O’ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O’RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI
QARSH MUHANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI

“ENERGETIKA FAKULTETI”
“ELEKTR ENERGETIKA” KAFEDRASI

ELEKTR MEXANIKA FANIDAN
AMALIY MASHG’ULOTLARNI BAJARISHGA OID
USLUBIY QO’LLANMA

QARSHI 2016 YIL

Tuzuvchilar: QarMII “Elektr Energetika” kafedrasi k.o’q. Q.G’. Burxonov, k.o’q. N.A.Qurbonov, ass.A.B.Imomnazarov

Ichki taqrizchi: QarMII “Elektr Energetika” kafedrasi katta o’qituvchisi A.N.Mamatqulov

Tashqi taqrizchi: Toshkent Davlat Texnika Universitetining “Elektr mashinalari va kabell texnikasi” kafedrasi mudiri professor t.f.d. N.B.Pirmatov

Elektr mexanika fanining amaliy mashg’ulotlarni bajarishga oid uslubiy qo’llanma. Q.G’.Burxonov, N.A.Qurbonov, ass.A.B.Imomnazarov. O’zbekiston Respublikasi Oliy va o’rta maxsus ta’lim vazirligi.–Q.: QarMII, 2016 – 40 b.

“Elektr mexanika” fanidan amaliy mashg’ulotlarni bajarishga oid ushbu uslubiy qo’llanma 5310200- Elektr energetika (tarmoqlar va yo’nalishlar bo’yicha) ta’limi yo’nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun mo’ljallangan bo’lib, O’zbekiston Respublikasi Oliy va O’rta maxsus ta’lim vazirligi tomonidan 2013 yil 13.03 dagi № 87 sonli buyrug’i bilan tasdiqlangan “Elektr mexanika” fani dasturi asosida tayyorlandi. Ushbu uslubiy qo’llanma “Elektr mexanika” kursining transformatorlar, o’zgarmas tok mashinalari, asinxron mashinalar va sinxron mashinalarga oid masalalar keltirilgan.

Masalalarni yechishdan oldin qisqacha nazariy ma’lumotlar ham berilgan.

Uslubiy ko’rsatma Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti uslubiy kengashi (Bayon № 8 “13”05.2016 yil) yig’ilishida muhokama qilinib, o’quv jarayonida foydalanishga va chop etishga tavsiya etilgan.

Kirish

Har qanday material texnik bazasini yaratishda asosiy omillardan biri bo‘lib, energetikani rivojlantirish hisoblanadi, buning uchun yangi texnikani ekspluatatsiya qilishni o‘zlashtirish qobiliyatiga ega bo‘lgan ko‘plab malakali ishchilar talab etiladi. Sanoat elektr uskunalarini ekspluatatsiya qilish davrida tez-tez har xil elektrotexnik hisoblashlarni bajarishga to‘g‘ri keladi.

Ko’pgina energetika sohasidagi yo’nalishlar talabalari uchun tuzilgan o’quv dasturlarida “Elektr mexanika” fani bo’yicha amaliy soatlar belgilab qo’yilgan.

Shu sababli, bu qo’llanmaning yozilishi talabalar uchun juda qo’l keladi. “Elektr mexanika” fanining nazariy qismini masalalar yechish bilan birgalikda o’rganish, talabalar bilim doiralarini kengayishiga, ishlab chiqarishning elektr mexanikaga oid masalalarini hal etish uchun zarur bilimlarni egallashga yordam beradi.

“Elektr mexanika” fanini mustaqil o’rganuvchilarga yordam berish maqsadida kursning barcha bo’limlari bo’yicha qisqacha nazariy ma’lumotlar, hisoblash usullari, misollar va muhim ma’lumotlar keltirilgan.

Hisoblash transformatorlar, o‘zgarmas tok mashinalari, asinxron mashinalar va sinxron mashinalar uchun keltirilgan.

Bu uslubiy qo‘llanmani tayyorlashda mutaxassis muhandis elektriklar va soha mutaxassislarining maslahat va foydali ko‘rsatmalari hisobga olingan.

1-BOB. TRANSFORMATORLAR

1.1. Transformatorlar parametrlarini hisoblashda asosiy belgilanishlar.

Transformatorlar parametrlarini hisoblashda qo‘llaniladigan ifodalarda asosiy belgilanishlar quydagi jadvalda keltirilgan.

1- jadval

№	Asosiy parametrlarning nomlanishi	Belgilanishi	O‘lchov birligi
1	Quvvat	S	$V \cdot A,\ \ \kappa V \cdot A$
2	Bir fazali quvvat	S_{Φ}	$V \cdot A,\ \ \kappa V \cdot A$
3	Bir sterjenning quvvati	S_{CT}	$V \cdot A,\ \ \kappa V \cdot A$
4	Qisqa tutashuv isrofi	ΔP_{QT}	$W,\ \ kW$
5	Salt ishlash isrofi	ΔP_X	$W,\ \ kW$
6	EYUK ning ta’sir etuvchi qiymati	E	V
7	Kuchlanishning ta’sir etuvchi qiymati	U	V
8	Tokning ta’sir etuvchi qiymati	I	A
9	Tok zichligi	j_{iqt}	A / mm^2
10	Ishchi magnit oqimi	Φ	Vb
11	Magnit induksiya	B	Tl
12	Salt ish tokining ta’sir etuvchi qiymati va uning aktiv hamda reaktiv tashkil etuvchilari	$I_{s.ish},\ \ I_a,\ \ I_p$	A
13	Nominal tokga nisbatan salt ishlash tokining foizdagi qiymati	i_0	%
14	Faza chulg‘amining to‘liq qarshiligi	$Z_1,\ \ Z_2$	Ω
15	Faza chulg‘amining aktiv qarshiligi	$r_1,\ \ r_2$	Ω
16	Faza chulg‘amining induktiv qarshiligi	$x_1,\ \ x_2$	Ω
17	Almashtirish sxemasidagi salt ish toki shaxobchasining faza qarshiligi	$\dot{Z}_{12} = r_{12} + jx_{12}$	Ω
18	Yuklamaning faza qarshiligi	$\dot{Z} = r + jx$	Ω
19	Qisqa tutashuv kuchlanishi va ularning aktiv hamda reaktiv tashkil etuvchilari	$U_{QT},\ \ U_a,\ \ U_p$	% lar U_N ga nisbatan
20	Chulg‘amdagi o‘ramlar soni	w	
21	Sterjen diametri	d	sm
22	Sterjen uchlari orasidagi masofa	C	sm
23	Sterjen balandligi	L_C	sm
24	Yarmo balandligi	$h_{Я}$	sm
25	Ko‘ndalang kesim maydoni sterjen, yarmo, o‘ram va bosh.	$П$	sm^2
26	Fazalar soni	m	

Kattaliklarni belgilashdagi indekslarini nomi

2- jadval

№	Nomlanishi	Belgilanishi	
1	Nominal	*nom*	
2	Faza	*ф*	
3	Sochilma oqimga tegishli	Р	
4	Salt ishga nisbatan	*x*	
5	Qisqa tutashuvga nisbatan	*q.t*	
6	Aktiv va reaktivga nisbatan	*a, p*	
7	O'ramga nisbatan	*ў(в)*	

1.2. Transformatorning yuklama ostida ishlashi.

Bir fazali transformator uchun yoki uch fazali transformatorning bitta fazasi uchun asosiy tenglamalar

Kuchlanishlar tenglamasi:

$$\mathring{U}_1 = \dot{I}_1 Z_1 + \dot{I}_0 Z_0 = \dot{I}_1 Z_1 - \dot{E}_1;$$

$$\mathring{U}_2 = -\dot{I}_2 Z_2 - k_{21}\dot{I}_0 Z_0 = -\dot{I}_2 Z_2 + \dot{E}_2; \quad (1)$$

Toklar tenglamasi:

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + k_2 \dot{I}_2 \quad (2)$$

Transformatsiyalash koeffitsientlari:

$$k_{12} = \frac{U_1}{U_2}; \quad k_{21} = \frac{U_2}{U_1}; \quad k_{12} = \frac{1}{k_{21}}; \quad (3)$$

Magnitlovchi kuchlar tenglamasi:

$$w_1 \dot{I}_1 + w_2 \dot{I}_2 = w_1 \dot{I}_0; \quad (4)$$

$$I_0 = f(\Phi); \quad \Phi_m^* = \frac{E_1}{4,44 \cdot f \cdot w_1} \approx \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot w_1} \quad (5)$$

Birlamchi chulg'amga keltirilgan kattaliklar uchun:

kuchlanishlar tenglamasi:

$$\mathring{U}_1 = \dot{I}_1 Z + \dot{I}_0 Z_0; \; \mathring{U}_2 = -\dot{I}_2 Z_2 - \dot{I}_0 Z_0 \quad (6)$$

Toklar tenglamasi:

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \quad (7)$$

Ikkilamchi kattaliklar birlamchi chulg'am o'ramlar soniga keltirilgan:

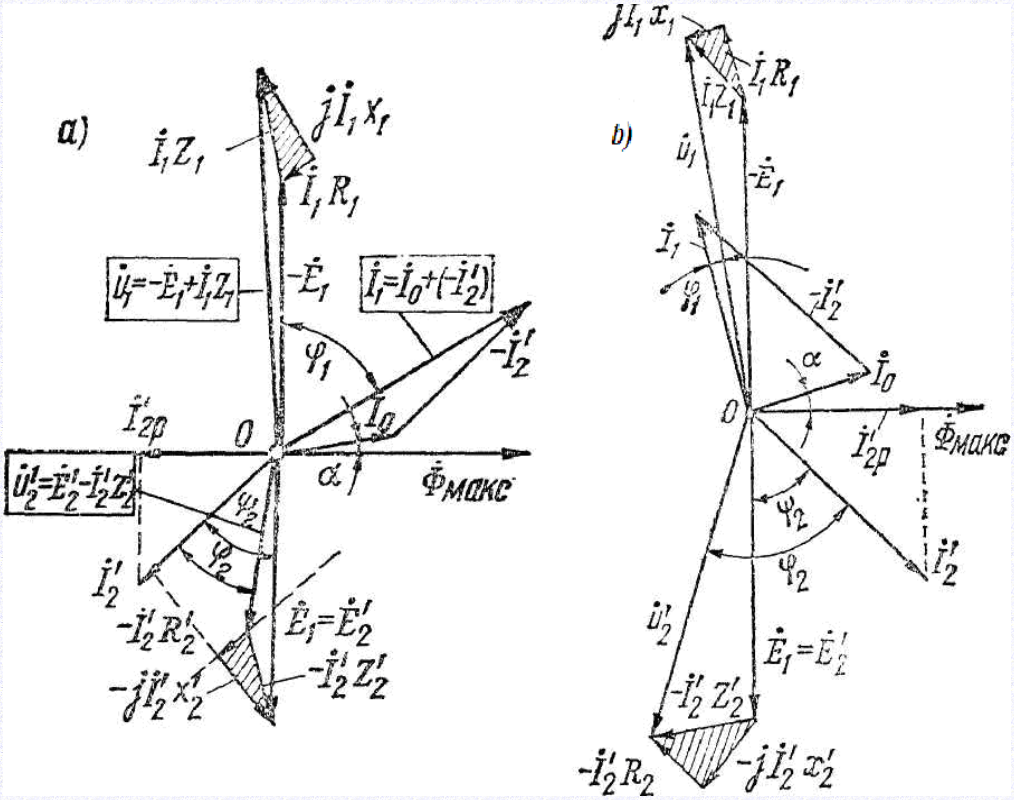
$$\mathring{U}_2 = U_2 k_{12}; \quad \dot{I}_2 = I_2 k_{21}; \quad z'_2 = z_2 k_{12}^2; \; z'_2 = z_2 k_{12}^2; \quad r'_2 = r_2 k_{12}^2; \quad x'_2 = x_2 k_{12}^2; \quad (8)$$

Birlamchi chulg'am o'ramlar soniga keltirilgan kattaliklar uchun transformatorning vektor diagrammasi **(1-rasmda)**; almashtirish sxemasi **(2-rasmda)** ko'rsatilgan. **2-rasmdagi** almashtirish sxemasi uchun (U_1-berilgan)

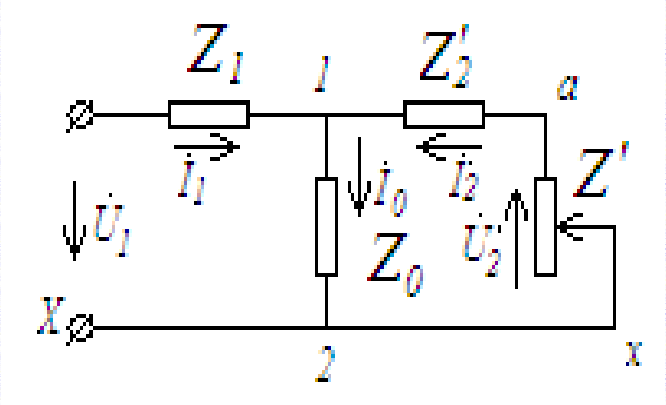
$$\dot{I}_2 = \frac{-\mathring{U}_1}{A}; \quad \dot{I}_1 = \frac{\mathring{U}_1 (Z_0 + Z' + Z'_2)}{Z_0 A}; \quad \dot{I}_2 = -\frac{\mathring{U}_1 Z'}{A}; \quad (9)$$

bu yerda

$$A = (Z_1 + Z'_2 + Z' + \frac{Z_1 Z'_2 + Z_1 Z'}{Z_0}) \quad (10)$$



1-rasm. Transformatorning aktiv-induktiv (a) va aktiv-sig'imiy (b) yuklamalari uchun vektor diagrammalari.



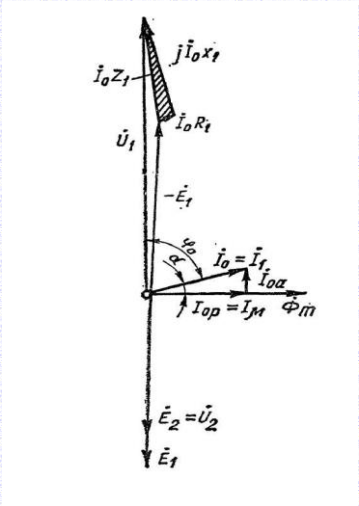
2-rasm. Transformatorlarni almashtirish sxemasi.

1.3. Transformatorning salt ishlashi.

Salt ishlash (yurish) deb transformatorning $I_2 = 0 \quad Z = \infty$. bo'lgan ish rejimiga aytiladi. Asosiy tenglamalar ushbu ko'rinishni egallaydi.

$$\mathring{U}_1 = \dot{I}_1(Z_1 + Z_0) = \dot{I}_1 Z_1 - \acute{E}_1;$$
$$\mathring{U}_2 = -k_{21}\dot{I}_1 Z_0 = -\acute{E}_2;\ \dot{I}_1 = \dot{I}_0 \qquad (11)$$

Transformatorning vektor diagrammasi salt ishlashda (**3- rasmda)** keltirilgan.



3-rasm. Transformatorni salt ishlash rejimi uchun vektor diagrammasi.

Salt ish tajribasidan $I_2 = 0; f = f_H; U_1 = U_H$ quydagilar aniqlanadi:

$$\frac{U_1}{U_2} = \left|\frac{Z_1 + Z_0}{k_{21} Z_0}\right| \approx \frac{E_1}{E_2} = k_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \tag{12}$$

Salt ish toki:

$$i_0 = \frac{I_x}{I_{nom}} \cdot 100\% \tag{13}$$

Uch fazali transformator uchun:

$$I_{s.ish} = \frac{I_{s.ishA} + I_{s.ishB} + I_{s.ishC}}{3}. \tag{14}$$

Quvvati 10 dan to 63000 kVA gacha bo‘lgan transformatorlar uchun i_0 4-3 dan to 0,8% gachani tashkil etadi.

O‘zaro induksiya zanjiri uchun to‘liq qarshilik:

$$z_0 = \frac{k_{12} \cdot U_2}{I_1} \approx \frac{U_x}{I_x} = z_x; \tag{15}$$

$$cos\varphi_x = \frac{\Delta P_x}{U_x \cdot I_x};\ \ r_0 = z_x \cdot cos\varphi_x = \frac{\Delta P_x}{I_x^2};\ \ x_0 = \sqrt{z_0^2 + r_0^2} \approx z_x \cdot sin\varphi_x \tag{16}$$

Salt ish isrofi:

$$\Delta P_x = U_x \cdot I_x \cdot cos\varphi_x; \tag{17}$$

Uch fazali transformator uchun:

$$\Delta P_x = 3 \cdot U_x \cdot I_x \cdot cos\varphi_x; \tag{18}$$

1.4. Transformatorning qisqa tutashuvi.

Qisqa tutashuv deb transformatorning $U_2 = 0\ \ Z = 0$ bo‘lgan ish rejimiga aytiladi.

Asosiy tenglamalar ushbu ko‘rinishni egallaydi.

$$\mathring{U}_1 = \dot{I}_1 Z_1 + \dot{I}_0 Z_0 = \dot{I}_1 Z_1 - \dot{E}_1;$$
$$0 = -\dot{I}_2 Z_2 - \kappa_{21} \dot{I}_0 Z_0 = -\dot{I}_2 Z_2 - \dot{E}_2;$$
$$\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \kappa_{21} \dot{I}_2; \tag{19}$$

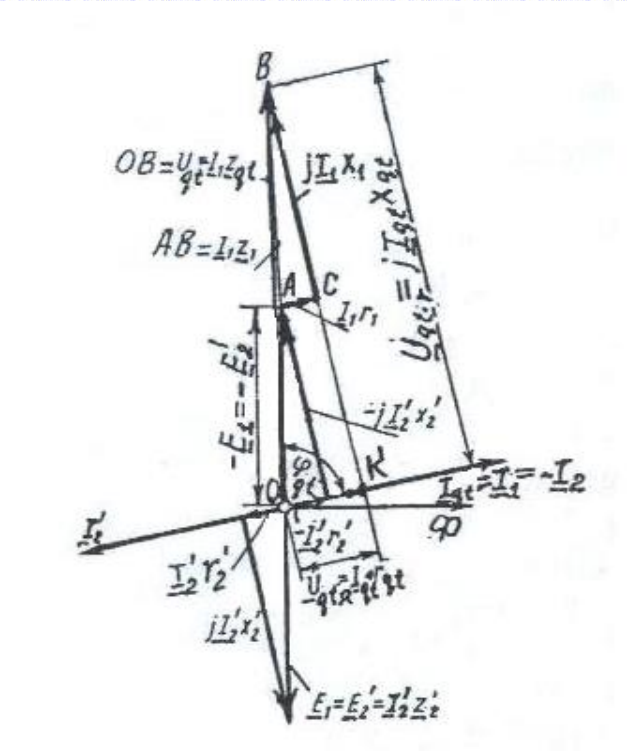
Transformator zanjirining to‘liq qarshiligi:

$$\frac{\mathring{U}_1}{\dot{I}_1} = Z_{qt} = Z_1 + \frac{Z_2' Z_0}{Z_2' + Z_0}; \qquad (20)$$

Kam to‘yingan po‘lat manit tizimining mavjudligida: ya’ni I_0 tokni I_1 va I_2 larga nisbatan sezilarsiz kam deb qabul qilish mumkin.

$$Z_{qt} = Z_1 + Z_2' = (r_1 + r_2') + j(x_1 + x_2') = r_{qt} + jx_{qt} \qquad (21)$$

Qisqa tutashuvdagi transformatorning vektor diagrammasi **4-rasmda** ko‘rsatilgan.



4-rasm. Transformatorlarning qisqa tutashuv rejimi uchun vektor diagrammasi.

Qisqa tutashuv tajribasidan $(Z = 0; U_2 = 0;\ f = f_H; I_1 = I_H; I_2 = I_{2H};)$ quydagilar aniqlanadi:

$$z_{qt} = \frac{U_{qt}}{I_{qt}};\ \ cos\varphi_{qt} = \frac{\Delta P_{qt}}{U_{qt} I_{qt}};\quad r_{qt} = z_{qt} cos\varphi_{qt};\quad x_{qt} = \sqrt{z_{qt}^2 - r_{qt}^2} = z_{qt} sin\varphi_{qt}; \qquad (22)$$

r_{qt1}, z_{qt} va $cos\varphi_{qt}$ larning Θ haroratda o‘lchangan qiymatlari, chulg‘amning nominal ishchi harorati $+75^0 C$ ga keltirilgan bo‘lishi zarur.

$$r_{qt75} = r_{qt\theta} \frac{309,5}{234,5 + \theta};\quad z_{qt75} = \sqrt{r_{qt75}^2 + x_{qt}^2};\quad cos\,\varphi_{qt} = \frac{r_{qt75}}{z_{qt75}} \qquad (23)$$

Qisqa tutashuv isroflari (tajribadan aniqlangan).

$$\Delta P_{qt} = U_{qt} \cdot I_{qt} \cdot cos\varphi_{qt} = I_{qt}^2 \cdot r_{qt} \qquad (24)$$

(uch fazali transformator uchun $\Delta P_{qt} = 3 \cdot I_{qt}^2 \cdot r_{qt}$) ham $+75^0 C$ haroratga keltiriladi.

$$P_{qt75} = I_{qt}^2 \cdot r_{qt75} \qquad (25)$$

Qisqa tutashuv kuchlanishi:

$$u_{qt} = \frac{U_{qtnom}}{U_{1nom}} \cdot 100 = \frac{I_{1nom} \cdot r_{qt75}}{U_{1nom}} \cdot 100\% \qquad (26)$$

Aktiv tashkil etuvchisi:

$$u_a = \frac{I_{1nom} \cdot r_{qt75}}{U_{1nom}} \cdot 100\% \qquad (27)$$

Reaktiv tashkil etuvchisi:

$$u_p = \frac{I_{1nom} \cdot x_{qt}}{U_{1nom}} \cdot 100\% \qquad (28)$$

$$u_{qt} = \sqrt{u_a^2 + u_p^2}; \quad u_a = u_{qt} \cos\varphi_{qt}; \quad u_p = u_{qt} \sin\varphi_{qt} \qquad (29)$$

1.5. Namunaviy masalalar yechish.

1.5.1. Uch fazali transformotorning qisqa tutashish tavsifidan: $U_{qt} = 5\ V, I_{qt} = 10A,\ \Delta P_{qt} = 51,9\ W$. Transformotorning quvvat koeffistientini toping?

Yechish. Transformotorning quvvat koeffistienti

$$\cos\varphi_{qt} = \frac{\Delta P_{qt}}{\sqrt{3} \cdot I_{qt} \cdot U_{qt}} = \frac{51,9}{1,73 \cdot 10 \cdot 5} = 0,6.$$

1.5.2. Birlamchi chulg'amning o'ramlar soni $w_1 = 100$ bo'lgan transformator chastotasi $400\ Hz$ li manbaga ulanganda magnit o'tkazgichda $\Phi_{\max} = 1,25 \cdot 10^{-3} Vb$ magnit oqim hosil bo'ladi. Transformatorning birlamchi chulg'amidagi E.Yu.K. aniqlansin.

Yechish. Transformatorning birlamchi chulg'amidagi E.Yu.K.

$$E_1 = 4,44 \cdot f \cdot w_1 \cdot \Phi_{\max} = 4,44 \cdot 400 \cdot 100 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} = 222V.$$

1.5.3. Transformator kuchlanishi $220V$, chastotasi $50Hz$ li tarmoqqa ulangan. Agar magnit o'tkazgichning aktiv kesim yuzi $4,4 \cdot 10^{-3} m^2$, undagi magnit induksiya $B = 1,5Tl$ va ikkilamchi chulg'amning o'ramlari soni 50 bo'lsa, transformastiya koeffistienti aniqlansin.

Yechish. Chulg'amdagi E.Yu.K. ning formulasidan

$$E_2 = 4,44 \cdot w_1 \cdot f \cdot Bs_{II} = 4,44 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 4,4 \cdot 10^{-3} = 73,26V,$$

Transformatorning transformastiya koeffistienti

$$k_T = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{73,26} \approx 3.$$

1.5.4. Kuchlanishi $220V$, chastotasi $50\ Hz$ bo'lgan tarmoqqa transformator ulangan. Agar salt ish tajribasida ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanish $110\ V$, magnit o'tkazgichdagi magnit oqimi $\Phi_{\max} = 2 \cdot 10^{-3} Vb$ bo'lsa, birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning o'ramlar soni topilsin.

Yechish. E.Yu.K. formulasi $E = 4,44 \cdot w_1 \cdot f \cdot \Phi_{\max}$ dan,

$$w_1 = \frac{E_1}{4,44 \cdot f \cdot \Phi_{\max}} = \frac{220}{4,44 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 495 \approx 500 \text{ ta.}$$

Ikkilamchi chulg'amdagi o'ramlar soni

$$w_2 = \frac{E_2}{4,44 \cdot f \cdot \Phi_{\max}} = \frac{110}{4,44 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 247 \approx 250 \text{ ta.}$$

1.5.5. TM-63/10 rusumli uch fazali transformatorning pasportida quyidagi texnik ma'lumotlar ko'rsatilgan:

Nominal to'la quvat $S_{nom} = 63kVA$, yuqori kuchlanish $U_{1nom} = 10kV$, past kuchlanish $U_{2nom} = 0,4kV$, salt ish quvvat isrofi (nominal kuchlanishda) $P_{II} = 260W$, qisqa tutashuv

quvvat isrofi $\Delta P_{qt} = 1350W$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt} = 4,6\%$ (nominal kuchlanishga nisbatan), salt ish toki $i_{xx} = 2,8\%$ (nominal tokga nisbatan), chulg'amlarning biriktirilish usuli $Y/Y-12$. Uch fazali transformator uchun birlamchi va ikkilamchi chulg'amlardagi nominal toklar, salt ish toki, nominal yuklamadagi ikkilamchi kuchlanish, G-simon almashtirish sxemasining qarshiligi aniqlansin; yuklanish koeffistienti $\beta = (0,2;0,4;0,6;0,8;1,0)$ va yuklama quvvat koeffistienti $\cos\varphi_2 = 0,8$ qabul qilib, $\eta = f(\beta)$, FIK ni yuklanish pog'onasiga bog'lanish grafigi qurilsin.

Yechish. Chulg'amlar yulduzcha ulanganda liniya toki faza tokiga teng $I_\phi = I_л$.

Chulg'amlarning nominal toklari

$$Yu.K.\ I_{1nom} = \frac{S_{nom}}{\sqrt{3}U_{1nom}} = \frac{63\cdot 10^3}{\sqrt{3}\cdot 10\cdot 10^3} = 3,64A;$$

$$P.K.\ I_{2nom} = \frac{S_{nom}}{\sqrt{3}U_{2nom}} = \frac{63\cdot 10^3}{\sqrt{3}\cdot 0,4\cdot 10^3} = 91A.$$

salt ish toki birlamchi nominal tokning $2,8\%$ ini tashkil etadi.

Salt ish tokining qiymatini aniqlaymiz

$$I_0 = \frac{I_{1nom}\cdot I_{xx}}{100} = \frac{3,64\cdot 2,8}{100} = 0,1A.$$

Transformastiyalash koeffistienti

$$k = \frac{U_{1nom}}{U_{2nom}} = \frac{10}{0,4} = 25.$$

Transformatorning salt ishidagi faza qisqichlaridagi kuchlanish

$$U_{10\phi} = \frac{U_{1nom}}{\sqrt{3}} = \frac{10000}{\sqrt{3}} = 5788V;$$

$$U_{20\phi} = \frac{U_{2nom}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231V.$$

Chulg'amlarning aktiv qarshiligi

$$\Delta P_{qt} = 3r_1 I_{1nom}^2 + 3r_2 I_{2nom}^2.$$

Qisqa tutashuv rejimida ikkala chulg'amdan ham nominal tok oqadi.

$$3r_1 I_{1nom}^2 = 3r_2 I_{2nom}^2.$$

Birlamchi chulg'am uchun

$$3r_1 I_{1nom}^2 = \Delta P_{qt}/2$$

bunda

$$r_1 = \frac{\Delta P_{qt}}{2\cdot 3\cdot I_{1nom}^2} = \frac{1350}{2\cdot 3\cdot 3,64^2} = \frac{1350}{79,5} \approx 17\Omega.$$

Ikkilamchi chulg'am uchun

$$3r_2 I_{2nom}^2 = \Delta P_{qt}/2$$

bunda

$$r_2 = \frac{\Delta P_{qt}}{2\cdot 3\cdot I_{2nom}^2} = \frac{1350}{2\cdot 3\cdot 91^2} = \frac{1350}{49686} = 0,027\Omega.$$

Nominal yuklamadagi ikkilamchi kuchlanish $(\beta = 1; I = I_{nom}; \cos\varphi_2 = 0,8)$

$$\Delta U\% \approx \beta(U_a\cos\varphi_2 + U_p\cdot\sin\varphi_2).$$

Qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv tashkil etuvchisi

$$U_a = \frac{\Delta P_{qt}}{S_{nom}} \cdot 100 = \frac{1350}{63 \cdot 10^3} \cdot 100 = 2{,}14\% .$$

Qisqa tutashuv kuchlanishining reaktiv tashkil etuvchisi

$$U_p = \sqrt{U_{qt}^2 + U_a^2} = \sqrt{4{,}6^2 - 2{,}14^2} = \sqrt{21{,}16 - 4{,}58} = \sqrt{16{,}58} = 4{,}07\% .$$

$$\Delta U\% = U_a \cdot \cos\varphi_2 + U_p \cdot \sin\varphi_2 = 2{,}14 \cdot 0{,}8 + 4{,}07 \cdot 0{,}6 = 1{,}71 + 2{,}44 = 4{,}15\% .$$

$$Sin\varphi_2 = \sqrt{1 - \cos^2\varphi_2} = \sqrt{1 - 0{,}8^2} = \sqrt{1 - 0{,}64} = \sqrt{0{,}36} = 0{,}6 .$$

$\Delta U = U_{2nom} - U_2$, bundan $U_2 = U_{2nom} - \Delta U = 400 - 16{,}6 = 383{,}4V$

yoki

$$\Delta U = 4{,}15\% U_{2nom} = \frac{4{,}15 \cdot 400}{100} = 16{,}6V$$

Yuklanish darajasiga bog'liq holda transformatorning F.I.K. ni aniqlaymiz

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_2 \cos\varphi_2}{\beta \cdot S_2 \cos\varphi_2 + P_{II} + \beta^2 P_{ch}} \cdot 100 ;$$

a) $\beta = 0{,}2$;

$$\eta_{0,2} = \frac{0{,}2 \cdot 63 \cdot 0{,}8}{0{,}2 \cdot 63 \cdot 0{,}8 + 0{,}26 + 0{,}2^2 \cdot 1{,}35} \cdot 100 = \frac{10{,}08}{10{,}08 + 0{,}26 + 0{,}054} \cdot 100 = \frac{10{,}08}{10{,}39} \cdot 100 = 97\% .$$

b) $\beta = 0{,}4$;

$$\eta_{0,4} = \frac{0{,}4 \cdot 63 \cdot 0{,}8}{0{,}4 \cdot 63 \cdot 0{,}8 + 0{,}26 + 0{,}4^2 \cdot 1{,}35} \cdot 100 = \frac{20{,}16}{20{,}16 + 0{,}26 + 0{,}216} \cdot 100 = \frac{20{,}16}{20{,}64} \cdot 100 = 97{,}6\% .$$

v) $\beta = 0{,}6$;

$$\eta_{0,6} = \frac{0{,}6 \cdot 63 \cdot 0{,}8}{0{,}6 \cdot 63 \cdot 0{,}8 + 0{,}26 + 0{,}6^2 \cdot 1{,}35} \cdot 100 = \frac{30{,}24}{30{,}24 + 0{,}26 + 0{,}486} \cdot 100 = \frac{30{,}24}{30{,}986} \cdot 100 = 97{,}5\% .$$

g) $\beta = 0{,}8$;

$$\eta_{0,8} = \frac{0{,}8 \cdot 63 \cdot 0{,}8}{0{,}8 \cdot 63 \cdot 0{,}8 + 0{,}26 + 0{,}8^2 \cdot 1{,}35} \cdot 100 = \frac{40{,}32}{40{,}32 + 0{,}26 + 0{,}86} \cdot 100 = \frac{40{,}32}{41{,}44} \cdot 100 = 97{,}3\% .$$

d) $\beta = 1{,}0$; $\eta_{1,0} = \frac{1 \cdot 63 \cdot 0{,}8}{1 \cdot 63 \cdot 0{,}8 + 0{,}26 + 1^2 \cdot 1{,}35} \cdot 100 = \frac{50{,}4}{50{,}4 + 0{,}26 + 1{,}35} \cdot 100 = \frac{50{,}4}{52{,}01} \cdot 100 = 96{,}9\% .$

Maksimal F.I.K. dagi optimal yuklanish koeffistienti

$$\beta^2 \cdot P_{qt} = P_{II} ,$$

bundan

$$\beta = \sqrt{\frac{P_{II}}{P_{qt}}} = \sqrt{\frac{0{,}26}{1{,}35}} = \sqrt{0{,}193} \approx 0{,}44$$

1.5.6. Yuqori kuchlanish tomonida kuchlanishlari bir xil bo'gan, biroq past kuchlanish tomonida har xil bo'lgan parallel ishlashga ulanishi kerak bo'lgan transformatorlarning past kuchlanish chulg'amlaridagi tenglashtiruvchi tok aniqlansin.

Yechish. Transformatorlarning ma'lumotlari:

$T-1$
$S_1 = 2400kVA$
$U^{'} = 6600V(PK)$
$I^{'} = 210A$
$u_{qt1} = 5{,}0\%$

$T-2$
$S_2 = 3200kVA$
$U^{"} = 6000V(PK)$
$I^{"} = 309A$
$u_{qt2} = 5{,}4\%$

Kuchlanishlar farqi

$$U^{'} - U^{''} = 6600 - 6000 = 600V,$$

Chulg'amlardagi to'liq qarshilik

$$Z_{q1} = \frac{u_{qt1.}U^{'}}{100 \cdot I^{'}} = \frac{5,0 \cdot 6600}{100 \cdot 210} = 1,57\Omega,$$

$$Z_{q2} = \frac{u_{qt2.}U^{''}}{100 \cdot I^{''}} = \frac{5,4 \cdot 6000}{100 \cdot 309} = 1,05\Omega,$$

Tenglashtiruvchi tok

$$I_{yp} = \frac{U^{'} - U^{''}}{\frac{u_{qt1.}U^{'}}{100 \cdot I^{'}} + \frac{u_{qt2.}U^{''}}{100 \cdot I^{''}}} = \frac{600}{1,57 + 1,05} = \frac{600}{2,62} = 229A,$$

Birinchi transformatorga nisbatan hatto salt ish rejimida yuklanish tokining nominal tokka nisbati

$$\frac{229}{210} \cdot 100 = 109\%$$

1.5.7. Ikkita har birining quvvati $100\kappa VA$ bo'lgan transformatorlar parallel ishlayapti. U_{qt1}=5% U_{qt2}=7%. $150\ kVA$li yuklama transformatorlar o'rtasida qanday taqsimlanadi.

Yechish. Bizga ma'lumki yuklama U_{qt} ga teskari taqsimalanadi. Shunday qilib U_{qt} kuchlanishi katta transformatorlar kam yuklanadi, U_{qt} kuchlanishi kichik transformatorlarga nisbatan.

Birinchi transformatorning yuklamasi P_{x1}, u holda ikkinchi transformatorning yuklamasi $150 - P_{x1}$ bo'ladi. Transformatorlar o'rtasida yuklama quyidagi nisbatda bo'ladi.

$$\frac{P_{x1}}{150 - P_{x1}} = \frac{7}{5}$$

Bundan birinchi transformator yuklamasi $P_{x1} = 87,5\ kVA$ ikkinchisiniki $150 - P_{x1} = 62,5\ kVA$. Demak birinchi transformator 88% ga, ikkinchi transformator 63%ga yuklangan.

1.5.8. Quydagi berilgan ma'lumotlar bo'yicha kuchaytirivchi avtotransformator hisoblansin: Ta'minlovchi tarmoq kuchlanishi $U_1 = 127V$, ta'minlovchi tarmoq chastotasi $f = 50Hz$, ikkilamchi chulg'am kuchlanishi $U_2 = 220V$, ikkilamchi chulg'am quvvati $S_2 = 220V \cdot A$

Yechish.

1. Avtotransformatorning birlamchi to'la quvvati [7]

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta} = \frac{220}{0,93} = 236,5V \cdot A$$

2. Transformator o'zagining ko'ndalang kesimi (transformator sterjen tipida)

$$Q_c = 1,2 \cdot k\sqrt{\frac{S_1}{2f}} = 1,2 \cdot 8\sqrt{\frac{236,5}{2 \cdot 50}} = 14,77sm^2$$

plastinkalar orasidagi izolastiya hisobga olinganda o'zak kesimining o'lchami 10% ga oshadi, ya'ni $Q_c = 1,1 \cdot 14,77 = 16,2sm^2$. Qabul qilamiz $Q_{c\phi} = 3 \cdot 6 = 18sm^2$.

3. Birlamchi va ikkilamchi chulg'amdagi toklarni aniqlaymiz.

$$I_1 = \frac{S_1}{U_1} = \frac{236,5}{127} = 1,86A,$$

$$I_2 = \frac{S_2}{U_2} = \frac{220}{220} = 1A.$$

4. Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning kesimini aniqlaymiz.

$$s_1 = \frac{I_1 - I_2}{\delta} = \frac{1,86-1}{2} = 0,43mm^2,$$

$$s_1 = \frac{I_2}{\delta} = \frac{1}{2} = 0,5mm^2.$$

3-jadval.

Emallangan mis simning diemetri va hisobiy kesimi

Simning nominal diametri mm	Simning kesim yuzasi, mm^2	Simning maksimal tashqi diametri, mm^2		
		ПЭЛ	ПЭВ-1 ПЭМ-1 ПЕЛР-1 ПЭВТЛ-1	ПЭТ-155А.ПЕВ-2. ПЕМ-2, ПЭЛР-2, ПЭВТЛ-2, ПЭТВ-939, ПЭТВ-943.
0.02	0,000314	0,03	0,03	-
0.025	0,000491	0,035	0,035	-
0.032	0,000804	0,04	0,042	-
0.04	0,00126	0,05	0,052	-
0.05	0,0196	0,062	0,07	-
0.063	0,00283	0,072	0,083	0,087
0.071	0,00385	0,082	0,093	0,097
0.08	0,00503	0,092	0,103	0,107
0.09	0,00636	0,102	0,113	0,117
0.1	0,00785	0,115	0,123	0,127
0.112	0,00985	0,135	0,143	0,147
0.125	0,0123	0,14	0,148	0,153
0.132	0,01367	0,147	0,155	0,159
0.14	0,01539	0,155	0,163	0,167
0.15	0,01767	0,168	0,177	0,18
0.16	0,0201	0,178	0,187	0,19
0.17	0,0227	0,188	0,197	0,2
0.18	0,0255	0,198	0,207	0,21
0.19	0,0284	0,208	0,217	0,22
0.2	0,0314	0,222	0,227	0,23
0.212	0,0353	0,234	0,239	0,242
0.224	0,0394	0,246	0,251	0,254
0.236	0,0437	0,258	0,266	0,271
0.25	0,0491	0,272	0,28	0,285
0.265	0,0551	0,291	0,295	0,3
0.28	0,0675	0,306	0,31	0,315
0.3	0,0706	0,326	0,33	0,335
0.315	0,0779	0,345	0,345	0,35
0.335	0,0989	0,365	0,365	0,37
0.355	0,099	0,385	0,385	0,395
0.375	0,1104	0,405	0,405	0,415
0.4	0,1256	0,435	0,43	0,44
0.425	0,1417	0,46	0,455	0,46
0.45	0,159	0,485	0,48	0,49

0.475	0,1771	0,51	0,505	0,515
0.5	0,1963	0,54	0,545	0,555
0.53	0,221	0,57	0,575	0,585
0.56	0,2462	0,6	0,605	0,615
0.6	0,2826	0,64	0,645	0,655
0.63	0,3116	0,67	0,675	0,685
0.67	0,353	0,71	0,715	0,73
0.71	0,3957	0,76	0,755	0,77
0.75	0,4416	0,8	0,8	0,815

3- jadval. davomi

Emallangan mis simning diemetri va hisobiy kesimi

Simning nominal diametri mm	Simning kesim yuzasi, mm^2	Simning maksimal tashqi diametri, mm^2		
		ПЭЛ	ПЭВ-1 ПЭМ-1 ПЕЛР-1 ПЭВТЛ-1	ПЭТ-155А.ПЕВ-2. ПЕМ-2, ПЭЛР-2, ПЭВТЛ-2, ПЭТВ-939, ПЭТВ-943.
0,85	0.5672	0.9	0.9	0.915
0,9	0.636	0.95	0.95	0.965
0,95	0.7085	1	1	1.015
1	0.785	1.06	1.07	1.08
1,06	0.882	1.12	1.13	1.14
1,12	0.985	1.18	1.19	1.2
1,18	1.093	1.24	1.25	1.26
1,25	1.227	1.31	1.32	1.33
1,32	1.368	1.38	1.39	1.4
1,4	1.539	1.465	1.47	1.48
1,5	1.767	1.565	1.57	1.58
2,6	2.0096	1.665	1.67	1.68
1,7	2.269	1.765	1.77	1.78
1,8	2.543	1.865	1.875	1.88
1,9	2.834	1.965	1.975	1.98
2	3.14	2.065	2.075	2.08
2,12	3.528	2.185	2.205	2.21
2,24	3.939	2.305	2.325	2.33
2,36	4.372	2.425	2.445	2.45
2,5	4.906	2.565	2.585	2.59

3- jadvaldan [*Ad*.7] ПЭВ-1 rusumidagi simni har ikkala chulg'am uchun ham bir xil kesimda qabul qilamiz, ya'ni $s_1 = s_2 = 0,567 mm^2$

5. Chulg'amlarning alohida seksiyalardagi o'ramlar sonini aniqlaymiz.

$$w_1 = 55 \cdot \frac{U_1}{Q_{сф}} = 55 \cdot \frac{127}{18} = 390 \text{ o'ram},$$

$$w_2 = \frac{U_2 - U_1}{U_2} \cdot w_1 = \frac{220 - 127}{220} \cdot 390 = 165 \text{ o'ram}.$$

1.5.9. Nominal quvvati $S_{ном} = 630 kVA$ bo'lgan bir fazali transformatorning birlamchi chulg'amidagi o'ramlar soni $w_1 = 600$ ta va ikkilamchi chulg'amidagi o'ramlar soni $w_2 = 40$ ta. Salt ishlashdagi birlamchi chulg'am qisqichlaridagi kuchlanishi

$U_{1xx} = 6000V$. Ikkilamchi chulg‘am qisqichlaridagi kuchlanishi va birlamchi chulg‘amdagi sim kesimi $A_1 = 30mm^2$, ikkilamchi chulg‘amdagi sim kesimi $A_2 = 420mm^2$ bo‘lganda transformator chulg‘amlaridagi tok zichligi aniqlansin.

Yechish.

Transformatorning transformatsiya koeffitsienti formulasidan

$$U_2 = \frac{U_1 \cdot w_2}{w_1} = \frac{6000 \cdot 40}{600} = \frac{2400}{6} = 400V.$$

Birlamchi va ikkilamchi chulg‘amlardagi nominal toklar

$$I_{1ном} = \frac{S_{ном}}{U_{1ном}} = \frac{630 \cdot 10^3}{6 \cdot 10^3} = 105A,$$

$$I_{2ном} = \frac{S_{ном}}{U_{2ном}} = \frac{630 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 10^3} = 1575A.$$

Birlamchi va ikkilamchi chulg‘amning tok zichligi

$$j_1 = \frac{I_{1ном}}{A_1} = \frac{105}{30} = 3,5A/mm^2$$

$$j_2 = \frac{I_{2ном}}{A_2} = \frac{1575}{420} = 3,75A/mm^2.$$

1.5.10. Transformator kuchlanishi $U_1 = 660V$ bo‘lgan o‘zgaruvchan tok tarmog‘iga ulangan. Ikkilamchi chulg‘amga kuchlanish $U_2 = 220V$ ga mo’ljallangan $\cos\varphi = 1$ bo’lgan yoritish tarmog’i ulangan. Agar birlamchi chulg‘amdagi tok $I_1 = 2A$, bo‘lsa ikkilamchi chulg‘amdagi tok I_2 nimaga teng.

Yechish. Transformatorning transformatsiya koeffitsienti

$$k_T \approx \frac{U_1}{U_2} = \frac{660}{220} = 3.$$

Tok bo‘yicha

$$k_T \approx \frac{I_2}{I_1},\ I_2 = k_T \cdot I_1 = 3 \cdot 2 = 6\,\text{A}.$$

1.5.11. Quvvati $S_{ном} = 20kVA$, va $\cos\varphi = 0,9$ bo‘lgan transformator kuchlaishi $U = 380V$ li o‘zgaruvchan tok tarmog‘iga ulangan. Birlamchi chulg‘amdagi tok $I_1 = 50A$. Agar F.I.K. $\eta = 0,8$ bo‘lsa yuklama iste’mol qiladigan quvvat aniqlansin.

Transformatorning birlamchi chulg‘amga tarmoqdan keltirilayotgan aktiv quvvati

$P = mUI\cos\varphi$,

Nominal yuklamadagi transformatorning F.I.K. transformatorning chiqish va kirishidagi aktiv quvvatlar nisbati bilan aniqlanadi.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100,$$

$$P_2 = UI\eta\cos\varphi = 380 \cdot 50 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 13680W.$$

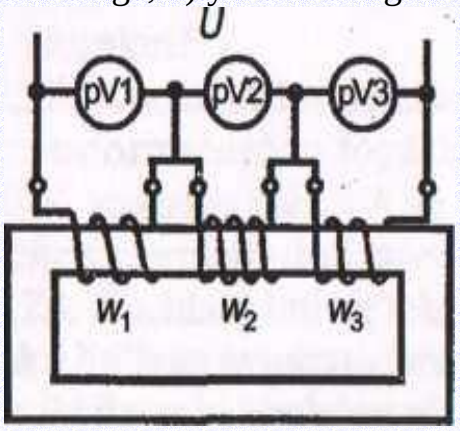
1.6. Mustaqil yechish uchun misollar.

1.6.1. Agar transformator ikkilamchi chulg’amning o’ramlar soni birinchinikidan: a)baravar kam; b)baravar ko’p bo’lsa, transformastiya koeffistienti qancha bo’ladi?

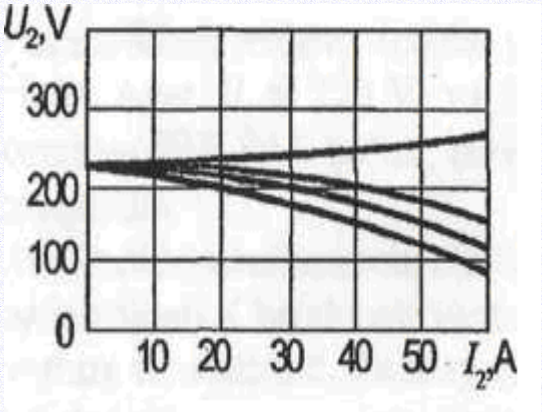
1.6.2. Bir fazali transformator o'zgaruvchan 220 V kuchlanishga ulangan. Agar salt ish rejimida ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanish 20; 110; 330 va 1100 V bo'lsa, transformastiya koeffistienti topilsin.

1.6.3. Transformatorning uchta chulg'ami ketma-ket ulanib, kuchlanishi $U = 380V$ o'zgaruvchan tokli tarmoqqa qo'shilgan (1-rasm (a)). Voltmetrlarning ko'rsatishi $U_1 = 95V$, $U_2 = 190V$, $U_3 = 95V$. Agar $w_1 = 100$ bo'lsa, w_2 w_3 chulg'amlarning o'ramlari soni aniqlansin.

1.6.4. Yuklamalarning turli xarakterida transformatorning tashqi xarakteristikalari (5-rasm) keltirilgan. Qaysi xarakteristika : a) quvvatning maksimal koeffistientiga; b) yuklamaning induktiv va sig'im xarakteriga to'g'ri keladi?



a)



b)

5-rasm

1.6.5. Agar 6000/100 V li kuchlanishni pasaytiruvchi o'lchash transfoormatori ikkilamchi chulg'amining o'ramlari soni $w_2 = 150$ bo'lsa, birlamchi chulg'amining o'ramlari soni aniqlansin.

1.6.6. Liniya kuchlanishi 6000 V li uch fazali tarmoqqa faza koeffistienti $k_f = 26$ ga teng bo'lgan uch fazali transformatorning chulg'amlari qanday usulda ulanganda ikkilamchi liniya kuchlanishi 230 V bo'ladi?

1.6.7. Nominal quvvati 160 $kV \cdot A$ li uch fazali transfomatorning po'lat va misdagi quvvat isroflari $\Delta P_{s.ish} = 510W$ va $\Delta P_{q.t} = 2650W$ va har bir fazaning quvvat koeffistienti $\cos\varphi_2 = 0{,}8$ bo'lsa, uning maksimal F.I.K. va yuklamaning aktiv quvvati aniqlansin.

1.6.8. Faza chulg'amlari $w_1 = 1200$ va $w_2 = 80$ bo'lgan uch fazali transformator liniya kuchlanishi 6 kV bo'lgan uch fazali tarmoqqa $Y/Y-12$ va $Y/\Delta-11$ bo'yicha ulangan. Ikkilamchi liniya kuchlanishlarini aniqlang.

2-BOB. O'ZGARMAS TOK ELEKTR MASHINALARI

2.1. Asosiy formulalar va tenglamalar

O'zgarmas tok elektr mashinasi yakor chulg'amining elektr yurituvchi kuchi

$$E = c_E \cdot \Phi \cdot n = \frac{p \cdot N}{60 \cdot a} \cdot \Phi \cdot n \quad , \qquad (2.1)$$

bu erda c_E - mashinaning konstruktiv ma'lumotlariga bog'liq bo'lgan elektr doimiysi; Φ - magnit oqimi, Vb; n - yakorning aylanish tezligi, ayl/min; p - mashinaning juft qutblar soni; N - yakor chulg'amining aktiv o'tkazgichlar soni; a - yakor chulg'amining parallel shaxobchalar soni.

Generatorning qismalaridagi kuchlanishi

$$U = E - I_{Я} \cdot R_{Я} \qquad (2.2)$$

Dvigatelning qismalaridagi kuchlanishi

$$U = E + I_{Я} \cdot R_{Я}, \qquad (2.3)$$

bu erda E - yakor chulg‘amidagi E.Yu.K,V; $I_{Я}$ - yakor toki,A; $R_{Я}$ - yakor zanjirining qarshiligi,Ω.

Generatordan berilayotgan foydali quvvat

$$P_2 = U \cdot I. \qquad (2.4)$$

Dvigatelga keltirilayotgan quvvat,

$$P_1 = U \cdot I, \qquad (2.5)$$

bunda U - qismalardagi kuchlanish, V, I - tashqi zanjirning toki, A.

Elektromagnit quvvat

$$P_{ЭМ} = U \cdot I_{Я}. \qquad (2.6)$$

O‘z-o‘zini qo‘zg‘atashli generatorlardagi yakor toki

$$I_{Я} = I + I_{B}. \qquad (2.7)$$

Parallel qo‘zg‘atishli dvigatelning toki

$$I = I_{Я} + I_{B}, \qquad (2.8)$$

bunda I_{B} - qo‘zg‘atish chulg‘amining toki, A.

Dvigatelning yakor toki

$$I_{Я} = \frac{U - E}{R_{Я}} = \frac{U - c_{E} \cdot \Phi \cdot n}{R_{Я}}. \qquad (2.9)$$

Dvigatel qo‘zg‘atish zanjirining toki

$$I_{B} = \frac{U}{R_{BO}} = \frac{U}{R_{B} + R_{P}}, \qquad (2.10)$$

bunda R_{BO} - qo‘zg‘atish zanjirining umumiy qarshiligi, Ω; R_{B} - qo‘zg‘atish chulg‘amining qarshiligi, Ω; R_{P} - qo‘zg‘atish zanjiridagi reostat qarshiligi, Ω;

Ishga tushirish reostatining qarshiligi

$$R_{P} = \frac{U}{I_{я.ном}} - R_{Я}, \qquad (2.11)$$

bunda $I_{я.ном}$ - yakorning nominal toki, A.

Motor yakorining aylanish chastotasi

$$n = \frac{E_{Я}}{c_{E} \cdot \Phi} = \frac{U - I_{я} \cdot R_{Я}}{c_{E} \cdot \Phi}. \qquad (2.12)$$

Motorning ideal salt ishlashdagi aylanish tezligi

$$n_{x} = n_{ном} \cdot \frac{U_{ном}}{U_{ном} - I_{я.ном} \cdot R_{я}}. \qquad (2.13)$$

Motorning mexanik xarakteristika tenglamasi

$$n = \frac{U}{c_{E} \cdot \Phi} = \frac{M \cdot R_{Я}}{c_{E} \cdot c_{M} \cdot \Phi^{2}}, \qquad (2.14)$$

bunda M - motor hosil qiladigan aylanish, $N \cdot m$; c_{M} - motor momentini nazarda tutuvchi motor doimiysi.

Motorning aylanish momenti

$$M = \frac{p \cdot N}{2\pi \cdot a} \Phi \cdot I_Я = c_M \cdot \Phi \cdot I_Я, \quad (2.15)$$

$$M = 9{,}55 \cdot P_2 / n, \quad (2.16)$$

bunda P_2 - motor validagi quvvat, W.

Mashinaning doimiylari o‘rtasidagi bog‘liqlik

$$c_M = 9{,}55 \cdot c_E. \quad (2.17)$$

Generatorning momentlar tenglamasi

$$M_Г = M_X + M_{ЭМ} = M_X + c_M \cdot \Phi \cdot I_Я, \quad (2.18)$$

bunda M_X - salt ishlash momenti, $N \cdot m$; $M_{ЭМ}$ - elektromagnit tormoz momenti, $N \cdot m$.

Motorning momentlar tenglamasi

$$M = c_M \cdot \Phi \cdot I_Я = M_X + M_2 \pm M_{дин}, \quad (2.19)$$

bunda M_2 - mexanizmning foydali teskari ta’sir etuvchi momenti, $N \cdot m$; $M_{дин}$ - dinamik moment, $N \cdot m$;

Tok bo‘yicha karralikgi

$$k_I = I_П / I_{ном}, \quad (2.20)$$

bunda $I_П$ - motorning ishga tushirish toki, A; $I_{ном}$ - motorning nominal toki, A.

Moment bo‘yicha karraligi

$$k_M = M_П / M_{ном}, \quad (2.21)$$

bunda $M_П$ - motorning ishga tushirish momenti, $N \cdot m$; $M_{ном}$ - motorning nominal momenti, $N \cdot m$.

Generatorning F.I.K.

$$\eta = \frac{P_{2Г}}{P_1} = \frac{P_{2Г}}{P_{2Г} + \Sigma\Delta P} = \frac{U \cdot I}{U \cdot I + \Sigma\Delta P} = 1 + \frac{\Sigma\Delta P}{U \cdot I + \Sigma\Delta P}, \quad (2.22)$$

Bunda $P_{2Г}$ - generator qismalaridagi quvvat, W; P_1 - berilayotgan mexanik quvvat, W; U - generator qismalaridagi kuchlanish, V; I - yuklama toki, A.

Motorning F.I.K.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Sigma\Delta P}{P_1} = \frac{U \cdot I - \Sigma\Delta P}{U \cdot I} = 1 - \frac{\Sigma\Delta P}{U \cdot I}, \quad (2.23)$$

bunda P_2 - motor validagi quvvat, W; P_1 - keltirilayotgan quvvat, W; $\Sigma\Delta P$ - umumiy isrof, W.

Umumiy isrof quyidagi formuladan aniqlanadi

$$\Sigma\Delta P = \Delta P_X + \Delta P_Э = \Delta P_M + \Delta P_{MX} + \Delta P_{ЭВ} + \Delta P_{ЭЯ} + \Delta P_{ЭЩ} + \Delta P_Д, \quad (2.24)$$

bunda ΔP_X - salt ishlash isrofi, W; $\Delta P_Э$ - elektr isrof, W; ΔP_M - magnit isrof, W; ΔP_{MX} - mexanik isrof, W; $\Delta P_{ЭВ}$ - rostlash reostatini hisobga olgandagi qo‘zg‘atish chulg‘amidagi isrof, W; $\Delta P_{ЭЯ}$ - yakor chulg‘amidagi isrof, W; $\Delta P_{ЭЩ}$ - cho’tkalardagi elektr isrof, W; $\Delta P_Д$ - qo‘shimcha isrof, W (qo‘shimcha isrof deganda qiyinchilik bilan hisoblanadigan isrof tushiniladi, va ular motorga berilayotgan quvvatning 1% ga teng qilib olinadi).

F.I.K. ning maksimal qiymati salt ishlashdagi (doimiy) isroflarning elektr (o‘zgaruvchan) isroflarga tengligi shartidan hosil bo‘ladi.

$$\Delta P_X = \Delta P_Э \text{ yoki } I^2_{ном} \Sigma R = \Delta P_X + I_B \cdot U_B. \quad (2.25)$$

F.I.K. ning maksimal qiymatiga mos keluvchi yuklama toki

$$I = \sqrt{\frac{\Delta P_X + I_B \cdot U_B}{R_Я}}, \qquad (2.26)$$

bunda U_B - qo‘zg‘atish chulg‘amidagi kuchlanishi, V .

2.2. Namunaviy masalalar yechish.

2.2.1. Olti qutbli o‘zgarmas tok mashinasi yakorining chulg‘ami oddiy kalava chulg‘ami bo‘lib, 36 seksiyadan iborat. Chulg‘amning har qaysi seksiyasida induksiyalangan EYuK ning ta’sir etuvchi qiymati 10 V bo‘lib, seksiyalar bitta aktiv tomoni simning ko‘ndalang kesim yuzasi esa ko‘pi bilan 15 A tokka mo‘ljallangan bo‘lsa, mashinaning E.Yu.K. ini va tok kattaligini hisoblang.

Yechish: Chulg‘amdagi parallel shaxobchalar soni[4]:

$$2a = 2p = 6$$

Bunda har bir parallel shaxobchada,

$S_{nш} = \frac{S}{2a} = \frac{36}{6} = 6$, seksiya bo‘ladi.

U holda bitta parallel shaxobchaning E.Yu.K.i va demak , mashinaning E.Yu.K.i

$$E_a = 6 \cdot 10 = 60V$$

Mashinaning ruxsat etiladigan toki esa

$$I_a = 6 \cdot 15 = 90A \text{ bo‘ladi.}$$

Agar boshqa sharoitlar o‘zgarmas bo‘lganda mashinada sakkizta qutb bo‘lganda edi, uning E.Yu.K.i 40 V ga qadar kamaygan, toki esa 120 A ga ortgan bo‘lar edi.

2.2.2. O‘zgarmas tok generatori to‘rt qutbli mashina bo‘lib, yakorining oddiy to‘lqinsimon chulg‘ami 133 ta ikki o‘ramli seksiyalaridan tarkib topgan.

Yakorning aylanish tezligi $n = 1600 ayl/\min$ magnitoviy oqim esa $\Phi = 8{,}1 \cdot 10^{-3} Vb$ bo‘lsa, generatorning E.Yu.K. ni aniqlang?

Yechish: Yakor chulg‘amning seksiyalari ikki o‘ramli $(w_S = 2)$ bo‘lganligidan, ularning har birida to‘rttadan o‘tkazgich bo‘ladi[4].

Yakor chulg‘amidagi o‘tkazgichlarning umumiy soni:

$$N = 2 \cdot w_S \cdot s$$

$(w_S = 2)$ va $s = 133$ bo‘lganda,

$$N = 2 \cdot 2 \cdot 133 = 532$$

Chulg‘am oddiy to‘lqinsimon demak $2a = 2$. U xolda generatorning E.Yu.K. i quydagiga teng:

$$E_a = \frac{pN}{60a} \Phi n = \frac{2 \cdot 532}{60 \cdot 1} 8{,}1 \cdot 10^{-3} \cdot 1600 = 230V$$

2.2.3. 220 V kuchlanishda ishlaydigan motorni 110 V kuchlanish qayta hisoblash talab etiladi. Yakor chulg‘amiga oid ma’lumotlar: $2p = 2$; $z = 29$ seksiyadagi o‘ramlar soni $w_{S2} = 4$; $a = 1$ pazdagi o‘tkazgichlar soni 16 ta, chulg‘am oddiy to‘lqinsimon: kollektor plastinkalar soni $K = 58$

Yechish: Yakor chulg‘amidagi o‘tkazgichlarni qayta hisoblashdan oldingi[4] soni:

$$N = 2 \cdot w_{S2} \cdot K = 2 \cdot 4 \cdot 58 = 464$$

Qayta ulashda chulg‘amdagi parallel shoxobchalar juft sonini avvalgisicha $(a_2 = a_1 = 1)$ qoldiramiz. U holda o‘tkazgichlarni yangi sonini $N_2 = \frac{E_2 a_2}{E_1 a_1} N_1$ ifodadan hisoblab topamiz.

$$N_2 = \frac{E_2 a_2}{E_1 a_1} N_1 = \frac{110 \cdot 1}{220 \cdot 1} \cdot 464 = 232B$$

pazdagi o‘tkazgichlar soni quydagicha topiladi. $\frac{N_2}{Z} = \frac{232}{29} = 8$

$(a_2 = a_1)$ kuchlanish esa ikki marta kamayganligi uchun paralllel shoxobchadagi tok kattaligi ikki marta ortadi. Chulg‘am o‘tkazgichlarida tokning zichligi avvalgisicha qolishi uchun simning ko‘ndalang kesimini ikki marta oshiramiz. Buning uchun yakor chulg‘ami seksiyalarining har birini kesimi avvalgicha lekin ikki buklangan simdan tayyorlash lozim. U holda pazdagi o‘tkazgichlar soni $8 \cdot 2 = 16$ bo‘ladi, ya’ni qayta o‘ralgunga qadar qancha bo‘lsa shunchaligicha qoladi. Demak, yangi chulg‘am yakor pazlariga bemalol joylashadi. Qayta hisoblangan chulg‘am seksiyasidagi o‘ramlar sonini aniqlaymiz:

$$w_{S2} = \frac{N_2}{2S} = \frac{\frac{N_2}{Z} \cdot Z}{2S} = \frac{8 \cdot 29}{2 \cdot 58} = 2,$$

bunda: S – chulg‘amdagi seksiyalar soni; $S = K = 58$

2.2.4. Parallel qo’zg’atishli to’rt qutbli dvigatelning quvvati $P_{nom} = 2,8kW$, nominal kuchlanishi $U_{nom} = 220V$, nominal aylanish tezligi $n = 1000ayl/\min$, $n = 1500ayl/\min$ aylanish chastotasida ishlashi uchun chulg’ami qayta ulansin. Yakor uchun ma’lumotlar: o’tkazgich kesimi $s = 1,539mm^2$, pazdagi o’tkazgichlar soni $N = 6$.

Yechish.1. $$N_{yangi} = N_{eski} \cdot \frac{n_{eski}}{n_{yangi}} = 6 \cdot \frac{1000}{1500} = 4.$$

2. Chulg’am o’tkazgichining yangi kesimi

$$s_{yangi} = s_{eski} \cdot \frac{n_{yangi}}{n_{eski}} = 1,539 \cdot \frac{1500}{1000} = 2,3mm^2$$

3-jadvaldan[*Ad*.7] ПЭЛР-1 rusumli kesimi $s = 2,269mm^2$ standart simni tanlaymiz.

2.2.5. Masala: P51 rusumli parallel qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatorining pasport ma’lumotlari quyidagicha: quvvat $P_{nom} = 5kW$, kuchlanish $U_{nom} = 230V$, aylanish tezligi $n_{nom} = 1450ayl/\min$, yakor zanjirining qarshiligi $R_Я = 0,635\Omega$, qo‘zg‘atish chulg‘amining qarshiligi $R_B = 91\Omega$, nominal quvvatga nisbatan mexanik va magnit isroflar $\Delta P_X = 0,052W$. Yakor chulg‘amining nominal toki, nominal rejimda yakor chulg‘amining E.YU.K si, elektr isroflar, umumiy isrof, istemol qilinadigan (mexanik) isrof, nominal ish rejimida F.I.K. aniqlansin.

Yechish. Yakorning nominal tokini aniqlash uchun generatorning nominal toki va qo‘zg‘atish chulg‘amining tokini topamiz.

Generatorning nominal tokini quyidagi ifodadan aniqlaymiz

$$P_{ном} = U_{ном} \cdot I_{ном},$$

bundan

$$I_{ном} = P_{ном} / U_{ном} = 5000 / 230 = 21,74A.$$

qo‘zg‘atish chulg‘amining toki

$$I_B = U_{ном} / R_B = 230 / 91 = 2,52A.$$

Kirxgof qonuniga mos holda yakor zanjiridagi tok yuklama zanjiridagi tok bilan qo‘zg‘atish chulg‘amidagi tokning yig‘indisiga teng:

$$I_Я = I_{ном} + I_B = 21,74 + 2,52 = 24,26V.$$

nominal rejimda yakor chulg‘amidagi E.Yu.K.

$$E = U_{ном} + I_Я \cdot R_Я = 230 + 24,26 \cdot 0,635 = 245,4V.$$

Yakor chulg‘amidagi elektr isrof

$$\Delta P_Я = I_Я^2 \cdot R_Я = 24,26^2 \cdot 0,635 = 373,7W.$$

Qo‘zg‘atish chulg‘amidagi elektr isrof

$$\Delta P_B = I_B^2 \cdot R_B = 2,52^2 \cdot 91 = 577,8W.$$

Mexanik va magnit isroflar

$$\Delta P_M + \Delta P_{MX} = 0,052 P_{ном} = 0,052 \cdot 5000 = 260W.$$

Nominal rejimdagi umumiy isrof

$$\Sigma\Delta P = \Delta P_Я + \Delta P_B + \Delta P_{MX} = 373,7 + 577,8 + 260 = 1211,5W.$$

Istemol qilinayotgan quvvat

$$P_1 = P_{ном} + \Sigma\Delta P = 5000 + 1211,5 = 6211,5W.$$

Nominal rejimdagi F.I.K.

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

2.3. Mustaqil yechish uchun misollar.

2.3.1. O’zgarmas tok generatorining foydali quvvati $5\,kW$, yakor chulg’amidagi quvvat isrofi $100W$. Agar E.Yu.K. 238 V bo’lsa, yakor zanjiridagi tok aniqlansin.

2.3.2. Parallel qo’zg’atishli generatorning E.Yu.K. si 238 V, qo’zg’atish $3\ A$ va yuklama toki 80 A bo’lsa, yakor zanjiri, qo’zg’atish chulg’ami va yuklamadagi natijaviy quvvat topilsin.

2.3.3. Aralash qo’zg’atishli generatorning yakor toki $25\,A$, foydali quvvati 10 kVt, elektromagnit quvvati 11 kW, qo’zg’atish zanjiridagi quvvat isrofi 0,5 kW bo’lsa, yakor zanjirining qarshiligi topilsin.

2.3.4. Mustaqil qo’zg’atishli o’zgarmas tok generatori chiqish qismalaridagi kuchlanish topilsin. Generator E.Yu.K. si 240 V, yakor toki 40, 80 va 120 A, yakor zanjirining qarshiligi $R_{ya} = 0,075\,\Omega$.

2.3.5. Parallel qo’zg’atishli generatorning chiqish kuchlanishi $U = 230V$, qo’zg’atish zanjirdagi qarshilik $20\,\Omega$ va yuklanish toki $180\,A$ bo’lsa, qo’zg’atish toki va yakor toki topilsin.

2.3.6. Generator yurituvchi valning aylanish chastotasi 1,5 baravar oshirilganda E.Yu.K. $120V$ oshgan. Magnit oqim o’zgarmas bo’lsa, ikkala rejimdagi E.Yu.K. aniqlansin.

2.3.7. Aralash qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorining yuklama qarshiligi 2 baravar oshirilganda, yakor toki 10 A ga kamaydi. Agar yakor zanjirning qarshiligi $R_{ya} + R_{qo'z.ketma-ket} = 0,1R_{nom}$ bo'lsa, ikkala rejimda yakor toki aniqlansin.

2.3.8. Quvvatlari $P_{nom1} = P_{nom2} = 45\,kW$ bo'lgan ikkita parallel qo'zg'atishli generator nominal kuchlanishi 230 V, quvvati 80 kW li yuklamaga ulangan. Agar yakor zanjirlarining qarshiligi $R_{ya1} = 0,1\Omega$ va $R_{ya1} = 0,07\Omega$ bo'lsa, generatorlar toki aniqlansin.

3- BOB . ASINXRON MASHINALAR

3.1. Asosiy formulalar va tenglamalar

Sirpanish s - bu o'zgaruvchan tok mashinasi statori magnit maydon aylanish chastotasi bilan rotorning aylanish chastotasi orasidagi farqning magnit maydoni aylanish chastotasiga nisbatini ifodalaydi:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}; \quad s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%, \tag{3.1}$$

bu erda n_1 - magnit maydon aylanish chastotasi, ayl/min; n_2 - rotorning aylanish chastotasi, ayl/min.

Kritik sirpanish – bu asinxron mashina maksimal aylantiruvchi moment hosil qilgandagi sirpanishdir.

$$s_{кр} = s_{ном} \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}), \tag{3.2}$$

bu erda $\lambda = M_{\max} / M_{ном}$ - motorning yuklanish qobilyatini aniqlovchi koeffitsient; $s_{ном}$ - nominal yuklamadagi sirpanish.

Asinxron mashinaning magnit maydon aylanish chastotasi

$$n_1 = 60 \cdot f_1 / p, \tag{3.3}$$

bu erda f_1 - ta'minot tarmog'i tokining chastotasi, Hz; p - mashina chulg'amining juft qutblar soni.

Rotorning aylanish tezligi

$$n_2 = n_1 \cdot (1 - s) = \frac{60 \cdot f_1}{p} \cdot (1 - s). \tag{3.4}$$

Stator magnit maydonining rotor o'tkazgichlarida hosil qilgan tok chastotasi va E.YU.K si

$$f_2 = s \cdot f_1 = s \cdot \frac{p \cdot n_1}{60}. \tag{3.5}$$

Motorning tarmoqdan iste'mol qiladigan aktiv quvvati

$$P_1 = 3 \cdot U_{1\phi} \cdot I_{1\phi} \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi, \tag{3.6}$$

bu erda $U_{1\phi}$ - faza kuchlanishining qiymati, V; $I_{1\phi}$ - faza tokining qiymati, A; U_1 - liniya kuchlanishining qiymati, V; I_1 - liniya tokining qiymati, A; $\cos\varphi$ - quvvat koeffitsienti, φ - tok va kuchlanish orasidagi faza siljish burchagi

Shunday qilib,

$$P_1 = P_2 / \eta, \tag{3.7}$$

bu erda η - Motorning F.I.K.

Reaktiv quvvat

$$Q_1 = 3 \cdot U_{1\phi} \cdot I_{1\phi} \cdot \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \sin\varphi, \quad (3.8)$$

bu erda

$$\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi}. \quad (3.9)$$

Elektromagnit quvvat

$$P_{ЭМ} = P_1 - \Delta P_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi - (P_{1Э} + P_{1ст}) = M \cdot \omega_1 = \frac{P_{2Э}}{s}, \quad (3.10)$$

bu erda ΔP_1 - statordagi isrofi, W; $\Delta P_{1Э} = 3 \cdot R_1 \cdot I_1^2$ - statordagi elektr isrofi, W; $\Delta P_{1ст}$ - stator po‘latidagi isrofi, W; M - aylanish momenti, $N \cdot m$; ω_1 - aylanuvchan magnit maydonining burchak sinxron tezligi, rad/s.

Motor validagi foydali quvvat

$$P_2 = P_1 - \Sigma\Delta P = P_1 - (\Delta P_{1Э} + \Delta P_{1CT} + \Delta P_{2Э} + \Delta P_{2CT} + \Delta P_{MX} + \Delta P_Д) \quad (3.11)$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta, \quad (3.12)$$

$$P_2 = \Delta P_{ЭМ} \cdot (1 - s) = M \cdot \omega_2, \quad (3.13)$$

$$P_2 = \frac{M \cdot n_2}{9,55} \quad (3.14)$$

bu erda $\Sigma\Delta P = \Delta P_{1Э} + \Delta P_{1M} + \Delta P_{2Э} + \Delta P_{2M} + \Delta P_{MEX} + \Delta P_Д$ asinxron motorning umumiy isrofi, W; $\Delta P_{2Э}$ - rotordagi elektr isrof, W; ΔP_{2M} - rotorning magnit isrofi, W; ΔP_{MEX} - mexanik isrof, W; $\Delta P_Д$ - qo‘shimcha isrof, W; rotorning burchak tezligi, rad/s; M - motor validagi aylanish momenti, $N \cdot m$.

Asinxron motor validagi aylanish momenti

$$M = 9,55 \cdot \frac{P_2}{n_2}, \quad (3.15)$$

$$M = \frac{3 \cdot E_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2}{\omega_2} \quad (3.16)$$

$$M = C_M \cdot I_{2s} \cdot \Phi_m \cdot \cos\varphi_2 \quad (3.17)$$

$$M = C_1 \cdot U_1^2, \quad (3.18)$$

bu erda C_1 - motorning konstruktiv ma’lumotlariga bog‘liq o‘zgarmas koeffitsient; I_{2s} - aylantiruvchan rotor tok, A; $\cos\varphi_2$ - rotor toki bilan E.YU.K. orasidagi fazalar siljish burchagi.

Taxminan rotor chulg‘ami bitta fazasinig aktiv elektr qarshiligi quyidagi ifoda orqali ifodalanishi mumkin

$$R_2 = \frac{M_{ном}(n_1 - n_2)}{9,55 \cdot m_2 \cdot I_{2ном}^2}, \quad (3.19)$$

bu erda $M_{ном}$ - nominal moment, $N \cdot m$; m_2 - rotorning fazalar soni; $I_{2ном}$ - rotorning nominal toki, A.

Ishga tushirish tokining karralikgi

$$K_I = I_П / I_{ном}, \quad (3.20)$$

bu erda $I_П$ - motorning ishga tushirish toki.

Ishga tushirish momentining karralikgi

$$K_M = M_П / M_{ном}, \quad (3.21)$$

bu erda M_{II} - motorning ishga tushirish momenti.

Motorning yuklanish qobilyati

$$\lambda = M_{\max} / M_{ном}, \tag{3.22}$$

bu erda $M_{\max}$ - motorning maksimal aylanuvchi momenti, $N \cdot m$; $M_{ном}$ - nominal aylantiruvchi moment, $N \cdot m$

Faza rotorli asinxron motor uchun rostlash reostatining qarshiligi

$$R_P = R_2 \cdot (s / s_{ном} - 1). \tag{3.23}$$

Aylanuvchi rotorning induktiv qarshiligi

$$X_{2s} = X_2 \cdot s, \tag{3.24}$$

bu erda X_2 - qo‘zg‘almas rotorning induktiv qarshiligi.

Elektr mashinasining foydali ish koeffitsienti foydali aktiv quvvat P_2 ning keltirilayotgan aktiv quvvat P_1 ning nisbatiga teng:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} = 1 - \frac{\Sigma P}{P_1}. \tag{3.25}$$

3.2. Namunaviy masalalar yechish.

3.2.1. Stator chulg’amlari olti qutbli bo’lgan asinxron dvigatel rotorining sirpanishi $s = 0,04$. tarmoq kuchlaninshining chastotasi $f = 50Hz$. Rotorning aylanish tezligi aniqlansin.

Yechish. Motorning qutblar soni 6 ta bo’lganda, juft qutblar soni $p = 3$ bo’ladi. U holda statordagi aylanuvchi magnit maydonining sinxron tezligi

$$n_1 = \frac{60 f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 ayl / \min$$

Rotorning sirpanishi $s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$ formulasidan, rotorning aylanish tezligini topib olamiz. Bunda rotorning aylanish tezligi

$$n_2 = n_1 \cdot (1 - s) = 1000 \cdot (1 - 0,04) = 1000 \cdot 0,96 = 960 ayl / \min.$$

3.2.2. Uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning stator chulg’amlaridan o’tayotgan tok $10,6\,A$, tarmoqning faza kuchlanishi $U_\phi = 220V$ bo’lganda iste’mol qiladigan quvvati $P_1 = 3,55kW$. Agar motorning o’qidagi foydali quvvati $P_2 = 3kW$ bo’lsa motorning F.I.K. va quvvat koeffisenti nimaga teng?

Yechish. Motorning foydani ish koeffisenti

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{3}{3,55} = 0,845.$$

Motorning quvvat koeffisenti

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3} I U \eta} = \frac{3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,6 \cdot 220 \cdot 0,845} = 0.88.$$

3.2.3. Rotorning aylanish tezliklari: 2945; 1480; 985; 735 va 600 ayl / min dan bo’lgan uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning nominal aylantiruvchi momentlari mos holda: 178,43; 355; 533,5; 715; 875,8 $N \cdot m$. Motorning quvvati va tipi aniqlansin.

Nominal aylantiruvchi moment $M_{nom} = 9550 \cdot \frac{P_{nom}}{n_2}$ formulasidan

$$P'_{nom} = \frac{M'_{nom} \cdot n_2}{9550} = \frac{178,43 \cdot 2945}{9550} = 55kW$$

$$P''_{nom} = \frac{M''_{nom} \cdot n_2}{9550} = \frac{355 \cdot 1480}{9550} = 55kW$$

$$P'''_{nom} = \frac{M'''_{nom} \cdot n_2}{9550} = \frac{715 \cdot 735}{9550} = 55kW$$

$$P''''_{nom} = \frac{M''''_{nom} \cdot n_2}{9550} = \frac{875,8 \cdot 600}{9550} = 55kW$$

3.2.4. 4A200M6У3 tipdagi uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning rotori nominal yuklamada $n_{2nom} = 975 ayl/\min$ tezlik bilan aylanmoqda. Manba kuchlaninshining chastotasi $f = 50Hz$. Motorning juft qutblar soni p, sinxron tezligi n_{1nom} va nominal sirpanish s_{nom} aniqlansin. Shuningdek, sirpaninsh $s = 5\%$ bo'lganda motor rotorida hosil bo'lgan E.Yu.K. ning chastotasi f_2 aniqlansin.

Yechish. Motorning qutblar soni $2p = 6$ bo'lganda, juft qutblar soni $p = 3$ bo'ladi. U holda statordagi aylanuvchi magnit maydonining sinxron tezligi

$$n_{1nom} = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 ayl/\min.$$

Rotorning sirpanishi

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 = \frac{1000 - 975}{1000} \cdot 100 = 0,025 \cdot 100 = 2,5\%$$

Sirpanish 5%, $f_1 = 50Hz$ bo'lganda rotor chulg'amidagi E.Yu.K chastotasi

$$f_2 = 0,05 \cdot 5 = 2,5Hz$$

3.2.5. Nominal quvvati $P_{nom} = 37\ kW$ bo'lgan 4A250S8У3 tipdagi uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motor rotorining nominal aylanish tezligi $n_{2nom} = 735\ ayl/min$, quvvat koeffisenti $cos\varphi_{1nom} = 0,83$, F.I.K. $\varphi_{nom} = 0,9$, nominal kuchlanishi $U_{nom} = 220/380\ V$. Motorning nominal yuklamada tarmoqdan iste'mol qiladigan quvvati P_{1nom}, nominal aylantiruvchi momenti M_{nom}, stator chulg'amlari uchburchak va yulduz sxemasida ulanganda statordagi nominal tok aniqlansin.

Yechish. Motorning elektr tarmog'idan iste'mol qiladigan quvvati

$$P_{1nom} = \frac{P_{nom}}{\eta} = \frac{37kVt}{0,9} = 41,1kW$$

Nominal aylantiruvchi momenti

$$M_{nom} = 9550 \cdot \frac{P_{nom}}{n_2} = 9550 \cdot \frac{37}{735} = 481N \cdot m$$

Stator chulg'amlari Δ sxemada ulanganda elektr tarmog'idan iste'mol qiladigan nominal toki

$$I_\Delta = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3}U_{JI} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{37 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,83 \cdot 0,9} = 130A$$

Stator chulg'amlari Y sxemada ulanganda elektr tarmog'idan iste'mol qiladigan nominal toki

$$I_Y = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3}U_\Phi \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{37 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,83 \cdot 0,9} = 75,3A$$

3.2.6. Uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning katalogda berilgan ma'lumotlari quyidagicha:

Nominal quvvati $P_{nom} = 90\ kW$; rotorining nominal aylanish tezligi $n_{2nom} = 1480\ ayl/min$; nominal kuchlanishi $U_{nom} = 220/380\ V$; F.I.K. $\eta_{nom} = 0,9$; quvvat koeffisenti $cos\varphi_{1nom} = 0,93$; maksimal va yurgizish momentlarining nominal momentga nisbatlari 2,3; 1,2;

Yurgizish tokining nominal tokka nisbati 7.

Quyidagilar aniqlansin:

1. Sinxron tezlik n_{1nom} va nominal sirpanish s_{nom};
2. Motorning nominal, yurgizish va maksimal aylantiruvchi momentlari;
3. Stator chulg'amlari yulduz va uchburchak sxemada ulanganda motorning nominal va yurgizish toklari;

Yechish. Motorning qutblar soni 4 ta bo'ganda, juft qutblar soni $p = 2$ bo'ladi. U holda statordagi aylanuvchan magnet maydonining sinxron tezligi

$$n_{1nom} = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 ayl/\min.$$

Nominal sirpanishi

$$s_{nom} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 = \frac{1500 - 1480}{1500} \cdot 100 = 0,013 \cdot 100 = 1,33\%$$

Nominal aylantiruvchi momenti

$$M_{nom} = 9550 \cdot \frac{P_{nom}}{n_2} = 9550 \cdot \frac{90}{1480} = 581 N \cdot m$$

Maksimal aylantiruvchi momenti

$$M_{\max} = 2,3 M_{nom} = 2,3 \cdot 581 = 1336,3 N \cdot m$$

Yurguzish momenti

$$M_{yu} = 2,3 M_{nom} = 1,2 \cdot 581 = 697,2 N \cdot m$$

Motorning stator chulg'amlari Y sxemada ulanganda tarmog'dan qabul qiladigan nominal toki

$$I_{nom} = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3} U_{1nom} \cdot \eta_{nom} \cdot \cos\varphi_{1nom}} = \frac{90 \cdot 10^3}{1,732 \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,93} = 161,5 A$$

Motorning stator chulg'amlari Y sxemada ulanganda yurguzish paytida tarmoqdan qabul qiladigan toki

$$I_{yu} = 7 \cdot I_{nom} = 7 \cdot 161,5 = 1130,5 A$$

Motorning stator chulg'amlari Δ sxemada ulanganda tarmog'dan qabul qiladigan nominal toki

$$I_{nom} = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3} U_{1nom} \cdot \eta_{nom} \cdot \cos\varphi_{1nom}} = \frac{90 \cdot 10^3}{1,732 \cdot 220 \cdot 0,9 \cdot 0,93} = 279 A$$

Motorning stator chulg'amlari Δ sxemada ulanganda yurguzish paytida tarmoqdan qabul qiladigan toki

$$I_{yu} = 7 \cdot I_{nom} = 7 \cdot 279 = 1953 A$$

3.2.7. Nominal quvvati $P_{nom} = 11\ kW$ bo'lgan 4A160M8У3 tipdagi uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motor rotorining nominal aylanish tezligi

$n_{2nom} = 730\ ayl/min$. Maksimal va yurgizish momentlarining nominal momentga nisbatlari 2,2; 1,4;

Quyidagilar aniqlansin:

1. Motorning nominal, yurgizish va maksimal aylantiruvchi momentlari;
2. Tarmoq kuchlanishi 10% ga va 20% ga pasayganda motorning yurgizish momentlarini aniqlab uning ishlashi haqida ma'lumot bering.

Yechish. Motorning nominal aylantiruvchi momenti

$$M_{nom} = 9550 \cdot \frac{P_{nom}}{n_2} = 9550 \cdot \frac{11}{730} = 144N \cdot m$$

Maksimal aylantiruvchi momenti

$$M_{\max} = 2,2M_{nom} = 2,2 \cdot 144 = 317N \cdot m$$

Yurguzish momenti

$$M_{yu} = 1,4M_{nom} = 1,4 \cdot 144 = 201,6N \cdot m$$

Tarmoq kuchlanishi 10 % ga pasaygandagi motorning yurgizish momenti. Asinxron motorning aylantiruvchi momenti tarmoq kuchlanishining kvadratiga proporstional. Agar tarmoq kuchlanishi 10% ga pasaysa, u $0,9U_{1nom}$ ga teng bo'ladi. U holda aylantiruvchi moment nominalga nisbatan $(0,9)^2 = 0,81$ ni tashkil etadi. Shu kuchlanishdagi yurgizish momenti

$$M'_{io} = 0,81 \cdot M_{io} = 0,81 \cdot 201,6 = 163,3N \cdot m$$

Tarmoq kuchlanishi 20 % ga pasaygandagi motorning yurgizish momenti. Bunda tarmoq kuchlanishi $0,8U_{1nom}$ ga teng bo'lib, aylantiruvchi moment nominal momentning $0,8^2 = 0,64$ qismini tashkil etadi. Shu kuchlanishdagi yurgizish momenti

$$M''_{io} = 0,64 \cdot M_{io} = 0,64 \cdot 201,6 = 129N \cdot m$$

Xulosa. Tarmoq kuchlanishi 10 % ga pasayganda, $M'_{yu} \succ M_{nom}$ bo'lganidan motorni nominal nagruzkada yurgizish mumkin. Ammo tarmoq kuchlanishi 20 % ga pasayganda $M''_{yu} \prec M_{nom}$ bo'lib, motorni nominal nagruzkada yurgizib bo'lmaydi.

3.2.8. Nominal quvvati $P_{nom} = 45\ kVt$ bo'lgan 4A200L4У3 rusumli uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motor uch fazali tok tarmog'iga ulangan. Motorning F.I.K. $\eta_{nom} = 0,905$. Motorning quvvat isrofi ΔP va 8 soat ish davomida motorning necha so'mlik energiya sarflashi aniqlansin. (1kW·soat – 144 som 30 tiyin)

Yechish. Motorning tarmoqdan iste'mol qiladigan quvvati

$$P_{1nom} = \frac{P_{nom}}{\eta_{nom}} = \frac{45}{0,905} = 49,7kW$$

Nominal nagruzkada quvvat isrofgarchiligi

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 49,7 - 45 = 4,7kW$$

Motorning 8 soatlik ish davomida energiya sarfi

$$W = P_{1nom} \cdot t \cdot 144,30 = 49,7 \cdot 8 \cdot 144,30 = 57373so'm - 68tiyin$$

3.2.9. Nominal quvvati $P_{nom} = 132\ kW$ bo'lgan 4A280M2У3 rusumli uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motor stator cho'lg'amlari liniya kuchlanishi $U_L = 380\ V$ bo'lgan uch fazali tok tarmog'iga yulduz sxemada ulangan. Stator chulg'amlaridan o'tayotgan tok $I_{1nom} = 247\ A$, motorning foydali ish koeffisienti

$\eta = 0,915$. Motorning tarmoqdan iste'mol qilayotgan quvvati P_1 va quvvat koeffisenti $\cos\varphi_1$ aniqlansin.

Yechish. Motorning tarmoqdan iste'mol qiladigan quvvati

$$P_{1nom} = \frac{P_{nom}}{\eta_{nom}} = \frac{132}{0,915} = 144,3kW$$

Motorning quvvat koeffisenti

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3}\cdot U_L \cdot I_{1nom}\cdot\eta} = \frac{132}{\sqrt{3}\cdot 380\cdot 247\cdot 0,915} = 0,888.$$

3.2.10. Nominal quvvatlari $P'_{2nom} = 0,5kW$, $P''_{2nom} = 1kW$, bo'lgan bir fazali asinxron motorlar chastotasi $f = 50Hz$, faza kuchlanishi $U_\Phi = 220V$ bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan. Motorlarning quvvat koeffisentlari $\cos\varphi'_{2nom} = 0,7;$ $\cos\varphi''_{2nom} = 0,9;$ Motorlardan o'tayotgan toklar va ularning reaktiv, to'la quvvatlari aniqlansin.

Yechish. Birinchi motorning nominal toki

$$I'_{nom} = \frac{P'_{2nom}}{Ucos\varphi'_{2nom}} = \frac{500}{220\cdot 0,7} = 3,25A$$

Ikkinchi motorning nominal toki

$$I''_{nom} = \frac{P''_{2nom}}{Ucos\varphi''_{2nom}} = \frac{1000}{220\cdot 0,9} = 5,05A$$

Birinchi motorning reaktiv quvvati

$$Q' = UI'_{nom}\sin\varphi' = 220\cdot 3,25\cdot 0,714 = 0,51kVAr$$

Ikkinchi motorning reaktiv quvvati

$$Q'' = UI''_{nom}\sin\varphi'' = 220\cdot 5,05\cdot 0,435 = 0,483kVAr$$

Birinchi motorning to'la quvvati

$$S_1 = \sqrt{P'^2_{2nom} + Q'^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,51^2} = 0,71kVA$$

Ikkinchi motorning to'la quvvati

$$S_2 = \sqrt{P''^2_{2nom} + Q''^2} = \sqrt{1^2 + 0,483^2} = 1,1kVA$$

3.2.11. Kuchlanishi $380/220\ V$, rotori qisqa tutashtirilgan $4A$ rusumidagi asinxron motor uchun quyidagilar bajarilsin :

Tarmoq kuchlanishi $U_L = 220V$ uchun motor chulg'amlarini ulash sxemasi tanlansin va chizilsin.

Magnit maydonining aylanish tezligi, sirpanish, nominal va ishga tushirish toki, magnit maydoni juft qutblar soni va stator chulg'amining g'altaklar soni aniqlansin.

Nominal ishga tushirish va maksimal momentlar qiymati hisoblansin hamda mexanik xarakteristika qurilsin. Tarmoq kuchlanishi 10% ga kamaygandagi momentlar qiymati aniqlansin.

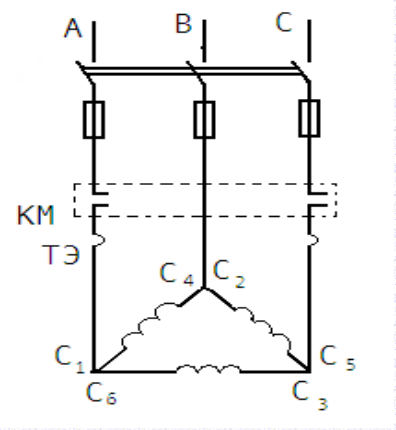
Berilgan:

Motorning nominal quvvati $P_{nom} = 5,5kW$; nominal aylanish tezligi $n_{nom} = 965\frac{ayl}{\min}$; foydali ish koeffistienti $\eta = 0,85$; quvvat koeffitsenti $\cos\varphi_{nom} = 0,8$;

$k_I = 6,0$; $\mu_{II} = 2,0 = \frac{M_{II}}{M_{nom}}$; $\lambda_{kr} = 2,5 = \frac{M_{\max}}{M_{nom}}$

Yechish.

Agar $U_L = 220V$ bo'lsa, asinxron motor Δ sxemasida ulanadi.



6 - rasm

Magnit maydonini aylanish tezligi

$$n_1 = \frac{60\,f}{p};\ f = 50Gz$$

Juft qutblar sonida

$$p_1 = 1;\quad n_1 = 3000\frac{ayl}{\min}$$

$$p_2 = 2;\quad n_2 = 1500\frac{ayl}{\min}$$

$$p_3 = 3;\quad n_3 = 1000\frac{ayl}{\min}$$

$$p_4 = 4;\quad n_4 = 750\frac{ayl}{\min}$$

Ma'lumotlar bo'yicha qabul qilamiz

$$n_2 = 965\frac{ayl}{\min},\ n_1 = 1000\frac{ayl}{\min},\ p = 3.$$

G'altaklar soni

$$2p = 2 \cdot 3 = 6$$

Sirpanish

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 = \frac{1000 - 965}{1000} \cdot 100 = 0,035 \cdot 100 = 3,5\%$$

Nominal aylantiruvchi moment

$$M_{nom} = 9550 \cdot \frac{5,5}{965} = 54,4N \cdot m$$

Ishga tushirish momenti

$$M_{II} = \mu_{II} \cdot M_{nom} = 2,0 \cdot 54,4 = 108,8N \cdot m$$

Maksimal aylantirish momenti

$$M_{\max} = \lambda_{kr} \cdot M_{nom} = 2,5 \cdot 54,4 = 136N \cdot m$$

Motorni tarmoqdan iste'mol qiladigan quvvati

$$P_1 = \frac{P_{nom}}{\eta} = \frac{5,5}{0,85} = 6,47kW$$

Motorning nominal toki

$$I_{nom} = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3} \cdot U_{1nom} \cdot \eta_{nom} \cdot \cos\varphi_{1nom}} = \frac{5,5}{1,73 \cdot 0,22 \cdot 0,85 \cdot 0,8} = 21,25A$$

Ishga tushirish toki

$$I_{II} = k_I \cdot I_{nom} = 6 \cdot 21,25 = 127,5A$$

Tarmoq kuchlanishi 10 % ga kamayganda, asinxron motorning aylantirish momenti tarmoq kuchlanishining kvadratiga proporstional. Agar tarmoq kuchlanishi 10 %ga kamaysa, unda $U_{1nom} = 0,90U_{nom}$. Bu holatda nominal momentga nisbatan aylantirish momenti $(0,9)^2 = 0,81$ni tashkil etadi. Bu kuchlanishda ishga tushirish momenti

$$M_{II}^{'} = 0,81 \cdot M_{II} = 0,81 \cdot 108,8 = 88,1N \cdot m \succ M_{nom} = 54,4N \cdot m$$

Ishga tushirish toki kuchlanishni birinchi darajasiga proporstional

$$I_{II}^{'} = 0,9 \cdot I_{II} = 0,9 \cdot 127,5 = 114,75A$$

Mexanik xarakteristikani qurish uchun s_{nom} gacha sirpanishning besh, oltita qiymatini berib chiqamiz.

4 - jadval

s	0	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035
n_2	1000	990	985	980	975	970	965
M	52,5	53	53,3	53,5	53,87	54,15	54,4

$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%$; bunda, $n_2 = n_1(1-s)$; $M_{nom} = 9550 \cdot \frac{P_{nom}}{n_2}; [N \cdot m]$

$s = 0.$ 1) $n_2 = 1000 \cdot (1-0) = 1000 \frac{ayl}{\min}$ $M_{nom} = 9550 \cdot \frac{5,5}{1000} = 52,5N \cdot m$

$s = 0,01.$ 2) $n_2 = 1000 \cdot (1-0,01) = 1000 \cdot 0,99 = 990 \frac{ayl}{\min}$ $M_{nom} = 9550 \cdot \frac{5,5}{990} = 53N \cdot m$

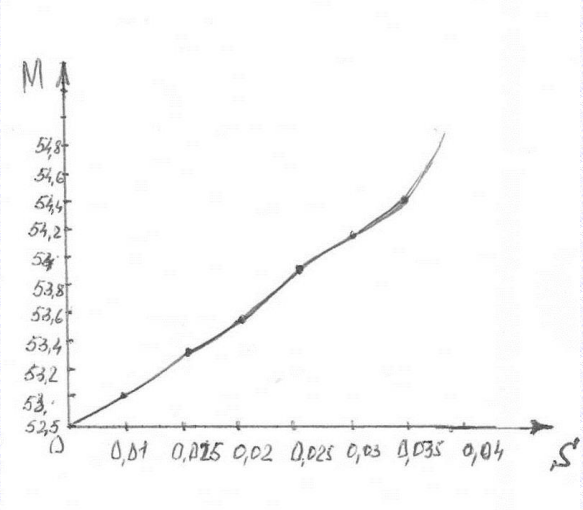
$s = 0,015.$ 3) $n_2 = 1000 \cdot (1-0,015) = 1000 \cdot 0,985 = 985 \frac{ayl}{\min}$ $M_{nom} = 9550 \cdot \frac{5,5}{985} = 53,3N \cdot m$

$s = 0,02.$ 4) $n_2 = 1000 \cdot (1-0,02) = 1000 \cdot 0,98 = 980 \frac{ayl}{\min}$ $M_{nom} = 9550 \cdot \frac{5,5}{980} = 53,5N \cdot m$

$s = 0,025.$ 5) $n_2 = 1000 \cdot (1-0,025) = 1000 \cdot 0,975 = 975 \frac{ayl}{\min}$ $M_{nom} = 9550 \cdot \frac{5,5}{975} = 53,87N \cdot m$

$s = 0,03.$ 6) $n_2 = 1000 \cdot (1-0,03) = 1000 \cdot 0,97 = 970 \frac{ayl}{\min}$ $M_{nom} = 9550 \cdot \frac{5,5}{970} = 54,15N \cdot m$

$s = 0,035.$ 7) $n_2 = 1000 \cdot (1-0,035) = 1000 \cdot 0,965 = 965 \frac{ayl}{\min}$ $M_{nom} = 9550 \cdot \frac{5,5}{965} = 54,4N \cdot m$



7 – rasm.

3.2.12. Nominal ma'lumotlari quydagicha bo'lgan uch fazali rotori qisqa tutashtirilgan motorning momenti hisoblansin:

$P_н = 11,9kW;\ U_{фн} = 220V;\ I_{фн} = 25A;\ f = 50Hz;$ stator chulg'ami "Y" ulangan.

Konstruktiv va hisobiy ma'lumotlar: $m_1 = 3;\ 2p = 6;$ stator chulg'amidagi isrof $\Delta P_{Э1} = 745W$ rotor chulg'amidagi isrof $\Delta P_{Э2} = 480W;$. Po'latdagi isrof $\Delta P_c = 235W;$ mexanik isrof $\Delta P_{mex} = 180W;$ qo'shimcha $\Delta P_D = 60W$ keltirilgan tok $I_2^{/} = 20,25A$ qarshilik $x_к + x_1 + x_2^{'} = 2,18\Omega$. Motorning Magnit maydon aylanish tezligi n_1, elektrmagnit quvvati $P_{эм}$, nominal sirpanishi s, stator va rotor chulg'amlarining aktiv qarshiligi r_1 va $r_2^{/}$ aniqlansin.

Yechish: Asinxron mashinaning magnit maydon aylanish chastotasi

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000ayl/min;$$

Motorning elektrmagnit quvvati,

$$P_{эм} = P_н + \Delta P_{мех} + \Delta P_D + \Delta P_{э2} = 11900 + 180 + 60 + 480 = 12620W;$$

$$M_{эм} = \frac{P_{эм}}{2\pi \cdot n_1 / 60} = \frac{12620}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 / 60} = 121N \cdot m.$$

Yoki $M_{эм} = \frac{1}{9,81} \cdot 121 = 12,3кG \cdot m.$

Motorning sirpanishi $s = \frac{\Delta P_{э2}}{P_{эм}} \cdot 100 = \frac{480}{12620} \cdot 100 = 0,038 \cdot 100 = 3,8\%.$

Stator chulg'amining aktiv qarshiligi $r_1 = \frac{\Delta P_{э1}}{m_1 \cdot I_{1ф}^2} = \frac{745}{3 \cdot 25^2} = 0,398\Omega;$

Rotor chulg'amining aktiv qashiligi $r_2^{/} = \frac{\Delta P_{э2}}{m_1 \cdot I_{2ф}^{/2}} = \frac{480}{3 \cdot (20,25)^2} = 0,39\Omega.$

$$M_{эм} = \frac{\frac{3 \cdot 3 \cdot 220^2 0,39}{0,038}}{2 \cdot 3,14 \cdot 50[(\frac{0,398 + 0,39}{0,038})^2 + (2,18)^2]} = 120N \cdot m = 12,2кG \cdot m.$$

Shunday qilib $M_{эм}$ ning taxminiy qiymati haqiqiy qiymatidan $0,8\%$ ga kam.

3.3. Mustaqil yechish uchun misollar.

3.3.1. Asinxron motor stator chulg'amidagi aylanuvchi magnit maydonining aylanish chastotasi $n_1 = 1000\ ayl/min$. Sirpanishlar qiymati $s = 1;\ 0;\ -0,5;\ -1$ bo'lganda tezligini aniqlang va olingan qiymatlarning fizik ma'nosini tushuntirib bering.

3.3.2. Asinxron mashinaning chulg'am koeffistienti va magnit oqimini hisoblang. Mashinaning quyidagi parametrlari berilgan:
$U_n = 380/220\ V$; $2p = 4$; $f = 50Hz$;
qutb va fazaga to'g'ri keluvchi pazlar soni $q_1 = 3$; $u/\tau = 7/9$ va har bir pazdagi simlar soni $z_{n1} = 38$.

3.3.3. Uch fazali asinxron motorning nominal kuchlanishi U_n= 380 V. Stator chulg'ami Δ ulangandagi nominal tok $I_n = 14,5\ A$. Chulg'am parametrlari: $\omega_1 = 320$ va $k_{r1} = 0,92$; $F_y = 716\ A$. Salt ishlash tokining reaktiv tashkil etuvchisi nominal tokning necha foizini tashkil qiladi?

3.3.4. 4A160S2У3 tipdagi uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motor uch fazali tok tarmog'iga ulangan. Rotorning sirpanishi 2% va 6% ga teng bo'lganda, rotorning aylanish burchak tezligi $\omega_2$aniqlansin.

3.3.5. Ko'p tezlikli asinxron motorning stator chulg'amlarini qayta ulangan, uning juft qutblar soni 2 martaga ortdi. Aylanuvchi magnit maydonining va rotorning aylanish chastotasi qanday o'zgaradi?

4-BOB. SIXRON MASHINA

4.1. Asosiy formulalar va tenglamalar

Sinxron mashina statori aylanuvchan magnit maydonining va rotorning aylanish chastotasi

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}. \qquad (4.1)$$

Simmetrik yuklamada uch fazali generatorning quvvati

$$P_2 = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi. \qquad (4.2)$$

Generatorning aylanish momenti

$$M = P_{ЭМ} / \omega = 9,55 \cdot P_1 / n_1. \qquad (4.3)$$

Uch fazali generator quvvatlar muvozanat tenglamasi

$$P_2 = P_{ЭМ} - \Delta P_Э = P_{ЭМ} - 3 \cdot R_1 \cdot I^2. \qquad (4.4)$$

Stator chulg'amidagi pazlar soni

$$Z = 2 \cdot q \cdot p \cdot m, \qquad (4.5)$$

bu erda q - pazlar soni, qutb va fazaga to'g'ri keluvchi pazlar soni; uch fazali chulg'am uchun fazalar soni $m = 3$.

Sinxron mashina satori birlamchi chulg‘amining E.Yu.K si

$$E_1 = 4,44 \cdot f_1 \cdot \Phi \cdot w_1 \cdot K_1 . \qquad (4.6)$$

Sinxron generator uchun E.Yu.K tenglamasi

$$U_1 = E_0 + E_c + I_1 \cdot R_1 , \qquad (4.7)$$

bu erda E_0 - generatorning asosiy E.Yu.K si, V; E_c - yakor reaksiyasi va sochilma oqimning E.Yu.K. si, V; I_1 - stator chulg‘amining toki, A; R_1 - stator chulg‘amining aktiv qarshiligi, Ω.

Uch fazali generatorning F.I.K.

$$\eta = P_2 / P_1 = P_2 / (P_2 + \Sigma\Delta P) . \qquad (4.8)$$

4.2. Namunaviy masalalar yechish [3]

4.2.1. Tarmoqqa berayotgan chastotasi $f = 50Hz$ va qutblaning soni 30 ta bo’lgan generator rotorining ya’ni magnit maydoning aylanish tezligi nimaga teng.

Yechish. Generator qutblaning soni 30 ta bo’lsa, $2p = 30$, juft qutblarining soni $p = 15$ ta bo’ladi. Magnit maydoning aylanish tezligi

$$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{15} = 200 ayl / \min$$

4.2.2. Krasnoyarsk, Sayano-Shushensk, Rog’un va Nurek gidroelektrstansiyalaridagi sinxron generatorlarining stator chulg’amlarida induksiyalanayotgan EYuKlarning chastotasi $f = 50\ Hz$. Rotorlarining aylanish tezliklari 90, 112, 167 va 200 ayl/min. Juft qutblar sonini toping.

Berilgan

$f = 50\ Hz$

$n = 90,\ 112,\ 167,\ 200\ ayl/min$

$p\ -\ ?$

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

$$p_1 = \frac{60 \cdot 50}{90} = 33$$

$$p_2 = 27$$

$$p_3 = 18$$

$$p_4 = 15$$

4.2.3. Sinxron generatorining qismalaridagi kuchlanish 15 kV, faza toki 1000 A bo’lib quvvat koeffisenti $cos\varphi = 0,94$. Stator chulg’amlari yulduz sxemasida ulangan. Simmetrik yuklamada generatorning tashqi zanjirga berayotgan quvvati aniqlansin.

Yechish. Generatorning tashqi zanjirga berayotgan quvvati

$$P_1 = mUI \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 15 \cdot 1 \cdot 0,94 = 24,4kW$$

4.2.4. Sinxron dvigateldagi barcha quvvat isrofi $\Delta P = 3kW$. Agar motorning FIKi $\eta_{nom} = 94\%$ bo’lsa uning tarmoqdan iste’mol qilayotgan quvvatini toping.

Berilgan

$\Delta P = 3\ kW$

$\eta_{nom} = 0,94$

$P_{1nom} - ?$

$$\Delta P = P_1 - P_{nom}$$

$$\eta = \frac{P_{nom}}{P_1} = 0,94$$

$$P_{nom} = 0,94P_1$$

$$P_1 - 0,94P_1 = 3kW$$

$$0,06P_1 = 3kW$$

$$P_1 = 50kW$$

4.2.5. Sinxron mashina qo‘zg‘atish chulg‘ami maydoni shaklining koeffitsiyenti $k_F = 1,05$, qutb o‘qidagi induksiyaning radial tashkil etuvchisi $B_\delta = 0,75Tl$ bo’lsa, havo bo’shlig’idagi qo’zg’atish maydoni induksiyasi $B_{\delta 1m}$ aniqlansin.

Yechish. Qo‘zg‘atish maydoni induksiyasi $B_{\delta 1m} = k_F \cdot B_\delta = 1,05 \cdot 0,75 = 0,79Tl$

4.2.6. Ayon qutbli sinxron mashina qutb bo‘linmasi $\tau = 23sm$, hisobiy uzunligi $l_\delta = 12sm$, qo‘zg‘atish maydoni shaklining koeffitsiyenti $k_F = 1,07$, qutb o‘qidagi induksiyaning radial tashkil etuvchisi $B_\delta = 0,72Tl$ bo’lsa, qo‘zg‘atish maydoni oqimining asosiy garmonikasi topilsin.

Yechish. Havo bo‘shlig‘idagi induksiyaning asosiy garmonikasi amplitudasi

$B_{\delta 1m} = k_F \cdot B_\delta = 1,07 \cdot 0,72 = 0,77Tl$

Qo‘zg‘atish maydoni oqimining asosiy garmonikasi

$B_{F1m} = (2/\pi) \cdot \tau \cdot l_\delta \cdot B_{\delta 1m} = (2/\pi) \cdot 23 \cdot 12 \cdot 0,77 = 1,35 \cdot 10^{-2} Bb$

4.2.7. Sinxron generatorning faza kuchlanishi $U_\phi = 230B$, faza toki $I_1 = 54A$, quvvat koeffistienti $\cos\varphi = 0,8$. To’la magnit isrofi $P_M + P_{MK} = 800W$, to’la elektr isrofining $\frac{2}{3}$ to’la elektr isrofi, generatorning F.I.K. topilsin.

Yechish. To’la quvvat isrofi

$$\sum \Delta P = \left(\frac{P_F}{\eta_F} + \Delta P_{mex} \right) = \frac{2}{3} \Delta P_{э1} = \frac{2}{3} \cdot 1500 = 1000W$$

Generatorning aktiv quvvati

$$P = m_1 \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = 3 \cdot 230 \cdot 54 \cdot 0,8 = 29808W$$

Generatoning FIK

$$\eta = 1 - \sum \Delta P / (P + \sum \Delta P) = 1 - 3300 / (29808 + 3300) = 0,9.$$

4.2.8. Sinxron generator uchun EYuK ning amaliy diagrammasini quring va nagruzka kamayganda kuchlanishni ko’payishini aniqlang[4]. Generatorga oid quydagi ma’lumotlar berilgan: $P_n = 500kW$; $U_{1n} = 230V$; $\cos\varphi_n = 0,8$; $r_{75} = 0,0015\Omega$; $x_{c1} = 0,04\Omega$; $QTN = 1,4$ salt ishlash xarakteristikasi normal (1-jadvalda).

5-jadval.

i_{qo} / i_{qon}	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
U_0 / U_{1n}	0,58	1,0	1,21	1,33	1,4	1,46	1,51

Yechish: Qisqa tutashuv xarakteristikasini qurish uchun avvalo nominal tokiga muvofiq keladigan qurish uchun avvalo nominal yuklama tokiga muvofiq keladigan qo’zg’otish toki $i_{q \cdot qn}$ ni aniqlaymiz [4].

$$\frac{t_{q \cdot qn}}{t_{qn}} = \frac{1}{QTN} = \frac{1}{1,4} = 0,715$$

So’ngra nominal tokli va kuchlanishtushishini aniqlaymiz:

$$I_n = \frac{P_n}{m \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n} = \frac{500 \cdot 10^3}{3 \cdot 230 \cdot 0,8} = 910A$$

$$I_n \cdot r_{75} = 910 \cdot 0,0015 = 1,37V$$

$$jI_n \cdot x_{c1} = 910 \cdot 0{,}04 = j36V$$

Olingan qiymatlarni nisbiy birliklarda ifodalaymiz:

$$\frac{I_{1n} \cdot r_{75}}{U_{1n}} = \frac{1{,}37}{230} = 0{,}006$$

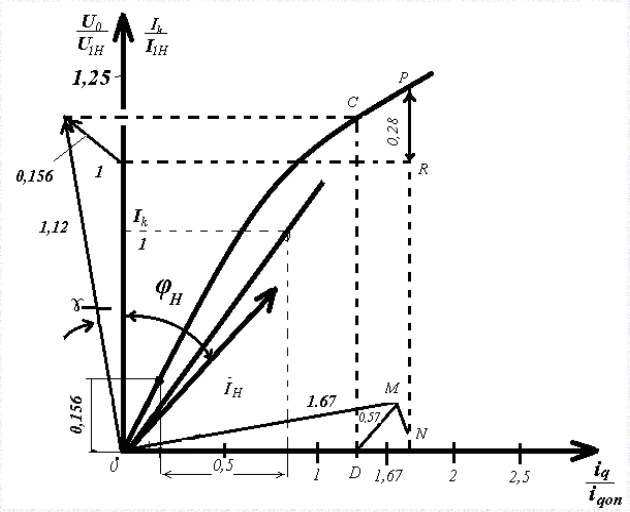
$$\frac{jI_{1n} \cdot x_{c1}}{U_{1n}} = j\frac{36}{230} = 0{,}156$$

Kuchlanishni induktiv tushishidan $\frac{0{,}156}{0{,}006} = 26$ marta ko'p bo'lganligi uchun kuchlanishning aktiv tushish qiymatini hisobga olmasa ham bo'ladi. Kuchlanish U_{1n} bilan tok I_{1n} orasidagi fazalar siljish burchagi

$$\frac{t_{q \cdot qn}}{t_{qn}} = \frac{1}{QTN} = \frac{1}{1{,}4} = 0{,}715$$

Yuqorida ko'rsatilgan tartibda yasashlar qilib, EYuK ning amaliy diagrammasini olamiz (6-rasm) va bu diagrammadan kuchlanishni qancha ortishini aniqlaymiz:

$$\Delta U_n = \frac{NP - NR}{NR} \cdot 100 = \frac{0{,}28}{1} \cdot 100 = 28\%$$



8 - rasm.

4.3. Mustaqil yechish uchun masalalar [3]

4.3.1. To'rt qutbli sinxron mashinaning quyidagi parametrlari berilgan: fazadagi o'ramlar soni $\omega = 105$, qisqartish koeffistienti $k_k = 0{,}951$, tarqalish koeffistienti $k_{T1} = 0{,}954$, yakor chulg'ami toki $I = 18\,A$. Uch fazali yakor chulg'ami MYuKning asosiy garmonikasi amplitudasi aniqlansin.

4.3.2. Ikki qutbli turbogeneratorning quvvati $S_n = 31250\,kVA$. Faza kuchlanishi $U_{n.f} = 6060\,V$ bo'lib, yakor chulg'ami fazasidagi o'ramlar soni $\omega_1 = 16$, qisqartish koeffistienti $k_k = 0{,}966$, tarqalish koeffistienti $k_{TK} = 0{,}956$. Yakor chulg'ami MYuK ning asosiy garmonikasi amplitudasi topilsin.

4.3.3. Ayon qutbli sinxron mashinaning quyidagi parametrlari berilgan: maydon shakli koeffistientlari: bo'ylama o'k bo'yicha $k_d = 0,9$ ko'ndalang o'q bo'yicha $k_q = 0,58$, bo'ylama o'q bo'yicha yakor magnit maydoni indukstiyasi $B_{adm} = 0,51\ Tl$, ko'ndalang o'q bo'yicha yakor magnit maydoni indukstiyasi $B_{aqm} = 0,38\ Tl$. Yakor MYuK ning bo'ylama va ko'ndalang tashkil etuvchilari hosil qilgan indukstiyaning asosiy garmonikalari topilsin.

4.3.4. Gidrogenerator yakor chulg'amidagi magnit oqimining bo'ylama va ko'ndalang o'qlar bo'yicha tashkil etuvchilari $F_{adm} = 0,265\ Vb$ va $F_{aqm} = 0,05\ Vb$. Juft qutblar soni $2r = 24$, fazadagi o'ramlar soni $\omega_1 = 130$, chulg'am koeffistienti $k_{ch1} = 0,94$, generatorning aylanish chastotasi $n = 125\ ayl/min$. Magnit oqimi F_{adm} va F_{aqm} lar hosil qilgan EYuK lar topilsin.

4.3.5. Nominal yuklamada turbogeneratorning faza kuchlanishi $U_{n.f} = 230\ V$, nominal toki $I_n = 1800\ A$, $cos\varphi_n = 0,8$. Yakor chulg'ami fazasining aktiv qarshiligi $R = 0,00162\ \Omega$, to'la induktiv qarshiligi $x_1 = 0,211\ \Omega$ bo'lsa, qo'zg'atish EYuKni toping.

4.3.6. Turbogenerator qo'zg'atilgan bo'lib, yuklamada tok $I = 2150\ A$, $cos\varphi = 0,8$. $U_{n.1} = 0,4\ kV$. Yakor chulg'amining aktiv va asosiy (bosh) induktiv qarshiligi: $R = 0,0015\ \Omega$, $x_\alpha = 0,17\ \Omega$, induktiv sochilma qarshiligi $x_\delta = 0,015\ \Omega$. Qo'zg'atish EYuK ni aniqlang.

4.3.7. Gidrogeneratorning to'la quvvati $S_n = 26\ MV \cdot A$, $cos\varphi_{nom} = 0,8$. Mexanik isrof $\Delta P_{mex} = 88\ kW$, yakor chulg'amidagi eletr isrofi $\Delta P_{Э1} = 185 kW$, magnit isroflar $\Delta P_m + \Delta P_{mk} = 138,5 kW$, qo'zg'atgichni harakatga keltirishga sarflanayotgan quvvat $P_f / \eta_f = 167 kW$. Generatorning to'la quvvati va F.I.K. topilsin.

4.3.8. Uch fazali sinxron generatordan yuklama $P_{nom} = 26 MW$ quvvatni olmoqda, generatorning elektromagnit quvvati $P_{эм} = 26,2 MW$, stator po'lat o'zagidagi magnit isrof $\Delta P_m = 150 kW$, faza toki $I = 1790\ A$.

Yakor chulg'amining aktiv qarshiligi topilsin.

4.3.9. Turbogeneratorning yuklamasi kamaygan vaqtdagi nominal qo'zg'atish toki $I_f = 1,5 A$. Generator nominal salt ishlash tavsifiga ega. Kuchlanishning o'zgarishi aniqlansin.

4.3.10. Ayon qutbli sinxron generatori nominal salt ishlash tavsifiga ega bo'lib, nominal faza kuchlanishi $U_{n.f} = 6060\ V$, faza toki $I = 2750\ A$, yakor chulg'amining bo'ylama o'qi bo'yicha induktiv qarshiligi $x_d = 2,5\ \Omega$. Salt ishlash rejimida (nominal kuchlanish) MYuK ga mos keluvchi qisqa tutashuv toki va qisqa tutashuv nisbati (QTN) aniqlansin.

Javoblar

I BOB

1.6.3. 800 va 200. **1.6.8.** $Y/Y-12$ da $U_{lin2}=400V$ va $Y/\Delta-11$ da $U_{lin2}=230V$

II BOB

2.3.3. $0,8\Omega$; **2.3.5.** 11,5 A – 191,5 A; **2.3.6.** Dastlabki tenglamalar sistemasi $E=C_E\cdot n\cdot\Phi$ va $E+120=C_E\cdot 1,5\cdot n\cdot\Phi$, bunda $E_1=120V$; $E_2=240V$.

III BOB

3.3.1. 0; 1000 ayl/min; 1500 ayl/min; 2000 ayl/min.
3.3.2. k_{r1}= 0,902; F= $0,482\cdot10^{-2}$ Vb
3.3.3. I_μ= 1,8 A (21,4%)
3.3.4. ω_2= 308 rad/s; ω_2= 295 rad/s
3.3.5. 2 marta kamayadi.

IV BOB

4.3.1. $F_{am}=1155\ A$ **4.3.2.** $F_{am}=34281\ A$ **4.3.3.** $B_{adlm}=0.459\ Tl$; $B_{aqlm}=0,22\ Tl$ **4.3.4.** $E_{ad}=7189\ V$; $E_{aq}=1356,4\ V$ **4.3.5.** $E_f=550,5\ V$ **4.3.6.** $E_f=622,3\ V$ **4.3.7.** $\Sigma\Delta P=578,5kW$; $\eta=0,973$ **4.3.8.** $R=0,0052\Omega$ **4.3.9.** $\Delta U=0,2$ **4.3.10.** $QTN=0,934$; $I_{k.o}=2569\ A$.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.

1. Salimov J.S, Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. Darslik. -T.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. - 408 b.
2. Салимов Ж.С, Пирматов Н.Б. «Трансформаторлар ва автотрансформаторлар». Ўқув қўлланма. -Т.: Вектор – Пресс. 2010.
3. Пирматов Н.Б., Юлдашева О.Э. "Электромеханика"("Электр машиналари") фанидан масалалар тўплами. Ўқув қўлланма. Тошкент. 2004. 76 бет.
4. М.М.Кацман. Сборник задач по электрическим машинам. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. стр 154.
5. Pirmatov N.B. Transformatorlarni ishlab chiqarish texnologiyasi.-T.: "Cho'lpon", 2006. 56 s.
6. Тихомиров П.М. «Расчет трансформаторов», -М.: Энергоиздат, 1986, 526 с.
7. Дьяков В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию -М.: Высш. шк., 1985. - 143 с.
8. Salimov J.S, Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. - T.: "O'qituvchi" NMIU, 2005. 240 b.
9. N.Jabborov, M.Yakubov Elektrotexnika va elektronika asoslaridan masalalar to'plami. -T.: "Uzinkomsentr", 2004. 160 b.
10. Сапожников А.В. Конструированит трансформаторов. -М.-Л.: Госэнергоиздат, 1956. 360 с.
11. Каримов А.С., Мирҳайдаров М.М. Электротехника масалалар тўплами ва лаборатория ишлари. - Т.: "Ўқитувчи", 1989. 244 б.
12. А.А.Федорова, Г.В.Сербиновского. Справочник по электроснабжению промиъшленниъх предприятий. В 2-х кн. -М.: "Энергия", 1973. 528 с.
13. Березкина Т.Ф., Гусев Н.Г., Масленников В.В. Задачник по общей электротехнике с основами электроники. –М.: Высш., школа, 1983.-368 с.

MUNDARIJA