

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

# **ELEKTROMEXANIKA ASOSLARI**

amaliy mashg‘ulotlar

**USLUBIY KO‘RSATMALAR**

**Toshkent 2020**

Giyasov S.M., Yakubova D.K. “Elektromexanika asoslari”. Amaliy mashg‘ulotlarni bajarish uchun uslubiy ko‘rsatmalar. – Toshkent: ToshDTU, 2020. - 74 b.

Ushbu uslubiy ko‘rsatmalar “Elektromexanika asoslari” fanining dasturi asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, undan amaliy mashg‘ulotlarni olib borishda foydalaniladi. Har bir amaliy mashg‘ulot fan doirasida olingan nazariy bilimlarni amalda elektr va magnit zanjirlarida qo‘llash, turli elektr qurilma va elektr mashinalar parametrlarini hisoblashga bag‘ishlangan.

Uslubiy ko‘rsatmalar oliy ta‘lim bakalavriat bosqichining “5310700 – Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalar (elektr mashinasozligida)” ta‘lim yo‘nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun mo‘ljallab tuzilgan.

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qarori bilan chop etildi (2020 yil 30-dekabr 4-sonli bayonnomasi)*

Taqrizchilar: Sulliev A.X. - Toshkent davlat transport universiteti  
“Elektr ta‘minoti” kafedrası t.f.n., prof;

Polatov A.O. - Toshkent davlat texnika universiteti “Elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari” kafedrası, PhD.

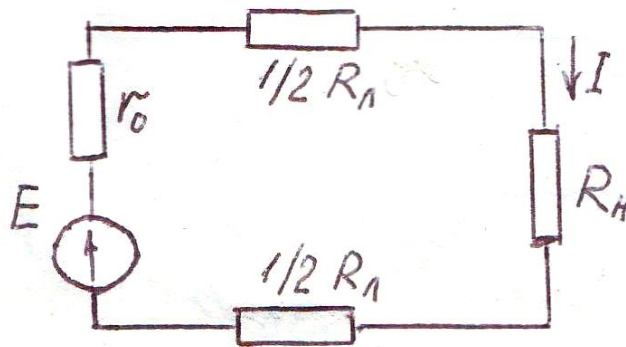
## 1-amaliy mashg'ulot

### Mavzu: Elektr zanjirlarida Om qonunlarini tatbiq etish

**Ishdan maqsad:** Elektr zanjirlarida Om qonunlarini tatbiq etish bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalarga ega bo'lish.

Ushbu amaliy mashg'ulotda talabalar quyida keltirilgan masalalarni yechish orqali elektr zanjiri elementlari va qurilmalaridagi parametrlarni hisoblashni o'rganadilar.

**1.1-masala.** Ichki qarshiligi  $0,5 \text{ Om}$ , elektr yurituvchi kuchi  $150 \text{ V}$  bo'lgan o'zgarmas tok generatorining qismalariga ikki simli uzatish liniyasi orqali qarshiligi  $11,56 \text{ Om}$  bo'lgan yuklama ulangan (1.1-rasm). Uzatish liniyasi alyuminiy simlardan iborat bo'lib, uning parametrlari quyidagicha: uzunligi  $l = 200 \text{ m}$ , ko'ndalang kesimi  $S = 4 \text{ mm}^2$ , solishtirma qarshiligi  $\rho = 0,0294 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ . Berilgan kattaliklar asosida quyidagilar aniqlansin: 1) zanjirdagi tok  $I$ ; 2) generator qismalaridagi kuchlanish  $U$ ; 3) yuklama qismalaridagi kuchlanish  $U_n$ ; 4) generatorning elektromagnit quvvati  $P_{em}$ ; 5) generatorning ichida sarflanayotgan quvvat isrofi  $\Delta P_0$ ; 6) uzatish liniyasidagi quvvat isrofi  $\Delta P_n$ ; 7) yuklama iste'mol qilayotgan quvvat  $P_n$ ; 8) zanjirning quvvatlar muvozanati.



1.1-rasm

**Yechilishi.** Uzatish liniyasining qarshiligi

$$R_n = \rho \frac{2l}{S} = 0,0294 \frac{2 \cdot 200}{4} = 2,94 \text{ Om.}$$

Zanjirning umumiy qarshiligi

$$R = r_0 + R_n + R_H = 0,5 + 2,94 + 11,56 = 15 \text{ Om.}$$

Om qonuniga binoan zanjirdagi tok

$$I = \frac{E}{R} = \frac{150}{15} = 10 \text{ A.}$$

Generator qismlaridagi kuchlanish

$$U_r = E - I \cdot r_0 = 150 - 10 \cdot 0,5 = 145 \text{ B.}$$

Yuklama qismlaridagi kuchlanish

$$U_H = U_r - I \cdot R_n = 145 - 10 \cdot 2,94 = 115,6 \text{ B.}$$

Generatorning elektromagnit quvvati

$$P_{\text{э}} = E \cdot I = 150 \cdot 10 = 1500 \text{ Bm} = 1,5 \text{ kBm.}$$

Generatorning ichida sarflanayotgan quvvat isrofi

$$\Delta P_0 = I^2 \cdot r_0 = 10^2 \cdot 0,5 = 50 \text{ Bm.}$$

Uzatish liniyasidagi quvvat isrofi

$$\Delta P_n = I^2 \cdot R_n = 10^2 \cdot 2,94 = 294 \text{ Bm.}$$

Yuklama iste'mol qilayotgan quvvat

$$P_H = U_H \cdot I = 115,6 \cdot 10 = 1156 \text{ Bm} = 1,156 \text{ kBm.}$$

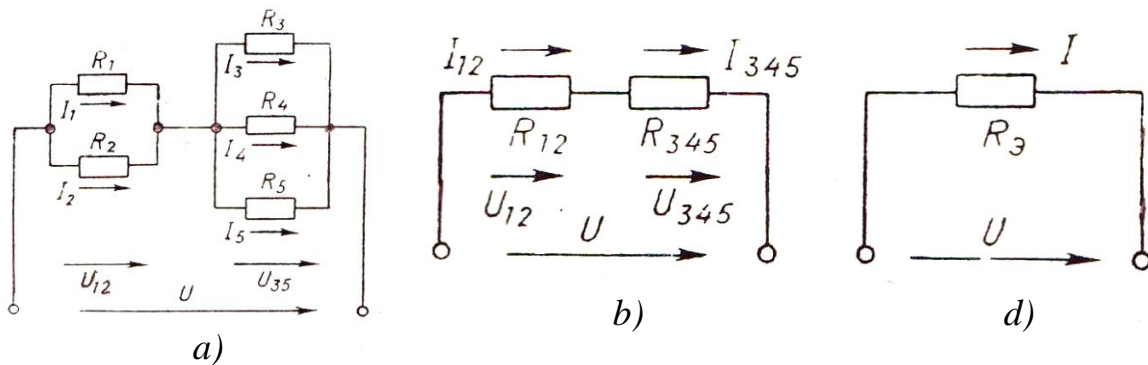
Zanjirdagi quvvatlar muvozanati

$$P_{\text{э}} = \Delta P_0 + \Delta P_n + P_H = 50 + 294 + 1156 = 1500 \text{ Bm} = 1,5 \text{ kBm.}$$

**1.2-masala.** 1.2–rasm, a da ko'rsatilgan murakkab elektr zanjiri uchun quyidagilar:  $U=36 \text{ B}$ ,  $R_1=8 \text{ Om}$ ,  $R_2=2 \text{ Om}$ ,  $R_3= R_4=5 \text{ Om}$ ,  $R_5=10 \text{ Om}$  ma'lum bo'lsa, zanjirning tarmoqlaridagi  $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$  toklarning qiymati aniqlansin.

**Yechilishi:** Zanjirdagi  $R_1$  va  $R_2$  qarshiliklar o‘zaro parallel ulangani uchun ularning ekvivalent qarshiligi

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8 \cdot 2}{8 + 2} = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ O}M.$$



1.2-rasm

$R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  qarshiliklar o‘zaro parallel ulangani uchun ularning ekvivalent o‘tkazuvchanligi

$$G_3 = \frac{1}{R_{3,4,5}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = 0,5 \text{ C}M.$$

Bundan

$$R_{3,4,5} = \frac{1}{G_3} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ O}M.$$

Qarshiliklar  $R_{1,2}$  va  $R_{3,4,5}$  o‘zaro ketma – ket ulangani uchun (1.2-rasm, b) zanjirning ekvivalent qarshiligi (1.2-rasm, d):

$$R_3 = R_{1,2} + R_{3,4,5} = 1,6 + 2 = 3,6 \text{ O}M.$$

U holda zanjirdagi tok

$$I = \frac{U}{R_3} = \frac{36}{3,6} = 10 \text{ A}$$

Zanjirning qismlaridagi kuchlanishlar esa

$$U_{1,2} = I \cdot R_{1,2} = 10 \cdot 1,6 = 16 \text{ B};$$

$$U_{3,4,5} = I \cdot R_{3,4,5} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ B}.$$

U holda tarmoqlardagi toklarning qiymati:

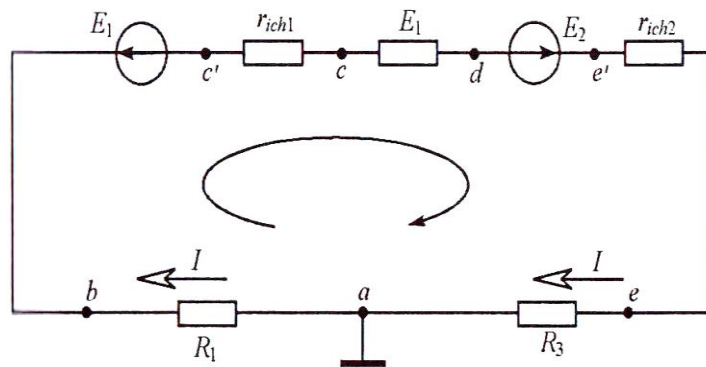
$$I_1 = \frac{U_{1,2}}{R_1} = \frac{16}{8} = 2 \text{ A}; \quad I_2 = \frac{U_{1,2}}{R_2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ A};$$

$$I_3 = I_4 = \frac{U_{3,4,5}}{R_3} = \frac{20}{5} = 4 \text{ A}; \quad I_5 = \frac{U_{3,4,5}}{R_5} = \frac{20}{10} = 2 \text{ A}.$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar

**1.3-masala** Ichki qarshiligi 0,4 Om, elektr yurituvchi kuchi 120 V bo'lgan o'zgarmas tok generatorining qismalariga ikki simli uzatish liniyasi orqali qarshiligi 9,43 Om bo'lgan yuklama ulangan (1.1-rasm). Uzatish liniyasi alyuminiy simlardan iborat bo'lib, uning parametrlari quyidagicha: uzunligi  $l = 150 \text{ m}$ , ko'ndalang kesimi  $S = 3,2 \text{ mm}^2$ , solishtirma qarshiligi  $\rho = 0,0294 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ . Berilgan kattaliklar asosida quyidagilar aniqlansin: 1) zanjirdagi tok  $I$ ; 2) generator qismalaridagi kuchlanish  $U$ ; 3) yuklama qismalaridagi kuchlanish  $U_n$ ; 4) generatorning elektromagnit quvvati  $P_{em}$ ; 5) generatorning ichida sarflanayotgan quvvat isrofi  $\Delta P_0$ ; 6) uzatish liniyasidagi quvvat isrofi  $\Delta P_n$ ; 7) yuklama iste'mol qilayotgan quvvat  $P_n$ ; 8) zanjirning quvvatlar muvozanati.

**1.4-masala.** 1.2 – rasm, a da ko'rsatilgan murakkab elektr zanjiri uchun quyidagilar:  $U = 24 \text{ B}$ ,  $R_1 = 4 \text{ Om}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Om}$ ,  $R_3 = R_4 = 3 \text{ Om}$ ,  $R_5 = 6 \text{ Om}$  ma'lum bo'lsa, zanjirning tarmoqlaridagi  $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$  toklarning qiymati aniqlansin.



1.3-rasm

**1.5-masala.** Bir konturli elektr zanjir uchun  $E_1 = 24 \text{ V}$ ,  $E_2 = 110 \text{ V}$ ,  $R_1 = 4 \text{ Om}$ ,  $R_2 = 3 \text{ Om}$ ,  $R_3 = 7 \text{ Om}$ ,  $r_{ich2} = 1 \text{ Om}$  ma'lum (1.3- rasm). Ushbu zanjir uchun potentsiallar diagrammasi qurilsin.

### Nazorat savollari:

1. Elektr zanjirlari qanday qismlardan tashkil topgan?
2. Zanjirning bir qismi va butun zanjir uchun Om qonunlarini izohlang.
3. Elementlari ketma-ket ulangan zanjirdagi elektr kattaliklarning o'zaro bog'liqligini ayting.
4. Elementlari parallel ulangan zanjirdagi elektr kattaliklarning o'zaro bog'liqligini ayting.
5. Zanjirning o'tkazuvchanligi deganda nimani tushunasiz?

### 2-amaliy mashg'ulot

#### Mavzu: Elektr zanjirlarida Kirxgof qonunlarini tatbiq etish

**Ishdan maqsad:** Elektr zanjirlarida Kirxgof qonunlarini tatbiq etish bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalarga ega bo'lish.

Ushbu amaliy mashg'ulotda talabalar quyida keltirilgan masalalarni yechish orqali elektr zanjiri elementlari va qurilmalaridagi parametrlarni hisoblashni o'rganadilar.

**2.1-masala.** 2.1a-rasmda ko'rsatilgan elektr zanjiri uchun  $E_1 = 100 \text{ B}$ ;  $E_2 = 70 \text{ B}$ ;  $E_3 = 92 \text{ B}$ ;  $R_1 = 7 \text{ Om}$ ;  $R_2 = 9 \text{ Om}$ ;  $R_3 = 9,5 \text{ Om}$ ;  $R_4 = 2 \text{ Om}$ ;  $R_5 = 6 \text{ Om}$ ;  $R_6 = R_7 \text{ Om}$ ;  $R_8 = 8 \text{ Om}$  qiymatlar ma'lum bo'lsa, Kirxgof qonunlarini bevosita qo'llash usuli yordamida zanjirdagi toklarning taqsimlanishi aniqlansin.

**Yechilishi.** Avval  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  va  $R_7$ ,  $R_8$  qarshiliklarining ekvivalent qarshiligini aniqlab, berilgan sxemani soddaroq ko'rinishga (2.1-b rasm) keltiramiz:

$$R_{11} = 7 + 7 + 8 = 22 \text{ Om}; \quad R_{33} = 7 + 9,5 + \frac{2 \cdot 6}{2 + 6} = 18 \text{ Om}.$$

EYUK lar ( $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ) va tarmoqlardagi toklar ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ) ning ixtiyoriy musbat yo'nalishlarini 2.1-b rasmda ko'rsatilgandek qabul qilamiz.

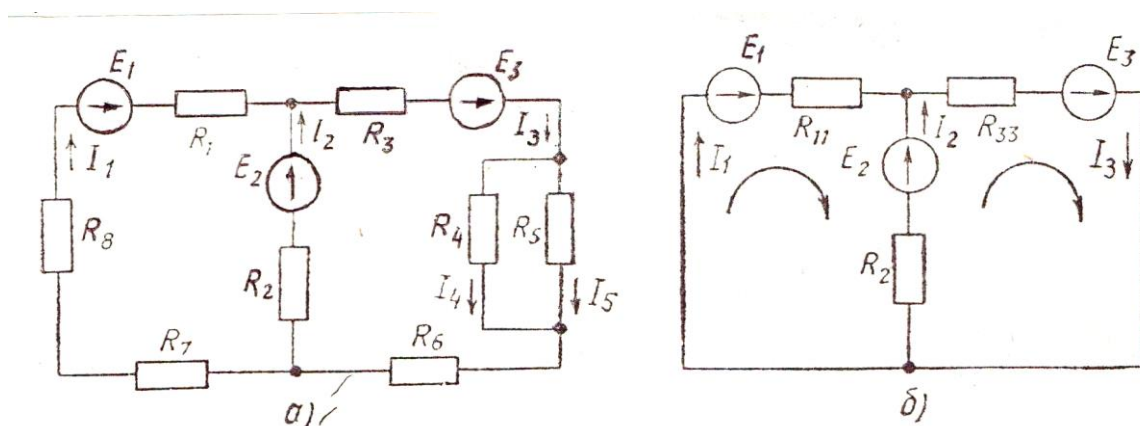
Soʻngra EYUK va qarshiliklarning maʼlum qiymatlarini tenglamalar sistemasiga qoʻyamiz:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$30 = 22I_1 - 9I_2$$

$$162 = 9I_2 + 18I_3$$

Mazkur tenglamalar sistemasini yechib,  $I_1 = 3$  A,  $I_2 = 4$  A va  $I_3 = 7$  A ekanligini topamiz.



2.1- rasm

Demak, aniqlangan barcha toklarning ishorasi musbat boʻlib chiqdi, tarmoqlardagi toklarning haqiqiy yoʻnalishi ularning 2.1-b rasmda koʻrsatilgan yoʻnalishlariga mos keldi.  $I_3$  toki oʻzaro parallel boʻlgan  $R_4$  va  $R_5$  tarmoqlarda taqsimlanib, ularning qarshiligiga teskari proporsional ravishda oʻzgaradi, yaʼni:

$$I_4 = I_3 \cdot \frac{R_5}{R_4 + R_5} = 7 \cdot \frac{6}{8} = \frac{21}{4} = 5,25 \text{ A};$$

$$I_5 = I_3 \cdot \frac{R_4}{R_4 + R_5} = 7 \cdot \frac{2}{8} = \frac{7}{4} = 1,75 \text{ A}.$$

**2.2-masala.** 2.2-rasmda koʻrsatilgan elektr zanjiri uchun quyidagilar:

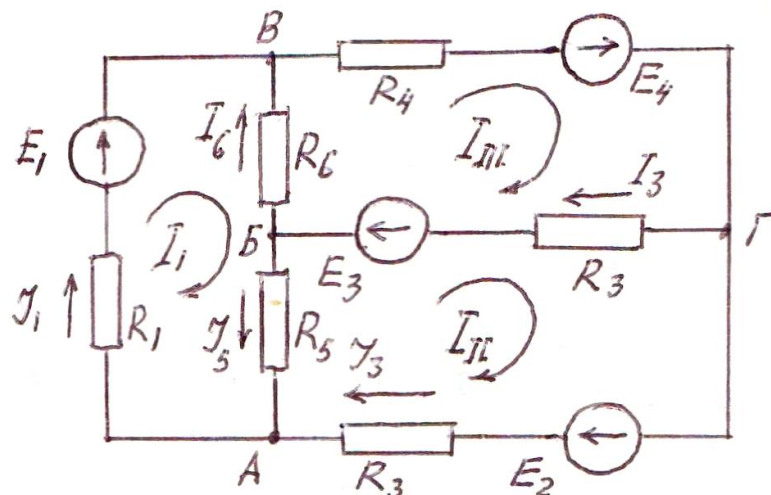
$$E_1 = 20 \text{ B}; \quad E_2 = 25 \text{ B}; \quad E_3 = E_4 = 15 \text{ B};$$

$$R_1 = 12 \text{ O}\Omega; \quad R_2 = 11 \text{ O}\Omega; \quad R_3 = 10 \text{ O}\Omega;$$

$$R_4 = 10 \text{ O}\Omega; \quad R_5 = R_6 = 5 \text{ O}\Omega$$



ma'lum bo'lsa, zanjir tarmoqlaridagi toklarning taqsimlanishi kontur toklari usuli yordamida aniqlansin.



2.2-rasm

**Yechilishi.** EYUK larning, tarmoqlardagi toklarning, shuningdek kontur toklarining yo'nalishini rasmda ko'rsatilgandek qabul qilamiz. Har bir kontur EYUK larning algebraik yig'indilari:

$$E_1 = E_1 = 20 \text{ B}; \quad E_{11} = E_2 - E_3 = 25 - 15 = 10 \text{ B};$$

$$E_{111} = E_3 + E_4 = 15 + 15 = 30 \text{ B}.$$

Har bir kontur qarshiliklarining yig'indilari:

$$R_{11} = 12 + 5 + 5 = 22 \text{ OM};$$

$$R_{22} = 11 + 10 + 5 = 26 \text{ OM};$$

$$R_{33} = 10 + 10 + 5 = 25 \text{ OM}.$$

Yondosh tarmoqlarning qarshiliklari:

$$R_{12} = R_{21} = -5 \text{ OM}; \quad R_{13} = R_{31} = -5 \text{ OM};$$

$$R_{23} = R_{32} = -10 \text{ OM}.$$

Olingan EYUK va qarshiliklarning qiymatlarini tenglamalar sistemasiga qo'yamiz:

$$\begin{aligned}
22 \cdot I_1 - 5 \cdot I_{11} - 5 \cdot I_{111} &= 20 \\
-5 \cdot I_1 + 26 \cdot I_{11} - 10 \cdot I_{111} &= 10 \\
-5 \cdot I_1 - 10 \cdot I_{11} + 25 \cdot I_{111} &= 30
\end{aligned}$$

Mazkur tenglamalar sistemasining bosh aniqlovchi  $\Delta$  ni topamiz.

$$\begin{aligned}
\Delta &= \begin{vmatrix} 22 & -5 & -5 \\ -5 & 26 & -10 \\ -5 & -10 & 25 \end{vmatrix} = 22 \cdot \begin{vmatrix} 26 & -10 \\ -10 & 25 \end{vmatrix} + 5 \cdot \begin{vmatrix} -5 & -10 \\ -5 & 25 \end{vmatrix} - 5 \cdot \begin{vmatrix} -5 & 26 \\ -5 & -10 \end{vmatrix} = \\
&= 14300 - 2200 - 625 - 250 - 250 - 650 = 10325
\end{aligned}$$

Kontur toklarini aniqlash uchun bosh aniqlovchining algebraik to'ldiruvchilarini topamiz:

$$\Delta_{11} = \begin{vmatrix} 26 & -10 \\ 10 & 25 \end{vmatrix} = 650 - 100 = 550;$$

$$\Delta_{12} = \Delta_{21} = - \begin{vmatrix} -5 & -10 \\ -5 & 25 \end{vmatrix} = -(-125 - 50) = 175;$$

$$\Delta_{22} = \begin{vmatrix} 22 & -5 \\ -5 & 25 \end{vmatrix} = 550 - 25 = 525;$$

$$\Delta_{13} = \Delta_{31} = \begin{vmatrix} -5 & 26 \\ -5 & -10 \end{vmatrix} = 50 + 130 = 180;$$

$$\Delta_{33} = \begin{vmatrix} 22 & -5 \\ -5 & 26 \end{vmatrix} = 572 - 25 = 547;$$

$$\Delta_{23} = \Delta_{32} = \begin{vmatrix} 22 & -5 \\ -5 & -10 \end{vmatrix} = -(-220 - 25) = 245.$$

Aniqlangan kattaliklar yordamida kontur toklarini topamiz:

$$\begin{aligned}
I_1 &= E_1 \cdot \frac{\Delta_{11}}{\Delta} + E_{11} \cdot \frac{\Delta_{12}}{\Delta} + E_{111} \cdot \frac{\Delta_{13}}{\Delta} = 20 \cdot \frac{550}{10325} + 10 \cdot \frac{175}{10325} + \\
&+ 30 \cdot \frac{180}{10325} = 1,07 + 0,17 + 0,52 = 1,76 \text{ A};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_{11} &= E_1 \cdot \frac{\Delta_{21}}{\Delta} + E_{11} \cdot \frac{\Delta_{22}}{\Delta} + E_{111} \cdot \frac{\Delta_{23}}{\Delta} = 20 \cdot \frac{175}{10325} + 10 \cdot \frac{525}{10325} + \\
&\quad + 30 \cdot \frac{245}{10325} = 0,34 + 0,51 + 0,71 = 1,56 \text{ A}; \\
I_{111} &= E_1 \cdot \frac{\Delta_{32}}{\Delta} + E_{11} \cdot \frac{\Delta_{32}}{\Delta} + E_{111} \cdot \frac{\Delta_{33}}{\Delta} = 20 \cdot \frac{180}{10325} + 10 \cdot \frac{245}{10325} + \\
&\quad + 30 \cdot \frac{547}{10325} = 0,35 + 0,24 + 1,59 = 2,18 \text{ A}.
\end{aligned}$$

Kontur toklari yordamida tarmoqlardagi toklarning haqiqiy qiymatini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned}
I_1 &= I_1 = 1,76 \text{ A}, \quad I_2 = I_{11} = 1,56 \text{ A}, \\
I_3 &= I_{111} = I_{11} = 2,18 - 1,56 = 0,62, \quad I_4 = I_{111} = 2,18 \text{ A}, \\
I_5 &= I_{111} = I_{11} = 2,18 - 1,56 = 0,62, \quad I_4 = I_{111} = 2,18 \text{ A}, \\
I_5 &= I_1 - I_{11} = 1,76 - 1,56 = 0,2 \text{ A}, \\
I_6 &= I_{111} - I_1 = 2,18 - 1,76 = 0,42 \text{ A}.
\end{aligned}$$

**2.3-masala.** 2.3-rasmda ko'rsatilgan elektr zanjiri uchun quyidagilar  $E_1=60 \text{ B}$ ,  $E_2=30 \text{ B}$ ,  $R_1=8 \text{ Om}$ ,  $R_2=5 \text{ Om}$ ,  $R_3=6 \text{ Om}$ ,  $R_4=7 \text{ Om}$  va  $R_5=16 \text{ Om}$  ma'lum bo'lsa, zanjir tarmoqlaridagi toklar tugun potentsiallari usuli yordamida aniqlansin.

**Yechilishi.** Agar "σ-z" tugunlarni bitta tugun deb hisoblasak va uning potentsialini  $\varphi_1$ , "σ" tugunniki esa  $\varphi_2$  bo'ladi. Binobarin, masala ikkita tenglama bilan yechiladi:

$$\begin{aligned}
\varphi_1 G_{11} - \varphi_2 G_{12} &= I_1, \\
-\varphi_1 G_{21} + \varphi_2 G_{22} &= I_2.
\end{aligned}$$

Bu yerda

$$\begin{aligned}
G_{11} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{8} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} = \frac{59}{120} = 0,5; \\
G_{12} = G_{21} &= \frac{1}{R_3} = \frac{1}{6} = 0,167;
\end{aligned}$$

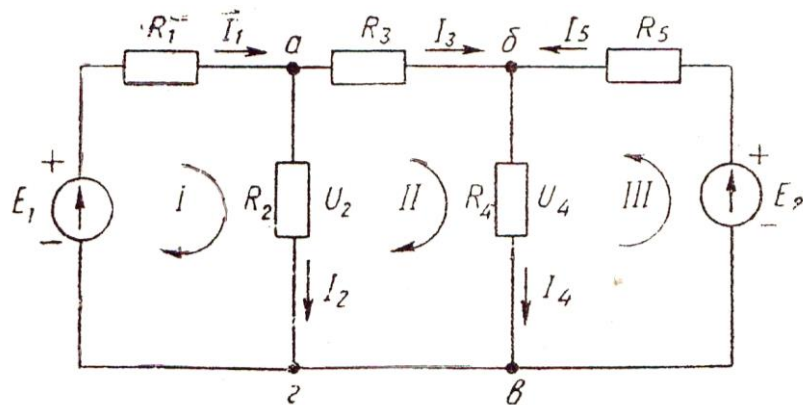
$$G_{22} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{16} = \frac{125}{336} = 0,372;$$

$$J_1 = E_1 G_1 = \frac{60}{8} = 7,5 \text{ A}; \quad J_2 = E_2 G_5 = \frac{30}{16} = 1,875 \text{ A}.$$

Yuqoridagi tenglamalar sistemasini qayta yozamiz:

$$0,5\varphi_1 - 0,167\varphi_2 = 7,5,$$

$$-0,167\varphi_1 + 0,372\varphi_2 = 1,875.$$



2.3-rasm

Bu sistemani yechish natijasida quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\varphi_1 = 20 \text{ B}, \quad \varphi_2 = 14 \text{ B}.$$

Tarmoqlardagi toklar esa quyidagi qiymatlarga ega:

$$I_1 = (E_1 - \varphi_1)G_1 = \frac{60 - 20}{8} = 5 \text{ A};$$

$$I_2 = \varphi_1 G_2 = 20 \cdot \frac{1}{5} = 4 \text{ A};$$

$$I_3 = (\varphi_1 - \varphi_2)G_3 = \frac{20 - 14}{6} = 1 \text{ A};$$

$$I_4 = \varphi_2 \cdot G_4 = \frac{14}{7} = 2 \text{ A}; \quad I_5 = (E_2 - \varphi_2)G_5 = 1 \text{ A}.$$

**2.4-masala.** Agar 2.4-a rasmda berilgan elektr zanjiri uchun quyidagilar:  $E_1 = 99B$ ,  $E_2 = 66B$ ,  $R_1 = 12Om$ ,  $R_2 = 6Om$ ,  $R_3 = 18Om$  ma'lum bo'lsa, zanjir tarmoqlardagi toklar ustlash usuli yordamida aniqlansin.

**Yechilishi.** Agar elektr zanjirida faqat EYUK  $E_1$  ning ta'siri mavjud desak (2.4- b rasm), u holda zanjirning umumiy qarshiligi:

$$R_{19} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 12 + \frac{6 \cdot 18}{6 + 18} = 16,5Om.$$

Zanjirning tarmoqlangan qismidagi tok:

$$I_1 = \frac{E_1}{R_{13}} = \frac{99}{16,5} = 6A.$$

Tarmoqlangan xususiy toklar:

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} + 6 \cdot \frac{18}{6 + 18} = 4,5A;$$

$$I_3 = I_1 \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 6 \cdot \frac{6}{6 + 18} = 1,5A.$$

Agar zanjirda faqat EYUK  $E_2$  ning ta'siri mavjud desak, (2.4-d rasm), u holda zanjirning umumiy qarshiligi :

$$R_{29} = R_2 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} = 6 + \frac{12 \cdot 18}{12 + 18} = 6 + 7,2 = 13,2Om.$$

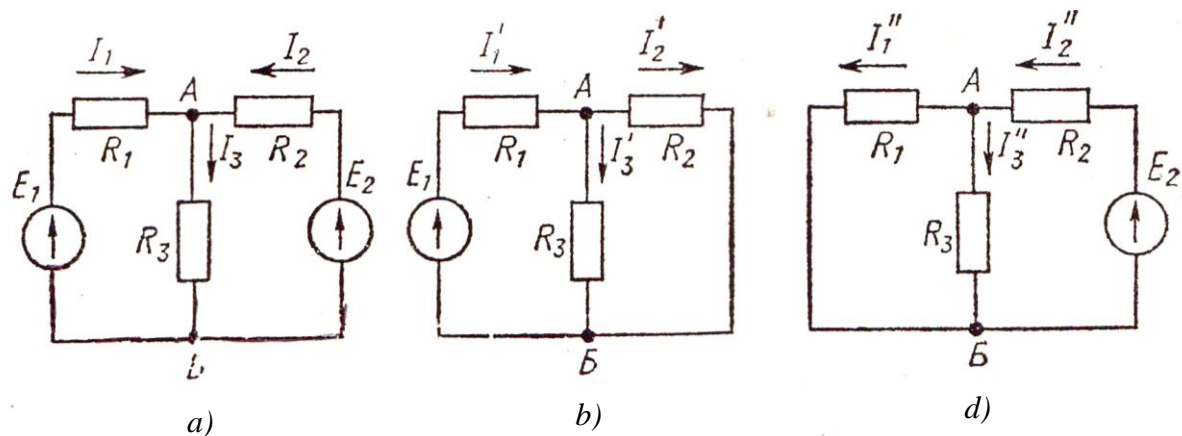
Zanjirning tarmoqlangan qismidagi tok:

$$I_2 = \frac{E_2}{R_{29}} = \frac{66}{13,2} = 5A$$

Tarmoqlangan xususiy toklar:

$$I_1 = I_2 \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_3} = 5 \cdot \frac{18}{12 + 18} = 3A;$$

$$I_3 = I_2 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3} = 5 \cdot \frac{12}{12 + 18} = 2A.$$

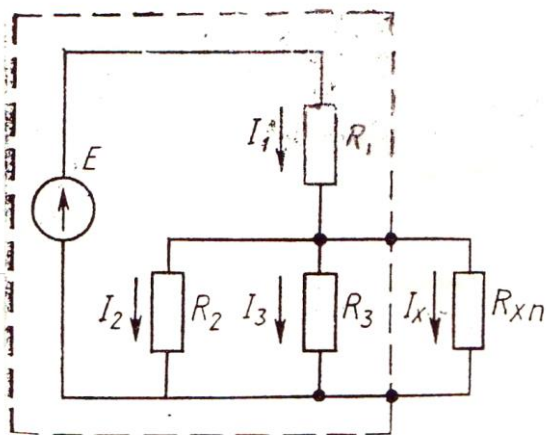


2.4-rasm

**2.5-masala.** 2.5-rasmda ko'rsatilgan zanjir uchun quyidagilar:  $E = 60B$ ,  $R_1 = 18Om$ ,  $R_2 = 30Om$ ,  $R_3 = 20Om$  va  $R_x = 12Om$  ma'lum bo'lsa, zanjirning shoxobchasidan o'tayotgan tok  $I$  aniqlansin.

**Yechilishi.** Kuchlanish  $U_0$  ni aniqlash uchun avval zanjirning punktirga olingan qismidagi ekvivalent qarshilik  $R_9$  va tok  $I$  ni hisoblash kerak.

$$R_9 = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 18 + \frac{30 \cdot 20}{30 + 20} = 30 \text{ Om}$$



2.5-rasm

U holda zanjirdagi tok:

$$I = \frac{E}{R_9} = \frac{60}{30} = 2A.$$

a b qismlardagi kuchlanish ( $U_{a\bar{b}} = U_0$ ) quyidagicha aniqlanadi:

$$I_x = \frac{U_{a\bar{b}}}{R_{kup} + R_x} = \frac{24}{7,2 + 12} = \frac{24}{19,2} = 1,25A$$

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_{23}} = \frac{30 \cdot 20}{30 + 20} = 12OM$$

Tekshirish. Zanjirning chiqish qismlardagi kuchlanish:

$$U_{a\bar{b}} = I_x R_x = 1,25 \cdot 12 = 15B.$$

Demak, tarmoqlardagi toklar tegishlicha quyidagilarga teng:

$$I_2 = \frac{15}{30} = 0,5A \text{ va } I_3 = \frac{15}{20} = 0,75A$$

Umumiy tok:

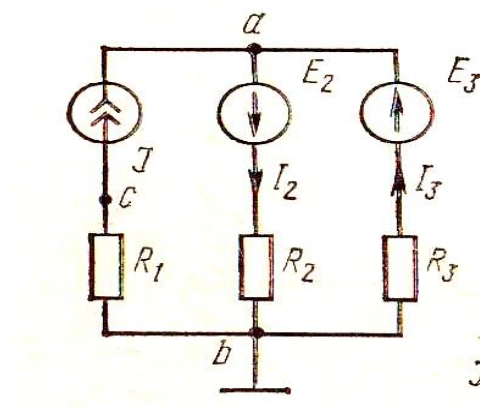
$$I_2 = I_2 + I_3 + I_x = 0,5 + 0,75 + 1,25 = 2,5A$$

$R_1$  qarshilikdagi kuchlanish:

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 2,5 \cdot 18 = 45B$$

yoki

$$E = U_1 + U_{a\bar{b}} = 45 + 15 = 60B$$

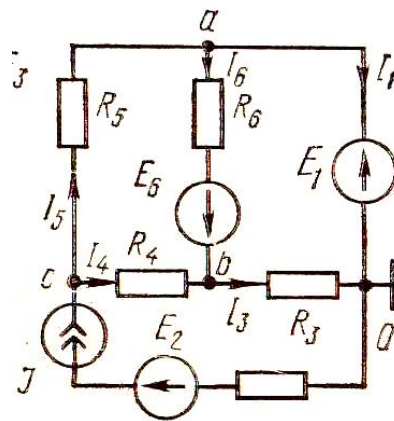


2.6-rasm

## Mustaqil yechish uchun masalalar

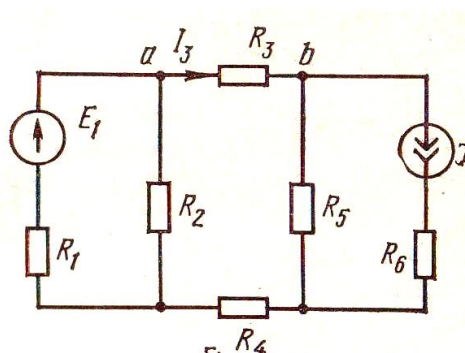
**2.6-masala.** 2.6-rasmda ko'rsatilgan zanjir uchun quyidagilar berilgan:  $J = 1\text{ A}$ ,  $E_2 = 16\text{ V}$ ,  $R_1 = 5\text{ Ohm}$ ,  $R_2 = 8\text{ Ohm}$ ,  $R_3 = 2\text{ Ohm}$ ,  $E_3 = 4\text{ V}$ . Kontur toklari va ikki tugun usullari bilan sxema shoxobchalaridagi toklar topilsin. Quvvatlar balansi tekshirilsin.

**2.7-masala.** 2.7- rasmda ko'rsatilgan zanjir uchun quyidagilar:  $J = 2\text{ A}$ ,  $E_1 = 25\text{ V}$ ,  $E_2 = 10\text{ V}$ ,  $R_2 = 10\text{ Ohm}$ ,  $R_3 = 20\text{ Ohm}$ ,  $R_4 = 10\text{ Ohm}$ ,  $R_5 = 8\text{ Ohm}$ ,  $R_6 = 5\text{ Ohm}$ ,  $E_6 = 20\text{ V}$ . Kontur toklari va tugun potentsiallari usullari bilan sxema shoxobchalaridagi toklar topilsin. Quvvatlar balansi tekshirilsin.



2.7-rasm

**2.8-masala.** 2.8- rasmda ko'rsatilgan zanjir uchun quyidagilar:  $J = 1\text{ A}$ ,  $E_1 = 20\text{ V}$ ,  $R_1 = 10\text{ Ohm}$ ,  $R_2 = 10\text{ Ohm}$ ,  $R_3 = 5\text{ Ohm}$ ,  $R_4 = 15\text{ Ohm}$ ,  $R_5 = 5\text{ Ohm}$ ,  $R_6 = 5\text{ Ohm}$ ,  $E_6 = 20\text{ V}$ . Ekvivalent generator usuli bilan berilgan sxemadagi  $I_3$  tok topilsin.



2.8-rasm



## Nazorat savollari:

1. Kirxgofning I-qonunini ayting.
2. Kirxgofning II-qonunini ayting.
3. Zanjir tarmoqlaridagi toklarning taqsimlanishi kontur toklari usuli yordamida qanday aniqlanadi?
4. Zanjir tarmoqlaridagi toklar tugun potentsiallari usuli yordamida qanday aniqlanadi?

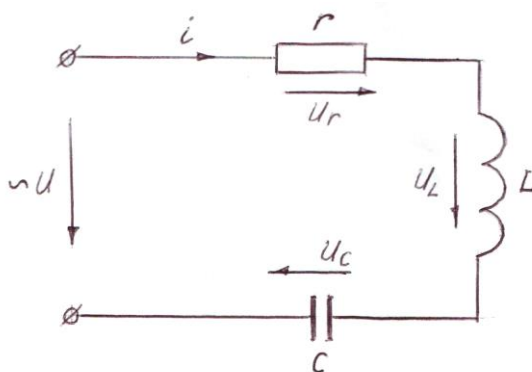
## 3-amaliy mashg'ulot

### Mavzu: O'zgaruvchan tok zanjiri elementlari parametrlarini tadqiq etish

**Ishdan maqsad:** O'zgaruvchan tok zanjiri elementlari parametrlarini hisoblash bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

Ushbu amaliy mashg'ulotda talabalar quyida keltirilgan masalalarni yechish orqali o'zgaruvchan tok zanjiri elementlari parametrlarini hisoblashni o'rganadilar.

**3.1-masala.** 3.1-rasmdagi zanjiriga  $u = 160 \sin(314t + \frac{\pi}{4})$  kuchlanish berilgan.  $r = 20 \text{ Ohm}$ ,  $L = 0,1 \text{ Hn}$  va  $S = 48,4 \text{ mkF}$ ; zanjir elementlardagi tok va kuchlanishning oniy qiymatlari aniqlansin.



3.1-rasm

**Yechish.** Zanjirning tegishli induktiv sig'imi va to'la qarshiliklari quyidagicha aniqlanadi:

$$X_L = \omega L = 314 \cdot 0,1 = 31,4 \text{ } \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{10^6}{314 \cdot 48,4} = 66 \text{ } \Omega$$

$$Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{20^2 + (31,4 - 66)^2} = 40 \text{ } \Omega$$

siljish burchagi:

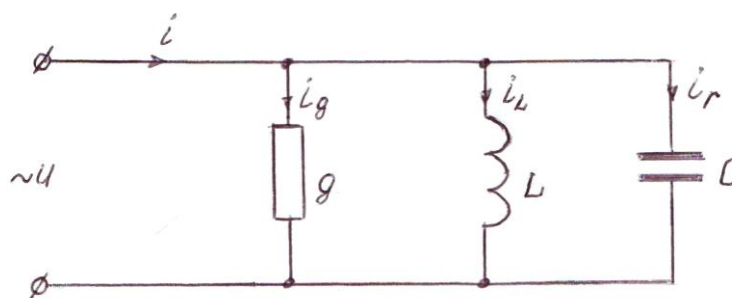
$$\varphi = \arctg \frac{x_L - x_C}{r} = \arctg \frac{-34,6}{20} = \arctg(-1,73) = -\frac{\pi}{3}$$

Zanjir elementlaridagi kuchlanishlar

$$u_r = ri = 80 \sin\left(314t + \frac{7\pi}{12} + \frac{\pi}{2}\right) = 125,6 \sin\left(314t + \frac{13\pi}{12}\right)$$

$$u_c = I_m \cdot x_c \sin\left(314t + \frac{7\pi}{12} - \frac{\pi}{2}\right) = 264 \sin\left(314t + \frac{\pi}{12}\right)$$

**3.2-masala.** 3.2-rasmdagi zanjirga  $u=141\sin 314t$  kuchlanish berilgan. Parametrlari  $g=0,04$  1/Ω,  $L=0,04$  Gn va  $C=159$  mkf boʻlgan zanjirning parallel tarmoqlardagi  $I_g, I_L$  va  $I_C$  toklarning effektiv qiymatlari va butun zanjirdagi tokning oniy qiymati topilsin.



3.2-rasm

**Yechish.** Zanjirning induktiv  $b_L$  va sigʻimiy  $b_c$  oʻtkazuvchanliklari turlicha:

$$b_L = \frac{1}{\omega L} = \frac{1}{314 \cdot 0,04} = 0,0081 / \Omega;$$

$$b_c = \omega C = 314 \cdot 159 \cdot 10^{-6} = 0,051 / \Omega.$$

Zanjir qismlaridagi effektiv kuchlanish:

$$U = \frac{Um}{\sqrt{2}} = \frac{141}{1,41} = 100B.$$

Tarmoqlangan effektiv toklar:

$$I_g = gU = 0,04 \cdot 100 = 4A,$$

$$I_L = b_L U = 0,08 \cdot 100 = 8A,$$

$$I_c = b_c U = 0,05 \cdot 100 = 5A.$$

Zanjirning tarmoqlangan qismidagi (umumiy) tok:

$$I = \sqrt{4^2 + (8-5)^2} = 5A$$

kuchlanish  $U$  va tok  $I$  vektorlari orasidagi faza siljishi burchagi:

$$\varphi = \arctg \frac{b}{g} = \arctg \frac{0,08-0,05}{0,4} = \arctg \frac{3}{4} = 36^\circ 50'$$

Butun zanjirning oniy toki (manbadan kelayotgan tok):

$$i = I \sin(314t - \varphi) = \sqrt{2} \cdot 5 \cdot \sin(314t - 36^\circ 50') = 7,07 \sin(314t - 36^\circ 50').$$

**3.3-masala.** Parametrlari  $r_1=10$  Om,  $r_2=6$  Om,  $L_1=20$  mGn;  $L_2=50$  mGn bo'lgan ikkita g'altak kuchlanishi  $U=127$  V va chastotasi  $f=50$  Gc bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmog'iga parallel ulangan.

Zanjir shoxobchalaridagi toklar aniqlansin hamda kuchlanish va toklarning vektor diagrammasini qurib, zanjirning quvvat koeffitsiyenti  $\cos \varphi$  topilsin.

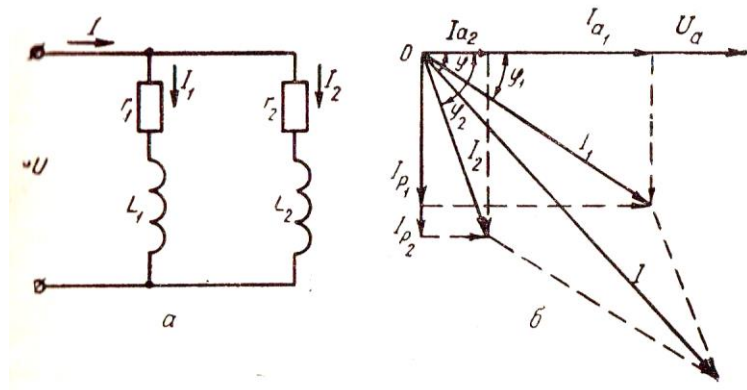
**Yechish.** Berilgan zanjirning sxemasini chizamiz (3.3-rasm). Shoxobchalarning to'la qarshiligini aniqlaymiz.

Birinchi shoxobcha uchun:

$$Z_1 = \sqrt{r_1^2 + (\omega L_1)^2} = 11,8 \text{ Om.}$$

Ikkinchi shoxobcha uchun:

$$Z_2 = \sqrt{r_2^2 + (\omega L_2)^2} = 17 \text{ Om.}$$



3.3-rasm

Birinchi shoxobchadagi tok:

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = 10,75 \text{ A.}$$

Tok  $I_1$  tarmoq kuchlanishidan  $\varphi_1$  burchagiga orqada qoladi:

$$\varphi_1 = \arctg \frac{x_1}{r_1} = \arctg \frac{6,28}{10} = 32^\circ.$$

Tok  $I_1$  ning aktiv tashkil etuvchisi:

$$I_{a1} = I_1 \cos \varphi_1 = 10,75 \cdot 0,848 = 9,13 \text{ A,}$$

bu yerda  $\cos \varphi_1 = \frac{r_1}{Z_1} = \frac{10}{11,8} = 0,848.$

Tok  $I_1$  ning reaktiv tashkil etuvchisi:

$$I_{p1} = I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 10,75 \cdot 0,53 = 5,7 \text{ A.}$$

Ikkinchi shoxobchadagi tok:

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{127}{17} = 7,48 \text{ A.}$$

Tok  $I_2$  tarmoq kuchlanishidan  $\varphi_2$  burchagiga orqada qoladi:

$$\varphi_2 = \arctg \frac{x_2}{r_2} = \arctg \frac{15,7}{6} = 69^\circ.$$

Tok  $I_2$  ning aktiv tashkil etuvchisi:

$$I_{a2}=I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 7,48 \cdot 0,353 = 2,64 \text{ A},$$

bu yerda  $\cos \varphi_2 = \frac{r_2}{Z_2} = \frac{6}{15,7} = 0,353$ .

Tok  $I_2$  ning reaktiv tashkil etuvchisi:

$$I_{p2} = I_2 \cdot \sin \varphi_2 = 7,48 \cdot 0,934 = 6,98 \text{ A}.$$

Umumiy tok  $I$  ning yoʻnalishi va kattaligini 3.3-rasmdagi vektor diagrammadan topish mumkin.

Buning uchun, boshlangʻich vektor qilib olingan (uning yoʻnalishini ixtiyoriy olish mumkin) kuchlanish vektori  $U$  ga nisbatan qoluvchan  $\varphi_1$  va  $\varphi_2$  burchaklar bilan  $I_1$  va  $I_2$  toklarning vektorlarini chizish kerak.

Tokning masshtabi:

$$M_1 = 0,2 \text{ A/mm}.$$

Umumiy tok:

$$I = I_1 + I_2.$$

Vektor diagrammadan:

$$I = I(\text{MM}) \cdot M_1 = 17 \text{ A}.$$

Analitik usul bilan hisoblanganda:

$$I = \sqrt{(\sum I_a)^2 + (\sum I_p)^2} = 17,2 \text{ A};$$

$$\sum I_a = I_{a1} + I_{a2}; \quad \sum I_p = I_{p1} + I_{p2}.$$

Umumiy tok va kuchlanishning faza siljish burchagi:

$$\varphi = \arctg \frac{\sum I_p}{\sum I_a} = \arctg \frac{12,68}{11,7} = 47^\circ.$$

Butun zanjirning quvvat koeffitsiyenti:  $\cos \varphi = \cos 47^\circ = 0,68$ .

**3.4-masala.** Kuchlanishi  $U=220\text{ V}$  bo‘lgan elektr tarmog‘iga 3.4-rasmda ko‘rsatilgan elektr zanjiri ulangan.

Agar

$$\begin{array}{lll} r_0=2,16\text{ Om}, & x_{L_0}=6\text{ Om}, & x_{C_0}=0,56\text{ Om} \\ r_1=3\text{ Om} & x_{L_1}=4\text{ Om} & r_2=6\text{ Om} \\ x_{C_2}=8\text{ Om} & x_{L_3}=25\text{ Om}, & \end{array}$$

bo‘lsa barcha tarmoqlardagi toklar aniqlansin.

Yechish natijalari bo‘yicha masshtabda tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi qurilsin.

**Yechish.** Tarmoqlarning to‘la qarshiliklarini aniqlaymiz:

$$Z_1 = \sqrt{r_1^2 + X_{L_1}^2} = 5\text{ Om},$$

$$Z_2 = \sqrt{r_2^2 + X_{C_2}^2} = 10\text{ Om};$$

$$Z_3 = X_{L_3} = 25\text{ Om}.$$

Tarmoqlarning aktiv va reaktiv o‘tkazuvchanliklarni aniqlaymiz:

$$g_1 = \frac{r_1}{z_1^2} = 0,12 \frac{1}{\text{Om}}, \quad g_2 = \frac{r_2}{z_2^2} = \frac{6}{10^2} = 0,06 \frac{1}{\text{Om}}$$

$$b_1 = \frac{X_{L_1}}{z_1^2} = 0,16 \frac{1}{\text{Om}}, \quad b_2 = \frac{x_{C_2}}{z_2^2} = 0,08 \frac{1}{\text{Om}},$$

$$b_3 = \frac{x_{L_3}}{z_3^2} = 0,04 \frac{1}{\text{Om}}.$$

Tarmoqlanishdagi aktiv o‘tkazuvchanliklarining yig‘indisi:

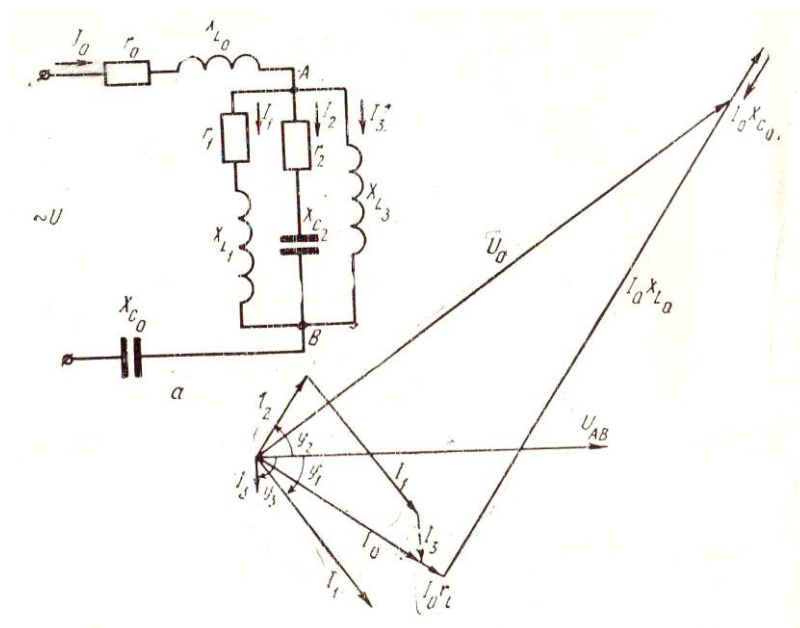
$$g_{ab} = g_1 + g_2 = 0,18 \frac{1}{\text{Om}}.$$

Tarmoqlanishdagi reaktiv o‘tkazuvchanliklarning yig‘indisi:

$$b_{ab} = b_1 - b_2 + b_3 = 0,16 - 0,08 + 0,04 = 0,12 \frac{1}{\text{Om}}.$$

Tarmoqlanishning to‘la o‘tkazuvchanligi:

$$U_{ab} = \sqrt{g_{ab}^2 + b_{ab}^2} = 0,216 \frac{1}{\text{Om}}.$$



3.4-rasm

### Mustaqil yechish uchun masalalar

**3.5-masala.** O‘zgaruvchan tok zanjiriga rezistor ulangan. Undagi tok va kuchlanishning ta‘sir etuvchi qiymatlari mos ravishda  $I=350$  mA va  $U=42$  V. Rezistorning qarshiligi, undan ajralayotgan quvvat va tokning amplitudaviy qiymati topilsin.

**3.6-masala.** Sig‘imi  $C=0,1$  mkF bo‘lgan kondensatordan ta‘sir etuvchi qiymati  $I=50$  mA bo‘lgan tok o‘tayapti. Manbaning chastotasi  $f=50$  Gc. Kondensatordagi kuchlanishning ta‘sir etuvchi va amplitudaviy qiymatlari hamda uning qarshiligi aniqlansin. Vektor diagramma qurilsin.

**3.7-masala.**  $L=0,2$  Gn induktivlikka ega bo‘lgan g‘altakka  $U=36$  V kuchlanish qo‘yilgan. Agar signal chastotasi  $f=150$  Gc va kuchlanishning boshlang‘ich fazasi  $\Psi u=0$  bo‘lsa, g‘altakdagi tokning ta‘sir etuvchi qiymati va uning o‘zgarish qonuni aniqlansin.

### Nazorat savollari:

1. Elementlari ketma-ket ulangan zanjir nima bilan xarakterlanadi?
2. Vektor diagrammalar qanday chiziladi?
3. Zanjirning aktiv qarshiligi nima?
4. Zanjirning reaktiv qarshiligi nima?
5. Zanjirning to‘la qarshiligi nima?

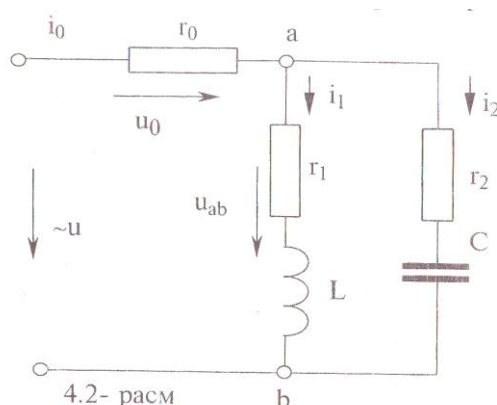
## 4-amaliy mashg'ulot

### Mavzu: O'zgaruvchan tok zanjiri elementlari parametrlarini tadqiq etish

**Ishdan maqsad:** O'zgaruvchan tok zanjiri elementlari parametrlarini hisoblash bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

Ushbu amaliy mashg'ulotda talabalar quyida keltirilgan masalalarni yechish orqali o'zgaruvchan tok zanjiri elementlari parametrlarini hisoblashni o'rganadilar.

**4.1-masala.** 4.1-rasmdagi zanjirga sinusoidal  $u = 107,5 \sin(400t - 30^\circ)$  V kuchlanish berilgan. Zanjirning parametrlari:  $r_0 = 0,6$  Om,  $r_1 = 5$  Om,  $L = 0,0125$  Gn,  $r_2 = 15$  Om va  $C = 125$  mkF. Kompleks usuldan foydalanib, elektr tarmoqlaridagi toklarning oniy qiymatlari va qismlaridagi kuchlanishlarning pasayishi aniqlansin.



4.1-rasm

**Yechish.** Zanjirning to'la qarshiligi:

$$\underline{Z} = Z_0 + Z_{ab} = r_0 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = 0,6 + \frac{(5 + j5)(15 - j20)}{20 - j15} = 6,8 + j3,4 = 7,6e^{j25^\circ 30'}$$
 Om.

Yig'indi tok effektiv qiymatining kompleksi:

$$\underline{i}_0 = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}} = \frac{107,5e^{-j30^\circ}}{7,6\sqrt{2}e^{j26^\circ 30'}} = 10e^{-j56^\circ 30'}$$



Tarmoqlardagi toklarning komplekslari:

$$i_1 = i_0 \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} = 10e^{-j72^\circ 50'}$$

$$i_2 = i_0 \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = 10e^{-j72^\circ 50'}$$

$r_0$  qarshilikdagi va  $ab$  tugunlar orasidagi kuchlanishlarning komplekslari tegishli

$$\dot{U}_0 = \dot{I}_0 r_0 = 6e^{-j56^\circ 30'}$$

$$\dot{U}_{ab} = \dot{I}_0 Z_{ab} = 50\sqrt{2}e^{-j27^\circ 50'} \quad \text{bo'ladi.}$$

Tok va kuchlanishlarning oniy qiymatlariga o'tib, quyidagilarni hosil qilamiz:

toklar uchun:

$$i_0 = 10\sqrt{2} \sin(400t - 56^\circ 30')$$

$$i_1 = 10\sqrt{2} \sin(400t - 72^\circ 50')$$

$$i_2 = 4 \sin(400t - 25^\circ 20')$$

kuchlanishlar uchun:

$$u_0 = 6\sqrt{2} \sin(400t - 56^\circ 30')$$

$$u_{ab} = u_1 - u_2 = 100 \sin(400t - 27^\circ 50') \quad \text{bo'ladi.}$$

**4.2- masala.** Agar elektr zanjirda quyida berilgan parametrlar ma'lum bo'lsa  $\dot{E}_1 = 120B$ ,  $\dot{E}_2 = 120e^{-j120^\circ} B$ ,  $\dot{E}_3 = 120e^{-j240^\circ} B$ ,  $r = x_L = x_C = 10$  Om bo'lsa, shoxobchalardagi toklar aniqlansin.

**Yechish.** Ushbu zanjirni ikki tugun usuli yordamida hisoblash osonroq. Buning uchun shoxobchalarning kompleks o'tkazuvchanliklarini aniqlaymiz:

$$Y_1 = \frac{1}{r} = 0,1 \text{ Sm}, \quad Y_2 = \frac{1}{-jx_C} = j0,1 \text{ Sm}, \quad Y_3 = \frac{1}{jx_L} = -j0,1 \text{ Sm}.$$

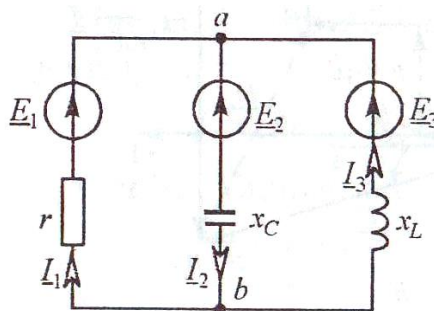
Ikki tugun orasidagi kuchlanishni topamiz:

$$\dot{U}_{ab} = \frac{\dot{E}_1 Y_1 + \dot{E}_2 Y_2 + \dot{E}_3 Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3} = 328 \text{ V.}$$

Om qonuni bo'yicha shoxobchalardagi toklar:

$$\dot{i}_1 = (E_1 - U_{ab})Y_1 = -20,8 \text{ A}, \quad \dot{i}_2 = (-E_2 - U_{ab})Y_2 = -40e^{j105^\circ} \text{ A},$$

$$\dot{i}_3 = (-E_3 - U_{ab})Y_3 = -40e^{j75^\circ} \text{ A}.$$

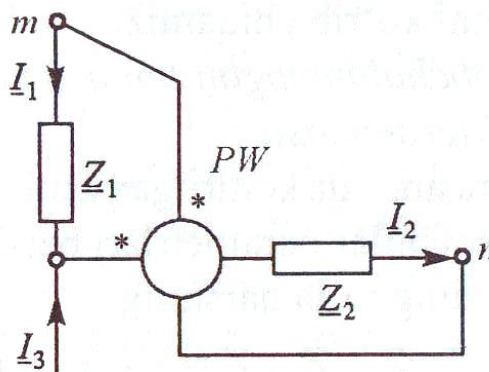


4.2-rasm

### Mustaqil yechish uchun masalalar

**4.3- masala.** Agar tok va kuchlanishning oniy qiymat ifodalari mos ravishda  $i = 141\sin(314t + 60^\circ) \text{ A}$ ,  $u = 7,07\sin(314t + 30^\circ) \text{ V}$  ko'rinishida berilgan bo'lsa, aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar aniqlansin.

**4.4-masala.** 4.3-rasmda keltirilgan vattmetr ko'rsatkichini aniqlang. Quyidagilar berilgan:  $i_1 = 10e^{-j37^\circ} \text{ A}$ ,  $i_3 = 8e^{-j15^\circ} \text{ A}$ ,  $Z_1 = 2 \text{ Om}$ ,  $Z_2 = 1,8 \cdot e^{-j44^\circ} \text{ Om}$ .



4.3-rasm

## Nazorat savollari:

1. Elementlari parallel ulangan zanjir nima bilan xarakterlanadi?
2. Vektor diagrammalar qanday chiziladi?
3. Quvvatlar grafigi qanday chiziladi?
4. Zanjirning aktiv o'tkazuvchanligi izohlang?
5. Zanjirning reaktiv qarshiligi izohlang?
6. Zanjirning to'la qarshiligi izohlang?

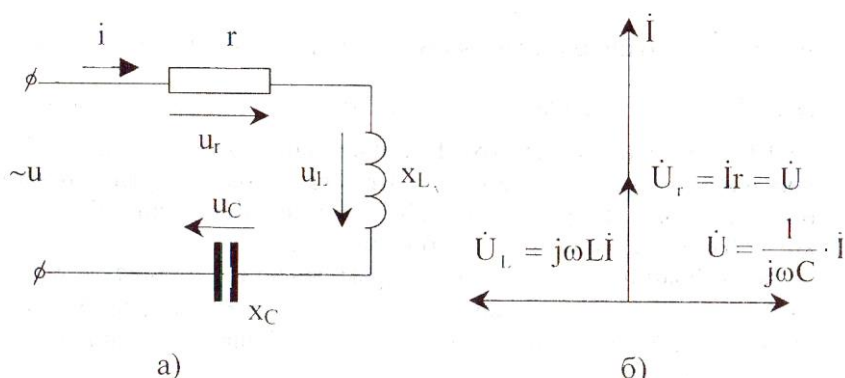
### 5-amaliy mashg'ulot

#### Mavzu: O'zgaruvchan tok zanjirida kuchlanishlar rezonansini tadqiq etish

**Ishdan maqsad:** O'zgaruvchan tok zanjirida kuchlanishlar rezonansini hisoblash bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

Ushbu amaliy mashg'ulotda talabalar quyida keltirilgan masalalarni yechish orqali o'zgaruvchan tok zanjirida kuchlanishlar rezonansini hisoblashni o'rganadilar.

**5.1-masala.** Parametrlari  $r = 0,5 \text{ Om}$ ,  $L = 0,01 \text{ Gn}$  va  $C = 10^{-4} \text{ F}$  bo'lgan zanjirda kuchlanishlar rezonansi mavjud (5.1-rasm). Zanjirga berilayotgan kuchlanishning effektiv qiymati  $U = 1 \text{ V}$ . Zanjir elementidagi tok va kuchlanish manba tokining chastotasi, zanjirning to'la qarshiligi  $\rho$ , konturning asllik koeffitsiyenti  $Q$  va so'nish koeffitsiyenti  $d$  aniqlansin.



5.1-rasm

**Yechish.** Rezonans paytidagi zanjirdagi tok:

$$I_0 = \frac{U}{r} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ A.}$$

Zanjirning  $r$ ,  $L$  va  $C$  elementlaridagi kuchlanishlar tegishlicha:

$$\begin{aligned} U_r &= I \cdot r = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ V} \\ U_L &= I \cdot X_L = I \cdot \omega_0 L = I \cdot \rho = 20 \text{ V} \\ U_C &= U_L = 20 \text{ V} \end{aligned}$$

Manba tokining chastotasi:

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10^3 \text{ rad/s}$$

to'la qarshiligi:

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}} = 10 \text{ Om}$$

Tebranish konturining asllik koeffitsiyenti va so'nishi tegishlicha:

$$Q = \frac{\rho}{r} = 20, \quad d = \frac{1}{Q} = 0,05$$

**5.2-masala.** Induktivligi  $L_F = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Gn}$  va aktiv qarshiligi  $R_F = 1000 \text{ Om}$  bo'lgan induktiv g'altak hamda sig'imi  $C = 120 \text{ nF} = 120 \cdot 10^{-12} \text{ F}$  bo'lgan kondensator parallel rezonansli konturni tashkil qiladi va  $R = 210 \text{ kOm}$  rezistor orqali qiymati  $U = 66 \text{ V}$  bo'lgan sinusoidal kuchlanish manbaiga ulangan. Toklar rezonansi rejimini ta'minlaydigan manba chastotasini va bu rejimdagi konturning to'la qarshiligini hamda shoxobchalardagi toklarni hisoblang.

**Yechish.** Toklar rezonansi sharti ( $b_L = b_C$ ) ni ta'minlaydigan manba chastotasini,  $R_F = R_1$  va  $R_2 = 0$  larni e'tiborga olib quyidagicha hisoblaymiz:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{L}{C}\right) - R_1^2}{\left(\frac{L}{C}\right) - R_2^2}} = 284 \cdot 10^3 \text{ Gc.}$$

Rezonans konturini tashkil qiluvchi shoxobchalarning o'tkazuvchanliklari:

$$b_L = b_C = \omega_p C = 2\pi f_p \cdot C = 2,14 \cdot 10^{-4} \text{ Sm.}$$

Konturning to'la reaktiv o'tkazuvchanligi esa  $b = b_L - b_C = 0$  ga teng bo'ladi. Konturning aktiv o'tkazuvchanligi  $g$  uning induktiv g'altagidan iborat shoxobchasing aktiv o'tkazuvchanligiga teng, ya'ni:

$$g = g_1 = \frac{R_F}{R_F^2 + 6(\omega \cdot L)^2} = 0,48 \cdot 10^{-4} \text{ Sm.}$$

Konturning to'la o'tkazuvchanligi  $Y = \sqrt{g^2 + b^2} = g = 0,48 \cdot 10^{-4} \text{ Sm.}$

Rezonans konturining to'la qarshiligini quyidagicha hisoblaymiz:

$$Z_K = 1/Y = 20,8 \cdot 10^3 \text{ Om.}$$

Konturning hisoblangan to'la qarshiligi zanjir uchun dastlab berilgan qarshilik  $R$  dan 10 baravar kichik. Shu sababli konturdagi kuchlanish quyidagiga teng:

$$U_K = \frac{U}{R + Z_K} \cdot Z_K = 6 \text{ V.}$$

Induktiv g'altadagi tokning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari:

$$I_{1a} = Uq_1 = 0,284 \cdot 10^{-3} \text{ A,} \quad I_{1r} = Ub_1 = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

Shu shoxobchadagi umumiy tok

$$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1r}^2} = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

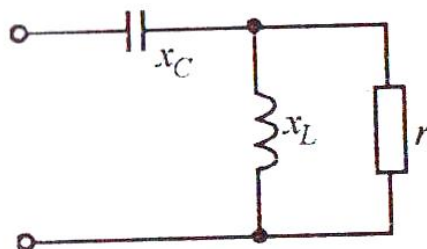
Ikkinchi shoxobchadagi tok  $I_{2a} = Uq_2 = 0$ ,  $I_{2r} = Ub_2 = Ub_1 = I_{1r} = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ A}$  va shuning uchun ham  $I_2 = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ . Zanjirning umumiy toki

$$I = \sqrt{(I_{1a} + I_{2a})^2 + (I_{1r} + I_{2r})^2} = 0,284 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar

**5.3-masala.** Agar kuchlanishlar rezonansi rejimida ishlayotgan ikki qutblikning kirish to'la qarshiligi  $z_{kup} = 20 \text{ Om}$  va sig'im qarshiligi  $X_C = 40$

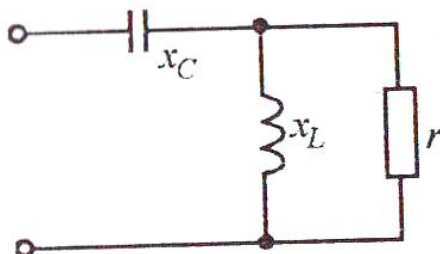
Om bo'lsa, u holda uning induktiv va aktiv qarshiliklari qiymatlarini aniqlang (5.3-rasm).



5.3-rasm

**5.4-masala.** Sig'imi 100 mkF bo'lgan kondensator, induktivligi 40 mGn bo'lgan g'altak va qarshiligi 10 Om bo'lgan rezistor o'zaro parallel ulangan zanjirning rezonans chastotasi topilsin. Toklar vektor diagrammasi  $U = 46$  V bo'lgan holda qurilsin.

**5.5-masala.** 5.4-rasmda ko'rsatilgan zanjirda  $L_1 = L_2 = 20$  mGn,  $C = 200$  mkF,  $R = 2$  Om bo'lsa,  $\dot{U} = 20$  V bo'lganda rezonans chastotalari va toklar kuchlanishlar rezonansi rejimida aniqlansin.



5.4-rasm

### Nazorat savollari:

1. Umuman rezonans deb nimaga aytiladi va xususan elektr zanjirlardagi rezonans nima?

2. Elementlari  $g$ ,  $l$ ,  $c$  ketma-ket ulangan zanjirda rezonans paydo bo'lishining sharti qanday? Nima uchun bu rezonans kuchlanishlar rezonansi deb ataladi?

3. Kuchlanishlar rezonansini hosil qilishning qanday usullari mavjud va ulardan qaysi biri ushbu ishda qo'llanilgan?

4. Nima uchun rezonans paytida zanjirdagi tok maksimal bo'ladi?

## 6-amaliy mashg'ulot

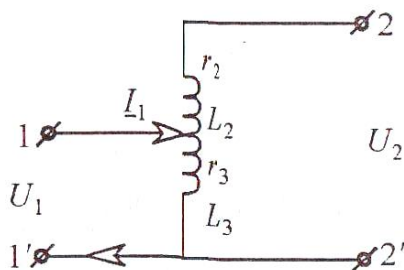
### Mavzu: Induktiv bog'langan zanjirning parametrlarini tadqiq etish

**Ishdan maqsad:** Induktiv bog'langan zanjirning parametrlarini hisoblash bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

Ushbu amaliy mashg'ulotda talabalar quyida keltirilgan masalalarni yechish orqali induktiv bog'langan zanjirning parametrlarini hisoblashni o'rganadilar.

**6.1-masala.** Parametrlari bir xil bo'lgan, induktiv bog'langan ikkita ketma-ket ulangan, avval  $U_0 = 12\text{ B}$  o'zgarmas kuchlanish manbaiga ulanganda tok  $I_0 = 1\text{ A}$  ni tashkil etadi. Shu zanjir effektiv qiymati  $U_0 = 60\text{ V}$  bo'lgan sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbaiga ulanganda  $3\text{ A}$  (g'altaklar mos ulanganda) va  $4\text{ A}$  (g'altaklar qarama-qarshi ulanganda) iste'mol qiladi. Induktiv bog'lanish koeffitsiyenti  $K_{bog}$  aniqlansin.

**6.2-masala.** Induktiv bog'langan zanjir (masalan, avtotransformator)ning (6.1-rasm) 1-1' qismalaridagi sinusoidal kuchlanish ulangan.  $r_2 = r_3 = 3\text{ Om}$ ;  $\omega L_2 = \omega L_3 = 4\text{ Om}$ ;  $\omega M = 2\text{ Om}$ ;  $U_1 = 10\text{ B}$  bo'lsa yuklama ulanmagan chiqish qismalaridagi kuchlanish topilsin.



6.1-rasm

**Yechish.** Kirish kuchlanishi  $\dot{U}_1 = U_1 = 10\text{ V}$ . Kirish tokini hisoblaymiz:

$$\dot{i}_1 = \frac{\dot{U}_1}{(r_3 + j\omega L_3)} = 1,2 - j1,6\text{ A}.$$

Chiqish kuchlanishi  $\dot{U}_2$  zanjirning 2 qismasidan 2' qismasigacha bo'lgan kuchlanishlar yig'indisidan iborat:

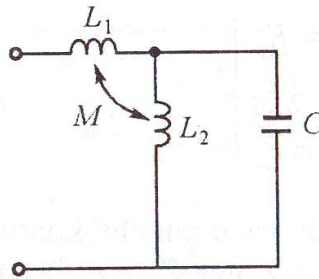
$$\dot{U}_2 = j\omega M \dot{i}_1 + \dot{U}_1 = 13,2 + j2,4\text{ V}.$$

Agar  $L_2$  induktivlikning pastki qismasi  $L_3$  induktivlikning yuqori qismasi bilan bir xil nomlangan bo'lsa, u holda  $L_2$  va  $L_3$  elementlardan o'tuvchi toklar bir xil nomlangan qismlarga nisbatan har xil yo'nalishda bo'ladi. Shuning uchun  $j\omega M\dot{I}_1$  had  $\dot{U}_2$  kuchlanish ifodasiga minus ishora bilan qo'shilar edi va bu holda:

$$\dot{U}_2 = j\omega M\dot{I}_1 + \dot{U}_1 = -6,8 - j2,4$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar

**6.3-masala.** Parametrlari  $x_{L1} = 10 \text{ Om}$ ,  $x_{L2} = 5 \text{ Om}$ ,  $x_M = 5 \text{ Om}$ ,  $x_C = 10 \text{ Om}$  bo'lgan zanjirning (6.2-rasm) kompleks kirish qarshiligini aniqlang.



6.2-rasm

**6.4-masala.** Parametrlari bir xil bo'lgan, induktiv bog'langan ikkita parallel ulangan zanjir, avval  $U_0 = 20 \text{ B}$  o'zgarmas kuchlanish manbaiga ulanganda tok  $I_0 = 2 \text{ A}$  ni tashkil etadi. Shu zanjir effektiv qiymati  $U_0 = 80 \text{ V}$  bo'lgan sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbaiga ulanganda  $I_{\text{moc}} = 4 \text{ A}$  (g'altaklar mos ulanganda) va  $I_{\text{kk}} = 5 \text{ A}$  (g'altaklar qarama-qarshi ulanganda) iste'mol qiladi. Induktiv bog'lanish koeffitsiyenti  $K_{\text{bog'}}$  aniqlansin.

**6.5-masala.** Ketma-ket ulangan ikkita induktiv bog'langan g'altakdan iborat zanjirning aktiv quvvati bir-biri bilan qarama-qarshi ulanganda mos ulangandagiga nisbatan 10 marta katta bo'ladi. Agar  $R_1 = 2 \text{ Om}$ ,  $X = 10 \text{ Om}$ ,  $X_2 = 20 \text{ Om}$ ,  $X_M = 10 \text{ Om}$  bo'lsa, ikkinchi g'altakning aktiv qarshiligi hisoblansin.

### Nazorat savollari:

1. Toklar rezonansi qanday zanjirlarda sodir bo'ladi?
2. Toklar rezonansi qanday chastotalarda yuz beradi?



3. Rezonans egri chiziqlari nimadan iborat?
4. Rezonans paytidagi vektor diagramma qanday o'zgaradi?

### 7-amaliy mashg'ulot

#### Mavzu: Uch fazali o'zgaruvchan tok zanjirlarining parametrlarini tadqiq etish

**Ishdan maqsad:** Uch fazali o'zgaruvchan tok zanjirlarining parametrlarini hisoblash bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

Ushbu amaliy mashg'ulotda talabalar quyida keltirilgan masalalarni yechish orqali uch fazali o'zgaruvchan tok zanjirlarining parametrlarini hisoblashni o'rganadilar.

**7.1-masala.** Liniya kuchlanishi  $U = 380V$  bo'lgan simmertik uch fazali generatorga tegishli noli simli yulduz va uchburchaklik usulida ikki grupp iste'molchi ulangan 7.1-rasmda iste'molchilarning faza qarshiliklari quyidagicha:  $Z_1 = 55 \text{ Om}$ ,  $Z_2 = (33 - j44) \text{ Om}$ ,  $Z_3 = (44 + j33) \text{ Om}$ ,  $Z_{12} = Z_{23} = Z_{31} = Z_{\Delta} = 38e^{j30} \text{ Om}$  (liniya va neytral simlarning qarshiliklari e'tiborga olinmaydi); butun sistemasining to'la, aktiv va reaktiv quvvatlari aniqlansin.

**Yechish:** Generatorning faza kuchlanishlarining komplekslari:

$$U_1 = 220V, \quad U_2 = 220e^{j120} V, \quad U_3 = 220e^{j240} V$$

chunki

$$U_f = \frac{U_K}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ B.}$$

Zanjirning kirish qismlaridagi liniya kuchlanishlarining komplekslari esa:

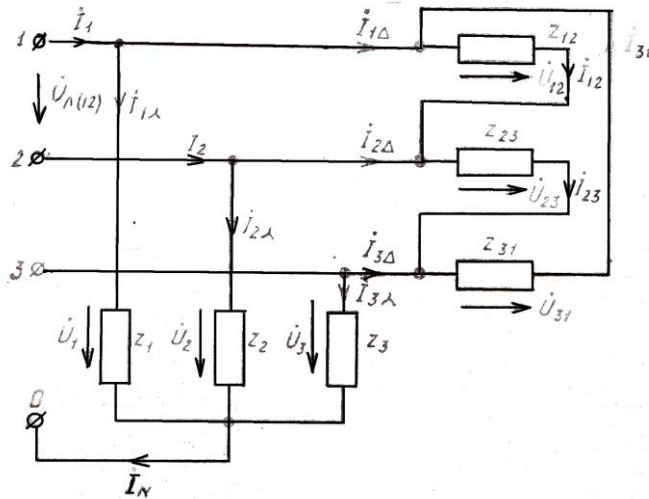
$$U_{12} = 380e^{j30} V, \quad U_{23} = 380e^{j90} V, \quad U_{31} = 380e^{j150} V$$

Uchburchaklik usulida ulangan iste'molchilarning faza toklari:

$$I_{12} = \frac{U_{12}}{Z_{\Delta}} = \frac{380e^{j30}}{38e^{j30}} = 10 \text{ A}$$

$$I_{23} = \frac{U_{23}}{Z_{\Delta}} = \frac{380e^{j90}}{38e^{j30}} = 10e^{j150} \text{ A}$$

$$I_{31} = \frac{U_{31}}{Z_{\Delta}} = \frac{380e^{j150}}{38e^{j30}} = 10e^{j120} \text{ A}$$



7.1-rasm

Shu yuklamani iste'mol qilayotgan liniya toklari esa:

$$I_{1\Delta} = I_{12} - I_{31} = \sqrt{3} \cdot 10e^{j30} \text{ A}$$

$$I_{2\Delta} = I_{23} - I_{12} = \sqrt{3} \cdot 10e^{j150} \text{ A}$$

$$I_{3\Delta} = I_{31} - I_{23} = \sqrt{3} \cdot 10e^{j90} \text{ A}$$

Yulduz usulida ulangan iste'molchilarning faza (liniya) toklari tegishlicha

$$I_1 = \frac{U_1}{Z_1} = \frac{220}{55} = 4 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{Z_2} = \frac{220e^{j120}}{55e^{-j53^{10}}} = 4e^{-j66^{0}50} \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{Z_3} = \frac{220e^{-j120}}{55e^{j36^{0}50}} = 4e^{j83^{0}10} \text{ A}$$

Neytral simdagi tok esa:

$$I_{\Delta} = I_1 + I_2 + I_3 = 4(1 + e^{-j66^{0}50} + e^{j83^{0}10}) = 4(1,513 + j0,07) \approx 6,04 \text{ A}$$

Liniya simlaridagi yig'indi toklar (yoki generatorning faza toklari)

$$I_1 = I_1 + I_{1\Delta} = 4 + 17,3e^{-j30} = 19 - j8,65 = 20,8e^{-j24^030} \text{ A}$$

$$I_2 = I_2 + I_{2\Delta} = 1,58 - j3,68 - 15 - j8,65 = 18,3e^{-j137^030} \text{ A}$$

$$I_3 = I_3 + I_{3\Delta} = 0,48 + j3,96 + j1,73 = 21,3e^{j90} \text{ A}$$

Generatorning fazalari bo'yicha quvvatlarning kompleksi:

$$a) S_1 = U_1 I_1 = 220 \cdot 20,8e^{-j24^030} = 4580e^{-j24^030} = 4180 - j1900 = P_1 - jQ$$

$$[P = 4,18 \text{ kVt}, Q = 1,9 \text{ kVar (induktiv xarakterli) va } S_1 = 4,58 \text{ kVA}]$$

$$b) S_2 = U_2 I_2 = 220e^{j120} \cdot 18,3e^{-j137^030} = 4026e^{-j17^030} = 3840 - j1208 = P_2 - jQ_2$$

$$[P_2 = 3,84 \text{ kVt}, Q_2 = 1,2 \text{ kVar (induktiv xarakterli) va } S_2 = 4,03 \text{ kVA}]$$

$$d) S_3 = U_3 I_3 = 220e^{-j120} \cdot 21,3e^{j90} = 4686e^{-j30} = 4060 - j2343 = P_3 - jQ_3$$

$$[[P_3 = 4,06 \text{ kVt}, Q_3 = 2,34 \text{ kVar (induktiv xarakterli) va } S_3 = 4,69 \text{ kVA}]]$$

e) Butun zanjirning to'la (yoki fazaviy) quvvati

$$S = S_1 + S_2 + S_3 = 13,3 \text{ kVA}$$

Butun zanjirning aktiv quvvati:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 12,08 \text{ kVt}$$

Butun zanjirning reaktiv (induktiv xarakterli) quvvati:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 5,45 \text{ kVar}$$

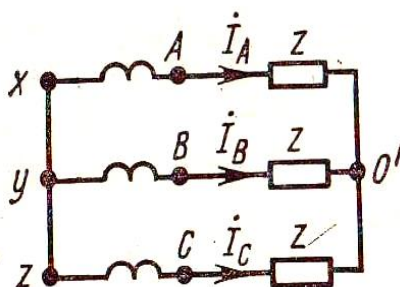
**7.2-masala.** Ikkilamchi chulg'amlari yulduz usulida ulangan uch fazali transformator simmetrik qabullovchini ta'minlaydi. Qabullovchining faza qarshiliklari  $Z = 4 + j3 \text{ Om}$ . Transformatorning faza kuchlanishi  $U_\phi = 380 \text{ V}$ . Quyidagi hollar uchun faza toki va kuchlanishlari topilsin: a) agar transformator chulg'amlari rasmda ko'rsatilganidek to'g'ri ulangan bo'lsa, b) agar yanglishib transformatorning birinchi  $x$  va ikkinchi  $y$  uchlari uchinchi fazaning boshi C bilan ulangan, qabullovchi transformatorning A, B va z qismlariga ulangan bo'lsa.

**Yechish.** a) Yuklamadagi faza kuchlanishlari simmetrik bo‘lib, transformatorning faza kuchlanishlariga teng:

$$\dot{U}_{Ax} = \dot{U}_{AO'} = 380 \text{ V}, \quad \dot{U}_{By} = \dot{U}_{BO'} = 380 \cdot e^{-j120^\circ} \text{ V}, \quad \dot{U}_{Cz} = \dot{U}_{CO'} = 380 \cdot e^{j120^\circ} \text{ V}.$$

Faza toklari ham simmetrik sistemani tashkil qiladi:

$$\dot{i}_A = \dot{U}_{AO'} / Z_\phi = 76 \cdot e^{-j36^\circ 50'} \text{ A}, \quad \dot{i}_B = \dot{U}_{BO'} / Z_\phi = 76 \cdot e^{-j156^\circ 50'} \text{ A}, \quad \dot{i}_C = \dot{U}_{CO'} / Z_\phi = 76 \cdot e^{j83^\circ 10'} \text{ A}.$$



7.2-rasm

Toklar uchun vektor diagramma 7.3-a rasmda ko‘rsatilgan.

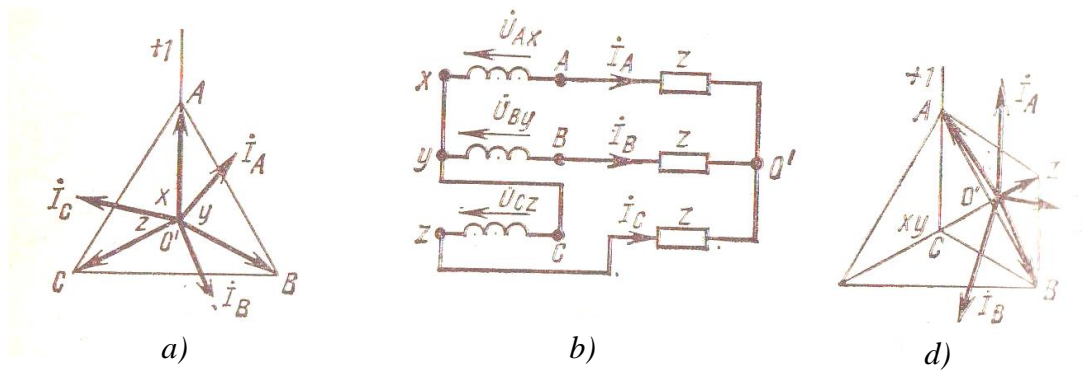
b) Bu hol uchun elektr sxema 7.3-b rasmda ko‘rsatilgan. Yuklama neytralining siljishini aniqlaymiz.  $Y_{\phi A} = Y_{\phi B} = Y_{\phi C} = Y_\phi$  bo‘lganligi uchun

$$\dot{U}_{O'x} = \frac{\dot{U}_A Y_\phi + \dot{U}_B Y_\phi + \dot{U}_C Y_\phi}{3Y_\phi} = 254 \cdot e^{-j60^\circ} \text{ V}.$$

Yuklamadagi faza kuchlanishlarini va har bir fazadagi toklarni hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{AO'} &= \dot{U}_A - \dot{U}_{O'x} = 335 \cdot e^{j41^\circ} \text{ B}; & \dot{U}_{BO'} &= \dot{U}_B - \dot{U}_{O'x} = 335 \cdot e^{-j161^\circ} \text{ B}; \\ \dot{U}_{zO'} &= -\dot{U}_C - \dot{U}_{O'x} = 126 \cdot e^{-j60^\circ} \text{ B}; \\ \dot{i}_A &= \dot{U}_{AO'} / Z_\phi = 67 \cdot e^{-j4^\circ 10'} \text{ A}; & \dot{i}_B &= \dot{U}_{BO'} / Z_\phi = 67 \cdot e^{-j162^\circ 10'} \text{ A}; \\ \dot{i}_C &= \dot{U}_{zO'} / Z_\phi = 25,2 \cdot e^{-j96^\circ 50'} \text{ A}. \end{aligned}$$

Toklarning vektor diagrammasi 7.3-d rasmda ko‘rsatilgan.



7.3-rasm

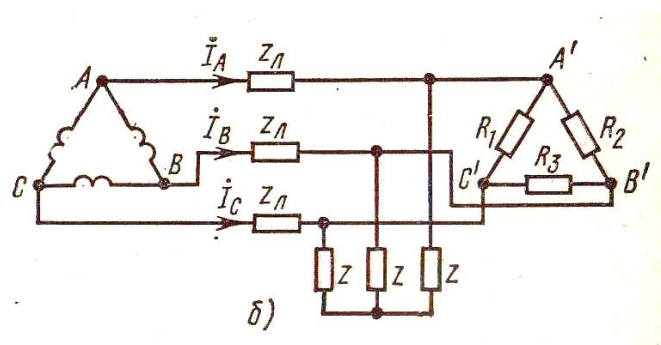
### Mustaqil yechish uchun masalalar

**7.3-masala.** Yulduz usulida ulangan qabullovchining faza kuchlanishlari quyidagicha:

$$\dot{U}_A = 100B; \dot{U}_B = 100 \cdot e^{-j90^\circ} B; \dot{U}_C = 150 \cdot e^{j135^\circ} B;$$

Faza qarshiligi  $Z_B = 8 - j6$  Om. Toklar sistemasi simmetrik bo'lishi uchun  $Z_A$  va  $Z_C$  qarshiliklar qanday bo'lishlari kerak? Liniya kuchlanishlari topilsin. Toklarning vektor diagrammasi qurilsin.

**7.4-masala.** Uchburchak usulida ulangan manbaning faza kuchlanishlari sistemasi simmetrik:  $\dot{U}_{AB} = 220 \cdot e^{j30^\circ} B$ . Simmetrik yuklama yulduz usulida ulangan:  $Z = 3 + j4$  Om. (7.4-rasm).



7.4-rasm

Nosimmetrik aktiv yuklama uchburchak usulida ulangan:

$$R_1 = 100 \text{ Om}, R_2 = 20 \text{ Om}, R_3 = 50 \text{ Om}.$$

Liniya simlaridagi toklar topilsin.

## Nazorat savollari:

1. Qanday ulanishni yulduz usulda ulash deb ataladi?
2. Uch fazali zanjir yulduz usulida ulanganda liniya kuchlanishi bilan faza kuchlanishi qiymatlari orasidagi farq qanchaga teng?
3. Agar faza toklari berilgan bo'lsa, neytral simdagi tok qanday topiladi?
4. Neytral simning mohiyati nimada?
5. Uch fazali zanjirning quvvati qanday aniqlanadi?

## 8-Amaliy mashg'ulot

### Mavzu: Bir fazali transformatorning asosiy parametrlarini hisoblash

**Ishdan maqsad:** Bir fazali transformatorlarning asosiy parametrlarini hisoblash ko'nikmalariga ega bo'lish.

Talaba bilishi kerak:

- bir fazali transformatorning texnik parametrlari.

Talaba bajara olishi kerak:

- bir fazali transformatorlarning asosiy parametrlarini hisoblash.

## Nazariy ma'lumot

Transformatorlarning asosiy parametrlari quyidagilardan iborat:

1)  $S_{nom}$  nominal quvvat, Bu ochiq havoda o'rnatilgan transformator xizmat muddati davomida (20 ... 25 yil) nominal kuchlanishda uzluksiz ravishda yetkazib bera olishi mumkin bo'lgan quvvat (kVA).

2) nominal birlamchi kuchlanish  $U_{1nom}$ . Bu transformatorning birlamchi chulg'ami mo'ljallangan kuchlanishdir.

3) nominal ikkinchi kuchlanish  $U_{2nom}$ . Bu yuksiz va birlamchi chulg'ami nominal kuchlanish qiymatidagi transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanishdir. Yuklama ulanganda, transformatoridagi isroflar tufayli ikkilamchi kuchlanishning qiymati o'zgarishi mumkin.

4)  $I_{1nom}$  va  $I_{2nom}$  birlamchi va ikkilamchi chulg'amdagi toklari. Bular nominal quvvat va nominal kuchlanishdan hisoblab topiladi.

Bir fazali transformator uchun

$$I_{1nom} = \frac{S_{nom}}{U_{1nom} \eta} \quad I_{2nom} = \frac{S_{nom}}{U_{2nom}}$$

bunda  $\eta$  – transformatorning FIK i.

Transformatoridagi isroflar kam bo‘lgani tufayli bu qiymat 1,0 ga yaqin. Amalda, toklarni aniqlashda  $\eta = 1.0$  olinadi.

Ko‘pincha transformatorlar nominal qiymatidan kam bo‘lgan yuklamada ishlaydi. Shuning uchun yuklama koeffitsiyenti  $k_{yuk}$  tushunchasi kiritiladi, bu transformator tomonidan iste‘molchiga berilgan quvvatning transformatorning nominal quvvatini nisbatiga tengdir. Transformator tomonidan yetkazib beriladigan aktiv va reaktiv quvvatning qiymati iste‘molchining quvvat koeffitsiyenti  $\cos \varphi_2$  ga bog‘liq:

$$P_2 = S_{nom} \cdot \cos \varphi_2; \quad Q = S_{nom} \varphi \sin \varphi_2.$$

Ishni bajarish tartibi:

Bir fazali transformatorni qiymatlarini hisoblash talab etiladi. Har bir variant uchun quyidagilarni bajaring:

1) Hisob-kitoblarni amalga oshirishda tushuntirishlar bilan birga yozing.

2) Topshiriqqa muvofiq bir fazali transformator ulanish sxemasini chizish. sxemani chizishda sxema va elementlarni chizish qoidasiga amal qiling.

3) Nazorat savollarga javob topish.

4) Amaliy ish bo‘yicha hisobot tayyorlash.

**8-masala.** Elektr dvigatelga past kuchlanish yetkazib berish uchun boshqaruv panelida nominal quvvat  $S_{nom}$  bo‘lgan bir fazali transformator o‘rnatilgan.  $U_{1nom}$  va  $U_{2nom}$  chulg‘amlarning nominal kuchlanishi; nominal toklari  $I_{1nom}$  va  $I_{2nom}$ . Transformatsiya koeffitsiyenti  $K$ .  $w_1$  va  $w_2$  o‘ramlar soni.  $\Phi$  magnit zanjirdagi magnit oqimi. Tarmoq chastotasi  $f = 50$  Gts. Transformator nominal yuklama bilan ishlatilmoqda. Transformatoridagi isroflar hisobga olinmasin. 8.1-jadvalda ko‘rsatilgan transformator ma‘lumotlarini ishlatib, variantlar jadvalida chiziqlar bilan belgilangan barcha noma‘lum miqdorlarni aniqlang. Transformatorni tarmoqqa ulash uchun sxema tuzing. Yuklamani  $R_n$  an‘anaviy rezistor shaklida ikkilamchi chulg‘amga ulang. Yuklamani yoqish va o‘chirish uchun kalit bilan ta‘minlang va tarmoqlarni qisqa tutashuvdan himoya qilish uchun har ikkala chulg‘amlarga saqlagichlar ulang.

8.1-jadval

Variant nomeri	$S_{nom}$ , VA	$U_{1nom}$ , V	$U_{2nom}$ , V	$I_{1nom}$ , A	$I_{2nom}$ , A	$w_1$	$w_2$	$K$	$\Phi$ Vb
1	-	380	-	1,43	-	-	-	15,8	0,005
2	-	220	24	-	33,4	198	-	-	-
3	1600	-	12	-	-	770	-	31,6	-
4	-	127	-	4,72	25	-	108	-	-
5	3200	380	36	-	-	-	-	-	0,025
6	-	220	24	3,64	-	-	-	-	0,005
7	500	-	-	1,0	-	750	54	-	-
8	-	220	-	-	20,8	400	22	-	-
9	250	500	-	-	-	-	-	20,8	0,0015
10	-	-	12	3,2	-	3000	-	41,6	-
11	400	-	12	-	-	-	-	18,3	0,02
12	-	-	36	1,0	-	-	-	13,9	0,003
13	-	380	-	4,2	-	-	24,4	-	0,002
14	600	220	-	-	-	4970	-	6,12	-
15	-	-	24	-	25	573	-	-	0,001
16	-	500	-	-	13,9	-	-	13,9	0,003
17	100	-	24	-	-	-	30	15,8	-
18	-	-	24	0,5	10,4	-	-	-	0,0018
19	-	380	-	-	133	770	-	31,6	-
20	800	-	-	3,64	-	-	22	9,18	-
21	-	-	110	-	40	762	-	-	0,0015
22	-	-	36	7,3	-	2400	-	18,1	-
23	300	220	-	-	-	248	-	13,3	-
24	-	660	-	-	458	860	-	21,5	-

### Nazorat savollari:

1. Transformatorning nominal parametrlariga ta'rif bering: quvvat; Chulg'am kuchlanishi; toklari.
2. Transformatorning yuklama ko'effitsiyenti nimani aniqlaydi?
3. Yuklama qiymati oshib borayotganda ikkilamchi kuchlanish qanday o'zgaradi va nima uchun?
4. Iste'molchining quvvat ko'effitsiyenti 1,0 ga oshganda transformator tomonidan ta'minlangan aktiv va reaktiv quvvat o'rtasidagi nisbat qanday o'zgaradi?



## 9-amaliy mashg'ulot

### Mavzu: Uch fazali transformatorning tashqi tavsifnomasini qurish

**Ishdan maqsad:** Uch fazali transformatorning tashqi tavsifnomasini qurish ko'nikmalariga ega bo'lish.

Talaba bilishi kerak:

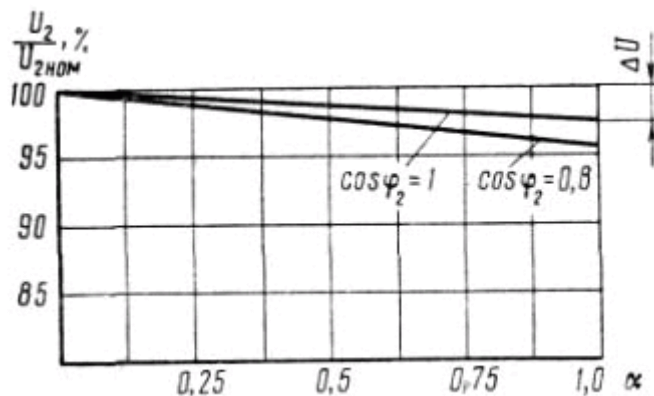
- yuklama turiga bog'liq holatda transformatorning chiqish kuchlanishini o'zgarishini;

Talaba bajara olishi kerak:

- transformatorlarning tashqi tavsifini hisoblash va qurish.

### Nazariy ma'lumot

Transformatorning tashqi tavsifi -  $U_1$  birlamchi kuchlanishi va ikkilamchi zanjirdagi quvvat koeffitsiyenti ( $\cos\varphi_2$ ) qiymati o'zgarmas bo'lganda, yuklama qiymatining ortishi bilan ikkinchi chulg'amdagi kuchlanish va tok o'rtasidagi bog'liqlikdir.



9.1-rasm. Transformatorlarning tashqi tavsifi

Yuklanishdagi ikkilamchi kuchlanish  $U_2$  qiymati salt ishlashdagi qiymatidan farq qiladi va bu tafovut yuklamaning turiga bog'liq bo'ladi.

Transformatorlarning tashqi tavsifini aktiv va induktiv kuchlanish pasayuvlarini hisoblagan holatda qurish mumkin (hisoblab qurilgan tashqi tavsif), shuningdek tajriba yo'li bilan ham qurish mumkin (aniq bir transformatorning tashqi tavsifi). 9.1-rasmda transformatorning tashqi tavsifi qurib ko'rsatilgan. Ordinata o'qida  $U_2$  ikkilamchi kuchlanishning og'ishi, absissa o'qida esa yuklamani o'zgarishi (nominal quvvatning foizi hisobida) ko'rsatilgan. Tashqi tavsifning boshlanishi  $U_{2nom}$  nuqtadan

boshlanadi oxiri esa  $\alpha = 1$  (to'liq nominal yuklama ulangan holat) nuqtada bo'lib kuchlanishni o'zgarishini ko'rsatadi  $\Delta U$ .

Kuchlanishning o'zgarishi  $I_2$  tokning qiymatiga bog'liq bo'lib, to'g'ri chiziq bo'ylab o'zgaradi. 9.1-rasmda ikki xil qiymatdagi quvvat koeffitsiyenti uchun qurilgan  $\cos \varphi_2 = 1$  va  $\cos \varphi_2 = 0,8$ .

Tavsiflarning ko'rinishi transformator yuklamasi turiga va quvvatiga bog'liq bo'lib o'zgarishi mumkin (aktiv va aktiv-induktiv yuklamalar).

Ishni bajarish tartibi:

1. Nazariy ma'lumotlar bilan tanishish.
2. O'zingizning variantingiz bo'yicha topshiriqni oling.
3. Hisob-kitoblarni amalga oshirish bunda tushuntirishlar bilan birga yozing
4. Nazorat savollarga javob topish.

**9-masala.** Uch fazali kuch transformatori uchun quyidagi texnik ma'lumotlar ma'lum: nominal quvvati  $S_{nom}$ , nominal birlamchi kuchlanish  $U_{1nom}$ , nominal ikkinchi kuchlanish  $U_{2nom}$ , qisqa tutashuvdagi kuchlanish  $u_{qt}$ , qisqa tutashuvdagi quvvat isrofi  $p_{qt}$ , salt ishlashdagi quvvat isrofi  $p_0$ , quvvat koeffitsiyenti  $\cos \varphi_2$ , yuklama quvvati  $P_2$ , maksimal magnit induksiya  $B_{max}$  birlamchi chulg'am o'ramlar soni  $w_1$  larni 9.1, 9.2, 9.3-jadvallar ma'lumotlaridan foydalanib quyidagilarni aniqlang:

1. Transformatorning nominal tokini (nominal va to'la yuklamada).
2. Yuklama koeffitsiyenti.
3. Berilgan yuklamadagi FIK, Eng yuqori FIK,
4. Yuklama qiymati  $\beta = 0,25; 0,5; 0,75, 1$  uchun ikkilamchi chulg'am kuchlanishini.
5. Transformatorning tashqi tavsifini quring.

### Masalani bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma

1. Transformatorning nominal toklari 1.13-ifodadan (25 bet, [6]) aniqlanadi.
2. Berilgan yuklama holatidagi ikkilamchi chulg'amdagi tok quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$I_2 = \frac{P_2}{\sqrt{3}U_{2nom}\cos \varphi_2}$$

9.1 -jadval

Ko'rsatkic h	Variantlar (1-10)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{nom2}$ , kVA	630	400	160	160	250	25	63	40	100	100
$U_{nom1}$ , kV	10	10	6	10	10	6	6	6	6	10
$U_{nom2}$ , kV	0,69	0,69	0,4	0,69	0,4	0,4	0,23	0,4	0,23	0,4
$u_{qb}$ , %	5,5	4,5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5
$P_{qt}$ , kVt	7,6	5,5	2,65	2,65	3,7	0,6	1,28	0,88	1,97	1,97
$P_0$ , kVt	1,31	0,95	0,51	0,51	0,74	0,13	0,24	0,17	0,33	0,33
$\cos\phi_2$	0,8	0,85	0,8	0,9	0,9	1,0	0,85	0,8	1,0	0,9
$P_2$ , kVt	400	250	100	72	150	20	40	16	75	45
$w_I$ , o'ram	750	1300	900	900	1025	1185	1000	600	1200	1200

9.2 -jadval

Ko'rsatkic h	Variantlar (11-20)									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$S_{nom2}$ , kVA	25	63	40	100	100	400	160	160	250	630
$U_{nom1}$ , kV	35	35	35	35	6	6	10	10	35	35
$U_{nom2}$ , kV	6,3	6,3	6,3	6,3	0,4	0,4	0,4	0,4	3,15	3,15
$u_{qb}$ , %	4,5	4,5	4,5	4,5	5	4,5	5	4,5	4,5	5,5
$P_{qt}$ , kVt	0,6	1,28	0,88	1,97	1,97	5,5	2,65	2,65	3,7	7,6
$P_0$ , kVt	0,13	0,24	0,17	0,33	0,33	0,95	0,51	0,51	0,74	1,31
$\cos\phi_2$	1,0	0,85	0,8	1,0	0,9	0,85	0,8	0,9	0,9	0,8
$P_2$ , kVt	20	40	16	75	45	250	100	72	150	400
$w_I$ , o'ram	1185	1000	600	1200	1200	1300	900	900	1025	750

9.3 -jadval

Ko'rsatkic h	Variantlar (21-30)									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$S_{nom2}$ , kVA	25	63	40	100	100	400	160	160	250	630
$U_{nom1}$ , kV	35	35	35	35	10	10	6	6	35	35
$U_{nom2}$ , kV	3,15	3,15	3,15	3,15	0,4	0,4	0,4	0,4	6,3	6,3
$u_{qb}$ , %	4,5	4,5	4,5	4,5	5	4,5	5	4,5	4,5	5,5
$P_{qt}$ , kVt	0,6	1,28	0,88	1,97	1,97	5,5	2,65	2,65	3,7	7,6
$P_0$ , kVt	0,13	0,24	0,17	0,33	0,33	0,95	0,51	0,51	0,74	1,31
$\cos\phi_2$	1,0	0,85	0,8	1,0	0,9	0,85	0,8	0,9	0,9	0,8
$P_2$ , kVt	20	40	16	75	45	250	100	72	150	400
$w_I$ , o'ram	1200	980	560	1150	1400	1280	860	1000	1170	640

3. Yuklama koefitsiyenti 1.71 ifodadan (52 bet, [6]) aniqlanadi.

4. Berilgan yuklamadagi birlamchi chulgʻamdagi tok quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$I_1 = \beta I_{1\text{HOM}}$$

5. Berilgan yuklamadagi foydali ish koefitsiyenti 1.79-ifodadan (56 bet, [6]) aniqlanadi.

6. Foydali ish koefitsiyentining maksimal qiymati quyidagi yuklama koefitsiyenti qiymatiga toʻgʻri keladi 1.80-ifodadan (56 bet, [6]).

7. Ikkilamchi chulgʻamdagi kuchlanish qiymatini quyidagi yuklama koefitsiyentlari uchun hisoblab topiladi  $\beta = 0,25; 0,5; 0,75; 1$ .

Ikkilamchi chulgʻamdagi kuchlanish oʻzgarishining foizdagi qiymati

$$\Delta U_2\% = \beta(U_a \cos\varphi_2 \pm U_r \sin\varphi_2)$$

Qisqa tutashuv kuchlanishini tashkil etuvchilari:

$$U_a = \frac{P_{qt}}{S_{nom}} \cdot 100\%$$

$$U_r = \sqrt{U_{qt}^2 \pm U_a^2}$$

«+» belgi induktiv xarakterdagi yuklamada «-» belgi sigʻim xarakterdagi yuklamada oʻrinlidir. Hisoblashlar natijalari 9.4-jadvalga kiritiladi

8. Transformatorning tashqi tavsifini quramiz.

9.4- jadval

Yuklama koefitsiyenti, $\beta$	Kuchlanishning oʻzgarishi $\Delta U_2\%$	
	induktiv xarakterdagi yuklamada	sigʻim xarakterdagi yuklamada
Nominal qiymat		
0,25		
0,5		
0,75		
1		

## **Nazorat savollari:**

1. Transformatorning tashqi tavsifida qanday ko'rsatkichlarni o'zaro bog'laydi?
2. Yuklama koeffitsiyenti nima?
3. Ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanish qiymatini o'zgarishining qanday omillarga bog'liq?
4. Qachon transformator maksimal FIK erishadi?
5. Nima uchun transformatorning tashqi tavsifi qattiq xarakterga ega?
6. Transformatorlarda qaysi isroflar o'zgarimas qaysilari o'zgaruvchan va nimaga o'zgaradi?

## **10-amaliy mashg'ulot**

### **Mavzu: Uch fazali transformatorning asosiy qiymatlarini hisoblash**

Ishdan maqsad: Uch fazali transformatorning qiymatlarini hisoblash bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

Talaba bilishi kerak:

- uch fazali transformatorning tuzilishi va asosiy qiymatlarini bilishi kerak;

Talaba bajara olishi kerak:

- uch fazali transformatorning asosiy qiymatlarini hisoblay olishi kerak.

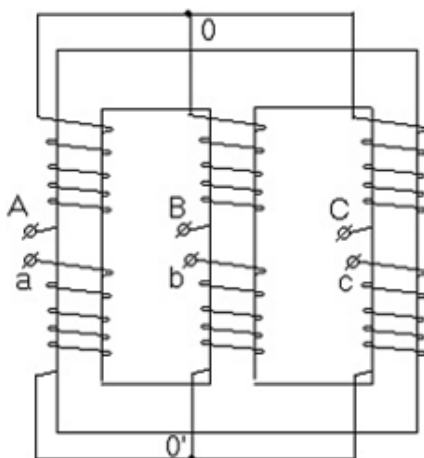
## **Nazariy ma'lumot**

Elektr energiyasini uzatish uchun bir fazali o'zgaruvchan tok ishlatilmaydi. Ushbu maqsadlar uchun uch fazali o'zgaruvchan tokni uzatish keng tarqalgan. Shuning uchun ko'pgina transformatorlar uch fazali.

Uch fazali tokni uchta bir fazali transformator yordamida o'zgartirish mumkin, bunda ularning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari uch fazali tizimda - yulduz yoki uchburchak ulanadi.

Uch fazali transformatorning magnit zanjiri uchta sterjendan iborat bo'lib, yuqori va pastki qismida yarmolar bilan tutashtiriladi (10.1-rasm). Har bir sterjen ustiga birlamchi va ikkilamchi chulg'am joylashtirilgan. Birlamchi chulg'amlar yulduz yoki uchburchak usulida, ikkilamchi chulg'amlar ham xuddi shu usullarda ulangan. bir sterjen transformatorning bitta fazasini tashkil qiladi. Shu sababli, bir fazali

transformator haqida aytilganlarning barchasi uch fazali transformatorlar uchun ham o‘rinlidir.



10.1-rasm. Uch fazali uch sterjenli transformator sxemasi

Uch fazali transformatorning har bir sterjenida joylashtirilgan birlamchi chulg‘amdan oqib o‘tayotgan tok shu sterjenda magnit oqimni hosil qiladi. Lekin birlamchi chulg‘amlar uch fazali tizimdagi o‘zgaruvchan tok manbaiga ulangani bois har bir fazadagi tok va kuchlanish o‘zining parametrlariga ega. Shuning uchun har bir fazadan o‘tayotgan tok va ular hosil qilgan magnit maydon ham uch fazalidir.

Uch fazali transformatorning nominal qiymatlari uning pasportida va maxsus shitida ko‘rsatilgan bo‘ladi. Ular quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- Nominal to‘la quvvat  $S_{nom}$ , kVA,
- Nominal liniya kuchlanishi  $U_{l.nom}$ , V yoki kV,
- Nominal liniya toki  $I_{l.nom}$ , A,
- Nominal chastotasi  $f$ , Gts,
- Fazalar soni,
- Chulg‘amlarning ulanish sxemasi va gruppasi,
- Qisqa tutashuv kuchlanishi  $U_{qt}$ , %,
- Ish rejimi,
- Sovitilish turi.

Uch fazali transformatorning to‘la quvvati:

$$S_{nom} = \sqrt{3}U_{1nom}I_{1nom} = \sqrt{3}U_{2nom}I_{2nom}$$

## Ishni bajarish tartibi:

- 1) Nazariy ma'lumotlar bilan tanishish.
- 2) O'zingizning variantingiz bo'yicha topshiriqni oling.
- 3) Hisob-kitoblarni amalga oshirish (bunda tushuntirishlar bilan birga yozing).
- 4) Nazorat savollarga javob topish.

10.1-jadval

Vari- ant	Transformator turi	S <sub>nom</sub> kVA	U <sub>1nom</sub> kV	U <sub>2nom</sub> kV	P <sub>po'lat</sub> kVt	P <sub>0.nom</sub> kVt	U <sub>qt</sub> %	I <sub>1salt</sub> %	cosφ <sub>2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	TM-1600/10	1600	10	0,69	3,3	18	5,5	2,6	0,85
2	TM-1600/10	1600	10	0,23	3,3	18	5,5	2,6	0,88
3	TM-1600/10	1600	10	0,4	3,3	18	5,5	2,6	0,86
4	TM-1600/10	1600	6	0,4	3,3	18	5,5	2,6	0,84
5	TM-630/10	630	10	0,4	1,81	7,6	5,5	2	0,92
6	TM-630/10	630	10	0,23	1,81	7,6	5,5	2	0,85
7	TM-630/10	630	10	0,69	1,81	7,6	5,5	2	0,88
8	TM-630/10	630	6	0,4	1,81	7,6	5,5	2	0,86
9	TM-160/10	160	10	0,4	0,51	3,1	4,7	2,4	0,75
10	TM-160/10	160	10	0,69	0,51	3,1	4,7	2,4	0,82
11	TM-160/10	160	10	0,23	0,51	3,1	4,7	2,4	0,80
12	TM-160/10	160	6	0,4	0,51	3,1	4,7	2,4	0,78
13	TM-1000/10	1000	10	0,4	2,45	12,2	5,5	2,8	0,82
14	TM-1000/10	1000	10	0,23	2,45	12,2	5,5	2,8	0,80
15	TM-1000/10	1000	10	0,69	2,45	12,2	5,5	2,8	0,86
16	TM-1000/10	1000	6	0,4	2,45	12,2	5,5	2,8	0,84
17	TM-250/10	250	10	0,4	0,74	4,2	4,7	2,3	1
18	TM-250/10	250	10	0,69	0,74	4,2	4,7	2,3	0,88
19	TM-250/10	250	10	0,23	0,74	4,2	4,7	2,3	0,84
20	TM-250/10	250	6	0,23	0,74	4,2	4,7	2,3	0,86
21	TM-400/10	400	10	0,23	0,95	5,5	4,5	2,1	0,78
22	TM-400/10	400	10	0,4	0,95	5,5	4,5	2,1	0,87
23	TM-400/10	400	10	0,69	0,95	5,5	4,5	2,1	0,80
24	TM-400/10	400	6	0,69	0,95	5,5	4,5	2,1	0,88
25	TM-2500/10	2500	10	0,4	4,3	24	5,5	1	0,80
26	TM-2500/10	2500	10	0,69	4,3	24	5,5	1	0,84
27	TM-100/10	100	10	0,23	0,33	2,27	6,8	2,6	0,82
28	TM-100/10	100	10	0,4	0,33	2,27	6,8	2,6	0,86
29	TM-25/10	25	6	0,4	0,135	0,6	4,5	3,2	0,88
30	TM-25/10	25	10	0,4	0,135	0,6	4,5	3,2	0,82

**10-masala.** Nominal rejimda ishlayotgan uch fazali transformatorning turi va kuchlanishi variantlar jadvalida keltirilgan.

Quyidagi qiymatlarni aniqlansin:

1. Chulgʻamlardagi nominal toklarni;
2. Transformatoridagi quvvat isroflari yigʻindisini;
3.  $\cos\varphi_2$  quvvat koeffitsiyenti bilan ishlayotgan vaqtidagi foydali ish koeffitsiyentini.

Agar transformator 0,9 yuklama koeffitsiyenti bilan ishlasa uning chulgʻamlaridagi toklari qanday oʻzgaradi?

### Nazorat savollari

1. Magnit oqimi chulgʻamlarda hosil qiladigan elektr yurituvchi kuchning taʼsir qiymatini aniqlovchi ifodani keltiring.

2. Ikkilamchi chulgʻamdagi tokni qiymatini hisobga olgan holatda (yuklama koeffitsiyentiga bogʻliq) foydali ish koeffitsiyentini aniqlash ifodasini yozing.

3. Uch fazali zanjir kuchlanishi qanday transformatsiyalanadi?

4. Nima uchun transformator oʻzagi ferromagnit materiallardan tayyorlanadi?

5. Agar transformator chulgʻamlarining ulanish sxemasi  $\Delta/Y$  yoki  $Y/\Delta$  oʻzgartirilsa, ulardagi kuchlanish qanday oʻzgaradi?

6. Transformator moyi nima uchun xizmat qiladi?

### 11-amaliy mashgʻulot

#### Mavzu: Transformatorning turli qiymatlarini hisoblash

Ishdan maqsad: Transformatorning turli qiymatlarini hisoblash boʻyicha nazariy va amaliy koʻnikmalariga ega boʻlish.

**11.1-masala.** Transformatorning magnit oqimi  $\Phi = 2 \times 10^{-3} B\delta$ , tok chastotasi  $f = 50 \Gamma u$  va ikkilamchi chulgʻamdagi EYUK  $E_2 = 220 B$ . Ikkilamchi chulgʻamning oʻramlari soni aniqlansin.

**Yechish:** Magnit oqimning amplituda qiymati:  $V_b$

$$\Phi_M = \Phi \sqrt{2} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{2} = 2,82 \cdot 10^{-3}$$



Ikkilamchi chulgʻamning oʻramlar soni quyidagicha aniqlanadi:

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot W_2 \cdot \Phi_M,$$

$$W_2 = \frac{E_2}{4,44 \cdot f \cdot \Phi_M} = \frac{220}{4,44 \cdot 50 \cdot 2,82 \cdot 10^{-3}} = 350$$

**11.2-masala.** Transformatorning birlamchi chulgʻamiga berilgan oʻzgaruvchan tok kuchlanishi ( $U = 220$  V, chastotasi  $f = 50$  Gs. Transformator oʻzagining aktiv kesim yuzasi  $S_a = 7,6$  cm<sup>3</sup>, magnit induksiyaning amplituda qiymati  $B_m = 0,95$  Tl, ikkilamchi chulgʻam oʻramlar soni  $W = 40$ . Transformatsiya koeffitsiyenti aniqlansin.

**Yechish:** Quyidagi tenglamadan magnit oqimning amplituda qiymatini topamiz:

$$\Phi_M = B_M \cdot S$$

bunda:  $S = 7,6 \text{ cm}^2 = 7,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  oʻzakning aktiv kesim yuzasi. xar qanday transformatorlarda oʻzakning haqiqiy kesim yuzasining taxminan 10% oʻzak poʻlat tunukalarning izolyatsiyasidan iborat:  $V_b$

$$\Phi_M = 0,95 \cdot 7,6 \cdot 10^{-4} = 7,32 \cdot 10^{-4}$$

ikkilamchi chulgʻamning EYUK:

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot W_2 \cdot \Phi_M = 4,44 \cdot 50 \cdot 40 \cdot 7,32 \cdot 10^{-4} = 6,5$$

transformatsiya koeffitsiyenti:  $K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{220}{6,5} = 34,4.$

bunda:  $E_1 = U_1 = 220$  B.

**11.3-masala.** Transformatorning salt yurishida birlamchi chulgʻamning kuchlanishi  $U_1=220$  V, tok  $I_c=1,2$  A, isroflari  $R_s=150$  Vt. Salt yurish rejimidagidagi reaktiv qarshilikni aniqlang.

**Yechish:** Birlamchi chulgʻamning aktiv qarshiligi: Om,

$$R_1 = \frac{P_c}{I_c^2} = \frac{150}{(1,2)^2} = 104,2$$

Birlamchi chulgʻamning toʻla qarshiligi: Om,

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_2} = \frac{220}{1,2} = 183,3$$

Transformatorning salt yurishidagi reaktiv qarshilik: Om

$$X_c = \sqrt{Z_1^2 - R_1^2} = \sqrt{183,3^2 - 104,2^2} = 151$$

### Nazorat savollari:

1. Transformatorning tuzilishi qanday?
2. Induktiv bogʻlangan zanjirlar nima bilan xarakterlanadi?
3. Transformatorning kirish va chiqish kattaliklarining oʻzaro bogʻlanishi?
4. Transformatsiyalash koeffitsiyenti nimaga bogʻliq?
5. Transformatorning qanday ish rejimlari bor?

## 12-amaliy mashgʻulot

### Mavzu: Asinxron motorining asosiy qiymatlarini hisoblash

**Ishdan maqsad:** Asinxron motorining qiymatlarini hisoblash boʻyicha nazariy va amaliy koʻnikmalariga ega boʻlish.

Talaba bilishi kerak:

- asinxron motorining asosiy qiymatlarini bilishi kerak;

Talaba bajara olishi kerak:

- asinxron motorining asosiy qiymatlarini hisoblay olishi kerak.

### Nazariy maʼlumot

Stator magnit maydonining aylanish chastotasi  $n_1$  stator chulgʻaming juft qutblari soniga  $p$  va uch fazali tizimning chastotasiga  $f$  bogʻliq:

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

Stator zanjiridagi tokning chastotasi (sanoat chastotasi)  $f = 50$  Gs bo'lsa, ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$n_1 = \frac{60 \cdot 50}{p} = \frac{3000}{p}$$

Rotorning aylanish chastotasi  $n_2$  esa magnit maydonning aylanish chastotasi  $n_1$  orqali sirpanish koeffitsiyenti  $s$  dan aniqlanadi:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

bundan

$$n_2 = n_1(1 - s)$$

Sirpanish koeffitsiyenti  $s$  0,01 dan 0,06 gacha yoki 1 dan 6 % gacha o'zgaradi, yuklama ortgan sari oshib boradi. Shuning uchun rotorning aylanish tezligi  $n_2$  statordagi magnit maydon aylanish tezligi  $n_1$  dan orqada qoladi. Yuklama ortishi bilan rotorning aylanish tezligi  $n_2$  kamayadi va sirpanish koeffitsiyenti  $s$  ortadi.  $n_2 < n_1$  bo'lgani bois bunday motorlar asinxron motor deb nom olgan.

12.1-jadvalda juft qutblar soni  $p$  ga mos ravishda tezlik  $n_1$  berilgan.

Burovchi moment  $M$  ning o'lchov birligi N·m bo'lib quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$M = 9550 \frac{P_{2nom}}{n_{2nom}}$$

Bunda  $P_2$ , kVt – motor o'qidagi foydali quvvat;

$n_2$ , 1/min – rotorning aylanishlar soni.

Motor o'qidagi foydali quvvat:

$$P_{2nom} = \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi \eta$$

bunda  $U_l, I_l$  – liniya kuchlanishi va toki;

$\eta$  - motor FIK;

$\cos \varphi$  – quvvat koeffitsiyenti.

Bu ifodadan quyidagiga ega bo‘lamiz

$$I_l = \frac{P_{2nom}}{\sqrt{3}U_{nom}\cos\varphi\eta}$$

Motor FIK i

$$\eta = P_2/P_1$$

bundan

$$P_1 = \frac{P_{2nom}}{\eta}$$

12.1-jadval

$p$	1	2	3	4	5	6
$n_1, 1/\text{min}$	3000	1500	1000	750	600	500

### Ishni bajarish tartibi:

1. Nazariy ma‘lumotlar bilan tanishish.
2. O‘zingizning variantingiz bo‘yicha topshiriqni oling.
3. Hisob-kitoblarni amalga oshirish (bunda tushuntirishlar bilan birga yozing).
4. Nazorat savollarga javob topish.

**12-masala.** Uch fazali asinxron motor nominal rejimda ishlamoqda u ulangan elektr tarmog‘ining liniya kuchlanishi  $U_l = 380$  V. juft qutblar soni va boshqa quyidagi parametrlari berilgan: Nominal quvvat  $P_{2nom}$ , sirpanish  $s_{nom}$ , quvvat koeffitsiyenti  $\cos\varphi_{nom}$  Foydali ish koeffitsiyenti  $\eta_{nom}$ . Tarmoq chastotasi  $f = 50$  Gs.

Aniqlansin: statordagi magnit maydonning aylanishlar soni  $n_1$  rotorning aylanishlar soni  $n_{2nom}$ ; motordagi tok  $I_{1nom}$ ; nominal burovchi moment  $M_{nom}$ ; tarmoqdan olinayotgan aktiv quvvat  $P_{1nom}$ . 12.2-jadvaldan o‘zingizning variantingizni yozib oling.

Variant №	Juft qutblar soni $2p$	$P_{2nom}$ , kVt	$S_{nom}$ , %	$\cos\varphi_{nom}$	$\eta_{nom}$
1	6	45	4,4	0,89	0,92
2	6	75	4,4	0,88	0,93
3	6	37	4,4	0,87	0,94
4	6	55	4,4	0,89	0,93
5	6	20	4,4	0,88	0,93
6	6	30	4,4	0,89	0,94
7	6	75	4,4	0,90	0,95
8	6	35	4,4	0,91	0,93
9	6	55	4,4	0,88	0,93
10	8	37	2,0	0,84	0,90
11	8	45	2,0	0,85	0,91
12	8	110	2,0	0,85	0,90
13	10	20	1,5	0,92	0,80
14	10	75	3,5	0,89	0,92
15	10	45	2,5	0,92	0,94
16	10	75	1,5	0,89	0,92
17	10	20	2,5	0,80	0,93
18	10	30	1,2	0,88	0,94
19	10	37	2,5	0,91	0,95
20	10	55	1,5	0,93	0,94
21	10	46	2,2	0,94	0,95
22	10	22	3,0	0,84	0,90
23	10	32	2,4	0,86	0,94
24	10	15	2,8	0,82	0,92

### Topshiriqni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma

1. Juft qutblar soni  $p$  ga mos  $n_1$  ni 12.1-jadvaldan tanlang.
2. Sirpanish ko'effitsiyenti  $s_{nom}$  va stator magnit maydonining aylanish chastotasi  $n_1$  yordamida rotor aylanish chastotasi  $n_{2nom}$  ni hisoblang.
3. Tarmoqdan iste'mol qilinayotgan tok  $I_{1nom}$  ni hisoblang.
4. Tarmoqdan olinayotgan aktiv quvvat  $P_{1nom}$  ni hisoblang.
5. Burovchi moment  $M_{nom}$  ni hisoblang.

## Nazorat savollari

1. Asinxron motorning tuzilishi va ishlash printsiptini tushuntiring.
2. Stator magnit maydonining aylanish chastotasi  $n_1$  va rotor aylanish chastotasi  $n_2$  orasidagi nisbat qanday?
3. Asinxron motorning sirpanishi nima va u tormoz momentining ortishi bilan qanday o'zgaradi.
4. Asinxron motorning FIK ni qanday hisoblashingiz mumkin?  
Asinxron motor ishlaganda qanday quvvat yo'qotish turlari mavjud?

### 13-amaliy mashg'ulot

#### Mavzu: Qisqa tutashgan rotorli asinxron dvigatel parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2=f(M)$ ni qurish

**Ishdan maqsad:** Qisqa tutashgan rotorli asinxron dvigatel parametrlarini hisoblash va uning mexanik xarakteristikasini qurish bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

Qisqa tutashgan rotorli asinxron dvigatel quyidagi ko'rsatilgan nominal parametrlarga ega:  $U=380$  V, foydali quvvati  $P_N=22$  kVt, aylanish chastotasi  $n_N=1455$  ayl/min, FIK  $\eta_N=90$ ,  $\cos\varphi_{IN}=0,88$ , ishga tushirish toki karraligi  $I_{i,t}/I_N=7$ , ishga tushirish  $M_{i,t}/M_N=1,2$  va maksimum moment karraligi  $M_{max}/M_{i,t}=2$ , stator faza chulg'amining aktiv qarshiligi  $20$  °C temperaturada  $r_a=0,17$ . Parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi  $n_2=f(M)$  ni qurish kerak.

Qisqa tutashuv rejimida  $\cos\varphi_{q,t}=0,5\cos\varphi_{IN}$  deb olinadi.

Nominal yuklamada asinxron dvigatelning olayotgan quvvati:

$$P_{IN} = \frac{P_N}{\eta_N} = \frac{22}{0,9} = 24,4 \text{ kVt}$$

Nominal yuklamada asinxron dvigatel iste'mol qilayotgan tok:

$$I_{IN} = P_{IN} / (3U_1 \cos\varphi_{IN}) = 24400 / (3 \cdot 220 \cdot 0,88) = 42 \text{ A}$$

Asinxron dvigatelning ishga tushirish toki:

$$I_{i,t} = I_N (I_{i,t} / I_{IN}) = 42 \cdot 7 = 294 \text{ A}$$

Asinxron dvigatelning qisqa tutashuv rejimidagi qarshiligi:

$$Z_{q,t} = U_1 / I_{yu} = 220 / 294 = 0,75 \Omega$$

Qisqa tutashuv rejimida quvvat koeffitsiyenti

$$\cos \varphi_q = 0,5 \cdot 0,88 = 0,44; \quad \sin \varphi_q = 0,895$$

Qisqa tutashuv qarshiligining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari:

$$x_q = Z_q \sin \varphi_q = 0,75 \cdot 0,895 = 0,67 \Omega$$

$$r_q = Z_q \cos \varphi_q = 0,75 \cdot 0,44 = 0,33 \Omega$$

Ishchi  $t^0$  temperaturada statorning faza chulg'ami qarshiligi:

$$r_1 = r_{1(20)} [1 + \alpha (\theta_{ish} - 20)] = 0,17 [1 + 0,004 (75 - 20)] = 0,21$$

Nominal yuklamada sirpanish:

$$s_N = (n_1 - n_N) / n_1 = (1500 - 1455) / 1500 = 0,03$$

bunda  $n_1 = 60 f_1 / p$  – stator magnet maydoni aylanish chastotasi.

Rotor faza chulg'amining keltirilgan aktiv qarshiligi:

$$r'_2 = r_{q,t} - r_1 = 0,33 - 0,21 = 0,12 \Omega$$

Elektromagnit momentning nominal qiymati:

$$M = \frac{m_1 U_1^2 r_2' p}{2 p f_1 \times s_N \left[ (r_1 + r_2' / s_N)^2 + x_{k,t}^2 \right]} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,12 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,03 \left[ (0,21 + 0,12 / 0,03)^2 + 0,67^2 \right]} = 204 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Maksimal moment:

$$M_{max} = 204 \cdot 2 = 408 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Ishga tushirish momenti:

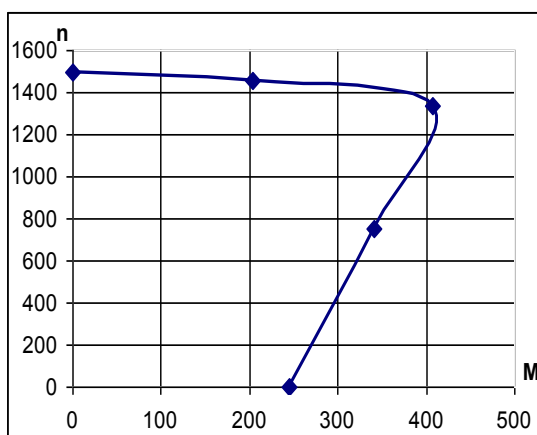
$$M_{i,t} = 204 \cdot 1,2 = 245 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Kritik sirpanish:

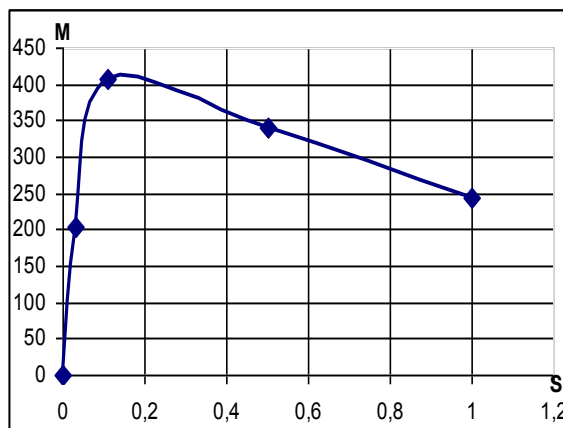
$$s_{kr} = s_N \left[ M_{max} / M_N + \sqrt{(M_{max} / M_N)^2 - 1} \right] = 0,03 \left[ 2 + \sqrt{2^2 - 1} \right] = 0,11$$

$s=0,5$  dagi moment

$$M = \frac{m_1 U_1^2 r_2^I p}{2 p f_1 \times s_N \left[ (r_1 + r_2^I / s_N)^2 + (x_1 + x_2)^2 \right]} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,12 \cdot 2}{50 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \left[ (0,21 + 0,12 / 0,5)^2 + 0,67^2 \right]} = 341 \text{ N} \cdot \text{m}$$



a)



b)

13.1- rasm. Mexanik xarakteristikalar:  $a - n=f(M)$ ;  $b - M=f(s)$

Aylanish chastotasini formula bo'yicha hisoblab,  $n_2=n_1(1-s)$  formuladan asinxron dvigatelning mexanik xarakteristikasini qurish uchun ma'lumotlar natijasini olamiz.

Olingan qiymatlar bo'yicha mexanik xarakteristikalarni chizamiz (13.1- rasm).



13.1-jadval

$S$	0	0,03	0,11	0,5	1
$n, [\text{ayl}/\text{min}]$	1500	1455	1335	750	0
$M[\text{N}\cdot\text{m}]$	0	204	408	341	245

### Nazorat savollari

1. Asinxron motorning statori qanday qismlardan tashkil topgan?
2. Asinxron motorning rotori qanday qismlardan tashkil topgan?
3. Stator magnit maydonining aylanish chastotasi  $n_1$  va rotor aylanish chastotasi  $n_2$  orasidagi nisbat qanday?
4. Sirpanish koeffitsiyenti nima?

13.2-jadval

№	Asinxron dvigatelnin tiplari	$P_N, [\text{kVt}]$	$n_N, [\text{ayl}/\text{min}]$	$\eta, \%$	$\cos\varphi_1$	$I_N/I_1$	$M_{i,t}/M_N$	$M_{max}/M_N$	$r_{1.20}, \Omega_{20}^\circ\text{C}_{\text{dagi}}$
1	5A160S2	15,0	2920	90	0,89	6,8	2,2	3	0,2100
2	5A160M2	18,5	2920	90,5	0,89	7	2,2	3	0,1800
3	АИР180S2	22,0	2930	90,5	0,89	6,8	2	2,9	0,1440
4	АИР180M2	30,0	2940	91,5	0,89	8	2,4	3,3	0,1120
5	5A225M2	55,0	2950	93,4	0,91	7,5	2,3	2,8	0,0540
6	5AM250S2	75,0	2960	93,6	0,92	7,5	2,0	3,0	0,0345
7	АИРМ132M4	11,0	1455	89,0	0,85	7,3	2,2	3,0	0,2500
8	5A160M4	18,5	1450	90	0,86	6,5	2,2	2,6	0,1790
9	5AM250S4	75,0	1485	94,3	0,86	7,2	2,2	2,3	0,0534
10	5AM250M4	90,0	1485	95	0,88	7,3	2,2	2,3	0,0384
11	5A160M6	15,0	970	88,5	0,83	6,8	2,0	2,7	0,1900
12	5AM250M6	55,0	985	92,5	0,84	6,2	2,0	2,0	0,0928
13	5AM28096C	75,0	990	94,5	0,85	6,2	1,9	2,0	0,0550
14	5AM250S6	45,0	985	93,0	0,84	6,2	2,0	2,0	0,0480
15	5AM315S6	110,0	990	94,8	0,88	6,9	1,8	2,6	0,0590
16	5A160M8	11,0	725	87	0,74	5,0	1,6	2,2	0,1300
17	5A200L8	22,0	735	90,0	0,77	6,2	2,0	2,6	0,1600
18	5AM250M8	45,0	740	93,0	0,75	6,8	1,8	2,6	0,115
19	5AM280M8C	75,0	740	94,0	0,82	6,0	2,0	2,1	0,075
20	5AM250S8C	55,0	740	93,6	0,83	5,9	1,9	2,0	0,0810
21	5AM280S10C	37,0	590	93,0	0,79	6,0	1,5	2,5	0,0970
22	5AM280M10C	45,0	590	93,5	0,8	6,5	1,5	2,5	0,0750
23	5AM280MB10	90,0	590	93,0	0,81	5,8	2,1	2,2	0,0320
24	5AM315S12C	45	490	93,0	0,79	5,6	1,8	2,0	0,0980
25	5AM315MB12	75	490	92,2	0,8	5,3	1,8	2,0	0,0950

## 14-amaliy mashg'ulot

### Mavzu: Faza rotorli asinxron dvigateling mexanik xarakteristikasini qurish

**Ishdan maqsad:** Faza rotorli asinxron dvigatel parametrlarini hisoblash va uning mexanik xarakteristikasini qurish bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

Faza rotorli asinxron dvigatel quyidagi ko'rsatilgan nominal parametrlariga:  $U=380V$ , chastota foydali quvvat  $P_N=30$  kVt,  $n_N=720$  ayl/min,  $\eta=87,5\%$ , manbaning chastotasi  $f=50$  Hz, stator chulg'ami Y ulangan. Asinxron dvigatel tarmoqqa to'g'ridan-to'g'ri ulanganda, ishga tushirish tok  $\cos\varphi_N=0,79$   $I_{i,t}$  karraligi  $I_{i,t}/I_N=7$ , maksimum moment karraligi  $M_{max}/M_N=1,7$ , stator faza chulg'aming aktiv qarshiligi  $20^0C$  temperaturada  $r_a=0,09335$   $\Omega$ ,  $\cos\varphi_q=0,5$   $\cos\varphi_N$  bo'lganda quyidagilarni topish kerak:

Nominal  $M_N$  va  $M_{max}$ ,  $s_N$ ,  $s_{kr}$ , shuningdek rotor zanjiriga ulangan rezistor qarshiligini topish kerak, bu paytda  $M_{i,t}$  maksimal moment  $M_{max}$  ga teng bo'lishi kerak. Mexanik xarakteristikani qurib,  $M_N$  bo'lgan sirpanish  $s$  ni topish kerak.

Nominal rejimda asinxron dvigatel iste'mol qiladigan quvvat:

$$P_{IN}=P_N/\eta_N=30/0,875=34,3\text{kVt}$$

Nominal rejimda asinxron dvigatel iste'mol qilayotgan tok:

$$I_{IN}=P_{IN}/(3U_I\cos\varphi_N)=34300/(3\cdot 220\cdot 0,79)=66\text{ A}$$

Nominal rejimdagi sirpanish:

$$s_N=(750-720)/750=0,04$$

$75^0C$  ishchi temperaturada stator fazasining aktiv qarshiligi:

$$r_1=r_{1(20)}[1+\alpha(75-20)]=0,0935[1+0,004\cdot 55]=0,114\ \Omega$$

To'g'ridan-to'g'ri ulangandagi  $I_{i,t}$  toki

$$I_{i,t}=I_N(I_{i,t}/I_N)=66\cdot 7=462\text{ A}$$

Qisqa tutashuv qarshiligi:

$$Z_q = U_1 / I_n = 220 / 462 = 0,48 \Omega$$

Qisqa tutashuvdagi  $\cos \varphi_q$ :

$$\begin{aligned} \cos \varphi_q &= 0,5 \cos \varphi_{IN} = 0,5 \cdot 0,79 = 0,395 \\ \sin \varphi_q &= 0,918. \end{aligned}$$

Qisqa tutashuv qarshiligining induktiv tashkil etuvchisi:

$$X_q = Z_q \sin \varphi_q = 0,48 \cdot 0,918 = 0,44 \Omega$$

Qisqa tutashuv qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi:

$$r_q = Z_q \cos \varphi_q = 0,48 \cdot 0,395 = 0,19 \Omega$$

Stator fazasiga keltirilgan rotor fazasining aktiv qarshiligi:

$$r'_2 = r_q - r_1 = 0,19 - 0,114 = 0,076 \Omega$$

$s_N = 0,04$  dagi rotor fazasining aktiv qarshiligi:

$$r'_2 / s_N = 0,076 / 0,04 = 1,9 \Omega$$

Elektromagnit momentning nominal qiymati:

$$M_N = \frac{m_1 U_1^2 r'_2 p}{2 p f_1 \times s_N \left[ (r_1 + r'_2 / s_N)^2 + x_k^2 \right]}$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,076 \cdot 4}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,04 \left[ (0,114 + 0,19 / 0,04)^2 + 0,44^2 \right]} = 720 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{max} = \frac{m_1 U_1^2 p}{4 p f_1 \left[ r_1 + \sqrt{r_1^2 + x_k^2} \right]} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 4}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \left[ 0,114 + \sqrt{0,114^2 + 0,44^2} \right]} = 1640 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$s_{kr} \approx \pm \frac{r_2'}{x_k} = 0,076 / 0,44 = 0,17$$

Rezistor qarshiligi  $r_{qo'sh}$  rotorga ulanganda  $M_{i.t.} = M_{max}$  teng bo'lishi uchun rotor fazasidagi umumiy aktiv qarshiliklar  $\Sigma r_{\alpha} x_q$  qarshilikka teng bo'lishi kerak:

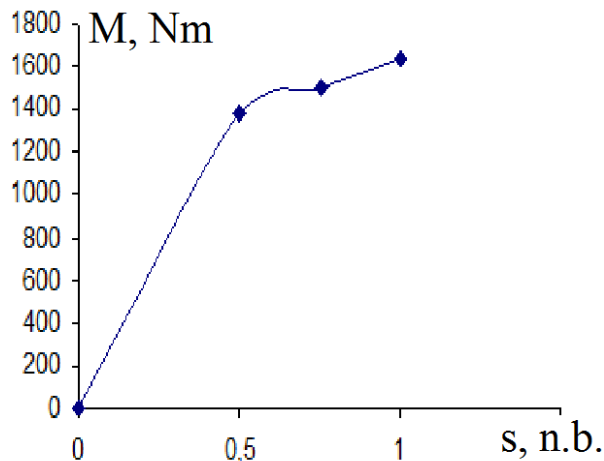
$$r_{qo'sh} = x_q - r_2' = 0,44 - 0,076 = 0,364 \Omega.$$

Sun'iy mexanik xarakteristikani  $r_{qo'sh} + r_2' = 0,440 \Omega$  rotor zanjir qarshiligiga mos qiymati uchun  $M = f(s)$  qurish uchun  $s = 0,5$ ,  $s = 0,75$  dagi  $M$  ni hisoblash kerak. Elektromagnit momentning sirpanishga mos qiymatlarining natijasi 14.2- jadvalda berilgan.

14.2-jadval

$S$	0	0,5	0,75	1
$M$	0	1381	1500	1640

Grafik (14.1- rasm)dan ko'rinadiki, nominal  $M_N = 720 \text{ N}\cdot\text{m}$  ga mos,  $s = 0,32$ , bunda nominal aylanish chastotasi  $n = 750(1 - 0,32) = 510 \text{ ayl/min}$ .



14.1-rasm. Mexanik xarakteristika

14.1-jadval

№	Asinxron dvigatel tipi	$P_N$ kVt	$n_N$ ayl/min	$\eta_N$ %	$\cos\varphi_N$	$M_{max}/$ $M_N$	$r_{1,20,}$ $20^\circ\text{C}$ da	$\Omega$
1	4AK200L4Y3	30	1470	90,5	0,87	4	0,0725	
2	4AK225M4Y3	37	1450	90	0,87	3	0,0690	
3	4AK25SA4Y3	45	1470	91	0,88	3	0,071	
4	4AK200L4Y3	55	1475	90,5	0,9	3	0,039	
5	4AK200M6Y3	18,5	980	88	0,81	3,5	0,17	
6	4AK250M6Y3	45	970	90,5	0,87	2,5	0,062	
7	4AK200L6Y3	22	980	89	0,85	2,5	0,0890	
8	4AK200LM8Y3	15	735	86	0,70	3	0,415	
9	4AHK160M4Y3	17	1470	88	0,87	3,5	0,1790	
10	4AHK180M4Y3	30	1480	88	0,81	3,2	0,0669	
11	4AHK200L4Y3	45	1480	90	0,88	3,0	0,0718	
12	4AHK225M4Y3	55	1455	89,5	0,87	2,5	0,038	
13	4AHK250SA4Y3	75	1440	90,0	0,88	2,3	0,0437	
14	4AHK250SB4Y3	90	1440	91,5	0,87	2,5	0,0350	
15	4AHK250M4Y3	110	1460	92	0,90	2,5	0,0370	
16	4AHK280S4Y3	132	1460	92	0,88	2,0	0,0338	
17	4AHK315S4Y3	160	1470	92,5	0,88	2,0	0,0295	
18	4AHK250M4Y3	200	1470	93	0,89	2	0,0258	
19	4AHK225M6Y3	37	980	89	0,86	1,9	0,120	
20	4AHK250M6Y3	75	970	91,5	0,85	2,5	0,0587	
21	4AHK280M8Y3	90	735	90,5	0,84	1,9	0,095	
22	4AHK315S10Y3	75	575	90	0,8	1,8	0,115	
23	4AHK315S12Y3	55	480	89	0,75	1,8	0,040	
24	4AHK355M12Y3	110	470	90	0,73	1,7	0,028	
25	4AHK355S12Y3	90	475	89,5	0,73	1,7	0,032	

### Nazorat savollari:

1. Faza rotorli asinxron motorning statori qanday qismlardan tashkil topgan?
2. Faza rotorli asinxron motorning rotori qanday qismlardan tashkil topgan?
3. Mexanik xarakteristikada qanday kattaliklar o'z ara bog'lanadi?
4. Faza rotorli asinxron motorning tezligi qanday rostlanadi?
5. Faza rotorli asinxron motorning rotoriga qarshilik ulash mumkinmi?

## 15-amaliy mashg'ulot

### Mavzu: Uch fazali sinxron generatorning asosiy qiymatlarini hisoblash

Ishdan maqsad: Uch fazali sinxron generatorning qiymatlarini hisoblash bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

Talaba bilishi kerak:

- Uch fazali sinxron generatorning asosiy qiymatlarini bilishi kerak;

Talaba bajara olishi kerak:

- Uch fazali sinxron generatorning asosiy qiymatlarini hisoblay olishi kerak.

### Nazariy ma'lumot

Sinxron mashinalarning o'ziga xos tomonlaridan biri bu uning rotorini aylanishlar soni  $n_1$  ni stator chulg'amidagi tokning chastotasi  $f_1$  bilan uzviy bog'liqligidadir:

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p}$$

Boshqacha qilib aytganda, sinxron mashinalarning statori va rotordagi magnit maydonlarining aylanishi sinxronidir, ya'ni chastotalari bir xil.

Sinxron mashinalarning rotori konstruktiv tuzilishiga ko'ra ayon va noayon qutbli turlariga bo'linadi. Ayon qutbli rotorli sinxron mashinalarning rotorida joylashtirilgan qo'zg'atish chulg'amlari yaqqol ko'rinib turadi va bu chulg'am doimiy tok manbaidan ta'minlanadi. Bu turdagi rotorning bo'ylama va ko'ndalang o'qi bo'yicha magnit qarshiligi har xil bo'ladi. Bo'ylama  $dd$  o'qning magnit qarshiligi ko'ndalang  $qq$  o'qning magnit qarshiligiga qaraganda kamroq bo'ladi. Noayon qutbli mashinalarda bo'ylama va ko'ndalang o'q bo'yicha magnit qarshilik bir xil bo'ladi, chunki bu turdagi rotorning stator bilan orasidagi havo tirqishi stator aylanasi bo'ylab bir xil bo'ladi.

Sinxron mashinalarining stator qismi asinxron mashinalariniki bilan bir xil bo'ladi. Mashinani ishlash vaqtida stator chulg'amida elektr yurituvchi kuch hosil bo'ladi va chulg'amlardan tok oqa boshlaydi. Chulg'amdan oqayotgan tok magnit yurituvchi kuchni xosil qiladi. Magnit yurituvchi kuch quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$F_1 = \frac{0.45 m_1 I_1 w_1 k_{ch1}}{p}$$

Magnit yurituvchi kuch aylanma magnit maydonni hosil qiladi va mashina havo bo'shlig'i  $\delta$  da magnit induksiya paydo bo'ladi. Har bir qutb bo'linmasi  $\tau$  da hosil bo'lgan magnit induksiya rotor konstruksiyasiga bog'liq bo'ladi.

Sinxron mashinasining energetik ko'rsatkichlari mashinaning ish rejimiga bog'liq bo'ladi. Agar mashina generator rejimida bo'lsa, uning o'rniga berilayotgan mexanik quvvat birlamchi yuritma dvigatelining burovchi momenti  $M_1$  va aylanishlar soni  $n_1$  dan aniqlanadi.

$$P_1 = 0,105M_1 n_1$$

Bu quvvatning bir qismi mexanik  $P_{\text{mex}}$ , magnit  $P_m$  va qo'shimcha  $P_{\text{qo'sh}}$  isroflarni qoplashga sarflanadi. Agar mashinaning qo'zg'atgichi ushbu mashina o'qiga mahkamlangan bo'lsa u holda yana quydagi qo'zg'atgichdagi isrofn ham qoplaydi

$$P_q = \frac{U_q I_q}{\eta_q}$$

Bunda  $U_q$  va  $I_q$  – qo'zg'atish zanjiridagi kuchlanish va tok;  
 $\eta_q$  – qo'zg'atgich FIK i.

Sanab o'tilgan isroflar ayirib tashlangach, qolgan qiymat generatorning elektromagnit quvvatini ( $P_{EM}$ ) tashkil etadi va u elektromagnit yo'l bilan generator statoriga uzatiladi. Generator chiqishidagi foydali quvvat  $P_2$  elektromagnit quvvatdan statoridagi elektr isrofining ayirmasiga teng bo'ladi

$$P_{e1} = m_1 I_1^2 r_1$$

Sinxron generatordagi quvvat isroflari yig'indisi

$$\Sigma P = P_{\text{mex}} + P_m + P_q + P_{\text{qo'sh}} + P_{e1}$$

Generatorning foydali quvvati

$$P_2 = S_2 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$$

Bunda  $S_2 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$  - generator chiqishidagi quvvat, VA;  
 $\cos \varphi_1$  – generator yuklama zanjiridagi quvvat koeffitsiyenti.

Agar mashina dvigatel rejimida ishlayotgan bo'lsa, sanab o'tilgan quvvat isroflari sodir bo'ladi lekin mashina kirishidagi quvvat quyidagicha bo'ladi:

$$P_1 = S_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$$

Dvigatel chiqishidagi quvvat esa mexanik ko'rinishda bo'lib, quyidagiga teng

$$P_2 = 0,105 M_2 n_1$$

Sinxron mashinaning foydali ish koeffitsiyenti

$$\eta = P_2/P_1$$

### **Ishni bajarish tartibi:**

Amaliy ishda talaba o'zining varianti bo'yicha uch fazali sinxron generatorning qiymatlari quyidagi ketma-ketlikda aniqlaydi:

- 1) Nazariy ma'lumotlar bilan tanishish.
- 2) O'zingizning variantingiz bo'yicha topshiriqni oling.
- 3) Hisob-kitoblarni amalga oshirish, bunda tushuntirishlar bilan birga yozing.
- 4) Nazorat savollarga javob topish.

**15-masala.** Uch fazali sinxron generatorning qiymatlari: Tok chastotasi 50 Gs bo'lgandagi nominal (liniyadagi) kuchlanish  $U_{1nom}$  ga teng, stator chulg'amlari yulduz usulda ulangan, stator nominal toki  $I_{1nom}$ , nominal yuklamadagi FIK  $\eta_{nom}$ , juft qutblar soni  $2p$ , kirishdagi quvvat  $P_{1nom}$ , chiqishdagi foydali quvvat  $P_{2nom}$ , nominal rejimdagi quvvat isroflari yig'indisi  $\Sigma P_{nom}$ , chiqishdagi to'la quvvat  $S_{2nom}$ , quvvat koeffitsiyenti  $\cos \varphi_{1nom}$ , nominal yuklamadagi generatorni harakatga keltirayotgan mexanik manbaning berayotgan burovchi momenti  $M_{1nom}$ . 15.1-jadvalda yetishmayotgan qiymatlarni aniqlash talab etiladi.

### **Nazorat savollari:**

1. Sinxron masinalarining o'ziga xos tomonlari nimada?
2. Sinxron mashinalarining qo'zg'atilish usullarini sanab o'ting.
3. Sinxron mashina bilan asinxron mashinalarning farqi nimada?
4. Sinxron mashinalarning yakori qanday tuzilishga ega?



15.1-jadval

Qiymatlar	Variantlar (1 dan 10 gacha)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{nom}$ , kVA	330	-	270	470	-	600	780	450	700	500
$U_{1nom}$ , V	6,3	3,2	0,4	-	0,7	3,2	6,3	0,4	-	3,2
$\eta_{nom}$ , %	92	-	-	91	90	93	-	-	93	92
$2p$	6	8	-	6	10	12	6	-	6	10
$P_{2nom}$ , kVt	-	-	206	-	-	-	667,4	369,5	-	-
$\Sigma P_{nom}$ , kVt	-	27	18	-	-	-	-	-	-	-
$\cos\varphi_{1nom}$	0,9	-	0,85	0,9	-	0,92	-	0,9	0,92	0,85
$I_{1nom}$ , A	-	72,2	-	43,1	190	-	-	-	64,2	-
$P_{1nom}$ , kVt	-	340	-	-	190	-	717,6	-	-	-
$M_{1nom}$ , Nm	-	-	-	-	-	-	-	7735	-	-

Qiymatlar	Variantlar (11 dan 20 gacha)									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$S_{nom}$ , kVA	440	510	230	530	670	400	-	320	220	-
$U_{1nom}$ , V	3,2	6,3	0,4	-	6,3	6,3	3,2	0,4	-	0,4
$\eta_{nom}$ , %	94	-	-	95	95	91	-	-	92	88
$2p$	8	4	-	6	8	4	10	-	6	4
$P_{2nom}$ , kVt	-	443,7	186,5	-	-	-	-	270	-	-
$\Sigma P_{nom}$ , kVt	-	-	-	-	-	-	80	26	-	-
$\cos\varphi_{1nom}$	0,91	-	0,92	0,91	0,9	0,91	-	0,88	0,91	-
$I_{1nom}$ , A	-	-	-	41,2	-	-	150,2	-	48,8	45
$P_{1nom}$ , kVt	-	480,7	-	-	-	-	740	-	-	300
$M_{1nom}$ , Nm	-	-	3580	-	-	-	-	-	-	-

Qiymatlar	Variantlar (21 dan 30 gacha)									
	20	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$S_{nom}$ , kVA	410	570	280	-	-	500	420	365	800	460
$U_{1nom}$ , V	0,4	-	6,3	3,2	0,4	3,2	6,3	0,4	-	3,2
$\eta_{nom}$ , %	-	91	92	-	95	93	-	-	93	92
$2p$	-	4	6	10	6	12	4	-	6	8
$P_{2nom}$ , kVt	374	-	-	-	-	-	667,4	369,5	-	-
$\Sigma P_{nom}$ , kVt	25	-	-	54	-	-	-	-	-	-
$\cos\varphi_{1nom}$	0,86	0,9	0,94	-	-	0,92	-	0,90	0,91	0,87
$I_{1nom}$ , A	-	65,1	-	144,4	220	-	-	-	64,2	-
$P_{1nom}$ , kVt	-	-	-	680	220	-	717,6	-	-	-
$M_{1nom}$ , Nm	-	-	-	-	-	-	-	477	-	-

## 16-amaliy mashg'ulot

### Mavzu: Sinxron mashinalarining turli qiymatlarini hisoblash

Ishdan maqsad: sinxron mashinalarining turli qiymatlarini hisoblash bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

**16.1-masala.** Noayon qutbli sinxron mashinaning chulg'am o'ralgan qismi uzunligini aniqlash.

Ikki qutbli noayon qutbli sinxron mashinaning ichki diametri  $D_i = 1$  m. Havo oralig'ida maydonning tarqalishini sinusoida shaklida bo'lishini ta'minlash uchun, rotor qutb bo'linmasi chulg'am o'ralgan qismining uzunligini aniqlang.

**Yechish:** Qutb bo'linmasi:

$$\tau = \frac{\pi D_i}{2p} = \frac{\pi \cdot 1}{2} = 157 \text{ m.}$$

Qutb bo'linmasining chulg'am o'ralgan qismi uzunligi:

$$v = \rho \tau = 0,67 \cdot 1,57 = 1,052 \text{ m,}$$

bu yerda:  $\rho = 0,6 \div 0,75$  o'zgaradi.

**16.2-masala.** Noayon qutbli sinxron mashinaning havo oralig'idagi o'rtacha induksiyasi topilsin.

Noayon qutbli sinxron mashinaning qutbi o'qidagi induksiya  $B_\delta = 0,85$  Tl.  $V = 110$  sm,  $D_i = 98$  sm,  $2p = 2$  bo'lsa, havo oralig'idagi o'rtacha induksiya topilsin.

**Yechish:** Qutb bo'linmasi:

$$\tau = \frac{\pi D_i}{2p} = \frac{\pi \cdot 98}{2} = 153,86 \text{ sm}$$

Qutbning chulg'am o'ralgan qismining nisbiy uzunligi:

$$\rho = v / \tau = 110 / 153,86 = 0,7149$$

Qutb berkilish hisobiy koeffitsiyenti:

$$\alpha_\delta = 1 - 0,5 \rho = 1 - 0,5 \cdot 0,7149 = 0,643$$

O‘rtacha induksiya:

$$B_{bur} = B_{\delta} \alpha_{\delta} = 0,85 \cdot 0,643 = 0,546 \text{ Tl.}$$

**16-masala.** Sinxron mashina induksiyasi aniqlansin. Sinxron mashina qo‘zg‘atish chulg‘ami maydoni shaklining koeffitsiyenti  $k_f=1,05$ , qutb o‘qidagi induksiyaning radial tashkil etuvchisi  $B_{\delta}=0,75$  Tl bo‘lsa, havo oralig‘idagi qo‘zg‘atish maydoni induksiyasi  $B_{\delta lm}$  aniqlansin.

**Yechish:** Qo‘zg‘atish maydoni induksiyasi:

$$B_{\delta lm} = k_f B_{\delta} = 1,05 \cdot 0,75 = 0,79 \text{ Tl.}$$

### Nazorat savollari:

1. Ayon qutbli sinxron masinalarining o‘ziga xos tomonlari nimada?
2. Noayon qutbli sinxron mashinalarining o‘ziga xos tomonlari nimada?
3. Sinxron mashinalarining qo‘zg‘atish usullarini sanab o‘ting.
4. Sinxron mashinaning havo bo‘shlig‘idagi induksiya nimaga xizmat qiladi?

### 17-amaliy mashg‘ulot

#### Mavzu: O‘zgarmas tok mashinalarining turli qiymatlarini hisoblash

Ishdan maqsad: O‘zgarmas tok mashinalarining turli qiymatlarini hisoblash bo‘yicha nazariy va amaliy ko‘nikmalariga ega bo‘lish.

**17.1- masala.** Olti qutbli aralash qo‘zg‘atuvchi chulg‘amlik o‘zgarmas tok elektr mashinasi  $U = 220 \text{ V}$ ,  $n = 1000$  ayl/daq.  $I_{nom} = 13,3 \text{ A}$ , FIK  $\eta = 75,2 \%$ , yakor zanjiri qarshiligi  $R_{Ya} = 1,65 \text{ Om}$ , parallel qo‘zg‘atish chulg‘ami qarshiligi  $R_{k.ch.} = 183 \text{ Om}$ , parallel o‘ramlar soni 3 juft, yakor o‘tkazgichlar soni 240 ta.

Magnit oqimi, motor o‘qidagi moment, elektromagnit, qabul qilinayotgan va nominal quvvatlar aniqlansin.

**Yechish:**

Magnit oqimini topish uchun yakor toki va EYUK ni aniqlaymiz:  
parallel qo‘zg‘atuvchi chulg‘am toki:

$$I_{k.ch.} = U_{nom}/R_{k.ch.} = 220/183 = 1,2$$

bu yerdan yakor zanjiri toki:  $I_{ya} = I_{nom} - I_{k.ch.} = 13,3 - 1,2 = 12,1$

yakor EYUK:  $E_{Ya} = U_{nom} - I_{Ya}R_{Ya} = 220 - 12,1 \cdot 1,65 = 200$

magnit oqimi quyidagi formuladan topiladi:  $E = \frac{pN}{60a} n_{nom} \Phi$ ,

bu yerdan magnit oqimi,  $\Phi$ :  $\Phi = \frac{60aE}{pNn_{nom}} = \frac{60 \cdot 3 \cdot 200}{3 \cdot 240 \cdot 1000} = 0,05$

elektromagnit quvvat:

$$P_{em} = E_{ya}I_{ya} = 200 \cdot 12,1 = 2420$$

qabul qilinayotgan quvvat:  $R_1 = U_1 I_{nom} = 220 \cdot 13,3 = 2926$

nominal quvvat:  $R_{nom} = R_1 \eta = 2926 \cdot 0,752 = 2200$

nominal yuklanish uchun motor o'qidagi moment, N·m:

$$M = 9,55R_{nom} / n_{nom} = 9,55 \cdot 2200/1000 = 21$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar

**17.2-masala.** Parallel uyg'otuvchi chulg'amlik o'zgarmas tok motori uchun quyidagilar berilgan:  $R_{ya} = 0,35 \text{ Om}$ ,  $R_{k.ch.} = 50 \text{ Om}$ ,  $U = 220 \text{ V}$ . Agar tashqi qarshilik  $R_t = 6 \text{ Om}$  bo'lsa, motorning EYUK va yakor toki aniqlansin.

**17.3-masala.** O'zgarmas tok elektr mashinasi uchun  $E = 110\text{V}$ , mashinaning o'zgarmas qiymati  $pN/60 a = S \cdot E = 2$ ,  $n = 1500 \text{ ayl /min}$  berilgan. Mashinaning magnit oqimi topilsin.

**17.4-masala.** Agar motor  $U = 220 \text{ V}$ ,  $N = 120$ ,  $F = 5 \cdot 10^{-2} \text{ Vb}$ ,  $r = 2$ ,  $a = 2$  qiymatlarga ega bo'lsa, uning aylanish chastotasi hisoblansin.

**17.5-masala.** Ketma-ket uyg'otuvchi chulg'amlik motor uchun  $U = 220 \text{ V}$ ,

$I = 20 \text{ A}$ ,  $\eta = 93\%$  berilgan. Yakor qarshiligi, yuk qarshiligi, EYUK va foydali quvvat topilsin.

**17.6-masala.** Oddiy to'liqsimon chulg'amlik motorning magnit oqimi aniqlansin. Berilgan:  $U = 110 \text{ V}$ ,  $I = 100 \text{ A}$ ,  $n = 1500 \text{ ayl/min}$

### Nazorat savollari:

1. O'zgaras tok mashinalarining o'ziga xos tomonlari nimada?
2. O'zgaras tok mashinalari qanday ishlaydi?
3. O'zgaras tok mashinalarining afzalliklarini sanab o'ting.
4. O'zgaras tok mashinalari qanday qismlardan iborat?
5. O'zgaras tok mashinalarining yakori qanday vazifa bajaradi?

### 18-amaliy mashg'ulot

#### Mavzu: O'zgaras tok mashinalarining turli qiymatlarini hisoblash

Ishdan maqsad: O'zgaras tok mashinalarining turli qiymatlarini hisoblash bo'yicha nazariy va amaliy ko'nikmalariga ega bo'lish.

**18.1- masala.** P51 turli qo'zg'atuvchi chulg'ami yakorga parallel ulangan o'zgaras tok generatori uchun quyidagilar berilgan: quvvat  $P_{\text{nom}} = 5 \text{ kVt}$ , kuchlanish  $U_{\text{nom}} = 230 \text{ V}$ , aylanish chastotasi  $n_{\text{nom}} = 1450 \text{ ayl/min}$ , yakor zanjiri qarshiligi  $R_{\text{ya}} = 0,635 \text{ Om}$ , qo'zg'atish chulg'ami qarshiligi  $R_{\text{v}} = 91 \text{ Om}$ , magnit va mexanik isroflar  $\Delta R = 0,052 R_{\text{nom}}$ . Yakor chulg'ami nominal toki, yakor EYUK, elektr isroflar, umumiy quvvat isrofi, qabul qilinayotgan (mexanik) quvvat, nominal ish rejimi uchun FIK aniqlansin.

**Yechish:** Generatorning nominal toki  $P_{\text{nom}} = U_{\text{nom}} \cdot I_{\text{nom}}$ ; dan aniqlandi

bundan

$$I_{\text{nom}} = \frac{P_{\text{nom}}}{U_{\text{nom}}} = \frac{5000}{230} = 21,74$$

Qo'zg'atish chulg'ami toki:  $I = U_{\text{nom}}/R_{\text{v}} = 230/91 = 2,52$ .

Kirxgof qonuniga asosan yakor tokini aniqlaymiz:

$$I_{\text{ya}} = I_{\text{nom}} + I_{\text{v}} = 21,74 + 2,52 = 24,26$$

Nominal rejimdagi yakor EYUK:

$$e = U_{\text{nom}} + I_{\text{ya}} R_{\text{ya}} = 230 + 24,26 \cdot 0,635 = 245,4$$

Chulgʻamdagi elektr isroflar, Vt

yakor chulgʻamida:

$$\Delta P_{\text{Я}} = I_{\text{Я}}^2 \cdot R_{\text{Я}} = 24,26^2 \cdot 0,635 = 373,7$$

qoʻzgʻatuvchi chulgʻamda:

$$\Delta P_{\text{к.ч.}} = I_{\text{к.ч.}}^2 \cdot R_{\text{к.ч.}} = 2,52^2 \cdot 91 = 577,8$$

magnit va mexanik isroflar:

$$\Delta P_{\text{маг}} + \Delta P_{\text{мех}} = 0,052 P_{\text{ном}} = 0,052 \cdot 5000 = 260$$

nominal rejimdagi isroflar yigʻindisi:

$$\sum \Delta P = \Delta P_{\text{Я}} + \Delta P_{\text{к.ч.}} + \Delta P_{\text{мех}} = 373,7 + 577,8 + 260 = 1211,5$$

qabul qilinayotgan quvvat:

$$P_1 = P_{\text{ном}} + \sum \Delta P = 5000 + 1211,5 = 6211,5$$

nominal rejimdagi FIK:

$$\eta = P_{\text{ном}} / P_1 = 5000 / 6211,5 = 0,805$$

**18.2-masala.** Qoʻzgʻatuvchi chulgʻami yakorga parallel ulangan oʻzgarmas tok mashinasining pasport qiymatlari quyidagicha: kuchlanish  $U_{\text{nom}} = 220$  V, tok  $I_{\text{nom}} = 43$  A, aylanish chastotasi  $n_{\text{nom}} = 1000$  ayl/daq, qoʻzgʻatish nominal toki  $I_{\text{V}} = 1,5$  A, yakor zanjiri qarshiligi  $R_{\text{YA}} = 0,03$  Om. Yakorga qoʻyilgan kuchlanish 200 V gacha kamaygan holat uchun yakorning aylanish chastotasi aniqlansin. Bunda motor oʻqidagi quvvat va qoʻzgʻatish toki oʻzgarmas boʻlib qoladi.

**Yechish:** Nominal quvvat uchun yakor toki, A

$$I_{\text{ya}} = I_{\text{nom}} - I_{\text{V}} = 43 - 1,5 = 41,5$$

Nominal quvvat va nominal kuchlanish  $U_{\text{nom}} = 220 \text{ V}$  uchun aylantiruvchi moment:

$$M_{\text{nom}} = s_m F I_{ya}$$

kuchlanish kamaygandagi aylantiruvchi moment:

$$M_1 = s_m F_1 I_{1ya}$$

Masala shartiga asosan aylantiruvchi moment va qo'zg'atuvchi chulg'am toki o'zgarmas qiymatlar bo'lib qoladi, demak magnit oqimlari ham bir-biriga teng, shuning uchun ikkala holat uchun yakor toklari bir-biriga teng:  $I_{Ya} = I_{Ya1} = 41,5$

Nominal kuchlanish  $U_{\text{nom}} = 220 \text{ V}$  uchun aylanish chastotasi:

$$n_{\text{nom}} = (U_{\text{nom}} - R_{ya} I_{\text{nom}}) / (s_e F)$$

Kuchlanish  $U_1 = 200 \text{ V}$  uchun aylanish chastotasi:

$$n_1 = (U_1 - R_{ya} I_{ya1}) / (s_e F_1)$$

Ikkala holat ifodalarining bir-biriga nisbatini olsak:  $\frac{n_1}{n_{\text{nom}}} = \frac{U_1 - R_{\text{я}} I_{1\text{я}}}{U_{\text{НОМ}} - R_{\text{я}} I_{\text{я}}}$ ,

bu ifodadan

$$n_1 = n_{\text{НОМ}} \frac{U_1 - R_{\text{я}} I_{1\text{я}}}{U_{\text{НОМ}} - R_{\text{я}} I_{\text{я}}} = 1000 \frac{200 \cdot 0,3 \cdot 41,5}{220 - 0,3 \cdot 41,5} = 903$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar

**18.3-masala.** Parallel qo'zg'atuvchi chulg'amli o'zgarmas tok motori quyidagi qiymatlarga ega:  $U = 440 \text{ V}$ ,  $I = 120 \text{ A}$ ,  $n = 960 \text{ ayl /min}$ ,  $R_{ya} = 0,16 \text{ Om}$ ,  $R_{k.ch.} = 145 \text{ Om}$ ,  $n_0 = 1000 \text{ ayl /min}$ .

Qabul qilinayotgan quvvat  $R_1$  va tok  $I_1$ , o'qdagi quvvat,  $R_2$ , FIK  $\eta$ , aylantiruvchi moment,  $M_{\text{ayl}}$ , o'qdagi yuk momenti  $M_{\text{yuk}}$ , salt ishlash momenti  $M_0$  lar aniqlansin.

**18.4-masala.** Jadvalda keltirilgan o'zgarmas tok motorlarning qiymatlari uchun ishga tushirish qarshiliklari aniqlansin (18.1-jadval).

18.1-jadval

110 V	110V	220 V	220V
30,6A	50,5	13	39
396A	450	200	460

Ruxsat etilgan ishga tushirish toki  $(1,8 \dots 2,5)I_n$

**18.5-masala.** Uyg'otuvchisi yakorga ketma-ket ulangan o'zgarmas tok motorining  $R_1$ ,  $M_{ayl}$ ,  $\eta$ ,  $\Delta P_{el}$ ,  $y_{e_{ya}}$  qiymatlari hisoblansin.

Berilgan:  $U = 440$  V,  $I = 89$  A,  $n = 750$  ayl/min,  $R_{ya} = 0,189$  Om,  $R_{k.ch.} = 0,0084$  Om,  $R_2 = 37,7$  kVt.

**18.6-masala.** Berilgan kran motorining  $E_{ya}$ ,  $R_2$ , FIK  $\eta$  qiymatlarini hisoblang:  $U = 110$  V,  $I = 24$  A,  $n = 1500$  ayl/min,  $R_{ya} + R_{k.ch.} = 0,28$  Om,  $M = 14$  N.m

**18.7-masala.** Aralash uyg'otuvchi chulg'amlik motorning manbadan olayotgan toki,  $I$  va  $E_{ya}$ ,  $R_2$ ,  $M_{ayl}$  qiymatlarini toping.

Berilgan:  $U = 220$  V,  $R = 75$  kVt,  $I_{k.ch.} = 4,5$  A,  $\eta = 89,5$  %,  $n = 1500$  ayl/min,  $R_{ya} = 0,02$  Om

### Nazorat savollari

1. O'zgarmas tok motorining moment qanday aniqlanadi ?
2. O'zgarmas tok mashinalarini elektr sxemalarini chizib bering.
3. O'zgarmas tok mashinalarining qo'llanilish sohalariga misol keltiring.
4. O'zgarmas tok mashinalarinihg shyotkalaridan nega uchqun chiqadi?
5. O'zgarmas tok mashinalarining aylanish yo'nalishi qanday o'zgartiriladi?



## Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T.: O‘zbekiston NMIU, 2017. – 488 b.
2. Bhattacharya. Electrical machines 3E book. 2008, N/A p.
3. Fitzgerald. Electric machinery, 6/E book. 2002, N/A p.
4. Berdiyev U.T., Pirmatov N.B. Elektromexanika. Texnika oliy o‘quv yurtlarining Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari va Elektr energetika yo‘nalishi talabalari uchun darslik. – T.: Shams-Asia. 2014. –386 b.
5. Pirmatov N.B. Zayniyeva O.E. Elektromexanika asoslari. O‘quv qo‘llanma. – T.: “Ma’naviyat”, 2015. – 104 b.
6. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. Darslik. – T.: O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. – 408 b.
7. Pirmatov N.B., Mustafakulova G.N., Maxmadiyev F.M. Elektr mashinalari kursidan transformatorlarni loyihalash. Uslubiy qo‘llanma. – T.: ToshDTU, 2013. - 95 b.
8. [www.ziyo.uz](http://www.ziyo.uz)
9. <http://dhes.ime.mrsu.ru/studies>
10. <http://rbip.bookchamber.ru>
11. <http://energy-mgn.nm.ru>
12. <http://booket.ru>

## MUNDARIJA

<b>1-amaliy mashg‘ulot.</b> Elektr zanjirlarida Om qonunlarini tatbiq etish. .	3
<b>2-amaliy mashg‘ulot.</b> Elektr zanjirlarida Kirxgof qonunlarini tatbiq etish. . . . .	7
<b>3-amaliy mashg‘ulot.</b> O‘zgaruvchan tok zanjiri elementlari parametrlarini tadqiq etish. . . . .	17
<b>4-amaliy mashg‘ulot.</b> O‘zgaruvchan tok zanjiri elementlari parametrlarini tadqiq etish. . . . .	24
<b>5-amaliy mashg‘ulot.</b> O‘zgaruvchan tok zanjirida kuchlanishlar rezonansini tadqiq etish . . . . .	27
<b>6-amaliy mashg‘ulot.</b> Induktiv bog‘langan zanjirning parametrlarini tadqiq etish. . . . .	31
<b>7-amaliy mashg‘ulot.</b> Uch fazali o‘zgaruvchan tok zanjirlarining parametrlarini tadqiq etish. . . . .	33
<b>8-amaliy mashg‘ulot.</b> Bir fazali transformatorning asosiy parametrlarini hisoblash. . . . .	38
<b>9-amaliy mashg‘ulot.</b> Uch fazali transformatorning tashqi tavsifnomasini qurish. . . . .	41
<b>10-amaliy mashg‘ulot.</b> Uch fazali transformatorning asosiy qiymatlarini hisoblash. . . . .	45
<b>11-amaliy mashg‘ulot.</b> Transformatorning turli qiymatlarini hisoblash.	48
<b>12-amaliy mashg‘ulot.</b> Asinxron motorining asosiy qiymatlarini hisoblash. . . . .	50
<b>13-amaliy mashg‘ulot.</b> Qisqa tutashgan rotorli asinxron dvigatel parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2=f(M)$ ni qurish. . . .	54
<b>14-amaliy mashg‘ulot.</b> Faza rotorli asinxron dvigatelining mexanik xarakteristikasini qurish. . . . .	58
<b>15-amaliy mashg‘ulot.</b> Uch fazali sinxron generatorning asosiy qiymatlarini hisoblash. . . . .	62
<b>16-amaliy mashg‘ulot.</b> Sinxron mashinalarining turli qiymatlarini hisoblash. . . . .	66
<b>17-amaliy mashg‘ulot.</b> O‘zgarmas tok mashinalarining turli qiymatlarini hisoblash. . . . .	67
<b>18-amaliy mashg‘ulot.</b> O‘zgarmas tok mashinalarining turli qiymatlarini hisoblash. . . . .	69
<b>Foydalanilgan adabiyotlar</b> . . . . .	73

Muharrir: Miryusupova Z.M.