

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ

“АВТОМАТИКА ВА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯЛАР”
ФАКУЛЬТЕТИ

“ЭЛЕКТР ТЕХНИКАСИ, ЭЛЕКТР МЕХАНИКАСИ ВА
ЭЛЕКТР ТЕХНОЛОГИЯЛАР”
КАФЕДРАСИ

«ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИ»

ФАНИДАН

КУРС ИШЛАРИНИ БАЖАРИШ УЧУН
УСЛУБИЙ КЎРСАТМА

АНДИЖОН-2014

Андижон машинасозлик институт ўқув -услугий
Кенгашида кўриб чиқилган ва
маъқулланган
Кенгаш раиси _____ Қ.Эрматов
«__» _____ 2014 й.

«МАЪҚУЛЛАНГАН»
«Автоматика ва электротехнология» факультети илмий
кенгашида муҳокама қилинган ва
маъқулланган
Кенгаш раиси _____ Н. Тўйчибоев
«__» _____ 2014 й.

«ТАВСИЯ ЭТИЛГАН»
“ЭЭЭ” кафедраси мажлисида муҳокама қилинган ва
тавсия этилган
Кафедра мудири _____ Б.Мамаджанов
(Кафедра мажлисининг __ - сонли баённомаси
«__» _____ 2014й)

Такризчилар: «Умумтехника фанлари» кафедраси
доценти Х. Собиров,
Андижон ҚХИ доценти Н.Саматов

Тузувчилар: доцент Б. Мамаджанов, катта ўқитувчи З. Режабов,
ассистентлар М.Махсудов ва А.Шукуралиев

«Электр машиналари» (Услугий кўрсатма)

МУНДАРИЖА

КИРИШ	3
1. Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон моторни лойihalаш	7
1.1. Асосий чўлғамларни аниқлаш	13
1.2. Статор тишлари чўлғамлари ва хаво оралиғини ҳисоблаш	14
1.3. Роторни ҳисоблаш	18
1.4. Магнитловчи токни ҳисоблаш	20
1.5. Иш режими параметрларини ҳисоблаш	22
1.6. Исрофларни ҳисоблаш	26
1.7. Моторнинг иш характеристикаларини ҳисоблаш	27
1.8. Моторнинг ишга тушириш характеристикаларини ҳисоблаш	30
1.9. Моторнинг иссиқлик ҳисоби	37
Фойдаланилган адабиётлар	42

Кириш

Электр машиналари саноатнинг турли сохаларида, қишлоқ хўжалигида ва маиший электротехник қурилмаларида ишлатилади. Шу сабабли ҳам электр машиналари ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг сифатига албатта таъсир кўрсатади. Демак, уларнинг техник–итисодий кўрсаткичлари ва уларни ишлатиш хусусиятлари яхши билиши лозим.

Электр машиналарини лойихалаш – бу энергиянинг электромеханик ўзгартиришни тажриба билан боғлаш жараёнини иссилик физикаси, механика, иқтисодиёт ва ҳисоблаш техникасига оид билимларга эга бўлишни талаб қилади.

Электр машинасини лойихалашда машина статори ва роторининг ўлчамлари ҳисобланади, чулғам турлари, чулғам сими, изолятсия, актив ва кондуктив материаллар танланади.

Машинанинг айрим системалари шундай ҳисобланиши керакки, бунда материаллар сарфи кам, машинани ишлатишда эса унинг мустаҳкамлиги ва энергетик кўрсаткичлари юқори бўлсин.

Электр машиналарини лойихалаш натижасида олинган техник-иқтисодий кўрсаткичлари давлат ва соҳа стандартлари машинани бажарадиган вазифа ва ишлатиш шартларига риоя қилиш лозим. Шунинг учун ҳам машинани лойихалашда электротехник заводларнинг нималарга қодирлигини ҳам ҳисобга олиш керак.

Электр машинасини оптимал лойихалаш мезонларига умумий сарф-харажатларнинг ва машинани ишлатишдаги харажатларнинг минимум бўлиши киради. Индивидуал электр машинасини лойихалашда эса оптимал лойихалаш мезонлари буюртмачи билан келишилади.

Ушбу услубий кўрсатмада қисқа туташган ва фаза роторли асинхрон моторларни лойихалашга оид ҳисоб ишлари берилган. Лойиха асинхрон моторларнинг асосий ўлчамларини, статор чулғами пазлари, ўрамлари сонини, кесим юзасини, статор тишлари ўлчамларини, ҳаво оралиғини, ротор параметрларини аниқлаш, магнитловчи токни, иш режими параметрларини, мотордаги исрофларни, иш ва ишга тушириш характеристикаларини ЭХМ да ҳисоблаш тартиби ҳамда иссиқлик ҳисобларини бажариш баён қилинган.

Лойихаланган асинхрон моторнинг кўндаланг ва бўйлама қирқимлари кўрсатилган чизмалар А1 бичимли ватман қоғозида ҳисобда кўрсатилган ўлчамлар бўйича чизилиши керак. К.1-расмда қисқа туташган роторли асинхрон моторнинг бўйлама (а) ва кўндаланг (б) қирқимлари келтирилган. Расмдаги (7) станина ва подшипник қалқони (14) чўяндан қуйилган бўлади. Ташқи вентилятор (16) ва вал (12) нинг чиқиб турган қисмига втулка

(18) воситасида махкамланади. Вентилятор пўлатдан ясалган қоплама (15) билан ёпилган. Қоплама орқали ташқи хаво вентиляторда сурилиб, станина ковуруғалари томонга хайдалади. Станинага чиқиш клеммалар кутчаси (6) ўрнатилган. Статорнинг пулат ўзаги (9) электротехник юпка пўлат пластиналаридан йиғилган бўлиб, қисқич (20) га махкамланган. Станинага пўлат ўзак винт (19) билан эритилган алюминийни куйиб махкамланган ва унинг пазларига статор чўлғами (15) жойлаштирилган. Роторнинг пўлат ўзаги (10) ҳам электротехник пўлатдан тайёрланади. Ротор пазларига чўлғамни, шу жумладан, қисқа туташтирувчи халқа (4) ҳам хосил қилинади. Қисқа туташтирувчи халқаларнинг иккала томонидан мувозанатловчи юк (11) махкамланади. Болтлар (13) ёрдамида станинага подшипник қалқони махкамланади. Қалқон марказидаги тирқишлар, подшипниклар ташқи халқалари (17, 2) ни куйиш учун мўлжалланган. Хар бир подшипник иккала томондан подшипниклар қопқоқлари (3) ва (1) билан ёпилган. Кам қувватли моторларда иккита шарикли подшипник ўрнатилади. Катта қувватли моторларда эса механизм уланадиган томонига роликли, қарама-қарши томонига эса шарикли подшипник ўрнатилади. Станина фундаментга оёқлар ёрдамида махкамланади. Станинанинг тепасига юкни кўтариш учун илгич (8) қўйилган. Моторнинг оёқларида резбали тешик бўлиб, унга болт (23) ёрдамида заминловчи шина (ёки сим) махкамланади. Моторнинг ротор пази (21) ва статор пази (22) ларни бир қатламли ёки икки қатламли чўлғамлиликка қараб чизмада кесим бериб кўрсатилади (К.1-расм, б чўлғами бир қатламли).

К.2–расмда фаза роторли асинхрон моторининг бўйлама қирқими кўрсатилган.

Станина (20) статор пастки ўзаги (8) нинг ярмини эгаллаган бўлиб, массив қисувчи халқа (7) ёрдамида махкамланади. Корпус (5) листли пўлатдан тайёрланган. Подшипник қалқонлари (13) ҳам станинанинг пастки ярмига махкамланади, (15) ва (2) подшипниклар қопқоқ (1) ва (3) ларга монтаж қилинган бўлади.

Совитувчи хаво қалқонларининг чекка қисмидаги дарчалар (14) дан киради ва диффузор (12) ёрдамида ротор (9) даги вентилятор қаноатчалари (4) га йўналтирилади.

Бу хаво чўлғам (6) нинг чўлғамнинг паздан ташқари қисмини ва статор пўлат ўзагини совутиб, корпуснинг ён томонларидаги дарчалардан чиқиб кетади. Ғалтакларнинг паздан ташқари қисми бандаж халқа (11) билан боғланади. Ротор чўлғами (10) нинг чиқиш қисмлари контакт халқалар (16) га уланган бўлади. Контакт халқалар (16) втулка (18) га ўрнатилган бўлади ва ҳамма чўтка қисми кожух (17) билан беркитилган. Кожух (17) да чўткаларни ишга тушириш реостатига улаш учун клеммалар кутиси (19) жойлашган.

Хозирги вақтда қисқа туташган ва фаза роторли асинхрон моторларнинг янги RA, 5A, 6A типлари ишлаб чиқарилган бўлиб, уларнинг конструкциялари анча яхшиланган.

1992 йилдан бошлаб Россия Федерациясининг Ярослав электр машинасозлиги заводида янги RA типдаги асинхрон моторлари ишлаб чиқарила бошлади.

RA типдаги асинхрон моторнинг асосий афзалликларига халқаро стандартлар талабларига жавоб бериши ва айрим қисм ва деталларнинг унификацияланганлигидир.

Айланиш ўқи 71÷132 мм бўлган RA типдаги асинхрон моторларнинг станинаси алюминийдан тайёрланади, айланиш ўқи 132 мм дан катта бўлганда эса станина чўндан тайёрланади. Бундай моторларнинг қуввати эса 0,37÷90 кВт гача кучланиши эса 220, 380, 660, 220/380, 380/660 В, частотаси 50 Гц, айланиш частотаси 700÷2950 айл/минга тенг бўлади.

5A (5 АН, 5 АНК) типли асинхрон мотори ҳам Россия Федерациясидаги Владимир электр мотори ва Москва электромеханик заводларида ишлаб чиқарилади. Бу типдаги моторлар 4A ва АИ типдаги моторларни ишлаб чиқаришдаги кўп йиллик тажрибаларга таянган холда яратилган.

5A типдаги асинхрон моторларнинг қуввати 0,37 кВт дан 132 кВт гача, кучланиши 220, 380, 660, 220/380, 380/660 В, айланиш частотаси эса 600÷2950 айл/мин бўлади.

6A типдаги асинхрон моторлар Москва электромеханик заводида ишлаб чиқарилади.

Бу типдаги асинхрон моторларнинг айланиш ўқи 315 мм га тенг. 6A типдаги моторларнинг қуввати 90÷200 кВт, кучланиши 220, 380, 220/380, 380/660 В, айланиш частотаси эса 750÷3000 айл/мин бўлади.

Қўлланма ҳамма маълумотларни ўз ичига қамраб олаолмаган, шу сабабли талабалар лойихалаш жараёнида маълумотномалар, электротехник журналлар, каталоглар ва чизма атласлардан фойдаланишлари мумкин [1-3].

Ушбу услубий кўрсатма бўйича қисқа туташган ва фаза роторли асинхрон моторларни лойихалаш учун мўлжалланган. Лойиха асинхрон моторларнинг асосий ўлчамларини, статор чўлғами пазлари, ўрамлари сонини, кесим юзасини, статор тишлари ўлчамларини, хаво оралиғини, ротор параметрларини аниқлаш, магнитловчи токни, иш режими параметрларини, мотордаги исрофларни, иш ва ишга тушириш характеристикаларини ҳамда иссиқлик хисобларини бажаришни ўз ичига олган.

1. ҚИСКА ТУТАШГАН РОТОРЛИ АСИНХРОН МОТОРНИ ЛОЙИХАЛАШ

Курс лойихасига топшириқ

Қуввати $P_2=7,5$ кВт, айланиш частотаси 1500 айл/мин бўлган ротори қиска туташган уч фазали асинхрон мотор лойихалаштирилсин: $U_N=220/380$ В; ўта юкланиш қобилияти $M_{max}/M_N=2,2$; ишга тушириш токининг номинал токка нисбати $I_{и.т.}/I_N=7,5$ конструктив бажарилиши IM1001; ташқи мухит таъсиридан химояланиш даражаси IP44; совитиш усули иклимий бажарилиш категорияси УЗ; изоляция классси Г.

Машинанинг жуфт кутблари сони:

$$p = 60 \cdot f_1 / n_1 = 60 \cdot 50 / 1500 = 2,$$

бунда f_1 – ток частотаси, Гц; n_1 – роторнинг айланиш частотаси, айл/мин.

1.1. Асосий улчамларни аниқлаш

1. 1.1-расмдан айланиш ўқининг баландлигини аниқлаймиз: $h=135$ мм.

1.1-жадвалдан аниқланган h бўйича, энг яқин D_a – статорнинг ташқи диаметри ва h қийматини танлаймиз:

$$D_a = 0,225 \text{ м}, h = 132 \text{ мм}.$$

2. Статорнинг ички диаметри:

$$1\text{D} = K_D D_a = 0,64 \cdot 0,225 = 0,145 \text{ м},$$

бунда K_D – эмпирик, яъни тажрибалардан аниқланган коэффициент бўлиб, унинг қиймати 1.2 – жадвалдан олинади.

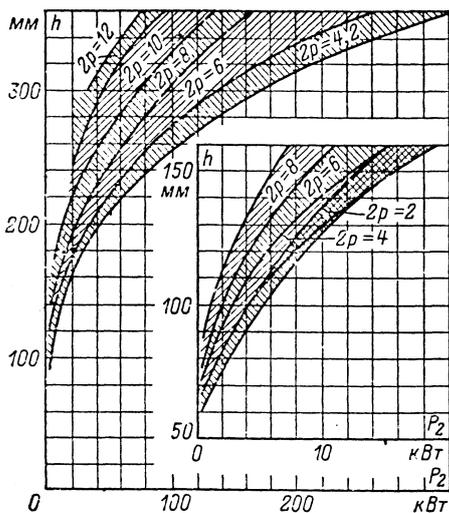
1.1 – жадвал. **Мотор айланиш ўқи баландлигига тўғри келадиган статорнинг ташқи диаметри**

h, мм	56	63	71	80	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	315
D_a , мм	89	100	116	131	149	168	191	225	272	313	349	392	437	530	590

1.2 – жадвал. **K_D коэффициентини $2p$ га боғлиқлиги**

$2p$	2	4	6	8 - 12
K_D	0,52 – 0,57	0,64 – 0,68	0,6 – 0,72	0,74 – 0,77

3. Кутб бўлинимаси: $\tau = \pi \cdot \frac{D}{2p} = 3,14 \cdot \frac{0,145}{4} = 0,114 \text{ м.}$



1.1–расм. Қувватлари ва айланиш частоталари қар хил бўлган асинхрон моторлар айланиш ўқининг баландлиги h

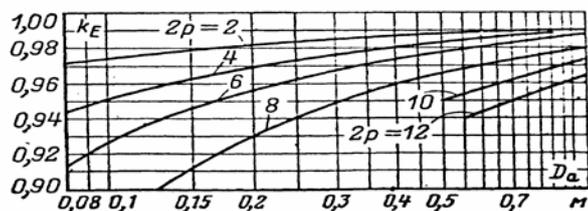
4. Моторнинг ҳисобий қуввати [В·А]

$$P' = P_2 \frac{k_E}{\eta \cdot \cos \varphi} = 7,5 \cdot 10^3 \frac{0,92}{0,875 \cdot 0,86} = 9169,4 \text{ В·А,}$$

бунда k_E – номинал кучланиш ва ЭЮК нисбати билан аниқланадиган коэффицент бўлиб 1.2-расмдан, η ва $\cos \varphi$ ларни 1.3–расмдан олинади.

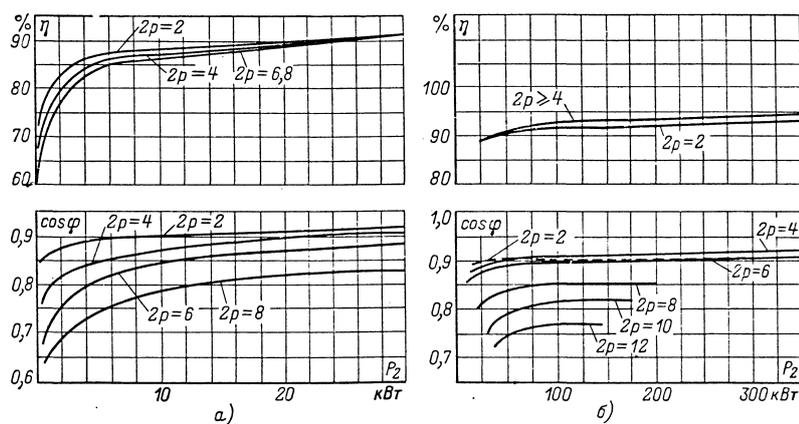
5. Электромагнит юклама A ва ҳаво оралиғидаги магнит индукция B_δ ларнинг тахминий қийматини 1.4-расмдан аниқлаймиз: $A = 25,2 \cdot 10^3 \text{ А/м; } B_\delta = 0,9 \text{ Тл.}$

6. Бир қатламли чўлғам учун чўлғам коэффицентининг тахминий қиймати: $k_{ч1} = 0,96.$



1.2 – расм. Коэффицент k_E ни аниқлаш учун чизма

Агар чўлғам икки қатламли бўлиб, кутблар сони $2p=2$ бўлганда $k_{ч1} = 0,90 \div 0,91$; $2p > 2$ бўлганда эса $k_{ч1} = 0,91 \div 0,92$ бўлади.



1.3-расм. Ташки муқит таъсиридан қимояланиш даражаси IP 44 бўлган асинхрон моторлар учун ФИК ва $\cos\varphi$ ларнинг тахминий катталиклари: а) 30 кВт гача бўлган, б) 400 кВт гача бўлган моторлар учун.

7. Магнит утказгичнинг ҳисобий узунлиги:

$$l_{\delta} = \frac{P'}{k_B D^2 \Omega k_{\text{ч1}} A B_{\delta}} = \frac{9169,4}{1,11 \cdot 0,145^2 \cdot 157 \cdot 0,96 \cdot 25,2 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 0,115 \text{ м,}$$

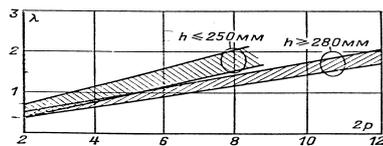
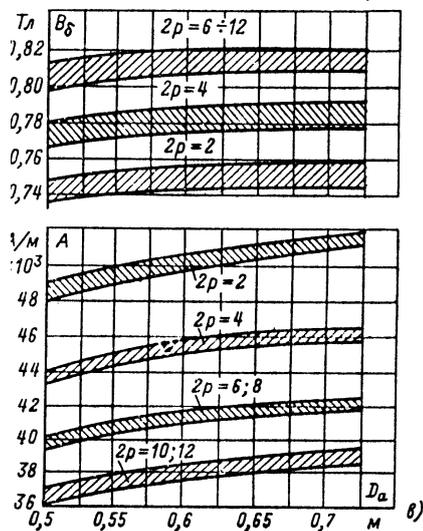
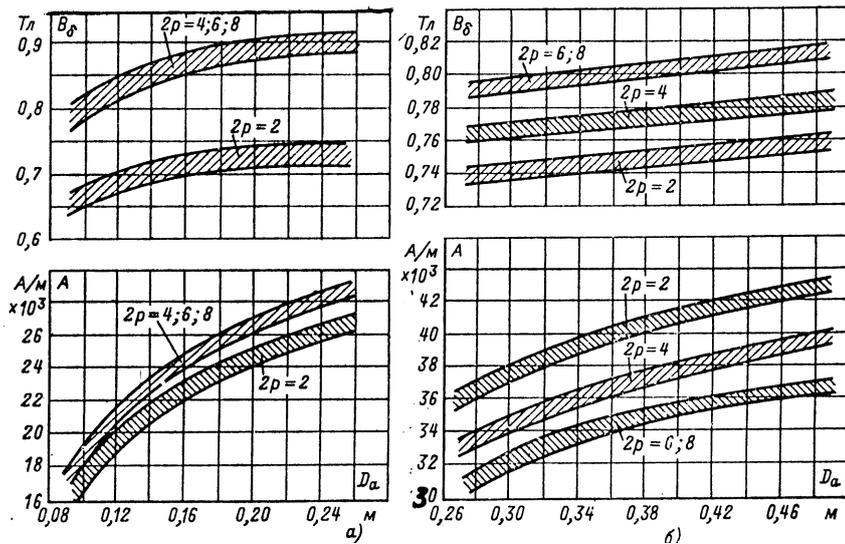
$$\text{бу ерда } \Omega = \frac{2\pi n_1}{60} = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1500}{60} = 157 \text{ рад/с.}$$

$$8. \lambda = l_{\delta} / \tau \text{ нисбатни ҳисоблаймиз: } \lambda = 0,115 / 0,114 = 1,01$$

(агар бу нисбат 1.5-расмда берилган чегарада булса,

ҳисоблашларни давом эттирамиз. Агар λ берилган чегарадан кичик бўлса 1.1-жадвалдан D_a нинг олдинги кичик қийматини, катта бўлса кейинги катта қийматини олиб ҳисоблашларни тақроқлаймиз).

λ нинг қиймати берилган чегарада бўлгани учун ҳисоблашларни давом эттирамиз.



1.4-расм. 4А серияли кимояланиш даражаси IP 44 белган асинхрон моторлар учун электромагнит юкламаларни аниқлаш учун чизмалар:

- а – $h \leq 132$ мм;
- б – $h = 160 \div 250$ мм гача;
- в – $h \geq 280$ мм

1.5-расм. $\lambda = l_\delta / \tau$ нисбатни текширишга оид чизма

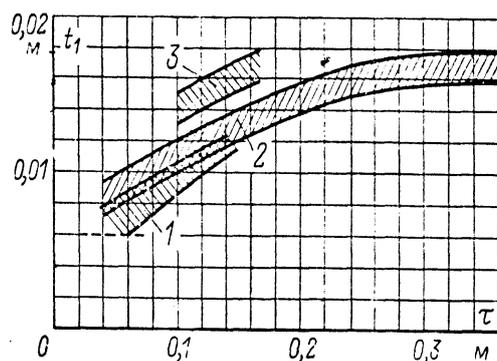
тарини аниқлаш

9. Тиш бўлинмасининг чегаравий қийматларини 1.6-расмдан ва бўлиши мумкин бўлган тишлар сони оралиғини аниқлаймиз: $t_{z1max} = 13$ мм ва $t_{z1min} = 12$ мм.

10. Статордаги пазлар сони:

$$Z_{1min} = \frac{\pi D}{t_{z1max}} = \frac{3,14 \cdot 0,145}{0,013} = 35; \quad Z_{1max} = \frac{\pi D}{t_{z1min}} = \frac{3,14 \cdot 0,145}{0,012} = 38.$$

Пазлар сонини 2.1-жадвалдан Z_{1min} ва Z_{1max} га қараб, $Z_1 = 36$ деб қабул қиламиз, тишларнинг аниқ сонини q -фаза ва қутбларга тўғри келадиган пазлар сонига қараб аниқланади, бу сон бутун бўлиши керак: $q = Z_1 / (2p) = 36 / (2 \cdot 3) = 3$.



1.6-расм. Тиш бөслинмасынинг чегаравий кийматларини аниқлашга чизма

2.1-жадвал. Қисқа туташган роторли асинхрон моторлар учун тавсия этиладиган пазлар сони

2p	Статор пазлари сони Z_1	Ротор пазлари сони	
		пазлари огмаган Z_2	пазлари огган Z_2
2	12	9;15	—
	18	11;12;15;21;22	14;19;22;26;28;
	24	15;17;19;32	18;20;26;31;33;34;35
	30	22; 38	20;21;23;24;37;39;40
	36	26;28;44;46	25;27;29;43;45;47
	42	32;33;34;50;52	—
	48	38;40;56;58	37;39;41;55;57;59
4	12	9	15
	18	10;14	18;22
	24	15;16;17	16;18;30;33;34;35;36
	36	26;44;46	27;28;30;34;45;48
	42	52;54	34;53
	48	34;38;56;58;62;64	40;57;59
	60	50;52;68;70;74	48;49;51;56;64;69;71
6	36	26;46	28;33;47;49;50
	54	44;64;66;68	42;43;51;65;67
	72	56;58;62;82;84;86;88	57;59;60;61;83;85;87
	90	74;76;78;80 100;102;104	75;77;79; 101;103;105
8	48	36;44;62;64	35;44;61;63;65
	72	56;58;86;88;90	56;57;59;85;87;89

	84 96	66;70;98;100;102;104 78;82;110 112;114	68;69;71;97;99;101 79;80;81;83; 109;111;113
10	60 90 120	44;46;74;76 68;72;74;76; 104;106;108; 110;112;114	57;69;77;78;79 70;71;73;87; 93;107;109
11		86;88;92;94; 96;98;102; 104;106;134; 136;138;140; 142;144;146	99;101;103;117; 123;137;139
12	72 90 108 144	56;64;80;88 68;70;74;88; 98;106;108;110 86;88;92; 100;116;124; 128;130;132 124;128;136; 152;160;164; 166;168;170;172	69;75;80;89;91;92 86;87;93;94 84;89;91;104;105; 111;112;125;127 125;127;141;147; 161;163
14	84 126	15 74;94;102; 104;106 106;108;116; 136;144;146; 148;150;152; 154;158	75;77;79;89; 91;93;103 107;117;119;121; 131;133;135;145
16	96 144	84;86;106; 108;116;118 120;122;124; 132;134;154; 156;164;166; 168;170;172	90;102 138;150

Асосий чўлғамларни аниқлаш

Чўлғамни моторнинг қувватига қараб бир қатламли деб қабул қиламиз ($P_N=1\div 15$ кВт гача 1 қатламли, $P_N > 15$ кВт да 2 қатламли) [1].

11. Статорнинг тиш бўлинмаси (қатъий):

$$t_{z1} = \frac{\pi D}{2\pi m q} = \frac{3,14 \cdot 0,145}{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3} = 0,013 \text{ м.}$$

12. Параллел шохобчалар сонини олдиндан $a=1$ деб олиб, паздаги эффектив ўтказгичлар сонини аниқлаймиз:

$$u'_n = \frac{\pi D A}{I_{1N} Z_1} = \frac{3,14 \cdot 0,145 \cdot 25,2 \cdot 10^3}{15,10 \cdot 36} = 21,$$

бунда моторнинг номинал токи қуйидагича топилади:

$$I_{1N} = \frac{P_2}{m U_{1N} \eta_N \cos \varphi_N} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0,86 \cdot 0,88} = 15,1 \text{ А.}$$

13. Параллел шохобчалар сони $a=1$ деб оламиз, (одатда a нинг қиймати [1] қутблар сонига тенг; u'_n нинг қиймати бутун қилиб олинади, u'_n параллел шохобчалар сони a га боғлиқ бўлади) у холда $u_n = a u'_n = 1 \cdot 21 = 21$.

14. Статор фаза чўлғамининг ўрамлар сони (қатъий):

$$w_1 = \frac{u_n Z_1}{2 a m} = \frac{21 \cdot 36}{2 \cdot 1 \cdot 3} = 126.$$

15. Электромагнит юклама (қатъий):

$$A = \frac{2 I_{1N} w_1 m}{\pi D} = \frac{2 \cdot 15,1 \cdot 126 \cdot 3}{3,14 \cdot 0,145} = 25,072 \cdot 10^3 \text{ А/м.}$$

16. Машина хаво оралиғидаги магнит оқим:

$$\Phi = \frac{k_E U_{1N}}{4 k_B w_1 k_{chl} f_1} = \frac{0,92 \cdot 220}{4 \cdot 1,11 \cdot 126 \cdot 0,96 \cdot 50} = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ Вб,}$$

бунда k_B –магнит майдон тузилиши коэффициентини бўлиб $k_B = (\pi/2) \cdot \sqrt{2} = 1,11$ деб олинади

17. Хаво оралиғидаги магнит индукция:

$$B_\delta = \frac{\rho \Phi}{D l_\delta} = \frac{2 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3}}{0,145 \cdot 0,115} = 0,905 \text{ Тл.}$$

А ва B_δ нинг қийматлари берилган чегарада (1.4-расм) бўлгани учун ҳисоблашларни давом эттираемиз.

18. Статор чўлғамидаги ток зичлиги:

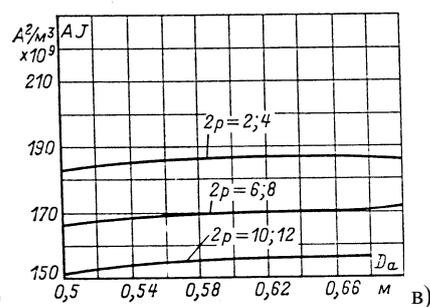
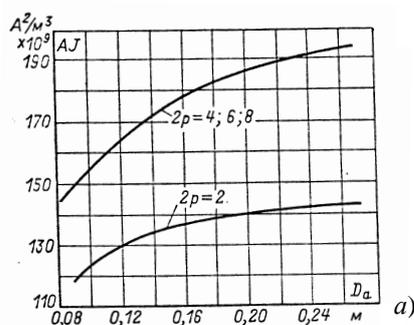
$$J_1 = \frac{(AJ)}{A} = \frac{155 \cdot 10^9}{25,072 \cdot 10^3} = 6,18 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2,$$

$(AJ)=155 \cdot 10^9 \text{ A}^2/\text{M}^3$ куйматининг киймати 1.7-расмдан олинади.

19. Эффе́ктив ўтказгичнинг кесим юзаси (олдиндан):

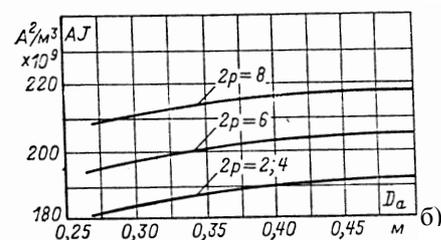
$$q_{\text{эф}} = \frac{I_{\text{IN}}}{a J_1} = \frac{15,10}{1 \cdot 6,18 \cdot 10^6} = 2,443 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 2,443 \text{ мм}^2,$$

бу ерда J_1 -чўлғамдаги ток зичлиги, $J_1=(4,5-6,5) \cdot 10^6 \text{ A}/\text{M}^2$ бўлиши керак. Агар кесим юзаси 3-иловада берилган чўлғам симлари кесим юзасидан катта бўлса ўрамга бир неча параллел сим олинади. Бунда кесим юзаси: $q_{\text{эф}}=n_{\text{эл}}/q_{\text{эл}}$ бўлади. Бу ерда $n_{\text{эл}}$ ва $q_{\text{эл}}$ -элементар параллел симлар сони ва унинг кесим юзаси. Тўқма чўлғамларда $n_{\text{эл}}$ -элементар параллел симлар сонини 6-8 қилиб олиш мумкин. Агар хисобий киймат $q_{\text{эф}} > 20 \text{ мм}^2$ бўлса тўғри-бурчак кесимли симни элементар симларга бўладилар, бунда $q_{\text{эл}} \leq 17-20 \text{ мм}^2$ бўлиши шарт. Каттик ғалтакли чўлғамларда $n_{\text{эл}}=2$ олинади. Лойихаланаётган статор чўлғами учун $n_{\text{эл}}=2$ деб қабул қиламиз, чунки изоляцияланган ўтказгичлар диаметри тўқма чўлғамларда $d_{\text{из}} \leq 1,4 \text{ мм}$ дан ошмаслиги керак.



1.7-расм (AJ) катталигининг ўртача кийматини танлаш учун чизмалар:

$q_{\text{эл}}=q_{\text{эф}}/n_{\text{эл}}=2,4$
3-Иловадан: d
олаамиз.



$\alpha_1 - h \leq 132 \text{ мм}$
 $\sigma - h = 160 - 230 \text{ мм}$
ПЭТ-155 маркади чўлғам ўтказгичлари учун
 $g - h = 280 - 355 \text{ мм}$
 $n_{\text{эл}} \cdot q_{\text{эл}} = 1,23 \cdot 2 = 2,454 \text{ мм}^2$; $d_{\text{из}} = 1,33 \text{ мм}^2$ танлаб

20. Статор чўлғамидаги ток зичлиги:

$$J_1 = \frac{I_{\text{IN}}}{a q_{\text{эл}} n_{\text{эл}}} = \frac{15,10}{1 \cdot 1,227 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 6,154 \cdot 10^{-6} \text{ A}/\text{M}^2.$$

Агар ток зичлиги J_1 рухсат этилган қийматдан катта бўлса, $n_{\text{эл}}$ ёки $q_{\text{эл}}$ киймати каттарок олиниб хисоблашлар такрорланади.

1.3. Статор тиш катлами ва хаво оралиги ўлчамларини хисоблаш

Статор пази ўлчамлари асосан куйидаги: чўлғам ўрамлари тўла жойлашиши; тишлардаги индукция қийматининг маълум қийматдан кам бўлмаслиги каби талабларга жавоб бериши керак. Статор пази учун трапециясимон шакли танлаймиз (4А серияли қисқа

туташган асинхрон моторларда трапециясимон пазлар олинади). Статор магнит ўзак қисмларидаги индукция қиймати 1.4-жадвалда кўрсатилган.

21. 1.4-жадвалдан фойдаланиб олдиндан $B_{z1}=1,80$ Тл; $B_a=1,5$ Тл қийматларни танлаймиз, у холда тишнинг минимал кенглиги:

$$b_{z1} = \frac{B_{\delta} t_{z1} l_{\delta}}{B_{z1} l_{\text{пса1}} k_{\text{посв}}} = \frac{0,905 \cdot 0,013 \cdot 0,115}{1,8 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 6,55 \text{ мм.}$$

бунда, $k_{\text{пул}}$ -магнит ўтказувчанликни пўлат билан тўлдириш коэффициенти 1.5 жадвалдан олинади.

22. Статор магнит ўзаги ярмосининг баландлиги:

$$h_a = \frac{\Phi}{2 B_a l_{\text{пўл1}} k_{\text{пўл}}} = \frac{7,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1,5 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 0,02254 \text{ м} = 22,54 \text{ мм,}$$

(дастлабки тахминий ҳисоблашларда пазлар ўрамларини ҳисобга олмасдан фақат индукция бўйича ҳисобланади).

2.3. Статор пазининг андозавий ўлчамлари: $b_{\text{ш1}}=3,5$ мм, $h_{\text{ш1}}=0,5$ мм деб оламиз. 4А моторларида $h \leq 132$ мм бўлса, $h_{\text{ш1}}=0,5$ мм; $h \geq 160$ мм бўлса $h_{\text{ш1}}=1,0$ мм бўлади. $b_{\text{ш1}}$ шлицнинг эни 1.6-жадвалдан олинади. Статор пазининг шакли 1.8-рasm, а да кўрсатилган.

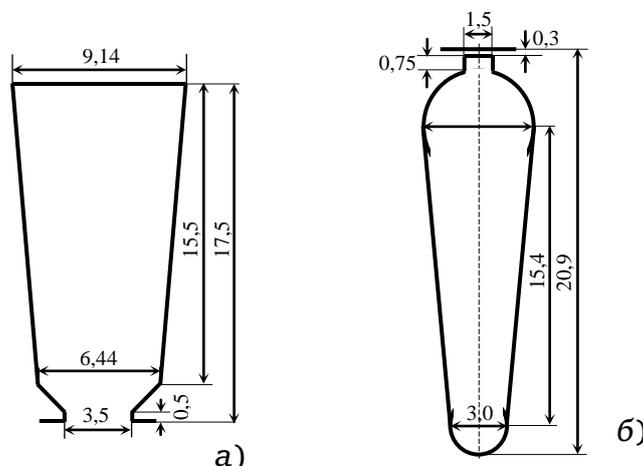
2.4. Пазнинг баландлиги:

$$h_{\text{п}} = \frac{D_a - D}{2} - h_a = \frac{225 - 145}{2} - 22,5 = 17,5 \text{ мм.}$$

2.5. Трапециянинг пастки ва юқори қисмларининг ўлчамлари қуйидагича топилади:

$$b_1 = \frac{\pi(D + 2h_n)}{Z_1} - b_{z1} = \frac{3,14 \cdot (145 + 2 \cdot 17,5)}{36} - 6,55 = 9,14 \text{ мм.}$$

$$b_2 = \frac{\pi(D + 2h_{\text{ш1}} + b_{\text{ш1}}) - Z_1 b_{z1}}{Z_1 - \pi} = \frac{3,14 \cdot (145 + 2 \cdot 0,5 + 3,5) - 36 \cdot 6,55}{36 - 3,14} = 6,7 \text{ мм}$$



1.8-рasm. $P_{2N}=7,5$ кВт, $2p=4$, $U_N=220/380$ В боелган лойиқаланган моторнинг пазлари: а-статор, б-ротор

1.4–жадвал. Асинхрон моторлар IP44 бажарилишида магнит занжири қисмларидаги индукциянинг рухсат берилган қийматлари

Магнит занжирининг қисми	Шартли белгиси ва улчов бирлиги	2p = 2	2p = 4	2p = 6	2p = 8
		Статор ярмоси	$B_a, \text{Тл}$	1,4 - 1,6	1,4 - 1,6
Статор тишлари	$B_{z1}, \text{Тл}$	1,6 - 1,9	1,6 - 1,9	1,6 - 1,9	1,6 - 1,9
Статор ти-шининг энг тор қисми	$B_{z1\max}, \text{Тл}$	1,75-1,95	1,75-1,95	1,75-1,95	1,75-1,95
	а) ярим очик пазлар				
	б) очик пазлар	1,6-1,8	1,6-1,8	1,6-1,8	1,6-1,8
Ротор ярмоси (қиска туташган)	$B_j, \text{Тл}$	$\leq 1,45$	$\leq 1,4$	$\leq 1,2$	≤ 1
Ротор тишлари	$B_{z2}, \text{Тл}$	1,7–1,95	$\leq 1,4$	$\leq 1,2$	≤ 1
Ротор ти-шининг энг тор қисми	$B_{z2\max}, \text{Тл}$ (қиска туташган)	1,5 – 1,7	1,5 – 1,7	1,6 – 1,9	≤ 1

1.5–жадвал. Асинхрон моторлари статор ва роторининг магнит ўтказувчанлигини пўлат билан тўлдириш $k_{\text{пул}}$ коэффициентини танлаш ($U_N \leq 660 \text{ В}$)

h, мм	U, В	Пулат маркаси	Статор		Қиска туташган ротор		Фаза ротор	
			Изоляциялаш йули	$k_{\text{пул}}$	Изоляциялаш йули	$k_{\text{пул}}$	Изоляциялаш йули	$k_{\text{пул}}$
			45-250	≤ 660	2013	Оксидлаш	0,97	Оксидлаш
280-355	≤ 660	2212	Локлаш	0,95	Локлаш	0,97	Локлаш	0,95
		2214						
280-560	6000	2412	Локлаш	0,95	Локлаш	0,95	Локлаш	0,95

1.6–жадвал. **Ярим ёпик статор пази (га сим солинадиган қисми) шлицси $b_{ш1}$ ни танлаш**

h, мм	Жуфт кутблар сони 2р				
	2	4	6–8	10	12
50–63	1,8	1,8	1,8	–	–
71	2,0	2,0	2,0	–	–
80,90	3,0	3,0	2,7	–	–
100,112	3,5	3,5	3,0	–	–
132	4,0	3,5	3,5	–	–
160–250	4,0	3,7	3,7	–	–
280–315	–	–	–	4,0	4,0

26. Пазнинг чўлғам жойланадиган қисмининг баландлиги:

$$h_1 = h_{п1} - \left(h_{ш1} + \frac{b_2 - b_{ш1}}{2} \right) = 17,5 - \left(0,5 + \frac{6,44 - 3,5}{2} \right) = 15,5 \text{ мм.}$$

27. Йиғишда йўл қўйиладиган ораликлар ҳисобига пазнинг ўлчамлари:

$$b'_1 = b_1 - \Delta b_{п} = 9,14 - 0,1 = 9,04 \text{ мм;}$$

$$b'_2 = b_2 - \Delta b_{п} = 6,44 - 0,1 = 6,3 \text{ мм;}$$

$$h'_1 = h_1 - \Delta h_{п} = 15,3 - 0,1 = 15,2 \text{ мм,}$$

бу ерда, $\Delta h_{п}$, $\Delta b_{п}$ -пазнинг остки ёки устки ва ён томондан изоляцияларининг қалинлиги. Бу қийматлар одатда $\Delta h_{п} = \Delta b_{п}$ бўлади. $h = 50-132$ мм бўлганда $\Delta b_{п} = 0,1$ мм; $h = 160-250$ мм бўлганда $\Delta b_{п} = 0,2$ мм; $h = 280-355$ мм бўлганда $\Delta b_{п} = 0,3$ мм; $h = 400-500$ мм бўлганда $\Delta b_{п} = 0,4$ мм бўлади.

28. Симларни жойлаштириш учун пазнинг кўндаланг кесим юзаси:

$$S'_{п} = \frac{b'_1 + b'_2}{2} h'_1 - (S_{из} + S_{пр}) = \frac{9,04 + 6,3}{2} \cdot 15,4 - 15,15 = 103,16 \text{ мм}^2,$$

бу ерда: $S_{пр} = 0$ – прокладка (қистирма) юзаси; $S_{из}$ – пазнинг корпус изоляцияси кўндаланг кесим юзаси:

$$S_{из} = b_{из} (2h_{п1} + b_1 + b_2) = 0,3 \cdot (34,9 + 9,14 + 6,44) = 15,15 \text{ мм}^2,$$

бу ерда, паздаги изоляциянинг бир томонлама қалинлиги $b_{из} = 0,25$ мм. $h = 50-80$ мм бўлганда $b_{из} = 0,2-0,3$ мм, $h = 90-132$ мм бўлганда $b_{из} = 0,25-0,35$ мм, $h = 160-250$ мм бўлганда $b_{из} = 0,4-0,5$ мм бўлади.

Пазнинг тўғри ҳисобланганлигини пазни тўлдириш коэффициентини $k_{тул}$ орқали аниқланади. У эффектив чўлғам юзасини паз юзасига нисбатига тенг. $k_{тул} \approx 0,72$ атрофида булиши шарт.

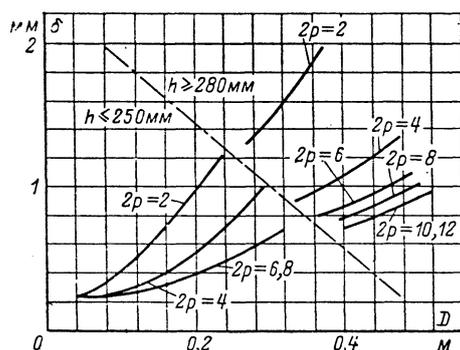
29. Пазни тулдириш коэффициентини:

$$k_{тул} = \frac{d_{из} u_{п} n_{эл}}{S'_{п}} = \frac{1,77^2 \cdot 21 \cdot 2}{103,16} = 0,72,$$

Агар $k_{тул} = 0,72$ атрофида бўлмаса, моторнинг асосий ўлчамларини ўзгартирмасдан, $u_{п}$ ни ўзгартириб (биттага ошириб ёки камайтириб) ёки V_{z1} ва V_a ларни, яъни паз ўлчамларини ўзгартирган ҳолда $k_{тул}$ коэффициентини тахминан 0,72 га келтириш керак [1].

1.4. Роторни ҳисоблаш

Роторни ҳисоблаш ротор пазлари сонини аниқлашдан бошланади. Ротор кўп фазага бўлгани учун юқори гармоникалар таъсири катта бўлади. Бу таъсирни ротор пазлари сонини танлаш орқали камайтириш мумкин. Шунини назарда тутиб статор пазларига мувофиқ келувчи энг оптимал ротор пазлари сони 1.3–жадвалдан танланади.



1.9-расм.
Хаво оралиғини танлашга оид чизма
эбатан камроқ қилиб олинади $Z_2 < Z_1$.

Одатда роторда баъзи ҳолларда $Z_2 < Z_1$ қилиб олинади [1].

30. Ротордаги пазлар сони (1.3-жадвал бўйича): $Z_2 = 34$.

31. Машина хаво оралиғини 1.9-расмдан танлаймиз: $\delta = 0,35$ мм.

32. Роторнинг ташқи диаметри: $D_2 = D - 2\delta = 0,145 - 2 \cdot 0,35 \times 10^{-3} = 0,144$ м.

33. Роторнинг узунлиги: $l_2 = l_1 = 0,115$ м.

34. Тиш бўлинмаси:

$$t_{z2} = \pi D_2 / Z_2 = \pi \cdot 0,144 / 34 = 0,0133 \text{ м} = 13,3 \text{ мм}.$$

35. Роторнинг ички диаметри вал диаметрига тенг бўлади, чунки ротор ўзаги валга бевосита урнатилади:

$$D_j = D_v = k_v D_a = 0,23 \cdot 0,225 = 0,0518 \text{ м} \approx 52 \text{ мм}.$$

Валнинг диаметрини ҳисоблаш учун керак бўладиган коэффициент k_v қиймати $h = 71 \div 250$ мм ва $2p = 2 \div 8$ бўлганда $k_v = 0,23$.

36. Ротор стерженидаги ток:

$$I_2 = k_i I_1 v_i = 0,89 \cdot 15,1 \cdot 21,3 = 286 \text{ A},$$

бунда k_i -магнитловчи токнинг I_1/I_2 тоқлар нисбатига таъсирини ҳисобга олувчи коэффициент; $\cos\varphi = 0,85$ -0,9 бўлганда $k_i = 0,89$; тоқларни келтириш коэффициенти:

$$v_i = \frac{2m_1 w_1 k_{\text{чл}}}{Z_2} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 126 \cdot 0,96}{34} = 21,3.$$

37. Стерженнинг кундаланг кесим юзаси:

$$q_c = \frac{I_2}{J_2} = \frac{286}{3,5 \cdot 10^2} = 81,784 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 81,784 \text{ мм}^2.$$

Алюминий қўйма стерженлар учун ток зичлиги $J_2 = (2,5-3,5)10^6 \text{ А/м}^2$, мис стерженлар учун эса $J_2 = (4,0-8,0)10^6 \text{ А/м}^2$ бўлади.

38. Ротор пазини 1.8,б-расмдагидек, $b_{\text{ш}2} = 1,5 \text{ мм}$, $h_{\text{ш}2} = 0,75 \text{ мм}$, $h'_{\text{ш}2} = 0,3 \text{ мм}$ га 1.4-жадвалдан $B_{z2} = 1,8 \text{ Тл}$ тенг деб қабул қиламиз. $h = 160-250 \text{ мм}$ бўлганда [1] қисқа туташган роторли 4А туркумли моторларда ноксимон пазлар ишлатилади ва $b_{\text{ш}2} = 1,5 \text{ мм}$ ва $h_{\text{ш}2} = 0,7 \text{ мм}$, $h'_{\text{ш}2} = 0,3 \text{ мм}$; $h = 112-132 \text{ мм}$ бўлганда $b_{\text{ш}2} = 1,5 \text{ мм}$ ва $h_{\text{ш}2} = 0,75 \text{ мм}$, $h'_{\text{ш}2} = 0,3 \text{ мм}$; $2p = 2$ бўлганда $b_{\text{ш}2} = 1,5 \text{ мм}$ ва $h_{\text{ш}2} = 0,7 \text{ мм}$, $h'_{\text{ш}2} = 1,0-1,5 \text{ мм}$ қилиб олинади.

39. Тишнинг рухсат этилган кенглиги:

$$b_{z2(\text{рух})} = \frac{B_{\delta} t_{z2} l_{\delta}}{B_{z2} l_{\text{ноб}} k_{\text{ноб}}} = \frac{0,905 \cdot 13,3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,115}{1,8 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 6,9 \text{ мм},$$

бунда $l_{\text{пул}2} = l_{\delta}$.

40. Ротор пазининг ўлчамлари:

$$b_{1(n2)} = \frac{\pi(D_2 - 2h_{\text{ш}2} - 2h'_{\text{ш}2}) - Z_2 b_{2(\text{рух})}}{\pi + Z_2} = \frac{3,14(144 - 2 \cdot 0,75 - 2 \cdot 0,3) - 34 \cdot 6,9}{3,14 + 34} = 5,76 \text{ мм};$$

$$b_{2(n2)} = \sqrt{\frac{b_{1(n2)}^2 \left(\frac{Z_2 + \pi}{\pi} + \frac{\pi}{2} \right) - 4 \cdot q_c}{\frac{Z_2}{\pi} - \frac{\pi}{2}}} = \sqrt{\frac{5,7^2 \left(\frac{34}{\pi} + \frac{\pi}{2} \right) - 4 \cdot 81,8}{\frac{34}{\pi} - \frac{\pi}{2}}} = 2,87 \text{ мм};$$

$$h_{1(n2)} = (b_{1(n2)} - b_{2(n2)}) \frac{Z_2}{2\pi} = (5,7 - 2,87) \frac{34}{2 \cdot 3,14} = 15,4 \text{ мм}.$$

Ҳисоблашлар осон бўлиши учун $b_{1(n2)} = 5,8 \text{ мм}$, $b_{2(n2)} = 3,0 \text{ мм}$, $h_{1(n2)} = 15,4 \text{ мм}$ деб қабул қиламиз.

41. Пазнинг умумий баландлиги:

$$h_{п2} = h'_{ш2} + h_{ш2} + \frac{b_{1(п2)}}{2} + h_{2(п2)} + \frac{b_{2(п2)}}{2} = 0,3 + 0,75 + \frac{5,8}{2} + 15,4 + \frac{3}{2} = 20,9 \text{ мм.}$$

42. Стерженнинг кўндаланг кесим юзаси:

$$q_c = \frac{\pi}{8} (b_{1(п2)}^2 + b_{2(п2)}^2) + 1/2 (b_{1(п2)} + b_{2(п2)}) h_{1(п2)} = \frac{3,14}{8} (5,8^2 + 3^2) + 0,5(5,8+3) \cdot 15,4 = 84,5 \text{ мм}^2.$$

43. Стержендаги ток зичлиги:

$$J_2 = \frac{I_2}{q_c} = 286/84,5 = 3,39 \text{ А/мм}^2.$$

44. Қиска туташтирувчи халқа (1.10-расм) ва унинг кўндаланг кесим юзаси:

$$q_k = \frac{I_k}{J_k} = 779,29/2,87 = 270,63 \text{ мм}^2$$

бу ерда $I_k = \frac{I_2}{\Delta} = 286,24/0,367 = 779,29 \text{ А}$

$$\Delta = 2 \sin \alpha_z / 2 = 2 \sin \pi r / Z_2 = 2 \sin \pi \cdot 2/34 = 0,367.$$

$$J_k = 0,85 J_2 = 0,85 \cdot 3,39 \cdot 10^6 = 2,88 \text{ А/мм}^2.$$

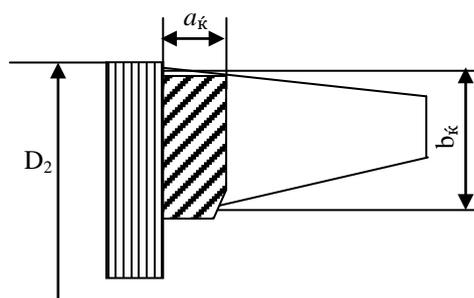
45. Қиска туташтирувчи халқаларнинг ўлчамлари (1.10-расм):

$$b_x = 1,25 \cdot h_{п2} = 1,25 \cdot 20,9 = 26,1 \text{ мм};$$

$$a_x = q_x / b_x = 270,63 / 26,063 = 10,4 \text{ мм};$$

$$q_x = b_x \cdot a_x = 26,1 \cdot 10,4 = 271 \text{ мм}^2;$$

$$D_x = D_2 - b_x = 144,31 - 26,1 = 118 \text{ мм.}$$



1.10-расм.
Қиска
туташтирувчи қалқа
ўлчамлари

1.5. Магнит занжирини ҳисоблаш

46. Моторнинг магнит занжири қисмларидаги индукциялар:

статор тишидаги:

$$B_{z1} = \frac{B_{\delta} t_{z1} l_{\delta}}{b_{z1} l_{пўл1} k_{пўл1}} = \frac{0,905 \cdot 0,013 \cdot 0,115}{6,55 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 1,8 \text{ Тл},$$

ротор тишидаги:

$$B_{z2} = \frac{B_{\delta} t_{z2} l_{\delta}}{b_{z2} l_{пўл2} k_{пўл2}} = \frac{0,905 \cdot 13,3 \cdot 0,115}{6,9 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 1,8 \text{ Тл},$$

ротор ярмосида:

$$B_a = \frac{\Phi}{2h_a l_{пўл} k_{пўл}} = \frac{7,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 22,5 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 1,5 \text{ Тл},$$

ротор ярмосида:

$$B_j = \frac{\Phi}{2h'_j l_{пўл} k_{пўл}} = \frac{7,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 32,1 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 1,05 \text{ Тл}.$$

47. Ротор ярмосининг хисобий баландлиги:

$$h'_j = \frac{2+p}{3,2p} \left(\frac{D_2}{2} - h_{п2} \right) - (2/3) d_{к2} m_{к2} = \frac{2+2}{3,2 \cdot 2} \left(\frac{144}{2} - 20,9 \right) = 32,1 \text{ мм}.$$

48. Хаво оралиғининг магнит кучланиши:

$$F_{\delta} = 1,59 \cdot 10^6 B_{\delta} k_{\delta} \delta = 1,59 \cdot 10^6 \cdot 0,905 \cdot 1,226 \cdot 0,35 = 617,27 \text{ А},$$

бунда, $k_{\delta} = \frac{t_{z1}}{t_{z1} - \gamma \delta} = 12,6 / (12,6 - 6,67 \cdot 0,35) = 1,226$

(бундаги $\gamma = \frac{(b_{ш1} / \delta)^2}{5 + b_{ш1} / \delta} = \frac{(3,5 / 0,35)^2}{5 + 3,5 / 0,35} = 6,67$).

49. Статор ва ротор тиш қатламларининг магнит кучланишлари:

статорда:

$$F_{z1} = 2h_{z1} H_{z1} = 2 \cdot 17,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1520 = 53,063 \text{ А};$$

роторда:

$$F_{z2} = 2h_{z2} H_{z2} = 2 \cdot 20,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1520 = 62,472 \text{ А};$$

(2013 маркали пўлат учун 1-иловадан $B_{z1} = 1,8$ Тл бўлганда – $H_{z1} = 1520$ А/м; $B_{z2} = 1,8$ Тл бўлганда – $H_{z2} = 2010$ А/м; $h_{z1} = h_{п1} = 17,5$ мм; $h_{z2} = h_{п2} - 0,1 b_{z2} = 20,9 - 0,1 \cdot 3 = 20,6$ мм.)

50. Тиш қатламининг тўйиниш коэффициентлари:

$$k_z = 1 + \frac{F_{z1} + F_{z2}}{F_{\delta}} = 1 + (53,063 + 62,472) / 617,27 = 1,19$$

51. Статор ва ротор ярмосидаги магнит кучланишлар:

(статорда) $F_a = L_a H_a = 159 \cdot 520 = 82,6 \text{ А};$

(роторда) $F_j = L_j H_j = 60,5 \cdot 203 = 12,3 \text{ А}.$

(бунда 2015 маркали пўлат учун 2–иловадан $B_a=1,5$ Тл, бўлганда $H_a=520$ А/м; $B_j=1,05$ Тл бўлганда $H_j=203$ А/м).

52. Статор ярмосининг ўртача узунлиги:

$$L_a = \frac{\pi(D_a - h_a)}{2p} = 3,14 \cdot (225 - 22,5) / (2 \cdot 2) = 159 \text{ мм} = 0,159 \text{ м},$$

бунда $h_a=22$ банддан олинган.

53. Ротор ярмосининг ўртача узунлиги:

$$L_j = \frac{\pi(D_b - h'_{\text{урт}})}{2p} = 3,14 \cdot (52 + 25,1) / (2 \cdot 2) = 60,5 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}.$$

ротор ярмосининг ўртача баландлиги:

$$h'_{\text{урт}} = \frac{(D_2 - D_j)}{2} - h_{n2} = (144 - 52) / 2 - 20,9 = 25,1 \text{ мм}.$$

54. Жуфт кутблардаги натижавий магнит кучланганлик:

$$F_{\Sigma} = F_{\delta} + F_{z1} + F_{z2} + F_a + F_j = 617 + 53,1 + 62,5 + 82,6 + 12,3 = 827,77 \text{ А}.$$

55. Магнит занжирининг тўйиниш коэффициенти:

$$k_{\mu} = F_{\Sigma} / F_{\delta} = 828 / 617 = 1,34.$$

56. Магнитловчи ток:

$$I_{\mu} = \frac{pF_{\Sigma}}{0,9mw_1k_{\mu}} = 2 \cdot 827,77 / (0,9 \cdot 3 \cdot 126 \cdot 0,96) = 5,07 \text{ А}.$$

57. Магнитловчи токнинг нисбий бирликдаги қиймати:

$$I_{\mu^*} = I_{\mu} / I_{1N} = 5,07 / 15,1 = 0,34.$$

1.6. Иш режимининг параметрларини ҳисоблаш

58. Статор чўлғамининг актив қаршилиги:

$$r_1 = K_R \rho_{115(Cu)} \frac{L_1}{q_{\text{эф}} a} = \frac{10^{-6} \cdot 75,8}{41 \cdot 2,454 \cdot 10^{-6} \cdot 1} = 0,753 \text{ Ом}.$$

Изоляциянинг иссиқликка бардошлилик F синфи бўйича ҳисобий температураси $\vartheta_x=115^{\circ}\text{C}$. Мис учун солиштирма қаршилиқ $\rho_{115(Cu)}=10^{-6}/41$ Ом·м. Ротор қаршилигининг умумий ошиш коэффициенти $K_R \approx 1$.

59. Фаза чўлғамидаги симнинг узунлиги:

$$L_1 = l_{\text{урт1}} w_1 = 0,601 \cdot 126 = 75,8 \text{ м},$$

бунда $l_{урт1}=2(l_{пул1}+l_{пт2})=2(0,115+0,186)=0,601$ м, статор чўлғами ўрамининг ўртача узунлиги;

$$l_{пт1}=K_{пт}b_{гал}+2B=1,3 \cdot 0,128+2 \cdot 0,01=0,186 \text{ м}; \quad l_{пул1}=l_1=0,115 \text{ м},$$

бунда, ғалтакнинг паздан чиқиб букланган қисмигача бўлган узунлиги $B=0,01$ м; $K_{пт}=1,3$ қиймат 1.7-жадвалдан олинади.

60. Ғалтакнинг ўртача кенглиги:

$$b_{гал}=\frac{\pi(D+h_{ноа1})}{2p}\beta=3,14 \cdot (145+17,5)/(2 \cdot 2)=0,128 \text{ м},$$

β - чўлғам қадамани қисқартириш коэффициентини, бир қатламли ва диаметрал икки қатламли чўлғамлар учун $\beta=1$.

1.7-жадвал. Ғалтакнинг паздан ташкарига чиқиб турган қисмини ҳисоблаш

Кутблар сони, 2р	2	4	6	8	10
$K_{пт}$	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5
$K_{чик}$	0,26	0,4	0,5	0,55	0,6

61. Ғалтакнинг паздан чиқиб турган қисмининг узунлиги:

$$l_{чик}=K_{чик} \cdot b_{гал}+B=0,4 \cdot 0,128+0,01=0,061=61 \text{ мм},$$

бунда $K_{чик}=0,4$ (1.7-жадвалдан).

62. Статор чўлғами актив қаршилигининг нисбий бирдаги қиймати:

$$r_{1*}=r_1 I_{1N}/U_{1N}=0,753 \cdot (15,1/220)=0,052.$$

63. Ротор фазасининг актив қаршилиги (қуйма алюминий чўлғам учун):

$$r_2=r_c+\frac{2r_k}{\Delta^2}=68 \cdot 10^{-6}+2 \cdot 2,018 \cdot 10^{-6}/0,367^2=97,9 \cdot 10^{-6} \text{ Ом},$$

бунда $r_c=\rho_{115(Al)} \cdot \frac{l_2}{q_c}=\left(\frac{10^{-6}}{20,5}\right) \cdot \left(\frac{0,115}{84,5 \cdot 10^{-6}}\right)=68 \cdot 10^{-6} \text{ Ом};$

$$r_x=\rho_{115} \frac{\pi \cdot D_k}{Z_2 \cdot q_k}=\left(\frac{10^{-6}}{20,5}\right) \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,1183}{34 \cdot 270,6 \cdot 10^{-6}}\right)=2,018 \cdot 10^{-6} \text{ Ом},$$

бунда, қуйма алюминий чўлғам учун солиштирма қаршилиқ:

$$\rho_{115(Al)}=\left(\frac{10^{-6}}{20,5}\right) \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

64. r_2 ни статор чўлгами ўрамлари сонига келтирамиз: $r'_2=r_2 \frac{4m(w_1 k_{ч1})^2}{Z_2} = 97,9 \cdot 10^{-6}$

$$\frac{4 \cdot 3 \cdot (126 \cdot 0,96)^2}{34} = 0,506 \text{ Ом.}$$

65. Ротор қиска туташган чўлгами актив қаршилигининг нисбий бирликдаги қиймати:

$$r'_{2*} = r'_2 \frac{I_{1N}}{U_{1N}} = 0,506 \cdot (15,1/220) = 0,033.$$

66. Статор фаза чўлгамининг индуктив қаршилиги:

$$x_1 = 15,8 \left(\frac{f_1}{100} \right) \left(\frac{w_1}{100} \right)^2 \frac{l_\delta}{pq} (\lambda_{п1} + \lambda_{пт1} + \lambda_{л1}) = 15,8 \cdot \frac{50}{100} \left(\frac{126}{100} \right)^2 \frac{0,115}{2 \cdot 3} \times (1,27 + 1,0 + 2,399) = 1,123$$

Ом,

бунда, бунда, тарқоқ магнит майдон магнит ўтказувчанлигининг паздаги сочилиш коэффициенти:

$$\lambda_{п1} = \left(\frac{h_1}{3b_{2(п1)}} \right) k_\beta + \left(\frac{h_{2(п1)}}{b_{2(п1)}} + \frac{3h_{3(п1)}}{b_2 + 2b_{ш1}} + \frac{h_{ш1}}{b_{ш1}} \right) k'_\beta = \frac{15,49}{3 \cdot 6,44} + \frac{3 \cdot 1,47}{6,44 + 2 \cdot 3,5} + \frac{1,0}{3,5} = 1,27,$$

бу ерда $h_1 = 15,49$ мм, $k_\beta = 1$; $k'_\beta = 1$; $b_{2(п1)} = 6,44$ мм, $h_{2(п1)} = 0$;

$$h_3 = \frac{b_{2(п1)} - b_{ш}}{2} = \frac{6,44 - 3,5}{2} = 1,47 \text{ мм.}$$

паздан ташқари қисмидаги тарқоқ магнит майдонининг магнит ўтказувчанлик коэффициенти:

$$\lambda_{пт1} = 0,34 \frac{q}{l'_\delta} (l_{пт} - 0,64\beta\tau) = 0,34 \frac{3}{0,115} (0,186 - 0,64 \cdot 0,114) = 1,0;$$

дифференциал тарқоқ магнит майдонининг магнит ўтказувчанлик коэффициенти:

$$\lambda_{л1} = \frac{t_{z1}}{12\delta k_\delta} \xi = \frac{12,64}{12 \cdot 0,35 \cdot 1,226} \cdot 0,98 = 2,399,$$

бунда ярим очик ва ярим ёпик статор пазларида ξ коэффициентини:

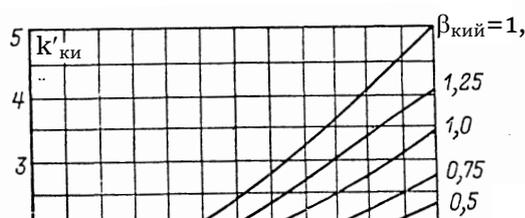
$$\xi = 2k'_{кий} k_\beta - k_{ч1}^2 \left(\frac{t_{z2}}{t_{z1}} \right)^2 \cdot (1 + \beta^2_{кий}) = 2 \cdot 1,0 - 0,96^2 \cdot \left(\frac{13,3}{12,6} \right)^2 = 0,98;$$

$t_{z2}/t_{z1} = 13,3/12,6 = 1,05$ бўлгани учун 1.10-расмдан $k'_{кий} = 1,0$ ни танлаймиз. $\beta_{кий} = 0$,

$\beta_{кий} = b_{кий}/t_{z2}$ -қийшайиш коэффициенти бўлиб, қийшайиш йўқ бўлса, $b_{кий} = 0$.

67. Статор чўлгами реактив қаршилигининг нисбий бирликдаги қиймати:

$$x_{1*} = x_1 (I_{1N}/U_{1N}) = 1,123 \cdot (15,10/220) = 0,077.$$



68. Ротор фаза чўлгамининг индуктив қаршилиги:

$$x_2 = 7,9 f_1 l_{\delta}' (\lambda_{n2} + \lambda_{m2} + \lambda_{d2}) 10^{-6} = 7,9 \cdot 50 \cdot 0,115 \cdot (2,99 + 0,55 + 2,61) \cdot 10^{-6} = 279,16 \cdot 10^{-6} \text{ Ом},$$

бунда, тарқоқ магнит майдон магнит ўтказувчанлигининг паздаги сочилиш коэффициентлари:

$$\lambda_{n2} = \left[\frac{h}{3b_{1(n2)}} \left(1 - \frac{\pi b_{1(n2)}^2}{8q_c} \right) + 0,66 - b_{m2}/2b_{1(n2)} \right] k_d + h_{m2}/b_{m2} +$$

$$+ 1,12 h_{m2}' \cdot 10^{-6} / I_2 = \frac{19,2}{3 \cdot 5,8} \left(1 - \frac{\pi \cdot 5,8^2}{8 \cdot 84,5} \right)^2 + 0,66 - \frac{1,5}{2 \cdot 5,8} + \frac{0,8}{1,5} +$$

$$+ 1,12 \frac{0,3 \cdot 10^3}{286} = 2,99,$$

($h = h_{n2} - h_{m2}' - h_{m2} - 0,2 \cdot b_{2(n2)}/2 = 20,9 - 0,3 - 0,75 - 2,3/2 = 19,2$ мм иш режими учун $k_d = 1$);

$$l_{\delta}' = l_{\delta} = 0,115 \text{ м};$$

51

паздан ташқари қисмидаги тарқоқ магнит майдонининг магнит ўтказувчанлик коэффициентлари:

$$\frac{2,3 \cdot 0,118}{34 \cdot 0,115 \cdot 0,367^2} \times \lg \frac{4,7 \cdot 0,118}{2 \cdot 0,01 + 0,026} = 0,55;$$

роторнинг қисқа туташув чўлғамида дифференциал тарқалишининг магнит ўтказувчанлик коэффициентлари:

$$\lambda_{d2} = \frac{t_{z2}}{12 \delta k_{\delta}} \xi = \frac{13,3}{12 \cdot 0,35 \cdot 1,226} \cdot 1,01 = 2,61$$

$$\xi = 1 + 0,2 (\pi r / Z_2)^2 - \frac{\Delta_z}{1 - (p / Z_2)^2} \approx 1 + 0,2 (3,14 \cdot 2 / 34)^2 = 1,01.$$

бунда ёпик пазлар учун $\Delta_z \approx 0$.

69. Магнит ўтказувчанлик коэффициентлари йиғиндиси:

$$\sum \lambda_2 = \lambda_{n2} + \lambda_{m2} + \lambda_{d2} = 2,99 + 0,55 + 2,61 = 6,15.$$

70. x_2 ни статор ўрамлари сонига келтирамиз:

$$x_2' = x_2 \frac{4m(w_1 k_{c1})^2}{Z_2} = 279,2 \cdot 10^{-6} \frac{4 \cdot 3 \cdot (126 \cdot 0,96)^2}{34} = 1,442 \text{ Ом}.$$

71. Ротор индуктив қаршилигининг нисбий бирликда қиймати:

$$x_{2*}' = x_2' (I_{1N} / U_{1N}) = 1,442 (15,1 / 220) = 0,099.$$

1.7. Қувват исрофларини ҳисоблаш

72. Пўлатдаги асосий исрофлар:

$$P_{\text{платас}} = \rho_0 (f/50)^{\beta} (k_{\text{да}} B_a^2 \cdot m_a + k_{\text{дз}} B_{z1}^2 \cdot m_{z1}) = 2,6 \cdot (1,6 \cdot 1,5^2 \cdot 12,46 + 1,8 \cdot 1,8^2 \cdot 3,58) = 170,9 \text{ Вт},$$

бу ерда 2013 маркали пулат учун $\rho_0 = 2,6 \text{ Вт/кг}$ ва $\beta = 1,5$; $k_{\text{да}}$ ва $k_{\text{дз}}$ - магнит оқимни нотекис тақсимланишининг исрофларга таъсирини ҳисобга олувчи коэффициентлар. Қуввати 250 кВт гача бўлган машиналар учун $k_{\text{да}} = 1,6$ ва $k_{\text{дз}} = 1,8$; ундан катта бўлса $k_{\text{да}} = 1,4$ ва $k_{\text{дз}} = 1,7$.

73. Ярмодаги пўлатнинг массаси:

$$m_a = \pi(D_a - h_a) h_a l_{\text{пул}} k_{\text{пул}} \gamma_{\text{пул}} = 3,14 \cdot (0,225 - 0,0225) \cdot 0,0225 \cdot 0,115 \times 0,97 \cdot 7800 = 12,5 \text{ кг},$$

$$\text{бунда } h_a = 0,5(D_a - D) - h_{\text{п1}} = 0,5 \cdot (0,225 - 0,145) - 0,0175 = 0,0225.$$

74. Статор ўзагидаги тишлар массаси:

$$m_{z1} = h_{z1} b_{z1} \gamma_{\text{п1}} Z_1 l_{\text{пул}} k_{\text{пул}} \gamma_{\text{пул}} = 0,0175 \cdot 0,0066 \cdot 36 \cdot 0,115 \cdot 0,97 \cdot 7800 = 3,58 \text{ кг}$$

бунда $\gamma_{\text{пул}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ – пўлатнинг солиштирма массаси.

75. Ротор сирти юзасидаги исрофлар яъни сиртий исрофлар:

$$P_{\text{с2}} = \rho_{02} (t_{z2} - b_{\text{ш2}}) Z_2 l_{\text{пул}} = 296,4 \cdot 13,3 \cdot 34 \cdot 0,115 = 15,4 \text{ Вт},$$

бунда $b_{\text{ш2}} = 0$;

$$P_{\text{сирт2}} = 0,5 k_{\text{сирт2}} (Z_1 n_1 / 10000)^{1,5} (B_{\text{сирт2}} t_{z1} \cdot 10^3)^2 = 0,5 \cdot 1,5 \times \\ \times (36 \cdot 1500 / 10000)^{1,5} \cdot (0,444 \cdot 12,6)^2 = 296,39 \text{ Вт/м}^2, \text{ бунда хаво оралиғидаги пульсланувчи}$$

магнит идукцияси амплитудаси:

$$B_{\text{сирт2}} = \beta_{\text{сирт2}} k_{\delta} B_{\delta} = 0,4 \cdot 1,226 \cdot 0,905 = 0,444 \text{ Тл};$$

$k_{\text{сирт2}} = 1,5$; $b_{\text{ш1}} / \delta = 3,5 / 0,35 = 10$ учун 1.11-расмдан $\beta_{\text{сирт2}} = 0,4$.

76. Ротор тишларидаги пульсланувчи майдон туфайли вужудга келадиган исрофлар:

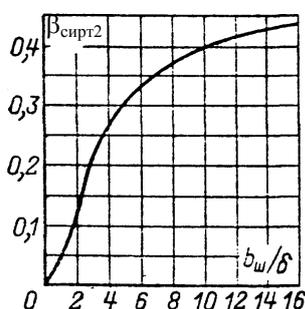
$$P_{\text{пул2}} = 0,11 (Z_1 B_{\text{пул2}} n / 1000)^2 m_{z2} = 0,11 \cdot (36 \cdot 1500 \cdot \\ \cdot 0,158 / 1000)^2 \times 4,26 = 33,9 \text{ Вт},$$

бунда, тишнинг урта кесимидаги индукция:

$$B_{\text{пул2}} = \gamma_1 \delta B_{z2} \gamma_{\text{п1}} / (2t_{z2}) = 6,67 \cdot 0,35 \cdot 1,8 / (2 \cdot 13,3 \cdot 10^{-3}) = 0,158 \text{ Тл}.$$

Ротор узагидаги тишлар массаси:

$$m_{z2} = Z_2 h_{z2} b_{z2} \gamma_{\text{п2}} l_{\text{пул2}} k_z \gamma_{\text{пул}} = 34 \cdot 20,9 \cdot 6,9 \cdot 0,115 \cdot 0,97 \cdot 7800 = 426 \text{ кг}.$$



Сиртий исрофларни
ҳисоблаш учун $\beta_{\text{сирт2}} = f(b_{\text{ш}}/\delta)$
боғлиқлиги

77. Пулатдаги кўшимча исрофлар йиғиндиси:

$$P'_{\text{пўл.ўш.}} = P_{\text{сирт2}} + P_{\text{пўл2}} = 15,4 + 33,9 = 49,3 \text{ Вт.}$$

78. Пулатдаги тўла исрофлар:

$$P_{\text{пўл}} = P_{\text{пўл.ас}} + P_{\text{пўл.кўш.}} = 170,9 + 49,3 = 220,2 \text{ Вт.}$$

79. Механик исрофлар:

$$P'_{\text{мех}} = K_T (n/10)^2 D_a^4 = 1,01 \cdot (1500/10)^2 \cdot 0,225^4 = 58,1 \text{ Вт,}$$

$D_a \leq 0,25$ м ва $2p=2$ бўлганда $K_T=1$, агар $2p \geq 4$ бўлса, $K_T=1,3(1-D_a)=1,3 \cdot (1-0,225)=1,01$.

80. Номинал режимдаги кўшимча исрофлар:

$$P_{\text{ўш.N}} = 0,005 P_{1N} = 0,005 P_{2N} / \eta = 0,005 \cdot 7500 / 0,875 = 42,9 \text{ Вт.}$$

81. Моторнинг салт ишлаш токи:

$$I_0 \approx \sqrt{I_{0.a}^2 + I_{\mu}^2} = \sqrt{0,51^2 + 5,07^2} = 5,09 \text{ А,}$$

бунда салт ишлаш режимидаги токнинг актив ташкил этувчиси:

$$I_{0.a} = \frac{P'_{\text{пўл}} + P'_{\text{мех}} + P'_{\text{э1(0)}}}{m U_{1N}} = \frac{220,2 + 58,1 + 58,1}{3 \cdot 220} = 0,51 \text{ А,}$$

бунда $P_{\text{э1(0)}}$ - салт ишлаш режимида статор чўлғамидаги электр исрофлари:

$$P_{\text{э1(0)}} \approx 3 I_{\mu}^2 r_1 = 3 \cdot 5,07^2 \cdot 0,75 = 58,1 \text{ Вт.}$$

82. Салт ишлаш режимидаги қувват коэффициенти:

$$\cos \varphi_0 = I_{0.a} / I_0 = 0,51 / 5,09 = 0,1.$$

1.8. Қисқа туташган роторли асинхрон моторнинг иш характеристикаларини хисоблаш

Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон моторнинг иш характеристикалари деб, мотор истеъмол қиладиган қувват P_1 , статор токи I_1 , қувват коэффициенти $\cos \varphi$, ФИК η , мотор сирпаниши s ларнинг мотор валидаги P_2 қувватга боғлиқлиги, яъни P_1 , I_1 , $\cos \varphi$, η , $s=f(P_2)$ га айтилади. Иш характеристикаларини доиравий диаграмма асосида хисоблаш осонроқ бўлсада, аниқлик даражаси юкори эмас. Аналитик услуб эса универсал бўлиб, сирпанишнинг исталган қийматида санаб ўтилган кўрсаткичларнинг ўзгаришини хисоблаш имконини беради ва ЭХМ нинг хотирасига дастур кўринишида киргиши мумкин. Иш характеристикаларни хисоблашда сирпаниш мустақил ўзгарувчан қиймат этиб қабул этилади ва унинг $s=(0,2-1,5)s_N$ ораликдаги қийматлари учун P_1 , I_1 , $\cos \varphi$, η , M , I_2 , P_2 лар хисобланади. Бу ерда $s_N=r'_{2*}$, яъни ротор чўлғамини статорга келтирилган актив қаршилигини нисбий қийматига тенг деб, иш характеристикалари $s=0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; s_N=r'_{2*}$

қийматлар учун ҳисобланади. Шу нукталар ҳисобланиб график чизилгандан сўнг, s_N қиймати характеристикалардан аниқланади.

Ҳисоблашларда керак бўладиган қаршиликлар:

$$83. r_{12} \approx \frac{P'_{\text{пўл.ас.}}}{mI_{\mu}^2} = \frac{170,9}{3 \cdot 5,07^2} = 2,22 \text{ Ом,}$$

$$84. x_{12} \cong (U_{1N} / I_{\mu}) - x_1 = (220/5,07) - 1,123 = 42,3 \text{ Ом.}$$

$$85. \text{Коэффициент } c_1 = 1 + \frac{x_1}{x_{12}} = 1 + 1,123/42,3 = 1,027.$$

86. Салт ишлаш режимидаги токнинг актив ташкил этувчиси:

$$I_{0.a} = \frac{P'_{\text{пўл.ас.}} + 3I_{\mu}^2 r_1}{3 \cdot U_{1N}} = \frac{170,9 + 3 \cdot 5,07^2 \cdot 0,753}{3 \cdot 220} = 0,35 \text{ А.}$$

87. Иш характеристикаларини ҳисоблашларда керак бўладиган коэффициентлар:

$$a' = c_1^2 = 1,027^2 = 1,054; \quad b' = 0; \quad a = c_1 r_1 = 1,027 \cdot 0,753 = 0,773;$$

$$b = c_1(x_1 + c_1 x_2) = 1,027(1,123 + 1,027 \cdot 1,442) = 2,67.$$

88. Сирпаниш ўзгарганда ҳам ўзгармай қоладиган қувват исрофлари:

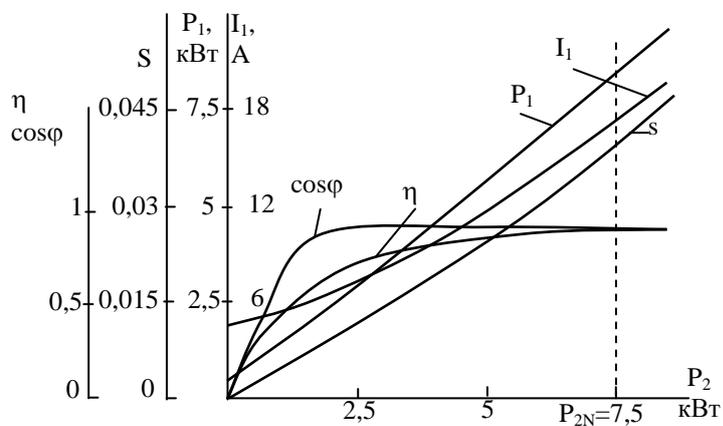
$$P'_{\text{п}} + P'_{\text{мех}} = 220,2 + 58,1 = 278,3 \text{ Вт} \approx 0,278 \text{ кВт.}$$

Олинган натижалар жадвал кўринишига келтирилиб иш характеристикалари кўрилади .

1 - жадвал

№	Ҳисобланадиган катталар	Ўлчов бирлиги	Сирпаниш, s						
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,03	0,04	$s_N=0,033$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$a'r'_2/s$	Ом	107	53,3	35,5	26,6	17,8	13,3	16,3
2	$b'r'_2/s$	Ом	0	0	0	0	0	0	0
3	$R=a+a'r'_2/s$	Ом	107,3	54,06	36,29	27,41	18,53	14,09	17,06
4	$X=b+b'r'_2/s$	Ом	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67
5	$Z=\sqrt{R^2 + X^2}$	Ом	107,4	54,1	36,4	27,5	18,7	14,3	17,3
6	$I_2 = U_{1N} / Z$	А	2,05	4,06	6,05	7,99	11,7	15,3	12,7
7	$\cos\varphi'_2 = R/Z$	–	0,999	0,999	0,997	0,995	0,99	0,983	0,988
8	$\sin\varphi'_2 = X/Z$	–	0,025	0,049	0,073	0,097	0,143	0,186	0,155
9	$I_{1a} = I_{0.a} + I_2 \cos\varphi'_2$	А	2,4	4,41	6,38	8,3	12	15,4	12,9

10	$I_{1p}=I_{0,p}+I_2'' \sin\varphi_2'$	A	5,12	5,27	5,51	5,84	6,75	7,93	7,04
11	$I_1=\sqrt{I_{1a}^2+I_{1p}^2}$	A	5,65	6,87	8,43	10,1	13,7	17,3	14,7
12	$I_2'=c_1 I_2''$	A	2,1	4,17	6,21	8,2	12,1	15,7	13,1
13	$P_1'=3U_{1N} I_{1a} 10^{-3}$	кВт	1,58	2,91	4,21	5,48	7,9	10,2	8,53
14	$P_{\varphi 1}'=3I_1^2 r_1 10^{-3}$	кВт	0,07	0,11	0,16	0,23	0,43	0,68	0,49
15	$P_{\varphi 2}'=3(I_2')^2 r_2' 10^{-3}$	кВт	0,01	0,03	0,06	0,1	0,22	0,38	0,26
16	$P'_{\text{куш}}=P'_{\text{куш.N}} \cdot (I_1/I_{1N})^2 10^{-3}$	кВт	0,006	0,009	0,013	0,019	0,036	0,056	0,041
17	$\sum P' = P'_{\text{пул}} + P'_{\text{мех}} + P'_{\varphi 1} + P'_{\varphi 2} + P'_{\text{куш}}$	кВт	0,36	0,42	0,51	0,63	0,96	1,39	1,07
18	$P_2 = P_1 - \sum P'$	кВт	1,22	2,49	3,7	4,84	6,94	8,78	7,47
19	$\eta = 1 - \sum P'/P_1$	—	0,77	0,856	0,879	0,885	0,878	0,863	0,875
20	$\cos\varphi = I_{1a}/I_1$	—	0,424	0,642	0,756	0,818	0,871	0,889	0,878



Лойихаланган моторнинг иш
характеристикалари, $P_2=7,5$ кВт, $2p=4$, $U_N=220/380$ В

**1.9. Қисқа туташган роторли асинхрон моторнинг ишга тушириш
характеристикаларини ҳисоблаш**

Моторни иш характеристикалари статикавий математик моделини қуйидаги тенгламалар асосида сирпаниш $s=1$ учун тузамиз.

89. Ротор пазининг ўлчамлари:

$$h_{1(n2)} = (b_{1(n2)} - b_{2(n2)})Z_2/2\pi = 15,4 \text{ мм}, \quad h_{n2} = h'_{2ш} + b_{2(n2)}/2 + h_{(n2)l} + b_{2(n2)}/2 = 20,9 \text{ мм}$$

(40 ва 41 бандлардан олинган),

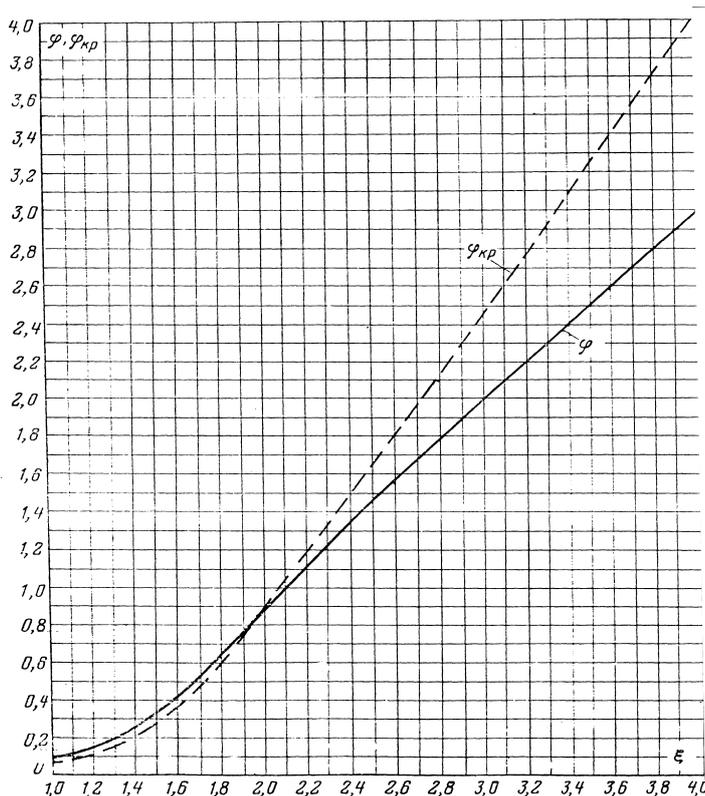
$$h_c = h_{n2} - (h'_{2ш} + h_{2ш}) = 20,9 - (0,3 + 0,75) = 19,8 \text{ мм}$$

90. Стерженнинг келтирилган баландлиги:

$$\xi = 63,61h_c\sqrt{s} = 63,61 \cdot 0,0198 = 1,26,$$

бунда, s -сирпаниш.

91. Стерженнинг (юрғизиш пайтидаги) ток оқадиган қисмининг чуқурлиги $h_r = h_c/(1 + \varphi) = 0,0198/(1 + 0,19) = 16,64 \text{ мм}$, бу ерда φ - эгриликни аппроксимациялаш оркали олинган математик ифодасини 1.13-жадвалда келтирамыз. Бу математик ифода 3-даражали полином



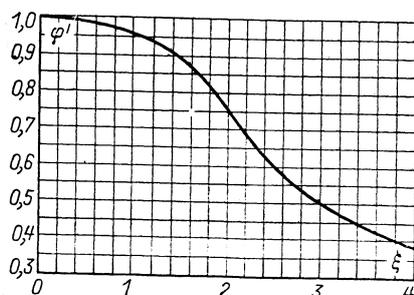
ξ-катталигини φ функцияга боғликлиги

қурилишида бўлиб, квадратларнинг энг кичик қиймати услубида аппроксимацияланган ва 1.14-жадвалда берилган, ёки фни 1.14-расмдан олиш мумкин.

92. h баландлик билан чегараланган қундаланг кесим юзаси:

$$q_r = \frac{\pi b_{1(n2)}^2}{8} + \frac{b_{1(n2)} + b_r}{2} \left(h_r - \frac{b_{1(n2)}}{2} \right) = \frac{\pi \cdot 5,8^2}{8} + \frac{5,8 + 3,3}{2} \times$$

$$\times (16,64 - 5,8/2) = 75,73 \text{ мм}^2,$$



ξ -катталигини
 φ' функцияга
боғлиқлиги

бу ерда,

$$b_r = b_{1(n2)} - \frac{b_{1(n2)} - b_{2(n2)}}{h_{1(n2)}} \left(h_r - \frac{b_{1(n2)}}{2} \right) = 5,8 - \frac{5,8 - 3}{15,4} \left(16,64 - \frac{5,8}{2} \right) = 3,3 \text{ мм.}$$

93. Халқа стерженининг кесим юзаси

$$q_c = \frac{\pi}{8} (b_{1(n2)}^2 + b_{2(n2)}^2) + \frac{1}{2} (b_{1(n2)} + b_{2(n2)}) h_{1(n2)} = 84,5 \text{ мм}^2$$

(42 бандга қаранг).

94. Стерженнинг умумий кесим юзасининг ток оқувчи кесим юзасига нисбати k_r коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$k_r = q_c / q_r = 84,5 / 75,73 = 1,116.$$

95. Ротор қаршилигининг умумий ошиш коэффициенти

$$K_R = 1 + \frac{r'_c}{r_2} (k_r - 1) = 1 + 68 \cdot 10^{-6} / 97,9 \cdot 10^{-6} (1,116 - 1) = 1,08.$$

96. Сикиб чиқарувчи ток таъсирини ҳисобга олган ҳолатдаги роторнинг келтирилган актив қаршилиги

$$r'_{2\xi} = K_R r'_2 = 1,08 \cdot 0,506 = 0,5463 \text{ Ом.}$$

97. K_x коэффициент:

$$K_x = \frac{\lambda_{n2\xi} + \lambda_{nr2} + \lambda_{d2}}{\lambda_{n2} + \lambda_{nr2} + \lambda_{d2}} = \frac{\sum \lambda_{2\xi}}{\sum \lambda_2} = \frac{1,89 + 0,55 + 2,61}{2,99 + 0,55 + 2,61} = \frac{5,05}{6,15} = 0,821 \text{ Ом,}$$

бу ерда

$$\lambda_{\pi 2\xi} = \left[\frac{h}{3b_{1(\pi 2)}} \left(1 - \frac{\pi b_{1(\pi 2)}^2}{8q_c} \right)^2 + 0,66 - b_{\pi 2}/2b_{1(\pi 2)} \right] k_d + h_{\pi 2}/b_{\pi 2} +$$

$$+ 1,12h'_{\pi 2} \cdot 10^6 / \left(I_2 \cdot \frac{I_{и.т}}{I_N} \right) = \left[\frac{19,20}{3 \cdot 5,8} \left(1 - \frac{3,14 \cdot 5,8^2}{8 \cdot 84,5} \right)^2 + 0,66 - \right.$$

$$\left. - \frac{1,5}{2 \cdot 5,8} \right] \cdot 0,92 + \frac{0,8}{1,5} + 1,12 \frac{0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6}{7,5 \cdot 286} = 1,89.$$

$s=1$ учун $I_{и.т}/I_N=7,5$ берилган, $I_{и.т}/I_N$ бўлинмаси s камайган сари камайиб боради, масалан $s=0,1$ бўлганда $I_{и.т}/I_N=2$ бўлади, k_d демпферлаш коэффициентини 1.14-расмдан олинади ($k_d=\varphi'$ - эгриликни аппроксимациялаш орқали олинган математик ифодасини 1.15-жадвалда келтирамиз. Бу математик ифода 3-даражали полином кўринишида бўлиб, квадратларнинг энг кичик қиймати услубида аппроксимацияланган ва 1.14-жадвалда берилган).

Ротор магнит ўтказувчанлик коэффициентлари йиғиндиси:

$$\Sigma \lambda_2 = \lambda_{\pi 2} + \lambda_{\pi 2} + \lambda_{d2} = 2,99 + 0,55 + 2,61 = 6,15.$$

98. Ротор чўлғамининг индуктив қаршилиги:

$$x'_{2\xi} = x'_2 K_x = 1,442 \cdot 0,821 = 1,184 \text{ Ом}$$

99. Тўйинишни эътиборга олмаган холдаги ротор токи

$$I'_2 \approx \frac{U_{IN}}{\sqrt{(r_1 + r'_{2\xi}/s)^2 + (x_1 + x'_{2\xi})^2}} = \frac{220}{\sqrt{(0,753 + 0,55)^2 + (1,123 + 1,184)^2}} = 83,092 \text{ А.}$$

100. Параметрларда тўйинишни ҳисобга олиш. $s=1$ учун тўйиниш коэффициентини $k_\mu=1,35$ ва $I_1=I'_2$ деб оламиз (s камайган сари k_μ ҳам камайиб боради, масалан $s=0,1$ бўлганда $k_\mu=1,05$; $s=0,2$ да $k_\mu=1,1$; $s=0,5$ да $k_\mu=1,2$; $s=0,8$ да $k_\mu=1,3$ бўлади). Ишга тушириш МЮК нинг ўртача қиймати:

$$F_{и.т.(ўрт)} = 0,7 \frac{k_\mu I'_2 u_n}{a} (k'_\beta + k_{\kappa 1} k_{\chi 1} (Z_1/Z_2)) = 0,7 \cdot \frac{112,17 \cdot 21}{1} \times (1 + 0,96 \cdot (36/34)) = 3325,1 \text{ А,}$$

бу ерда $k_{\kappa 1}=1[1]$.

101. Хаво ораликдаги таркок оқим индукциясининг сохта (фиктив) қиймати (тўйинишни ҳисобга олувчи индукция):

$$B_{\phi\delta} = F_{и.т.(ўрт)} \cdot 10^{-6} / 1,6\delta C_N = 3325,1 \cdot 10^{-6} / 1,6 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,93 = 6,38 \text{ Тл,}$$

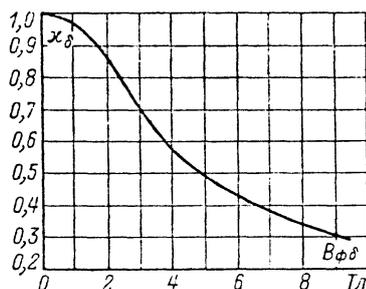
бу ерда

$$C_N = 0,64 + 2,5 \sqrt{\frac{\delta}{t_{z1} + t_{z2}}} = 0,64 + 2,5 \sqrt{\frac{0,35}{12,6 + 13,3}} = 0,93$$

102. Магнит тўйинишни ҳисобга олган ҳолда статор чўлғами паз тарқоқлигининг магнит ўтказувчанлик коэффициентини (ярми ёпик паз учун):

$$\Delta\lambda_{\text{п1}\mu} = \frac{h_{\text{ш}} + 0,58h'_k}{b_{\text{ш}}} \frac{c_{\text{э1}}}{c_{\text{э1}} + 1,5b_{\text{ш}}} = \frac{0,5 + 0,58 \cdot 2,82}{3,5} \times \frac{5,31}{5,31 + 1,5 \cdot 3,5} = 0,238,$$

бу ерда, $h'_k = (b_1 - b_{\text{ш}})/2 = (9,14 - 3,5)/2 = 2,82$ мм, клин (яъни пона)нинг баландлиги.



χ_δ коэффициентининг $B_{\text{ф}\delta}$ га боғлиқлиги

$c_{\text{э1}}$ – тўйиниш туфайли статор пазининг қўшимча очилишини ҳисобга оладиган катталиқ:

$$c_1 = (t_{z1} - b_{\text{ш1}})(1 - \chi_\delta) = (12,6 - 3,5)(1 - 0,42) = 5,31 \text{ мм}$$

бунда $B_{\text{ф}\delta}$ учун χ_δ - коэффициентини 1.16-расмдан олинадимиз (аппроксимацияланган математик ифодаси 1.14.-жадвалда берилган).

103. Токнинг сиқилиш эффекти таъсирини ва магнит тўйинишни ҳисобга олган ҳолда ротор пазининг тарқоқ магнит ўтказувчанлик коэффициентини

$$\lambda_{\text{п1}\mu} = \lambda_{\text{п1}} - \Delta\lambda_{\text{п1}\mu} = 1,0 - 0,24 = 0,764.$$

104. Магнит тўйинишни ҳисобга олган ҳолдаги статор чўлғамининг тарқоқ дифференциал магнит ўтказувчанлик коэффициентини:

$$\lambda_{\text{д1}\mu} = \lambda_{\text{д1}} \chi_\delta = 2,399 \cdot 0,42 = 1,01.$$

105. Магнит тўйинишни ҳисобга олган ҳолдаги статор фаза чўлғами индуктив қаршилиги

$$x_{1\mu} = x_1 (\Sigma\lambda_{1\mu} / (\Sigma\lambda_1)) = 1,123 \cdot 2,77 / 4,674 = 0,666 \text{ Ом},$$

бунда, $\Sigma\lambda_{1\mu} = \lambda_{\text{п1}\mu} + \lambda_{\text{д1}\mu} + \lambda_{\text{пг1}} = 0,764 + 1,01 + 1,0 = 2,77$.

106. Магнит тўйинишни ва токнинг сиқилиш эффектив таъсирини ҳисобга олган ҳолдаги ротор чўлғами паз тарқоқлигининг магнит ўтказувчанлик коэффициентини:

$$\Delta\lambda_{\text{п2}\mu} = \frac{h_{\text{ш2}}}{b_{\text{ш2}}} \frac{c_{\text{э2}}}{b_{\text{ш2}} + c_{\text{э2}}} = \frac{0,8}{1,5} \cdot \frac{6,86}{1,5 + 6,86} = 0,41,$$

бунда, c_{32} – тўйиниш туфайли ротор пазининг қўшимча очилишини ҳисобга оладиган катталиқ, $c_{32}=(t_{z2}-b_{ш2})(1-\chi_{\delta})=(13,3-1,5)(1-0,42)=6,86\text{мм}$; $\lambda_{п2\xi\mu} = \lambda_{п2\xi} - \Delta\lambda_{п2\mu} = 1,89-0,41=1,481$.

107. Роторнинг тўйиниш таъсирини ҳисобга олган ҳолдаги дифференциал тарқок магнит ўтказувчанлик коэффициентини:

$$\lambda_{д2\mu} = \lambda_{д2}\chi_{\delta} = 2,606 \cdot 0,42 = 1,09.$$

108. Токнинг сиқилиш эффектив таъсирини ва магнит тўйинишини ҳисобга олган ҳолдаги ротор чўлғамининг келтирилган индуктив қаршилиги:

$$x'_{2\xi\mu} = x'_2 (\sum \lambda_{2\xi\mu} / \sum \lambda_2) = 1,442(3,13/6,15) = 0,734 \text{ Ом},$$

бунда, $\sum \lambda_{2\xi\mu} = \lambda_{п2\xi\mu} + \lambda_{д2\mu} + \lambda_{пт2} = 1,48 + 1,09 + 0,55 = 3,13$.

109. Ишга тушириш пайтида чўлғам узаро индукциясининг индуктив қаршилиги

$$x_{12и.т\mu} \approx x_{12}(F_{\Sigma}/F_{\delta}) = 42,277(827,77/617,27) = 56,69.$$

$$c_{1и.т\mu} = 1 + x_{1\mu} / x_{12и.т} = 1 + (0,666/56,69) = 1,012.$$

110. Ток ва моментларни ҳисоблаш

$$R_{и.т\mu} = r_1 + c_{1и.т\mu} \frac{r_{2\xi}}{s} = 0,753 + 1,012 \cdot 0,546 = 1,306;$$

$$X_{и.т\mu} = x_{1\mu} + c_{1и.т\mu} x_{2\xi\mu} = 0,666 + 1,012 \cdot 0,734 = 1,409;$$

$$I'_{2и.т\mu} = \frac{U_{1N}}{\sqrt{R_{и.т\mu}^2 + X_{и.т\mu}^2}} = \frac{220}{\sqrt{1,306^2 + 1,409^2}} = 114,5 \text{ А};$$

$$I_{1и.т\mu} = I'_{2и.т\mu} \frac{\sqrt{R_{и.т\mu}^2 + (x_{и.т\mu} + x_{12и.т})^2}}{c_{1и.т\mu} x_{12и.т}} = 114,5 \frac{\sqrt{1,306^2 + (1,409 + 56,69)^2}}{1,012 \cdot 56,69} = 116 \text{ А}.$$

111. Ишга тушириш токи ва моменти

$$I_{и.т*} = \frac{I_{1и.т}}{I_{1N}} = 116/15,08 = 7,7;$$

$$M_{и.т*} = \left(\frac{I'_{2и.т\mu}}{I'_{2N}} \right)^2 K_R \frac{s_N}{s} = (114,5/13,1)^2 \cdot 1,08 \cdot 0,033 = 2,376,$$

бунда $I'_{2N} = 13,1 \text{ А}$, иш характеристикаларидаги номинал сирпаниш нуқтасига тўғри келган I_2 (1.10-жадвалдаги 12 номерли) қиймати олинади ва $s=1; 0,8; 0,5; 0,2; 0,1$ ҳамда $s_{кр}$ нуқталари учун ишга тушириш қийматлари олиниб жадвалга туширилади.

112. Критик сирпанишни $s=0,2\div 0,1$ ораликда хисобланган 1.15-жадвалдан $x_{1\mu}$ ва $x_{2\xi\mu}$ ларнинг ўртача қийматларидан олинади:

$$s_{кр} = \Gamma'_{2} / (x_{1\mu} / c_{1и.т\mu} + x'_{2\xi\mu}) = 0,506 / (0,685 / 1,012 + 0,805) = 0,4$$

Шу тенгламалар асосида моторнинг ишга тушириш характеристикаларининг қийматлари жадвалга киритилиши учун қуйидаги параметрлар берилиши шарт.

Катталикла	ўлчов	Катталик	ўлчов	Катталик	ўлчов
p	бирлиги	лар	бирлиги	лар	бирлиги
1	2	1	2	1	2
U_{1N}	B	b_2	м	x_1	Ом
I_{1N}	A	$h_{ш2}$	м	u_n	–
D_2	м	$b_{ш}$	м	K_R	–
l_δ	м	$h_{ш}$	м	k_i	–
w_1	–	r_1	Ом	δ	м
Z_2	–	$\lambda_{п1}$	–	t_{z1}	м
p	–	$\lambda_{пг1}$	–	t_{z2}	м
$b_{1(n2)}$	м	$\lambda_{д1}$	–	a	–
$b_{2(n2)}$	м	I_μ	A	F_Σ	A
$h'_{ш2}$	м	I'_{2N}	A	F_δ	A
$b_{ш2}$	м	$\lambda_{д2}$	–	Z_1	-

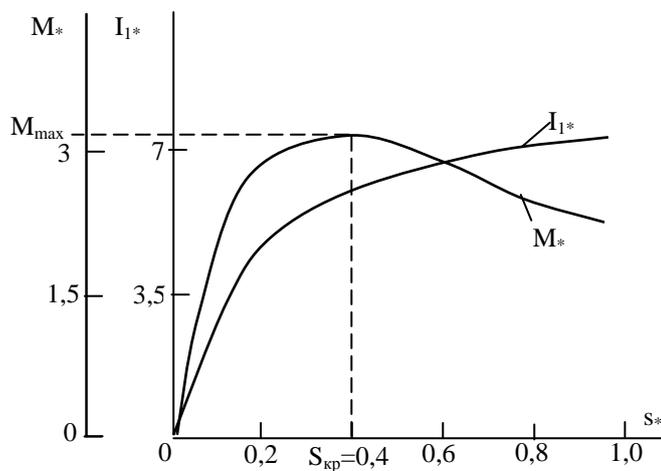
Олинган натижалар жадвал кўринишига келтирилиб иш характеристикалари курилади

Қисқа туташган роторли асинхрон моторни ишга тушириш характеристикаларининг хисоби:

№	Хисобланадиган формулалар	Ўлчов бирлиги	Сирпаниш s					
			1	0,8	0,6	0,3	0,2	0,4
1	$\xi = 63,61 h_c \sqrt{s}$	–	1,26	1,13	0,98	0,69	0,56	0,8
2	φ	–	0,19	0,14	0,1	0,07	0,05	0,08
3	$h_r = h_c / (1 + \varphi)$	мм	16,64	17,37	18,00	18,5	18,86	18,33
4	$b_r = b_{1(n2)} - \frac{b_{1(n2)} - b_{2(n2)}}{h_{2(n2)}} (h_r - \frac{b_{1(n2)}}{2})$	мм	3,3	3,17	3,05	2,96	2,9	2,99

5	$q_r = \frac{\pi b_{1(n2)}^2}{8} + \frac{b_{1(n2)} + b_r}{2} (h_r - \frac{b_{1(n2)}}{2})$	MM ²	75,7	78,1	80,1	81,6	82,6	81,1
6	$k_r = q_c / q_r$	–	1,12	1,08	1,06	1,04	1,02	1,04
7	$K_R = 1 + \frac{r'_c}{r_2} (k_r - 1)$	–	1,08	1,057	1,039	1,025	1,016	1,029
8	$r_{2\xi} = K_R r'_2$	OM	0,546	0,534	0,52	0,518	0,514	0,52
9	k_d	–	0,92	0,93	0,96	0,97	0,983	0,97
10	$K_x = \frac{\sum \lambda_{2\xi}}{\sum \lambda_2}$	101 –	0,821	0,829	0,843	0,868	0,882	0,857
11	$I_{и.т} / I_N$	–	7,5	6,5	5,5	3,5	2,5	4,5
12	$\lambda_{и2\xi} = \left[\frac{h}{3b_{1(n2)}} \left(1 - \frac{\pi b_{1(n2)}^2}{8q_c} \right)^2 + 0,66 - b_{и2} / 2b_{1(n2)} \right]^*$	–	1,89	1,94	2,02	2,18	2,26	2,11
	$*k_d + h_{и2} / b_{и2} + 1,12h'_{и2} \cdot 10^{-6} / I_2 \cdot (I_{и.т} / I_{1N})$							
13	$x'_{2\xi} = x_2 K_x$	OM	1,184	1,195	1,215	1,252	1,271	1,236
13	$\dot{x}'_{2\xi} = x_2 K_x$	OM	1,184	1,195	1,215	1,252	1,271	1,236
14	$I_2 \approx \frac{U_{1N}}{\sqrt{(r_1 + r'_{2\xi}/s)^2 + (x_1 + x'_{2\xi})^2}}$	A	83,1	80,9	77,2	64,1	53,7	70,3
15	k_μ	–	1,35	1,28	1,25	1,18	1,15	1,22
16	$F_{и.т(ypт)} = 0,7 \frac{k_\mu l'_2 u_n}{a} (k_\beta - k_{s1} k_{q1} \times (t_{z1} / t_{z2}))$	A	3325	3238	3090	2564	2150	2815
17	$B_{\phi\delta} = F_{и.т(ypт)} \cdot 10^{-6} / 1,6\delta C_N$	ТЛ	6,38	6,22	5,93	4,92	4,13	5,4
18	χ_δ	–	0,42	0,43	0,44	0,5	0,525	0,45
19	$c_{\phi1} = (t_{z1} - b_{и1})(1 - \chi_\delta)$	MM	5,31	5,21	5,12	4,57	4,35	5,03
20	$\Delta\lambda_{и1\mu} = \frac{h_{и1} + 0,58h'_k}{b_{и1}} \frac{c_{\phi1}}{c_{\phi1} + 1,5b_{и1}}$	–	0,238	0,236	0,234	0,221	0,215	0,232
21	$\lambda_{и1\mu} = \lambda_{и1} - \Delta\lambda_{и1\mu}$	–	0,764	0,766	0,768	0,782	0,788	0,77
22	$\lambda_{д1\mu} = \lambda_{д1} \chi_\delta$	–	1,01	1,03	1,06	1,2	1,26	1,08
23	$c_{\phi2} = (t_{z2} - b_{и2})(1 - \chi_\delta)$	MM	6,86	6,74	6,62	5,91	5,618	6,505

24	$\Delta\lambda_{n2\mu} = \frac{h_{ш2}}{b_{ш2}} \frac{c_{\rho 2}}{b_{ш2} + c_{\rho 2}}$	–	0,41	0,409	0,408	0,399	0,395	0,406
25	$\lambda_{п2\xi\mu} = \lambda_{п2\xi} - \Delta\lambda_{п2\mu}$	–	1,481	1,529	1,617	1,782	1,868	1,706
26	$\lambda_{д2\mu} = \lambda_{д2}\chi_{\delta}$	–	1,094	1,12	1,146	1,303	1,368	1,172
27	$\Sigma\lambda_{2\xi\mu} = \lambda_{п2\xi\mu} + \lambda_{д2\mu} + \lambda_{пг2}$	–	3,13	3,203	3,317	3,639	3,79	3,433
28	$x'_{2\xi\mu} = x'_2(\Sigma\lambda_{2\xi\mu}/\Sigma\lambda_2)$	Ом	0,734	0,751	0,778	0,853	0,888	0,805
29	$\Sigma\lambda_{1\mu} = \lambda_{п1\mu} + \lambda_{д1\mu} + \lambda_{пг1}$	–	2,77	2,8	2,83	2,98	3,05	2,85
30	$x_{1\mu} = x_1 \Sigma\lambda_{1\mu} / \Sigma\lambda_1$	Ом	0,666	0,673	0,679	0,717	0,733	0,685
31	$c_{и.т\mu} = 1 + x_{1\mu} / x_{12и.т\mu}$	–	1,012	1,012	1,012	1,013	1,013	1,012
32	$R_{и.т\mu} = r_1 + c_{и.т\mu} \frac{I'_{2\xi}}{s}$;	–	1,306	1,429	1,639	2,502	3,355	2,070
33	$X_{и.т\mu} = x_{1\mu} + c_{и.т\mu} x'_{2\xi\mu}$;	–	1,409	1,432	1,466	1,581	1,633	1,500
34	$I'_{2и.т\mu} = \frac{U_{1N}}{\sqrt{R_{и.т\mu}^2 + X_{и.т\mu}^2}}$	A	114,5	108,7	100,1	74,3	59,0	86,1
35	$I_{и.т\mu} = I'_{2и.т\mu} \frac{\sqrt{R_{и.т\mu}^2 + (X_{и.т\mu} + x_{12и.т\mu})^2}}{c_{и.т\mu} x_{12и.т\mu}}$	A	116,0	110,2	101,5	75,5	60,0	87,3
36	$I_{и.т*} = I_{и.т\mu} / I_{1N}$	–	7,696	7,308	6,729	5,008	3,979	5,793
37	$M_* = \left(\frac{I'_{2и.т\mu}}{I'_{2N}} \right)^2 K_R \frac{s_N}{s}$;	–	2,376	2,618	2,905	3,164	2,961	3,193



Лойихаланган моторнинг ишга тушириш характерис-тикалари,

$P_2=7,5$ кВт, $2p=4$, $U_N=220/380$ В

1.10. Қисқа туташган роторли моторнинг иссиқлик ҳисоби

113. Мотор ички хаво температурасига нисбатан статор ўзаги ички юза қисмида температуранинг ошиши:

$$\Delta\theta_{юл} = K \frac{P''_{эпл} + P'_{пұл.ас}}{\pi D l_1 \alpha_1} = 0,2 \cdot \frac{200,27 + 170,9}{3,14 \cdot 0,145 \cdot 0,115 \cdot 105} = 13,5 \text{ } ^\circ\text{C},$$

бу ерда, статор узаги ва чўлғам пазларидаги исрофнинг бир қисми станина оркали атроф-мухитга чиқиб кетишини ҳисобга олувчи коэффицент $K=0,2$ (1.16-жадвалдан олинади);

$$P''_{эпл} = k_p P'_{эл} \frac{2l_1}{l_{ўрг1}} = 1,07 \cdot 489,77 \cdot \frac{2 \cdot 0,115}{0,601} = 200,27 \text{ Вт},$$

1.16-жадвал. **4А серияли асинхрон моторлар учун коэффицент К нинг уртача қиймати**

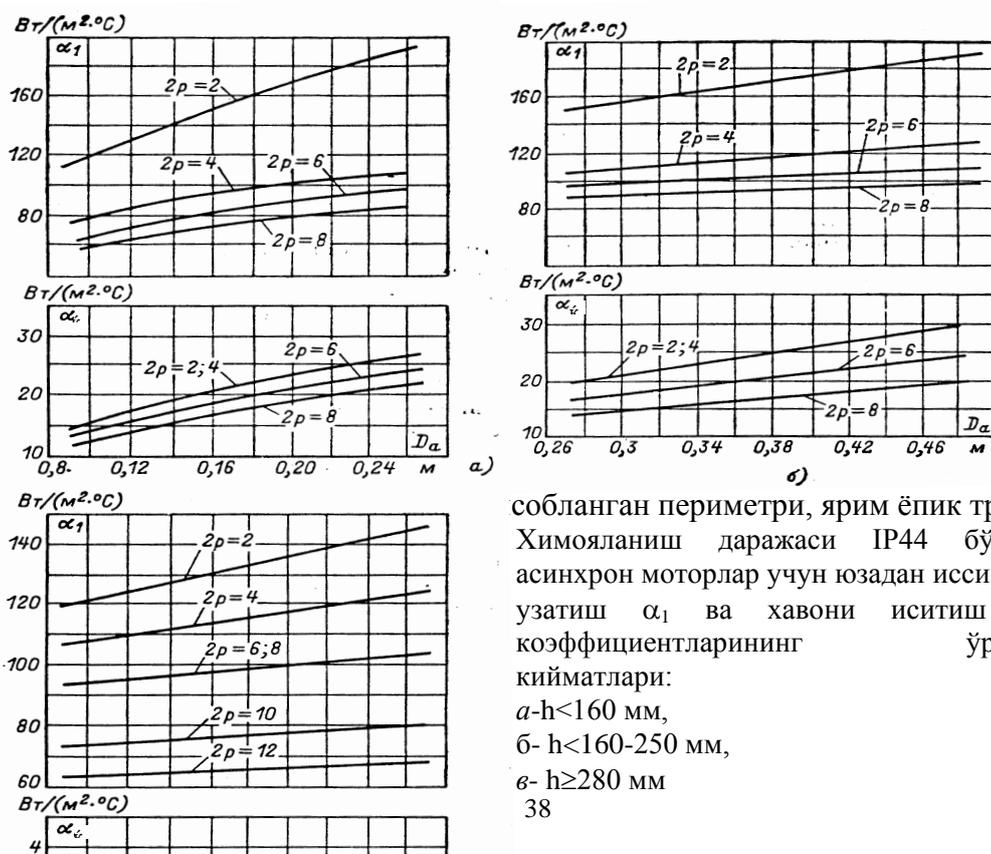
Ташки мухитдан химояланиш усули	Моторнинг жуфт кутблар сони					
	2	4	6	8	10	12
IP44	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16
IP23	0,84	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72

$k_p=1,07$ исрофнинг ошиш коэффиценти.

$\alpha_1=105 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ иссиқлик узатиш коэффиценти (1.17-расмдан олинади).

114. Статор чўлғами пазлар қисмида изоляциясида температуранинг фарқи

$$\Delta\theta_{из.пл} = \frac{P''_{эпл}}{Z_1 l_1 \Pi_{пл}} \left(\frac{b_{из1}}{\lambda_{эқв}} + \frac{b_1 + b_2}{16\lambda'_{эқв}} \right) = \frac{200,27}{36 \cdot 0,05 \cdot 0,115} \cdot \left(\frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{0,16} + \frac{0,01 + 0,0064}{16 \cdot 1,4} \right) = 2,46 \text{ } ^\circ\text{C},$$



собланган периметри, ярим ёпик трапецияли
Химояланиш даражаси IP44 бўлган
асинхрон моторлар учун юзадан иссиқлик
узатиш α_1 ва хавони иситиш α_k
коэффицентларининг ўртача
қийматлари:

- a- $h < 160 \text{ мм}$,
- б- $h < 160-250 \text{ мм}$,
- в- $h \geq 280 \text{ мм}$

паз учун

$$\Pi_{п1} = 2h_{п} + b_1 + b_2 = (2 \cdot 17,5 + 9,14 + 6,44) \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ м}$$

тугрибурчакли очик ва ярим очик пазлар учун $\Pi_{п1} = 2(h_{п} + b_{п})$; $b_{из1}$ -пазнинг бир томонлама изоляциясининг калинлиги 0 га; иссикка чидамлик синфлари В, F ва Н учун паз изоляциясининг ўртача эквивалент ўтказувчанлиги: $\lambda'_{эқв} = 0,16 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$ га; $d/d_{из} = 1,25/1,33 = 0,94$ учун 1.18- расмдан иссиқлик ўтказиш коэффициентининг ўртача миқдорига $\lambda'_{эқв} = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$ тенг эканлигини топамиз. Тўғри бурчакли ўтказгичли ғалтаклар учун $b_{из1} = (b_{п} - n_{эл} b) \cdot 0,5$ га, $\lambda'_{эқв} = 0$ га тенг бўлади.

115. Чўлғамнинг паздан ташқари қисми изоляцияси калинлигидаги температуранинг фарқи:

$$\Delta\theta_{из.п.т1} = \frac{P''_{эл1}}{2Z_1 \Pi_{п1} l_{пт1}} \left(\frac{b_{из.пт1}}{\lambda'_{эқв}} + \frac{h_{пт1}}{12\lambda'_{эқв}} \right) = \frac{323,79 \cdot 17,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 36 \cdot 0,05 \cdot 0,186 \cdot 12 \cdot 1,4} = 0,5^\circ\text{С}, \text{ бу ерда, битта ғалтак ён}$$

томонининг юзавий совитиш периметри $\Pi_{пт1} = \Pi_{п1}$; ғалтакнинг изоляция бўлмаса, паздан ташқари қисмларида $b_{из.пт.1} = 0$.

Статор чўлғами ғалтакларининг паздан ташқари қисмидаги қувват исрофи:

$$P''_{эпт1} = k_p P'_{эл1} \frac{2l_{пт1}}{l_{ўрт1}} = 1,07 \cdot 489,77 \cdot 2 \cdot 0,186 / 0,601 = 323,79 \text{ Вт.}$$

116. Чўлғамнинг паздан ташқари қисми юзасидаги температуранинг ичидаги хаво температурасига нисбатан ошиши:

$$\Delta\theta_{ю.пт1} = K \frac{P''_{эл1}}{2\pi D l_{чик1} \alpha_1} = 0,2 \frac{323,79}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,145 \cdot 61 \cdot 102} = 11,43^\circ\text{С.}$$

117. Статор чўлғами температурасининг мотор ички хаво температурасига нисбатан ўртача ошиши:

$$\Delta\theta'_1 = \frac{(\Delta\theta_{ю1} + \Delta\theta_{из.п1}) 2l_1}{2l_{ўрт1}} + \frac{(\Delta\theta_{из.пт1} + \Delta\theta_{ю.пт1}) 2l_{пт1}}{2l_{ўрт1}} = \frac{(13,5 + 2,46) \cdot 2 \cdot 0,115}{0,601} + \frac{(0,5 + 11,43) \cdot 2 \cdot 0,186}{0,601} = 13,47^\circ\text{С.}$$

118. Мотор ички хаво температурасининг атроф мухит температурасига нисбатан ошиши:

$$\Delta\vartheta_x = \frac{\sum P_x''}{S_{\text{кор}} \alpha_x} = 771,38 / (0,7 \cdot 25) = 44,2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

IP44 химоя даражали моторлар учун, мотор ичида хавога узатиладиган (чикадиган) исрофлар йиғиндиси:

$$\begin{aligned} \sum P_x'' &= \sum P'' - (1 - K)(P_{\text{э.пл}}'' + P_{\text{пул.ас}}') - 0,9P_{\text{мех}} = 1120,6 - (1 - 0,2) \times (200,3 + 170,9) - \\ & - 0,9 \cdot 58,1 = 771,38 \text{ Вт}, \end{aligned}$$

бунда,

$$\sum P'' = \sum P' + (k_p - 1)(P_{\text{с1}}' + P_{\text{с2}}') = 1068,2 + (1,07 - 1)(489,77 + 259) = 1120,6 \text{ Вт},$$

$\sum P'$ - номинал ҳолатдаги моторнинг умумий қувват исрофи; станина қовурғаси шартли кўндаланг кесим периметри $\Pi_{\text{ков}} = 0,33$ (1.19-расмдан олинади); корпусни совитиш эквивалент юзаси:

$$S_{\text{кор}} = (\pi D_a + 8\Pi_{\text{сов}})(l_1 + 2l_{\text{чиш1}}) = (3,14 \cdot 0,225 + 8 \cdot 0,28)(0,115 + 2 \cdot 0,061) = 0,7 \text{ м}^2,$$

мотор ичидаги хаво аралашмаси жадаллашуви ва корпус юзаси иссиқлик узатиш қобилятини ҳисобга олувчи коэффициент $\alpha_x = 25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (1.17- расмдан олинади).

119. Статор чўлғами температурасининг атроф муҳит температурасига нисбатан ўртача ошиши:

$$\Delta\vartheta_1 = \Delta\vartheta_1' + \Delta\vartheta_x = 13,47 + 44,2 = 57,67 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

120. Моторнинг совитилиш шартларини текшириш. IP44 (химоя) даражали моторларни совитиш учун талаб қилинадиган хавонинг ишлатилиши:

$$Q_x = \frac{k_m \sum P_x''}{1100 \Delta\vartheta_x} = \frac{6,06 \cdot 771,4}{1100 \cdot 44,2} = 0,096 \text{ м}^3/\text{с},$$

бунда, корпус юзаси бўйлаб, ташқи вентилятор орқали совитилишни ҳисобга олувчи коэффициент

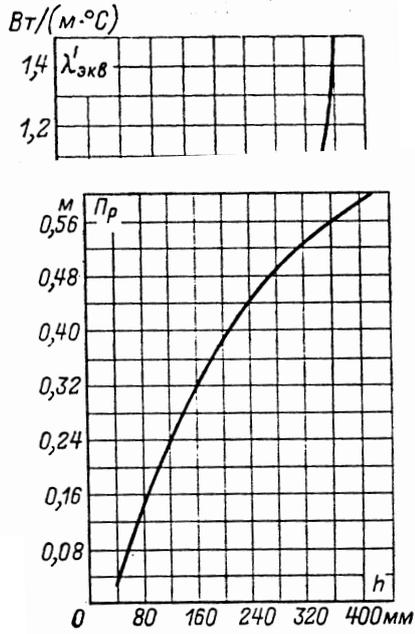
$$k_m = m \sqrt{\frac{n}{100} D_a} = 3,3 \sqrt{\frac{1500}{100} \cdot 0,225} = 6,06,$$

бундаги m коэффициент 1.18- жадвалдан олинади.

m коэффициентини танлаш

Моторнинг айланиш уки баландлиги h	m	жуфт кутблар сони
$h \leq 132$	2,6	2p=2
$h \geq 160$	3,3	
$h \leq 132$	1,8	2p≥4

$h \geq 160$	2,5
--------------	-----



Ўмалок эмалланган симли улғам ғалтакларида ички зольцияга оид иссиқлик тказувчанлик оэффицентларининг ўртача қийматлари
4А серияли асинхрон мотор корпуси когургалари кўндаланг кесими периметрининг ўртача қийматлари

121. Ташқи вентилятор орқали таъминланадиган хавонинг сарфланиши:

$$Q'_x = 0,6D_a^3 n / 100 = 0,6 \cdot 0,225^3 \cdot 1500 / 100 = 0,103 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Хавонинг сарфланиши Q'_x , машинани совитиш учун керак бўладиган хавонинг сарфланиши Q_x дан катта бўлиши керак: $Q'_x > Q_x$.

Хулоса. Мотор қисмларининг қизиши рухсат қилинган чегарадан кам. Вентилятор зарурий хавони таъминлайди.

Лойихаланган асинхрон мотор техник топшириғида қўйилган талабларни тўла каноатлантиради.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Копылов И.П. Проектирование электрических машин. М.: Высшая школа, 2002. – 757 с.: ил.
2. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. М.: Высшая школа, 2001. 318 с.
3. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общей ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. М.: Энергоатомиздат, 1 т. 1988, 456 с.; 2 т. 1989, 688 с.
4. Гольдберг О.Д., Гурин Я.С., Свириденко И.С. Проектирование электрических машин. /Под ред. О.Д.Гольдберга. –М.:Выш.шк., 2001, -430.
5. Светазарова Г.И., Мельников А.А. Практикум по программированию на языке Бейсик.-М.:Энергия, 1988.
6. Антонов М.В., Герасимова Л.С. Технология производства электрических машин. – М.:Энергоиздат, 1982.–512 с.
7. Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник/А 90 А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская.–М.:Энергоиздат, 1982.–504 с., ил.
8. Лихачев В.Л. Электродвигатели асинхронные.–М.: СОЛОН–Р,2002.–304 с.

