1 km uzunligining aktiv va reaktiv qarshiliklari hamda sig‘im o‘tkazuvchanligi. Elektr tarmog‘i holatini hisoblash ikki bosqichli usul yordamida kuydagi tartibda amalga oshiriladi.

T_2 transformatorning mis chulg‘amida isrof bo‘luvchi quvvatni hisoblaymiz:

$$\Delta P_{MT2} = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} \cdot R_{T2}; \quad \Delta Q_{MT2} = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} X_{T2} \quad (6.6)$$

T_2 transformator joylashgan podstansiya xisobiy yuklamasining liniya zaryad quvvatlari hisobga olingandagi qiymatini topamiz:

$$Q_{S,3} = U_N^2 \frac{B_l}{2}; \quad (6.7)$$

$$\dot{S}'_{yu} = P'_{yu} + jQ'_{yu} = P_{yu} + jQ_{yu} + (\Delta P_{MT2} + j\Delta Q_{MT2}) + (\Delta P_{SI2} + j\Delta Q_{SI2}) - jQ_{C3}. \quad (6.8)$$

Liniyadagi quvvat isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta \dot{S}_L = \Delta P_L + j\Delta Q_L = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} (R_L + jX_L) \quad (6.9)$$

T_1 transformatori yuqori chulg‘ami tomonidagi quvvatni topamiz:

$$Q_{S2} = U_N^2 \cdot \frac{B_L}{2}; \quad \dot{S}_{T1}^{(2)} = P_{T1}^{(2)} + jQ_{T1}^{(2)} = S'_{yu} + \Delta \dot{S}_{yu} - jQ_{S2}. \quad (6.10)$$

T_1 transformatori mis chulg‘amida quvvat isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta P_{MT1} = \frac{P_{T1}^{(2)2} + Q_{T1}^{(2)2}}{U_N^2} \cdot R_{T1}, \quad \Delta Q_{MT1} = \frac{P_{T1}^{(2)2} + Q_{T1}^{(2)2}}{U_N^2} X_{T1} \quad (6.11)$$

Generator shinasidan T_1 transformatorga uzatiluvchi quvvatni topamiz (T_1 transformatorida isrof bo‘luvchi ΔS_{SI1} hisobga olinmaganda):

$$\dot{S}_G = P_G + jQ_G = \dot{S}_{T1}^{(2)} + \Delta \dot{S}_{MT1}. \quad (6.12)$$

Tarmoqda isrof bo‘luvchi aktiv quvvatni quydagicha hisoblaymiz:

$$\Delta P_\Sigma = P_G - P_{yu}. \quad (6.13)$$

Shundan so‘ng hisobning ikkinchi bosqichi amalga oshiriladi. Generator chiqishidagi kuchlanish $U_{GN} = 10,5$ kV ni T_1 transformatorning yuqori chulg‘ami tomoniga keltiramiz:

$$U'_G = K_{T1} \cdot U_G; \quad K_{T1} = \frac{U_{yuT1}}{U_{pT1}}. \quad (6.14)$$

Bu yerda K_{T1} - T1 transformatori transformatsiyalash koeffitsiyenti; U_{yuT1} ; U_{pT1} – mos holda T₁ transformatori yuqori va quyi chulgʻamlarining nominal kuchlanishlari.

T₁ transformatorida kuchlanish isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta U_{T1} = \frac{P_G R_{T1} + Q_G X_{T1}}{U'_G}. \quad (6.15)$$

T₁ transformatori yuqori chulgʻami tomonidagi, ya'ni liniyalar boshlanishidagi kuchlanishni topamiz: $U_2 = U'_G - \Delta U_{T1}$.

Liniyada kuchlanish isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta U_L = \frac{(P'_{yu} + \Delta P_L)R_L + (Q'_{yu} + \Delta Q_L)X_L}{U_2}. \quad (6.16)$$

T₂ transformatori yuqori chulgʻami tomonidagi (liniya oxiridagi) kuchlanishni topamiz:

$$U_3 = U_2 - \Delta U_L. \quad (6.17)$$

T₂ transformatorida kuchlanish isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta U_{T2} = \frac{(P_{yu} + \Delta P_{MT2})R_{T3} + (Q_{yu} + \Delta Q_{MT2})X_{T2}}{U_3} \quad (6.18)$$

Iste'molchi shinasidagi kuchlanishning T₂ transformator yuqori tomonga keltirgan qiymatini topamiz:

$$U'_N = U'_4 = U_3 - \Delta U_{T2} \quad (6.19)$$

Iste'molchi shinasidagi kuchlanishning haqiqiy qiymatini topamiz:

$$U'_N = U_4 = \frac{U'_N}{K_{T2}}; \quad K_{T2} = \frac{U_{yuT2}}{U_{pT2}} \quad (6.20)$$

Hisoblash natijalarini 6.1- jadvalning birinchi qatoriga kiritamiz.

6.4. HISOBOTNI TAYYORLASH TARTIBI

Hisobotda quydagilar keltirilishi lozim.

1. Berilgan elektr tarmogʻining prinsipial sxemasi va dastlabki ma'lumotlar.

2. Elektr tarmogʻining ekvivalent almashtirish sxemasi va uning parametrlari.

3. Elektr tarmogʻi holatini ikki bosqichli usul yordamida hisoblash natijalari.

4. Elektr tarmogʻi xolatini EHM(DigSILENT Power Factory)da hisoblash va elektr tarmoqlarida kuchlanishni transformatorlarning transformatsiyalash koeffitsiyentini oʻzgartirib rostdash usuli yordamida kuchlanishni rostdash natijalari.

Laboratoriya ishi bo'yicha topshiriq variantlari

Elektr tarmog'ining prinsipial sxemalari	Variant	S_{yu} , MVA	l , km
<p style="text-align: center;">sxema</p> <p style="text-align: center;">2xAC-500</p> <p style="text-align: center;">L</p> <p style="text-align: center;">ТДЦ-200000/220 2xТРДЦН-100000/220</p>	1	150+j100	65
	2	130+j80	85
	3	145+j95	79
	4	125+j83	68
	5	120+j85	73
	6	146+j93	96
	7	151+j94	92
	8	128+j72	87
	9	136+j96	74
	10	123+j82	22
	11	150+j95	98
	12	148+j102	63
	13	143+j93	68
	14	147+j96	92
	15	98+j72	72
	16	95+j74	76
	17	89+j64	75
	18	93+j66	84
	19	90+j65	81
	20	83+j65	95
	21	87+j65	91
	22	96+j70	73
	23	94+j74	77
	24	88+j63	73
	25	93+j68	82
	26	92+j66	83
	27	94+j67	86
	28	99+j75	77
	29	75+j50	45
	30	85+j40	63

6.5. SINOV SAVOLLARI

1. Iste'molchi shinasidagi kuchlanish qiymati qanday faktorga bog'liq?
2. Transformatorlar yordamida kuchlanishni rostdash.
3. Elektr tarmog'ida kuchlanish isrofini qanday o'zgartirish mumkin?
4. Elektr tarmoqlarida kuchlanishni transformatorlarning transformatsiyalash koeffitsiyentini o'zgartirib rostdash qanday amalga oshiriladi?

7– LABORATORIYA ISHI

ELEKTR TARMOQLARIDA KUCHLANISHNI ELEKTR TARMOQNING QARSHILIGINI O'ZGARTIRIB ROSTLASH

Ishdan maqsad:

Elektr tarmoqlarida kuchlanishni elektr tarmoqning qarshiligini o'zgartirib rostdash usulini EHM (DigSILENT Power Factory dasturi) da tadqiq qilish.

7.1. QISQACHA NAZARIY MA'LUMOT

7.1- rasmda oda elektr tarmog'ining sxemasi keltirilgan. Elektr energiyasi elektr stansiyasi generatoridan T_1 transformator orqali manbalovchi liniyaga va so'ngra T_2 transformatorga uzatiladi. T_2 transformatorning pastki chulg'ami tomoniga ko'pchilik iste'molchilarni bevosita manbalovchi taqsimlovchi tarmoq ulangan.

Berilgan sxema uchun iste'molchidagi kuchlanishning T_2 transformatori yuqori kuchlanish chulg'ami tomoniga keltirilgan qiymati quyidagicha topiladi:

$$U'_4 = U_2 - \Delta U_\Sigma \quad (7.1)$$

Bu yerda U_2 – liniya L boshlanishdagi kuchlanish; ΔU_Σ - liniya L va T_2 transformatorida kuchlanish isrofi yig'indisi bo'lib, u quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$\Delta U_\Sigma = \frac{P \cdot R_\Sigma + Q \cdot X_\Sigma}{U_2} \quad (7.2)$$

P, Q – L liniya boshlanishida oquvchi aktiv va reaktiv quvvatlar; R_Σ, X_Σ - L liniya va T_2 transformatorning umumiy aktiv va reaktiv qarshiliklari.

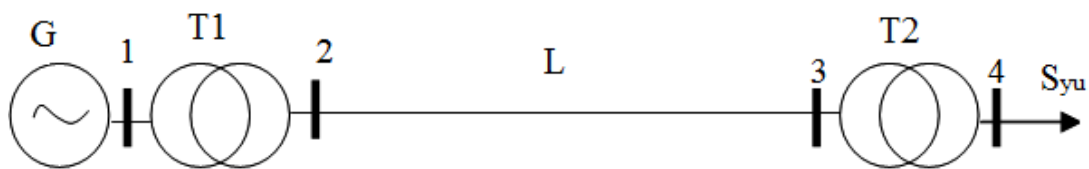
Iste'molchida kuchlanishning haqiqiy qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$U_4 = \frac{U'_4}{K_{T_2}} \quad (7.3)$$

Bu erda K_{T_2} – T_2 transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti.

Yuqoridagi formulalarni hisobga olib, quydagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$U_4 = \frac{U_2 - \Delta U_\Sigma}{K_{T_2}} \quad (7.4)$$



7.1-rasm. Elektr tiziminig sxemasi.

Ko‘rinib turibdiki, iste‘molchida kuchlanish qiymati uchta parametrga – liniyalar boshlanishdagi kuchlanishga, tarmoqda kuchlanish isrofiga va transformatorning transformatsiyalash koeffitsientiga bog‘liqdir. Shunday qilib, elektr iste‘molchilarida kuchlanishni elektr tarmoqning qarshiligini o‘zgartirib rostdlash yordamida rostlaymiz

Elektr tarmog‘i qarshiligini o‘zgartirish.

Elektr uzatish liniyasining aktiv qarshiligi o‘tkazgich ko‘ndalang kesimi yuzasiga bog‘liq bo‘lib, bu o‘tkazgich elektr tarmog‘ini loyihalashtirish jarayonida texnik-iqtisodiy hisoblashlar asosida belgilanadi. Elektr uzatish liniyasining induktiv qarshiligi esa, o‘tkazgich ko‘ndalang kesimi yuzasiga juda kam bog‘liq. Shu sababli tarmoq qarshiligini uning induktiv qarshiligiga ketma-ket holda kondensator ulash orqali kamaytirish mumkin. Elektr liniyasida kuchlanish isrofining ruxsat etilgan qiymati berilganda lozim bo‘lgan sig‘im qarshilik quydagi tenglamadan topiladi:

$$\Delta U_{hoh} = \frac{PR + Q(X_L - X_{SK})}{U_2}. \quad (7.5)$$

X_k ning qiymatini bilgan holda uni ta‘minlash uchun ketma-ket va parallel ulanuvchi kondensatorlar sonini aniqlash mumkin.

7.2. ISH YUZASIDAN TOPSHIRIQ

1. Elektr tarmog‘i ekvivalent almashtirish sxemasi qurilsin va uning holati hisoblansin (7.3-punktga qarang).
2. Iste‘molchidagi kuchlanish uning ruxsat etiluvchi qiymatiga ($U_{ruh.}=10,5kV \pm 5\%$) quyidagi usullarni qo‘llab rostlansin:
 - a) Bo‘ylama kompensatsiyalovchi qurilma ulash orqali;
3. Hisoblash natijalari 7.1-jadvalga kiritilsin.

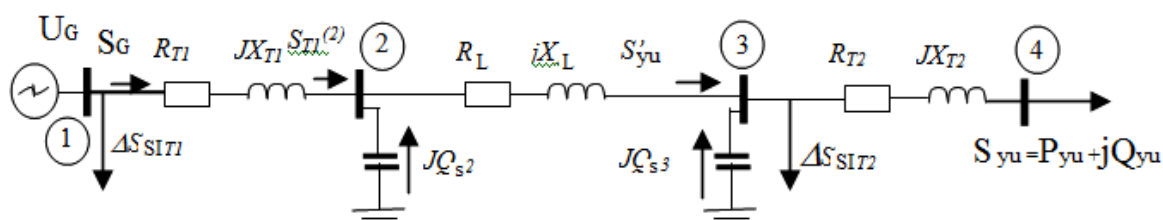
7.1-jadval

T/r	Kuchlanishni rostdash usuli va rostlovchi qurilma parametri	$U_G = U_1$ kV	U_2 kV	U_3 kV	$U_4 = U_N$ kV
1	Dastlabki holat				
2	Reaktiv qarshilikni kompensatsiyalash orqali: $X_{SK} =$				

7.3. DASTLABKI TAYYORGARLIK

Laboratoriya ishini bajarish uchun dastlabki tayyorgarlikda amalga oshirilishi lozim bo'lgan ishlar 7.1- rasmda ko'rsatilgan elektr tarmog'ini misolida keltirilgan.

Elektr tarmog'ining ekvivalent almashtirish sxemasi tuziladi (7.2-rasm) va uning holati hisoblanadi.



7.2– rasm. Elektr tizimining almashtirish sxemasi

Bu sxemadagi transformatorlar hisob parametrlari qo'llanmadan olinadi. Shuningdek, har bir liniya uchun 1 km uzunlikka to'g'ri keluvchi hisob parametrlari qiymatlari (r_0 , x_0 , b_0) o'tkazgich markasiga bog'liq holda qo'llanmadan olinadi. Bunday holda,

$$R_l = r_0 l; \quad X_l = x_0 l; \quad B_l = b_0 l. \quad (7.6)$$

Bu yerda l – liniya uzunligi, km: r_0 , x_0 , b_0 – mos xolda liniya 1 km uzunligining aktiv va reaktiv qarshiliklari hamda sig'im o'tkazuvchanligi. Elektr tarmog'ini holatini hisoblash ikki bosqichli usul yordamida kuydagi tartibda amalga oshiriladi.

T_2 transformatorning mis chulg'amida isrof bo'luvchi quvvatni hisoblaymiz:

$$\Delta P_{MT2} = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} \cdot R_{T2}; \quad \Delta Q_{MT2} = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} X_{T2} \quad (7.7)$$

T₂ transformator joylashgan podstansiya xisobiy yuklamasining liniya zaryad quvvatlari hisobga olingandagi qiymatini topamiz:

$$Q_{S.3} = U_N^2 \frac{B_L}{2} \quad (7.8)$$

$$\dot{S}'_{yu} = P'_{yu} + jQ'_{yu} = P_{yu} + jQ_{yu} + (\Delta P_{MT2} + j\Delta Q_{MT2}) + (\Delta P_{SIT2} + j\Delta Q_{SIT2}) - jQ_{S3}. \quad (7.9)$$

Liniyadagi quvvat isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta \dot{S}_L = \Delta P_L + j\Delta Q_L = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} (R_L + jX_L) \quad (7.10)$$

T₁ transformatori yuqori chulg'ami tomonidagi quvvatni topamiz:

$$Q_{S2} = U_N^2 \cdot \frac{B_L}{2}; \quad \dot{S}_{T1}^{(2)} = P_{T1}^{(2)} + jQ_{T1}^{(2)} = S'_{yu} + \Delta \dot{S}_L - jQ_{S2}. \quad (7.11)$$

T₁ transformatori mis chulg'amida quvvat isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta P_{MT1} = \frac{P_{T1}^{(2)2} + Q_{T1}^{(2)2}}{U_H^2} \cdot R_{T1}, \quad \Delta Q_{MT1} = \frac{P_{T1}^{(2)2} + Q_{T1}^{(2)2}}{U_H^2} X_{T1} \quad (7.12)$$

Generator shinasidan T₁ transformatorga uzatiluvchi quvvatni topamiz (T₁ transformatorida isrof bo'luvchi ΔS_{SIT1} hisobga olinmaganda):

$$\dot{S}_G = P_G + jQ_G = \dot{S}_{T1}^{(2)} + \Delta \dot{S}_{MT1}. \quad (7.13)$$

Tarmoqda isrof bo'luvchi aktiv quvvatni quydagicha hisoblaymiz:

$$\Delta P_\Sigma = P_G - P_{yu}. \quad (7.14)$$

Shundan so'ng hisobning ikkinchi bosqichi amalga oshiriladi. Generator chiqishidagi kuchlanish $U_{GN}=10,5$ kV ni T₁ transformatorning yuqori chulg'ami tomoniga keltiramiz:

$$U'_G = K_{T1} \cdot U_G; \quad K_{T1} = \frac{U_{yuT1}}{U_{pT1}}. \quad (7.15)$$

Bu yerda K_{T1} - T₁ transformatori transformatsiyalash koeffitsiyenti; U_{yuT1} ; U_{pT1} – mos holda T₁ transformatori yuqori va quyi chulg'amlarining nominal kuchlanishlari.

T₁ transformatorida kuchlanish isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta U_{T1} = \frac{P_G R_{T1} + Q_G X_{T1}}{U'_G}. \quad (7.16)$$

T₁ transformatori yuqori chulgʻami tomonidagi, yaʼni liniyalar boshlanishidagi kuchlanishni topamiz: $U_2 = U'_G - \Delta U_{T1}$.

Liniyada kuchlanish isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta U_L = \frac{(P'_{yu} + \Delta P_L)R_L + (Q'_{yu} + \Delta Q_L)X_L}{U_2}. \quad (7.17)$$

T₂ transformatori yuqori chulgʻami tomonidagi (liniya oxiridagi) kuchlanishni topamiz:

$$U_3 = U_2 - \Delta U_L. \quad (7.18)$$

T₂ transformatorida kuchlanish isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta U_{T2} = \frac{(P_{yu} + \Delta P_{MT2})R_{T3} + (Q_{yu} + \Delta Q_{MT2})X_{T2}}{U_3} \quad (7.19)$$

Isteʼmolchi shinasidagi kuchlanishning T₂ transformator yuqori tomonga keltirgan qiymatini topamiz:

$$U'_N = U'_4 = U_3 - \Delta U_{T2} \quad (7.20)$$

Isteʼmolchi shinasidagi kuchlanishning haqiqiy qiymatini topamiz:

$$U'_N = U_4 = \frac{U'_N}{K_{T2}}; \quad K_{T2} = \frac{U_{yuT2}}{U_{pT2}} \quad (7.21)$$

Hisoblash natijalarini 7.1- jadvalning birinchi qatoriga kiritamiz.

7.4. HISOBOTNI TAYYORLASH TARTIBI

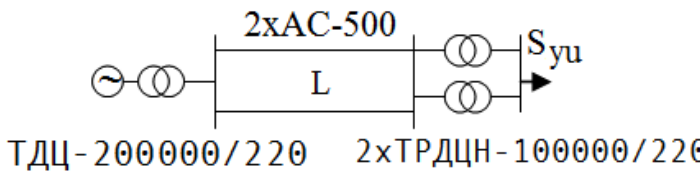
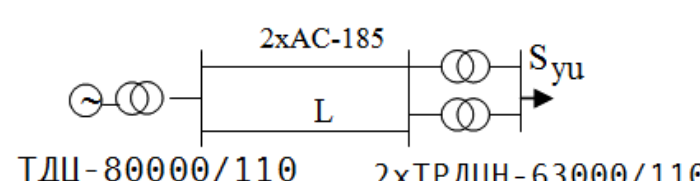
Hisobotda quydagilar keltirilishi lozim.

1. Berilgan elektr tarmogʻining prinsipial sxemasi va dastlabki maʼlumotlar.

2. Elektr tarmogʻining ekvivalent almashtirish sxemasi va uning parametrlari.

3. Elektr tarmogʻi xolatini EHM(DigSILENT Power Factory)da hisoblash va elektr tarmoqning qarshiligini oʻzgartirib rostdash usuli yordamida kuchlanishni rostdash natijalari.

Laboratoriya ishi bo'yicha topshiriq variantlari

Elektr tarmog'ining prinsipial sxemalari	Variant	S_{yu} , MVA	l , km
<p>1-sxema</p>  <p>ТДЦ-200000/220 2xТРДЦН-100000/220</p>	1	98+j72	72
	2	95+j74	76
	3	89+j64	75
	4	93+j66	84
	5	90+j65	81
	6	83+j65	95
	7	87+j65	91
	8	96+j70	73
	9	94+j74	77
	10	88+j63	73
	11	93+j68	82
	12	92+j66	83
	13	94+j67	86
	14	99+j75	77
<p>2-sxema</p>  <p>ТДЦ-80000/110 2xТРДЦН-63000/110</p>	1	75+j50	45
	2	85+j40	63
	3	72+j47	58
	4	63+j41	48
	5	60+j42	73
	6	73+j47	76
	7	75+j47	72
	8	64+j36	67
	9	68+j45	54
	10	61+j41	62
	11	75+j47	72
	12	74+j51	43
	13	71+j46	42
	14	147+j96	72

7.5. SINOV SAVOLLARI

1. Elektr tarmog'ida kuchlanish isrofini qanday o'zgartirish mumkin?
2. Bo'ylama kompensatsiyalovchi sig'im ulash yordamida kuchlanishni rostdash.
3. Kuchlanishni elektr tarmoqning qarshiligini o'zgartirib rostdash usulining afzalliklari.

8– LABORATORIYA ISHI

ELEKTR TARMOQLARIDA KUCHLANISHNI ELEKTR TARMOQNING REAKTIV QUVVATINI O‘ZGARTIRIB ROSTLASH

Ishdan maqsad:

Elektr tarmoqlarida kuchlanishni elektr tarmoqning reaktiv quvvatini o‘zgartirib rostlash usulini EHM (DigSILENT Power Factory dasturi) da tadqiq qilish.

8.1. QISQACHA NAZARIY MA’LUMOT

8.1- rasmda oda elektr tarmog‘ining sxemasi keltirilgan. Elektr energiyasi elektr stansiyasi generatoridan T_1 transformator orqali manbalovchi liniyaga va so‘ngra T_2 transformatorga uzatiladi. T_2 transformatorning pastki chulg‘ami tomoniga ko‘pchilik iste‘molchilarni bevosita manbalovchi taqsimlovchi tarmoq ulangan.

Berilgan sxema uchun iste‘molchidagi kuchlanishning T_2 transformatori yuqori kuchlanish chulg‘ami tomoniga keltirilgan qiymati quyidagicha topiladi:

$$U'_4 = U_2 - \Delta U_\Sigma \quad (8.1)$$

Bu yerda U_2 – liniya L boshlanishdagi kuchlanish; ΔU_Σ - liniya L va T_2 transformatorida kuchlanish isrofi yig‘indisi bo‘lib, u quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$\Delta U_\Sigma = \frac{P \cdot R_\Sigma + Q \cdot X_\Sigma}{U_2} \quad (8.2)$$

P, Q – L liniya boshlanishida oquvchi aktiv va reaktiv quvvatlar; R_Σ, X_Σ - L liniya va T_2 transformatorning umumiy aktiv va reaktiv qarshiliklari.

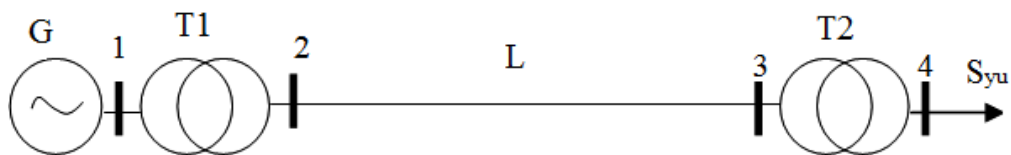
Iste‘molchida kuchlanishning haqiqiy qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$U_4 = \frac{U'_4}{K_{T_2}} \quad (8.3)$$

Bu erda K_{T_2} – T_2 transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti.

Yuqoridagi formulalarni hisobga olib, quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$U_4 = \frac{U_2 - \Delta U_\Sigma}{K_{T_2}} \quad (8.4)$$



8.1-rasm. Elektr tizimining sxemasi.

Ko‘rinib turibdiki, iste‘molchida kuchlanish qiymati uchta parametrغا – liniyalar boshlanishdagi kuchlanishga, tarmoqda kuchlanish isrofiga va transformatorning transformatsiyalash koeffitsientiga bog‘liqdir. Shunday qilib, Biz bu laboratoriya ishida elektr tarmoqlarida kuchlanishni elektr tarmoqning reaktiv quvvatini o‘zgartirib roslash usulini ko‘rib o‘tamiz:

Elektr tarmog‘ida kuchlanish isrofini o‘zgartirish.

Elektr tarmog‘i elementlarida kuchlanish isrofi qiymati ΔU tarmoq kuchlanishiga, yuklamaga va elementning elektr qarshiligiga bog‘liqdir. Elektr tarmog‘i uchun nominal kuchlanish uni loyihalashtirish jarayonida texnik-iqtisodiy hisoblashlar asosida tanlanadi va shu sababli kuchlanishni roslash maqsadida U_N ni o‘zgartirish mumkin emas. Shunday qilib, ΔU ni faqat elektr tarmog‘i yuklamasini va qarshiligini o‘zgartirish orqali o‘zgartirish mumkin.

1) Elektr tarmog‘i yuklamasini o‘zgartirish.

Elektr tarmog‘i yuklamasi u orkali iste‘molchilarga uzatiluvchi va qarshiliklarda isrof bo‘luvchi quvvatlar bilan aniqlanadi. Aktiv quvvat faqat generatorlarda ishlab chiqariladi. Shu sababli kuchlanishning isrofini o‘zgartirish uchun aktiv yuklamani o‘zgartirish imkoniyati yuk. Reaktiv quvvat esa generatorlardan tashqari elektr liniyalari va maxsus kompensatsiyalovchi qurilmalarda ham ishlab chiqariladi.

Kompensatsiyalovchi qurilmalarga elektr tarmog‘ida va iste‘molchilarga yaqin joylashtiriluvchi sinxron kompensatorlar (SK), kondensator batareyalari (KB), reaktiv quvvatning manbalari kabilar kiradi.

Iste‘molchida kuchlanishni roslash shartidan kelib chiqqan holda sinxron kompensator quvvati quydagi formula bo‘yicha topiladi:

$$Q_{SK} = \frac{(U_{2hoh} - U_2)U_{2hoh}}{X_{\Sigma}} \quad (8.5)$$

Bu yerda U_{2hoh} - iste‘molchida kuchlanishning xohlangan qiymati; U_2 – iste‘molchida kuchlanishning kompensatsiyalovchi qurilma o‘rnatilmagan holdagi qiymati; X_{Σ} - ta‘minlovchi va iste‘molchi ulangan tugunlar orasidagi umumiy reaktiv qarshilik.

$U_{2\text{hoh}} > U_2$ bo'lganda Q_{sk} musbat ishorali bo'lib, bu holat sinxron kompensatorning reaktiv quvvatni ishlab chiqarish holatiga – o'ta qo'zg'alganlik holatiga to'g'ri keladi. $U_{2\text{hoh}} < U_2$ bo'lganda esa, Q_{sk} manfiy ishorali bo'lib, bu holat sinxron kompensatorning reaktiv quvvatni iste'mol qilish holatiga – kam qo'zg'alganlik holatiga to'g'ri keladi.

8.2. ISH YUZASIDAN TOPSHIRIQ

1. Elektr tarmog'i ekvivalent almashtirish sxemasi qurilsin va uning holati hisoblansin (8.3-punktga qarang).

2. Iste'molchidagi kuchlanish uning ruxsat etiluvchi qiymatiga ($U_{\text{rux.}}=10,5\text{kV}\pm 5\%$) quyidagi usullarni qo'llab rostlansin:

a) Sinxron kompensator ulash orqali;

3. Hisoblash natijalari 8.1-jadvalga kiritilsin.

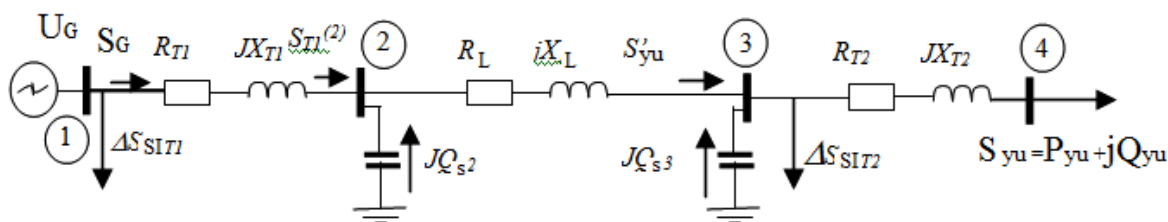
8.1-jadval

T/r	Kuchlanishni rostlash usuli va rostlovchi qurilma parametri	$U_G = U_1$ kV	U_2 kV	U_3 kV	$U_4 = U_N$ kV
1	Dastlabki holat				
2	Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash orqali: $Q_{\text{sk.}} =$				

8.3. DASTLABKI TAYYORGARLIK

Laboratoriya ishini bajarish uchun dastlabki tayyorgarlikda amalga oshirilishi lozim bo'lgan ishlar 8.1- rasmda ko'rsatilgan elektr tarmog'i misolida keltirilgan.

Elektr tarmog'ining ekvivalent almashtirish sxemasi tuziladi (8.2-rasm) va uning holati hisoblanadi.



8.2– rasm. Elektr tizimining almashtirish sxemasi/

Bu sxemadagi transformatorlar hisob parametrlari qo‘llanmadan olinadi. Shuningdek, har bir liniya uchun 1 km uzunlikka to‘g‘ri keluvchi hisob parametrlari qiymatlari (r_0, x_0, b_0) o‘tkazgich markasiga bog‘liq holda qo‘llanmadan olinadi. Bunday holda,

$$R_l = r_0 l; \quad X_l = x_0 l; \quad B_l = b_0 l \quad (8.6)$$

Bu yerda l – liniya uzunligi, km: r_0, x_0, b_0 – mos xolda liniya 1 km uzunligining aktiv va reaktiv qarshiliklari hamda sig‘im o‘tkazuvchanligi. Elektr tarmog‘i holatini hisoblash ikki bosqichli usul yordamida kuydagi tartibda amalga oshiriladi.

T_2 transformatorning mis chulg‘amida isrof bo‘luvchi quvvatni hisoblaymiz:

$$\Delta P_{MT2} = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} \cdot R_{T2}; \quad \Delta Q_{MT2} = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} X_{T2} \quad (8.7)$$

T_2 transformator joylashgan podstantsiya xisobiy yuklamasining liniya zaryad quvvatlari hisobga olingandagi qiymatini topamiz:

$$Q_{S,3} = U_N^2 \frac{B_l}{2} \quad (8.8)$$

$$\dot{S}'_{yu} = P'_{yu} + jQ'_{yu} = P_{yu} + jQ_{yu} + (\Delta P_{MT2} + j\Delta Q_{MT2}) + (\Delta P_{SIT2} + j\Delta Q_{SIT2}) - jQ_{S3}. \quad (8.9)$$

Liniyadagi quvvat isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta \dot{S}_L = \Delta P_L + j\Delta Q_L = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} (R_L + jX_L) \quad (8.10)$$

T_1 transformatori yuqori chulg‘ami tomonidagi quvvatni topamiz:

$$Q_{S2} = U_N^2 \cdot \frac{B_L}{2}; \quad \dot{S}_{T1}^{(2)} = P_{T1}^{(2)} + jQ_{T1}^{(2)} = S'_{yu} + \Delta \dot{S}_L - jQ_{S2}. \quad (8.11)$$

T_1 transformatori mis chulg‘amida quvvat isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta P_{MT1} = \frac{P_{T1}^{(2)2} + Q_{T1}^{(2)2}}{U_H^2} \cdot R_{T1}, \quad \Delta Q_{MT1} = \frac{P_{T1}^{(2)2} + Q_{T1}^{(2)2}}{U_H^2} X_{T1} \quad (8.12)$$

Generator shinasidan T_1 transformatorga uzatiluvchi quvvatni topamiz (T_1 transformatorida isrof bo‘luvchi ΔS_{SIT1} hisobga olinmaganda):

$$\dot{S}_G = P_G + jQ_G = \dot{S}_{T1}^{(2)} + \Delta \dot{S}_{MT1}. \quad (8.13)$$

Tarmoqda isrof bo‘luvchi aktiv quvvatni quydagicha hisoblaymiz:

$$\Delta P_{\Sigma} = P_G - P_{yu} \quad (8.14)$$

Shundan soʻng hisobning ikkinchi bosqichi amalga oshiriladi. Generator chiqishidagi kuchlanish $U_{GN} = 10,5$ kV ni T_1 transformatorning yuqori chulgʻami tomoniga keltiramiz:

$$U'_G = K_{T1} \cdot U_G; \quad K_{T1} = \frac{U_{yuT1}}{U_{pT1}}. \quad (8.15)$$

Bu yerda K_{T1} - T_1 transformatori transformatsiyalash koeffitsiyenti; U_{yuT1} ; U_{pT1} - mos holda T_1 transformatori yuqori va quyi chulgʻamlarining nominal kuchlanishlari.

T_1 transformatorida kuchlanish isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta U_{T1} = \frac{P_G R_{T1} + Q_G X_{T1}}{U'_G}. \quad (8.16)$$

T_1 transformatori yuqori chulgʻami tomonidagi, yaʼni liniyalar boshlanishidagi kuchlanishni topamiz: $U_2 = U'_G - \Delta U_{T1}$.

Liniyada kuchlanish isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta U_L = \frac{(P'_{yu} + \Delta P_L) R_L + (Q'_{yu} + \Delta Q_L) X_L}{U_2}. \quad (8.17)$$

T_2 transformatori yuqori chulgʻami tomonidagi (liniya oxiridagi) kuchlanishni topamiz:

$$U_3 = U_2 - \Delta U_L. \quad (8.18)$$

T_2 transformatorida kuchlanish isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta U_{T2} = \frac{(P_{yu} + \Delta P_{MT2}) R_{T3} + (Q_{yu} + \Delta Q_{MT2}) X_{T2}}{U_3} \quad (8.19)$$

Isteʼmolchi shinasidagi kuchlanishning T_2 transformator yuqori tomonga keltirgan qiymatini topamiz:

$$U'_N = U'_4 = U_3 - \Delta U_{T2} \quad (8.20)$$

Isteʼmolchi shinasidagi kuchlanishning haqiqiy qiymatini topamiz:

$$U'_N = U_4 = \frac{U'_N}{K_{T2}}; \quad K_{T2} = \frac{U_{yuT2}}{U_{pT2}} \quad (8.21)$$

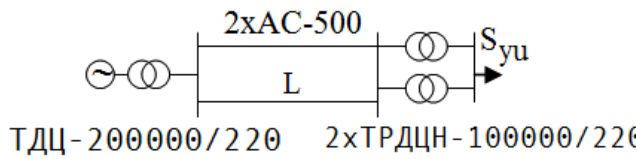
Hisoblash natijalarini 8.1- jadvalning birinchi qatoriga kiritamiz.


8.4. HISOBOTNI TAYYORLASH TARTIBI

Hisobotda quydagilar keltirilishi lozim.

1. Berilgan elektr tarmog'ining prinsipial sxemasi va dastlabki ma'lumotlar.
2. Elektr tarmog'ining ekvivalent almashtirish sxemasi va uning parametrlari.
3. Elektr tarmog'i holatini EHM(DigSILENT Power Factory)da hisoblash va elektr tarmoqning reaktiv quvvatini o'zgartirib rostdash usuli yordamida kuchlanishni rostdash natijalari.

Laboratoriya ishi bo'yicha topshiriq variantlari

Elektr tarmog'ining prinsipial sxemalari	Variant	S_{yu} , MVA	l , km
<p>1-sxema</p>  <p>ТДЦ-2000000/220 2xТРДЦН-1000000/220</p>	1	150+j100	65
	2	130+j80	85
	3	145+j95	79
	4	125+j83	68
	5	120+j85	73
	6	146+j93	96
	7	151+j94	92
	8	128+j72	87
	9	136+j96	74
	10	123+j82	22
	11	150+j95	98
	12	148+j102	63
	13	143+j93	68
	14	147+j96	92
2-sxema	1	98+j72	72

 <p>2xAC-500</p> <p>L</p> <p>TДЦ-1250000/220 ТРДЦН-1000000/220</p> <p>S_{yu}</p>	2	95+j74	76
	3	89+j64	75
	4	93+j66	84
	5	90+j65	81
	6	83+j65	95
	7	87+j65	91
	8	96+j70	73
	9	94+j74	77
	10	88+j63	73
	11	93+j68	82
	12	92+j66	83
	13	94+j67	86
	14	99+j75	77

8.5. SINOV SAVOLLARI

1. Iste'molchi shinasidagi kuchlanish qiymati qanday faktorlarga bog'liq?
2. Elektr tarmog'ida kuchlanish isrofini qanday o'zgartirish mumkin?
3. Sinxron kompensator ulash yordamida kuchlanishni rostdash.
4. Bo'ylama kompensatsiyalovchi sig'im ulash yordamida kuchlanishni rostdash.

9 – LABORATORIYA ISHI

ELEKTR TARMOQLARIDA ISROFLARNI KAMAYTIRISH

Ishdan maqsad:

Elektr tarmoqlarida isroflarni kamaytirish usullarini EHM (DigSILENT Power Factory dasturi) da tadqiq qilish.

9.1. Qisqacha nazariy ma'lumot Elektr energiya isrorfini hisoblash usullari.

Elektr energiyani stansiyalardan iste'molchilarga uzatish jarayonida o'tkazgichlarni qizishi, elektromagnit maydonning hosil bo'lishi va boshqa effektlarga bu energiyaning bir qismi isrof bo'ladi.

Elektr tarmoqning har qanday elementida elektr energiya isrofi yuklamaning xarakteri va qurilayotgan vaqt jarayonida uning o'zgarishiga bog'liq. O'zgarish bilan ishlab, ΔP aktiv quvvat isrofiga ega bo'lgan EULda t vaqt davomida isrof bo'luvchi energiya quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta W = \Delta P t \quad (9.1)$$

Agar yuklama yil davomida o'zgarib tursa, u holda elektr energiya isrofini turli usullar yordamida hisoblash mumkin. Mavjud barcha usullarni foydalaniluvchi matematik modelga bog'liq ravishda ikkita katta gruppaga bo'lish mumkin. Bular – aniq va ehtimoliy-statistik usullardir.

Elektr energiya isrofini hisoblashning eng aniq usuli –bu shoxobchalarning yuklama grafiklari bo'yicha aniqlashdir. Bunda hisoblash yuklama grafigining har bir darajasi uchun quvvat isroflarini aniqlash va ularning yig'indisini topishni ko'zda tutadi. Bu usul ba'zan grafik interpolyasiyalash usuli deb yuritiladi.

Yuklama grafiklari sutkalik va yillik yuklama grafiklariga bo'linadi. Sutkalik grafiklar yuklama quvvatlarini sutka davomida yillik grafiklar esa yil davomida o'zgarishini ifodalaydi. Yillik grafik bahorgi-yozgi va kuzgi-qishki davrlar uchun xarakterli sutkalik grafiklar asosida quriladi. Yillik energiya isrofini hisoblashda davomiylik bo'yicha yuklama grafiklaridan foydalaniladi. Bunday grafikni hosil qilish quyidagi tartibda amalga oshiriladi. Bu grafikning boshlang'ich ordinatasi maksimal yuklamaga teng qilib qabul qilinadi. Sutkalik grafiklar bo'yicha turli tipdagi sutkalar sonini hisobga olib (shanba, yakshanba, dushanba, ish kuni) yuklama quvvatining har bir qiymati uchun u yil davomidagi soatlar soni aniqlanadi. Avvalo, maksimal yuklama o'rinli bo'lgan vaqt, so'ngra yuklama quvvatining boshqa qiymatlari uchun (kamayib borish tartibida) vaqt oraliqlari aniqlanadi.

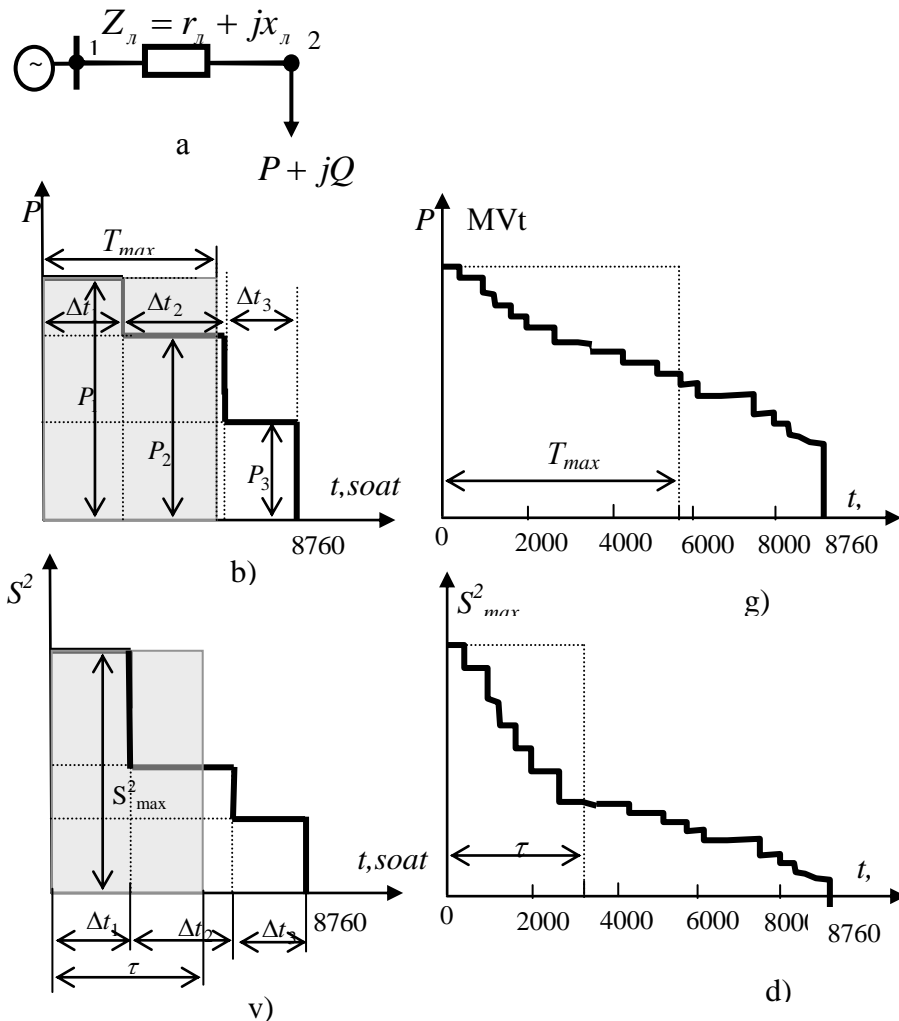
Yillik yuklama grafigi bo'yicha yillik energiya isrofini aniqlash mumkin. Buning uchun har bir holat uchun quvvat va energiya isroflari aniqlanadi. So'ngra, bu isroflar qo'shiladi va yillik elektr energiya isrofi aniqlanadi.

Misol tariqasida uch pag'onali yuklama grafigini (9.1,b-rasm) olamiz. Yuklama P_1 bo'lgan holat uchun 9.1,a-rasmdagi EULda quvvat isrofi quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta P_1 = \frac{S_1^2}{U_1^2} R_L \quad (9.2)$$

Elektr energiya isrofini ushbu holat uchun quvvat isrofini shu holatning davomiylik vaqtiga ko‘paytirish orqali topamiz:

$$\Delta W_1 = \Delta P_1 \Delta t_1 \quad (9.3)$$



9.1-rasm. Elektr energiya isrofini yuklama grafigi va maksimal isroflar vaqti bo‘yicha topish:

a – EULning almashtirish sxemasi; b,g – uch pag‘onali va ko‘p pag‘onali yuklama grafiklari; v,g – uch pag‘onali va ko‘p pag‘onali S_2 grafiklari

Qolgan holatlar uchun ham elektr energiya isrofi shu tartibda topiladi. Yuklama P_2 bo‘lgan holat uchun

$$\Delta P_2 = \frac{S_2^2}{U_2^2} R_L \quad (9.4)$$

$$\Delta W_2 = \Delta P_2 \Delta t_2 \quad (9.5)$$

yuklama P_3 bo‘lgan holat uchun

$$\Delta P_3 = \frac{S_3^2}{U_3^2} R_L \quad (9.6)$$

$$\Delta W_3 = \Delta P_3 \Delta t_3 \quad (9.7)$$

Yuqoridagilardan kelib chiqib, N ta pag'onaga ega bo'lgan ko'p pag'onali yuklama grafigining i -pag'onasi uchun quvvat va yil davomidagi energiya isroflari quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

$$\Delta P_i = \frac{S_i^2}{U_i^2} r_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (9.8)$$

$$\Delta W = \sum_{i=1}^N \Delta P_i \Delta t_i \quad (9.9)$$

Bu yerda Δt_i -yuklama grafigining i -pag'onasi davomiyligi.

Δt_i vaqt davomida transformatorlarda quvvat va energiya isroflari quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta P = \Delta P_M \left(\frac{S_{2i}}{U_{NOM}} \right)^2 + \Delta P_{SI} \quad (9.10)$$

$$\Delta W = [\Delta P_M \left(\frac{S_{2i}}{U_{NOM}} \right)^2 + \Delta P_{SI}] \Delta t_i \quad (9.11)$$

Bu yerda $\Delta P_{S.I}$ - salt ishlash quvvat isrofi, MVt ; ΔP_{mis} - mis o'zagidagi quvvat isrofi, MVt ; S_{2i} - transformatorning ikkilamchi tomonida grafikning i - pag'onasi yuklamasi; S_{nom} - transformatorning nominal quvvati.

κ ta transformator parallel ishlaganda N ta pag'onali yuklama grafigining i -pag'onasida isrof bo'luvchi quvvat va yillik energiya isrofi mos ravishda quyidagi formulalar bo'yicha topiladi:

$$\Delta P_i = \frac{1}{k} \Delta P_M \left(\frac{S_{2i}}{U_{NOM}} \right)^2 + k \Delta P_{SI} \quad (9.12)$$

$$\Delta W = [\Delta P_M \left(\frac{S_{2i}}{U_{NOM}} \right)^2 + \Delta P_{SI}] \Delta t_i \quad (9.13)$$

Isroflarni yuklama grafigi bo'yicha aniqlash usulining afzalligi katta aniqligidadir. Ammo barcha shahobchalarning yuklamalari haqida ma'lumotning yetarlimasligi ushbu usulning qo'llanilishini cheklaydi.

Isroflarni aniqlashning eng sodda usullaridan biri eng katta isroflar vaqti bo'yicha topishdir. Barcha holatlar ichidan quvvat isrofi eng katta

bo‘lgan holat aniqlanadi. Bu holatni hisoblab, bu holat uchun quvvat isrofi ΔP_{\max} topiladi. Yil davomida energiya isrofini bu quvvat isrofini eng katta isroflar vaqti τ ga ko‘paytirib topiladi:

$$\Delta W = \Delta P_{\max} \cdot \tau \quad (9.14)$$

Eng katta isroflar vaqti shunday vaqtiki, agar bu vaqt davomida eng katta yuklama bilan ishlanganda isrof bo‘luvchi energiya yil davomida yuklama grafigi bo‘yicha ishlanganda isrof bo‘luvchi energiyaga teng bo‘ladi, ya’ni,

$$\Delta W = \Delta P_1 \cdot \Delta t_1 + \Delta P_2 \cdot \Delta t_2 + \Delta P_3 \cdot \Delta t_3 + \dots + \Delta P_N \cdot \Delta t_N = \Delta P_{\max} \cdot \tau \quad (9.15)$$

bu yerda N - yuklama grafigi pag‘onalari soni.

Elektr energiya isrofi va iste‘molchi tomonidan qabul qilingan elektr energiya orasida quyidagi tartibda bog‘lanishni o‘rnatish mumkin.

Iste‘molchi tomonidan qabul qilingan energiya:

$$\Delta W = \Delta P_1 \cdot \Delta t_1 + \Delta P_2 \cdot \Delta t_2 + \Delta P_3 \cdot \Delta t_3 + \dots + \Delta P_N \cdot \Delta t_N = \sum_{i=1}^N \Delta P_i \cdot \Delta t_i = \Delta P_{\max} \cdot \tau \quad (9.16)$$

bu yerda P_{\max} -yuklama qabul qiluvchi maksimal(eng kata) quvvat.

Eng katta yuklama vaqti T_{\max} shunday vaqtiki, bu vaqt davomida eng katta yuklama bilan ishlovchi iste‘molchi tarmoqdan olgan energiyasi bir yil davomida u yuklama grafigi bo‘yicha ishlab tarmoqdan olgan energiyaga teng bo‘ladi, ya’ni

$$T_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \Delta t_i}{P_{\max}} \quad (9.17)$$

$S^2 = f(t)$ grafikni quramiz (9.1,v-rasm). Faraz qilaylik, yuklama grafigining i -pag‘onasida quvvat isrofining taxminiy qiymati nominal kuchlanish bo‘yicha topiladi, ya’ni (9.8) ning o‘rniga quyidagi ifodadan foydalanamiz:

$$\Delta P_i = \frac{S_i^2}{U_{NOM}^2} R_L \quad (9.18)$$

Agar $\frac{R_L}{U_{NOM}^2} = const$ ekanligini e‘tiborga olsak, Δt_i vaqt davomida isrof

bo‘luvchi energiya ma‘lum masshtabda $S_i^2 \Delta t_i$ ga teng, ya’ni tomonlari Δt_i va S_i^2 ga teng bo‘lgan to‘g‘ri to‘rtburchakning yuziga teng (9.1,v-rasm).

Elektr energiya isrofi ma‘lum masshtabda 9.1,v,d- rasmdagi grafiklarda tasvirlangan figuralar bilan chegaralangan yuzalarga teng.

τ uchun yuqorida keltirilgan ta‘rifga muvofiq

$$S_{\max}^2 \tau = \sum_{i=1}^N S_i^2 \Delta t_i \cdot \quad (9.18)$$

Pik ko'rinishidagi grafiklar uchun τ ning qiymati quyidagi imperik formuladan topiladi:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\max}}{10000}\right)^2 \cdot 8760 \cdot \quad (9.19)$$

(9.19) formulani yil uchun ya'ni $T = 8760$ soat uchun foydalanish mumkin. Bunga nisbatan kichik vaqt davomi uchun hisoblash aniqligini oshirish uchun (9.19) o'rniga quyidagi ifodadan foydalanish maqsadga muvofiq:

$$\tau = 2T_{\max} - T + \frac{T - T_{\max}}{1 + \frac{T_{\max}}{T} - \frac{2P_{\min}}{P_{\max}}} \cdot \left(1 - \frac{P_{\min}}{P_{\max}}\right)^2 \quad (9.19a)$$

Qator turli xil xarakterli yuklama grafiklari uchun hisoblash yo'li bilan $\tau = f(T_{\max}, \cos \varphi)$ bog'lanishni qurish mumkin va undan foydalanib, ma'lum T_{\max} va $\cos \varphi$ lar bo'yicha τ ni aniqlash mumkin.

9.2. ISH YUZASIDAN TOPSHIRIQ

1. Elektr tarmog'i ekvivalent almashtirish sxemasi qurilsin va uning holati hisoblansin (9.3-punktga qarang).

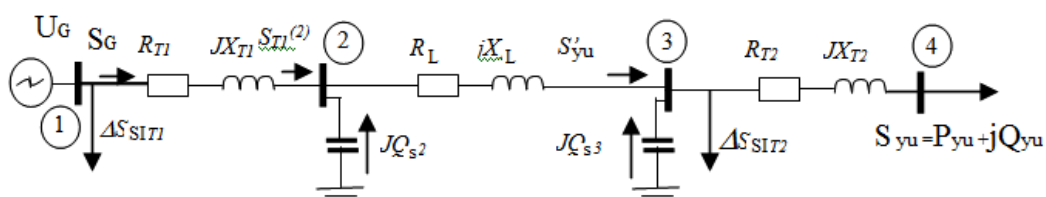
2. Elektr tarmoqlarida isroflarni kamaytirishni quyidagi usullar orqali xisoblansin:

- a) Sinxron kompensator ulash orqali;
- b) Bo'ylama kompensatsiyalovchi qurilma ulash orqali;

9.3. DASTLABKI TAYYORGARLIK

Laboratoriya ishini bajarish uchun dastlabki tayyorgarlikda amalga oshirilishi lozim bo'lgan ishlar 9.1- rasmda ko'rsatilgan elektr tarmog'i misolida keltirilgan.

Elektr tarmog'ining ekvivalent almashtirish sxemasi tuziladi (9.2-rasm) va uning holati hisoblanadi.



9.2– rasm. Elektr tizimining almashtirish sxemasi

Bu sxemadagi transformatorlar hisob parametrlari qo‘llanmadan olinadi. Shuningdek, har bir liniya uchun 1 km uzunlikka to‘g‘ri keluvchi hisob parametrlari qiymatlari (r_0, x_0, b_0) o‘tkazgich markasiga bog‘liq holda qo‘llanmadan olinadi. Bunday holda,

$$R_l = r_0 l; \quad X_l = x_0 l; \quad B_l = b_0 l \quad (9.20)$$

Bu yerda l – liniya uzunligi, km: r_0, x_0, b_0 - mos xolda liniya 1 km uzunligining aktiv va reaktiv qarshiliklari hamda sig‘im o‘tkazuvchanligi. Elektr tarmog‘i holatini hisoblash ikki bosqichli usul yordamida kuydagi tartibda amalga oshiriladi.

T_2 transformatorning mis chulg‘amida isrof bo‘luvchi quvvatni hisoblaymiz:

$$\Delta P_{MT2} = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} \cdot R_{T2}; \quad \Delta Q_{MT2} = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} X_{T2} \quad (9.21)$$

T_2 transformator joylashgan podstantsiya hisobiy yuklamasining liniya zaryad quvvatlari hisobga olingandagi qiymatini topamiz:

$$Q_{S.3} = U_N^2 \frac{B_L}{2}; \quad (9.22)$$

$$\dot{S}'_{yu} = P'_{yu} + jQ'_{yu} = P_{yu} + jQ_{yu} + (\Delta P_{MT2} + j\Delta Q_{MT2}) + (\Delta P_{SIT2} + j\Delta Q_{SIT2}) - jQ_{S3}. \quad (9.23)$$

Liniyadagi quvvat isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta \dot{S}_L = \Delta P_L + j\Delta Q_L = \frac{P_{yu}^2 + Q_{yu}^2}{U_N^2} (R_L + jX_L) \quad (9.24)$$

T_1 transformatori yuqori chulg‘ami tomonidagi quvvatni topamiz:

$$Q_{S2} = U_N^2 \cdot \frac{B_L}{2}; \quad \dot{S}_{T1}^{(2)} = P_{T1}^{(2)} + jQ_{T1}^{(2)} = S'_{yu} + \Delta \dot{S}_L - jQ_{S2} \quad (9.25)$$

T_1 transformatori mis chulg‘amida quvvat isrofini hisoblaymiz:

$$\Delta P_{MT1} = \frac{P_{T1}^{(2)2} + Q_{T1}^{(2)2}}{U_N^2} \cdot R_{T1}, \quad \Delta Q_{MT1} = \frac{P_{T1}^{(2)2} + Q_{T1}^{(2)2}}{U_N^2} X_{T1} \quad (9.26)$$

Generator shinasidan T_1 transformatorga uzatiluvchi quvvatni topamiz (T_1 transformatorida isrof bo‘luvchi ΔS_{SIT1} hisobga olinmaganda):

$$\dot{S}_G = P_G + jQ_G = \dot{S}_{T1}^{(2)} + \Delta \dot{S}_{MT1} \quad (9.27)$$

Tarmoqda isrof bo‘luvchi aktiv quvvatni quydagicha hisoblaymiz:

$$\Delta P_\Sigma = P_G - P_{yu}. \quad (9.28)$$

Hisoblash natijalarini 9.1- jadvalning birinchi qatoriga kiritamiz.

9.4. HISOBOTNI TAYYORLASH TARTIBI

Hisobotda quydagilar keltirilishi lozim.

1. Berilgan elektr tarmog'ining prinsipial sxemasi va dastlabki ma'lumotlar.

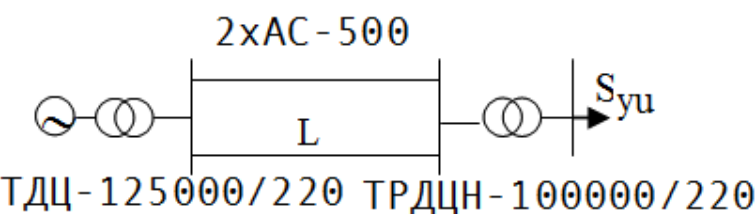
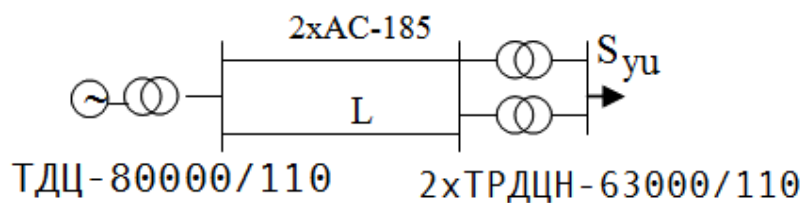
2. Elektr tarmog'ining ekvivalent almashtirish sxemasi va uning parametrlari.

3. Elektr tarmog'i holatini ikki bosqichli usul yordamida hisoblash natijalari.

4. Elektr tarmog'i xolatini EHM(DigSILENT Power Factory)da hisoblash va turli usullar yordamida kuchlanishni rostlash natijalari.

Laboratoriya ishi bo'yicha topshiriq variantlari

Elektr tarmog'ining prinsipial sxemalari	Variant	S_N, MVA	l, km
<p>1-sxema</p> <p>ТДЦ-200000/220 2xТРДЦН-100000/220</p>	1	150+j100	65
	2	130+j80	85
	3	145+j95	79
	4	125+j83	68
	5	120+j85	73
	6	146+j93	96
	7	151+j94	92
	8	128+j72	87
	9	136+j96	74
	10	123+j82	22
	11	150+j95	98
	12	148+j102	63
	13	143+j93	68
	14	147+j96	92
2-sxema	1	98+j72	72
	2	95+j74	76
	3	89+j64	75
	4	93+j66	84

 <p>2xAC-500</p> <p>ТДЦ-125000/220 ТРДЦН-100000/220</p>	5	90+j65	81	
	6	83+j65	95	
	7	87+j65	91	
	8	96+j70	73	
	9	94+j74	77	
	10	88+j63	73	
	11	93+j68	82	
	12	92+j66	83	
	13	94+j67	86	
	14	99+j75	77	
	<p>3-sxema</p>  <p>2xAC-185</p> <p>ТДЦ-80000/110 2xТРДЦН-63000/110</p>	1	75+j50	45
		2	85+j40	63
		3	72+j47	58
		4	63+j41	48
5		60+j42	73	
6		73+j47	76	
7		75+j47	72	
8		64+j36	67	
9		68+j45	54	
10		61+j41	62	
11		75+j47	72	
12		74+j51	43	
13		71+j46	42	
14		147+j96	72	

9.5. SINOV SAVOLLARI

1. Iste'molchi shinasidagi kuchlanish qiymati qanday faktorlarga bog'liq?
2. Elektr tarmog'ida isrofini qanday o'zgartirish mumkin?
3. Sinxron kompensator ulash yordamida isrofnii kamaytirish.
4. Bo'ylama kompensatsiyalovchi sig'im ulash yordamida isrofnii kamaytirish.

10 – LABORATORIYA ISHI

ELEKTR TARMOQLARI ISHLASHINING IQTISODIYLIGINI OSHIRISH USULLARINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

Yopiq elektr tarmoqlari ishlashining iqtisodiyligini oshirish usullarini o'rganish.

10.1. UMUMIY NAZARIY MA'LUMOTLAR

Elektr iste'molchilarini elektr energiya bilan ta'minlashda yuqori ishonchlilikka erishish maqsadida yopiq tarmoqlardan foydalaniladi. Bundan tashqari yopiq tarmoqlardan foydalanilganda, isroflarni ochiq tarmoqlardagiga nisbatan kamaytirish imkoniyatlari paydo bo'ladi.

Yopiq tarmoq bir jinsli bo'lganda ulardan iste'molchilarga quvvat uzatish eng kam isroflarda amalga oshadi. Bunday tarmoqlar konturni tashkil etuvchi shoxobchalarning aktiv va induktiv(reaktiv) qarshiliklarining nisbatlari bir xilligi bilan xarakterlanadi, ya'ni

$$\frac{x_i}{r_i} = const.$$

Nojinsli (bir jinsli bo'lmagan) yopiq elektr tarmoqlarda konturni tashkil etuvchi shahobchalarning qarshiliklari nisbatlari turlichadir. Bunday tarmoqlarda quvvatlarning tabiiy taqsimlanishi to'la qarshilik $z=r+jx$ bo'yicha amalga oshadi.

Yopiq tarmoqda quvvatning undagi isrofni eng kam bo'lish holatiga mos keluvchi iqtisodiy taqsimlanishi uni faqat aktiv qarshilik bo'yicha taqsimlanishi bilan bir hil bo'ladi.

Nojinsli yopiq elektr tarmoqda quvvatlar oqimining iqtisodiy taqsimlash usullarini o'rganish uchun bir konturli yopiq tarmoqni ko'rib o'tamiz (10.1,a-rasm). Unda nojinsli konturdan iborat bo'lgan tarmoqdan iste'molchiga quvvat uzatilmoqda.

$$\text{Demak, } \frac{x_1}{r_1} \neq \frac{x_2}{r_2}$$

Sxemada ko'rsatilgan I_1, I_2, I_{1e}, I_{2e} toklar konturda quvvatlar tabiiy taqsimlangan holatga mos kelib, mazkur tarmoq uchun ularning qiymatlari Kirxgofning birinchi va ikkinchi qonunlaridan foydalanib, quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$I_1 = I_{yu} \cdot \frac{r_2 + jx_2}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)}, \quad I_2 = I_{yu} \cdot \frac{r_1 + jx_1}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)}.$$

Ushbu yopiq tarmoq nojinsli bo'lganligi sababli unda quvvatning iqtisodiy, ya'ni tarmoqdagi umumiy aktiv quvvat isrofining minimal bo'lishiga mos, taqsimlanishi faqat aktiv qarshilik hisobga olingandagina uning tabiiy taqsimlanishi bilan bir xil bo'ladi. Bunday holatda shoxobchalarda oquvchi iqtisodiy toklar quyidagicha hisoblanadi (10.1,b-rasm):

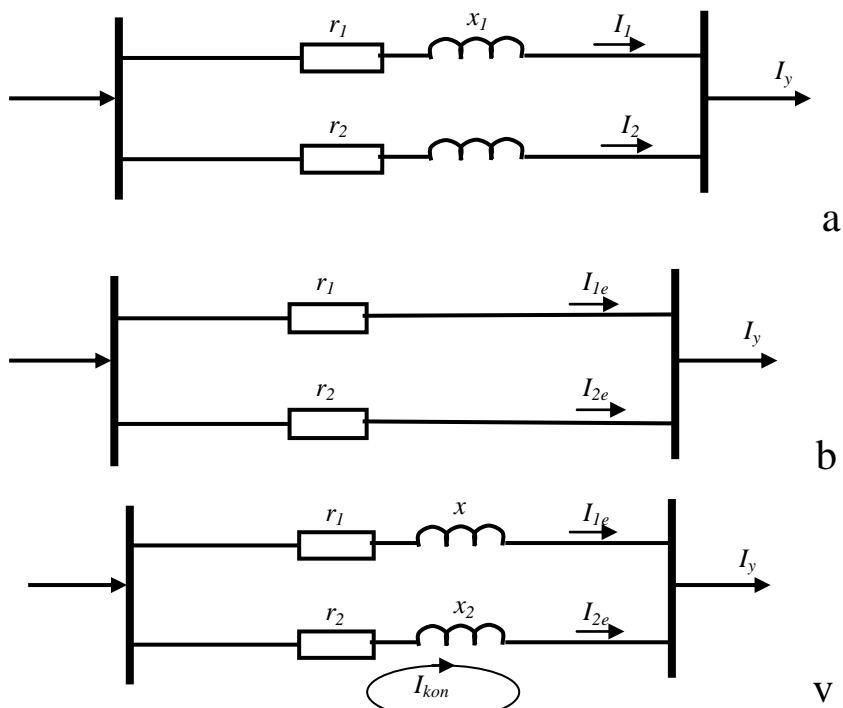
$$I_{1e} = I_N \cdot \frac{r_2}{r_1 + r_2}, \quad I_{2e} = I_N \cdot \frac{r_1}{r_1 + r_2}.$$

Agar 10.1,a-rasmda tasvirlangan konturda tarmoqning nojinslili tufayli tenglashtiruvchi tok I_{kon} oqadi deb hisoblasak (10.1,v-rasm), u holda tabiiy va iqtisodiy taqsimlanish holatlari uchun toklar quyidagi ifodalar bilan bog'langan:

$$I_1 = I_{1e} + I_{kon}; \quad I_2 = I_{2e} - I_{kon}.$$

Shunday qilib, yopiq elektr tarmoqlarda quvvat isrofini minimallashtirish uchun ularda tenglashtiruvchi toklarni nolga keltirish lozim. Bu tarmoqning nojinslili kamaytirish yoki tenglashtiruvchi toklarni kompensatsiyalash orqali amalga oshiriladi.

Tarmoqning nojinslili kamaytirish o'tkazgichlarning kesim yuzalarini o'zgartirish yoki BKQ (bo'ylama kompensatsiyalovchi qurilma) ulash orqali amalga oshirilishi mumkin.

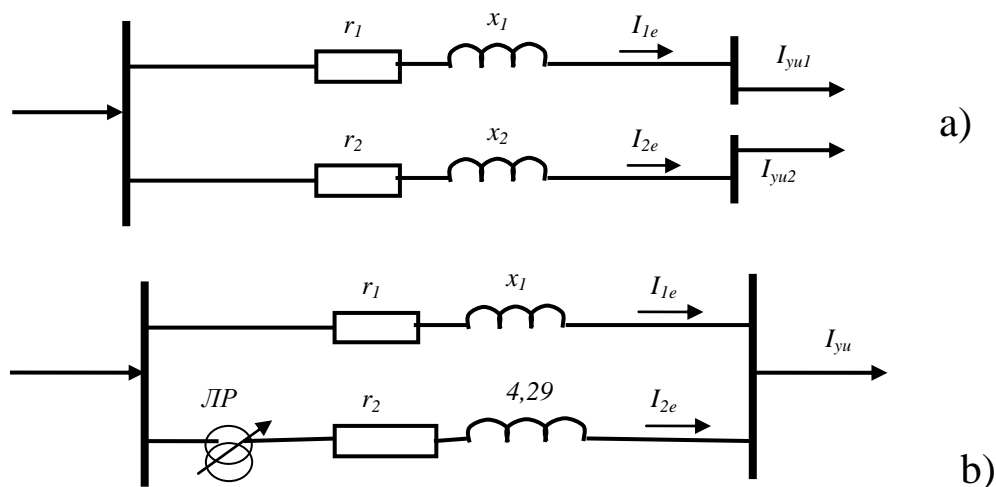


10.1-rasm. Elektr uzatish liniyasining almashtirish sxemasi

Tenglashtiruvchi kontur toklarini kompensatsiyalash ikki yo'l bilan amalga oshirilishi mumkin:

1) tenglashtiruvchi toklarning yo‘lini uzish orqali (tarmoq konturlarini ochish orqali) (10.2,a-rasm);

2) kompensatsiyalovchi tenglashtiruvchi toklarni hosil qilish orqali (konturda quvvat oqimini rostlash) (10.2,b- rasm).



10.2-rasm. Kompensatsiyalash sxemasi

Kompensatsiyalovchi tenglashtiruvchi toklarni hosil qilish konturlarga qo‘shimcha EYuK manbasi kiritish orqali amalga oshiriladi. O‘z navbatida qo‘shimcha EYuK liniya rostlagichlari hisobiga, ya‘ni kuchlanishni bo‘ylama-ko‘ndalang rostlash yoki muvozanatlashmagan transformatsiyalash koeffitsiyentlari hisobiga hosil qilinadi (10.2,a-rasm).

Ta‘minlovchi elektr tarmoqlarda qo‘shimcha EYuKning qiymatini yoki konturni ochish nuqtasini aniqlash uchun maxsus uning holatini optimallashtirish masalasi yechiladi. Buning uchun elektr tarmoqning normal holatini hisoblash dasturidan ham foydalanish mumkin.

Konturni ochish orqali iqtisodiy holatni ta‘minlash.

1) Elektr tarmoqning normal holati shoxobchalarning faqat aktiv qarshiliklarini e‘tiborga olib ($x=0$ deb qabul qilinadi) hisoblanadi.

2) Shahobchalardagi quvvat oqimlarining yo‘nalishi bo‘yicha konturda quvvat oqimining bo‘linish nuqtasi aniqlanadi va unda kontur ochilib, paydo bo‘lgan yangi tugunlarga bo‘linish nuqtasiga kirib boruvchi quvvatlar qo‘yiladi.

3) Paydo bo‘lgan ochiq tarmoqning normal holati shahobchalarning to‘la qarshiliklarini e‘tiborga olib hisoblanadi.

Paydo bo‘lgan natija dastlabki tarmoqning iqtisodiy holati bo‘lib sanaladi.

Kuchlanishni bo‘ylama-ko‘ndalang rostlash orqali iqtisodiy holatni ta‘minlash.

1) Elektr tarmoqning normal holati shoxobchalarning faqat aktiv qarshiliklarini e‘tiborga olib ($x=0$ deb qabul qilib) hisoblanadi.

2) Liniya rostlagichini o‘rnatish lozim bo‘lgan (yoki u o‘rnatilgan) joyda kontur ochiladi va paydo bo‘lgan tugunlarga 1–punktни bajarish natijasida aniqlangan quvvat oqimlari qo‘yiladi.

3) Paydo bo‘lgan ochiq tarmoqning normal holati shoxobchalarning to‘la qarshiliklarini e‘tiborga olib hisoblanadi.

4) Konturni ochish natijasida paydo bo‘lgan tugunlar kuchlanishlarining nisbati liniya rostlagichining transformatsiyalash koeffitsiyenti hisoblanadi.

10.2. LABORATORIYA ISHINING DASTURI

1) Variantga muvofiq berilgan elektr tarmoqning almashtirish sxemasi quriladi va uning hisob parametrlari topiladi. Tugunlar nomerlanadi.

2) Elektr tarmoqning dastlabki normal holati EHMda hisoblanadi. Buning uchun

2.1) dastlabki ma‘lumotlar 10.1 va 10.2-jadvallarga kiritiladi.

$$N_{tug.} = \quad ; M_{shah.} = \quad ; U_{bal.tugun.} = \quad kV; \quad \varepsilon =$$

10.1 – jadval

Shoxobcha t/r	Boshlanishi - i	Oxiri - j	R_{ij}, Ω	X_{ij}, Ω	K'_{Tij}	K''_{Tij}	$B_{Sij},$ Sm

10.2– jadval

Tugun t/r	P_i, MVt	Q_i, MVAr	$U_i^{(0)}, \text{kV}$	$\delta_i^{(0)}, \text{rad}$	$B_{Si} \text{Sm}$

4) Elektr tarmoqning normal holati EHMda hisoblanadi va hisoblash natijalari quyidagi jadvallarga kiritiladi:

10.3 – jadval

Tugun	Kuchlanish		Yuklama	
	U, kV	$\delta, \text{rad.}$	P, MVt	Q, MVAr

10.4 – jadval

Shoxobcha t/r	Boshla- nishi, i	Oxiri, j	$P_{ij},$ MVt	$Q_{ij},$ MVAr	$P_{ji},$ MVt	$Q_{ji},$ MVAr

Umumiy isrof: $\Delta S = \dots$

MVA.

3) Elektr tarmoqning iqtisodiy holati konturni ochish orqali ta'minlanadi. Buning uchun

3.1) Tarmoqning holati shoxobchalarning faqat aktiv qarshiliklarini e'tiborga olib ($x=0$), hisoblanadi va natijalar 10.3 va 10.4 kabi jadvallarga kiritiladi.

3.2) 3.1-punktida aniqlangan quvvat oqimlari bo'yicha oqimining bo'linish nuqtasi aniqlanib, unda kontur ochiladi. Paydo bo'lgan yangi tugunlar nomerlanib, ularga mos quvvat oqimlari yuklama sifatida qo'yiladi.

3.3) Paydo bo'lgan ochiq tarmoqning normal holati shoxobchalarning to'la qarshiliklarini e'tiborga olib hisoblanadi. Hisoblash natijalari 10.3 va 10.4 kabi jadvallarga kiritiladi. Umumiy isrof yozib olinadi.

Umumiy aktiv quvvat isrofi uning tarmoqni dastlabki normal holatini hisoblashda hosil bo'lgan qiymatlari bilan solishtiriladi. Natijalar tahlil qilinadi

4) Elektr tarmoqning iqtisodiy holati liniya rostlagichi yordamida bo'ylama-ko'ndalang rostlash orqali ta'minlanadi. Bunda hisobni takrorlamaslik maqsadida 3-punktida olingan natijalardan foydalanish tavsiya etiladi.

4.1) 3.3-punktini bajarish natijasida aniqlangan konturni ochishda paydo bo'lgan tugunlar kuchlanishlarining nisbati sifatida liniya rostlagichning transformatsiyalash koeffitsiyenti aniqlanadi.

4.2) Konturning ochilgan joyiga aniqlangan transformatsiyalash koeffitsiyentiga ega bo'lgan liniya rostlagich o'rnatilib, kontur yopiladi va paydo bo'lgan tarmoqning holati hisoblanadi. Hisoblash natijalari 10.3 va 10.4 kabi jadvallarga kiritiladi. Umumiy isrof yozib olinadi.

Umumiy aktiv quvvat isrofi uning tarmoqni dastlabki normal holatida va iqtisodiy holatni konturni ochish orqali ta'minlash natijasida hosil bo'lgan qiymatlari bilan solishtiriladi. Natijalar tahlil qilinadi.

10.3. LABORATORIYA ISHI BO'YICHA HISOBOTNI TAYYORLASH TARTIBI

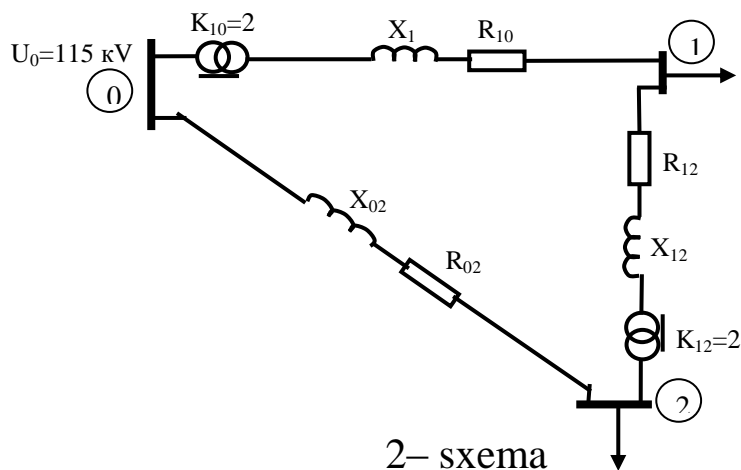
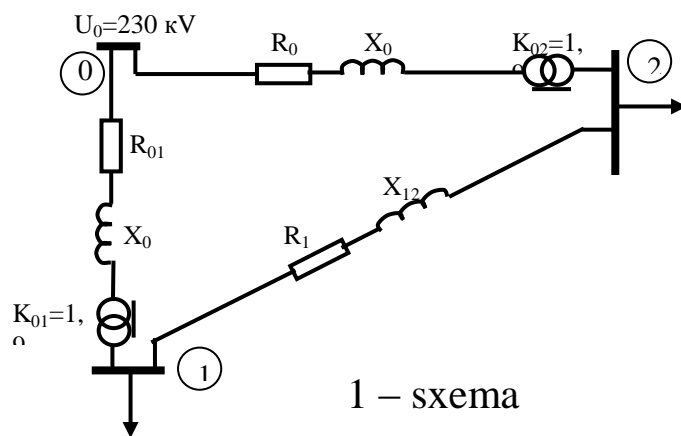
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobotda quyidagilar keltirilishi lozim.

1. Laboratoriya ishining nomi va undan ko'zda tutilgan maqsad.
2. Qisqacha nazariy ma'lumotlar.
3. O'qituvchi tomonidan berilgan variantga muvofiq elektr tarmoqning sxemasi va yuklama va generatsiya tugunlari haqida berilgan ma'lumotlar.
4. Elektr tarmoqning dastlabki normal holatini hisoblash natijalari (to'ldirilgan jadvallar va umumiy isroflar).
5. Elektr tarmoqning iqtisodiy holatini konturni ochish orqali ta'minlash natijalari (to'ldirilgan jadvallar va umumiy isroflar).
6. Elektr tarmoqning iqtisodiy holatini liniya rostagichlari yordamida bo'yлама-ko'ndalang rostagich orqali ta'minlash natijalari (to'ldirilgan jadvallar va umumiy isroflar).

Laboratoriya ishi bo'yicha topshiriq variantlari

Var. nomeri	Sxema nomeri	P_1, MVt	Q_1, MVAr	P_2, MVt	Q_2, MVAr	R_{01}, Om	X_{01}, Om	R_{02}, Om	X_{02}, Om	R_{12}, Om	X_{12}, Om
1	1	10	5	80	30	2,8	100	12,8	142	15	42
2	1	9	4	90	40	3	101	14	144	16	43
3	1	8	3	70	35	2,5	95	11,5	136	14	41
4	1	11	5	85	32	2,6	98	13	142	16,5	44
5	1	13	6	75	30	2	90	12	131	17	41
6	1	14	6	95	40	2,2	105	14,2	146	20	41
7	1	12	5	100	40	2	90	12	132	15	42
8	1	5	2	82	30	2,5	96	11,5	138	16	42
9	1	7	3	96	42	2,8	104	10,8	145	16,5	41
10	1	6	3	84	36	3	105	13	147,5	17	42,5
11	2	80	30	10	5	12,8	142	15	42	2,8	100
12	2	90	40	9	4	14	144	16	43	3	101
13	2	70	35	8	3	11,5	136	14	41	2,5	95
14	2	85	32	11	5	13	142	16,5	44	2,6	98
15	2	75	30	13	6	12	131	17	41	2	90
16	2	95	40	14	6	14,2	146	20	41	2,2	105
17	2	100	40	12	5	12	132	15	42	2	90

18	2	82	30	5	2	11,5	138	16	42	2,5	96
19	2	96	42	7	3	10,8	145	16,5	41	2,8	104
20	2	84	36	6	3	13	147,5	17	42,5	3	105



10.4. SINOV SAVOLLARI

1. Elektr tarmoqning iqtisodiy ish holatini ta'minlash nimani nazarda tutadi?
2. Qanday holda elektr tarmoqda quvvatning tabiiy taqsimlanishi uning iqtisodiy taqsimlanishi bilan bir xil bo'ladi?
3. Tenglashtiruvchi tok nima? U nima sababdan hosil bo'ladi?
4. Tenglashtiruvchi tok va tarmoqning iqtisodiy ish holati o'rtasida qanday bog'liqlik mavjud?
5. Elektr tarmoqning iqtisodiy ish holatini konturni ochish orqali ta'minlash usulining ma'nosini tushuntiring.
6. Elektr tarmoqning iqtisodiy ish holatini kuchlanishni bo'yлама-ko'ndalang rostlash orqali ta'minlash usulining ma'nosini tushuntiring.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Safarov A.M., Gayibov T.Sh., Sulliyev A.X. Elektr tarmoqlari va tizimlari. O'quv qo'llanma/. –Toshkent: Tafakkur bo'stoni, 2013.-224 b.
2. Gayibov T.Sh. Elektr tarmoqlari va tizimlari. O'quv qo'llanma/. – T.: Voris-nashriyot, 2010. 160 b.
3. Gayibov T.Sh. Elektr tarmoqlari va tizimlari. Misol va masalalar to'plami/. –T.: ToshDTU, 2006. 160 b.
4. J. Dunsan Glover, Mulusutla S. Sarma, Thomas J. Overbe. Power System Analysis and Design 5th edition. – USA. SANGAGE Learning, 2010.
5. Weedy B.M., Sory B.J., Jenkins N., Yekanyake J.B., Strbas G. Electric Power Systems/ - 5th ed., UK, A. John Wiley and Sons, 2012.
6. Gayibov T.Sh., Shamsutdinov H.F., Pulatov B.M. Elektr tarmoqlari va tizimlari fanidan kurs loyihasini bajarish uchun uslubiy qo'llanma.- Toshkent: ToshDTU, 2015. 57 b.
12. Лыкин А.В. Электрические системы и сети: Конспект лекций. Ч.1 –Изд-во ЮНЕ Новосибирск, 2000. 83 с.
13. Лыкин А.В. Электрические системы и сети: Конспект лекций. Ч.1 –Изд-во ЮНЕ Новосибирск,2001. 92 с.

Mundarija

	Kirish.....	3
1- laboratoriya ishi	Elektr tizimining normal holatlarini tadqiq qilish.....	4
2- laboratoriya ishi	Uzun elektr uzatish liniyalari ish holatlarini tadqiq qilish.....	8
3- laboratoriya ishi	Elektr tarmoqning normal holatini Gauss-Zeydel usuli yordamida hisoblash.....	14
4- laboratoriya ishi	Elektr tarmoqning normal holatini Nyuton-Rafson usuli yordamida hisoblash.....	23
5- laboratoriya ishi	Elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash.....	31
6- laboratoriya ishi	Elektr tarmoqlarida kuchlanishni transformatorlarning transformatsiyalash koeffitsiyentini o'zgartirib rostdash.....	36
7- laboratoriya ishi	Elektr tarmoqlarida kuchlanishni elektr tarmoqning qarshiligini o'zgartirib rostdash....	43
8- laboratoriya ishi	Elektr tarmoqlarida kuchlanishni elektr tarmoqning reaktiv quvvatini o'zgartirib rostdash.....	49
9- laboratoriya ishi	Elektr tarmoqlarida isroflarni kamaytirish.....	55
10- laboratoriya ishi	Elektr tarmoqlari ishlashining iqtisodiyiligini oshirish usullarini tadqiq qilish.....	64
Foydalanilgan adabiyotlar	71

Muharrir:

Sidikova K.A.