

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI

«GIDROELEKTR STANSIYALARNING ELEKTR
QISMLARI»

fanidan amaliy mashg‘ulot ishlarini bajarishga oid

USLUBIY QO‘LLANMA

Toshkent - 2024

UDK 621.302.

Ushbu uslubiy qo‘llanma universitet Ilmiy uslubiy kengashining 2024 yil “29” iyunda bo‘lib o‘tgan № 5- sonli majlisida ko‘rib chiqilib chop etishga tavsiya qilingan.

Tuzuvchilar: **Sh. Toshev** - dotsent, PhD
R. Qobilov – assistent
Sh. Jumanazarov - assistent.

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Elektr ta‘minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari” kafedrasida.

Ushbu uslubiy qo‘llanmada 60711000 – “Muqobil energiya manbalari” va 60710600 – “Elektr energetikasi” yo‘nalishlari bo‘yicha ta‘lim oluvchi talabalariga «Gidroelektr stansiyalarning elektr qismlari» fanidan amaliy mashg‘ulot ishlarini bajarishga doir ko‘rsatmalar va asosiy tushunchalar hamda variantlar keltirilgan. Amaliy mashg‘ulot ishlarining hajmi va tarkibi ushbu fan dasturiga muvofiq keladi.

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga muvofiq chop etildi.

Taqrizchilar:

D.Rismuxaedov – TDTU Olmaliq filiali
“Elektr texniklasi va elektr mexanikasi”
kafedrasida professori

O.Matchanov – “TIQXMMI” MTU “Elektr
texnologiya va elektr uskunalari ekspluatatsiyasi”
kafedrasida dotsenti.

© “TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY TADQIQOT
UNIVERSITETI (“TIQXMMI” MTU) 2024

KIRISH

«GESlarning elektr qismlari» fanidan amaliy mashgʻulotlarda talabalar energiyani **elektromagnit oʻzgartgich** va **elektro-mexanik oʻzgartgichlarning** ish rejimlari, parametrlari va ekspluatatsiya xarakteristikalariga oid maʼlumotlarga ega boʻlishadi. Bu jarayonda talabalar **elektr va magnit hodisalari**, ularning oʻzaro bogʻliqligi va miqdoriy nisbatlarini hamda **elektromexanik va issiqlik jarayonlarni chuqur oʻzlashtirishi**, mazkur oʻzgartgichlarning xarakteristikalarini hisoblash va ularning parametrlarini aniqlash uchun **zaruriy matematik metodlarga oid bilimlarga ega boʻlishi zarur** boʻladi.

1 – topshiriq. Bir fazali ikki chulgʻamli kuch transformatorlari boʻyicha mustaqil ishlash uchun topshiriqlar

1.1-masala. Bir fazali kuchlanishni pasaytiruvchi transformatorning birlamchi va ikkilamchi nominal kuchlanishlari tegishli $U_{1N} = 110$ kV, $U_{2N} = 6.3$ kV, birlamchi chulgʻamning nominal toki $I_{1N} = 95,5$ A. Transformatorning nominal quvvati S_N va ikkilamchi nominal toki I_{2N} aniqlansin.

Ye ch i sh. Transformatorning nominal quvvati

$$S_N = U_{1N} I_{1N} = 110 \cdot 95,5 = 10\,500 \text{ kV}\cdot\text{A}.$$

Ikkilamchi nominal toki

$$I_{2N} = S_N / U_{2N} = 10\,500 / 6,3 = 1666 \text{ A}.$$

1.2-masala. Nominal quvvati $S_N = 100$ kV·A va $f = 50$ Hz chastotada nominal kuchlanishlari $U_{1N} = 6000$ V va $U_{2N} = 400$ V boʻlgan kuchlanishni pasaytiruvchi bir fazali transformator chulgʻamlarining bir oʻramiga ($w=1$) toʻgʻri keladigan kuchlanishning taʼsir etuvchi (effektiv) qiymati, $U_w = 5$ V.

Quyidagilarni aniqlash talab qilinadi: 1) Transformator chulgʻamlarining w_1 va w_2 oʻramlar sonini; 2) agar chulgʻamlar simlaridagi tok zichligi $J = 4,0$ A/mm² boʻlsa, tegishli birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlar oʻrov simlarining koʻndalang kesim yuzalari (q_1) va (q_2) larni aniqlang.

Yechish. Birlamchi (U_{1N}) va ikkilamchi (U_{2N}) nominal kuchlanish qiymatlari bo'yicha chulg'amlardagi o'ramlar sonini aniqlaymiz:

$$w_1 = U_{1N} / U_W = 6000 / 5 = 1200;$$

$$w_2 = U_{2N} / U_W = 400 / 5 = 80.$$

Chulg'amlarning nominal toklari:

$$I_{1N} = S_N / U_{1N} = 100 \cdot 10^3 / 6000 = 16,7 \text{ A};$$

$$I_{2N} = S_N / U_{2N} = 100 \cdot 10^3 / 400 = 250 \text{ A}.$$

O'ram simlarining ko'ndalang kesim yuzalari:

$$q_1 = I_{1N} / J = 16,7 / 4 = 4,175 \text{ mm}^2;$$

$$q_2 = I_{2N} / J = 250 / 4 = 62,5 \text{ mm}^2.$$

1.3-masala. Bir fazali transformator po'lat o'zagi magnet oqimining maksimal qiymati $\Phi_{\max} = 0,002 \text{ Wb}$. Salt ishlashda o'lchangan ikkilamchi chulg'amining kuchlanishi $U_2 = 127 \text{ V}$. Birlamchi chulg'am o'ramlari soni $w_1 = 495$. Elektr tarmog'i chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. Transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti va ta'minlovchi elektr tarmog'ining kuchlanishi topilsin.

Yechish. Salt ishlashda EYK

$$E_2 = U_2 = 127 \text{ V}.$$

Ikkilamchi chulg'am o'ramlari soni

$$w_2 = E_2 / (4,44f\Phi_{\max}) = 127 / (4,44 \cdot 50 \cdot 0,002) = 286.$$

Transformatsiyalash koeffitsiyenti

$$k = w_1 / w_2 = 1,76.$$

Birlamchi chulg'am EYK

$$E_1 = k \cdot E_2 = 1,73 \cdot 127 = 220 \text{ V}.$$

Salt ishlashda ta'minlovchi elektr tarmog'ining kuchlanishi transformatorning birlamchi chulg'am EYK dan kam farq qiladi va shuning uchun $U_1 \approx E_1 = 220 \text{ V}$.

1.4-masala. Bir fazali pasaytiruvchi transformatorning salt ishlashida birlamchi kuchlanish $U_1 = 6 \text{ kV}$, ikkilamchi chulg'amda o'lchangan kuchlanish U_2

= 400 V. Nominal yuklamada transformator elektr tarmog'idan $S_1 = 25 \text{ kV}\cdot\text{A}$ to'la quvvatni oladi. Transformatorning ikkilamchi chulg'amidan o'tadigan yuklama toki I_2 ni aniqlang (transformatoridagi isroflar hisobga olinmasin).

Y e c h i s h. Transformatsiyalash koeffitsiyenti $k = U_1/U_2 = 6000/400 = 15$.

Birlamchi chulg'am toki

$$I_1 = S_1 / U_1 = 25\,000 / 6000 = 4,167 \text{ A.}$$

Ikkilamchi chulg'am toki

$$I_2 = k \cdot I_1 = 15 \cdot 4,166 = 62,49 \text{ A.}$$

Tekshirish: ikkilamchi zanjirning to'la quvvati: $S_2 = U_2 I_2 = 400 \cdot 62,49 = 24,99 \text{ kV}\cdot\text{A}$.

2-topshiriq. Uch fazali transformator chulg'amlarining ulanish guruhlarini aniqlash bo'yicha topshiriqlar

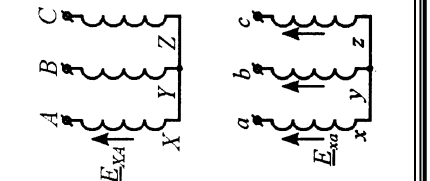
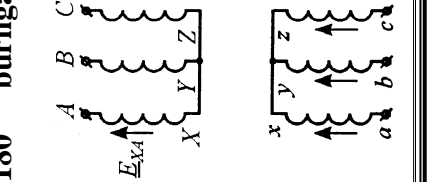
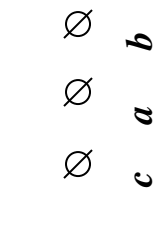
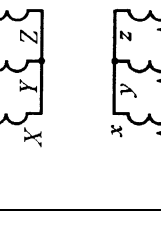
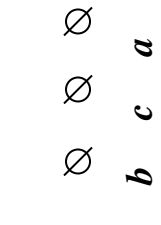
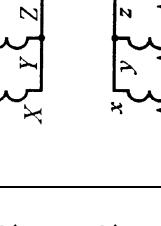
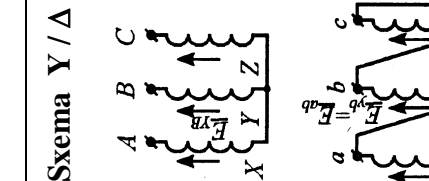
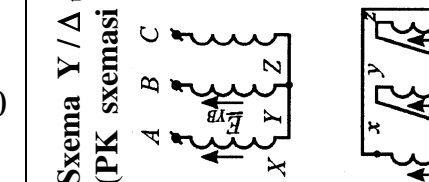
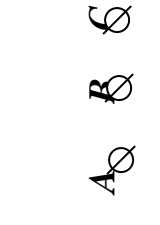
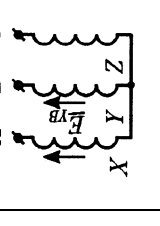
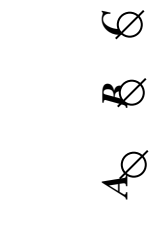
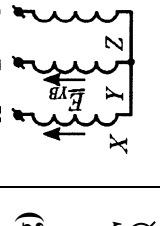
Amaliyot uchun muhim xulosa. Transformatorlarning ulanish guruhi faqatgina PK chulg'amning YK chulg'amga nisbatan o'ralish yo'nalishiga, PK fazaviy chulg'amlarining uchlari qanday belgilanishiga hamda ularning ulanish sxemalariga bog'liq bo'lib qolmasdan, YK va PK fazaviy chulg'amlarni qanday ketma-ketlikda ulab « Δ » sxemasini hosil qilishga ham bog'liq bo'ladi.

2.1-masala. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorning ulanish guruhi ma'lum bo'lgan holda (masalan, 4-guruh) chulg'amlarining ulanish sxemasini aniqlashga oid 2.1-rasmda transformatorning yuqori kuchlanishi tomonidan fazaviy chulg'amlarining boshi va oxirlari belgilangan va «yulduz (Y)» ulangan, ikkilamchi chulg'ami esa belgilanmagan bo'lsin. Transformatorning ikkilamchi chulg'amining belgilanishi va ulanish sxemasini aniqlash talab etiladi.

Y e c h i s h. Izlanayotgan ulanish sxema quyidagicha aniqlanadi.

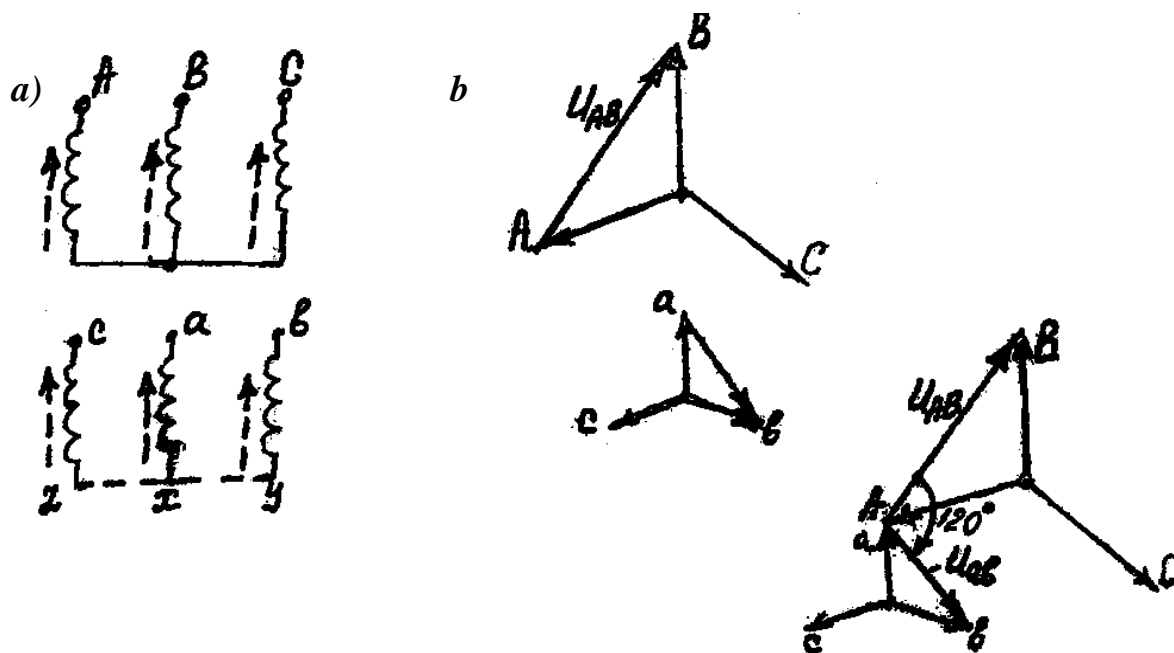
Birlamchi \underline{U}_{AB} va ikkilamchi liniyaviy kuchlanish \underline{u}_{ab} vektorlari 120° ($4 \times$

2.1-j a d v a l. Transformator chulg'amlarining ulanish guruhini aniqlashga oid nazorat topshiriqlar uchun variantlar

Variant №	Y/Y sxemaga ulangan chulg'am uchlarining belgilanishi	Variant №	Y/ Δ sxemaga ulangan chulg'am uchlarining belgilanishi
№ 1	Sxema Y/Y 	№ 7	Sxema Y/ Δ 
№ 2	Sxema Y/Y (№1 ga qarang) 	№ 8	Sxema Y/ Δ (№7 ga qarang) 
№ 3	Sxema Y/Y (№1 ga qarang) 	№ 9	Sxema Y/ Δ (№7 ga qarang) 
№ 4	Sxema Y/Y _t (PK sxemasi 180° burilgan) 	№ 10	Sxema Y/ Δ _t (PK sxemasi) 
№ 5	Sxema Y/Y _t (№4 ga qarang) 	№ 11	Sxema Y/ Δ _t (PK sxemasi) 180° berilgan №10 ga qarang) 
№ 6	Sxema Y/Y _t (№4 ga qarang) 	№ 12	Sxema Y/ Δ _t (PK sxemasi) 180° burilgan №10 ga qarang) 

$\times 30^\circ = 120^\circ$) ga siljigani vektor diagrammalardan ma'lum, chunki berilgan masalada transformatorning ulanish guruhi 4 edi. So'ngra 2.1-rasmdagi birlamchi fazaviy

chulgʻamlarning boshlarini va oxirlarini belgilab, ularning oxirlarini birlashtiramiz va chulgʻamdagi EYK lar yoʻnalishini chulgʻam oxiridan

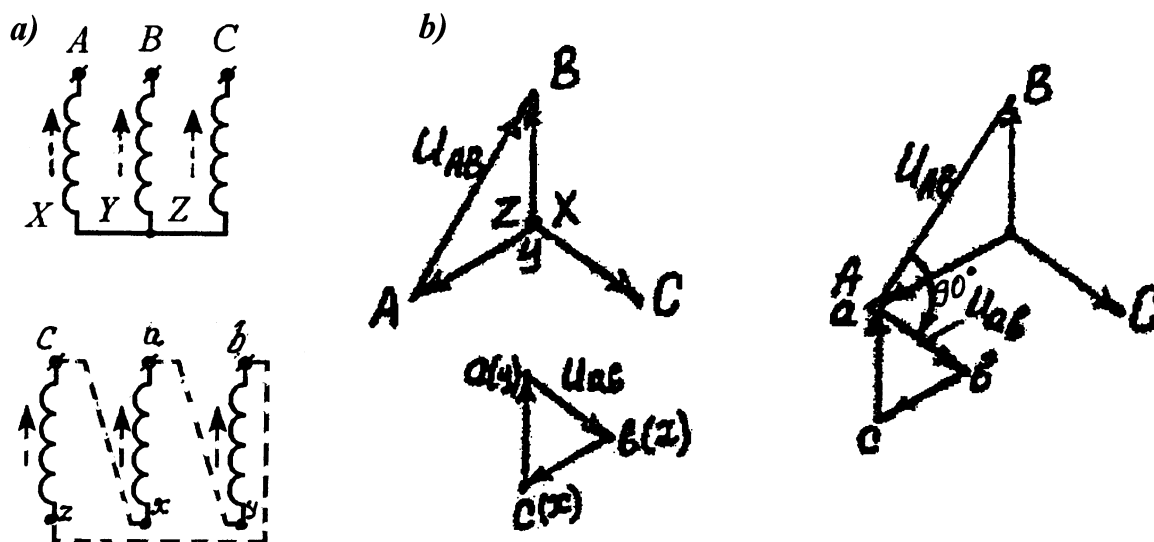


2.1-rasm. Uch fazali ikki chulgʻamli transformatorning ulanish guruhi maʼlum boʻlgan holda (**masalan, 4-guruh**) chulgʻamlarining ulanish sxemasini aniqlashga oid sxema (a) va vektor diagrammalar (b)

uning boshiga yoʻnaltiramiz (shunday qabul qilamiz) (2.1,a-rasmda punktir chiziqli vektorlar). Birlamchi chulgʻam «yulduz (Y)» usulida (masalan, bizning masalamizda) ulanganda, juft raqamli guruhni olish uchun ikkilamchi chulgʻami ham «yulduz (Y)» usulida ulanadi (2.2-rasm), agar birlamchi chulgʻam «uchburchak (Δ)» usulida ulanganda edi (masalan, «AY» ketma-ketlikdagi sxema boʻyicha), 2-chulgʻami ham xuddi shunday ketma-ketlikda «uchburchak» usulida ulanardi. Soʻngra birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlar uchun vektor diagrammalarini (2.2,b-rasm) qurib, ikkilamchi chulgʻamning liniyaviy kuchlanish vektori u_{ab} ni raqamlari doira shaklda tasvirlangan soat mili (strelkasi)ning harakati yoʻnalishida \underline{U}_{AB} vektoriga nisbatan $30^\circ \times 4 = 120^\circ$ burchak ostida joylashtiramiz (bunda vektorlarning «a» va «A» nuqtalari ustma-ust tushishi kerak).

2.2-masala. Uch fazali ikki chulgʻamli kuchlanishni pasaytiruvchi transformatorning fazaviy chulgʻamlari koʻrsatilgan hamda chulgʻamlarning bosh va

oxirgi uchlari faqat yuqori kuchlanish tomonidan belgilanib, ikkilamchi chulg'am belgilanmagan bo'lganda (2.2-rasm), 3-guruhga mansub bo'lgan



2.2-rasm. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorning ulanish guruhi ma'lum bo'lgan holda (**masalan, 3-guruh**) chulg'amlarining ulanish sxemasini aniqlashga oid sxema (a) va vektor diagrammalar (b)

transformatorning past kuchlanish tomonidagi fazaviy chulg'amlarining belgilanishlarini va ulanish sxemasini topish talab etiladi.

Y e c h i s h. Izlanayotgan ulanish sxema quyidagicha aniqlanadi.

Masalan, \underline{U}_{AB} va \underline{u}_{ab} liniyaviy kuchlanish vektorlari o'zaro 90° ga siljigan ekanligini, guruh birligi 30° ni masalada berilgan ulanish guruhi 3 ga ko'paytirib aniqlaymiz ($30^\circ \times 3 = 90^\circ$). Birlamchi chulg'am «yulduz Y» usulida ulangani uchun, toq guruhni hosil qilishda ikkilamchi chulg'am «uchburchak» usulida ulanishi zarur bo'ladi (2.2-rasm).

Transformator chulg'amli ulanish guruhlariga oid amaliyot uchun muhim bo'lgan xulosalar

1) Bir fazali transformatorida faqat «0» va 6-guruhlarini olish mumkin. Bir fazali ikki chulg'amli transformatorlar standart bo'yicha faqat « I / I -0» ulanish guruhiga moslab tayyorlanadi;

2) Chulg'am fazalarining bak qopqog'idagi standart bo'yicha belgilanish ketma-ketligi («A-B-C» va «a-b-c») o'zgartirilmaganda Y/Y-0 sxemasi «0» yoki 6-juft guruhlarni beradi;

3) Moyli transformator chulg'amlarining bak ichida ulangan Y/Y-0 sxemasini o'zgartirmagan holda PK fazaviy chulg'amlarning uchlarini chapdan o'ngga («a-b-c»; «c-a-b»; «b-c-a») siljitib belgilash natijasida «0»-guruhdan 4 va 8-guruhlarni hosil qilish mumkin. (I z o h : Har bitta siljitib belgilashda bir xil nomlangan EYK $120^\circ = 4 \times 30^\circ$ burchakka buriladi, demak, guruhning nomeri ham to'rttaga o'zgaradi);

4) Y/Y-6 ulanish sxemasiga o'tish uchun transformator baki ichidagi nol hosil qilingan simni fazaviy chulg'amlarning boshiga ko'chirish zarur bo'ladi (bu holda PK chulg'amning barcha EYK lari YK chulg'am EYK lariga nisbatan teskari, ya'ni 180° yo'naladi).

5) Y/Y-6 ulanish sxemasida chapdan o'ngga siljitib belgilash natijasida 6-guruhdan 10 va 2-guruhlarni hosil qilish mumkin.

6) Y/ Δ yoki Δ /Y sxemalarida transformator bakining qopqog'iga chiqarilgan uchta fazaviy chulg'am qisqichlarining standart bo'yicha (A-B-C va a-b-c) joylashtirilishi uchun 1, 5, 7 va 11-toq guruhlarni olish mumkin. 3 va 9-toq guruhlarni hosil qilish uchun esa fazalar belgilanishini (masalan, PK chulg'am tomonidan) o'zgartirish zarur bo'ladi.

7) Transformatorlarning ulanish guruhi faqatgina PK chulg'amning YK chulg'amga nisbatan o'ralish yo'nalishiga, PK fazaviy chulg'amlarning uchlari qanday belgilanishiga hamda ularning ulanish sxemalariga bog'liq bo'lib qolmasdan, YK va PK fazaviy chulg'amlarni qanday ketma-ketlikda ulab "uch-burchak" sxemasini hosil qilishga ham bog'liq bo'ladi.

8) Δ / Δ sxemalari 0, 2, 4, 6, 8 va 10-juft guruhlarni beradi;

9) Y / Z sxemalarida chulg'am qisqichlari yuqorida ko'rsatilgandek (A-B-C va a-b-c) ketma-ketlikda joylashtirilganda 1, 5, 7 va 11-guruhlarni olish mumkin;

10) YK yoki PK chulgʻamlarning tegishlicha X, Y, Z yoki x, y, z oxirlarini ularning boshlari sifatida foydalanish, yaʼni bir xil kuchlanishli fazaviy chulgʻam boshi va oxirlarini almashtirib belgilashda faqat «yulduz» sxemasi uchungina guruhni olti (± 6) taga oʻzgartiradi.

11) «Uchburchak (Δ)» sxemasi uchun har bitta fazaviy chulgʻam boshi va oxirlarini oʻzaro almashtirib belgilashda chulgʻamning oʻralish yoʻnalishi bilan bir vaqtda fazalararo ulanish ketma-ketligi ham oʻzgarganligi tufayli guruhni (± 4) ga oʻzgartiradi;

3-topshiriq. Uch fazali moyli kuch transformatorlariga oid topshiriqlar

3.1-masala. Quvvati $S_N=100$ kV·A boʻlgan uch fazali transformator chulgʻamlari Y/ Δ sxema boʻyicha ulangan. Bunda transformatorning kirishida va chiqishidagi nominal liniyaviy kuchlanishlar tegishlicha quyidagilarga teng: $U_{1N} = 3,0$ kV, $U_{2N} = 0,4$ kV.

Transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti hamda birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlari fazaviy toklarining nominal qiymatlari aniqlansin.

Ye ch i sh. Birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlarining fazaviy kuchlanishlari

$$U_{1f} = U_{1N} / \sqrt{3} = 3,0 / \sqrt{3} = 1,732 \text{ kV},$$

$$U_{2f} = U_{2n} = 0,4 \text{ kV}.$$

Transformatorlarda chulgʻamlar oʻramlari sonlarining nisbati

$$w_1 / w_2 = U_{1f} / U_{2f} = 1,732 / 0,4 = 4,32.$$

«Yulduz (Y)» sxemasi boʻyicha ulangan birlamchi chulgʻamning nominal fazaviy toki

$$I_{1f} = I_{1N} = S_N / (\sqrt{3} U_{1N}) = 100 / (\sqrt{3} \cdot 3,0) = 19,3 \text{ A}.$$

«Uchburchak Δ » sxemasi boʻyicha ulangan ikkilamchi chulgʻamning nominal fazaviy toki

$$I_{2f} = I_{2N} / \sqrt{3} = S_N / (3U_{2N}) = 100 / (3 \cdot 0,4) = 83,3 \text{ A}.$$

Shunday qilib, fazaviy toklarning nisbati $I_{2f}/ I_{1f} = 83,3/ 19,3 = 4,32$ transformator chulgʻamlarida oʻramlari sonlarining nisbatiga teng.

3.2-masala. Uch fazali moyli transformatorning texnik qiymatlari 3.1- jadvalda

3.1-j a d v a l. Uch fazali moyli kuch transformatorlari boʻyicha amaliy mashgʻulotlarga oid nazorat topshiriqlar uchun variantlar roʻyxati (1999 y. qayta koʻrib chiqilgan GOST 11677–85* – Davlatlararo standart asosida tuzilgan)

<i>V a r i a n t l a r</i>	Transformatorning tipi	Nominal quvvati S_N , kW	Yuqori (U_{1N}) va past (U_{2N}) kuchlanishli chulgʻamlarining nominal kuchlanishlari		Chulgʻamlarining <i>ulanish sxemas i va guruhi</i>	Salt ishlash quvvati P_{0N} , kW	Qisqa tuta-shuv quvvati P_{qN} , kW	Qisqa tuta-shuv kuchlanish $i u_q$, %	Salt ishlash toki i_0 , %
			U_{1N} , kV	U_{2N} , kV					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	TM-25/10	63	10	0,4	Y/ Y-0	0,13	0,60	4,5	3,2
2	TM-40/10	40	10	0,4	Y/ Y-0	0,175	0,88	4,5	3,0
3	TM-63/6	63	6	0,4	Y/ Y _N -0	0,24	1,28	4,5	2,8
4	TM 63/6	63	6	0,4	Y/ Y _N -0	0,24	1,28	4,5	2,8
5	TM-63/10	63	10	0,4	Y/ Y _N -0	0,24	1,28	4,5	2,8
6	TM-100/6	100	6	0,4	Y/Y _N -0	0,32	1,97	4,5	2,6
7	TM-100/10	100	10	0,4	Y/Y _N -0	0,32	1,97	4,5	2,6
8	TM-160/6	160	6	0,4	Y/Y _N -0	0,51	2,65	4,5	2,4
9	TM-160/10	160	10	0,4	Y/Y _N -0	0,51	2,65	4,5	2,4
10	TM-160/35	160	35	0,4	Y/Y _N -0	0,62	2,65	6,5	2,4
11	TM-250/10	250	10	0,4	Y/Y _N -0	0,74	3,7	4,5	2,3
12	TM-250/35	250	35	0,4	Y/Y _N -0	0,9	3,7	6,5	2,3
13	TM-400/6	400	6	0,4	Y/Y _N -0	0,9	4,8	4,2	2,1
14	TM-	400	10	0,4	Y/Y _N -0	0,9	4,8	4,2	2,1

	400/10								
15	TM-400/35	400	35	0,4	Y/Y _N -0	1,2	5,5	6,5	2,1
16	TM-400/35	400	35	0,69	Δ/Y _N -11	1,2	5,9	6,5	2,1
17	TM-630/6	630	6	0,4	Y/Y _N -0	1,29	7,2	4,8	2,0
18	TM-630/35	630	35	0,4	Y/Y _N -0	1,6	7,6	6,5	2,0
19	TM-1000/35	1000	35	3,15	Y/Δ-11	2,0	12,2	6,5	1,4
20	TM-1000/35	1000	35	6,3	Y/Δ-11	2,0	12,2	6,5	1,4
21	TM-1600/35	1600	35	0,4	Y/Y _N -0	2,75	18,0	6,5	1,3
22	TM-1600/35	1600	35	3,15	Y/Δ-11	2,75	16,5	6,5	1,3
23	TM-1600/35	1600	35	6,3	Y/Δ-11	2,75	16,5	6,5	1,3
24	TM-1600/35	1600	35	10,5	Y/Δ-11	2,75	16,5	6,5	1,3
25	TM-630/10	630	10	0,4	Y/Y_N-0	1,29	7,2	4,8	2,0
<i>I z o h : Variant № 25 3.6-masalada n a m u n a u c h u n e c h i b k o ' r s a t i l g a n</i>									

berilgan: nominal quvvat $S_N = 630 \text{ kV} \cdot \text{A}$, birlamchi $U_{1N} = 10 \text{ kV}$ va ikkilamchi $U_{2N} = 0,4 \text{ kV}$ chulg'am nominal kuchlanishlari, salt ishlash quvvati $P_{0N} = 1290 \text{ W}$, qisqa tutashuv quvvati $P_{q,N} = 7200 \text{ W}$, qisqa tutashuv kuchlanish $u_q = 4,8 \%$, salt ishlash toki $i_0 = 2,0 \%$. Zarur parametrlarini aniqlab, qisqa tutashuv uchburchagini qurish kerak (chulg'amlarining ulanish sxemasi Y/Y ayrimlari esa Y/Y_N; parametrlari ishchi temperatura (75°)ga keltirilgan).

TM-630/10 tipidagi transformatorga oid masalani y e c h i s h :

1. Qisqa tutashuv kuchlanishi

$$U_{1q} = (u_q(\%)/100) \cdot U_{1N} \cdot 10^3 = (4,8/100) \cdot 10 \cdot 10^3 = 480 \text{ V.}$$

2. Qisqa tutashuv toki

$$I_{1q} = I_{1N} = S_N / (\sqrt{3} U_{1N}) = 630 \cdot 10^3 / (1,73 \cdot 10 \cdot 10^3) = 36,4 \text{ A.}$$

3. Qisqa tutashuv rejimida transformatorning quvvat koeffitsiyenti

$$\cos\varphi_q = P_{qN} / (\sqrt{3} U_{1q} \cdot I_{1q}) = 7200 / (1,73 \cdot 480 \cdot 36,4) = 0,24,$$

qisqa tutashuvda kuchlanish \underline{U}_q va tok \underline{I}_{1q} vektorlari orasidagi burchak $\varphi_q = 76^\circ$, $\sin\varphi_q = 0,97$.

4. Qisqa tutashuvda transformatorning to'la qarshiligi

$$Z_q = U_{1q} / (\sqrt{3} I_{1q}) = 480 / (1,73 \cdot 36,4) = 7,6 \ \Omega.$$

5. Qisqa tutashuv qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi

$$r_q = z_q \cos\varphi_q = 8,7 \cdot 0,22 = 1,9 \ \Omega.$$

6. Qisqa tutashuv qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi

$$x_q = z_q \sin\varphi_q = 8,7 \cdot 0,97 = 8,44 \ \Omega.$$

7. Qisqa tutashuv uchburchagining tomonlari (3.10-rasm):

$$U_q = I_{1q} z_q = 36,4 \cdot 8,7 = 317 \ \text{V};$$

$$U_{q,a} = I_{1q} r_q = 36,4 \cdot 1,9 = 69 \ \text{V};$$

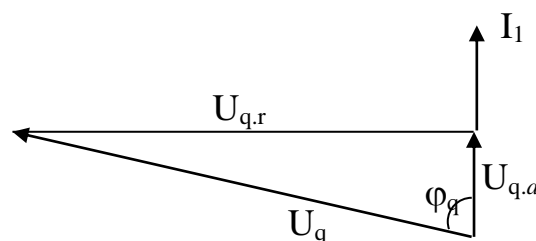
$$U_{q,r} = I_{1q} x_q = 36,4 \cdot 8,44 = 307 \ \text{V}.$$

Kuchlanishning masshtabini tanlaymiz; $m_u = 5 \ \text{V/mm}$, bu yerda vektorlarning uzunligi (qisqa tutashuv uchburchagining tomonlari):

$$U_q = 317 / 5 = 63 \ \text{mm}; \quad U_{q,a} = 69 / 5 = 14 \ \text{mm}; \quad U_{q,r} = 307 / 5 = 61 \ \text{mm}.$$

Qisqa tutashuv toki \underline{I}_{1q} vektorini chizamiz. Qisqa tutashuv kuchlanishi-ning aktiv tashkil etuvchisi ($\underline{U}_{q,a}$), tok vektori \underline{I}_{1q} bo'yicha chiziladi. Qisqa tutashuv kuchlanishining reaktiv tashkil etuvchisi $\underline{U}_{q,r}$, qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv tashkil etuvchisi $\underline{U}_{q,a}$ vektori uchidan tok vektori \underline{I}_{1q} ga perpendikular qilib o'tkaziladi. Bu ikkala (aktiv va reaktiv) tashkil etuvchilarining yig'in-disi qisqa tutashuv kuchlanishi U_q ni beradi. (3.1-rasm) \underline{I}_{1q} toki kuchlanish \underline{U}_q dan $\varphi_q = 77^\circ$ ga orqada bo'ladi.

3.1-rasm. TM-630/10 tipidagi transformatorning qisqa tutashuv uchburchagi



3.3-masala. 3.2-jadvalda uch fazali moyli (ya'ni maxsus transformator moyi bilan sovitiladigan) transformatorlarning quyidagi parametrlari berilgan, ya'ni: nominal quvvati S_N ; birlamchi U_{1N} va ikkilamchi U_{2N} nominal kuchla-nishlari; yuqori kuchlanishli chulg'amning nominal toki I_{1N} ; qisqa tutashuv kuchlanishi u_q va uning aktiv $u_{q,a}$ va reaktiv $u_{q,r}$ tashkil etuvchilari; salt ishlash toki i_0 ; salt ishlash P_0 va qisqa tutashuv P_q quvvatlari; salt ishlash rejimidagi $\cos\varphi_0$ va qisqa tutashuv rejimidagi $\cos\varphi_q$ quvvat koeffitsiyentlari; qisqa tutashuvda to'la qarshiligi Z_q va uning aktiv (r_q) va reaktiv (x_q) tashkil etuvchilari; quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,8$ (*aktiv-induktiv xarakterli*) bo'lgan nominal yuklama birdaniga ajratilganda kuchlanish o'zgarishining nominal qiymati ΔU_N . Chul-g'amlarning ulanishi «yulduz-yulduz (Y/Y)».

Transformatorning 3.2-jadvalda ko'rsatilmagan (ya'ni « \leftrightarrow » belgi) parametrlarining qiymatlarini aniqlang.

3.2-jadvldagi TM-25/10 tipli transformatorga oid masalan yechish.

1. Birlamchi chulg'amning nominal toki

$$I_{1N} = S_N / (\sqrt{3} U_{1N}) = 25 / (1,73 \cdot 10) = 1,445 \text{ A.}$$

2. Salt ishlash toki

$$I_0 = (i_0 / 100) I_{1N} = (3,2 / 100) 1,445 = 0,046 \text{ A.}$$

3.2-jadval

Para- metrlar	Variantlar					
	1	2	3	4	5	6
	TM- 63/10	TM- 100/6	TM- 160/6	TM- 160/10	TM- 400/6	TM- 25/10
1	2	3	4	5	6	7
S_N , kV·A	63	–	–	–	–	25
U_{1N} , kV	10	6	–	10	–	10
u_q , %	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
I_0 , %	2,8	2,6	2,4	2,4	2,1	3,2
P_0 , kW	–	0,33	0,51	0,51	0,95	0,13
P_q , kW	–	1,97	2,65	2,65	5,5	0,6

I_{1N} , A	–	9,6	15,4	9,2	38,5	–
I_0 , A	0,102	0,25	0,37	0,22	0,81	–
U_q , kV	0,45	0,27	0,27	0,45	0,27	–
Z_q , Ω	–	16,3	–	–	4,05	–
$\cos\varphi_q$	–	0,44	0,37	0,37	0,31	–
$\sin\varphi_q$	–	–	–	–	0,95	–
$\cos\varphi_0$	–	0,127	0,132	0,13	0,11	–
$U_{q,a}$, %	–	1,98	–	–	1,4	–
$U_{q,r}$, %	–	4,06	–	–	4,275	–
r_q , Ω	–	–	–	–	1,26	–
x_q , Ω	–	–	–	–	3,85	–
ΔU_N , %	–	–	–	–	3,69	–
I z o h :	<i>Chulg'amlari «yulduz- yulduz (Y/Y)» ulangan</i>					

3. Salt ishlash rejimda quvvat koeffitsiyenti

$$\cos\varphi_0 = P_0 / (\sqrt{3} I_0 U_{1N}) = 0,13 / (1,73 \cdot 0,046 \cdot 10) = 0,166.$$

4. Qisqa tutashuv kuchlanishi

$$U_q = (u_{q(\%)} / 100) U_{1N} = (4,5 / 100) 10 = 0,45 \text{ kV}.$$

5. Qisqa tutashuv rejimida quvvat koeffitsiyenti

$$\cos\varphi_q = P_q / (\sqrt{3} I_{1N} U_q) = 0,6 / (\sqrt{3} \cdot 1,445 \cdot 0,45) = 0,533; \quad \sin\varphi_q = 0,846.$$

6. Qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari

$$u_{q,a} = u_q \cos\varphi_q = 4,5 \cdot 0,533 = 2,4 \text{ %};$$

$$u_{q,r} = u_q \sin\varphi_q = 4,5 \cdot 0,846 = 3,8 \text{ %}.$$

7. Qisqa tutashuv to'la qarshiligi

$$Z_q = U_{qf} / I_{1N} = 0,26 \cdot 10^3 / 1,445 = 179,93 \text{ } \Omega,$$

bu yerda, $U_{qf} = U_q / \sqrt{3} = 0,45 \cdot 10^3 / 1,73 = 0,26 \cdot 10^3 \text{ V}.$

8. Qisqa tutashuv qarshiligining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari

$$r_q = Z_q \cos\varphi_q = 179,93 \cdot 0,533 = 95,9 \text{ } \Omega;$$

$$x_q = Z_q \sin\varphi_q = 179,93 \cdot 0,846 = 152,2 \text{ } \Omega.$$

9. Transformatorning yuklamasi birdaniga ajratilgandagi nominal kuchlanish o'zgarishi

$$\Delta U_N = u_{q,a} \cos\varphi_2 + u_{q,r} \sin\varphi_2 = 2,4 \cdot 0,8 + 3,8 \cdot 0,6 = 4,2 \%$$

3.4-masala. 3.3-jadvalda uch fazali moyli transformatorlarning quyidagi parametrlari berilgan, ya'ni: nominal quvvati S_N ; birlamchi U_{1N} va ikkilamchi U_{2N} nominal kuchlanishlari; qisqa tutashuv kuchlanishi u_q ; salt ishlash toki i_0 ; salt ishlash P_0 va qisqa tutashuv P_q quvvatlari. *Chulg'amlarning ulanishi "yulduz-yulduz (Y/Y)"*.

Transformatorning quyidagi parametrlarini aniqlash talab etiladi:

T-simon almashtirish sxemasining (1.3-rasm) parametrlari (bunda $r_1 = r_2'$ va $x_2 = x_2'$ deb hisoblansin) hamda ikkilamchi chulg'amning haqiqiy qarshiliklari; transformatorning to'la quvvatlari ($0,25 \cdot S_N$; $0,5 \cdot S_N$; $0,75 \cdot S_N$ va $1,0 \cdot S_N$) ga mos keladigan FIK larini yuklama quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,8$ (yuklamaning xarakteri aktiv-induktiv) va $\cos\varphi_2 = 1$ (sof aktiv xarakterli); nominal kuchlanish o'zgarishi ΔU_N .

10-variantni yechish.

1. Qisqa tutashuv kuchlanishi

$$U_{1q} = (u_q / 100) U_{1N} = (4,5 / 100) \cdot 10 \cdot 10^3 = 450 \text{ V.}$$

2. Qisqa tutashuv toki

$$I_{1q} = I_{1N} = S_N / (\sqrt{3} U_{1N}) = 100 \cdot 10^3 / (1,73 \cdot 10,0 \cdot 10^3) = 5,78 \text{ A.}$$

3. Qisqa tutashuv rejimida quvvat koeffitsiyenti

$$\cos\varphi_q = P_q / (\sqrt{3} U_{1q} I_{1q}) = 1970 / (1,73 \cdot 450 \cdot 5,78) = 0,438;$$

$$\varphi_q = 64^\circ; \quad \sin\varphi_q = 0,899.$$

4. Qisqa tutashuv rejimining to'la qarshiligi

$$Z_q = U_{1q} / (\sqrt{3} I_{1q}) = 450 / (\sqrt{3} \cdot 5,78) = 45,0 \text{ } \Omega.$$

5. Qisqa tutashuv qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi

$$r_q = Z_q \cos\varphi_q = 45,0 \cdot 0,438 = 19,71 \text{ } \Omega;$$

6. Qisqa tutashuv qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi

$$x_q = Z_q \sin\varphi_q = 45,0 \cdot 0,899 = 40,46 \text{ } \Omega.$$

7. Transformator T-simon almashtirish sxemasining aktiv va induktiv qarshiliklari

$$r_1 = r_2' = 19,71 / 2 = 9,85 \ \Omega;$$

$$x_1 = x_2' = 40,46 / 2 = 20,23 \ \Omega.$$

3.3-jadval

Parametrlar	Variantlar									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_N, \text{kV}\cdot\text{A}$	25	160	250	400	630	1000	1600	63	40	100
U_1, kV	6	6,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	6,0	6,0	10,0
U_2, kV	0,23	0,23	0,4	0,4	0,4	0,69	0,69	0,23	0,23	0,4
$u_q, \%$	4,5	4,5	5,2	4,2	4,8	6,0	6,0	4,5	4,5	4,5
$i_0, \%$	3,2	2,4	2,3	2,1	1,4	1,4	1,3	2,8	3,0	2,6
P_{0N}, kW	0,13	0,46	0,63	0,9	1,29	1,8	2,35	0,23	0,16	0,33
P_{qN}, kW	0,6	2,65	3,8	4,8	7,5	11,0	15,5	1,2	0,88	1,97

8. Transformator ikkilamchi chulg‘aming haqiqiy (birlamchi chulg‘am o‘ramlar soniga keltirilmagan) qarshiliklari

$$r_2 = r_2' / (U_1 / U_2)^2 = 9,85 / (10000 / 400)^2 = 0,016 \ \Omega;$$

$$x_2 = x_2' / (U_1 / U_2)^2 = 40,46 / (10000 / 400)^2 = 0,065 \ \Omega.$$

9. Salt ishlash toki

$$I_{0N} = (i_0 / 100) I_{1N} = (2,6 / 100) \cdot 5,78 = 0,15 \ \text{A}.$$

10. Salt ishlash rejimda quvvat koeffitsiyenti

$$\cos\varphi_0 = P_{0N} / (\sqrt{3} I_{0N} U_{1N}) = 0,33 \cdot 10^3 / (1,73 \cdot 0,15 \cdot 10000) = 0,111.$$

$$\varphi_0 = 82^\circ 40'; \quad \sin\varphi_0 = 0,992.$$

11. Transformator T-simon almashtirish sxemasi magnitlanish shoxobchasining to‘la qarshiligi

$$Z_m = U_{1N} / (\sqrt{3} I_{1N}) = 10000 / (1,73 \cdot 5,78) = 1000,06 \ \Omega.$$

12. Magnitlanish shoxobchasi qarshiligining aktiv va induktiv tashkil etuvchilari

$$r_m = Z_m \cos\varphi_0 = 1000,06 \cdot 0,127 = 127,0 \ \Omega;$$

$$x_m = Z_m \sin\varphi_0 = 1000,06 \cdot 0,992 = 992,06 \text{ } \Omega.$$

13. FIK ni hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz

$$\eta = K_{yu} S_N \cos\varphi_2 / (K_{yu} S_N \cos\varphi_2 + P_{0N} + K_{yu}^2 P_{qN}).$$

Yuklama koefitsiyentining $K_{yu} = 0,25; 0,50; 0,75$ va $1,0$ qiymatlarining har bittasi uchun FIK ni yuklamaning quvvat koefitsiyenti $\cos\varphi_2 = 1$, undan keyin esa $\cos\varphi_2 = 0,8$ uchun hisoblaymiz.

14. FIK ning maksimal qiymatiga mos keladigan yuklama koefitsiyenti

$$K'_{yu} = \sqrt{P_{0N} / P_{qN}} = \sqrt{0,33 / 1,97} = 0,41.$$

15. FIK ning maksimal qiymatlari:

$\cos\varphi_2 = 1$ uchun

$$\eta_{\max} = K'_{yu} S_N \cos\varphi_2 / (K'_{yu} S_N \cos\varphi_2 + 2P_{0N}) = 0,41 \cdot 100 \cdot 1 / (0,41 \cdot 100 \cdot 1 + 2 \cdot 0,33) = 0,984;$$

$\cos\varphi_2 = 0,8$ uchun

$$\eta_{\max} = 0,41 \cdot 100 \cdot 0,8 / (0,41 \cdot 100 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,33) = 0,980.$$

16. Nominal kuchlanish o'zgarishini quyidagi formula bo'yicha hisob-laymiz

$$\Delta U_N = u_{k.a} \cos\varphi_2 + u_{k.r} \sin\varphi_2,$$

bu yerda

$$u_{q.a} = u_q \cos\varphi_q = 5,5 \cdot 0,36 = 1,98 \text{ } \%;$$

$$u_{q.r} = u_q \sin\varphi_q = 5,5 \cdot 0,93 = 5,1 \text{ } \%.$$

Quvvat koefitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,8$, $\sin\varphi_2 = 0,6$ bo'lganda

$$\Delta U_N = 1,98 \cdot 0,8 + 5,1 \cdot 0,6 = 4,64 \text{ } \%,$$

$\cos\varphi_2 = 1$, $\sin\varphi_2 = 0$ bo'lganda esa

$$\Delta U_N = 1,98 \cdot 1 + 5,1 \cdot 0 = 1,98 \text{ } \%.$$

Hisoblash natijalari 3.4-jadvalda keltirilgan.

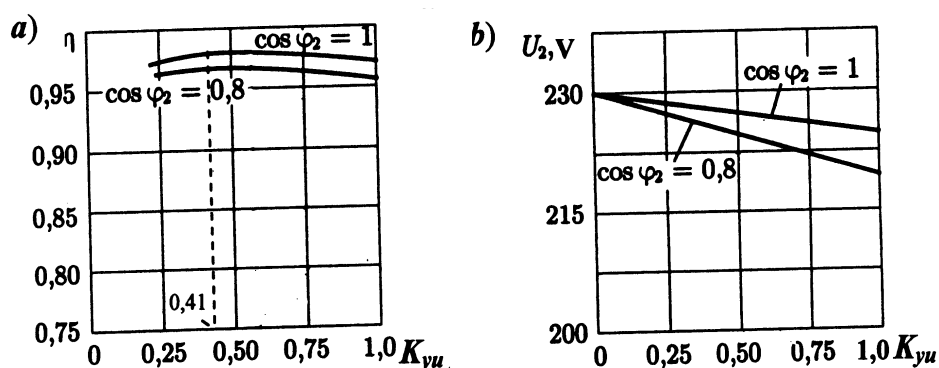
3.2,a-rasmda FIK ning $\eta = f(K_{yu})$ o'zgarish grafigi ko'rsatilgan. Olingan natijalarning tahlili shuni ko'rsatadiki, transformatorning FIK sof aktiv yuklamada, aktiv-induktiv xarakterli yuklamaga nisbatan yuklamaning har qanday qiymati (K_{yu})da yuqorida joylashar ekan.

3.4-jadval

Yuklama koeffitsiyenti K_{yu}	0,25	0,50	0,75	1,0
$FIK \eta [\cos\varphi_2 = 1$ (sof aktivda)]	0,974	0,984	0,983	0,982
$FIK \eta [\cos\varphi_2 = 0,8$ (aktiv-induktivda.)]	0,968	0,982	0,981	0,98

3.2,b-rasmda hisoblanayotgan transformatorning tashqi xarakteristikalari $U_2 = f(K_{yu})$ ko'rsatilgan.

3.2-rasm. Transformator FIK ning $\eta = f(K_{yu})$ (a) va ikkilamchi chulg'am kuchlanishining yuklamaga bog'liq o'zgapushi $U_2 = f(K_{yu})$ (b)



4. Uch fazali quruq kuch transformatorlariga oid mustaqil ishlash uchun topshiriqlar

4.1-masala. TS-25/0,66 tipli [sovitilishi «S» (ruscha «сухой» so'zidan— «quruq»), ya'ni havoning tabiiy aylanishida] uch fazali transformator quyidagi parametrlari bilan xarakterlanadi: past kuchlanishi $U_2=230/400$ V, salt ishlash isroflari $P_0 = 180$ W, qisqa tutashuv isroflari $P_q = 560$ W, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_q = 4,5$ % (birlamchi nominal kuchlanish U_{IN} ga nisbatan), salt ishlash toki $i_0 = 4,8$ % (birlamchi nominal tok I_{IN} ga nisbatan). Yuqori kuchlanishli chulg'am «yulduz (Y)» sxemaga ulangan, past kuchlanishli chulg'amining bosh va oxirgi uchlari klemmlar taxtachasiga chiqarilgan (bu hoda mazkur chulg'amni «yulduz» yoki «uchburchak» sxemaga ulash imkoniyati tug'iladi).

Q u y i d a g i l a r, ya'ni: faza kuchlanishlari transformatsiyalash koeffitsiyenti «k», past kuchlanishli chulg'ami «yulduz (Y)»ga va «uchburchak (Δ)»ka ulanganda liniyaviy kuchlanishlari transformatsiyalash koeffitsiyenti « k_L », nominal yuklamada quvvat koeffitsiyentining ikki qiymati ($\cos\varphi_2 = 1,0$ va $0,8$) dagi foydali ish koeffitsiyenti « η » **aniqlansin**.

Y e c h i s h. Transformatorning to'la quvvati $S_N = 25 \text{ kV}\cdot\text{A}$, birlamchi nominal kuchlanishi $U_{1N} = 0,66 \text{ kV} = 660 \text{ V}$. Uning ikkilamchi chulg'amidagi fazaviy kuchlanishi $U_{f2} = 230 \text{ V}$, liniyaviy kuchlanishi esa $U_2 = 400 \text{ V}$.

Fazaviy kuchlanishlar transformatsiyalash koeffitsiyentini aniqlash uchun transformator kirishidagi faza kuchlanishini topamiz:

$$U_{f1} = U_{1N} / \sqrt{3} = 660 / \sqrt{3} = 380 \text{ V}.$$

Fazaviy kuchlanishlar transformatsiyalash koeffitsiyenti

$$k \approx U_{f1} / U_{f2} \approx 380 / 230 \approx 1,65.$$

Past kuchlanishli fazaviy chulg'amlar «yulduz (Y)»ga ulanganda transformatorning liniyaviy kuchlanishi $U_2 = 400 \text{ V}$, demak, liniyaviy kuchlanishlar transformatsiyalash koeffitsiyenti:

$$k_{L(Y)} \approx U_1 / U_2 \approx 660 / 400 \approx 1,65,$$

ya'ni fazaviy kuchlanishlar transformatsiyalash koeffitsiyentiga teng: $k_L = k$. YK va PK fazaviy chulg'amlarning ulanishi bir xil bo'lganda bu tenglik hamma vaqt bajariladi.

PK fazaviy chulg'amlar «uchburchak (Δ)»ka ulanganda transformatorning liniyaviy kuchlanishi U_2 fazaviy kuchlanishga teng bo'ladi ($U_2 = U_{f2}$), demak, liniyaviy kuchlanishlar transformatsiyalash koeffitsiyenti:

$$k_{L(\Delta)} \approx U_1 / U_{f2} = 660 / 230 = 2,87.$$

4.2-masala. 3.5-jadvalda uch fazali TSZ seriyali quruq, ya'ni havo bilan tabiiy ravishda sovitiladigan («S»), birlamchi chulg'ami zaminlangan («Z») (yerga ulangan), transformatorlarning quyidagi texnik parametrlari keltirilgan.

Bu ma'lumotlardan foydalanib quyidagilarni aniqlash talab qilinadi:

- a) transformatsiyalash koeffitsiyenti « k »;
- b) chulgʻamlarining birlamchi I_{1N} va ikkilamchi I_{2N} nominal toklari;
- c) salt ishlash toki I_{0N} ;
- d) qisqa tutashuv kuchlanishi U_{qN} ;
- e) qisqa tutashuv rejimdagi toʻla qarshiligi Z_q ;
- f) Z_q ning aktiv r_q va induktiv x_q tashkil etuvchilari;
- g) yuklamaning quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_2 = 1; 0,8$ (*aktiv-inaktiv.*) va 3.5-j a d v a l. Uch fazali ikki chulgʻamli quruq kuch transformatorlari boʻyicha amaliy mashgʻulotlarga oid nazorat topshiriqlar uchun variantlar roʻyxati

Variant-lar №	Transformator tipi	$S_N, \text{kV}\cdot\text{A}$	U_{1N}, kV	U_{2N}, kV	P_0, kW	P_{qN}, kW	$u_q, \%$	$i_0, \%$
<i>Quruq kuch transformatorlari [Chulgʻamlarining ulanish sxemasi «yulduz-yulduz (Y/Y)»]</i>								
1	TSZ-160/10	160	10	0,4	0,7	2,7	5,5	4,0
2	TSZ -250/6	250	6	0,23	1,0	3,8	5,5	3,5
3	TSZ -250/10	250	10	0,4	1,0	3,8	5,5	3,5
4	TSZ -400/6	400	6	0,23	1,3	5,4	5,5	3,0
5	TSZ -400/10	400	10	0,4	1,3	5,4	5,5	3,0
6	TSZ -630/6	630	6	0,4	2,0	7,3	5,5	1,5
7	TSZ -630/10	630	10	0,4	2,0	7,3	5,5	1,5
8	TSZ -1000/6	1000	6	0,4	3,0	11,3	5,5	1,5
9	TSZ -1000/10	1000	10	0,4	3,0	11,3	5,5	1,5
10	TSZ -1600/10	1000	10	0,4	4,2	16,0	5,5	1,5
11	TSZ -160/6	160	6	0,23	0,7	2,7	5,5	4,0
I z o h: Variant № 11 3.10- misolda n a m u n a u c h u n y e c h i b k o ' r s a t i l g a n								

$0,8$ (*aktiv-sigʻimiy*) qiymatlarida nominal kuchlanish tushishi ΔU_N ;

h) yuklamaning quvvat koeffitsiyentlari $\cos\varphi_2=1$ va $0,8$ boʻlganida transformatorning nominal va maksimal FIK qiymatlari hisoblansin.

TSZ -160/6 tipli quruq transformatorga oid masalani y e c h i s h.

1. Transformatsiyalash koeffitsiyenti

$$k = U_{1N} / U_{2N} = 6 / 0,23 = 26.$$

2. Birlamchi chulg'amning nominal toki

$$I_{1N} = S_N / (\sqrt{3} U_{1N}) = 160 / (1,73 \cdot 6) = 15,4 \text{ A.}$$

3. Ikkilamchi chulg'amning nominal toki

$$I_{2N} = I_{1N} \cdot k = 15,4 \cdot 26 = 400 \text{ A.}$$

4. Salt ishlash toki

$$I_0 = (i_0 / 100) I_{1N} = (4 / 100) \cdot 15,4 = 0,6 \text{ A.}$$

5. Qisqa tutashuv kuchlanishi

$$U_{1q} = (u_q / 100) U_{1N} = (5,5 / 100) \cdot 6000 = 330 \text{ V.}$$

6. Qisqa tutashuv rejimining to'la qarshiligi

$$Z_q = U_{1q} / (\sqrt{3} I_{1q}) = 330 / (1,73 \cdot 15,4) = 12,4 \ \Omega.$$

7. Qisqa tutashuv rejimida quvvat koeffitsiyenti

$$\cos\varphi_q = P_q / (\sqrt{3} U_q I_{1N}) = 2700 / (1,73 \cdot 330 \cdot 15,4) = 0,31; \quad \varphi_q = 72^\circ; \quad \sin\varphi_q = 0,95.$$

8. Qisqa tutashuv qarshiligining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari

$$r_q = Z_q \cos\varphi_q = 12,4 \cdot 0,31 = 3,8 \ \Omega;$$

$$x_q = Z_q \sin\varphi_q = 12,4 \cdot 0,95 = 11,8 \ \Omega.$$

9. Qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari

$$u_{q,a} = u_q \cos\varphi_q = 5,5 \cdot 0,31 = 2,38 \ %;$$

$$u_{q,r} = u_q \sin\varphi_q = 5,5 \cdot 0,95 = 5,2 \ %.$$

10. Transformatorning nominal yuklamadagi ($K_{yu}=1$) ikkilamchi chulg'am kuchlanishining o'zgarishi:

yuklamaning quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_2 = 1$ (sof aktiv, $\varphi_2 = 0$), $\sin\varphi_2 = 0$ bo'lganda

$$\Delta U_N = u_{q,a} \cos\varphi_2 + u_{q,r} \sin\varphi_2 = 1,7 \cdot 1 + 0 = 1,7 \ %;$$

$\cos\varphi_2 = 0,8$ (aktiv-ind., $\varphi_2 \approx 37^\circ$), $\sin\varphi_2 = 0,6$ bo'lganda

$$\Delta U_N = u_{q,a} \cos\varphi_2 + u_{q,r} \sin\varphi_2 = 1,7 \cdot 0,8 + 5,2 \cdot 0,6 = 4,48 \ %,$$

$\cos\varphi_2 = 0,8$ (aktiv-sig'imiyy), $\sin\varphi_2 = 0,6$ (aktiv-ind., $\varphi_2 \approx 53^\circ$) bo'lganda esa

$$\Delta U_N = u_{q,a} \cdot \cos\varphi_2 + u_{q,r} \cdot \sin\varphi_2 = 1,7 \cdot 0,8 + 5,2 \cdot (-0,6) = -1,8 \ %.$$

Transformatorning ikkilamchi chulg'am kuchlanishining nominal yuklamadagi ($K_{yu}=1$) o'zgarishi (ΔU_N) ni hisoblash natijalari 3.6-jadvalda keltirilgan.

$\cos\varphi_2 \rightarrow$	1,0 (sof aktiv $\varphi_2 = 0^\circ$)	0,8 (aktiv-ind., $\varphi_2 \approx +37^\circ$)	0,8 (aktiv-sig'imi, $\varphi_2 \approx -37^\circ$)
$\Delta U_N, \%$	1,7	4,48	-1,8
$\Delta U_N, V$	3,9	10,3	-4,14
$U_2 = U_{2N} - \Delta U_N, V$	226	220	234

Uch fazali TSZ-160/6 tipli quruq transformatorning tashqi xarakteristikalari 3.3-rasmda tasvirlangan.

11. Transformatorning nominal yuklamasi ($K_{yu}=1$) va quvvat koeffitsienti

$\cos\varphi_2 = 1$ bo'lgandagi FIK ni hisoblaymiz:

$$\eta = K_{yu} \cdot S_N \cdot \cos\varphi_2 / (K_{yu} \cdot S_N \cdot \cos\varphi_2 + P_{0N} + K_{yu}^2 P_{qN}) =$$

$$= 1 \cdot 160 \cdot 1 / (1 \cdot 160 \cdot 1 + 1^2 \cdot 2,7) = 0,98;$$

nominal yuklamasi ($K_{yu}=1$) va quvvat koeffitsienti $\cos\varphi_2 = 0,8$ bo'lganda esa

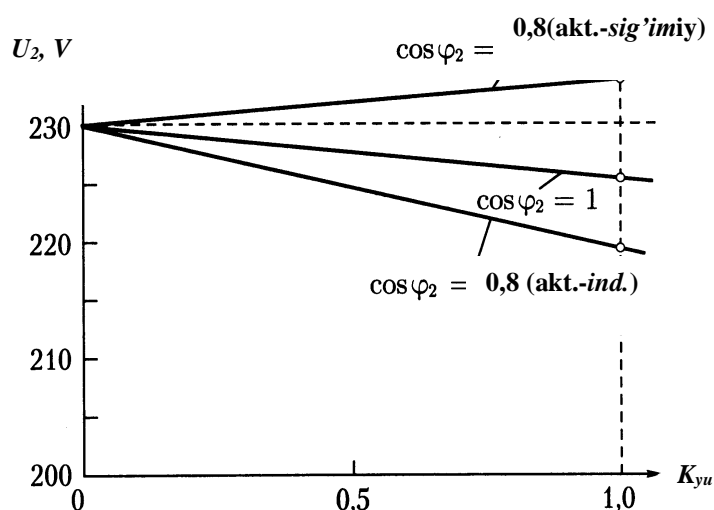
$$\eta = 1 \cdot 160 \cdot 0,8 / (1 \cdot 160 \cdot 0,8 + 0,7 + 1^2 \cdot 2,7) = 0,974.$$

12. FIK ning maksimal qiymati:

a) $\cos\varphi_2 = 1$ da $\eta_{\max} = K'_{yu} S_N \cos\varphi_2 / (K'_{yu} S_N \cos\varphi_2 + 2P_{0N}) =$

$$= 0,51 \cdot 160 \cdot 1 / (0,51 \cdot 160 \cdot 1 + 2 \cdot 0,7) = 0,986.$$

3.3-rasm. Uch fazali TSZ -160/6 tipli quruq transformatorning tashqi xarakteristikalari



b) $\cos\varphi_2 = 0,8$ da

$$\eta_{\max} = 0,51 \cdot 160 \cdot 0,8 / (0,51 \cdot 160 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,7) = 0,979,$$

bu yerda maksimal FIK ga mos keladigan yuklama koeffitsienti

$$K'_{yu} = \sqrt{P_{0N} / P_{qN}} = \sqrt{0,7 / 2,7} = 0,51.$$

5- topshiriq. Uch fazali bir qatlamli sirtmoqsimon chulg'am bo'yicha mustaqil ishlashga oid topshiriqlar

5.1-masala. 5.1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar bo'yicha uch fazali *bir qatlamli* stator chulg'ami parametrlarini hisoblash va chulg'amning pazdan tashqari qismlarini ikki tekislikda joylashtirilgan qilib *yoyilma sxemasini bajarish talab qilinadi. G'altak guruhlari ketma-ket ulansin.*

5.1-jadvaldagi №1-variantni yechish.

1. Bitta qutbga va har bitta fazaga to'g'ri keladigan pazlar soni

$$q_1 = Z_1 / (2p \cdot m_1) = 24 / (4 \cdot 3) = 2 \text{ ta paz,}$$

2. Pazlar bo'yicha chulg'am qadami (*o'rtacha qiymati*)

$$y_{1(o'rt)} = Z_1 / 2p = 24 / 4 = 6 \text{ ta paz (1-7; 2-8).}$$

3. Qo'shni pazlar orasidagi burchak

$$\alpha = 360p / Z_1 = 360 \cdot 2 / 24 = 30^\circ.$$

4. Fazaviy chulg'amlarning boshlanishi orasidagi masofa (*pazlar sonida*)

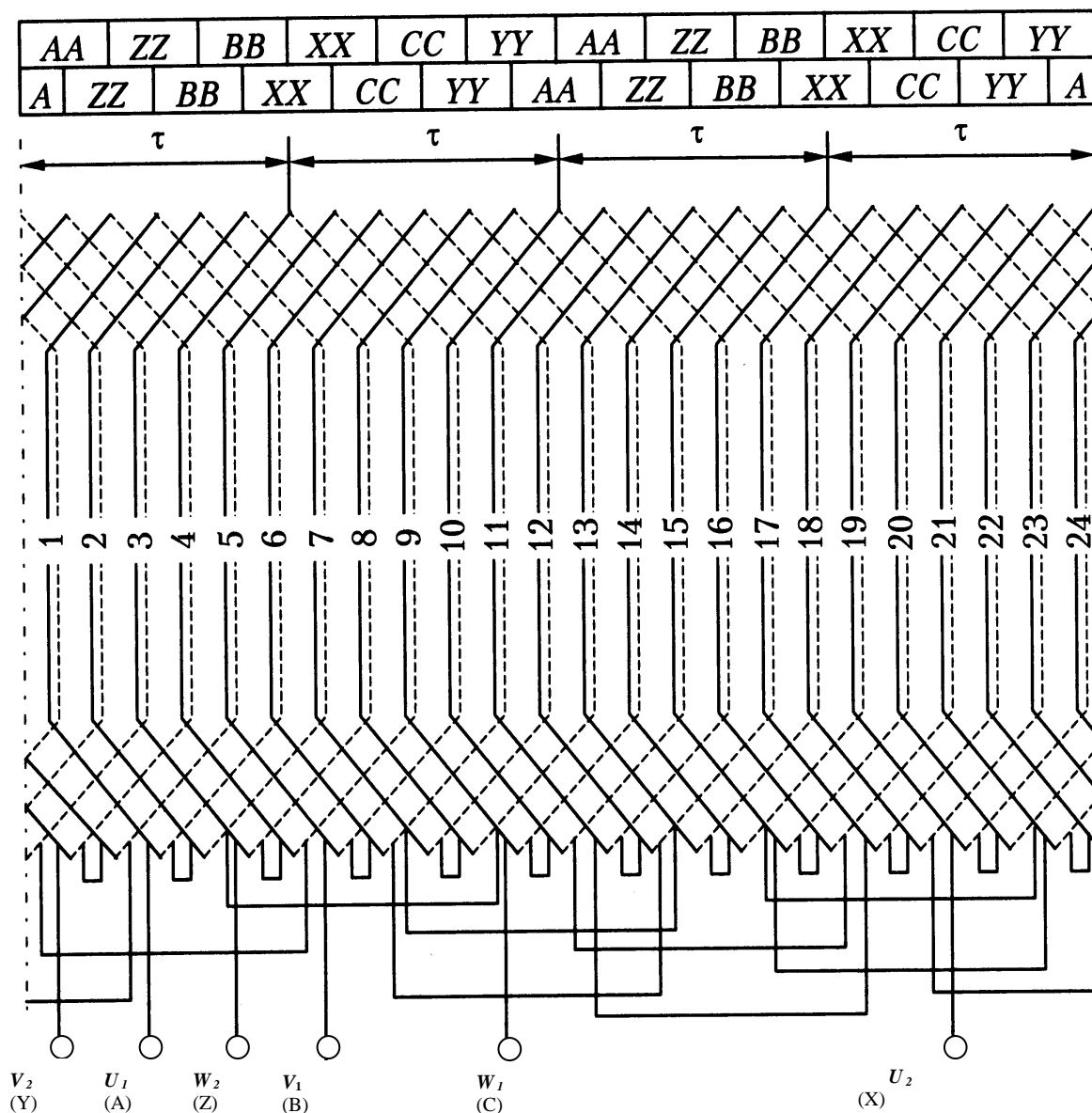
$$120 / \alpha = 120 / 30 = 4 \text{ ta paz.}$$

5.1-jadval. Uch fazali ($m = 3$) o'zgaruvchan tok mashinalarining ikki qatlamli sirtmoqsimon stator chulg'amini hisoblashga oid variantlar ro'yxati

Parametr ($m=3$)	Variantlar №									
	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_1	24	36	54	36	18	12	24	60	48	48
$2p$	4	6	6	4	2	2	2	4	4	8

Chulg'amning yoyilma sxemasi 5.2,a-rasmga o'xshash chiziladi.

5.2,b-rasmda ko'rsatilgan stator chulg'amining har bir (AX, BY va CZ) fazasi ikkita g'altakdan tashkil topgan bo'lib, tomonlari ikkita pazlarda joy-lashgan, ya'ni $q = 5$. Har bitta g'altak guruhida ikkita g'altak konsentrik (ya'ni doira shaklida) joylashtirilgan.



5.1-rasm. Uch fazali ikki qatlamli sirtmoqsimon chulg'amning yoyilma sxemasi ($Z = 24$, $m = 3$, $2p = 4$, $a = 2$, $v_1 = 5$, $\beta = 5/6$)

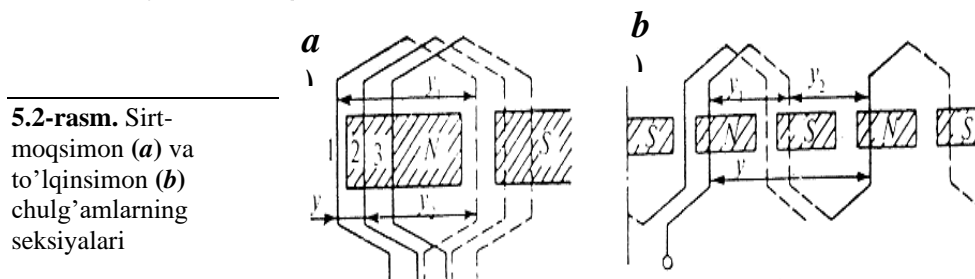
Bu g'altaklarning qadamlari o'rtacha qadam $y_{1(o'rt)}$ dan bitta pazga farq qi-ladi: «ensiz» g'altak uchun $y_1 = 6 - 1 = 5$ ta paz, «enli» g'altak uchun $y_1 = 6 + 1 = 7$ ta paz. Har bitta fazaviy chulg'amda «enli» va «ensiz» g'altaklarning soni bir xil bo'lishi kerak

(bunda ulardagi elektr qarshiliklarining bir xil bo'lishi ta'minlanadi). G'altak guruhlarining umumiy soni 6 ta, ya'ni qutblar sonidan 1,5 marta ko'p.

Uch fazali ikki qatlamli sirtmoqsimon chulg'amlarga oid umumiy ma'lumot va mustaqil ishlash bo'yicha topshiriqlar

Ikki qatlamli sirtmoqsimon chulg'amlar turbogeneratorlarda va umumiy maqsadli o'zgaruvchan tok elektr mashinalarida keng qo'llaniladi. O'zgaruvchan tok elektr mashinalarining chulg'amlari seksiyalarining shakliga va ulanishiga ko'ra esa, sirtmoqsimon va to'lqinsimon turlarga bo'linadi; ularning qadamlari tegishlicha 5.2,a va 5.2,b-rasmlarda ko'rsatilgan.

Mashinaning har bitta qutbga va fazasiga to'g'ri keladigan pazlar soni « q » (5.1) formula bo'yicha aniqlanadi.



5.2-rasm. Sirtmoqsimon (a) va to'lqinsimon (b) chulg'amlarning seksiyalari

O'zgaruvchan tok mashinasida MYK (yoki EYK) ning o'zgarish shaklini sinusoidal shaklga yaqinlashtirish maqsadida chulg'amning qadami taxminan $y \approx 0,833 \cdot \tau$ ga teng bo'lgan qisqartirilgan qadam tanlanadi. Shu sababli chulg'amning tish bo'linmasida ifodalangan qadami quyidagiga teng bo'ladi:

$$y = 0,833 \cdot \tau = 0,833 \cdot 6 = 5.$$

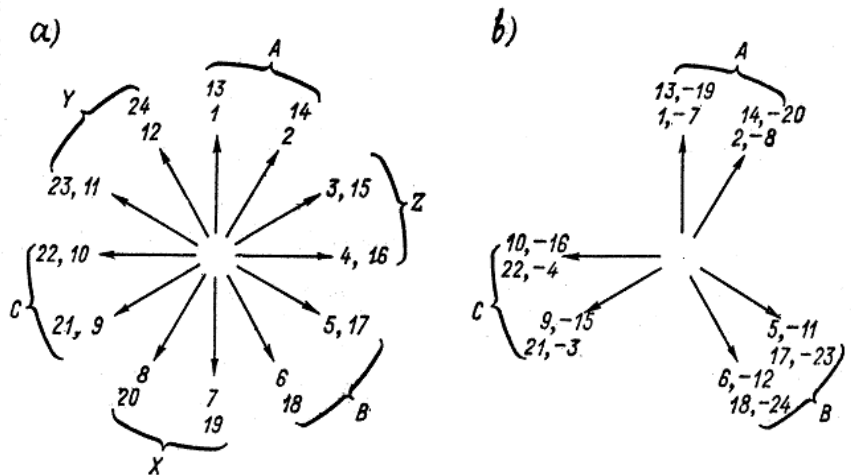
Bu chulg'amning yoyilma sxemasi 5.1-rasmda ko'rsatilgan. **Bu chulg'am sxemasining tuzilishi quyidagicha tushuntiriladi:** dastavval pazlarning ustida joylashgan g'altaklar tomonlarini har qaysi zonada ikkita pazda joylashgan tomonni ($q=2$) faza zonalarini bo'yicha taqsimlab chiqamiz. Agar 1 va 2-pazlarni «A» (U_1) faza zonasi uchun ajratilsa, u holda «B» (V_1) faza zonasiga 5 va 6-pazlarni ajratish kerak bo'ladi, chunki «B» (V_1) faza «A» (U_1) fazaga nisbatan 120° ga siljigan bo'ladi, ya'ni 2 ta zona 60° dan yoki 4 ta ($120^\circ/\alpha = 120^\circ/30 = 4$) pazga siljigan bo'lishi kerak

(1+4=5; 2+4=6). «C» (W_1) faza zonasi ham "B" (V_1) faza zonasiga nisbatan 120° ga siljib, 5+4=9 va 6+4=10 pazlarni egallaydi. Keyingi qo'sh qutb bo'linmasi davomida ham (pazlar 13÷-24) «A» (U_1), Demak, **ustki qatlam shu tarzda taqsimlanadi.** Boshqa faza zonalarini ham «A» (U_1), «B» (V_1), «C» (W_1) fazalar bo'yicha taqsimlab chiqamiz va ularni mos ravishda «X» (U_2), «Y» (V_2), «Z» (W_2) bilan belgilaymiz.

Bunda « U_1 » fazaga tegishli « U_2 » zona uchun «A» (U_1) zonaga nisbatan $\tau = 6$ taga siljigan pazlarni ajratamiz, ya'ni 1+6=7, 2+6=8, 13+6=19, 14+6=20-pazlar. Xuddi shuningday «B» (V_1) va «C» (W_1) zonalarning almashib kelishi shunday tartibda amalga oshadi [(« U_1 ») faza zonasiga 13, 14-pazlar; (« V_1 ») faza zonasiga 17, 18-pazlar; (« W_1 ») faza zonasiga 21, 22-pazlar to'g'ri keladi)]. « V_2 » zonaga 5+6=11, 6+6=12, 17+6=23, 18+6=24-pazlarni, « W_2 » zona uchun esa 9+6=15, 10+6=16, 21+6=27-24 =3, 22+6=28-24=4-pazlarni ajratamiz. Shu tarzda pazlarning ustki qatlamidagi g'altaklar tomonlarini fazalar zonasi bo'yicha tarqalishiga ega bo'lamiz (**5.4-rasm**).

« U_1 », « V_1 », « W_1 » va « U_2 », « V_2 », « W_2 » zonalar orasidagi farq shundaki, g'altaklarning tomonlaridagi EYK lar faza bo'yicha 180° siljigan bo'ladi, chunki ular magnit maydonda bir yoki toq son qutb bo'linmasiga siljigan bo'ladi. Ko'rayotgan masalamizda qadam bir tish bo'linmasiga qisqartirilgan, shuning uchun pazlarning pastki qatlamidagi g'altaklar tomonlari, **5.5-rasmda** yuqori

5.3-rasm. 5.1-rasmda tasvirlangan chulg'amning pazlardagi o'tkazgichlar EYK lari (a) va g'altaklar EYK lari yulduzlari (b)



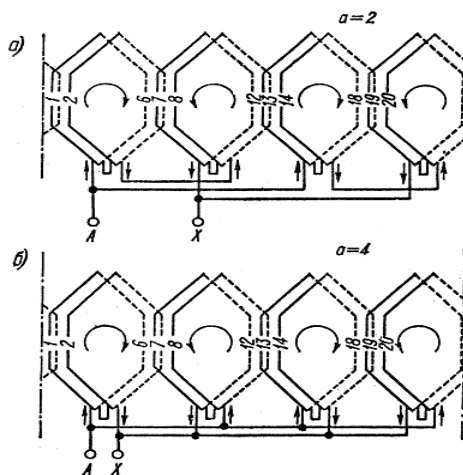
qismining pastki qatorida ko'rsatilganidek, chap tomonga bir tish bo'linmasiga siljiydi. Pastki tomonlarni zonalar bo'yicha bo'lib chiqmasa ham bo'ladi, chunki g'altaklarning pazlardan tashqari qismlarini chizganda o'z-o'zidan kelib chiqadi.

Shuni ta'kidlash lozimki, 5.1-rasmdagi « U_1 », « V_1 », « W_1 » va « U_2 », « V_2 », « W_2 » zonalarining har bir zonada « q » ta paz bilan qo'sh qutb bo'linmasi davomida almashib kelishi faza zonasi 60° bo'lgan har qanday uch fazali chulg'am uchun taalluqli bo'lib, yuqoridagi hisoblashlarga hojat yo'qdir. Faza bo'yicha pazlarning tarqalishini chulg'am pazlaridagi g'altak (yoki o'tkazgich)- larning EYK lari «yulduzi» (5.3-rasm) yordamida ham amalga oshirish mumkin.

Qo'shni pazlar o'tkazgichlaridagi EYK larning faza bo'yicha siljish bur-chagi α ko'rilayotgan masalada quyidagicha topiladi:

$$\alpha = p \cdot 360^\circ / Z = 2 \cdot 360^\circ / 24 = 30^\circ.$$

5.4-rasm. 5.1-rasmda tasvirlangan chulg'am «A» fazasining parallel shoxobchalari soni $a=2$ (a) va $a=4$ (b) bo'lgandagi ulanish sxemalari



Pazlardagi g'altaklar tomonlari EYK larining vektorlari qo'sh qutb bo'linmasi davomida aylanib kelishi ($1 \div 12$ vektorlar) EYK vektorlarining yulduzi « q » butun son bo'lganda, mos keluvchi pazlarning (1 va $1+12=13$ hamda shunga o'xshashlar) EYK lari ustma-ust tushganligi uchun faza bo'yicha takrorlanadi (5.3-rasm). Agarda birinchi ikki vektorni « U_1 » zonasi uchun ($1; 2$ va $13; 14$ -vektorlar) ajratsak (5.1-rasm), u holda « V_1 » va « W_1 » zonalardagi vektorlar « U_1 » zona vektorlariga nisbatan 120° va 240° ga siljigan bo'ladi. « U_2 », « V_2 », « W_2 » zonalarining vektorlari esa « U_1 », « V_1 », « W_1 » zonalar vektorlariga nisbatan 180° ga siljigan bo'ladi. Natijada, 5.1-rasmdagi yuqori qatorida ko'rsatilgan zonalar bo'yicha pazlarning tarqalishiga ega bo'lamiz.

5.1-rasmdagi sxemada har bir paz uchun ikkita o'tkazgich (g'altak tomonlari) chizilgan. Ularning chap tomonlari yuqori qatlamga, o'ng tomonlari esa pastki qatlamga joylashgan deb hisoblaymiz. G'altaklarni yuqori tomonlaridan boshlab nomerlab chiqamiz.

Qo'shni pazlardagi g'altaklarning EYKlari ham 30° ga siljigan bo'ladi, demak, pazlardagi g'altaklar o'tkazgichlarining EYKlari yulduzini (**5.3,a-rasm**) g'altaklar EYKlari yulduzi (**5.3,b-rasm**) deb qarash mumkin. Har bir g'altak guruhleri chegarasida $q = 2$ g'altaklar ketma-ket ulanadi.

Shunday qilib, « U_1 » faza uchun (**5.4, a-rasm**) 4 ta, ya'ni 1–2, 7–8, 13–14 va 19–20 g'altaklar guruhiga ega bo'lamiz. Barcha guruh EYKlari bir-biri bilan qo'shilishi uchun ular ketma-ket ulangan, 7–8 va 19–20 guruhlar esa 1–2 va 13–14 (1–2 guruh oxirlari 7–8 guruh oxirlari bilan ulangan) guruhlariga nisbatan teskari bo'ladi [**5.3, b-rasmdagi** vektor diagrammada *minus* (« \leftarrow ») ishorali raqamlar – seksiyaning ikkinchi tomoni EYK vektorining raqamlari (masalan, 1-seksiyaning ikkinchi tomoni 7-pazning pastki qatlamida joylashgan va uning EYK vektori 1-pazdagiga nisbatan teskari (180°) yo'nalgan)]. Boshqa fazalardagi guruhlarining ulanishi ham xuddi shunday usul bilan amalga oshiriladi.

« U_2 », « V_2 », « W_2 » zonalardagi g'altak guruhlarining chulg'amda teskari ulanishi shu zonalardagi g'altak EYK vektorlarining 180° ga burilganiga ekvivalentdir (teng kuchli). Bunda **5.3, a-rasm o'rniga 5.3, b-rasmdagi** g'altaklar EYKlari diagrammasiga ega bo'lamiz. Bu diagramma uchta sektordan tuzilgan bo'lib, $q = 2$ yoy va fazadagi g'altaklar soniga mos holda $2p \cdot q = 4 \cdot 2 = 8$ vektordan iborat. Har bir fazadagi EYKlar mos sektordagi g'altaklar EYK lari vektorlarining yig'indisiga teng. Demak, hamma fazadagi EYKlar bir-biriga teng va faza bo'yicha 120° ga siljigan bo'ladi.

5.1-rasmda « U_1 », « V_1 » va « W_1 » fazalarning bosh uchlari o'rnida bir-biriga nisbatan 120° ga siljigan 1, 5 va 9 g'altaklarning bosh uchlari olingan.

« U_2 », « V_2 », « W_2 » fazalarning oxirgi uchlari o'rnida 19, 23 va 3-g'altaklarning boshlanishi mos keladi.

Faza zonasi $\alpha = 60^\circ$ bo'lgan ikki qatlamli chulg'amning har bitta fazasidagi g'altaklar guruhlarining soni qutblar soni $2p$ ga teng. Har bitta qutbga va fazaga to'g'ri kelgan pazlar soni « q » butun son bo'lsa $a = 2p$ gacha bo'lgan bir xil qiymatli va fazalari mos bo'lgan EYKlar hosil bo'ladigan parallel shoxobchalar (a) ni bajarish mumkin. Masalan, ko'rilayotgan ($2p = 4$) chulg'anda $a = 1; 2$ yoki 4 ta parallel shoxobcha bajarish mumkin (5.4-rasm).

5.2-jadval. *Uch fazali ($m=3$) o'zgaruvchan tok mashinalarining ikki qatlamli sirtmoqsimon stator chulg'amini hisoblashga oid topshiriqlar ro'yxati*

Varianlar				
<i>V a - r i - a n t -l a r</i>	<i>Stator pazlari soni</i>	<i>Ma- shi- na- ning qutb -lari soni</i>	<i>Qisqartiril- gan chul- g'am qadami</i>	<i>Uch fazali chulg'amning «(A) U₁» fazasi 1-seksiya tomonlarining pazlarda joylaishi</i>
<i>N^o</i>	<i>Z</i>	<i>2p</i>	<i>y_q [to'la qa- dami y_τ = Z (2p)]</i>	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	36	4	7	1–8 (bunda: 1 – «A» fazaning №1-pazdagi 1-seksiya <i>yuqorigi</i> qatlamining tomoni; 8 –«A»fazaning №8-pazdagi 1-seksiyasi <i>pastki</i> qatlamining tomoni)
2	54	6	7	1–8
3	48	8	5	1–6
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
4	36	6	5	1–6
5	60	10	5	1–6
6	72	6	10	1–11
7	60	4	12	1–13
8	72	6	11	1–12
9	48	4	11	1–12
10	60	4	13	1–14
11	36	6	6	1–7
12	48	4	9	1–10

13	60	4	11	1–12
14	72	8	7	1–8
15	60	10	$y_q = 0,83 \cdot y_\tau$	1–6
16	54	6	$y_q = 0,78 \cdot y_\tau$	1–8
17	36	4	$y_q = 0,78 \cdot y_\tau$	1–8
18	48	8	$y_q = 0,78 \cdot y_\tau$	1–6
19	36	6	$y_q = 0,83 \cdot y_\tau$	1–6
20	48	4	$y_q = 0,83 \cdot y_\tau$	1–11
21	60	4	$y_q = 0,8 \cdot y_\tau$	1–13
22	24	2	$y_q = 0,67 \cdot y_\tau$	1–9
23	36	2	$y_q = 0,67 \cdot y_\tau$	1–9
24	48	2	$y_q = 0,7 \cdot y_\tau$	1–18

**6- topshiriq. U ch f a z a l i qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlar
mexanik xarakteristikalariga oid mustaqil ishlash
uchun topshiriqlar**

6.1-masala. 4A seriyali *qisqa tutashgan rotorli* asinxron motor quyidagi ko'rsatilgan texnik qiymatlar (**6.1-jadval**) bo'yicha: foydali quvvat P_{2N} , rotor aylanish chastotasi n_N , FIK η_N , quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_1$, ishga tushirish tok karraligi $I_{i,t}/I_{IN}$, ishga tushirish momenti karraligi $M_{i,t}/M_N$, maksimal moment karraligi (M_{max}/M_N)ni, qutblar soni ($2p$)ni, nominal yuklamadagi sirpanish (s_N) ni, boshlang'ich ishga tushirish momenti ($M_{i,t}$)ni, maksimal momenti (M_{max})ni, validagi momenti (M_N)ni, motorning elektr tarmog'idan iste'mol qilayotgan aktiv quvvati (P_{1N})ni, nominal yuklamadagi quvvat isroflarining yig'indisi ($\Sigma P'$)ni, ishga tushirish $I_{i,t}$ va nominal I_N toklarni stator chulg'ami «yulduz Y» va «uchburchak Δ » *ulangan hollar uchun aniqlang.*

6.1-jadvaldagi 4A100S2U3 tipli motorga oid masalani echish.

1. Motor tipining seriyasi «4A» dan keyingi son, val aylanish o'qining balandligi «*h*» ni ko'rsatadi, ya'ni

$$h = 100 \text{ mm.}$$

2. «S» harfidan keyingi raqam qutblar soni «2p» ni ko'rsatadi, ya'ni

$$2p = 2.$$

3. Qutblar soni $2p = 2$ va o'zgaruvchan tok chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$ bo'lganda magnit maydonining sinxron aylanish chastotasi

$$n_1 = 60f/p = 60 \cdot 50 / 1 = 3000 \text{ ayl/min.}$$

4. Nominal yuklamadagi sirpanish asinxron motor rotorining nominal aylanish chastotasi formulasidan aniqlanadi, ya'ni:

$$s_N = (n_1 - n) / n_1 = (3000 - 2880) / 3000 = 0,04 \text{ yoki } 4,0 \% .$$

5. Nominal yuklamada, ya'ni nominal aylanish chastotadagi motorning validagi momenti (foydali momenti)

$$M_2 = 9,55P_{2N} / n_N = 9,55 \cdot 4000 / 2880 = 13,26 \text{ N}\cdot\text{m.}$$

6.1-jadval

Vari- antlar №	Asinxron motorning tipi	P _{2N} , kW	n _N , ayl/mi n	η _N , %	cosφ ₁	I _{i,t} / I _{1N}	M _{i,t} / M _N	M _{max} / M _N	U ₁ , V
1	4A100L2Y3	5,5	2890	87,5	0,91	7,5	2,0	2,5	220/380
2	4A180S2Y3	22	2940	88,5	0,91	7,5	1,4	2,5	380/660
3	4A250M2Y3	90	2945	92	0,9	7,5	1,2	2,5	220/380
4	4A200M4Y3	37	1475	91	0,9	7,0	1,4	2,5	220/380
5	4A 225M4Y3	55	1480	92,5	0,9	6,5	1,2	2,3	380/660
6	4A160M6Y3	15	975	87,5	0,87	6	1,2	2	380/660
7	4A180M6Y3	18,5	975	88	0,87	6,0	1,2	2	220/380
8	4A 280S8Y3	55	740	92	0,84	5,5	1,2	2	380/660
9	4A315M10Y3	7,5	590	92	0,8	6,0	1,0	1,8	220/380
10	4A315S12Y3	45	490	90,5	0,75	6,0	1,0	1,8	380/660
11	4A250S10Y3	30	590	88	0,81	6	1,2	1,9	220/380
12	4A132M8Y3	5,5	720	83	0,74	5,5	1,9	2,6	380/660
13	4A160S2Y3	15	2940	88	0,91	7,0	1,4	2,2	220/380
14	4A200M2Y3	37	2945	90	0,89	7,5	1,4	2,5	380/660
15	4A112M4Y3	5,5	1445	85,5	0,85	7	2	2,2	220/380
16	4A132M4Y3	11	1460	87,5	0,87	7,5	2,2	3,0	220/380
17	4A180M4Y3	30	1470	91,0	0,89	6,5	1,4	2,3	380/660
18	4A200M6Y3	22	975	90	0,9	6,5	1,3	2,4	220/380

19	4A280M6Y3	90	985	92,5	0,89	5,5	1,4	2,2	380/660
20	4A315M8Y3	110	740	93	0,85	6,5	1,2	2,3	380/660
21	4A355M10Y3	110	590	93	0,83	6,0	1,0	1,8	380/660
22	4A100S2Y3	4	2880	86,5	0,89	7,5	2,0	2,5	220/380

6. Asinxron motorning jadvalda berilgan o'ta yuklanish qobiliyati (M_{\max}/M_N) dan foydalanib, uning maksimal (kritik) momenti (M_{\max}) aniqlanadi:

$$M_{\max} = M_N(M_{\max}/M_N) = 13,26 \cdot 2,5 = 33,15 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

7. Statorning faza chulg'amidagi nominal toki

$$I_{1N} = P_{2N} / (m_1 U_1 \eta_N \cos \varphi_{1N}) = 4000 / (3 \cdot 220 \cdot 0,865 \cdot 0,89) = 7,9 \text{ A}.$$

8. Nominal yuklamada motor elektr tarmog'idan iste'mol qilayotgan quvvat

$$P_{1N} = P_{2N} / \eta_N = 4 / 0,865 = 4,6 \text{ kW}.$$

9. Nominal yuklamadagi motorning quvvat isroflari yig'indisi

$$\Sigma P = P_{1N} - P_{2N} = 4,6 - 4 = 0,6 \text{ kW}.$$

10. Statorning *liniyaviy toki*:

– stator chulg'ami «yulduz» ulanganda

$$I_{1Y} = I_1 = 7,9 \text{ A};$$

– stator chulg'ami «uchburchak» ulanganda

$$I_{1\Delta} = \sqrt{3} \cdot I_{1Y} = 1,73 \cdot 7,9 = 13,5 \text{ A}.$$

6.2-masala. Uch fazali *qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning* nominal quvvati $P_{2N} = 15 \text{ kW}$, chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$, kuchlanishi $U = 380 \text{ V}$ li elektr tarmog'iga qo'shilgan; *stator chulg'ami «yulduz (Y)»* ulangan. Motor elektr tarmog'idan $I_{1N} = 32 \text{ A}$ tok olib, nominal chastota ($n_N = 1455 \text{ ayl/min}$) da aylanadi. Bu paytdagi quvvat koeffitsienti $\cos \varphi_1 = 0,85$, salt ishlash rejimida motor elektr tarmog'idan $I_{1(0)} = 7 \text{ A}$ tok olib, $P_{1(0)} = 820 \text{ W}$ quvvatni oladi. Ishchi temperaturada stator faza chulg'aminging aktiv qarshiligi $r_1 = 0,25 \Omega$. *Nominal yuklamada asinxron motorning hamma quvvat isroflarini aniqlang.*

Mexanik isroflar (P_{mex}) *6.2-jadvalda keltirilgan.*

6.2-jadvaldagi № 20-variantni e ch i sh.

1. Salt ishlash rejimidagi stator chulg'aminging elektr isroflari

$$P_{e1(0)} = m_1 I_{1(0)}^2 r_1 = 3 \cdot 7^2 \cdot 0,25 = 37 \text{ W.}$$

2. Motorda hosil bo‘ladigan o‘zgarmas isroflar [$P'_{(const)}$] (magnit va mexanik isroflar yig‘indisidan iborat) [*I z o h*: $P'_{(const)}$ indeksidagi «const» belgi «o‘zgar-mas» degan tushuncha uchun qabul qilindi]

$$P'_{(const)} = P_{1(0)} - P_{e1(0)} = 820 - 37 = 783 \text{ W.}$$

3. Magnit isroflar (indeksi «m»)

$$P'_m = P'_{(const)} - P_{mex} = 783 - 160 = 623 \text{ W.}$$

4. Nominal yuklamada elektr tarmogidan iste'mol qilinayotgan quvvat

$$P_{1N} = m_1 U I_{1N} \cos\varphi_1 = 3 \cdot 220 \cdot 32 \cdot 0,85 = 17\,952 \text{ W.}$$

5. Isroflar yig‘indisi

$$\Sigma P' = P_{1N} - P_{2N} = 17\,952 - 15\,000 = 2952 \text{ W.}$$

6. Nominal yuklamada motorning FIK

$$\eta_N = P_{2N} / P_{1N} = 15\,000 / 17\,952 = 0,86.$$

7. Nominal rejimdagi o‘zgaruvchan ($P'_{(\sim)}$) isroflar (*qo‘shimcha, stator va rotor chulg‘amlaridagi elektr isroflar yig‘indisi*)

6.2-j a d v a l

Variant-lar №	$P_N = P_{2N},$ kW	$I_{1N},$ A	$n_N,$ ayl/min	$r_1,$ Ω	$\cos\varphi_1$	$P_{1(0)},$ W	$I_{1(0)},$ A	$P_{mex},$ W
1	7	14	2910	0,58	0,9	400	4	170
2	75	140	960	0,036	0,88	1270	31	250
3	100	180	1460	0,015	0,91	2000	43	450
4	7,0	11	1450	0,52	0,86	300	4,5	120
5	10	19	2920	0,33	0,91	330	5,0	220
6	82	140	1460	0,076	0,9	2342	28,1	250
7	31	54	1450	0,262	0,88	528	12,3	210
8	6,5	106	980	0,114	0,9	1419	25,2	270
9	30	42,5	730	0,432	0,86	720	14,9	150
10	110	185	1460	0,052	0,91	1736	39,8	450
11	5,1	11	730	0,29	0,9	259	4,9	130
12	45	81	730	0,17	0,89	972	2,8	130
13	44	76	1460	0,154	0,89	1109	17,1	260
14	16	30	730	0,356	0,86	553	10,2	180
15	23	41,3	970	0,448	0,87	497	12,2	180

16	60	109	730	0,102	0,9	2393	28,4	200
17	12	21,5	970	0,948	0,91	263	7,52	160
18	81	141	980	0,074	0,9	1483	30,5	200
19	82	12	730	2,41	0,88	308	5	160
20	15	32	1455	0,25	0,85	820	7	160

$$P_{(\sim)N} = \sum P - P'_{(const)} = 2952 - 783 = 2169 \text{ W.}$$

8. Nominal rejimdagi qo'shimcha isroflar

$$P'_{qo'sh..N} = 0,005 P_{1N} = 0,005 \cdot 17952 = 90 \text{ W.}$$

9. Nominal rejimda stator chulg'aming elektr isroflari

$$P'_{e1.N} = m_1 I_{1N}^2 r_1 = 3 \cdot 32^2 \cdot 0,25 = 768 \text{ W.}$$

10. Nominal rejimda rotor chulg'aming elektr isroflari

$$P'_{e5.N} = P'_{(\sim)} - P'_{e1.N} - P'_{qo'sh..N} = 2169 - 768 - 90 = 1311 \text{ W.}$$

6.3-masala. Uch fazali ($m = 3$) 6 qutbli ($2p=6$) qisqa tutashgan rotorli asinxron motor quyida ko'rsatilgan nominal parametrlarga ega: stator fazaviy chulg'aming nominal kuchlanishi $U_{1f(N)} = 380 \text{ V}$; motorning: foydali quvvati $P_{2N}=110 \text{ kW}$, aylanish chastotasi $n_N=990 \text{ ayl/min}$, FIK $\eta_N = 94,8 \%$, quvvat koeffitsienti $\cos\varphi_{1N} = 0,88$, ishga tushirish toki karraligi $I_{i,t}/I_{1N}=6,9$, ishga tushirish momenti karraligi $M_{i,t}/M_N=1,8$, maksimum momenti karraligi $M_{max}/M_N= 2,6$; stator faza chulg'aming aktiv qarshiligi ($20 \text{ }^\circ\text{C}$ da) $r_{a(20^\circ)} = 0,17 \Omega$. Motorning parametrlarini hisoblab, *mexanik xarakteristikasi* $-\{n=f(M)\}$ ni qurish talab qilinadi. Qisqa tutashuv rejimida $\cos\varphi_q = 0,5 \cdot \cos\varphi_{1N}$ deb olinsin.

№ 25 variant (5AM315S6e tip)ga oid masalani e ch i sh.

1. Nominal yuklamada asinxron motorning olayotgan quvvati

$$P_{1N} = P_{2N} / \eta_N = 110 / 0,88 = 125 \text{ kW.}$$

2. Nominal yuklamada asinxron motor iste'mol qilayotgan tok:

$$I_{1N} = P_{1N} / (3U_1 \cos\varphi_{1N}) = 125000 / (3 \cdot 380 \cdot 0,88) = 124,6 \text{ A.}$$

3. Asinxron motorning ishga tushirish toki

$$I_{i,t} = I_N \cdot (I_{i,t} / I_{1N}) = 124,6 \cdot 6,9 = 859,74 \approx 860 \text{ A.}$$

4. Asinxron motorning qisqa tutashuv rejimidagi qarshiligi

$$Z_q = U_1 / I_{i,t} = 380 / 860 = 0,44 \ \Omega.$$

5. Qisqa tutashuv rejimida quvvat koeffitsienti

$$\cos\varphi_q = 0,5 \cdot 0,88 = 0,44; \quad \varphi_q \approx 63^\circ 50'; \quad \sin\varphi_q = 0,897.$$

6. Qisqa tutashuv qarshiligining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari

$$r_q = Z_q \cos\varphi_q = 0,44 \cdot 0,44 = 0,19 \ \Omega.$$

$$x_q = Z_q \sin\varphi_q = 0,44 \cdot 0,897 = 0,39 \ \Omega;$$

7. Ishchi v_{ish}° temperaturada statorning faza chulg‘ami qarshiligi

$$r_1 = r_{1(20)}[1 + \alpha(v_{ish} - 20)] = 0,059[1 + 0,004(75 - 20)] = 0,07 \ \Omega.$$

8. Nominal yuklamada sirpanish

$$s_N = (n_1 - n_N) / n_1 = (1000 - 990) / 1000 = 0,01,$$

bunda $n_1 = 60f_1 / p = 60 \cdot 50 / 3 = 1000$ ayl/min – stator magnit maydoni aylanish chastotasi.

9. Rotor faza chulg‘aming stator chulg‘amiga «keltirilgan, ya’ni hisobiy» aktiv qarshiligi

6.3-jadval

Vari-ant-lar №	Asinxron motorning tiplari	P_{2N} , kW	n_N , ayl/min	η , %	$\cos\varphi_1$ N	$I_{i,t}/I_1$ N	$M_{i,t}/M_N$	M_{max}/M_N	$r_{1,20}$, Ω (20 °C da)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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	AIP180S2	22,0	2930	90,5	0,89	6,8	2	2,9	0,1440
4	AIP180M2	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	AIPM132M4	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	5A160M8	11,0	725	87	0,74	5,0	1,6	2,2	0,1300
16	5A200L8	22,0	735	90,0	0,77	6,2	2,0	2,6	0,1600
17	5AM250M8	45,0	740	93,0	0,75	6,8	1,8	2,6	0,115
18	5AM280M8C	75,0	740	94,0	0,82	6,0	2,0	2,1	0,075
19	5AM250S8C	55,0	740	93,6	0,83	5,9	1,9	2,0	0,0810
20	5AM280S10C	37,0	590	93,0	0,79	6,0	1,5	2,5	0,0970
21	5AM280M10C	45,0	590	93,5	0,8	6,5	1,5	2,5	0,0750
22	5AM280MB10	90,0	590	93,0	0,81	5,8	2,1	2,2	0,0320
23	5AM315S12C	45	490	93,0	0,79	5,6	1,8	2,0	0,0980
24	5AM315MB12	75	490	92,2	0,8	5,3	1,8	2,0	0,0950
25	5AM315S6e	110,0	990	94,8	0,88	6,9	1,8	2,6	0,0590

$$r_2' = r_q - r_1 = 0,19 - 0,07 = 0,12 \Omega.$$

10. Elektromagnit momentining nominal qiymati

$$\begin{aligned} M_N &= (m_I U_1^2 r_2' p) / [(2\pi f_I \cdot s_N) [(r_1 + r_2' / s_N)^2 + x_q^2]] = \\ &= (3 \cdot 380^2 \cdot 0,12 \cdot 3) / [(2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,01) \cdot [(0,07 + 0,12 / 0,01)^2 + 0,39^2]] = \\ &= 227,05 \text{ N}\cdot\text{m}. \end{aligned}$$

11. Maksimal moment M_{\max} ni masalaning shartida berilgan $M_{i,t} / M_N = 1,8$ karralikdan aniqlaymiz

$$M_{i,t} = M_N \cdot 2 = 227,05 \cdot 2 = 454,1 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

12. Ishga tushirish momenti $M_{i,t}$ ham masalaning shartida berilgan $M_{\max} / M_N = 2$ karralikdan aniqlanadi:

$$M_{i,t} = M_N \cdot 1,8 = 227,05 \cdot 1,8 = 408,7 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

13. Kritik sirpanish

$$s_{kr} = s_N \left[M_{\max} / M_N + \sqrt{(M_{\max} / M_N)^2 - 1} \right] = 0,01 \cdot \left[2 + \sqrt{2^2 - 1} \right] = 0,037$$

14. Sirpanish $s = 0,5$ bo'lgandagi moment

$$\begin{aligned} M_{(s=0,5)} &= (m_I U_1^2 r_2' p) / [(2\pi f_I \cdot s_N) [(r_1 + r_2' / s_N)^2 + x_q^2]] = \\ &= (3 \cdot 380^2 \cdot 0,12 \cdot 3) / [(2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5) \cdot [(0,07 + 0,12 / 0,5)^2 + 0,39^2]] = \\ &= 227,05 \approx 227 \text{ N}\cdot\text{m}. \end{aligned}$$

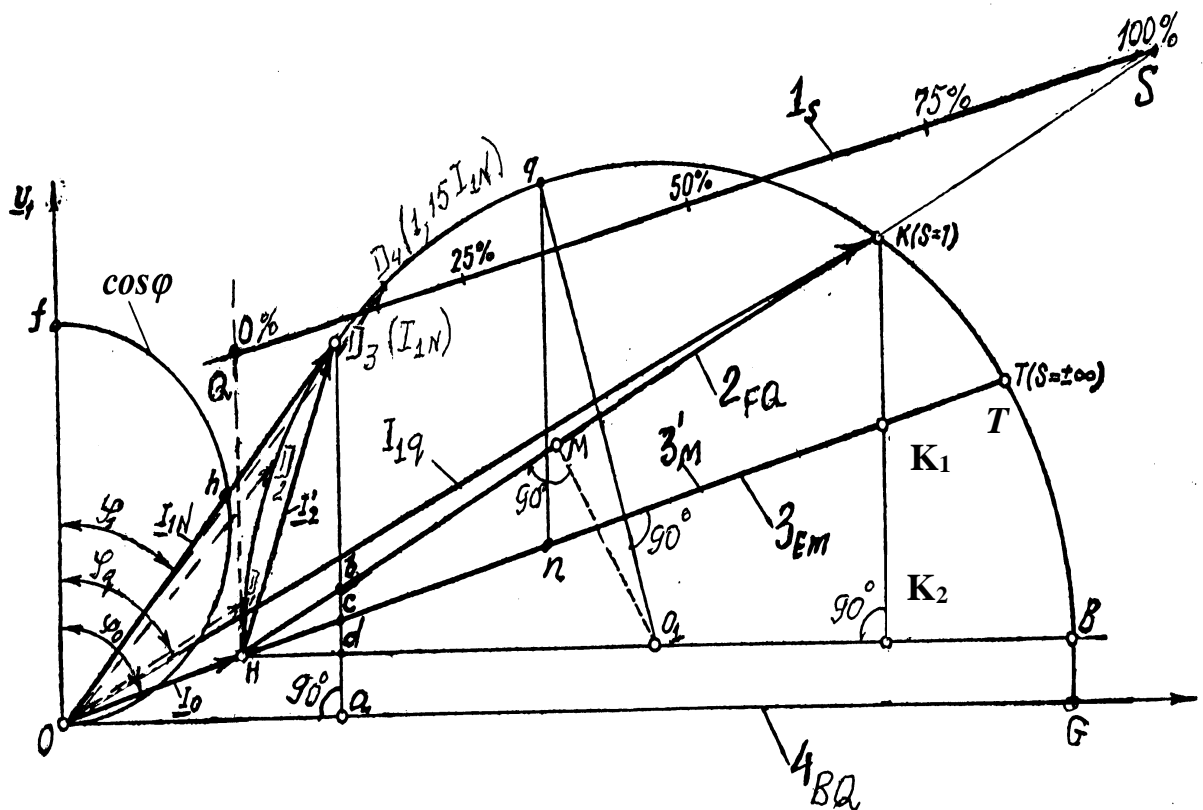
15. Motorning aylanish chastotasini $n = n_1(1-s)$ formula bo'yicha hisoblab, olingan qiymatlar bo'yicha mexanik xarakteristika chiziladi.

7- topshiriq. Uch fazali asinxron motor toklarining soddalashgan doiraviy diagrammasi va uni salt ishlash va qisqa tutashuv tajribalaridan olingan ma'lumotlar bo'yicha qurish

Soddalashgan doiraviy diagrammani qurish quyidagicha amalga oshiriladi (7.1-rasm). Koordinata o'qlari o'tkaziladi va ordinatalar o'qida kuchlanish vektori \underline{U}_1 qo'yiladi. *Toklar uchun masshtab m_i (A/mm) tanlanadi* va \underline{U}_1 ga salt ishlash tajribasidan *nominal kuchlanish U_0* ga to'g'ri kelgan $\cos\varphi_0$ ni ($\cos\varphi_0 = P_0/(m_1 U_{1N} I_0)$) hisoblab aniqlangan burchak φ_0 ostida tok vektori \underline{I}_0 ni qo'yib «**H**» nuqtani (bunda salt ishlash tajribasidagi *tok \underline{I}_0 va burchak φ_0* ideal salt ishlashga mos deb qabul qilinadi); qisqa tutashuv tajribasidan nominal tok I_N ga to'g'ri kelgan $\cos\varphi_q$ ni hisoblab aniqlangan burchak φ_q burchak ostida esa tok $\underline{I}_{q,N}$ (tajribada pasaytirib berilgan kuchlanish U_q dagi qiymati) nominal kuchlanishga keltirilgan qiymati ($\underline{I}_q = \underline{I}_{q,N} \cdot U_{1N} / U_q$) vektorini yo'naltirib «**K**» nuqta topiladi. Bu nuqtalarni birlashtirib, uning o'rtasi («**M**» nuqta)dan abs- sissalar o'qiga parallel bo'lgan «**OB**» chiziq t omon $M\mathbf{O}_I$ perpendikular o'tka-zamiz va toklar aylanasiining markazi \mathbf{O}_1 ni topamiz, ya'ni $\mathbf{O}\mathbf{O}_1$ yoki $\mathbf{O}_1\mathbf{B}$ chi-ziqlar doiraviy diagrammaning radiusini beradi. So'ngra "K" nuqtadan «OB» chiziqqa perpendikular bo'lgan \overline{KB}_1 chiziqni tushiramiz va bu kesmani $\overline{KT}_1/\overline{T}_1\mathbf{B}_1 = r'_2/r_1$ nisbatda bo'lib, «**T**₁» nuqtani topamiz.

Bunda stator chulg'ami qarshiligi r_1 tajriba vaqtida o'lchanadi, r'_2 esa $r'_2=r_q-r_1$ ayirmadan aniqlanadi). So'ngra «0» nuqtadan «**T**₁» nuqta orqali o'tadigan chiziqni davom ettirib aylanada «**T**» nuqtani topamiz. "**OT**" chiziq elektromagnit quvvat (yoki momentlar) liniyasi hisoblanadi.

Asinxron mashinaning soddalashgan doiraviy diagrammasidan aniqlangan rejim parametrlarining aniqlik darajasi nominal tokkacha qoniqarli bo'ladi, chunki bu oraliqda mashinaning aktiv va induktiv qarshiliklari kam o'zgaradi. Demak, soddalashgan doiraviy diagrammani katta va o'rta quvvatli asinxron mashinalarga qo'llash maqsadga muvofiq ekan.



7.1-rasm. Asinxron motor toklarining soddalashgan doiraviy diagrammasi:
 $1_S = QS$ – sirpanish (s) shkalasi (liniyasi); $2_{FQ} = HK$ – foydali quvvat (FQ) liniyasi;
 $3'_M = HT$ – momentlar liniyasi; $3_{EM} = HT'$ – elektromagnit (EM) quvvat liniyasi; $4_{BQ} = 0G$ – berilgan quvvat (BQ) liniyasi; HQ va KS – sirpanish shkalasini qurish uchun yordamchi chiziqlar; MO_1 – doiraviy diagrammaning markazini topish uchun HK (foydali quvvat liniyasi)ning o'rtasidan tushirilgan yordamchi perpendikular chiziq; 0_{Iq} va qn – asinxron motorning o'ta yuklanish qobiliyatini aniqlash uchun yordamchi chiziqlar; $\cos \varphi$ – quvvat koeffitsientini aniqlash shkalasi; $OD_1 = 0,5 \cdot I_{1N}$; $OD_2 = 0,75 \cdot I_{1N}$; $OD_3 = I_{1N}$; $OD_4 = 1,15 \cdot I_{1N}$

Doiraviy diagrammadan biror rejim(masalan, « D_3 » nuqtasi)ning *energetik muvozanati uchun ma'lumotlar quyidagicha aniqlanadi*. Diagrammada asinxron motorga berilgan **aktiv quvvat** (P_1), ya'ni $\overline{D_3a}$ kesma (berilgan *quvvat liniyasi* « $0G$ » ga tushirilgan perpendikular); **elektromagnit quvvat** P_{em} (momentlar masshtabi m_M da – **elektromagnit moment**) – « $0G$ » chizig'iga o'tkazilgan perpendikular ($\overline{D_3a}$) ning elektromagnit quvvat chizig'i HT' (*elektromagnit momenti liniyasi*) bilan kesishgan nuqtasigacha bo'lgan $\overline{D_3c}$ kesma; **foydali quvvat** (P_2) (« $0G$ » chizig'iga perpendikular ($\overline{D_3a}$) yo'nalishda o'tkazilgan chiziqning *foydali quvvati liniyasi* « $0K$ » gacha bo'lgan $\overline{D_3b}$ kesma).

Avtomatika sistemalarida ishlatiladigan asinxron ijrochi motorlar (asinxron mikro motorlar) uchun odatda doiraviy diagrammalardan foydalanilmaydi.

7.1-masala. Uch fazali ($m = 3$) asinxron motorning **7.1-jadvalda kel-tirilgan** parametrlari (ya'ni: nominal quvvati P_N ; stator chulg'amiga berilgan nominal kuchlanishning fazaviy qiymati $U_{1f.N}$; stator chulg'aming fazaviy nominal toki $I_{1f.N}$;

7.1-jadval

Pa- rametr	V a r i a n t l a r					
	1	2	3	4	5	6
P_{2N}, kW	12	70	22	250	16	3,0
$U_{1f.N}$, V	220	220	220	220	1730	220
$I_{1f.N}$, A	25	190	54	60	40	6,3
$2p$	4	4	8	6	8	4
$r_{1(75)}$, Ω	0,32	0,035	0,15	0,68	0,15	1,7
I_{0f}, A	9,7	5,5	32,8	17,5	9,6	1,83
P_0, W	565	6500	1340	10750	950	300
P'_0, W	475	6180	1120	10125	890	283
P'_{mex}, W	250	600	370	1350	279	200
$\cos\varphi_0$	0,10	0,20	0,064	0,12	0,15	0,24
P_q, W	1780	9500	2360	12160	1740	418
U_{qf}, V	57,8	58,0	44,0	360	42,0	59,5
$\cos\varphi_q$	0,34	0,30	0,33	0,25	0,34	0,37

motorning qutblari soni $2p$; stator fazaviy chulg'aming nominal ish rejimidagi, ya'ni 75°C temperaturadagi aktiv qarshiligi $r_{1(75)}$; stator chulg'aming fazaviy salt ishlash toki I_{0f} ; salt ishlash quvvati P_0 ; ideal salt ishlash quvvati $P'_0 = P_0 - 3I_0r_1$; mexanik isroflar P'_{mex} ; salt ishlashdagi quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_0$; tok chastotasi

5. Motorning quvvati va momenti masshtablarini aniqlaymiz:

– quvvat masshtabi

$$m_p = m_1 U_{1f} m_i = 3 \cdot 220 \cdot 0,1 = 66 \text{ W/mm};$$

– moment masshtabi

$$m_M = 9,55 m_p / n_1 = 9,55 \cdot 66 / 1500 = 0,42 \text{ N}\cdot\text{m},$$

bunda $n_1 = 60f_1/p = 60 \cdot 50/2 = 1500$ ayl/min – stator magnit maydonining aylanish chastotasi.

6. Koordinata o‘qlarini chizib, 0 nuqtadan ordinata o‘qida ixtiyoriy uzunlikda \underline{U}_{1f} kuchlanish vektorini quramiz va unga nisbatan φ_0 burchak ostida salt ishlash toki vektori $\underline{OH} = 18,3$ mm ni quramiz va φ_q burchak ostida qisqa tutashuv ioki vektori $\underline{OK} = 230$ mm ni quramiz.

7. «H» nuqtadan absissalar o‘qiga parallel to‘g‘ri chiziq o‘tkazib, unda toklar doirasi diametri D_1 :

$$D_1 = (U_{1f} / x_q) / m_i = (220 / 8,78) / 0,1 = 250 \text{ mm}$$

ga teng bo‘lgan \overline{HC} kesmani qo‘yamiz. D_1 ni hisoblash formulada

$$x_q = Z_q \sin \varphi_q = (U_{qf} / I_{1f}) \sin \varphi_q = (59,5 / 6,3) \cdot 0,93 = 8,78 \ \Omega.$$

Bu yerda $\sin \varphi_q = 0,93$. (**I z o h:** bu qiymat 7.3-jadvalda berilgan $\cos \varphi_q = 0,37$ dan trigonometrik funksiyalar jadvalidan foydalanib $\varphi_q = \arccos 0,37 = 68^\circ$ aniqlanadi va $\sin \varphi_q = 0,9272 \approx 0,93$ ekanligi kelib chiqqan).

8. Izlanayotgan doira aylanasining markazi $HC/2$ masofadagi O_1 nuqtadan toklarning yarim aylanasini o‘tkazamiz. Bunda «H» va «K» nuqtalar shu yarim aylanada bo‘ladi. Bu nuqtalarni birlashtirib *foydali quvvat liniyasi* \overline{HK} ni hosil qilamiz.

9. Doiraviy diagramma aylanasida motorning nominal yuklama rejimiga mos keladigan D_1 nuqtani belgilaymiz. Buning uchun koordinatalar boshi «0» nuqtadan $\overline{OD}_1 = 63$ mm kesmani qo‘yamiz.

10. $\overline{O_1C}$ kesmaning o'rta qismida «F» nuqtadan \overline{HC} diametrga perpendikular tiklaymiz. Bu perpendikular chiziq'ida $\overline{FF_1} = \overline{HF} (r_1/x_q) = 180 \cdot (1,7/ 8,78) = 35$ mm kesmani belgilaymiz.

11. «H» nuqtadan «F₁» nuqta orqali doira aylanasi bilan kesishgan «T» (sirpanishi $s = \pm\infty$) nuqttagacha to'g'ri chiziq o'tkazamiz. Hosil qilingan \overline{HT} chiziq **elektromagnit quvvat (moment) liniyasi**dir. Mazkur chiziq doiraviy diagrammada **elektromagnit** quvvat nolga teng bo'ladigan holatdagi (ya'ni sirpanish $s = 0$ bo'lgan «H» va $s = \pm \infty$ bo'lgan «T») nuqtalarni birlashtiradi. Bu liniyani boshqa masshtabda **momentlar liniyasi** ham deyiladi, chunki $M = P_{em}/\omega_1$; chastota $f_{1N} = \text{const}$ bo'lganda $\omega_1 = 2\pi f_1$ – o'zgarmas son.

12. O_1 nuqtadan \overline{HT} liniyasiga perpendikular o'tkazamiz va uni doira aylanasi bilan kesishguncha («E» nuqta) davom qildiramiz. Shunday hosil qilingan «E» nuqta maksimal momentga mos keladi. Chunki \overline{EN} kesma («E» nuqtadan «HC» liniyasiga tushirilgan perpendikular chiziqning «HT» liniyasi bilan kesishgan nuqtasi «N»gacha bo'lgan oraliq) momentlar masshtabida motorning **maksimal momehtini** ifodalaydi, quyidagi kesmalar nisbati esa:

$$\overline{EN} / \overline{D_1c} = M_{\max} / M_N - \text{motorning o'ta yuklanish qobiliyatidir.}$$

13. Aylanada «D₁» nuqta motorning nominal yuklama rejimiga mos keladi. «D₁» nuqtadan absissalar o'qiga tushirilgan perpendikular $\overline{D_1a}$ to'g'riburchakli uchburchak $O\overline{D_1a}$ ni hosil qiladi. Bu uchburchakning $\overline{OD_1}$ tomoni – statorning nominal tokini (masalani yechish tartibining 4-bandiga qarang), $\overline{D_1a}$ tomoni – stator nominal tokining aktiv tashkil etuvchisini va \overline{Oa} tomoni – stator tokining reaktiv (induktiv) tashkil etuvchisini ifodalaydi.

14. Motorning quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi$ ni aniqlash uchun **$\cos\varphi$ shkalasini quramiz**. Uning uchun ordinatalar o'qida 100 mm diametr («Of»)ga teng bo'lgan yarim aylana chizamiz, so'ngra $\overline{OD_1}$ liniyasini mazkur yarim aylana bilan kesishguncha («h» nuqta) davom qildiramiz. $\overline{Oh} = 88$ mm kesmaning yarim aylana

diametri « $\overline{Of}=100$ mm»ga nisbati motorning nominal yuklamadagi quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi$ ning qiymatiga teng bo'ladi:

$$\cos\varphi = \overline{Oh}/100 = 88/100 = 0,87.$$

15. Motorning sirpanishi « s » va rotorining aylanish chastotasi « n » ni aniqlash uchun «*sirpanish shkalasini*» quramiz. Uning uchun « H » nuqtadan ordinatalar o'qiga parallel qilib \overline{HQ} chizig'ini o'tkazib, « Q » nuqtadan *elektro-magnit quvvat liniyasi* \overline{HT} ga parallel qilib *foydali quvvat liniyasi* \overline{HK} ning davomi « \overline{KL} » bilan kesishguncha (« L » nuqta) davom qildiramiz. Hosil qilingan « \overline{QL} » liniya *sirpanish shkalasini* ifodalaydi (salt ishlash nuqtasi « H »da sirpanish $s \approx 0$, qisqa tutashuv nuqtasi « K »da esa $s = 1$); $\overline{HD_1}$ chiziqni *sirpanish shkalasi* bilan kesishguncha (« s_1 » nuqta) davom qildirilsa, motorning nominal yuklamadagi *sirpanishi* $s_1 = 0,045$ ga teng ekanligi ma'lum bo'ladi. Bu sirpanishda rotorning aylanish chastotasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$n_N = n_1(1-s_1) = 1500 \cdot (1 - 0,045) = 1430 \text{ ayl/min.}$$

16. Motorning nominal quvvati (*tekshirish*)

$$P_N = \overline{D_1b} \cdot m_p = 46 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 3,0 \text{ kW.}$$

17. Motorning nominal rejimda elektr tarmog'idan oladigan aktiv quvvati

$$P_{1N} = \overline{D_1a} \cdot m_p = 55 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 3,6 \text{ kW.}$$

18. Motorning nominal rejimdagi foydali ish koeffitsiyenti (FIK)

$$\eta_N = \overline{D_1b} / \overline{D_1a} = 46 / 55 = 0,87.$$

19. Motorning nominal rejimdagi elektromagnit momenti

$$M_N = \overline{D_1c} \cdot m_M = 51 \cdot 0,42 = 21,4 \text{ N}\cdot\text{m.}$$

Adabiyotlar

- 1. Salimov J.S, Pirmatov N.B.** *Elektr mashinalari*. Texnika oily o‘quv yurtlarining «Elektrotexnika, elektromexanika va elektrotexnologiyalar» yo‘nalishi talabalari uchun dars-lik. T.: O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. – 408 b.
- 2. Salimov J.S, Pirmatov N.B., Bekchanov B.E.** *Transformatorlar va avtotransfor-matorlar*. Texnika oliy o‘quv yurtlari uchun o‘quv qo‘llanma. – T.: «VEKTOR PRESS» nashriyoti, 2009. – 224 b.
- 3. Salimov D.S., Pirmatov N. B., Mustafakulova G.N.** *Didakticheskiy material dlya prakticheskix zanyatiy po kursu «Analiticheskaya elektromexanika»*. Uchebnoye posobiye. – TashGTU, «KUROPRINT», 2013. – 136 s.
- 4. Berdiyev U.T., Pirmatov N.B.** *Elektromexanika*. «Elektrotexnika, elektromexanika va elektrotexnologiyalar» va «Elektr energetika»yo‘nalishlari talabalari uchun darslik. – T.: «Shams-ASA», 2014. – 392 b.
- 5. Bessonov L.A.** *Teoreticheskiye osnovi elektrotexniki. Elektricheskie sepi*. Uchebnik. –10-ye izd. – M.: Gardariki, 1999. – 638 s.
- 6. But D.A.** *Osnovi elektromexaniki: Ucheb. posobie*. – M.: Izd-vo MAI, 1996.– 468s
- 7. Voldek A.I., Popov V.V.** *Elektricheskie mashini. Vvedenie v elektromexaniku. Mashini postoyannogo toka i transformatori*. Uchebnik dlya vuzov. – SPb.: Izd-vo Piter, 2007. – 320 s.
- 8. Voldek A.I., Popov V.V.** *Elektricheskiye mashini. Mashini peremennogo toka: Uchebnik dlya vuzov*.– SPb.: Piter, 2008. – 350 s.
- 9. Goldberg O.D., Xelemskaya S.P.** *Elektromexanika: uchebnik dlya stud. vissh. ucheb. zavedeniy / Pod red. O.D. Goldberga*. – M.: Izdatelskiy. sentr «Akademiya», 2007.– 512 s.
- 10. Kopilov I.P.** *Elektricheskie mashini: Ucheb. dlya bakalavrov*. –2-e izd., pererab i dop. – M.: Izd-vo Yurayt; 2012. – 675 s.
- 11. Proyektirovaniye elektricheskix mashin: Ucheb. dlya vuzov. Pod red. I.P. Kopilova. – 3-ye izd., ispr. id op. – M.: Vissh. shk., 2002. – 757 s.**
- 12. Hoshimov O.O., Imomnazarov A.T.** *Elektr yuritma asoslari. 1-qism*. Bakalavriatu-ra ta’limining “Elektrotexnika, elektromexanika va elektrotexnologiyalar” yo‘nalishi talabalari uchun o‘quv qo‘llanma. – Toshkent, TDTU, 2004. – 194 b.
- 13. Chitechyan V.I.** *Elektricheskie mashini: Sbornik zadach: Uchebnoe posobiye dlya spets. «Elektromexanika»*. – M.: «Visshaya shkola», 1988. – 231 s.
- 14. <http://www.unilib.neva.ru/dl/059/Head.html> (Leontyev A.G. Elektronnaya kniga po elektromexanike).**

MUNDARIJA

1 – topshiriq. Bir fazali ikki chulg‘amli kuch transformatorlari bo‘yicha mustaqil ishlash uchun topshiriqlar	3
2–topshiriq. Uch fazali transformator chulg‘amlarining ulanish guruhlarini aniqlash bo‘yicha topshiriqlar	5
3–topshiriq. Uch fazali moyli kuch transformatorlariga oid topshiriqlar	10
4–topshiriq. Uch fazali quruq kuch transformatorlariga oid mustaqil ishlash uchun topshiriqlar.....	19
5–topshiriq. Uch fazali bir qatlamli sirtmoqsimon chulg‘am bo‘yicha mustaqil ishlashga oid topshiriqlar.....	24
6–topshiriq. Uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlar mexanik xarakteristikalariga oid mustaqil ishlash uchun topshiriqlar	31
7–topshiriq. Uch fazali asinxron motor toklarining soddalashgan doiraviy diagrammasi va uni salt ishlash va qisqa tutashuv tajribalaridan olingan ma’lumotlar bo‘yicha qurish.....	39
Adabiyotlar.....	47

**TOSHEV SHERZOD ERGASHEVICH
QOBILOV RAXIMJON
JUMANAZAROV SHAXZOD**

«Gidroelektr stansiyalarning elektr qismlari»

fanidan amaliy mashg'ulot ishlarini bajarishga oid

uslubiy qo'llanma

Muharrir: M. Mustafayeva

Bosishga ruxsat etildi: 29.06.2024y. Qog'oz o'lchami 60x84 – 1/16
Hajmi: 5.5 bosma taboq. 10 nusxa. Buyurtma №
“TIQXMMI” MTU bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent – 100000. Qori-Niyoziy ko'chasi 39 uy.

