

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**ELEKTR MASHINALARI VA
TRANSFORMATORLARNI ISHLAB
CHIQARISH TEXNOLOGIYASI**
fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarish uchun
USLUBIY KO‘RSATMA

**5310700 –Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalar
(elektr mashinasozlik) bakalavriat ta‘lim yo‘nalishi uchun**

Toshkent 2020

Pirmatov N. B., Egamov A. M., Uroqov S. E.

“Elektr mashinalari va transformatorlarni ishlab chiqarish texnologiyasi” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarish uchun uslubiy ko‘rsatma. – Toshkent: ToshDTU, 2020. 40 b.

Ushbu uslubiy ko‘rsatma 5310700 – «Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari (elektr mashinasozlik) yo‘nalishidagi talabalarga “Elektr mashinalari va transformatorlarni ishlab chiqarish texnologiyasi” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarishda yordam beradi.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy–uslubiy kengashi qarori bilan chop etildi.

Taqrizchilar: Sulliyev A. X. – Toshkent temir yo‘llari muhandislik instituti, “Temir yo‘llar elektr ta‘minoti” kafedrası dotsenti, t.f.n.
Xamutxanov M. M. – Toshkent davlat texnika universiteti “Elektr texnikasi va elektr texnologiyalari” kafedrası dotsenti, t.f.n.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2020

Kirish

O'zbekiston Respublikasi rivojlanishining asosiy talablaridan biri xalq xo'jaligining turli sohalari uchun yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashdir. Buning uchun oliy o'quv yurtlarida o'quv jarayonini yanada takomillashtirish, talabalarni mustaqil ishlashga o'rgatish, kasbiy qobiliyatlarini rivojlantirish lozim bo'ladi. Talabalar bilimini o'quv yili davomida nazorat qilish, bajarilayotgan uy vazifalarini va mustaqil ishlarini kuzatib borish, dars vaqtida ta'lim olishda faol bo'lishlariga o'rgatish ularning chuqur bilimli mutaxassis bo'lishlariga olib keladi. Talabalarning mustaqil ish, uy ishlarini va dars vaqtlarida qanday bilim olayotganlarini tekshirib turish va rivojlantirish shakllaridan biri amaliy mashg'ulotdir.

Ushbu ko'rsatmalar «Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari (elektr mashinasozlik)» yo'nalishidagi talabalarga "Elektr mashinalari va transformatorlarni ishlab chiqarish texnologiyasi" fanidan amaliy mashg'ulotlarni bajarish uchun yordam beradi.

1 – amaliy mashg‘ulot

Radiatori bo‘lgan transformator bakining bukilgan qismi chidamliligini hisoblash

1 – masala. Quvvati 5600 kva bo‘lgan transformatorning radiatori bo‘lgan bakining bukilgan qismi chidamliligi hisoblansin. Bakning ichki o‘lchamlari: reja bo‘yicha 1020 x 2320 mm balandligi (chuqurligi) 2630 mm, qalinligi 6 mm.

Tashqi bosim $0,5 \text{ kG/sm}^2$ bo‘lgan holda bakning silindr qismiga ta‘sirini hisoblash.

$$\frac{100t}{r} = \frac{100 \cdot 0.6}{51} = 1,178$$
$$\frac{l}{r} = \frac{263-1.2}{51} = 5,12,$$

bu yerda $l=1,2$ bakni balanddan material qalinligiga qarab hisoblangan, 1.1- rasmdan eng yaqini $5,5 \text{ kG/sm}^2$ tanlaymiz. Shu tanlangan qiymatdan ko‘rinib turibdiki bak silindr qismi devorlariga qo‘shimcha belbo‘g‘ qo‘yish shart emas.

Bak devorining tekis qismini hisoblashga o‘tamiz.

Bak devor sathini hisoblash

$$L = 263 - 1,2 = 261,8.$$

Bak devor tekis qismi sathini hisoblash:

$$H = 232 - 102 = 130.$$

Devor plastinalari nisbati:

$$\frac{L}{H} = \frac{261.8}{130} = 2.014 \approx 2$$

1.1 va 1.2- rasmlardan $\sigma = 1.15 \cdot 1500 = 1725 \text{ kG / sm}^2$ ni tanlaymiz. Tanlangan qiymatdan ko‘rinib turibdiki, bakning tekis qismidagi bosim oshganligini hisobga olgan holda bakning tekis qismlariga qo‘shimcha ikkita polosa mahkamlanadi. Tepa va pastki qismlariga shveyler mahkamlanadi. Bakning tekis qismi kichrayadi.

$$0.5 (261.8 - 16) = 0.5 \cdot 245.8 = 122.9 \approx 123 \text{ sm.}$$

$$\frac{L}{H} = \frac{130}{123} = 1,055$$

1.2 va 1.3 – rasmlardan σ ni qaytatdan tanlaymiz. $\sigma = 1.15 \cdot 1050 = 1207.5 \approx 1200 \text{ kG / sm}^2$ $f \approx 1.3 \text{ sm}$

Shunday qilib bakning gorizontall qismiga ta‘sir qiladigan bosimning 80 % ni tashkil qiladi.

130 x 123 hajmdagi bakning tekis burchak qismidagi tashqi bosim ta‘sriga chidamliligini tekshiramiz. Chidamliligi darajasi n ($b < a$) quyidagi formula bilan topladi.

$$N = \frac{800 \left(\frac{100t}{b} \right)^2}{\frac{pr}{t}} = \frac{800 \left(\frac{100 \cdot 0.6}{123} \right)^2}{\frac{0.5 \cdot 51}{0.6}} \approx 4.5 > 4.$$

Demak gorizontall holatida qo‘yilgan bitta qo‘shimcha polosa yetarli bo‘lar ekan.

Devorga qo'yilgan qo'shimcha polosa (shveyler)dan keyingi chidamliligi momentini aniqlaymiz.

$$W \geq \frac{PL}{12[\sigma_H]} : \quad P = pbL; \quad L = 130 \text{ sm}; \quad \sigma_i = 1400 \text{ sm};$$

b-to'la balandlikning teng yarmiga teng;

$$b = \frac{261.8}{2} = 130.9 \approx 131 \text{ sm}; P = 0.5 \cdot 131 \cdot 130 = 8515 \approx 8500 \text{ kG}; W \geq \frac{8500 \cdot 130}{12 \cdot 1400} = 65.8 \text{ sm}^2.$$

№16- shveyler vertikal joylashtirilgan holdagi moment qarshiligi 78 sm² ga teng biz hisoblagan qiymat chegaradan chiqmagan holda maqsadiga muvofiq bo'ladi.

3-1 -jadval

Quvvati=5600 kva : U ₁ =35 kv				
N	a, mm	L, mm	H, mm	t, mm
1	1020	2320	2630	5
2	1010	2320	2630	5
3	1020	2340	2630	5
4	1020	2320	2620	5
5	1020	2320	2620	6
6	1020	2320	2630	7
7	1020	2330	2630	5
8	1020	2320	2630	8
9	1040	2320	2630	5
10	1020	2320	2630	9
11	1020	2350	2630	5
12	1020	2320	2640	5
13	1020	2320	2640	6
14	1040	2320	2630	6
15	1020	2330	2630	8
16	1020	2360	2630	5
17	1020	2360	2630	8
18	1020	2320	2630	4
19	1020	2320	2630	10
20	1060	2320	2630	5
21	1060	2320	2630	6
22	1020	2320	2530	5

23	1020	2320	2530	8
24	1020	2320	2530	9
25	1020	2320	2530	10

Izoh: a – eni ; t – qalinligi ; L = uzunligi ; H = balandligi;

2 – amaliy mashg‘ulot

Transformator baki qopqog‘ini hisoblash

2 –Masala. Bak qappqog‘ini hisoblash. Tashqi yoki ichki bosim tasirida bak qopqog‘ini bukilish σ va egilishi f quyidagi formula bilan topiladi:

$$\Sigma = \frac{0.275 p \cdot a^2 \cdot b^2}{t^2 \cdot (a^2 + b^2)}; \quad f = \frac{\alpha \cdot p \cdot a^4}{10^4 E \cdot t^3};$$

bu yerda P –Bosim ; t – qopqoq qalinligi; $E = 2 \cdot 10^2$ kG/sm²
 a va b bakning plan bo‘yicha ichki eni va uzunligi razmerlari.

α -qiymat, yaniy $\frac{b}{\alpha}$ ning nisbatiga bog‘liq.

$\frac{b}{\alpha}$	1	1,25	1,5	1,75	2	∞
α -	138	199	240	264	277	284

Keltirilgan qiymatlarni formulaga qo‘yishdan oldin quyidagi shart bajarilishi lozim, yani bosim 1100 kG/sm², egilishi f esa qopqoq qalinligidan oshmasligi lozim.

Agar hozirgi transformatorning ko‘rib chiqilayotgan qopqoq bukilshiga ta‘sir qilayotgan bosimi katta bo‘lsa, ba‘zi bir transformatorlarning qopqoq bukilshi qopqoq qalinligiga yaqin bo‘lganligi uchun α -qiymatlari quyidagicha bo‘ladi.

$\frac{b}{\alpha}$	1	1,25	1,5	1,75	2	∞
α -	443	657	843	991	1106	1422

Bak qopqog‘ini qalindigini hisoblash. Quvvati 5600 kVA bo‘lgan transformatorning qopqog‘ini hisoblash. Qopqoqning tekis burchakli qismini hisoblangan o‘lchamlari 102 x 232 sm; $R = 0.5$ kG/sm² ga teng.

$$T = \sqrt{\frac{0.275 p a^2 b^2}{[\sigma_n](a^2 + b^2)}} = \sqrt{\frac{0.275 \cdot 0.5 \cdot 102^2 \cdot 232^2}{1100(102^2 + 232^2)}} \approx 1.05 \text{ sm.}$$

Qalindgi 12 mm deb qabul qilingan. Qopqoqning shu qalinlikdagi a -ning qiymati birinchi jadvalga ko‘ra 0.44 sm ga teng; a -ning ikkinchi jadvalga ko‘ra egilish qiymati 1.8 sm ga teng.

3 – amaliy mashgʻulot

Transformator tag qismini hisoblash

3 –Masala. Transformatorning tubi(tagi)ni hisoblash. Transformatorning tub qismini kuchlanish taʼsirda bukilish σ va egilishi f quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\Sigma = \frac{0,375 p \cdot a^2 \cdot b^2}{t^2 \cdot (a^2 + b^2)}; \quad f = \frac{0,036 \cdot p \cdot a^3 b^3}{Et^3 \cdot (a^2 + b^2)}$$

Keltirilgan qiymatlarni formulaga qoʻyishdan oldin quyidagi shart bajarilishi lozim yaʼni bosim 1100 kG/sm^2 , ruxsat etilgan egilishi bak oʻlchamiga bogʻliq.

3.1-Jadval

Transformatorlar turi	Ruxsat etilgan egilishi, mm.
1-chi va 2-chi oʻlchamlarida	8
3-chi oʻlchamlarida	12
4-chi oʻlchamlarida	16-ti va undan katta.

Transformatorning tubi (tagi)ni hisoblash. Quvvati 5600 kVA boʻlgan transformatorning tubini hisoblashda bak ichki qismining xisoblangan oʻlchamlari $102 \times 232 \text{ sm}$; balandligi (chuqurligi) 2630 mm , bak kengaytirgichdagi moyining, bak qopqogʻini hisobga olgan holda 850 mm ga yaqin, moyning bak tubiga tushadigan ogʻirlik 8000 kG ; bak tubiga gʻildirak shveylerlar svarka qilingan bak tubiga tushadigan bosim yuzasi uchta qismga boʻlingan .

Avvalo bak tubiga tushadigan bosimni shveylr svarka qilinmagan hol uchun hisoblaymiz.

Bak tubiga moy bosimi taʼsir qiladigan qismini aniqlash. Bak tubining yuzasi 21400 sm^2 ; bak sigʻimi 5630 dm^3 ; taʼsir qiladigan qismi (aniq ogʻirlik 5.75 kG/dm^3) 1390 dm^3 . Ogʻirlik 3815 kG ; bak kengatirgichdagi moyning chegarasidan bak tubigacha boʻlgan balandlik 3.5 m .

Bak tubiga taʼsir qiladigan bosimni aniqlashning qisqartirilgan formulasi quyidagiga teng:

$$P = \frac{G_{B,q} + G_M}{S} = \frac{8000 + 3815}{21400} = 0.553 \text{ kG /sm}^2.$$

Formulaga koʻra, bak kengatirgichdagi moyini hisobga olgan holda, muayyan bosim taʼsiri quyidagiga teng:

$$P = \frac{G_{B,q}}{S} \left(1 - \frac{0,9}{\gamma_{B,q}}\right) + 0,09 N_r = \frac{8000}{21400} \left(1 - \frac{0,9}{5,75}\right) + 0,09 * 3,5 = 0,63 \text{ kG /sm}^2.$$

Hisobga koʻra muayyan bosim taʼsiri 0.63 kG /sm^2 ; boshqa yuklamalar pastroq bosimga ega, tashqi 0.5 kG/sm^2 dan kamroq bosim sinovdan oʻtkazilganda, pastga tortilish qismining shakllanishi taglikning qalinlgiga svarka qilingan shveylerni hisobga olmagan holda:

$$t = \sqrt{\frac{0.375 p a^2 b^2}{[\sigma_H](a^2 + b^2)}} = \sqrt{\frac{0.375 * 0.63 * 102^2 * 232^2}{1100 * (102^2 + 232^2)}} = 1.37 \text{ sm},$$

chiqqan hisobga ko'ra eng yaqin po'lat listning qalinligini deb 16 mm ni tanlaymiz.

Bak tubiga teleska uchun svarka qilingan shveyllarni hisobga olgan holda hisoblashga o'tamiz. Hisoblanganga ko'ra plastina o'lchamlari 102 x 232 sm. Bak tubidagi shveyllerlar orasidagi bosimini aniqlaymiz.

$$P = \frac{G_{B, \text{q}}}{3ae} \left(1 - \frac{0,9}{\gamma_{B, \text{q}}}\right) + 0,09N_r = \frac{8000 * 0,8435}{3 * 102 * 133,2} + 0,315 \approx 0,5 \text{ kg /sm}^2.$$

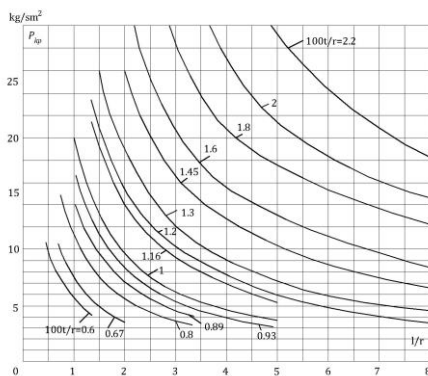
Formula bo'yicha:

$$t = \sqrt{\frac{0.375 p a^2 e^2}{[\sigma_n](a^2 + b^2)}} = \sqrt{\frac{0.375 * 0.5 * 102^2 * 133,2^2}{1100 * (102^2 + 133,2^2)}} = 1,05 \text{ sm.}$$

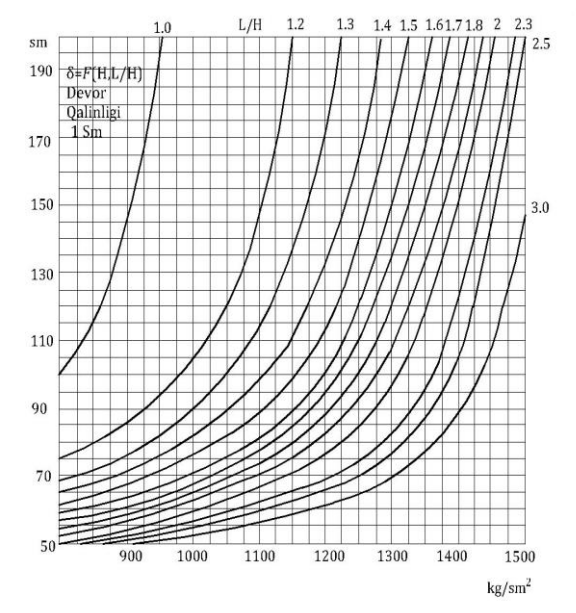
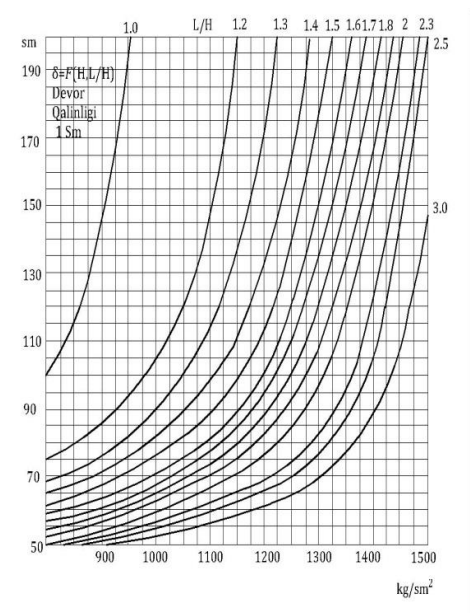
Bak tubining qalinligini 10 mm deb qabul qilamiz, bu holda egilish f quyidagiga teng

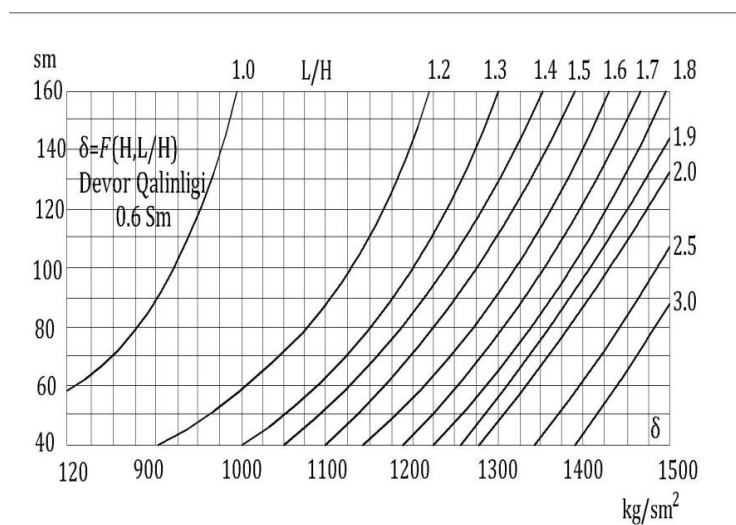
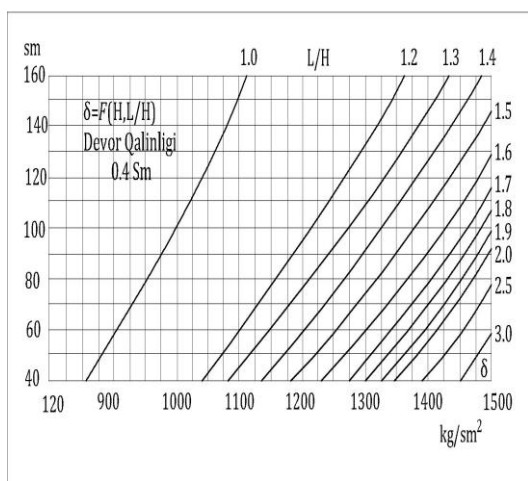
$$f = \frac{0,036.p.a^3.b^3}{Et^3.(a^2 + b^2)} = \frac{0,036 * 0,5 * 102^3 * 133,2^3}{2 * 10^6 * 1^3 (102^2 + 133,2^2)} \approx 0,8 \text{ sm,}$$

bu egilishga ruxsat etiladi.

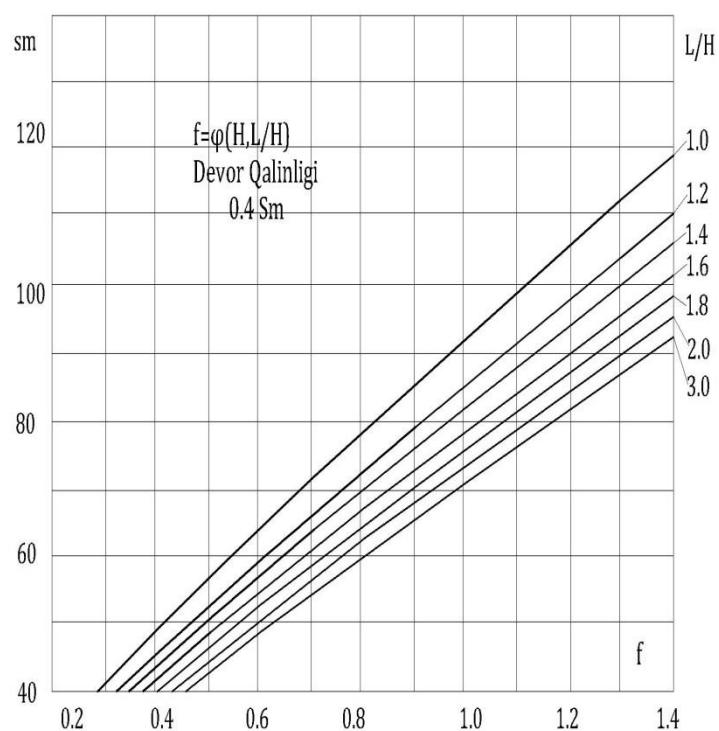
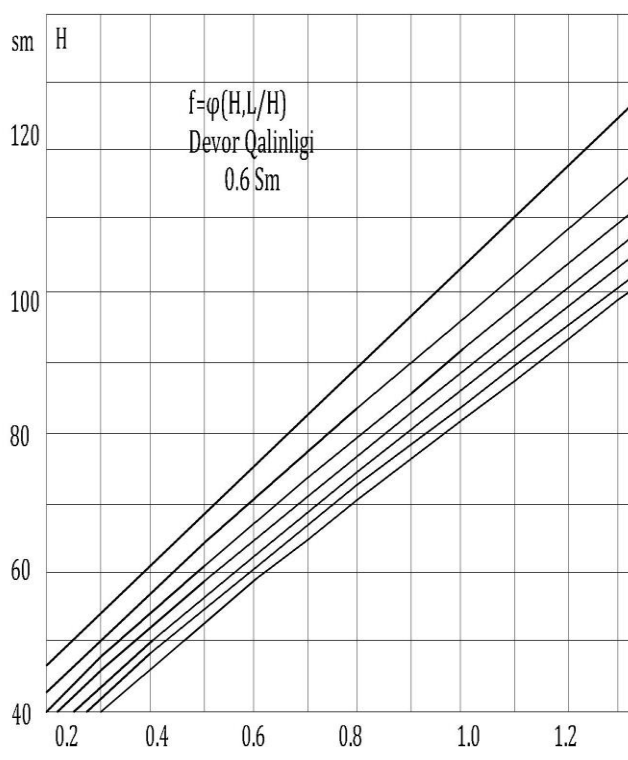


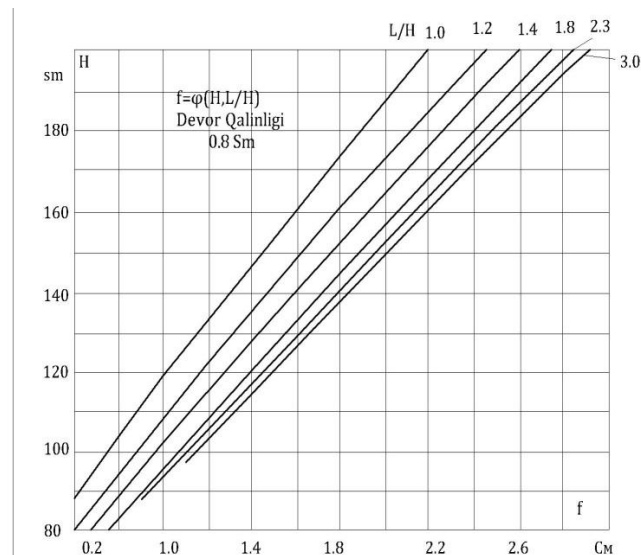
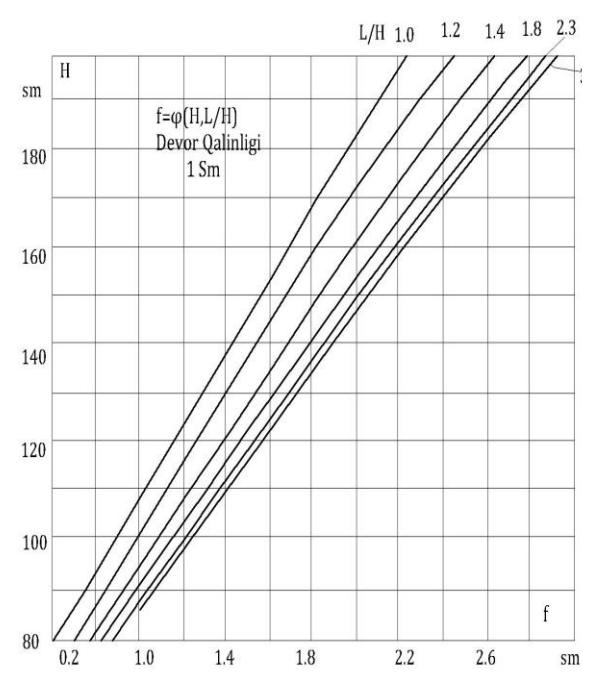
1.1-rasm Tashqi bosim ta'sirida bakning silindr qismiga tushadigan kiritik bosim



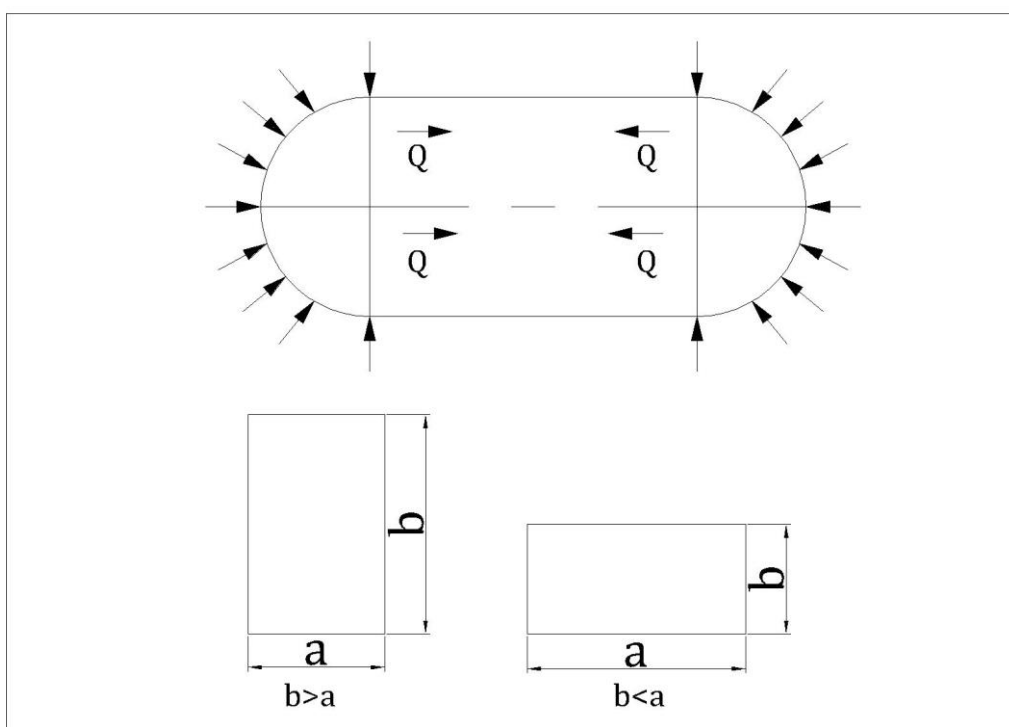


1.2.-rasm. Bakning tekis qismi a , qalinligi 4, 6, 8 va 10 mm bo'lgandagi tashqi $0,5 \text{ kg/sm}^2$ bosim ostidagi grafigi

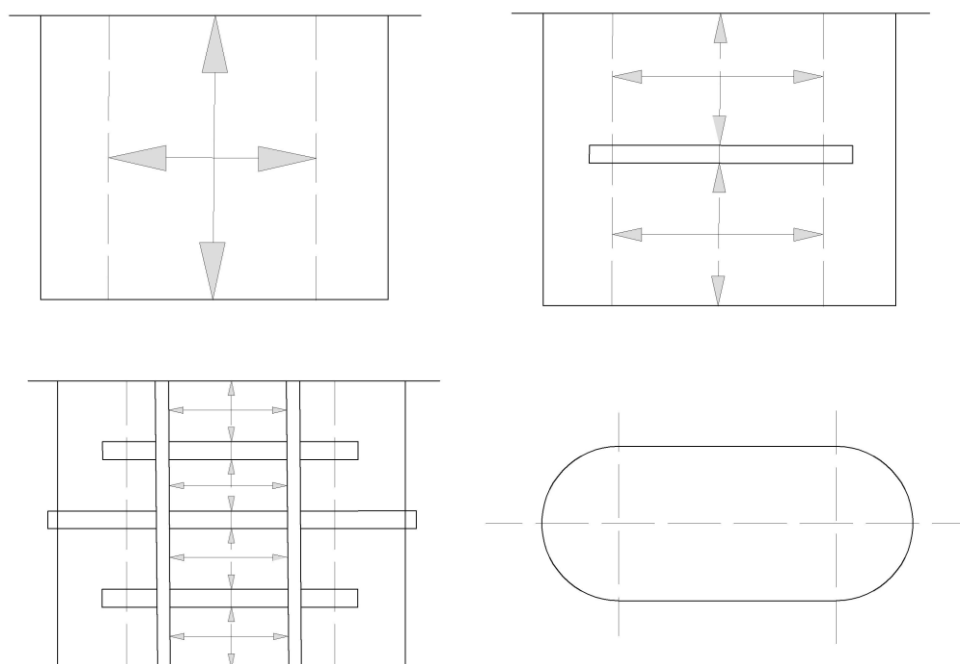




1.3-rasm. Bakning egilish f qismi qalinligi 4,6,8 va 10 mm bo'lgandagi tashqi $0,5 \text{ kg/sm}^2$ bosim ostidagi grafigi



1.4-rasm. Bakning tekis qismining chidamlilik tomonlari



1.5- rasm. kichraytirilgan bak devorning tekis qismi

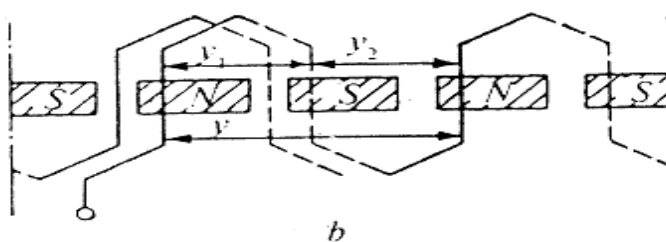
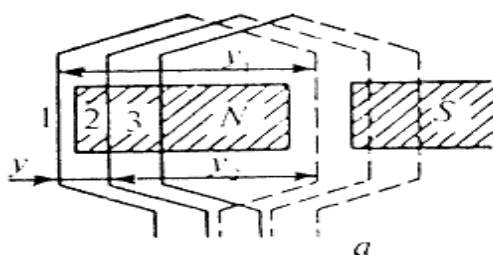
Nazorat savollari

1. Transformator bakining vazifasi nimalardan iborat?
2. Transformator bakiga bosimning taʼsirini tushuntiring?
3. Transformator tashqi va ichki bosimga taʼsiri tushuntiring?
4. Bak kengaytirgichning vazifasi nimalardan iborat?

4 – amaliy mashgʻulot

Elektr mashinasining sirtmoqsimon choʻlgʻamini hisoblash

4 - masala. Berilganlar, yaʼni: pazlar soni $Z = 24$ va qutblar soni $2p = 4$ boʻlgan uch fazali ($m=3$) choʻlgʻamni hisoblash, yoyma sxemasini chizish va uning asosida parallel shoxobchalar hosil qilish hamda choʻlgʻamning pazlardagi EYuK lar yulduzini koʻrish talab etiladi.



Bu holda mashinaning har bitta qutbiga va fazasiga to'g'ri keladigan pazlar soni «q» quyidagicha topiladi:

$$q = Z / (2p \cdot m) = 24 / (4 \cdot 3) = 2.$$

Tish bo‘linmasida ifodalangan qutb bo‘linmasi quyidagicha topiladi:

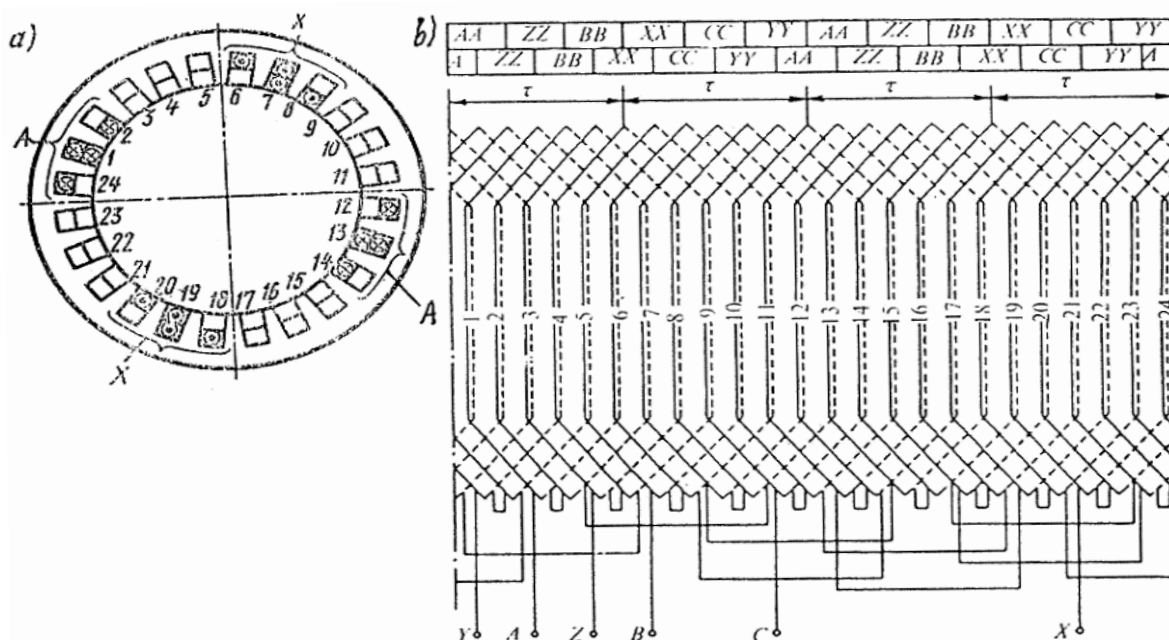
$$\tau = Z / (2r) = 24 / (2 \cdot 2) = 6.$$

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

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

Bu cho'lg'amning sxemasi 10.8-rasmda ko'rsatilgan. Bu cho'lg'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» faza zonasini uchun ajratilsa, u holda «B» faza zonasiga 5 va 6-pazlarni ajratish kerak bo'ladi, chunki «B» faza «A» 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 ($1+4 = 5$; $2+4 = 6$)).

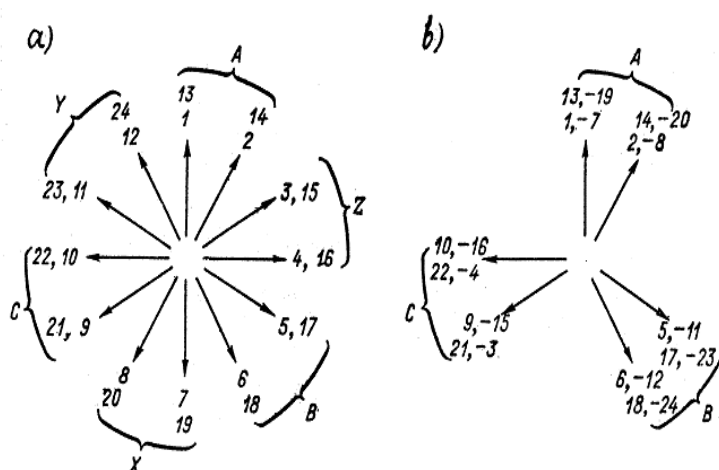
"C" faza zonasi ham "B" faza zonasiga nisbatan 120° ga siljib, $5+4=9$ va $6+4=10$ pazlarni egallaydi. Keyingi qo'sh qutb bo'linmasi davomida ham (pazlar $13 \div 24$) «A», «B» va «C» zonalarining almashib kelishi shunday tartibda amalga oshadi («A» faza zonasiga 13, 14-pazlar; «B» faza zonasiga 17, 18-pazlar; «C» faza zonasiga 21, 22-pazlar to'g'ri keladi). Demak, ustki qatlam shu tarzda taqsimlanadi.



4.2-rasm. Uch fazali ikki qatlamli cho‘lg‘am g‘altaklarining statorda joylashishi (a) va sirtmoqsimon cho‘lg‘amning ($Z=24$, $m=3$, $2p=4$, $\gamma=5$) *yoyma sxemasi* (b)

Boshqa faza zonalarini xam «A», «B», «C» fazalar bo'yicha taqsimlab chiqamiz va ularni mos ravishda «X», «Y», «Z» bilan belgilaymiz. Bunda «A» fazaga tegishli «X» zona uchun «A» zonaga nisbatan $\tau = 6$ taga siljigan pazlarni ajratamiz, ya'ni $1+6=7$, $2+6=8$, $13+6=19$, $14+6=20$ -pazlar. Xuddi shunday «U» zonaga $5+6=11$, $6+6=12$, $17+6=23$, $18+6=24$ -pazlarni, «Z» 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.

«A», «B», «C» va «X», «Y», «Z» zonalar orasidagi farq shundaki, g'altaklarning tomonlaridagi EYuK lar faza bo'yicha 180° siljigan bo'ladi, chunki ular magnit maydonda bir yoki tok son qutb bo'linmasiga siljigan bo'ladi. Ko'rayotgan misolimizda qadam bir tish bo'linmasiga qisqartirilgan, shuning uchun pazlarning pastki qatlamidagi g'altaklar tomonlari, 10.8-rasm yuqori 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.



4.3-rasm. 4.1-rasmda tasvirlangan cho'lg'amning pazlardagi o'tkazgichlar EYUK lari (a) va g'altaklar EYUK lari yulduzalari (b)

Shuni ta'kidlash lozimki, 4.3-rasmdagi «A», «Z», «B», «X», «C», «Y» 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 cho'lg'am uchun taalluqli bo'lib, yuqoridagi hisoblashlarga xojat yo'qdir.

Faza bo'yicha pazlarning tarqalishini cho'lg'am pazlaridagi g'altak (yoki o'tkazgich)larning EYuK lari yulduzi (10.9-rasm) yordamida ham amalga oshirish mumkin.

Qo'shni pazlar o'tkazgichlaridagi EYuK larning faza bo'yicha siljish burchagi α ko'rilayotgan misolda quyidagicha topiladi:

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

Pazlardagi g'altaklar tomonlari EYuK larining vektorlari qo'sh qutb bo'linmasi davomida aylanib kelishi (1÷12 vektorlar) EYuK vektorlarining yulduzi q butun son bo'lganda, mos keluvchi pazlarning (1 va 1+12 =13 hamda shunga o'xshashlar) EYuK lari ustma-ust tushganligi uchun faza bo'yicha takrorlanadi (4.1-rasm). Agarda birinchi ikki vektorni «A» zonasi uchun (1; 2 va 13; 14-vektorlar) ajratsak (1.8-rasm), u holda «B» va «C» zonalaridagi vektorlar «A» zona vektorlariga nisbatan 120° va 240° ga siljigan bo'ladi. «X», «Y», «Z» zonalarining vektorlari esa «A», «B», «C» zonalar vektorlariga nisbatan 180° ga siljigan bo'ladi. Natijada 4.3-rasmdagi yuqori qatorda ko'rsatilgan zonalar bo'yicha pazlarning tarqalishiga ega bo'lamiz.

4.3-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'altaklarning yuqori tomonlaridan boshlab raqamlab chiqamiz. Qo'shni pazlardagi g'altaklarning EYuK lari ham 30° ga siljigan bo'ladi, demak, pazlardagi g'altaklar o'tkazgichlarining EYuK lari yulduzini (1.9,a-rasm) g'altaklar EYuK lari yulduzi (1.9,b-rasm) deb qarash mumkin. Har bir g'altak guruhleri chegarasida $q=2$ g'altaklar ketma-ket ulanadi.

Shunday qilib, «A» faza uchun (4.1,a-rasm) 4 ta, ya'ni 1–2, 7–8, 13–14 va 19–20 g'altaklar guruhiga ega bo'lamiz. Barcha guruh EYUK lari 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 (4.1,b-rasmda *minus* « $\rightarrow$ » ishorali paz raqamlari). Boshqa fazalardagi guruhlarining ulanishi ham xuddi shunday usul bilan amalga oshiriladi.

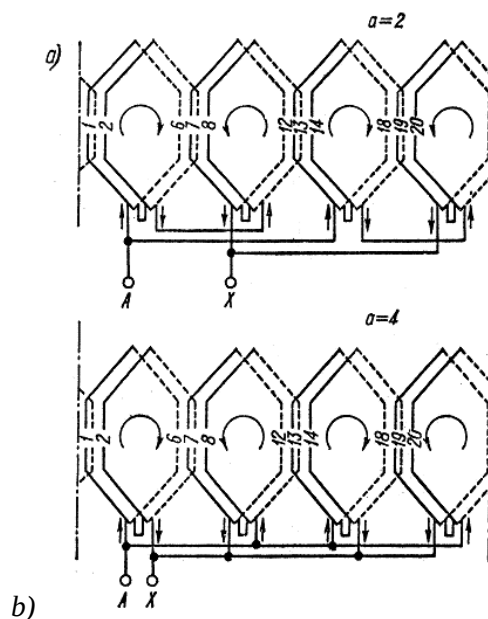
«X», «Y», «Z» zonalaridagi g'altak guruhlarining cho'lgamda teskari ulanishi shu zonalaridagi g'altak EYuK vektorlarining 180° ga burilganiga ekvivalent (teng kuchli)dir. Bunda 4.3,a-rasm o'rniga 4.3,b-rasmdagi g'altaklar EYuK lari diagrammasiga ega bo'lamiz. Bu diagramma uchta sektordan tuzilgan bo'lib, $q = 2$ yoy va fazadagi g'altaklar soniga mos holda $2p \cdot q = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$ vektordan iborat.

Har bir fazadagi EYuK lar mos sektordagi g'altaklar EYuK lari vektorlarining yig'indisiga teng. Demak, hamma fazadagi EYuK lar bir biriga teng va faza bo'yicha 120° ga siljigan bo'ladi.

4.1-rasmda «A», «B» va «C» fazalarning bosh uchlari o'rnida bir-biriga nisbatan 120° ga siljigan 1, 5 va 9 g'altaklarning bosh uchlari olingan. «X», «Y» va «Z» fazalarning oxirgi uchlari o'rnida 19, 23 va 3 g'altaklarning boshlanishi mos keladi.

Faza zonasi $\alpha = 60^\circ$ bo'lgan ikki qatlamli cholg'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 EYuK lar hosil bo'ladigan parallel shoxobchalar (a) ni bajarish mumkin. Masalan, ko'rilayotgan ($2p=4$) cho'lg'amda $a = 1; 2$ yoki 4 ta parallel shoxobcha bajarish mumkin (10.10-rasm).

4.4-rasm. 4.1-rasmda tasvirlangan cho‘lg‘am “A” fazasining parallel shoxobchalar soni $a = 2$ (a) va $a = 4$ (b) bo‘gandagi ulanish sxemasi



Uch fazali ikki qatlamli to‘lqinsimon cho‘lg‘amlar. Katta quvvatli ko‘p qutbli o‘zgaruvchan tok mashinalarida, xususan, gidrogeneratorlarda magnit oqimning kattaligi va g‘altaklar sonining ko‘pligi tufayli stator cho‘lg‘amining zaruriy kuchlanishi g‘altakdagi o‘ramlar soni $w_{g'} = 1$ bo‘lganda erishiladi. Bu holda ikki qatlamli cho‘lg‘am har qaysi pazda faqat ikki o‘tkazgich yoki katta kesimli sterjenlarning pazdan tashqari qismlarini maxsus payvandlash yo‘li bilan hosil qilinadigan o‘ramlardan iborat bo‘ladi. Bunday chulg‘amni *sterjenli cho‘lg‘am* deyiladi.

Sterjenli to‘lqinsimon cho‘lg‘amlar asosan katta quvvatli gidrogeneratorlarning stator cho‘lg‘ami uchun hamda o‘rta va katta quvvatli faza rotorli asinxron motorlarning rotor chulg‘ami uchun qo‘llaniladi, chunki bu holda g‘altak guruhlarini o‘zaro ulashlarning kamayishi hisobiga misni tejashga va chulg‘amni tayyorlash uchun mehnat sarfining kamayishiga erishiladi. Bu iqtisod ayniqsa ko‘p qutbli o‘zgaruvchan tok mashinalarida, masalan, gidrogeneratorlarda anchagina bo‘ladi.

5 – amaliy mashg‘ulot

Elektr mashinasining to‘lqinsimon cho‘lg‘amini hisoblash

5-masala. Quyidagi berilgan qiymatlar bo‘yicha to‘lqinsimon cho‘lg‘amni o‘rganish talab etiladi: $Z = 24$, $m = 3$, $2p = 4$, $q = 2$, $u_1 = 5$, $u_2 = 7$, $\beta = 5/6$.

O‘zgaruvchan tok mashinalarining to‘lqinsimon cho‘lg‘amida pazlar soniga teng bo‘lgan g‘altaklarning umumiy soni uchga bo‘linishi talab qilinadi. Bunday cho‘lg‘amni hosil qilish uchun

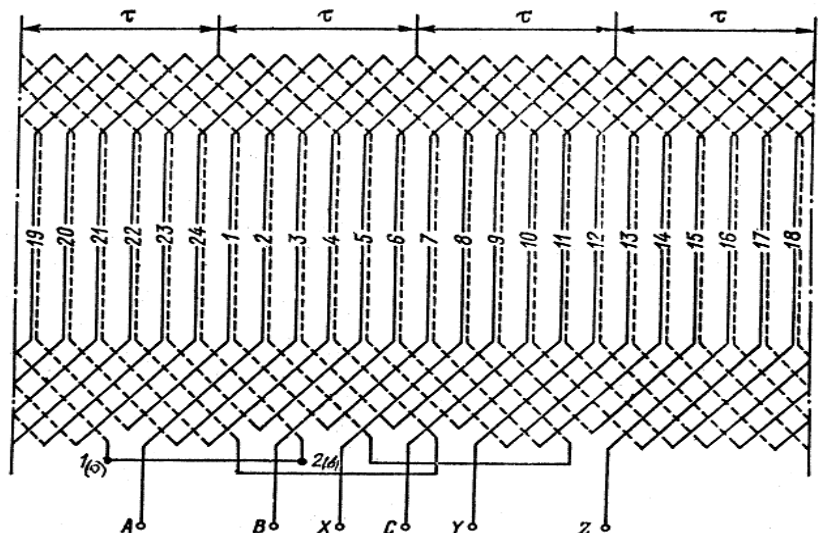
$$y_{nat} = Z / p = 6q$$

natijaviy qadam qo'llaniladi.

Cho'lg'am to'lg'inining har xil qutblar ostidan ketma-ket o'tishida magnit maydonda siljish bo'lmaydi, lekin to'lg'in boshlang'ich o'tkazgichga aylanib (qaytib) kelganda, natijaviy qadam unga nisbatan bitta sterjenga (orqaga yoki oldinga) sun'iy siljish qilinadi va bundan keyin u_{nat} qadam bilan yangi o'tish boshlanadi.

Uch fazali ikki qatlamli sterjenli to'lg'insimon cho'lg'am sxemasi (5.1-rasmdagi sirtmoqsimon cho'lg'amga oid berilganlar bo'yicha) 5.1-rasmda tasvirlangan. Faza zonarlari bo'yicha pazlarning taqsimlanishi va g'altak tomonlari (o'tkazgichlari) EYuK lari yulduzi ikki qatlamli sirtmoqsimonnikini bilan bir xil bo'ladi. Sxemani ko'rib chiqish o'ng'ay bo'lishi uchun cho'lg'am sxemasining chizmasi 5.1-rasmdagiga nisbatan boshqa joydan qirqilgan holda tasvirlangan. 4.3-rasmdagi sxemada «A» fazaning boshlanishi № 2 o'ramdan, ya'ni 2-pazning ustki qatlamidan boshlangan.

5.1-rasm. Uch fazali ikki qatlamli to'lg'insimon cho'lg'am sxemasi ($Z=24$, $m=3$, $2p=4$,



Bu o'ramni hosil qilish uchun pazlar sonida hisoblanadigan to'la qadam $y_\tau = \tau = Z / (2p) = 24 / 4 = 6$ dan bittaga qisqartirilgan ($\beta = y / \tau = 5/6 = 0,833$; $y_1 = y_\tau \cdot \beta = 6 \cdot 0,833 = 5$), ya'ni $2 + y_1 = 2 + 5$ qadamdagi № 2 o'ramning oxiri (7-pazning pastki qatlami)dan to'la qadamga nisbatan bittaga uzaytirilgan $y_2 = 7$ qadam bilan № 14 o'ramga o'tiladi va bu o'ramning oxiri (19-pazning pastki qatlami)da yakor (stator) to'la («p» ta, ya'ni juft qutblar soniga teng bo'lgan $p = 2$ o'ram aylanib chiqiladi.

Yakorni ikkinchi o'tishda 14-o'ramning oxirini 1-o'ram boshiga ulash bilan boshlanadi. Bu ulanish boshqa ulanishlarga (masalan, 2-va 14- g'altaklar orasidagi ulanish 7 ta tish bo'linmasiga teng) nisbatan qisqa. Yakorni ikkinchi aylanishda yana $p=2$ ta (1 va 13) g'altak o'tiladi va bu aylanishni 18-pazning pastki tomoni (5.1-rasmda 1_(o))dan chiqish bilan tugaydi (bunda indeks «(o)» – oxiri degan ma'noni beradi). Berilgan misolda $q = 2$ bo'lgani uchun shu bilan yakor atrofini aylanib o'tishning birinchi sikli tugaydi. Bitta qutbga va har bitta fazaga to'g'ri keladigan pazlar soni $q = 3$, 4 va undan ko'p bo'lganda bu sikl 3, 4 va boshqa o'tishlar (aylanib chiqishlar)ni o'z ichiga olib, bunga cho'lg'amning «pq» o'ram

(ya'ni g'altak)lari kiradi (berilgan misolda $2 \times 2 = 4$ o'ram), ya'ni fazaning barcha $2pq$ g'altaklarining yarmi kiradi.

5.1-rasmda «A» fazani aylanib o'tishning ikkinchi sikli ($2_{(b)}$ ning oxiri) 19 - g'altakning pastki tomoni (ya'ni 24-pazning pastki tomoni)dan boshlangan, bunda (berilgan holda) fazaning barcha o'ramlari $1_{(o)}2_{(b)}$ ulagich orqali ketma-ket ulangan. Aylanib o'tishning ikkinchi sikli teskari yo'nalishda amalga oshiriladi, shu bilan birga $q = 2$ aylanib o'tishda 20, 8, 19, 7 pazlardagi g'altaklarni qamrab oladi va fazaning oxiri «X» bilan tugaydi. «B» va «C» fazalardagi ulanishlar ham shunga o'xshash bajariladi. O'zgaruvchan tok mashinasining qutblar sonidan qat'iy nazar cho'lg'am har qaysi fazadagi aylanib o'tishlar sikllarini ulaydigan uchta ulagichdan iborat bo'ladi.

Shunday qilib, to'liqsimon cho'lg'amning har bitta fazasi har qaysida «pq» g'altak bo'lgan ikkita qismdan tashkil topgan. Bu qismlarni parallel ulasa ham bo'ladi. Bu holda to'liqsimon cho'lg'am o'ng'ay bajariladigan $a=2$ parallel shoxobchalarga ega bo'lishi mumkin.

Ta'kidlash lozimki, qisqartirilgan qadamli to'liqsimon cho'lg'amlar sirtmoqsimon cho'lg'amlardagi singari mashinaning elektromagnit xossalarini yaxshilaydi, lekin cho'lg'amning birinchi qisman qadami y_1 bittaga qisqartirilib, ikkinchi qisman qadami y_2 esa bittaga uzaytirilgani tufayli cho'lg'amning pazlardan tashqari qismining umumiy uzunligi o'zgarmaydi va demak, mis tejalmaydi.

Ikki qatlamli sterjenli to'liqsimon cho'lg'amlar o'rta va katta quvvatli faza rotorli asinxron motorlarning rotor cho'lg'omini bajarishda ham keng qo'llaniladi. Bu holda cho'lg'am to'la qadam ($y = \tau$) bilan bajarilib, uning A, B, C boshlari va X, Y, Z oxirlari, rotor massasini muvozanatlash maqsadida, aylana bo'yicha bir tekis taqsimlanadi.

Nazorat savollari

1. O'zgaruvchan tok elektr motorlarini cho'lg'am turlarini tushuntiring?
2. O'zgaruvchan tok elektr motorlarini cho'lg'am farqini tushuntiring?
3. O'zgaruvchan tok elektr motorlarini cho'lg'am qadamlarini tushuntiring?
4. Cho'lg'amning parallel shoxobchalar sonini tushuntiring?

6 - amaliy mashg'ulot

O'zgarmas tok mashinasining izolyatsiyasi qalinligini hisoblash

6-masala. O'zgarmas tok mashinasini quyidagi kattaliklar berilgan.

$$P_{HO.M} = 75 \text{ kVt, maksimal aylanish tezligi } 2200 \text{ ayl/min, } D_2 = 25,8 \cdot 10^{-2} \text{ m, } l = 26,7 \cdot 10^{-2} \text{ m, } Z_2 = 27, N_n = 12, h_n = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m, } b_n = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m; } q_a = 16,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2, \\ q_n = 0,2 \cdot 10^{-2} \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2.$$

$$\text{bu (1.101) } m'_{o.u} = m'_o + m'_u = [8,9q_a N_n + 2,5(b_n h_n - q_a N_n)] \cdot 10^3$$

$$m'_{o.u} = [8,9 \cdot 16,5 \cdot 10^{-6} \cdot 12 + 2,5(1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^{-2} - 16,5 \cdot 10^{-6} \cdot 12)] \cdot 10^3 = 2,140 \text{ kg.}$$

Cho'lg'amning izolyatsiya bilan birgalikdagi og'irligi.

$$m = m_{o,u} = m_0 + m_u = m'_{o,u} Z_2 l$$

$$m_{o,u} = 2,14 \cdot 27 \cdot 26,7 \cdot 10^{-2} = 15,4 \text{ kg.}$$

Markazdan qochirma kuch.

$$\sigma_0 = 0,51 D_2^2 (h_{\max} / 1000) \cdot 10^7$$

$$\sigma_0 = 0,51 \cdot 25,8^2 \cdot 10^{-4} \left(\frac{1,2 \cdot 2200}{1000} \right)^2 \cdot 10^7 = 2,37 \cdot 10^6 \text{ Pa.}$$

$$Po (1.107) w_\delta = 0,9 \frac{m(D_2 - h_n)}{d_\delta (\sigma_{don} - \sigma_0)} (h_{\max} / 1000)^2 \cdot 10^3$$

$$w_\delta = 0,9 \frac{15,4(25,8 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2})}{3 \cdot 10^{-6} (150 \cdot 10^6 - 2,37 \cdot 10^6)} \left(\frac{1,2 \cdot 2200}{1000} \right)^2 \cdot 10^3 = 49,7 \approx 50.$$

Yakorning 1-m uzunligiga ketadigan misning izolyatsiyasi blan birgalikdagi og'irligi.

$$m'_{o,u} = m'_o + m'_u = [8,9q_a N_n + 2,5(b_n h_n - q_a N_n)] \cdot 10^3,$$

bu yerda q_a - o'tkazgichning yuzasi, m^2 ; N_n -pazdagi o'tkazgichlar soni; b_n -pazning eni.

$$m = m_{o,u} = m_0 + m_u = m'_{o,u} Z_2 l,$$

bu yerda Z_2 - yakorning pazlar soni

l -yakor o'tkazgichining to'la uzunligi , m;

Shisha tolali bog'lam uchun , Pa,

$$\sigma_0 = 0,51 D_2^2 (h_{\max} / 1000) \cdot 10^7.$$

Bog'lama uchun ishlatiladigan tasma LSB (tu 6.11.22) qalinligi 0.18 , ..0,2 mm va eni 10, 15, 20, 25, 30 mm yakorning magnit o'tkazgichning bog'lamiga ishlatiladigan kanopning qalinligi 2 mm dan 3,5 mm gacha tanlanadi.

7 - amaliy mashg'ulot

Elektr mashinasi uchun izolyatsiya sifatida ishlatiladigan ponaning chidamliligini hisoblash

7- Masala. Bundan oldingi masalada ko'rilgan kattaliklar bo'yicha ko'rib chqiladi.

$$\text{Paz o'lchamlari } h_n \times b_n = 3,6 \cdot 10^{-2} \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} \quad h_n \times b_n = 3,6 \cdot 10^{-2} \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

Qolgan qiymatlar o'zgarmaydi

$$m'_{o,u} = [8,9 \cdot 16,15 \cdot 10^{-6} \cdot 12 + 2,5(1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 3,6 \cdot 10^{-2} - 16,15 \cdot 10^{-6} \cdot 12)] \cdot 10^3 = 2,320$$

Cho'lg'amning paz qismidagi markazdan qochirma kuchi:

$$C' = 5,5 \cdot 2,320(25,8 \cdot 10^{-2} - 3,6 \cdot 10^{-2}) \left(\frac{1,2 \cdot 2200}{1000} \right)^2 \cdot 10^3 = 19,74 \cdot 10^3 \text{ N/m.}$$

Ponaning materiali – tekstolit $\sigma = 35 \text{ MPa}$, $b_k = 14 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ni tanlaymiz.

$$h_k \geq 1,22 \sqrt{\frac{19,74 \cdot 10^3 \cdot 14 \cdot 10^{-3}}{350 \cdot 10^5}} = 3,43 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

1.9 -jadvaldan ponani tanlaymiz $h_k = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $b_k = 12 + 1,2 = 13,2 \text{ mm}$; $h_0 = 3,5 \text{ mm}$.

Bukilish va kesishga nisbatan chidamlilikni hisoblab tekshiramiz:

$$\sigma = 1,5 \frac{19,74 \cdot 10^3 \cdot 13,2 \cdot 10^{-3}}{4^2 \cdot 10^{-6}} = 24,4 \cdot 10^6 < 35 \cdot 10^6 \text{ Pa};$$

$$\tau = 0,5 \frac{19,74 \cdot 10^3}{3,5 \cdot 10^{-3}} = 2,82 \cdot 10^6 < 15 \cdot 10^6 \text{ Pa.}$$

Tanlangan ponaning mexanik chidamliligi yetarli.

Ponalar asosan getanaks, tekstolit, oynali tekstolit va yog'ochdan tayyorlanadi.

Ponalarining asosan o'rta qismiga nisbatan bukilishi tekshiriladi.

Bukilishga nisbatan chidamlilikni tekshirishdan maqsad pazdagi cho'lg'amni markazdan qochirma kuch vaqtidagi mustahkamligini ta'minlashdan iborat. Hisoblash vaqtida asosan 1 m ga nisbatan olinadi. Ponaning qalinligi hisobga qarab tanlanadi:

$$h_k \geq 1,22 \sqrt{C' b_k / \sigma_{don}}.$$

1 m, n/m nisbatan markazdan qochirma kuchni hisoblash formulasi

$$C' = 5,5 m'_{o,u} (D_2 - h_n) \left(\frac{h_{\max}}{1000} \right)^2 \cdot 10^3,$$

Pona o'lchamlari

7.1-jadval

$h_k, \text{ mm}$	3	4	5	6	7	8
$b_k, \text{ mm}$	$b_n + 1$	$b_n + 1,2$	$b_n + 1,8$	$b_n + 2,3$	$b_n + 2,9$	$b_n + 3,2$
$h_0, \text{ mm}$	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7

Pona tanlangandan kegin bukilishga nisbatan tekshiruv hisobi o'tkaziladi, Pa,

$$\sigma = 1,5 C' b_k / h_k^2.$$

Kesishga nisbatan chidamliligi, Pa,

$$\tau = 0,5 C' / h_0,$$

8 - amaliy mashg'ulot

1-gabaritli o'zgarmas tok mashinasi uchun magnit o'zak tayyorlashni hisoblash

8 – Masala. Diametiri 83 mm bo'lgan o'zgarmas tok mashinasining 1-gabaritli yakorining magnit o'zagini tayyorlash. Eni 87.5 mm bo'lgan elektrtexnik po'latdan shtamplash, o'lchami 700 x 1400.

Formuladan ko‘rinib turibdiki $a = D + s + (D + s)(i - 1) \cos 30^\circ$,
bu yerda i -kesish qatori.

$$a = 83 + 4,5 + 87,5 \cdot 8 \cos 30^\circ = 697,5 < 700.$$

Kesish qatori $9 \cdot 16 = 144$. U faqat 140, aylana 15 bo‘yicha hisobga olingan bo‘ladi.

k_n - shtampovka qilish davridagi koeffitsiyent:

$$k_n = \frac{n \cdot 0.785 \cdot D^2}{a \cdot b} = \frac{128 \cdot 0.785 \cdot 83^2}{700 \cdot 1400} = 0,71.$$

Shaxmat shaklida shtamplash davrida:

$$k_n = \frac{n \cdot 0.785 \cdot D^2}{a \cdot b} = \frac{128 \cdot 0.785 \cdot 83^2}{700 \cdot 1400} = 0,71.$$

$$k_n = \frac{n \cdot 0.785 \cdot D^2}{a \cdot b} = \frac{140 \cdot 0.785 \cdot 83^2}{700 \cdot 1400} = 0,77.$$

9 - amaliy mashg‘ulot

O‘zgarmas tok mashinasining yakor cho‘lg‘amini yoyma sxemasini chizishda amalga oshiriladigan hisoblashlar

9-masala. O‘zgarmas tok mashinasining yakor cho‘lg‘amini yoyma sxemasini chizish uchun elementar pazi $Z_{эл}$ va qutublar soni kerak bo‘ladi. 9.1 – jadvalda keltirilgan kattaliklardan foydalangan holda, yakor cho‘lg‘amini oddiy to‘lqinsimon (ot) yoki oddiy sirtmoqsimon (os) usulda yakorning yoyma sxemasini chizamiz.

Cho‘tkalarni joylashtirish jarayonida qutblarning joylashishiga e‘tibor berish lozim. Yakordagi parallel seksiyalar cho‘lg‘amlarning joylashishiga qarab, ularning umumiy qarshiliklari hisoblanadi, bitta seksiyaning qarshiligi $r_c = 0,02 \text{ Om}$ (bitta cho‘lg‘amli seksiya) ga teng.

9.1 - jadval

O‘lchamlar	Cho‘lg‘am turiga qarab variantlar									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	OT	OT	OT	OS	OT	OS	OT	OS	OT	OS
$Z_{эл}$	17	25	33	32	23	21	29	30	27	28
$2p$	4	6	8	1	1	8	4	6	4	6

1-variantni yechilishi (oddiy to‘lqinsimon cho‘lg‘am uchun).

1. Kollektorga qarab cho‘lg‘amning qadami (chap taraflami chulg‘am)

$$y_k = y = (K - 1)/p = (17 - 1)/2 = 8 \text{ бўлинма.}$$

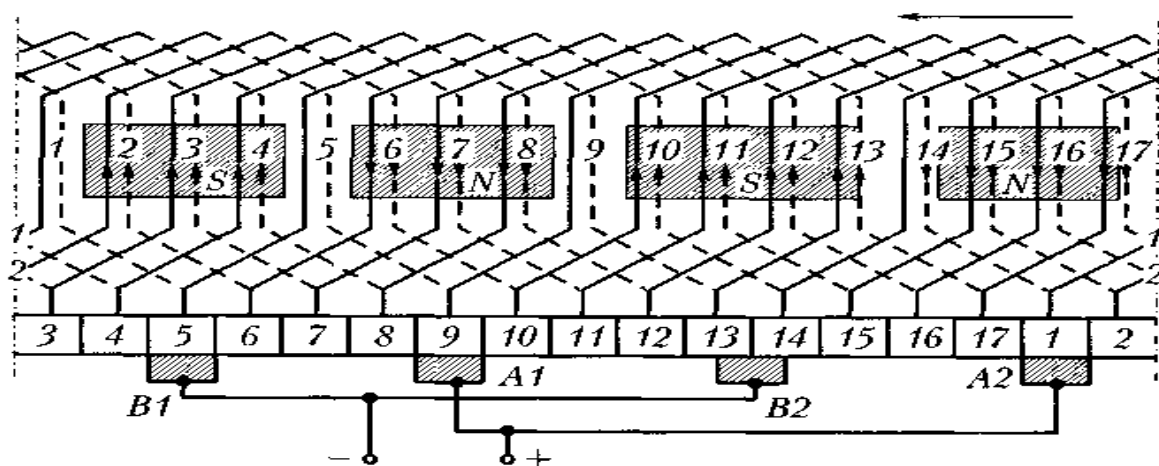
2. O‘ng taraflama cho‘lg‘am

$$y_1 = (Z_3 2p) \pm \varepsilon = (17/4) - 0,25 = 4 \text{ паза}$$

3. Cho'lg'amning yoyma sxemasi (9.1-rasm.). A4 – o'lchamli formatga joylash-gan 17 pazli, pazning cho'lg'amlarini teppa va pastki qismida joylashgan chulg'amlarning ko'rinadigan qismlarini uzliksiz chiziqlar bilan ko'rinmaydigan qismlarini uzoq chiziqlar bilan ko'rsatilgan va 17 kollektorning bo'linmasi ko'rsatilgan.

4. Birinchi bo'lib yakor va kollektorning 1 bo'linmasidan boshlab 1 va 9 bo'linmalar orasiga birinchi seksiyani joylashtiramiz aktiv qismlari 1,5,9 va 13 larga joylashadi va 17 va 8 bo'linmalar orasiga ikkinchi seksiyani joylashtiramiz. Shu ketma-ketlikda takrorlanadi toki birga qaytib kelguncha.

Keyin to'rtta qutibga qarab kollektor cho'tkalarini geometrik neytralga joylashtiramiz.

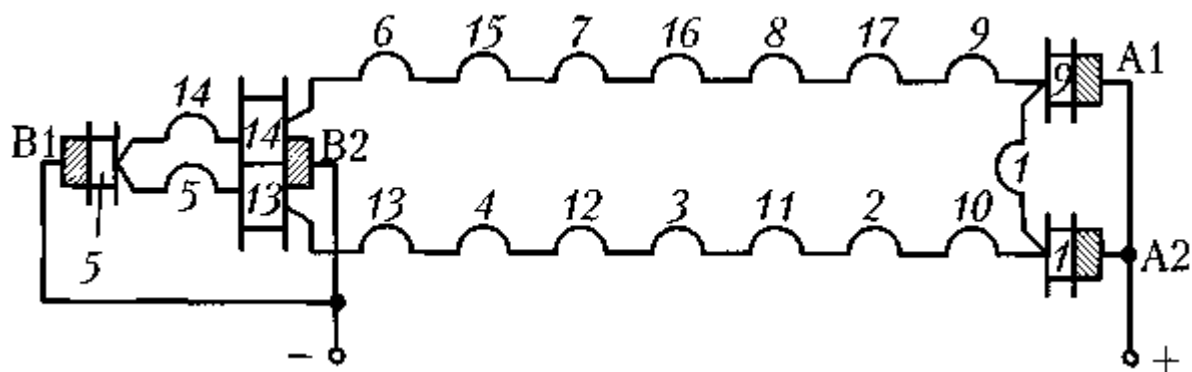


9.1- rasm oddiy to'liqin simon cho'lg'amning yoyma sxemasi: $2r = 4$; $Z = 17$;
 $y_1 = 4$ paz

Yakorning aylanish yo'nalishi bo'yicha, cho'lg'am seksiyasini EYuK ning qutb bo'linmasi ostida joylashganini aniqlaymiz.

Keyin parallel shoxobchalarining sxemasini chizamiz (9.1-rasm.). Kollektorga nisbatan cho'tkalarining joylashishi 9.2 – rasmda ko'rsatilgan 1 va 5 kollektor plastinkalarda joylashgan A1 va A2 cho'tkalar bir biri bilan qisqa tutashtirilgan shu jumladan B1 va B qolgan seksiyalar ikki yonma-yon seksiyalarga bo'linadi va cho'tkalar ham bir biri bilan qisqa tutashtirilgan. Cho'lg'amlarning «plyus» va «minus» ishoralari orasidagi izolyatsiya qarshiliklari quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$r_a = \frac{r_c * 7}{2} = \frac{0,02 * 7}{2} = 0,07 \text{ Ом.}$$



9.2-rasm. Oddiy to'liqsimon cho'lg'amning parallel shoxobchalarning joylashish sxemasi (5.6 -rasm)

Nazorat savollari

1. O'zgarmas tok mashinasining izolyatsiyasi qalinligi nimalarga bog'liq?
2. O'zgarmas tok mashinasida qo'llaniladigan ponaning vazifasi nimadan iborat?
3. O'zgarmas tok mashinasining magnit o'zagi vazifasi nimalardan iborat?
4. O'zgarmas tok mashinasining yakor cho'lg'amining qadamlarini tushuntiring?

10 - amaliy mashg'ulot

Stator shaklini lisdan kesish

10-masala. Yakor va rotor uchun mo'ljallangan elektr texnik po'lat listning shakli aylana shaklda bo'lishi maqsadga muvofiq bo'ladi, statorga mo'ljallangan listning tashqi shakli chegarasi istalgan shaklda bo'lishi mumkin. Bu holda statorning magnit o'zagini kesib olgandan keyingi chetidan qolgan qismidan kerakli maqsadda foydalanish mumkin bo'ladi.

Kvadrat shakldagi listdan stator magnit o'zagini shtamplab kesish har xil yuzani olish imkonini beradi. 10.1-rasmdan ko'rinib turibdiki, tashqi diametr D_a uncha katta bo'lmagan o'lchamga ega.

$$h_{\text{maks}} = \frac{D_d - D_n}{2}.$$

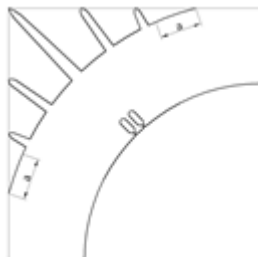
Kvadrat shakldagi listning stator spinkasi balandligini bosqichma bosqich eng kichik holgacha kesib boriladi.

$$h_{\text{min}} = \frac{D_a - D_n}{2}.$$

Shu holatda, statorning spinkasi balandligining induksiya o'lchamlari shu shaklda o'zgartirib boriladi.

$$h = \beta \frac{h_{\text{maks}} + h_{\text{min}}}{2}.$$

$\beta < 1$ yelka qismining har xil yuzasiga to'yinish koeffitsiyentining ta'sir qilishi.



10.1-rasm. Stator listida sovutish qovurgʻasini joylashtirish

Agar diametriga D_p yelka balandligini hisob boʻycha ikki barobarga oshirilsa, diametrni quyidagicha hisoblaymiz:

$$D_e = D_p + 2h.$$

Shunday qilib, elektr texnik poʻlatni tejash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$E = 1 - \frac{D_a^2}{D_s + c)^2},$$

Asinxron motorning quyidagi qiymatlari berilgan: $D_p = 75$ mm, $D_a = 117$ mm, $D_d = 145$ mm,

$$h_{\text{maks}} = \frac{D_d - D_p}{2} = \frac{145 - 75}{2} = 35 \text{ mm};$$

$$h_{\text{min}} = \frac{D_a - D_p}{2} = \frac{117 - 75}{2} = 21 \text{ mm};$$

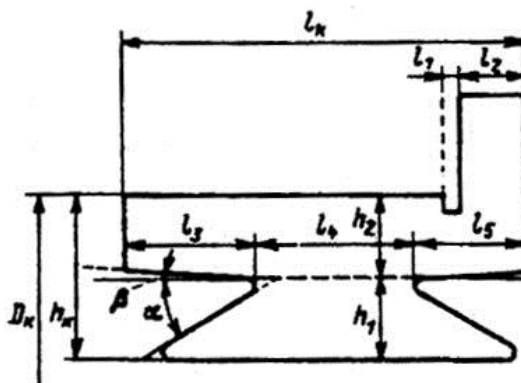
$$h = \beta \frac{h_{\text{maks}} + h_{\text{min}}}{2} = \frac{0,9 (35 + 21)}{2} = 25 \text{ mm}; \quad \beta = 0,9 \text{ ni tanlab, quyidagini olamiz}$$

$$D_e = D_p + 2h = 75 + 2 \cdot 25 = 125 \text{ mm}.$$

Poʻlat listni tejash.

$$\Xi = 1 - \frac{D_a^2}{D_s + c)^2} = 1 - \frac{117^2}{(125 + 5)^2} = 1 - 0,81 = 0,19, \quad \text{ya'ni } 19\%.$$

Kollektor plastinkasini pastki flyans qismi bilan birgalikda mexanik hisoblash.



10.2-rasm. Kollektor plastinkasi

Yuqorida ta'kidlanganidek, egilish jarayonida ko'ndalang yuzasiga ta'sir qiladigan kuchlanish $I-I$, Pa, Quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\sigma_{\kappa 1} = \frac{3 l (C_{\kappa 1} + F_{\kappa 1})}{2 b_{\kappa 1} (h_2 - \varepsilon)^2}, \quad 1.115.$$

bu yerda $b_{\kappa 1}$ - kollektor plastinkalarining oxirgi qismi o'rtacha qalinligi, m:

$$b_{\kappa 1} = \frac{\pi(D_{\kappa} - h_2 - \varepsilon)}{K} - b_u;$$

bu yerda b_u -mikanitli qistirma qalinligi; K - kollektor plastinkalarining soni; l_3, h_2, D_{κ} - o'lchamlari, m, 10.26) – rasmda berilgan.

Markazdan qochirma kuch $C_{\kappa 1}$, N, quyidagi formula bilan topiladi:

$$C_{\kappa 1} = 11 m_{\kappa 1} R_{01} (n_{\max} / 1000)^2 \cdot 10^3,$$

bu yerda $R_{01} = (D_{\kappa} - h_2 - \varepsilon) / 2$ - kollektor plastinkalarining oxirgi qismi radiusi, m;

$m_{\kappa 1}$ - chiqqan qismining og'irligi (tugash qismi), kg:

$$m_{\kappa 1} = 8900 S_{\kappa 1} b_{\kappa 1};$$

$S_{\kappa 1}$ -chiqqan qismining yon tomoni yuzasi, m².

Radial tashkil etuvchi kuchning arka simon qismiga ta'siri, N,

$$F_{\kappa 1} = 2 p_0 S_{\kappa 1} \frac{\pi}{K}.$$

Plastinalar orasidagi bosim p_0 shunday tanlanishi lozimki, bosim ta'sirida radial tashkil etuvchisiga ta'sir qilmasin. Bu bosimni quyidagi formula orqali aniqlash mumkun, Pa,

$$p_0 = \left[60 + 5 \left(\frac{n_{\max}}{1000} \frac{D_{\kappa}}{10} \right)^{3/2} \right] \cdot 10^5,$$

bu yerda D_{κ} - kollektorning diametri, sm.

II –II bo'limdagi yuzaga tushadigan kuchlanishni analitik hisoblaganda (tojni hisobga olgan holda) III –III yuzaga tushadigan tortuvchi va siquvchi kuchlarni inobatga olgan holda hisoblash talab qilinadi.

$$\sigma_x = \frac{3(C_x + F_{p.x})l_{\delta}}{b_{\kappa.x} h_1^2},$$

bu yerda $b_{\kappa.x}$ -kollektor dumi o'rtasining yuzasi, m:

$$b_{\kappa.x} = \frac{\pi(D_{\kappa} - 2h_2 - h_1)}{K} - b_{\kappa};$$

h_1, l_{δ} -o'lchamlar, m (10.2 – rasmdan olinadi).

Markazdan qochirma kuch C_x , va arksimon qismining radial tashkil etuvchi kuchi $F_{p.x}$ (1.116) va (1.117) formulalar orqali topiladi. Bunda $m_{\kappa 1}$ ning o'rniga kollektor plastinkalarining to'la og'irligi olinadi $S_{\kappa 1}$ - ning o'rniga plastinkalarning yon qismi yuzasi olinadi. Inersiya radiusi quyidagiga teng. Kuchlanish σ_x , va σ_{κ} 120 Mpa oshmasligi lozim. Mikanitli manjetning siqish kuchlanishi, 1 m² yuzasi uchun manjetning konusli burchagi α ni quyidagi formula orqali topamiz:

$$\sigma_M = (C_x + F_{p.x}) / (2b_{\kappa.x} a \cos \alpha),$$

bu yerda $a - 10.2 \text{ a}$) – rasmdan olinadi.

Tortish kuchlanishi 50 MPa dan oshmasligi lozim.

Tortish jarayonida boltlarga tushadigan kuchlanish, Pa,

$$\sigma_{\delta} = \frac{(C_x + F_{p.x})Ktg\alpha}{1,56d_{\delta}^2 m_{\delta}}$$

bu yerda d_{δ} - boltning diametri, m; m_{δ} - boltlar soni.

Olingan qiymatlar 300 MPa dan oshmasligi lozim.

Flyansli tortuvchi gayka orqali, rezba o‘ramlarini presslovchi kuch orqali uzilish jarayonigacha tekshiriladi, Pa:

$$\sigma_r = \frac{(C_x + F_{p.x})Ktg\alpha}{2\pi D_r m_r}$$

Kuchlanish 80 MPa dan oshmasligi lozim.

Kollektor plastinkalarining qizishi natijasida hosil bo‘lgan qo‘shimcha kuchlanish mis va po‘latlarning kengayishiga bir xil ta‘sir qilmaydi. Bu kuchlanishlar hisoblash orqali topiladigan koeffitsiyentlarga nisbatan 1,1...1,2 barobar kattaroq qilib olinadi.

11 - amaliy mashg‘ulot

Markazdan qochirma kuchlarni hisoblash

11 - Masala. Berilgan kattaliklar: $D_k = 180 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $h_k = 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $h_1 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $h_2 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $\varepsilon = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $l_3 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $25l_5 = 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $l_6 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $a = 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $K = 81$, $b_n = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $S_k = 2766 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, $S_{k1} = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, $S_{k2A} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, $S_{k2B} = 5,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, $n_{\max} = 1,2 \cdot 2200 = 2640 \text{ ob/min}$, $H_r = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $D_r = 95 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Plastinalar orasidagi bosim p_0 (1.118) formula yordamida aniqlanadi:

$$p_0 = \left[60 + 5 \left(\frac{2640}{1000} \cdot \frac{18}{10} \right)^{3/2} \right] \cdot 10^5 = 11,2 \cdot 10^6 \text{ Pa.}$$

Yuza I-I:

Radial tashkil etuvchi kuchning arkasimon qismiga ta‘siri formula bilan aniqlanadi

$$F_{k1} = 2 \cdot 112 \cdot 10^5 \cdot 5,7 \cdot 10^{-4} \frac{\pi}{81} = 495 \text{ N};$$

$$b_{k1} = \frac{\pi(180 - 20 - 6) \cdot 10^{-3}}{81} - 0,8 \cdot 10^{-3} = 5,17 \cdot 10^{-3} \text{ m};$$

Konsal qismining og‘irligi:

$$m_{k1} = 8900 \cdot 5,7 \cdot 10^{-4} \cdot 5,17 \cdot 10^{-3} = 26,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg};$$

Konsal qismining radisi:

$$R_{01} = \frac{(180 - 20 - 6) \cdot 10^{-3}}{2} = 77 \cdot 10^{-3} \text{ m};$$

Markazdan qochirma kuch (1.116) formula bilan aniqlanadi:

$$C_{\kappa 1} = 11 \cdot 26,2 \cdot 10^{-3} \cdot 77 \cdot 10^{-3} \left(\frac{2640}{1000} \right)^2 \cdot 10^3 = 155 \text{ N};$$

Bukish kuchlanishi (1.115) formula bilan aniqlanadi:

$$\sigma_{\kappa 1} = \frac{3}{2} \frac{30 \cdot 10^{-3} (155 + 495)}{5,17 \cdot 10^{-3} (20 - 6)^2 \cdot 10^{-6}} = 28,86 \cdot 10^6 < 120 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Yuzasi II-II (toj qismini hisobga olgan holda, 1.58-rasm):

$$F_{\kappa 2} = 2 \cdot 112 \cdot 10^5 (1,8 + 5,1) \cdot 10^{-4} \frac{\pi}{81} = 599 \text{ N}.$$

Konsal qismining ikki bo'linmasiga nisbatan markazdan qochirma kuchni aniqlaymiz (A i B na 1.58-rasm)

$$m_{\kappa 2A} = 8900 \cdot 1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 5,17 \cdot 10^{-3} = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg};$$

$$C_{\kappa 2A} = 11 \cdot 8,3 \cdot 10^{-3} \cdot 77 \cdot 10^{-3} (2640/1000)^2 \cdot 10^3 = 49 \text{ N};$$

$$m_{\kappa 2B} = 8900 \cdot 5,1 \cdot 10^{-4} \cdot 5,17 \cdot 10^{-3} = 23,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg};$$

$$C_{\kappa 2B} = 11 \cdot 23,5 \cdot 10^{-3} \cdot 88 \cdot 10^{-3} (2640/1000)^2 \cdot 10^3 = 158 \text{ N},$$

bu yerda $R_{02B} = 88 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ -toj qismining markazga tortuvchi og'irlik radiusi; bukish kuchlanishi (1.115) formula bilan aniqlanadi:

$$\sigma_{\kappa 2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3} [(49 + 158) + 599]}{5,17 \cdot 10^{-3} \cdot (20 - 6)^2 \cdot 10^{-6}} = 29,8 \cdot 10^6 < 120 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Yuzasi III-III:

$$F_{p.x} = 2 \cdot 112 \cdot 10^5 \cdot 27,6 \cdot 10^{-4} \frac{\pi}{81} = 2397 \text{ N};$$

$$b_{\kappa.cp} = \frac{\pi(180 - 40) \cdot 10^{-3}}{81} - 0,8 \cdot 10^{-3} = 4,63 \cdot 10^{-3} \text{ m};$$

$$m_{\kappa.n} = 8900 \cdot 27,6 \cdot 10^{-4} \cdot 4,63 \cdot 10^{-3} = 113,73 \cdot 10^{-3} \text{ kg};$$

$$R_{0\kappa} = \frac{(180 - 40) \cdot 10^{-3}}{2} = 70 \cdot 10^{-3} \text{ m};$$

Markazdan qochirma kuchlanish (1.116) formula bilan aniqlanadi:

$$C_x = 11 \cdot 113,73 \cdot 10^{-3} \cdot 70 \cdot 10^{-3} \left(\frac{2640}{1000} \right)^2 \cdot 10^3 = 609,5 \text{ N};$$

$$b_{\kappa.x} = \frac{\pi(180 - 2 \cdot 20 - 20) \cdot 10^{-3}}{81} - 0,8 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m};$$

$$\sigma_x = \frac{3(609,5 + 2397) \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3} \cdot 20^2 \cdot 10^{-6}} = 56,4 \cdot 10^6 < 120 \cdot 10^6 \text{ Pa};$$

Manjetlarni siqish kuchlanishi po (8.120) formula bilan aniqlanadi:

$$\sigma_M = \frac{609,5 + 2397}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \sqrt{3/2}} = 21,7 \cdot 10^6 < 50 \cdot 10^6 \text{ Pa};$$

Gaykalarga rezba kesish kuchlanishi (8.122) formula bilan aniqlanadi:

$$\sigma_r = \frac{(609,5 + 2397) \cdot 81 \cdot 1 / \sqrt{3}}{2\pi \cdot 95 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 23,6 \cdot 10^6 < 80 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Kollektor yetarli darajada mustahkam ekan.

Plastmassali kollektorning mexanik hisobi. Kollektor plastmassa qismining mustahkamligini aniqlash jarayonida plastinalarni ushlab turuvchi plastmassa halqaga tushadigan kuchlanishni aniqlash lozim bo‘ladi. Plastmassa qobiqning mahkamlovchi halqa joylashgan qismiga tushadigan bosim quyidagi formula orqali topiladi (8.59 - rasm)

$$q_B = \left[\frac{b_u \gamma_u}{2f - \alpha_M} \cdot \frac{2m^2}{D_0} + \frac{1}{1 - k_{3.M}} (S_{nl} \gamma_{nl} + S_K \gamma_M k_{3.M}) \frac{E_u}{E_{nl} S_{np}} (m^2 - 1) + \gamma_M k_{3.M} \right] \times \\ \times \frac{2,76 S_K D_0}{l_B} \left(\frac{n_{\max}}{1000} \right)^2 \cdot 10^3,$$

bu yerda b_u -mikanitli prokladkaning qalinligi, m; $\gamma_u = 2000 \text{ kg/m}^3$; $\gamma_{nl} = 1800 \text{ kg/m}^3$; $\gamma_M = 8900 \text{ kg/m}^3$ - mikanitning zichligi, plastmassa va mis; D_0 - kollektorning plastmassa qismiga tushadigan og‘irlik markazidan o‘rab turgan chetigacha bo‘lgan diametiri, m; f -misning mikanitga nisbatan ishqalanish ko‘effitsiyenti: $f = 0,05$; $\alpha_M = 2b_u / D_0$ - Qistirma qalinligini radial o‘lchami, qator; S_{nl} -plastmassa halqaning ko‘ndalang kesim yuzasi, m^2 ; S_K -kollektor plastinasi yon qismining yuza o‘lchami, m^2 ; S_{np} -plastmassa halqaning, po‘lat halqaga nisbatan keltirilgan yuzasi, m^2 ; l_B -halqa zinasining uzunligi, m

$$S_{np} = S_{nl} + 2 \frac{E_{CT}}{E_{nl}} S_{CT};$$

S_{CT} -mahkamlovchi halqaning ko‘ndalang kesim yuzasi, m^2 ; $E_u = 0,02 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$; $E_{nl} = 0,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$; $E_{CT} = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$ - mikanit, plastmassa va po‘latning qattqlik moduli.

t - ko‘effitsiyent, kollektorning sinash aylanish chastotasini aniqlashda yakorning maksimal aylanish chastotasiga nisbatan aniqlanadi. $n_{\max}$, $m = 1,8$ deb tanlanadi; $k_{3.M}$ - kollektor mis plastinkasini to‘ldirish ko‘effitsiyenti:

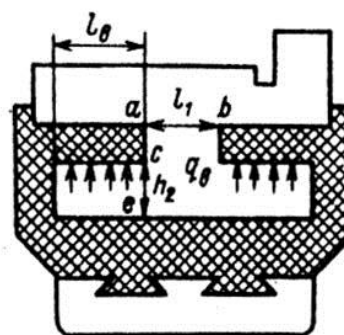
$$k_{3.M} = 1 - \frac{K b_u}{\pi(D_K - h_K)}.$$

Butun halqa bo‘yicha tortish kuchlanish tasirida, radial deformatsiyaning kelib chiqishi Pa,

$$\sigma_{nl} = q_B l_B D_0 / S_{np}.$$

Plastmassa K6 uchun cho‘zilish chegarasi 20 MPa ni tashkil etsa, plastmassa AG-4 uchun esa 80 MPa ni tashkil etadi.

Kollektor plastinkalarining mustahkamligini tekshirishda markazdan qochirma kuch ta‘sirida S arkasimon tayanch qismiga nisbatan tekshiriladi.



11.1-rasm. Plastmassali kollektor

Kollektor plastinkaning konsal qismi oldingi formulaga qarab tekshiriladi. Bundan tashqari, $a-b$ va $c-e$ (11.1-rasm) yuzalarga tushadigan kuchlanish tekshiriladi.

$a-b$, Pa, yuzaga nisbatan tushadigan choʻzilish kuchlanishi

$$\sigma = (F_1 + C_1)/(b_{\kappa 1} l_1),$$

bu yerda $b_{\kappa 1}, l_1$ - mos ravishda plastina yuzasining qalinligi; $a-b$ va dum qismmining uzunligi, m.

C_1 va F_1 kuch quyudagi formulalar orqali topiladi va ab chiziq orqali ajratib koʻrsatilgan.

$c-e$ kesim yuzasi kuchlanishi Pa

$$\tau = (F_x + C_x)/(2b_{\kappa 2} h_2),$$

bu yerda $b_{\kappa 2}, h_2$ - mos ravishda oʻrtacha qalinligi va plastina balandligi $c-e$, m.

C_x va E_x kuchlar barcha plastinkalar uchun aniqlanadi.

Arkasimon qismining tayanch qismiga tushadigan pilastinkalar orasiga tushadigan bosim quyidagi formula orqali aniqlanadi, Pa,

$$p_0 = \left[\frac{b_u \gamma_u}{2f - \alpha_M} + \frac{1}{1 - k_{3..M}} (S_{nl} \gamma_{nl} + S_{\kappa} \gamma_M k_{3..M} + S_{\kappa} \gamma_u (1 - k_{3..M})) \cdot \frac{D_0 E_u}{2E_{nl} S_{np}} \right] \times 5,5 D_0 \left(\frac{n_{\max}}{1000} \right)^2 \cdot 10^3$$

12 - amaliy mashgʻulot

Oʻzgarmas tok mashinasining kollektorini hisoblash

12-masala. Berilgan kattaliklar: $D_{\kappa} = 125 \cdot 10^{-3}$ m, $h_{\kappa} = 30 \cdot 10^{-3}$ m, $b_u = 70,8 \cdot 10^{-3}$ m, $S_{\kappa} = 17,8 \cdot 10^{-4}$ m², $S_{nl} = 13 \cdot 10^{-4}$ m², $S_{cT} = 0,05 \cdot 10^{-4}$ m², $K = 93$, $D_0 = 102 \cdot 10^{-3}$ m, $l_B = 15 \cdot 10^{-3}$ m, $m = 1,8$, $m_{\max} = 1,2 \cdot 3000$ ob/min, $h_2 = 8 \cdot 10^{-3}$ m.

Kollektor misining toʻldirish koefitsiyenti

$$k_{3..M} = 1 - \frac{93 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}}{\pi(125 - 30) \cdot 10^{-3}} = 0,751.$$

Plastmassa halqaning keltirilgan maydoni

$$S_{nl} = 13 \cdot 10^4 + 2 \frac{2,1 \cdot 10^{11}}{0,1 \cdot 10^{11}} \cdot 0,05 \cdot 10^{-4} = 15,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

(1.123) formuladan

$$q_B = \left[\frac{0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2000}{2 \cdot 0,05 - \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}}{102 \cdot 10^{-3}}} \cdot \frac{2 \cdot 1,8^2}{102 \cdot 10^3} + \frac{1}{1 - 0,75} (13 \cdot 10^{-4} \cdot 1800 + 17,8 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-4} \cdot 8900 \cdot 0,75) \times \right. \\ \left. \times \frac{0,02 \cdot 10^{11} (1,8^2 - 1)}{0,1 \cdot 10^{11} \cdot 15,1 \cdot 10^{-4}} + 8900 \cdot 0,75 \right] \times \frac{2,76 \cdot 17,8 \cdot 10^{-4} \cdot 102 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{1,8 \cdot 1,2 \cdot 3000}{1000} \right)^2 \cdot 10^3 = 20,7 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

formuladan

$$\sigma_{n1} = \frac{20,7 \cdot 10^6 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 102 \cdot 10^{-3}}{15,1 \cdot 10^{-4}} = 20,97 \cdot 10^6 < 80 \cdot 10^6 \text{ Pa.}$$

Pilastinalar oʻrtasidagi bosim (1.127) formulada keltirilgan

$$p_0 = \left[\frac{0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2000}{2 \cdot 0,05 - \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}}{102 \cdot 10^{-3}}} + \frac{1}{1 - 0,75} \left[13 \cdot 10^{-4} \cdot 1800 + 17,8 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-4} \cdot 8900 \cdot 0,75 + 17,8 \cdot 10^{-4} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times 2000 (1 - 0,75) \right] \cdot \frac{102 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02 \cdot 10^{11}}{2 \cdot 0,1 \cdot 10^{11} \cdot 15,1 \cdot 10^{-4}} \right] \cdot 5,5 \cdot 102 \cdot 10^{-3} \left(\frac{1,8 \cdot 1,2 \cdot 3000}{1000} \right)^2 \cdot 10^3 = 10,07 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$F_x = 2 \cdot 10,7 \cdot 10^6 \cdot 17,8 \cdot 10^{-4} \frac{\pi}{93} = 1286,1$$

Kollektor plastinkalarining oʻrtacha qalinligi

$$b_{\kappa 0} = \frac{\pi(125 - 30) \cdot 10^{-3}}{93} - 0,8 \cdot 10^{-3} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

c-e yuzasining oʻrtacha qalinligi (1.59-rasm)

$$b_{\kappa 2} = \frac{\pi(125 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} + 8 \cdot 10^{-3}) + 8 \cdot 10^{-3}}{93} - 0,8 \cdot 10^{-3} = 1,66 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

Plastina ogʻirligi

$$m_{\kappa} = 8900 \cdot 17,8 \cdot 10^{-4} \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} = 38 \cdot 10^{-3} \text{ kg.}$$

12.1-jadval

	D_D	D_a	D_p
1	135	107	65
2	200	175	125
3	185	155	105
4	175	130	80
5	300	270	175
6	275	240	150
7	180	170	120
8	400	360	200
9	350	310	160
10	325	300	150
11	500	460	240
12	450	410	210
13	100	80	40
14	150	130	70
15	120	100	60
16	550	500	270
17	190	170	80
18	180	160	80
19	160	130	75
20	220	190	100
21	210	180	90
22	165	127	95
23	145	117	75

Foydalanilagan adabiyotlar

1. Елифанов А.Г. Электромеханические преобразователь энергии. СПб.: Изд-во “Лань”, 2004-208 с.
2. Гольдберг О.Д., Хелемская С.П. Электромеханика. –М.: изд-во Academia, 2007-512 с.
3. Salimov J.S, Pirmatov N.B.. Elektr mashinalari. O‘zbekiston Faylasuflari Milliy jamiyati nashiryoti.-Toshkent.: 2011-408b
4. Копылова И.П. Проектирование электрических машин:- М.: Юрайт, 2011-767 с.
5. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. В 2-х т. Учебник для вузов.- М.: Изд-во МЭИ, 2004. Том. 1-652 с, Том 2 -532 с.
6. Кацман М.М.Справочник по электрические машины. -М.: Энергия, 2005.-479 б.

MUNDARIJA

Kirish	3
1- amaliy mashg‘ulot. Radiatori bo‘lgan transformator bakining bukilgan qismining chidamliligini hisoblash	4
2-amaliy mashg‘ulot. Transformator baki qopqog‘ini hisoblash.....	7
3-amaliy mashg‘ulot. Transformator tag qismini hisoblash.....	8
4-amaliy mashg‘ulot. Elektr mashinasining sirtmoqsimon cho‘lg‘amini hisoblash.....	14
5-amaliy mashg‘ulot. Elektr mashinasining to‘lqinsimon cho‘lg‘amini hisoblash.....	19
6-amaliy mashg‘ulot. O‘zgarmas tok mashinasining izolyatsiya sifatida ishlatiladigan ponaning chidamliligini hioblash.....	22
7-amaliy mashg‘ulot. Elektr mashinasi uchun izolyatsiya sifatida ishlatiladigan ponaning chidamliligini hioblash.....	22
8-amaliy mashg‘ulot. 1-gabaritli o‘zgarmas tok mashinasi uchun magnit o‘zak tayyorlashni hisoblash.....	24
9-amaliy mashg‘ulot. O‘zgarmas tok mashinasining yakor cho‘lg‘amini yoyma sxemasini chizishda amalga oshiriladigan hisoblashlar.....	25
10-amaliy mashg‘ulot. Stator po‘lat o‘zagining shaklini listdan kesish.....	27
11-amaliy mashg‘ulot. Markazdan qochirma kuchlarini hisoblash.....	31
12- amaliy mashg‘ulot. O‘zarmas tok mashinasining kollektorini hisoblash.....	35

**Elektr mashinalari va transformatorlarni ishlab chiqarish
texnologiyasi
Uslubiy ko'rsatmalar**

**Pirmatov N,
Egamov A,
O'raqov S.**

Muharrir: Sidikova K.A.

