

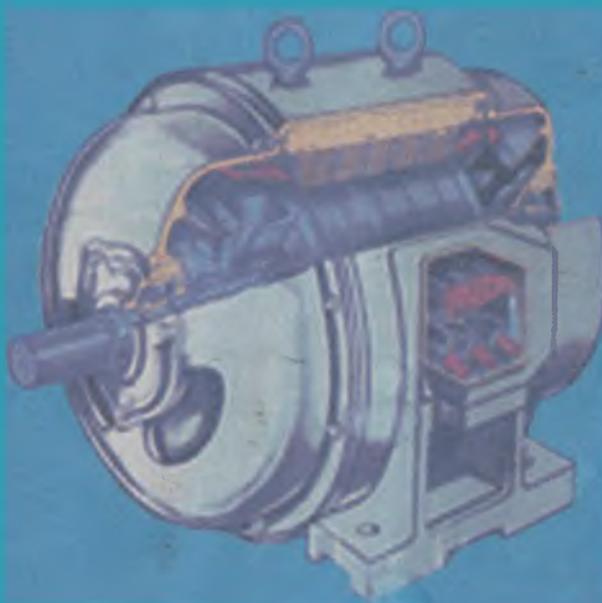
**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**АБУ РАИҲОН БЕРУНИЙ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

*Пирматов Н. Б., Мустафакулова Г. Н., Маҳмадиев Ф. М.*

**«ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИ» курсидан  
«АСИНХРОН МОТОРЛАРНИ ЛОЙИҲАЛАШ»**

## **ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМА**



**Тошкент 2013**

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

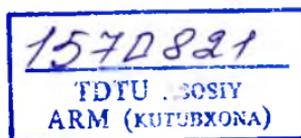
АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ

«ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИ» КУРСИДАН  
«АСИНХРОН МОТОРЛАРНИ ЛОЙИХАЛАШ»

ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМА

Пирматов Нурали Бердиярович  
Мустафакулова Гулзода Наркабиловна  
Махмадиев Ғиёсиддин Мелимуродович

Мазкур қўлланма 5310700 – «Электр техникаси, электр механикаси ва электр технологиялар», 5310200 – «Электр энергетика» йўналишларининг ҳамда шу йўналишларидаги 5111046– «Касбий таълим» бўйича талабалар учун мулжалланган.



Ушбу ўқув қўлланма «Электр машиналари» курси бўйича қисқа тугашган ва фаза роторли асинхрон моторларни лойиҳалаш учун мўлжалланган. Лойиҳа асинхрон моторларнинг асосий ўлчамларини, статор чулғами пазлари, ўрамлари сонини, кесим юзасини, статор тишлари ўлчамларини, ҳаво оралигини, ротор параметрларини аниқлаш, магнитловчи токни, иш режими параметрларини, мотордаги исрофларни, иш ва ишга тушириш характеристикаларини ҳамда иссиқлик ҳисобларини бажаришни ўз ичига олган.

Учебное пособие рекомендовано по курсу «Электрические машины»  
для проектирования асинхронных двигателей  
с коротко замкнутым и с фазным ротором

Выбирается главные размеры и расчет обмотки статора, расчет размеров обмотки статора, расчет размеров зубцовой зоны статора, выбирается воздушный зазор, рассчитывается ротор, сердечник ротора, потери и кпд. расчет рабочих и пусковых характеристики и при проектирование асинхронного двигателя.

Scholastic allowance is recommended on course "Electric machines" for  
designing the anisochronous engines with short замкнутым and with фазным  
by rotor

It Is Chosen main sizes and calculation windings статора, calculation of the sizes windings статора, calculation of the sizes зубцовой zones статора, is chosen air clearance, pays the rotor, сердечник rotor, loss and кпд, calculation worker and activate features and when designing the anisochronous engine.

Тақризчилар: ТошДТУ «Электротехника, электромеханика ва  
электротехнологиялар» кафедраси  
доценти Салимов Ж.С.  
Тошкент ирригация ва мелиорация институти  
доценти Бердиев У.Т.

## Мундарижа

Кириш	6
I. Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон моторни лойиҳалаш	12
1.1. Асосий ўлчамларни аниқлаш	12
1.2. Статор чулғами пазлари, ўрамлари сонини ва кесим юзаларини аниқлаш	15
1.3. Статор тишлари ўлчамлари ва ҳаво оралиғини ҳисоблаш	20
1.4. Роторни ҳисоблаш	24
1.5. Магнитловчи токни ҳисоблаш	27
1.6. Иш режими параметрларини ҳисоблаш	29
1.7. Исрофларни ҳисоблаш	32
1.8. Моторнинг иш характеристикаларини ҳисоблаш	35
1.9. Моторнинг ишга тушириш характеристикаларини ҳисоблаш	42
1.10. Моторнинг иссиқлик ҳисоби	60
<i>II. Фаза роторли асинхрон моторни лойиҳалаш</i>	66
2.1. Асосий ўлчамларни аниқлаш	66
2.2. Статор чулғами пазлари, ўрамлари сонини ва кесим юзаларини аниқлаш	69
2.3. Статор тишлари ўлчамларини ҳисоблаш	71
2.4. Роторни ҳисоблаш	73
2.5. Магнитловчи токни ҳисоблаш	76
2.6. Иш режими параметрларини ҳисоблаш	78
2.7. Исрофларни ҳисоблаш	82
2.8. Моторнинг иш характеристикаларини ҳисоблаш	84
Иловалар	88
Асинхрон моторларни лойиҳалаш учун топширик вариантлари	94
Фойдаланилган адабиётлар	95

## Содержание

Введение	6
I. Проектирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	12
1.1. Выбор главных размеров	12
1.2. Расчет размеров зубцовой зоны статора	15
1.3. Расчет размеров зубцовой зоны статора и выбор	20
1.4. Расчет ротора воздушного зазора	24
1.5. Расчет намагничивающего тока	27
1.6. Параметры рабочего режима	29
1.7. Расчет потерь	32
1.8. Расчет рабочих характеристик	35
1.9. Расчет пусковых характеристик	42
1.10. Тепловой расчет	60
II. Проектирование асинхронного двигателя с фазным ротором	66
2.1. Выбор главных размеров	66
2.2. Определения числа пазов, витков и сечение обмотки статора	69
2.3. Расчет зубцовой зоны и обмотки статора	71
2.4. Расчет ротора	73
2.5. Расчет намагничивающего тока	76
2.6. Расчет параметров рабочего режима	78
2.7. Расчет потерь	82
2.8. Расчет пусковых характеристик	84
Приложения	88
Варианты для проектирование асинхронного двигателя	94
Используемые литературы ....	95

## Contents

<b>Introduction</b>	6
<b>I. Designing the anisochronous engine with is it short closed by rotor</b>	12
1.1. Choice main sizes	12
1.2. Calculation of the sizes zubcovoy zones stator	15
1.3. Calculation of the sizes zubcovoy zones stator and choice air clearance	20
1.4. Calculation of the rotor	24
1.5. Calculation magnetizing current	27
1.6. Parameters of the operating duty	29
1.7. Calculation of the losses	32
1.8. Calculation of the operating line	35
1.9. Calculation of the activate features	42
1.10. The Heat calculation	60
<b>II. Designing the anisochronous engine with phases by rotor</b>	66
2.1. Choice main sizes	66
2.2. Determinations number slot, whorl and section windings craropa	69
2.3. Calculation zubcovoy zones and windings stator	71
2.4. Calculation of the rotor	73
2.5. Calculation magnetizing current	76
2.6. Operating duty parameter Calculation	78
2.7. Calculation of the losses	82
2.8. The Calculation of the activate features	84
Exhibits	88
Variants for designing the anisochronous engine	94
Used literature	95

Электр машиналари саноатнинг турли соҳаларида, кишлоқ хўжалигида ва маиший электротехник қурилмаларида ишлатилади. Шу сабабли ҳам электр машиналари ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг сифатига албатта таъсир кўрсатади. Демак, уларнинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари ва уларни ишлатиш хусусиятлари яхши бўлиши лозим.

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

Электр машинасини лойиҳалашда машина статори ва роторининг ўлчамлари ҳисобланади, чулғам турлари, чулғам сими, изоляция, актив ва конструктив материаллар танланади.

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

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

Электр машинасини оптимал лойиҳалаш мезонларига умумий сарф-ҳаражатларнинг ва машинани ишлатишдаги ҳаражатларнинг минимум бўлиши киради. Индивидуал электр машинасини лойиҳалашда эса оптимал лойиҳалаш мезонлари буюртмачи билан келишилади.

Ушбу ўқув қўлланмада қисқа туташган ва фаза роторли асинхрон моторларни лойиҳалашга оид ҳисоб ишлари берилган. Лойиҳа асинхрон моторларнинг асосий ўлчамларини, статор чулғами пазлари, ўрамлари сонини, кесим юзасини, статор тишлари ўлчамларини, ҳаво ораллигини, 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.

Лойиҳаланган асинхрон моторнинг кўндаланг ва бўйлама қирқимлари кўрсатилган чизмалар А1 бичимли ватман қоғозда 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) чўяндап қўйилган бўлади. Ташқи вентилятор (16) ва вал (12) нинг чиқиб турган қисмига втулка (18) воситасида маҳкамланади. Вентилятор пўлатдан ясалган коплама (15) билан ёпилган. Коплама орқали ташқи ҳаво вентиляторда сўрилиб, станина қовурғалари томонга ҳайдалади. Станинага чиқиш клеммалар қутичаси (6) ўрнатилган. Статорнинг пўлат ўзаги (9) электротехник юпка пўлат пластиналаридан йиғилган бўлиб, қисқич (20) га маҳкамланган. Станинага пўлат ўзак винт (19) билан эритилган алюминийни қўйиб маҳкамланган ва унинг пазларига стаатор чулғами (15) жойлаштирилган. Роторнинг пўлат ўзаги (10) ҳам электротехник пўлатдан тайёрланади. Ротор пазларига чулғамни, шу жумладан, қисқа туташтирувчи ҳалқа (4) ҳам ҳосил қилинади. Қисқа туташтирувчи ҳалқаларнинг иккала томонидан мувозанатловчи юк (11) маҳкамланади. Болтлар (13) ёрдамида станинага подшипник қалқони маҳкамланади. Қалқон марказидаги тирқишлар, подшипниклар ташқи ҳалқалари (17, 2) ни қўйиш учун мўлжалланган. Ҳар 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 маҳкамланади. Станинанинг тепасига юкни кўтариш учун илғич (8) қўйилган. Моторнинг оёқларида резбали тешик бўлиб, унга болт (23) ёрдамида заминловчи шина (ёки сим) маҳкамланади. Моторнинг ротор пази (21) ва статор пази (22) ларни бир қатламли ёки икки қатламли чулғамлилигига қараб чизмада кесим бериб кўрсатилади (К.1-расм, б чулғами бир қатламли).

К.2-расмда фаза роторли асинхрон моторнинг бўйлама қирқими кўрсатилган.

Станина (20) статор пастки ўзаги (8) нинг ярмини эгаллаган бўлиб, массив қисувчи ҳалқа (7) ёрдамида маҳкамланади. Корпус (5) иккити пўлатдан тайёрланган. Подшипник қатқонлари (13) ҳам станинанин пастки ярмига маҳкамланади, (15) ва (2) подшипниклар қопқок (1) ва (3) ларга монтаж қилинган бўлади.

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

Бу ҳаво чулғам (6) нинг чулғамнинг паздан ташқари қисмини ва статор пўлат ўзагини совутиб, корпуснинг ён томонларидаги дарчалардан чиқиб кетади. Ғалтакларнинг паздан ташқари қисми бандаж ҳалқа (11) билан боғланади. Ротор чулғами (10) нинг чиқиб кетган қисмлари контакт ҳалқалар (16) га уланган бўлади. Контакт ҳалқалар (16) втулка (18) га ўрнатилган бўлади ва ҳамма чўтка қисми кожух (17) билан беркитилган. Кожух (17) да чўткаларни ишга тушириш реостатига улаш учун клеммалар қутиси (19) жойлашган.

Ҳозирги 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 чўяндан 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.

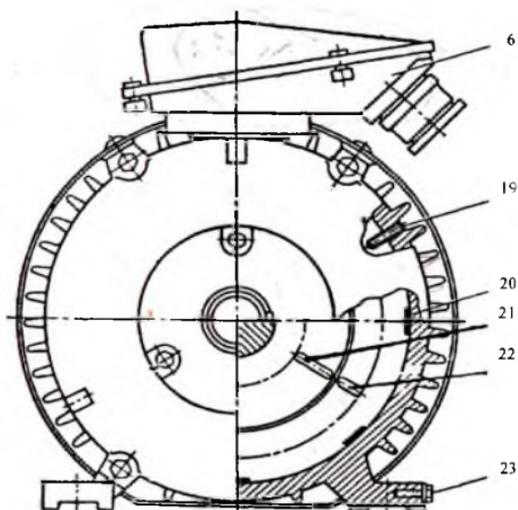
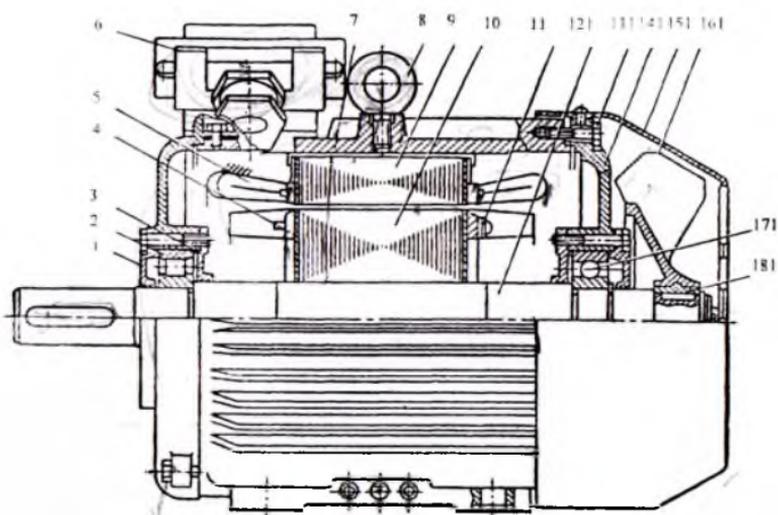
5А (5 АН, 5 АНК) типли асинхрон мотори ҳам Россия Федерациясидати Владимир электр мотори ва Москва электромеханик заводларида ишлаб чиқарилади. Бу типдаги моторлар 4А ва АИ типдаги моторларни ишлаб чиқаришдаги кўп йиллик тажрибаларга таянган ҳолда яратилган.

5А 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.

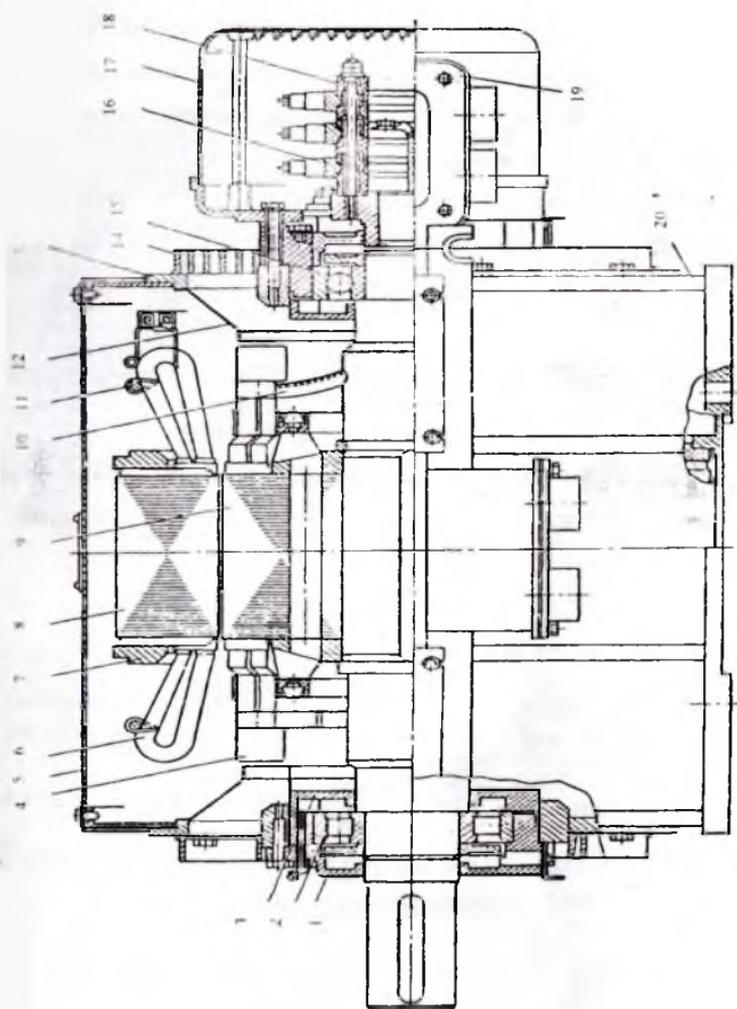
6А типдаги асинхрон моторлар Москва электромеханик заводида ишлаб чиқарилади.

Бу типдаги асинхрон моторларнинг айланиш ўқи 315 мм га тенг. 6А 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 татабалар лойиҳалаш жараёнида маълумотномалар, электротехник журналлар, каталоглар ва чизма атласлардан фойдаланишлари мумкин [1-3].



К.1-расм. Киска тугашган роторли асинхрон моторнинг  
 конструкцияси: а) бўйлама; б) кўндаланг қирқимлари



К.2-расм. Фаза роторли асинхрон моторнинг  
бўйлама қирқими

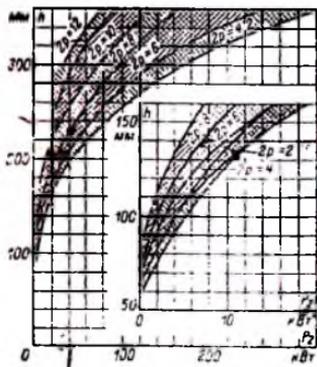


1.2 - жадвал.  $K_D$  коэффициентини  $2p$  га боғлиқлиги

$2p$	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 бўлими:

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



1.1-расм. Қувватлари ва айланиш частоталари хар хил бўлган асинхрон моторлар айланиш ўқинини батандлиги  $h$

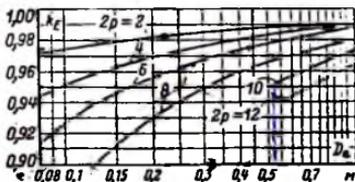
4. Моторнинг ҳисобий қуввати [В·А]

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

бунда  $k_f$  – номинал кучланиш ва ЭЮК нисбати билан аниқланадиган коэффициент бўлиб 1.2-расмдан,  $\eta$  ва  $\cos \phi$  ларни 1.3-расмдан олинади.

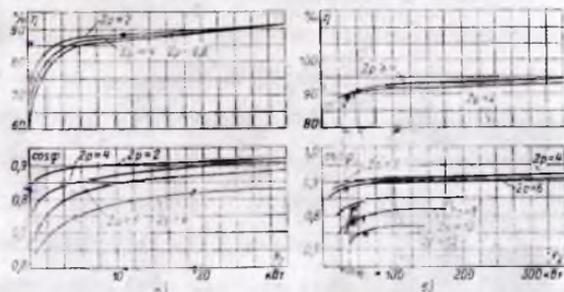
5. Электромагнит юклама  $A$  ва ҳаво оралиғидаги магнит индукция  $B_\delta$  ларнинг тахминий қийматини 1.4-расмдан аниқлаймиз:  $A = 25,2 \cdot 10^3 \text{ А/м;}$   
 $B_\delta = 0,9 \text{ Тл.}$

6. Бир қатламли чулғам учун чулғам коэффициентининг тахминий қиймати:  $k_{q1} = 0,96$ .



1.2 - расм. Коэффициент  $k_f$  ни аниқлаш учун чизма

Агар чулғам икки қатламли бўлиб, кутблар сони  $2p=2$  бўлганлиги  $k_{\text{н}}=0.90 \div 0.91$ ;  $2p > 2$  бўлганда эса  $k_{\text{н}}=0.9 \Gamma=0.92$  бўлади.



1.3-расм. Ташқи муҳит таъсиридан ҳимояланиш даражаси IP 44 бўлган асинхрон моторлар учун ФИК ва  $\cos\phi$  ларнинг тахминий катталиклари: а) 30 кВт гача бўлган, б) 400 кВт гача бўлган моторлар учун.

#### 7. Магнит ўтказгичнинг ҳисобий узунлиги:

$$l_{\text{с}} = \frac{P}{k_{\text{н}} D^2 \Omega_{\text{н}} \Delta B} = \frac{9169,4}{1,11 \cdot 0,145^2 \cdot 157 \cdot 0,96 \cdot 25,2 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 0,115 \text{ м,}$$

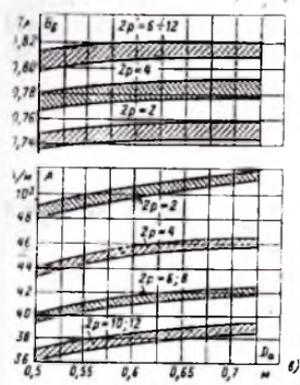
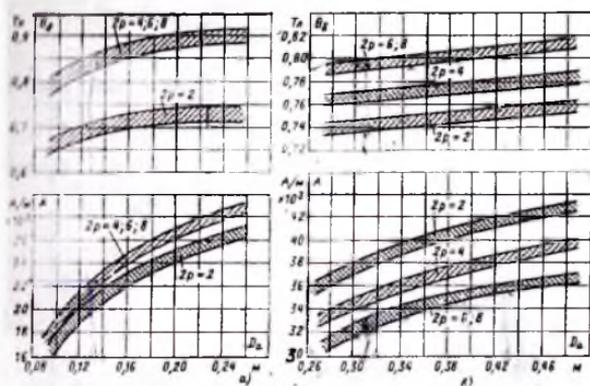
бу ерда  $\Omega = \frac{2\pi n}{60} = 2,3,14 \cdot \frac{1500}{60} = 157 \text{ рад/с.}$

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

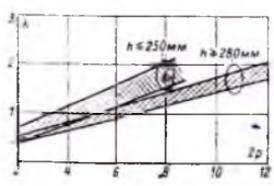
(агар бу нисбат 1.5-расмда берилган чегарада бўлса,

ҳисоблашларни давом эттирамиз. Агар  $\lambda$  берилган чегарадан кичик бўлса 1.1-жадвалдан  $D_{\text{с}}$  нинг олдинги кичик қийматини, катта бўлса кейинги катта қийматини олиб ҳисоблашларни такрорлаймиз).

$\lambda$  нинг қиймати берилган чегарада бўлгани учун ҳисоблашларни давом эттирамиз.



1.4-расм. 4А серияли химояланиш даражаси IP 44 булган асинхрон моторлар учун электромагнит юктамаларни аниқлаш учун чизмалар:  
 $a - h \leq 132$  мм;  
 $b - h = 160 \div 250$  мм гача;  
 $v - h \geq 280$  мм



1.5-расм.  $\lambda = l/\tau$  нисбатни текширишга оид

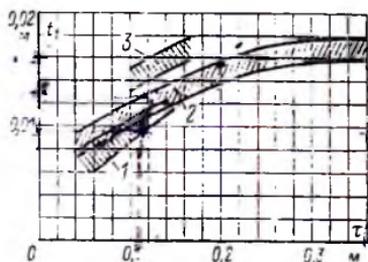
**1.2. Статор чулғами пазлари, урамлари сони ва кссим юзаларини аниқлаш**

9. Тиш бўлинимасининг чегаравий қийматларини 1.6-расмдан ва бўлиши мумкин бўлган тишлар сони оралигини аниқлаймиз:  $t_{1max} = 13$  мм ва  $t_{1min} = 12$  мм.

10. Статордаги пазлар сони:

$$Z_{1\min} = \frac{\pi D}{t_{z1\max}} = \frac{3,14 \cdot 0,145}{0,013} = 35; \quad Z_{1\max} = \frac{\pi D}{t_{z1\min}} = \frac{3,14 \cdot 0,145}{0,012} = 38.$$

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



1.6-расм. Тиш бўлинмасининг чегаравий қийматларини аниқлашга чизма

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

2р	Статор пазлари сони $Z_1$	Ротор пазлари сони	
		пазлари олмаган $Z_2$	пазлари олган $Z_2$
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;6	40;57;59

	60	4	48;49;51;56;64;69;71
	72	50;52;68;70;74 62;64;80;82;86	61;63;68;76;81;83
		21	
	36	26;46	28;33;47;49;50
	54	44;64;66;68	42;43;51;65;67
6	72	56;58;62;82;84;86	57;59;60;61;83;85;87
	90	.88 74;76;78;80 100;102;104	75;77;79; 101;103;105
	48	36;44;62;64	35;44;61;63;65
8	72	56;58;86;88;90	56;57;59;85;87;89
	84	66;70;98;100;102;	68;69;71;97;99;101
	96	104 78;82;110 112;114	79;80;81;83; 109;111;113
	60	44;46;74;76	57;69;77;78;79
10	90	68;72;74;76; 104;106;108; 110;112;114	70;71;73;87; 93;107;109
	120	86;88;92;94; 96;98;102; 104;106;134;	99;101;103;117; 123;137;139
		136;138;140; 142;144;146	
	72	56;64;80;88	69;75;80;89;91;92
12	90	68;70;74;88; 98;106;108;110	86;87;93;94
	108	86;88;92; 100;116;124; 128;130;132	84;89;91;104;105; 111;112;125;127

	144	124;128;136; 152;160;164; 166;168;170;172	125;127;141;147; 161;163
14	84 126	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

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

11. Статорнинг тиш бўлинимаси (қатъий):

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

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

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

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 ҳолда  $u_n = a u'_n = 1 \cdot 21 = 21$ .

14. Статор фаза чулгамининг ўрашлар сони (қатъий):

$$w_1 = \frac{u_1 Z_1}{2am} = \frac{21 \cdot 36}{2 \cdot 1 \cdot 3} = 126.$$

15. Электромагнит юклама (катъий):

$$A = \frac{2I_1 w_1 m}{\pi D} = \frac{2 \cdot 15,1 \cdot 126 \cdot 3}{3,14 \cdot 0,145} = 25,072 \cdot 10^3 \text{ А/м.}$$

16. Машина ҳаво оралиғидаги магнит оқим:

$$\Phi = \frac{k_1 U_{1N}}{4k_B w_1 k_{s1} f_1} = \frac{0,92 \cdot 220}{4 \cdot 1,11 \cdot 126 \cdot 0,96 \cdot 50} = 75 \cdot 10^{-3} \text{ Вб,}$$

Бунда  $k_B$ —магнит майдон тузилиши коэффициентини бўлиб  $k_B = (\pi/2) \cdot \sqrt{2} = 1,11$  деб олинади [1].

17. Ҳаво оралиғидаги магнит индукция:

$$B_8 = \frac{\rho \Phi}{D l_8} = \frac{2 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3}}{0,145 \cdot 0,115} = 0,905 \text{ Тл.}$$

A ва  $B_8$  нини қийматлари берилган чегарада (1.4-расм) бўлгани учун ҳисоблашларни давом эттираемиз.

18. Статор чулғамидаги ток зичлиги:

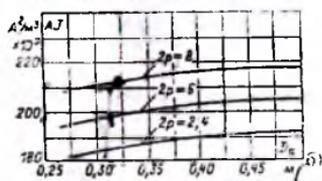
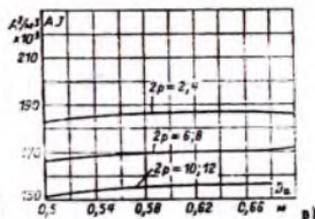
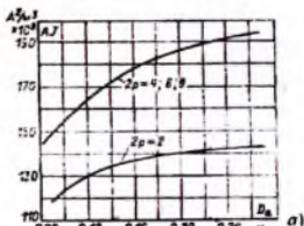
$$J_1 = \frac{(AJ)}{A} = \frac{155 \cdot 10^9}{25,072 \cdot 10^3} = 6,18 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2.$$

$(AJ) = 155 \cdot 10^9 \text{ А}^2/\text{м}^3$  кўпайтманинг қиймати 1.7-расмдан олинади.

19. Эффе́ктив ўтказгичнинг кесим юзаси (оддиндан):

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

бу ерда  $J_1$ —чулғамдаги ток зичлиги,  $J_1 = (4,5-6,5) \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$  бўлиши керак. Агар кесим юзаси 3-иловада берилган чулғам 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 чулғамларда  $n_{\text{эл}}$ —элементар параллел симлар сонини 6-8 қилиб олиш мумкин. Агар ҳисобий қиймат  $q_{\text{эф}} > 20 \text{ мм}^2$  бўлса тўғри-бурчак кесимли симни элементар симларга бўладилар, бунда  $q_{\text{эл}} \leq 17-20 \text{ мм}^2$  бўлиши шарт. Каттик ғалтакли чулғамларда  $n_{\text{эл}} = 2$  олинади. Лойиҳаланаётган статор чулғами учун  $n_{\text{эл}} = 2$  деб қабул қиламиз. чунки изоляцияланган ўтказгичлар диаметри тўқма чулғамларда  $d_{\text{эл}} \leq 1,4 \text{ мм}$  дан ошмаслиги керак.



1.7-расм (АЖ)  
катталигининг ўртача  
қийматини танлаш  
учун чизмалар:  
а -  $h \leq 132$  мм;  
б -  $h = 160-250$  мм;  
в -  $h = 280-355$  мм

$q_{st} = q_{\text{ф}} / n_{st} = 2,443 / 2 \approx 1,22$  мм<sup>2</sup> га қараб, ПЭТМ ва ПЭТ-155 маркали чулғам ўтказгичлари учун 3-Иловадан:  $d_{st} = 1,25$  мм;  $q_{st} = 1,227$  мм<sup>2</sup>;  
 $q_{\text{ф}} = q_{st} \cdot n_{st} = 1,23 \cdot 2 = 2,454$  мм<sup>2</sup>;  $d_{\text{ф}} = 1,33$  мм<sup>2</sup> танлаб оламиз.

20. Статор чулғамидаги ток зичлиги:

$$J_1 = \frac{I_{1\text{н}}}{\sigma q_{st} n_{st}} = \frac{15,10}{1 \cdot 1,227 \cdot 10^3 \cdot 2} = 6,154 \cdot 10^{-6} \text{ А/мм}^2$$

Агар ток зичлиги  $J_1$  рухсат этилган қийматдан катта бўлса,  $n_{st}$  ёки  $q_{st}$  қиймати каттароқ олиниб ҳисоблашлар такрорланади.

### 1.3. Статор тиш қатлами ва ҳаво оралиғи ўлчамларини ҳисоблаш

Статор пази ўлчамлари асосан қуйидаги: чулғам ўрамлари тўла жойлашиши; тишлардаги индукция қийматининг маълум қийматдан кам бўлмаслиги каби талабларга жавоб бериши керак. Статор пази учун трапециясимон шаклни танлаймиз (4А серияли қисқа туташган асинхрон моторларда трапециясимон пазлар олинади). Статор магнит ўзақ қисмларидаги индукция қиймати 1.4-жадвалда кўрсатилган.

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

$$b_{z1} = \frac{B_z I_{z1} l_s}{B_{z1} I_{\text{ф}} k_{\text{ф}}} = \frac{0,905 \cdot 0,013 \cdot 0,115}{1,8 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 6,55 \text{ мм.}$$

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

22. Статор магнит ўзаги ярмосининг баландлиги:

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

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

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

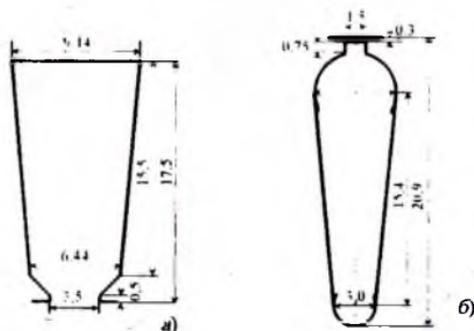
2.4. Пазнинг баландлиги:

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

2.5. Трапециянинг пастки ва юқори қисмларининг ўлчамлари куйидагича топилади:

$$b_1 = \frac{\pi D + 2h_a}{Z_1} - b_{r1} = \frac{3,14 (145 + 2 \cdot 17,5)}{36} - 6,55 = 9,14 \text{ мм}$$

$$b_2 = \frac{\pi D + 2h_{\text{пз}}}{Z_1 - \pi} - Z_1 b_{r1} = \frac{3,14 (145 + 2 \cdot 0,5 - 3,5)}{36 - 3,14} - 6,55 = 6,7 \text{ мм}$$



1.8-расм.  $P_{2N}=7,5$  кВт,  $2p=4$ ,  $U_N=220/380$  В бўлган лойиҳаланган 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 ўлчов бирлиги	2p = 2	2p = 4	2p = 6	2p = 8
Статор ярмоси	$B_{\sigma}$ , Тл	1,4 - 1,6	1,4 - 1,6	1,4 - 1,6	1,15-1,3
Статор тишлари	$B_{\tau 1}$ , Тл	1,6 - 1,9	1,6 - 1,9	1,6 - 1,9	1,6 - 1,9
Статор ти-шининг энг тор қисми	$B_{\tau 1 \max}$ , 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)	$B_{\rho}$ , Тл	$\leq 1,45$	$\leq 1,4$	$\leq 1,2$	$\leq 1$
Ротор тишлари	$B_{\tau 2}$ , Тл	1,7-1,95	$\leq 1,4$	$\leq 1,2$	$\leq 1$
Ротор ти-шининг энг тор қисми	$B_{\tau 2 \max}$ , Тл (қиска туташган)	1,5 - 1,7	1,5 - 1,7	1,6 - 1,9	$\leq 1$

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

h, мм	U, В	Пўлат маркази	Статор		Қиска туташган ротор		Фаза ротор	
			Изоляция аш йўли	$k_{\text{пул}}$	Изоляция аш йўли	$k_{\text{пул}}$	Изоляция лаш йўли	$k_{\text{пул}}$
45-250	$\leq 660$	2013	Оксидлаш	0,97	Оксидлаш	0,97	-	-
		2212						
		2214						

280-355	≤660	2312	Локлаш	0,95	Локлаш	0,97	Локлаш	0,95
280-560	6000	2412	Локлаш	0,95	Локлаш	0,95	Локлаш	0,95

16-жадвал. Ярим ёпик статор пази (га сим солинадиган қисми) шлицси

$b_{ш}$  ни танлаш

h, мм	Жуфт қутблар 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 чулғам жойланадиган қисмининг баландлиги:

$$h_1 = h_{ш1} - (h_{ш1} + \frac{h - b_{ш}}{2}) = 17,5 - (0,5 + (6,44 - 3,5)/2) = 15,5 \text{ мм.}$$

27. Йиғишда йўл кўйиладиган ораликлар ҳисобига пазнинг ўлчамлари:

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

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

$$h'_3 = h_1 - \Delta h_{ш} = 15,3 - 0,1 = 15,2 \text{ мм,}$$

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

28. Симларни жойлаштириш учун пазнинг кўндаланг кесим юзаси:

$$S'_{ш} = \frac{b'_1 + b'_2}{2} h'_1 - (S_{ш1} + S_{ш2}) = \frac{9,04 + 6,3}{2} \cdot 15,4 - 15,15 = 103,16 \text{ мм}^2,$$

бу ерда:  $S_{ш1} = 0$  - прокладка (қистирма) юзаси;  $S_{ш2}$  - пазнинг корпус изоляцияси кўндаланг кесим юзаси:

$$S_{\text{м}} = b_{\text{м}}(2h_{\text{н1}} + b_1 + b_2) = 0,3(34,9 + 9,14 + 6,44) = 15,15 \text{ мм}^2,$$

бу ерда, паздаги изоляциянинг бир томонлама қалинлиги  $b_{\text{м1}} = 0,25$  мм.  $h = 50-80$  мм бўлганда  $b_{\text{м1}} = 0,2-0,3$  мм,  $h = 90-132$  мм бўлганда  $b_{\text{м1}} = 0,25-0,35$  мм,  $h = 160-250$  мм бўлганда  $b_{\text{м1}} = 0,4-0,5$  мм бўлади.

Пазнинг тўғри ҳисобланганлигини пазни тўлдириш коэффициентини  $k_{\text{п}}$ , орқали аниқланади. У эффектив чулғам юзасини паз юзасига нисбатига тенг.  $k_{\text{п}} \approx 0,72$  атрофида бўлиши шарт.

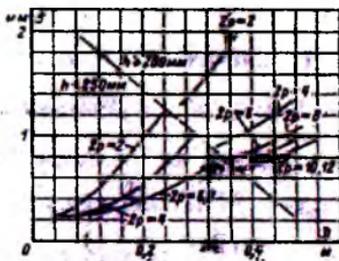
29. Пазни тўлдириш коэффициентини:

$$k_{\text{п}} = \frac{d_{\text{п}} \cdot u_{\text{п}} \cdot n_{\text{п}}}{S_{\text{п}}} = \frac{1,77^2 \cdot 21 \cdot 2}{103,16} = 0,72,$$

Агар  $k_{\text{п}} = 0,72$  атрофида бўлмаса, моторнинг асосий ўлчамларини ўзгартирмасдан,  $u_{\text{п}}$  ни ўзгартириб (биттага ошириб ёки камайтириб) ёки  $V_1$ , ва  $V_2$  ларни, яъни паз ўлчамларини ўзгартирган ҳолда  $k_{\text{п}}$ , коэффициентини тахминан 0,72 га келтириш керак [1].

#### 1.4. Роторни ҳисоблаш

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



1.9-расм. Ҳаво оралиғини танлашга оид

Одатда ротордаги пазлар сонини статордагига нисбатан камроқ қилиб олинади  $Z_2 < Z_1$ . Баъзи ҳолларда катта қувватли моторларда  $Z_2 > Z_1$ , қилиб олинади [1].

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

31. Машина ҳаво 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 ўрнатилади:

$$D_1=D_2=k_n D_2=0,23 \cdot 0,225=0,0518 \text{ м} \approx 52 \text{ мм.}$$

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

36. Ротор стерженидаги ток:

$$I_2=k_r I_1 \nu_r=0,89 \cdot 15,1 \cdot 21,3=286 \text{ А,}$$

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

$$\nu_r=\frac{2m_p w_r k_{r1}}{Z_2}=\frac{2 \cdot 3 \cdot 126 \cdot 0,96}{34}=21,3.$$

37. Стерженнинг кўндаланг кесим юзаси:

$$q_k=\frac{I_2}{j \cdot \sqrt{3,5 \cdot 10^2}}=81,784 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2=81,784 \text{ мм}^2.$$

Алюминий куйма стерженлар учун ток зичлиги  $J_2=(2,5-3,5)10^6$  А/м<sup>2</sup>, мис стерженлар учун эса  $J_2=(4,0-8,0)10^6$  А/м<sup>2</sup> бўлади.

38. Ротор пазини 1.8,6-расмдагидек,  $b_{m2}=1,5$  мм,  $h_{m2}=0,75$  мм,  $h'_{m2}=0,3$  мм га 1.4-жадвалдан  $B_{z2}=1,8$  Тл тенг деб қабул қиламиз.  $h=160-250$  мм бўлганда [1] қисқа туташган роторли 4А туркумли моторларда ноксимон пазлар ишлатилади ва  $b_{m2}=1,5$  мм ва  $h_{m2}=0,7$  мм,  $h'_{m2}=0,3$  мм;  $h=112-132$  мм бўлганда  $b_{m2}=1,5$  мм ва  $h_{m2}=0,75$  мм,  $h'_{m2}=0,3$  мм;  $2p=2$  бўлганда  $b_{m2}=1,5$  мм ва  $h_{m2}=0,7$  мм,  $h'_{m2}=1,0-1,5$  мм қилиб олинади.

39. Тишнинг рухсат этилган кенглиги:

$$b_{2(pax)} = \frac{B_{1,2} l_0}{B_{2,2} l_{0,2} k_{mm}} = \frac{0,905 \cdot 13,3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,115}{1,8 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 6,9 \text{ мм},$$

бунда  $l_{0,2} = l_0$ .

40. Ротор пазининг ўлчамлари:

$$b_{1(m2)} = \frac{\pi(D_2 - 2h_{m2} - 2h'_{m2}) - Z_2 b_{2(pax)}}{\pi Z_2} = \frac{314(144 - 2 \cdot 0,75 - 2 \cdot 0,3) - 34 \cdot 6,9}{314 + 34} = 5,76 \text{ мм};$$

$$b_{2(m2)} = \sqrt{\frac{b_{(pax)}^2 \left( \frac{Z_2 + \pi}{\pi} \right) - 4 \cdot q_k}{\frac{Z_2 - \pi}{\pi} - 2}} = \sqrt{\frac{5,7^2 \left( \frac{34 + \pi}{\pi} \right) - 4 \cdot 81,8}{\frac{34 - \pi}{\pi} - 2}} = 2,87 \text{ мм};$$

$$h_{1(m2)} = (b_{1(m2)} - b_{2(m2)}) \frac{Z_2}{2\pi} = (5,7 - 2,87) \frac{34}{2 \cdot 3,14} = 15,4 \text{ мм}.$$

Хисоблашлар осон бўлиши учун  $b_{1(m2)} = 5,8$  мм,  $b_{2(m2)} = 3,0$  мм,  $h_{1(m2)} = 15,4$  мм деб қабул қиламиз.

41. Пазининг умумий баландлиги:

$$h_{m2} = h'_{m2} + h_{m2} + \frac{b_{1(m2)}}{2} + h_{2(m2)} + \frac{b_{2(m2)}}{2} = 0,3 + 0,75 + \frac{5,8}{2} + 15,4 + \frac{3}{2} = 20,9 \text{ мм}.$$

42. Стерженнинг кўндаланг кесим юзаси:

$$q_k = \frac{\pi}{8} (b_{1(m2)}^2 + b_{2(m2)}^2) + 1/2 (b_{1(m2)} + b_{2(m2)}) h_{1(m2)} = \frac{3,14}{8} (5,8^2 + 3^2) + 0,5(5,8 + 3) \cdot 15,4 = 84,5 \text{ мм}^2.$$

43. Стержендаги ток зичлиги:

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

44. Қисқа тугаштирувчи ҳалқа (1.10-расм) ва унинг кўндаланг кесим юзаси:

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

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

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

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

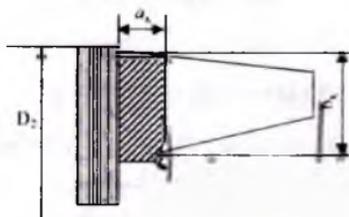
45. Қисқа тугаштирувчи ҳалқаларнинг ўлчамлари (1.10-расм):

$$b_x = 1,25 \cdot h_{m2} = 1,25 \cdot 20,9 = 26,1 \text{ мм};$$

$$a_{\kappa} = q_{\kappa} / b_{\kappa} = 270,63 / 26,063 = 10,4 \text{ мм};$$

$$q_{\kappa} = b_{\kappa} \cdot a_{\kappa} = 26,1 \cdot 10,4 = 271 \text{ мм}^2;$$

$$D_{\kappa} = D_2 - b_{\kappa} = 144,31 - 26,1 = 118 \text{ мм}.$$



1.10-расм. Киска гуташтирувчи халка ўлчамлари

### 1.5. Магнит занжирини ҳисоблаш

46. Моторнинг магнит занжири қисмларидаги индукциялар:

статор тишидаги:

$$B_{\sigma 1} = \frac{B_{\sigma 1} l_{\sigma 1}}{b_{\sigma 1} l_{\text{мст}1} k_{\text{мст}1}} = \frac{0,905 \cdot 0,013 \cdot 0,115}{6,55 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 1,8 \text{ Тл},$$

ротор тишидаги:

$$B_{\sigma 2} = \frac{B_{\sigma 1} l_{\sigma 1} k_{\sigma 1}}{b_{\sigma 2} l_{\text{мст}2} k_{\text{мст}2}} = \frac{0,905 \cdot 13,3 \cdot 0,115}{6,9 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 1,8 \text{ Тл},$$

ротор ярмосида:

$$B_{\sigma} = \frac{\Phi}{2h_{\sigma} l_{\text{мст}1} k_{\text{мст}1}} = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 22,5 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 1,5 \text{ Тл},$$

ротор ярмосида:

$$B = \frac{\Phi}{2h'_{\text{мст}2} k_{\text{мст}2}} = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 32,1 \cdot 0,115 \cdot 0,97} = 1,05 \text{ Тл}.$$

47. Ротор ярмосининг ҳисобий баландлиги:

$$h'_{\sigma} = \frac{2+p}{3,2p} \left( \frac{D_2}{2} - h_{\sigma 2} \right) - (2-3) d_{\text{к}2} \sqrt{m_{\text{к}2}} = \frac{2+2}{3,2 \cdot 2} \left( \frac{144}{2} - 20,9 \right) = 32,1 \text{ мм}.$$

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

$$\text{(бундаги } \gamma = \frac{(b_{m1}/\delta)^2}{5 + b_{m1}/\delta} = \frac{(3,5/0,35)^2}{5 + 3,5/0,35} = 6,67).$$

49. Статор ва ротор тиш қатламларининг магнит кучланишлари статорда:

$$F_{r1} = 2h_{r1}H_{r1} = 2 \cdot 17,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1520 = 53,063 \text{ А};$$

роторда:

$$F_{r2} = 2h_{r2}H_{r2} = 2 \cdot 20,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1520 = 62,472 \text{ А};$$

(2013 маркали пўлат учун 1-иловадан  $B_{r1}=1,8$  Тл бўлганда  $H_{r1}=1520$  А/м;  $B_{r2}=1,8$  Тл бўлганда  $H_{r2}=2010$  А/м;  $h_{r1}=h_{m1}=17,5$  мм;  $h_{r2}=h_{m2}=0,1b_{r2}=20,9-0,1 \cdot 3=20,6$  мм.)

50. Тиш қатламининг тўйиниш коэффициенти:

$$k_r = 1 + \frac{F_{r1} + F_{r2}}{F_r} = 1 + (53,063 + 62,472) / 617,27 = 1,19$$

51. Статор ва ротор ярмосидаги магнит кучланишлар:

(статорда)  $F_s = l_s H_s = 159 \cdot 520 = 82,6 \text{ А};$

(роторда)  $F_s = l_s H_s = 60,5 \cdot 203 = 12,3 \text{ А}.$

(бунда 2015 маркали пўлат учун 2-иловадан  $B_s=1,5$  Тл бўлганда  $H_s=520$  А/м;  $B_r=1,05$  Тл бўлганда  $H_r=203$  А/м).

52. Статор ярмосининг ўртача узунлиги:

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

бунда  $h_s=22$  банддан олинган.

53. Ротор ярмосининг ўртача узунлиги:

$$L_r = \frac{\pi(D_r + h'_{m1})}{2p} = 3,14 \cdot (52 + 25,1) / (2 \cdot 2) = 60,5 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}.$$

ротор ярмосининг ўртача баландлиги:

$$h'_{m1} = \frac{(D_2 - D_1)}{2} - h_{m2} = (144 - 52) / 2 - 20,9 = 25,1 \text{ мм}.$$

54. Жуфт кутблардаги натижавий магнит кучланганлик:

$$F_{\Sigma} = F_s + F_{r1} + F_{r2} + F_s + F_r = 617 + 53,1 + 62,5 + 82,6 + 12,3 = 827,77 \text{ А}.$$

85. Магнит санжиринин туйвниш коэффициенти:

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

86. Магнитловчи ток:

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

87. Магнитловчи токнинг нисбий бирликдаги киймати:

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

### 1.6. Иш режимининг параметрларини ҳисоблаш

88. Статор чулғамининг актив қаршилиги:

$$r_1 = K_R \rho_{115(\text{См})} \frac{l_1}{q_{\delta} a} = \frac{10^{-6} \cdot 75,8}{41 \cdot 2,454 \cdot 10^{-6} \cdot 1} = 0,753 \text{ Ом.}$$

Июляциянинг иссиқликка бардошлилик F синфи бўйича ҳисобий температураси  $\theta_{\zeta} = 115^{\circ}\text{C}$ . Мис учун солиштирма қаршилик  $\rho_{115(\text{См})} = 10^{-6} / 41$  Ом м. Ротор қаршилигининг умумий ошиш коэффициенти  $K_R \approx 1$

89. Фата чулғамдаги симнинг узунлиги:

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

бунада  $l_{\text{урт}} = 2(l_{\text{тв}1} + l_{\text{тв}2}) = 2(0,115 + 0,186) = 0,601$  м. статор чулғами урамининг уртача узунлиги:

$$l_{\text{тв}1} = K_m b_{\text{ст}} + 2B = 1,3 \cdot 0,128 + 2 \cdot 0,01 = 0,186 \text{ м; } l_{\text{тв}2} = l_1 = 0,115 \text{ м,}$$

бунада, галтакнинг паздан чиқиб буқланган қисмигача бўлган узунлиги  $B = 0,01$  м;  $K_m = 1,3$  киймат 1.7-жадвалдан олинади.

60. Галтакнинг ўртача кенлиги:

$$b_{\text{ср}} = \frac{\pi(D + h_{\text{тв}1})}{2p} \beta = 3,14 (145 + 17,5) / (2 \cdot 2) = 0,128 \text{ м,}$$

$\beta$ - чулғам қашанини қисқартириш коэффициенти. бир қатламли ва диаметрал икки қатламли чулғамлар учун  $\beta = 1$ .

1.7-жадвал. Ғалтакнинг паздан ташқарига чиқиб турган қисмини ҳисоблаш

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

61. Ғалтакнинг паздан чиқиб турган қисмининг узунлиги:

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

бунда  $K_{\text{чик}} = 0,4$  (1.7-жадвалдан).

62. Статор чулғами 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 чулғам учун):

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

бунда  $r_c = \rho_{\text{Al}} \frac{l_s}{q} = \left( \frac{10^{-8}}{20,5} \right) \cdot \left( \frac{0,115}{84,5 \cdot 10^{-6}} \right) = 68 \cdot 10^{-6} \text{ Ом;}$

$$r_s = \rho_{\text{Al}} \frac{\pi \cdot D_s}{Z_2 \cdot q} = \left( \frac{10^{-8}}{20,5} \right) \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 0,1183}{34 \cdot 270,6 \cdot 10^{-6}} \right) = 2,018 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

бунда, қуйма алюминий чулғам учун солиштирма қаршилик:

$$\rho_{\text{Al}} = \left( \frac{10^{-8}}{20,5} \right) \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

64.  $r_2$  ни статор чулғами ўрамлари сонига келтирамиз:

$$r'_2 = r_2 \frac{4m(w_1 k_{\text{эл}})^2}{Z_1} = 97,9 \cdot 10^{-6} \frac{4 \cdot 3 \cdot (126 \cdot 0,96)^2}{34} = 0,506 \text{ Ом.}$$

65. Ротор қисқа туташган чулғами 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 чулғамининг индуктив қаршилиги:

$$x_1 = 15,8 \left( \frac{f_1}{100} \right) \left( \frac{w_1}{100} \right)^2 \frac{l_k}{pq} (\lambda_{\text{ст}} + \lambda_{\text{рот}} + \lambda_{\text{шт}}) = 15,8 \cdot \frac{50}{100} \left( \frac{126}{100} \right)^2 \frac{0,115}{2 \cdot 3} \times \\ \times (1,27 + 1,0 + 2,399) = 1,123 \text{ Ом,}$$

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

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

бу ерда  $h_1 = 15,49$  мм,  $k_{\rho} = 1$ ;  $k'_{\rho} = 1$ ;  $b_{2\text{мт}} = 6,44$  мм,  $h_{2\text{ст}} = 0$ ;

$$h_3 = \frac{b_{2\text{ст}} - b_{\text{в}}}{2} = \frac{6,44 - 3,5}{2} = 1,47 \text{ мм.}$$

паздан ташқари қисмидаги таркок магнит майдонининг магнит ўтказувчанлик коэффициенти:

$$\lambda_{\text{мт}} = 0,34 \frac{q}{l'_{\tau}} (I_{\text{мт}} - 0,64\beta\tau) = 0,34 \frac{3}{0,115} (0,186 - 0,64 \cdot 0,114) = 1,0;$$

дифференциал таркок магнит майдоннинг магнит ўтказувчанлик коэффициенти:

$$\lambda_{\text{дт}} = \frac{t_{21}}{128k_{\text{с}}} \xi = \frac{12,64}{12 \cdot 0,35 \cdot 1,226} \cdot 0,98 = 2,399.$$

бунда ярим очик ва ярим ёпик статор пазларида  $\xi$  коэффициен

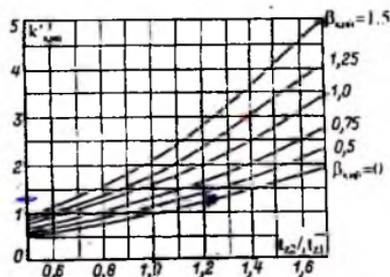
ти:  $\xi = 2k'_{\text{кми}} k_{\rho} - k_{\text{дт}} \left( \frac{t_{22}}{t_{21}} \right)^2 (1 + \beta^2_{\text{кми}}) = 2 \cdot 1,0 - 0,96^2 \cdot \left( \frac{13,3}{12,6} \right)^2 = 0,98;$

$t_{22}/t_{21} = 13,3/12,6 = 1,05$  бўлгани учун 1.10-расмдан  $k'_{\text{кми}} = 1,0$  ни танлаймиз.

$\beta_{\text{кми}} = 0$ ,  $\beta_{\text{кми}} = h_{\text{кми}}/t_{22}$ -кийшайиш коэффициенти бўлиб, кийшайиш йўқ бўлса,  $\beta_{\text{кми}} = 0$ .

67. Статор чулғами реактив қаршилигининг нисбий бирликдаги қиймати:

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



6.1-расм.  $t_{22}/t_{21}$  буйича  $k'_{\text{кми}}$  ни танлаш учун чизма

68. Ротор фаза чулгамининг индуктив қаршилиги:

$$x_1 = 7,9 / I_1 (\lambda_{a2} + \lambda_{m2} + \lambda_{r2}) 10^6 = 7,9 \cdot 50 \cdot 0,115 \cdot (2,99 + 0,55 + 2,61) \cdot 10^{-6} = 279,16 \cdot 10^{-6} \text{ Ом,}$$

бунда, тарқок магнит майдон магнит ўтказувчанлигининг паздаги сочилиш коэффициентлари:

$$\lambda_{a2} = \left[ \frac{h}{3b_{1(m2)}} \left( 1 - \frac{\pi b_{1(m2)}^2}{8q_c} \right) + 0,66 - b_{m2} / 2b_{m2} \right] k_a + h_{m2} / b_{m2} +$$

$$+ 1,12 h'_{m2} \cdot 10^3 \quad l_2 = \frac{19,2}{3 \cdot 5,8} \left( 1 - \frac{\pi \cdot 5,8^2}{8 \cdot 84,5} \right)^2 + 0,66 \cdot \frac{1,5}{2 \cdot 5,8} + \frac{0,8}{1,5}$$

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

$$(h = h_{a2} - h'_{m2} - h_{m2} - 0,2 \cdot b_{2(m2)} / 2 = 20,9 - 0,3 - 0,75 - 2,3 / 2 = 19,2 \text{ мм иш режими учун}$$

$$k_a = 1); l'_a = l_a = 0,115 \text{ м; } 51$$

паздан ташқари қисмидаги тарқок магнит майдонининг магнит ўтказувчанлик коэффициентлари:

$$\frac{1 \cdot 2,3 \cdot 0,118}{34 \cdot 0,115 \cdot 0,367^2} \times \lg \frac{4,7 \cdot 0,118}{2 \cdot 0,01 + 0,026} = 0,55;$$

роторнинг қисқа туташув чулгамида дифференциал тарқалишининг магнит ўтказувчанлик коэффициентлари:

$$\lambda_{a2} = \frac{l_{a2}}{12\delta k_a} \xi = \frac{13,3}{12 \cdot 0,35 \cdot 1,226} 1,01 = 2,61$$

$$\xi = 1 + 0,2(\pi r / Z_2)^2 - \frac{\Delta_2}{1 - (\pi r / Z_2)^2} \approx 1 + 0,2(3,14 \cdot 2 / 34)^2 = 1,01.$$

бунда ёпиқ пазлар учун  $\Delta_2 \approx 0$ .

69. Магнит ўтказувчанлик коэффициентлари йиғиндиси:

$$\sum \lambda_2 = \lambda_{a2} + \lambda_{m2} + \lambda_{r2} = 2,99 + 0,55 + 2,61 = 6,15.$$

70.  $x_2$  ни статор ўрамлари сонига келтираемиз:

$$x'_2 = x_2 \frac{4m(w_1 k_{q1})^2}{Z_2} = 279,2 \cdot 10^{-6} \frac{4 \cdot 3 \cdot (126 \cdot 0,96)^2}{34} = 1,442 \text{ Ом.}$$

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. Пулатдаги асосий исрофлар:

$$P_{\text{пулат}} = \rho_0 (l / 50)^2 (k_a B_{\text{a}}^2 m_a + k_{\text{в}} B_{\text{в}}^2 m_{\text{в}}) = 2,6 \cdot (1,6 \cdot 1,5^2 \cdot 12,46 + 1,8 \cdot 1,8^2 \cdot 3,58) = 170,9 \text{ Вт.}$$

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

73. Ярмодаги пулатнинг массаси:

$$m_{\text{я}} = \pi (D_{\text{в}} - h_{\text{в}}) h_{\text{в}} l_{\text{я}} k_{\text{я}} \gamma_{\text{я}} = 3,14 (0,225 - 0,0225) \cdot 0,0225 \cdot 0,115 \times 0,97 \cdot 7800 = 12,5 \text{ кг.}$$

$$\text{бунда } h_{\text{в}} = 0,5(D_{\text{в}} - D_{\text{а}}) - h_{\text{а}} = 0,5 (0,225 - 0,145) - 0,0175 = 0,0225.$$

74. Статор ўзагидаги тишлар массаси:

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

бунда  $\gamma_{\text{ст}} = 7800$  кг/м<sup>3</sup> - пулатнинг солиштирма массаси.

75. Ротор сирти юзасидаги исрофлар яъни сиртий исрофлар

$$P_{\text{сирт}} = \rho_0 (t_{\text{с}} - b_{\text{н}}) Z_{\text{р}} l_{\text{с}} = 296,4 \cdot 13,3 \cdot 34 \cdot 0,115 = 15,4 \text{ Вт.}$$

бунда  $h_{\text{н}} = 0$ :

$$P_{\text{сирт2}} = 0,5 k_{\text{сирт2}} (Z_{\text{р}} n_1 10000)^2 (B_{\text{сирт2}} t_{\text{с}} 10^3)^2 = 0,5 \cdot 1,5 \times$$

$$\times (36 \cdot 1500 / 10000)^2 \cdot (0,444 \cdot 12,6)^2 = 296,39 \text{ Вт/м}^2, \text{ бунда ҳаво оралиғидаги}$$

пульсанувчи магнит индукцияси амплитудаси:

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

$k_{\text{сирт2}} = 1,5$ ;  $h_{\text{н}} / \delta = 3,5 / 0,35 = 10$  учун 1-11-расмдан  $\beta_{\text{сирт2}} = 0,4$ .

76. Ротор тишларидати пульсанувчи майдон туфайли вужудга келадиган исрофлар:

$$P_{\text{инт2}} = 0,11 (Z_{\text{р}} B_{\text{инт2}} n 1000)^2 m_{\text{ст}} = 0,11 \cdot (36 \cdot 1500$$

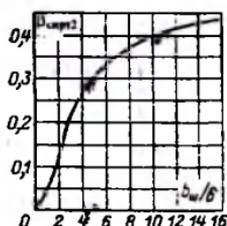
$$\cdot 0,158 / 1000)^2 \cdot 4,26 = 33,9 \text{ Вт.}$$

бунда, тишнинг ўрта кесимидаги индукция:

$$B_{\text{инт2}} = \gamma_{\text{ст}} \delta B_{\text{ст}} / (2 t_{\text{ст}}) = 6,67 \cdot 0,35 \cdot 1,8 / (2 \cdot 13,3 \cdot 10^{-3}) = 0,158 \text{ Тл.}$$

Ротор ўзағидаги тишлар массаси:

$$m_{z2} = Z_2 h_{k2} b_{z2} \rho_{\text{спр}} / \eta_{\text{спр}} k_r \gamma_{\text{пл}} = 34 \cdot 20,9 \cdot 6,9 \cdot 0,115 \cdot 0,97 \cdot 7800 = 426 \text{ кг.}$$



1.11-расм. Сиртий  
исрофларни ҳисоблаш  
учун  $\beta_{\text{спр}2} = f(b_{\text{сп}}/\delta)$   
боғлиқлиги

77. Пўлатдаги қўшимча исрофлар йиғиндиси:

$$P'_{\text{қўшим}} = P'_{\text{спр}2} + P'_{\text{спр}1} = 15,4 + 33,9 = 49,3 \text{ Вт.}$$

78. Пўлатдаги тўла исрофлар:

$$P'_{\text{спр}} = P'_{\text{қўшим}} + P'_{\text{спр}2} = 170,9 + 49,3 = 220,2 \text{ Вт.}$$

79. Механик исрофлар:

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

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

80. Номинал режимдаги қўшимча исрофлар:

$$P'_{\text{қўшим}} = 0,005 P_{1N} = 0,005 P_{1N} / \eta = 0,005 \cdot 7500 / 0,875 = 42,9 \text{ Вт.}$$

81. Моторнинг салт ишлаш токи:

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

бунда салт ишлаш режимдаги токнинг актив ташкил этувчиси:

$$I_{0a} = \frac{P'_{\text{қўшим}} + P'_{\text{мех}} + P'_{\text{спр}2}}{m U_{1N}} = \frac{220,2 + 58,1 + 58,1}{3 \cdot 220} = 0,51 \text{ А,}$$

бунда  $P'_{\text{спр}2}$  - салт ишлаш режимда статор чулғамидаги электр исрофлари:

$$P'_{\text{спр}2} \approx 3 I_{0\mu}^2 r_1 = 3 \cdot 5,07^2 \cdot 0,75 = 58,1 \text{ Вт.}$$

82. Салт ишлаш режимдаги қувват коэффиценти:

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

### 1.8. Қисқа туташган роторли асинхрон моторнинг иш характеристикаларини ҳисоблаш

Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон моторнинг иш характеристикалари деб, мотор истеъмол қиладиган қувват  $P_1$ , статор токи  $I_1$ , қувват коэффициентлари  $\cos\varphi$ , ФИК  $\eta$ , мотор сирпаниши  $s$  ларнинг мотор валидаги  $P_2$  қувватга боғлиқлиги, яъни  $P_1, I_1, \cos\varphi, \eta, s=f(P_2)$  га айтилади. Иш характеристикаларини доиравий диаграмма асосида ҳисоблаш осонроқ бўлсада, аниқлик даражаси юқори эмас. Аналитик услуб эса универсал бўлиб, сирпанишнинг исталган қийматида санаб ўтилган кўрсаткичларнинг ўзгаришини ҳисоблаш имконини беради ва ЭХМ нинг хотирасига дастур кўринишида киргиши мумкин. Иш характеристикаларни ҳисоблашда сирпаниш мустақил ўзгарувчан қиймат этиб қабул этилади ва унинг  $s=(0,2-1,5)s_N$  ораликдаги қийматлари учун  $P_1, I_1, \cos\varphi, \eta, M, I_2, P_2$  лар ҳисобланади. Бу ерда  $s_N=r'_2$ , яъни ротор чулгамини 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 қаршилиқлар:

$$83. r_{12} \approx \frac{P'_{\text{увт.к.}}}{mI_m^2} = \frac{170,9}{3 \cdot 5,07^2} = 2,22 \text{ Ом,}$$

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

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

86. Салт ишлаш режимидаги токнинг актив ташкил этувчиси:

$$I_{0.a} = \frac{P_{\text{увт.к.}} + 3I_m^2 r_1}{3 \cdot U_{1N}} = \frac{170,9 + 3 \cdot 5,07^2 \cdot 0,753}{3 \cdot 220} = 0,35 \text{ А.}$$

87. Иш характеристикаларини ҳисоблашларда керак бўладиган коэффицентлар:

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

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

88. Сирпаниш ўзгарганда ҳам ўзгармай қоладиган қувват исрофлари:

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

Қиска туташган роторли асинхрон моторнинг иш характеристикаси ҳисобини осонлаштириш учун ЭХМга «Бейсик» тилида дастур тузамиз. Бунинг учун 1.8-жадвалга киритилган катталикларни математик моделлаймиз.

1.8-жадвал.

№	Математик моделнинг кўриниши	«Бейсик» алгоритмик тилида кўриниши (идентификатори)
I	II	III
1	$a' r_2 / s$	A
2	$b' r_2 / s$	B
3	$R = a + a' r_2 / s$	$R = A2 + A$
4	$X = b + b' r_2 / s$	$X = B4 + B$
5	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	$Z = \text{SQR}(R^2 + X^2)$
6	$I_2 = U_{\text{IN}} / Z$	$I2 = U1 / Z$
7	$\cos \varphi_2 = R / Z$	$K = R / Z$
8	$\sin \varphi_2 = X / Z$	$S1 = X / Z$
9	$I_{1a} = I_{0a} + I_2 \cos \varphi_2$	$I = I3 + (I2 * K)$
10	$I_{1p} = I_{0p} + I_2 \sin \varphi_2$	$I4 = I5 + (I2 * S1)$
11	$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2}$	$I1 = \text{SQR}(I^2 + I4^2)$
12	$I_2' = c, I_2'$	$I6 = C1 * I2$
13	$P_1 = 3 U_{\text{IN}} I_{1a} 10^{-3}$	$P1 = 3 * U1N * I^2 * 10^{(-3)}$
14	$P_{21} = 3 I_1^2 r_1 10^{-3}$	$P = 3 * I1^2 * R1 * 10^{(-3)}$
15	$P_{22} = 3 (I_2')^2 r_2 10^{-3}$	$P3 = 3 * I6^2 * R2 * 10^{(-3)}$
16	$P'_{\text{кув}} = P_{\text{кув.н}} (I_1 / I_{1N})^2$	$P4 = P5 * (I1 / I1N)^2$
17	$\Sigma P' = P'_{\text{н}} + P'_{\text{мех}} + P_{21} + P_{22} +$	$SP = P7 + P + P3 + P4$

	$P_{\text{кўш}}$	
18	$P_2 = P_1 - \Sigma P'$	$P2 = P1 - SP$
19	$\eta = 1 - \Sigma P' / P_1$	$KP = 1 - (SP / P1)$
20	$\cos \varphi = I_{1\omega} / I_1$	$KF = I / I1$

1.8-жадвалда берилган катталикларни «Бейсик» алгоритмик тилида тасурлаш учун қуйидаги шартли белгилашлар киритилган:

1.9-жадвал

Тенгламадаги кўриниши	Дастурдаги кўриниши	Тенгламадаги кўриниши	Дастурдаги кўриниши
I	II	III	IV
s	S	I <sub>1</sub>	II
R	R	U <sub>1N</sub>	U1N
X	X	I <sub>2</sub>	I6
Z	Z	c <sub>1</sub>	C1
a'	A1	P <sub>1</sub>	P1
b'	B1	P' <sub>а1</sub>	P
r <sub>2</sub>	R2	P <sub>а2</sub>	P3
a	A2	r <sub>1</sub>	R1
b	B4	P' <sub>кўш</sub>	P4
I <sub>2</sub>	I2	P' <sub>кўш.N</sub>	P5
cosφ <sub>2</sub> '	K	I <sub>1N</sub>	I1N
sinφ <sub>2</sub> '	S1	ΣP'	SP
I <sub>1ω</sub>	I	P' <sub>пул</sub> + P' <sub>мех</sub>	P7
I <sub>1р</sub>	I4	P <sub>2</sub>	P2
I <sub>0,ω</sub>	I3	η	KP
I <sub>0,р</sub>	IM	cosφ	KF

Киска туташган роторли асинхрон моторнинг иш  
характеристикаларини ҳисоблаш математик моделининг «Бейсик» тилидаги  
дастури:

5 PRINT " Киска туташган роторли асинхрон моторнинг"

7 PRINT " иш характеристикаларини ҳисоблаш"

10 A1=1.054: A2=.773: B4=2.67: B1=0: C1=1.027:

20 R1=.753: R2=.506: U1N=220: I3=.35

30 IM=5.07: I1N=15.1: P5=0.043: P7=.28

50 INPUT "s=";S

60 A=A1\*R2/S

70 B=B1\*R2/S

90 X=B4+B

100 Z=SQR(R<sup>2</sup>+X<sup>2</sup>)

110 I2=U1N/Z

120 K=R/Z

130 S1=X/Z

140 I=I3+(I2\*K)

150 I4=IM+(I2\*S1)

160 I1=SQR(I<sup>2</sup>+I4<sup>2</sup>)

170 I6=C1\*I2

180 P1=3\*U1N\*I\*10<sup>(-3)</sup>

190 P=3\*I1<sup>2</sup>\*R1\*10<sup>(-3)</sup>

200 P3=3\*I6<sup>2</sup>\*R2\*10<sup>(-3)</sup>

210 P4=P5\*(I1/I1N)<sup>2</sup>

220 SP=P7+P+P3+P4

230 P2=P1-SP

240 KP=1-(SP/P1)

250 KF=I/I1

260 PRINT "s=";S

270 PRINT "1=";A, "6=";I2, "11=";I1, "16=";P4

280 PRINT "2=";B, "7=";K, "12=";I6, "17=";SP

290 PRINT "3=";R, "8=";S1, "13=";P1, "18=";P2

```

300 PRINT "4=";X, "9=";I, "14=";P, "19=";KP
310 PRINT "5=";Z, "10=";I4, "15=";P3, "20=";KF
320 PRINT "-----"
330 GOTO 50
370 END
380 RETURN

```

Изоҳ: 270÷310 чи қаторлардаги қуштирнок ичидаги сонлар узгарувчиларнинг, ҳисоблаш тенгламаларининг тартиб номерини билдиради (1.8-жадвалга қаранг).

Шу дастур асосида олинган натижалар жадвали:

s= 0.005

1= 107	6= 2.05	11= 5.65	16= 0.01
2= 0	7= 0.9997	12= 2.1	17= 0.36
3= 107.3	8= 0.025	13= 1.58	18= 1.22
4= 2.67	9= 2.4	14= 0.07	19= 0.77
5= 107.4	10= 5.12	15= 0.01	20=0.424

s= 0.01

1= 53.3	6= 4.06	11= 6.87	16= 0.01
2= 0	7= 0.999	12= 4.17	17= 0.42
3= 54.06	8= 0.049	13= 2.91	18= 2.49
4= 2.67	9= 4.41	14= 0.11	19=0.856
5= 54.1	10= 5.27	15= 0.03	20=0.642

s=0.015

1= 35.5	6= 6.05	11= 8.43	16= 0.01
2= 0	7= 0.997	12= 6.21	17=
3= 36.29	8= 0.073	13= 4.21	0.051
4= 2.67	9= 6.38	14= 0.16	18= 3.7
5= 36.4	10= 5.51	15= 0.06	19=0.879
			20=0.756

S= 0.02

1= 26.6	6= 7.99	11= 10.1	16= 0.02
2= 0	7= 0.995	12= 8.2	17= 0.63
3= 27.41	8= 0.097	13= 5.48	18= 4.84
4= 2.67	9= 8.3	14= 0.23	19=0.885
5= 27.5	10= 5.84	15= 0.1	20=0.818

---

s= 0.03

1= 17.8	<del>6= 11.7</del>	<del>11= 13.7</del>	16= 0.04
2= 0	<del>7= 0.99</del>	<del>12= 12.1</del>	17= 0.96
3= 18.53	<del>8= 0.143</del>	<del>13= 7.9</del>	18= 6.94
4= 2.67	9= 12.0	14= 0.43	19=0.878
5= 18.7	10= 6.75	<del>15= 0.22</del>	20=0.871

---

s<sub>N</sub>= 0.033

1= 16.3	6= 12.7	<del>11= 14.7</del>	16= 0.04
2= 0	7= 0.988	<del>12= 13.1</del>	17= 1.07
3= 17.06	8= 0.155	13= 8.53	18= 7.47
4= 2.67	9= 12.9	14= 0.49	19=0.875
5= 17.3	10= 7.04	15= 0.26	20=0.878

---

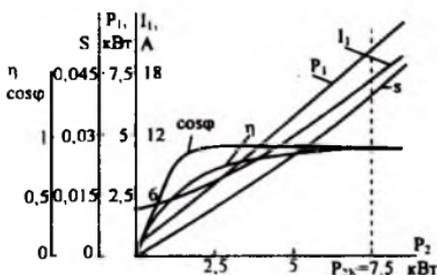
s= 0.04

1= 13.3	6= 15.3	11= 17.3	16= 0.06
2= 0	7= 0.983	12= 15.7	17= 1.39
3= 14.09	8= 0.186	13= 10.2	18= 8.78
4= 2.67	9= 15.4	14= 0.68	19= 0.86
5= 14.3	10= 7.93	15= 0.38	20=0.889

---

Олинган натижалар жадвал кўринишига келтирилиб (1.10- жадвал), иш характеристикалари қурилади (1.8-расм).

№	Хисобланадиган катталиклар	Улчов бирлиги и	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	$I_2^I=U_{IN}/Z$	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	$I_{1a}=I_{0a}+I_2^I \cos\varphi_2$	А	2,4	4,41	6,38	8,3	12	15,4	12,9
10	$I_{1p}=I_{0p}+I_2^I \sin\varphi_2$	А	5,12	5,27	5,51	5,84	6,75	7,93	7,04
11	$I_1=\sqrt{I_{1a}^2+I_{1p}^2}$	А	5,65	6,87	8,43	10,1	13,7	17,3	14,7
12	$I_2^I=c_1 I_2$	А	2,1	4,17	6,21	8,2	12,1	15,7	13,1
13	$P'_1=3U_{IN} I_{1a} 10^{-3}$	кВт	1,58	2,91	4,21	5,48	7,9	10,2	8,53
14	$P'_{31}=3I_2^I r_1 10^{-3}$	кВт	0,07	0,11	0,16	0,23	0,43	0,68	0,49
15	$P'_{32}=3(I_2^I)^2 r_2 10^{-3}$	кВт	0,01	0,03	0,06	0,1	0,22	0,38	0,26
16	$P'_{куш}=P'_{куш.N} \cdot (I_1/I_{1N})^2 10^{-3}$	кВт	0,006	0,009	0,013	0,019	0,036	0,056	0,041
17	$\sum P'=P'_{\text{тв}}+P'_{\text{век}}+P'_{31}+P'_{32}+P'_{куш}$	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	$\cos\varphi=I_1/I_1$	-	0,424	0,642	0,756	0,818	0,871	0,889	0,878



1.13-расм. 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

Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон моторни ишга тушириш  
характеристикаларининг статикавий математик моделни «Бейсик»  
алгоритмик тилида дастурлаш.

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

89. Ротор пазининг ўлчамлари:

$$h_{rn2} = (b_{1rn2} - b_{2rn2})Z_2/2\pi = 15,4 \text{ мм} , \quad h_{rn2} = \frac{b_{1rn2} + b_{2rn2}}{2} + \frac{b_{1rn2} - b_{2rn2}}{2} = 20,9 \text{ мм}$$

(40 ва 41 бандлардан олинган),

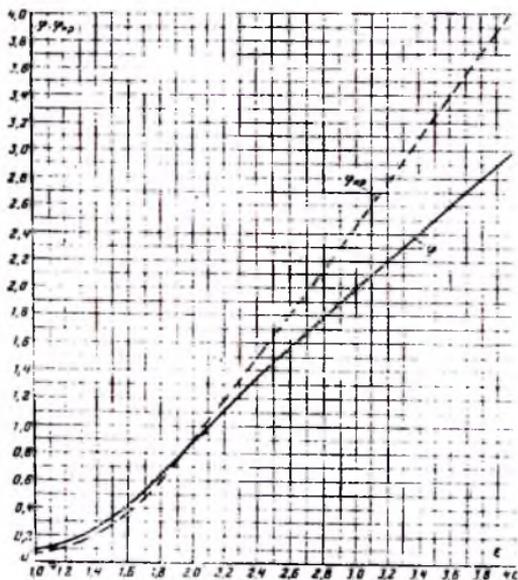
$$h_c = h_{rn2} - (h'_{2m} + h_{2m}) = 20,9 - (0,3 + 0,75) = 19,8 \text{ мм}$$

90. Стерженнинг келтирилган баландлиги:

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

бунда,  $s$ -сирпаниш.

91. Стерженнинг (юргизиш пайтидаги) ток оқадиган қисмининг  
чуқурлиги  $h_1 = h_c / (1 + \phi) = 19,8 / (1 + 0,19) = 16,64$  мм, бу ерда  $\phi$ - эгриликни  
аппроксимациялаш орқали олинган математик ифодасини 1.13-жадвалда  
келтирамиз. Бу математик ифода 3-даражали полином



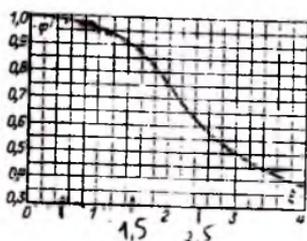
1.14-расм.  $\xi$ -катталигини  $\varphi$  функцияга боғлиқлиги

қуринишида булиб, квадратларнинг энг кичик қиймати услубида аппроксимацияланган ва 1.14-жадвалда берилган, ёки  $\varphi$ ни 1.14-расмдан олиш мумкин.

92.  $h$  баландлик билан чегараланган қўндаланг кесим юзаси:

$$q_1 = \frac{\pi b_{1(n2)}^2}{8} + \frac{b_{1(n2)} + b_1}{2} \left( h_1 - \frac{b_{1(n2)}}{2} \right) = \frac{\pi \cdot 5.8^2}{8} + \frac{5.8 + 3.3}{2} \times$$

$$\times (16.64 - 5.8/2) = 75.73 \text{ мм}^2,$$



1.15-расм.  $\xi$ -катталигини  $\varphi'$  функцияга боғлиқлиги

бу ерда,

$$b_1 = b_{1(n2)} - \frac{b_{1(n2)} - b_{2(n2)}}{h_{1(n2)}} \left( h_1 - \frac{b_{1(n2)}}{2} \right) = 5.8 - \frac{5.8 - 3}{15.4} \left( 16.64 - \frac{5.8}{2} \right) = 3.3 \text{ мм.}$$

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  $k_r$  коэффициентни қуйидагича аниқланади:

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

95. Ротор қаршилигининг умумий ошиш коэффициентни

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

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

$$r_{2k} = K_k r_2' = 1,08 \cdot 0,506 = 0,5463 \text{ Ом.}$$

97.  $K_x$  коэффициент:

$$K_x = \frac{\lambda_{n2z} + \lambda_{m2} + \lambda_{a2}}{\lambda_{n2} + \lambda_{m2} + \lambda_{a2}} = \frac{\sum \lambda_{2k}}{\sum \lambda_{2}} = \frac{1,89 + 0,55 + 2,61}{2,99 + 0,55 + 2,61} = \frac{5,05}{6,15} = 0,821 \text{ Ом,}$$

бу ерда

$$\begin{aligned} \lambda_{n2z} &= \left[ \frac{h}{3b_{1(n2)}} \left( 1 - \frac{\pi b_{1(n2)}^2}{8q_c} \right)^2 + 0,66 - b_{m2} / 2b_{1(n2)} \right] k_r + h_{m2} / b_{m2} + \\ &+ 1,12 h_{m2}' \cdot 10^6 / \left( I_2 \cdot \frac{I_{m\tau}}{I_N} \right) = \left[ \frac{19,20}{3 \cdot 5,8} \left( 1 - \frac{3,14 \cdot 5,8^2}{8 \cdot 84,5} \right)^2 + 0,66 - \right. \\ &\left. - \frac{1,5}{2 \cdot 5,8} \right] \cdot 0,92 + \frac{0,8}{1,5} + 1,12 \frac{0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6}{(7,5) 286} = 1,89. \end{aligned}$$

$s=1$  учун  $I_{m\tau}/I_N=7,5$  берилган,  $I_{m\tau}/I_N$  бўлинмаси  $s$  камайган сари камайиб боради, масалан  $s=0,1$  бўлганда  $I_{m\tau}/I_N=2$  бўлади,  $k_d$  демпферлаш коэффициентини 1.14-расмдан олинади ( $k_d=\varphi'$  эгриликни аппроксимациялаш орқали олинган математик ифодасийи 1.15-жадвалда келтирамыз. Бу математик ифода 3-даражали полином кўринишида бўлиб,

квадратларнинг энг кичик қиймати услубида аппроксимацияланган ва 1.14-жадвалда берилган).

Ротор магнит ўтказувчанлик коэффициентлари йиғиндиси:

$$\Sigma \lambda_2 = \lambda_{m2} + \lambda_{m2} + \lambda_{m2} = 2.99 + 0.55 + 2.61 = 6.15.$$

98. Ротор чулғамининг индуктив қаршилиги:

$$x_{2z} = x_2' K_v = 1.442 \cdot 0.821 = 1.184 \text{ Ом}$$

99. Тўйинишни эътиборга олмаган ҳолдаги ротор токи

$$I_2 = \frac{U_{1N}}{\sqrt{(r_1 + r_2' s)^2 + (x_1 + x_{2z}')^2}} = \frac{220}{\sqrt{(0.753 + 0.55)^2 + (1.123 + 1.184)^2}} = 83.092 \text{ А.}$$

100. Параметрларда тўйинишни ҳисобга олиш.  $s=1$  учун тўйиниш коэффициентини  $k_\mu=1.35$  ва  $I_1=I_2'$  деб оламиз ( $s$  камайган сарф  $k_\mu$  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:

$$F_{\mu \text{ (сп)}} = 0.7 \frac{k_\mu I_1 U_{1N}}{a} (k'_\beta + k_{\kappa 1} k_{\kappa 2} (Z_1/Z_2)) = 0.7 \cdot \frac{112.17 \cdot 21}{1} \times (1 + 0.96 \cdot (36/34)) = 3325.1 \text{ А.}$$

бу ерда  $k_{\kappa 1} = 1.1$ .

101. Ҳаво ораликдаги тарқок оқим индукциясининг сохта (фиктив) қиймати (тўйинишни ҳисобга олувчи индукция):

$$B_{\mu} = F_{\mu \text{ (сп)}} \cdot 10^{-6} / 1.68 C_N = 3325.1 \cdot 10^{-6} / 1.6 \cdot 0.35 \cdot 10^{-3} \cdot 0.93 = 6.38 \text{ Тл,}$$

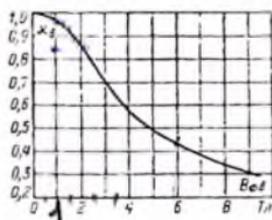
бу ерда

$$C_N = 0.64 + 2.5 \sqrt{\frac{\delta}{t_{z1} + t_{z2}}} = 0.64 + 2.5 \sqrt{\frac{0.35}{12.6 + 13.3}} = 0.93$$

102. Магнит тўйинишни ҳисобга олган ҳолда статор чулғами паз тарқоклигининг магнит ўтказувчанлик коэффициенти (ярми ёпик паз учун):

$$\Delta \lambda_{\text{пз}} = \frac{h_w + 0.58 h'_z}{b_w} \frac{c_{\text{пз}}}{c_{\text{пз}} + 1.5 b_w} = \frac{0.5 + 0.58 \cdot 2.82}{3.5} \times \frac{5.31}{5.31 + 1.5 \cdot 3.5} = 0.238.$$

бу ерда,  $h'_z = (b_1 - b_w) / 2 = (9.14 - 3.5) / 2 = 2.82$  мм, клин (яъни пона)нинг баландлиги.



1.16-расм.  $\chi_{\delta}$  коэффициентининг  $B_{\phi\delta}$  га боғлиқлиги

$c_{\gamma 1}$  - тўйиниш туйфайли статор пазининг қўшимча очилишини ҳисобга оладиган катталиқ:

$$c_{\gamma 1} = (t_{\gamma 1} - h_{m1})(1 - \chi_{\delta}) = (12,6 - 3,5)(1 - 0,42) = 5,31 \text{ мм}$$

бунда  $B_{\phi\delta}$  учун  $\chi_{\delta}$  - коэффициентини 1.16-расмдан олинади (аппроксимацияланган математик ифодаси 1.14.-жадвалда берилган).

103. Токнинг сиқилиш эффеќти таъсирини ва магнит тўйинишни ҳисобга олган ҳолда ротор пазининг тарқок магнит ўтказувчанлик коэффициентини

$$\lambda_{n1\mu} = \lambda_{n1} - \Delta\lambda_{n1\mu} = 1,0 - 0,24 = 0,764.$$

104. Магнит тўйинишни ҳисобга олган ҳолдаги статор чулғамининг тарқок дифференциал магнит ўтказувчанлик коэффициентини:

$$\lambda_{a1\mu} = \lambda_{a1}\chi_{\delta} = 2,399 \cdot 0,42 = 1,01.$$

105. Магнит тўйинишни ҳисобга олган ҳолдаги статор фаза чулғами 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,  $\Sigma\lambda_{1\mu} = \lambda_{n1\mu} + \lambda_{d1\mu} + \lambda_{a1\mu} = 0,76 + 1,01 + 1,0 = 2,77$ .

106. Магнит тўйинишни ва токнинг сиқилиш эффеќтив таъсирини ҳисобга олган ҳолдаги ротор чулғами паз тарқоклигининг магнит ўтказувчанлик коэффициентини:

$$\Delta\lambda_{n2\mu} = \frac{h_{m2}}{b_{m2}} \frac{c_{s2}}{b_{m2} + c_{s2}} = \frac{0,8}{1,5} \cdot \frac{6,86}{1,5 + 6,86} = 0,41,$$

бунда,  $c_{22}$  – тўйиниш туфайли ротор пазининг қўшимча очилишини ҳисобга оладиган катталик,  $c_{22}=(t_{22}-b_{m2})(1-\gamma_6)=(13,3-1,5)(1-0,42)=6,86\text{мм};$

$$\lambda_{n2\mu} = \lambda_{n2} - \Delta\lambda_{n2\mu} = 1,89 - 0,41 = 1,481.$$

107. Роторнинг тўйиниш таъсирини ҳисобга олган ҳолдаги дифференциал таркок магнит ўтказувчанлик коэффиценти:

$$\lambda_{n2\mu} = \lambda_{n2}\gamma_6 = 2,606 \cdot 0,42 = 1,09.$$

108. Токнинг сиқилиш эффе́ктив таъсирини ва магнит тўйинишини ҳисобга олган ҳолдаги ротор чулғамининг келтирилган индуктив каршилиги:

$$x_{2\mu} = x_2'(\sum \lambda_{2\mu} / \sum \lambda_2) = 1,442(3,13/6,15) = 0,734 \text{ Ом}.$$

бунда,  $\sum \lambda_{2\mu} = \lambda_{n2\mu} + \lambda_{n2\mu} + \lambda_{m2} = 1,48 + 1,09 + 0,55 = 3,13.$

109. Ишга тушириш пайтида чулғам ўзаро индукциясининг индуктив каршилиги

$$x_{12n\mu} = x_{12}'(F_2/F_8) = 42,277(827,77/617,27) = 56,69.$$

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

110. Ток ва моментларни ҳисоблаш

$$R_{n\mu} = r_1 + c_{1n\mu} \frac{r_2}{s} = 0,753 + 1,012 \cdot 0,546 = 1,306;$$

$$X_{n\mu} = x_{1\mu}' + c_{1n\mu} x_{2\mu} = 0,666 + 1,012 \cdot 0,734 = 1,409;$$

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

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

111. Ишга тушириш токи ва momenti

$$I_{n\mu} = \frac{I_{1n\mu}}{I_{1N}} = 116/15,08 = 7,7;$$

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

бунда  $I'_{2N} = 13,1 \text{ А}$ , иш характеристикаларидаги номинал сирпаниш нуктасига 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 олинб жадвалга туширилади.

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

$$s_{кр} = \Gamma'_2 / (x_{1\mu} / c_{1\mu\Gamma\mu} + x'_{2\xi\mu}) = 0,506 / (0,685 / 1,012 + 0,805) = 0,4$$

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

1.11-жадвал

Катталик лар	Улчов бирлиги	Каттали klar	Улчов бирлиги	Каттали klar	Улчов бирлиги
1	2	1	2	1	2
$U_{1N}$	B	$b_2$	м	$x_1$	Ом
$I_{1N}$	A	$h_{m2}$	м	$u_n$	—
$D_2$	м	$b_m$	м	$K_K$	—
$l_8$	м	$h_m$	м	$k_s$	—
$w_1$	—	$r_1$	Ом	$\delta$	м
$Z_2$	—	$\lambda_{m1}$	—	$t_{r1}$	м
$p$	—	$\lambda_{m1}$	—	$t_{r2}$	м
$b_{1(m2)}$	м	$\lambda_{n1}$	—	$a$	—
$b_{2(m2)}$	м	$I_\mu$	A	$F_\Sigma$	A
$h_{m2}$	м	$I_{2N}$	A	$F_\delta$	A
$b_{m2}$	м	$\lambda_{n2}$	—	$Z_1$	—

Ишга тушириш характеристикаларини ҳисоблаш осон бўлиши учун математик моделни «Бейсик» алгоритмик тилида дастурлашда қуйидаги шартли белгиларни (идентификаторларни) киритамиз

1.12-жадвал

Тенгламадаги кўриниши	Дастурдаги кўриниши	Тенгламадаги кўриниши	Дастурдаги кўриниши	Тенгламадаги кўриниши	Дастурдаги кўриниши
--------------------------	------------------------	--------------------------	------------------------	--------------------------	------------------------

1	2	1	2	1	2
$h_c$	HC	$k_\mu$	KT	$\lambda_{12\mu}$	L2PN
$\xi$	PSI	$I_p$	IP	$\lambda_{12\mu}$	LD2N
$\varphi$	FI	$F_{и\tau(\gamma\pi\tau)}$	FPCR	$x_{2\mu}$	X2PN
$h_r$	HR	$B_{\phi\delta}$	BFB	$\Sigma\lambda_{2\mu}$	SLPN
$b_r$	BR	$C_N$	CN	$x_{12и\tau\mu}$	X12P
$q_r$	QR	$\chi_\delta$	XB	$c_{1и\tau\mu}$	C1N
$k_r$	KR	$c_{\gamma 1}$	C11	$R_{и\tau\mu}$	AP
$K_R$	KKR	$\Delta\lambda_{и\mu}$	DL1N	$X_{и\tau\mu}$	BP
$r_{2c}$	R2PH	$\lambda_{и\mu}$	LP1N	$I_{2и 1}$	I2H
$\lambda_{и2\xi}$	LP2P	$\lambda_{и\mu}$	LD1N	$I_{и\tau\mu}$	П
$K_x$	KX	$x_{1\mu}$	X1N	$I_{и\tau\mu}$	I
$x_{2c}$	X2PH	$\Sigma\lambda_{1\mu}$	SL1N	$M_{и 1\tau}$	M
$I_2$	I21	$\Delta\lambda_{и2\mu}$	DL2N	$S_{кр}$	SKR
		$c_2$	C22		

1.12-жадвалда берилган математик моделдан моторни ишга тушириш  
характеристикаларини ҳисоблаймиз

1.13-жадвал

№	Математик моделнинг кўриниши	«Бейсик» алгоритмик тилида кўриниши
1	2	3
1	$\xi = 63,61h_c\sqrt{s}$	PSI=63.61*HC*SQR(S) HC=(HP2-(HH21+HH2))*0.001
2	$h_r = h_c/(1+\varphi)$	HR=(HC/(1+FI))*1000 FI=PSI^3*(-0.12575)+PSI^2* *0.945- PSI*1.1663+0.43575
3	$b_r = b_{1и21} - \frac{b_{1и22} - b_{2и21}}{h_{1и2}} (h - \frac{b_{1и21}}{2})$	BR=B21-((B21-B22)/H21)*(HR-(B21/2))

4	$q_r = \frac{\pi t_{m2}^2}{8} + \frac{b_{1m2} + b_1}{2} \left( h_1 - \frac{b_{1m2}}{2} \right)$	QR=(0.3954*B21^2)+((B21++BR)/2)* (HR-(B21/2))
5	$k_r = q_c / q_1$	KR=QC/QR
6	$K_R = 1 + \frac{I_{r2}}{I_2} (k_r - 1)$	KKR=1+((RC/R2)*(KR-1))
7	$r_{22} = K_R I_2$	R2PH=KKR*R2H
8	$K_X = \frac{\sum \lambda_{22}}{\sum \lambda_2}$	KX=(LP2P+LL2+LD2)/SL2
9	$\lambda_{m2L} = \left[ \frac{h}{3b_{1m2}} \left( 1 - \frac{\pi b_{1m2}^2}{8q_c} \right)^2 + 0.66 - \frac{b_{m2}}{2b_{1m2}} \right] * k_a + h_{m2} b_{m2} + 1.12h'_{m2} \cdot 10^{-6} I_2 \cdot \frac{I_{m1}}{I_{1N}}$	LP2P=((T1*T)+T2)*KD+T3+T4 Бу ерда T1=KH1/(3*B21) KH1=HP2-HH21-HH2-0.1*B22/2 T=(1-0.393*B21^2/QC)^2 T2=0.66-(BS2/(2*B21)) T3=HH2/BS2 T4=(1.12*HH21*10^3)/(I2*IP) KD=PSI^3*0.03105-PSI^2*0.2054+PSI*0.1879+0.9426
10	$x_{2h} = x_2 K_x$	X2PH=X2H*KX
11	$I_2 = \frac{U_{1N}}{\sqrt{(r_1 + r_{22}/s)^2 + (x_1 + x_{22})^2}}$	I21=U1N/(SQR((R1+R2PH/S)^2+(X1+X2PH)^2))
12	$F_{n(тип)} = 0.7 \frac{k_p I_2 u_1}{a} (k_p - k_{c1} k_c (Z_1/Z_2))$	FPCR=(0.7*(KT*I21*UP)/A)*(1+KOB*(Z1/Z2))
13	$C_N = 0.64 + 2.5 \sqrt{\frac{\delta}{I_{c1} + I_{c2}}}$	CN=0.64+2.5*SQR(BET/T11+T12*1000))
14	$B_{\phi\delta} = F_{n(тип)} \cdot 10^{-6} / 1.6\delta C_N$	BFB=FPCR*10^-3/(1.6*BET*CN)
15	$c_{12} = (t_{r1} - b_{m1}) (1 - \gamma\delta)$	C11=(T11-BS1)*(1-XB) XB=BFB^3*0.0010528-BFB^2*0.0085692-BFB*0.0873+1.028469
16	$\Delta \lambda_{n1m} = \frac{h_m + 0.58h'_k}{b_m} \frac{c_{s1}}{c_{s1} + 1.5b_m}$	DL1N=((HS1+0.58*HHI)/BS1)*(C11/(C11+1.5*BS1))
17	$\lambda_{n1m} = \lambda_{n1} - \Delta \lambda_{n1m}$	LP1N=LP1-DL1N

18	$\lambda_{a1\mu} = \lambda_{a1} \chi_{\delta}$	LD1N=LD1*XB
19	$c_{22} = (t_{22} - b_{m2})(1 - \chi_{\delta})$	C22=(T12*1000-BS2)*(1-XB)
20	$\Delta\lambda_{n2\mu} = \frac{b_{m2} - c_{22}}{b_{m2} b_{m2} + c_{12}}$	DL2N=HH2/BS2*(C22/(BS2++C22))
21	$\lambda_{n25\mu} = \lambda_{n2\mu} - \Delta\lambda_{n2\mu}$	L2PN=LP2P-DL2N
22	$\lambda_{a2\mu} = \lambda_{a2} \chi_{\delta}$	LD2N=LD2*XB
23	$\sum \lambda_{25\mu} = \lambda_{n25\mu} + \lambda_{m2\mu} + \lambda_{m2}$	SLPN=L2PN+LD2N+LL2
24	$x_{25\mu} = x_2 (\sum \lambda_{25\mu} / \sum \lambda_2)$	X2PN=X2H*SLPN/SL2
25	$\sum \lambda_{1\mu} = \lambda_{m1\mu} + \lambda_{d1\mu} + \lambda_{m1}$	SL1N=LP1N+LD1N+LL1
26	$x_{1\mu} = x_1 \frac{\sum \lambda_{1\mu}}{\sum \lambda_1}$	X1N=(SL1N/SL1)*X1
27	$x_{12n1} = x_{12} (F_{\mu} / F_{\delta})$	X12P=X12*FZ/FB
28	$c_{1n1\mu} = 1 + x_{1\mu} / x_{12n1}$	C1N=1+(X1N/X12P)
29	$R_{n1\mu} = r_1 + c_{1n1\mu} \frac{r_{2\epsilon}}{s}$	AP=R1+(C1N*R2PH/S)
30	$x_{n1\mu} = x_{1\mu} + c_{1n1\mu} x_{25\mu}$	BP=X1N+(C1N*X2PN)
31	$I_{2n1\mu} = \frac{U_{1N}}{\sqrt{R_{n1\mu}^2 + X_{n1\mu}^2}}$	I2H=U1N/SQR(AP^2+BP^2)
32	$I_{1n1\mu} = I_{2n1\mu} \frac{\sqrt{R_{n1\mu}^2 + (X_{n1\mu} + x_{12n1\mu})^2}}{c_{1n1\mu} x_{12n1\mu}}$	I1=(I2H*T6)/(C1N*X12P) T6=SQR(AP^2+T5) T5=(BP+X12P)^2
33	$I_{m1r} = I_{1n1} / I_{1N}$	I=I1/I1N
34	$M_{n1r} = \left( \frac{I_{2n1\mu}}{I_{2N}} \right)^2 K_{\mu} \frac{s_N}{s}$	M=T7*KKR*R2HO/S T7=(I2H/I2NH)^2
35	$s_{sp} = I_2 / (x_{1\mu} / c_{1n1\mu} + x_{25\mu})$	SKR=R2H/(X1N/C1N+X2PN)

Аппроксимацияланган  $\varphi=f(\xi)$ ;  $k_n(\varphi)=f(\xi)$ ;  $\chi_\delta=f(B_{\varphi\delta})$  эгриликларини кўриниши (1.14.1.15.1.16-расмлар).

1.14-жадвал

№	Математик моделда кўриниши	Бейсик алгоритмик тилда кўриниши
1	$\varphi=-0.12575\xi^3+0.945\xi^2-1.1663\xi+0.43575$	$FI=PSI^3*(-0.12575)+PSI^2*0.945-PSI*1.1663+0.43575$
2	$k_n=0.03105\xi^3-0.2054\xi^2+0.1879\xi+0.9426$	$KD=PSI^3*0.03105-PSI^2*0.2054+PSI*0.1879+0.9426$
3	$\chi_\delta=0.00105 B_{\varphi\delta}^3-0.00856 B_{\varphi\delta}^2-0.08732 B_{\varphi\delta}+1.028469$	$XB=BFB^3*0.0010528-BFB^2*0.0085692-BFB*0.0873+1.028469$

1.13 ва 1.14-жадваллардан фойдаланиб ишга гушириш характеристикаларини ҳисоблаш дастурини «Бейсик» алгоритмик тилида тузамиз:

```

10 PRINT "Қисқа туташган роторли асинхрон моторни ишга
    -тушириш характеристикаларини ҳисоблаш"
30 U1N=220:I1N=15.08:D2=144:L=115:W1=126:Z2=34:P=2:
B21=5.8:B22=3:HH21=3:BS2=1.5:LD1=2.39:IM=5.07:
40 Z1=36:HH2=5:BS1=3.5:HS1=0.5:R1=753:LP1=1.27:LL1=1.0:
50 I2NH=13.1:LD2=2.61:X1=1.123:KOB=.96:KI=.9:BET=.35:
T11=13.1:UP=21:A=1:FZ=827.77:FB=617.27
70 INPUT "s=";S
80 H21=(B21-B22)*(Z2/6.3083)
90 HP2=HH21+HH2+(B21/2)+H21+(B22/2)
100 HC=(HP2-(HH21+HH2))*0.01
110 PSI=63.61*HC*SQR(S)
120 FI=(PSI^3*(-.12575))+(PSI^2*.945)-(PSI*1.1663)+.43575
130 HR=(HC/(1+FI))*1000
140 BR=B21-((B21-B22)/H1)*(HR-(B21/2))
    
```

150  $QR = (.3954 * B21^2) + ((B21 + BR) / 2) * (HR - (B21 / 2))$   
 160  $QC = .3914 * (B21^2 + B22^2) + .5 * (B21 + B22) * H21$   
 170  $KR = QC / QR$   
 180  $ALFZ = 180 * P$   
 190  $DEL = 2 * SIN(((ALFZ / Z2) * 3.14) / 180)$   
 200  $BK = 1.25 * HP2$   
 210  $DK = (D2 * 1000) - BK$   
 220  $VI = 6 * KOB * W1 / Z2$   
 230  $I2 = I1N * VI * KI$   
 240  $IK = I2 / DEL$   
 250  $J2 = (I2 / QC) * 10^6$   
 260  $JK = .85 * J2$   
 270  $QK = IK / JK$   
 280  $RK = 4.875 * 10^{(-8)} * (DK * 10^{(-3)} * 3.14 / (Z2 * QK))$   
 290  $RC = L / (20.5 * QC)$   
 300  $R2 = RC + (2 * RK / DEL^2)$   
 310  $KKR = 1 + ((RC / R2) * (KR - 1))$   
 320  $R2H = R2 * (12 * W1^2 * KOB^2) / Z2$   
 330  $R2H0 = R2H * (I1N / U1N)$   
 340  $R2PH = KKR * R2H$   
 350  $KH1 = HP2 - HH21 - HH2 - (.1 * B22 / 2)$   
 360  $T1 = KH1 / (3 * B21)$   
 370  $T = (1 - (.393 * B21^2 / QC)) ^ 2$   
 380  $T2 = .66 - (BS2 / (2 * B21))$   
 390  $T3 = HH2 / BS2$   
 400 INPUT "ip="; IP  
 410  $T4 = (1.12 * HH21 * 10^3) / (IP * I2)$   
 420  $KD = (PSI^3 * .03105) - (PSI^2 * .2054) + (PSI * .1879) + .9426$   
 430  $LP2P = ((T1 * T) + T2) * KD + T3 + T4$   
 440  $AK = QK / (BK * 10^{(-6)})$   
 450  $BK = 1.25 * HP2$   
 460  $LAG = (LOG(4.7 * DK / (2 * AK + BK))) / LOG(10)$

```

470 LA=(2.3*DK*10^(-3))/(Z2*L*DEL^2)
480 LL2=LA*LAG
490 T8=(1.12*HH21*10^3)/I2
500 LP2=((T1*T)+T2)+T3+T8
510 SL2=LP2+LL2+LD2
520 KX=(LP2P+LL2+LD2)/SL2
530 X2=395*10^(-6)*L*SL2
540 X2H=X2*12*((W1*KOB)^2/Z2)
550 X2PH=KX*X2H
560 I21=U1N/(SQR((R1+R2PH/S)^2+(X1+X2PH)^2))
570 INPUT "kt=";Kt
580 FPCR=(.7*(Kt*I21*UP)/A)*(1+KOB*(Z1/Z2))
590 T12=(3.14*D2)/Z2
600 CN=.64+2.5*SQR(BET/(T11+T12*1000))
610 BFB=FPCR*10^(-3)/(1.6*BET*CN)
620 xb=1.028-(0.0873*BFB)-(0.008569*BFB^2)+(0.0010528*BFB^3)
640 C11=(T11-BS1)*(1-XB)
650 HHI=(B2-BS1)/2
660 DL1N=(HS1+.58*HHI)/BS1*(C11/(C11+1.5*BS1))
670 LP1N=LP1-DL1N
680 LD1N=LD1*XB
690 C22=(T12*1000-BS2)*(1-XB)
700 DL2N=HH2/BS2*(C22/(BS2+C22))
710 L2PN=LP2P-DL2N
720 LD2N=LD2*XB
730 SLPN=L2PN+LD2N+LL2
740 X2PN=X2H*SLPN/SL2
750 LP1N=LP1-DL1N
760 SL1N=LP1N+LD1N+LL1
770 SL1=LP1+LL1+LD1
780 X1N=(SL1N/SL1)*X1
790 X12=(U1N/IM)-X1

```

```

800 X12P=X12*FZ/FB
810 C1N=1+(X1N/X12P)
820 AP=R1+(C1N*R2PH/S)
830 BP=X1N+(C1N*X2PN)
840 I2H=U1N/SQR(AP^2+BP^2)
850 T5=(BP+X12P)^2
860 T6=SQR(AP^2+T5)
870 I1=(I2H*T6)/(C1N*X12P)
880 I=I1/I1N
890 T7=(I2H/I2NH)^2
900 M=T7*KKR*R2H0/S
910 SKR=R2H/(X1N/C1N+X2PN)
915 PRINT "s=";S
920 PRINT"1=";PSI,"9=";KD, "17=";BFB, "24=";DL2N,"31=";C1N,
930PRINT"2=";FI,"10=";KX, "18=";XB,"25=";L2PN,"32=";AP,
940 PRINT"3=";HR,"11=";IP, "19=";C11,"26=";LD2N,"33=";BR.
950 PRINT "4=";BR, "12=";LP2P, "20=";DL1N,"27=";SLPN, "34=";I2H
960 PRINT "5=";QR,"13=";X2PH, "21=";LP1N,"28=";X2PN, "35=";I1,
970 PRINT"6=";KR,"14=";J21, "22=";LD1N,"29=";SL1N, "36=";I,
980 PRINT"7=";KKR,"15=";KT, "23=";C22"30=";X1N, "37=";M,
990 PRINT"8=";R2PH,"16=";FPCR
1000 PRINT "-----"
1010 GOTO 70

```

Изоҳ: 920-990 чи каторлардаги қўштирноқ ичидаги сонлар ўзгарувчилар ҳисоблаш тенгламалари тартиб номерини билдиради (1.15-жадвалга қаранг).

s= 1

1= 1.26	9= .92	17= 6.38	25= 1.481	33= 1.409
2= 0.19	10= 0.82	18= 0.42	26= 1.94	34= 114.5
3= 16.64	11= 7.5	19= 5.31	27= 3.13	35= 116
4= 3.3	12= 1.89	20= 0.238	28= 0.734	36= 7.696
5= 75.7	13= 1.184	21= 0.764	29= 2.77	37= 2.376
6= 1.12	14= 83.1	22= 1.01	30= 0.666	
7= 1.08	15= 1.35	23= 6.86	31= 1.012	
8= 0.546	16=3325	24= 0.41	32= 1.306	

s= .8

1= 1.13	9= .93	17= 6.22	25= 1.529	33= 1.432
2= 0.14	10= 0.829	18= 0.43	26= 1.12	34= 108.7
3= 17.37	11= 6.5	19= 5.21	27= 3.203	35= 110.2
4= 3.17	12= 1.94	20= 0.236	28= 0.751	36= 7.308
5= 78.1	13= 1.195	21= 0.766	29= 2.08	37= 2.618
6= 1.08	14= 80.9	22= 1.03	30= 0.673	
7= 1.057	15= 1.28	23= 6.742	31= 1.012	
8= 0.534	16=3238	24= 0.409	32= 1.429	

s=0.6

1= 0.98	9= .96	17= 5.93	25= 1.617	33= 1.466
2= 0.1	10= 0.843	18= 0.44	26= 1.146	34= 100.1
3= 18	11= 5.5	19= 5.12	27= 3.317	35= 101.5
4= 3.05	12= 2.02	20= 0.234	28= 0.778	36= 6.729
5= 80.1	13= 1.215	21= 0.768	29= 2.83	37= 2.905
6= 1.06	14= 77.2	22= 1.06	30= 0.679	
7= 1.039	15= 1.25	23= 6.624	31= 1.012	
8= 0.525	16=3090	24= 0.408	32= 1.639	

$s_{kp} = .4$

1= 0.8	9= .97	17= 5.4	25= 1.706	33= 1.5
2= 0.08	10= 0.857	18= 0.45	26= 1.172	34= 86.1
3= 18.33	11= 4.5	19= 5.03	27= 3.433	35= 87.3
4= 2.99	12= 2.11	20= 0.232	28= 0.805	36= 5.793
5= 81.1	13= 1.236	21= 0.77	29= 2.85	37= 3.195
6= 1.04	14= 70.3	22= 1.08	30= 0.685	
7= 1.029	15= 1.22	23= 6.505	31= 1.012	
8= 0.52	16= 2815	24= 0.406	32= 1.207	

$s = .3$

1= 0.69	9= 0.98	17= 4.92	25= 1.782	33= 1.581
2= 0.07	10= 0.868	18= 0.5	26= 1.303	34= 74.3
3= 18.5	11= 3.5	19= 4.57	27= 3.639	35= 75.5
4= 2.96	12= 2.18	20= 0.221	28= 0.853	36= 5.008
5= 81.6	13= 1.252	21= 0.782	29= 2.98	37= 3.164
6= 1.04	14= 64.1	22= 1.2	30= 0.717	
7= 1.025'	15= 1.18	23= 5.914	31= 1.013	
8= 0.518	16= 2564	24= 0.399	32= 2.502	

$s = 0.2$

1= 0.56	9= 0.983	17= 4.13	25= 1.868	33= 1.633
2= 0.05	10= 0.882	18= 0.525	26= 1.368	34= 59.0
3= 18.86	11= 2.5	19= 4.35	27= 3.79	35= 60.0
4= 2.9	12= 2.26	20= 0.215	28= 0.888	36= 3.979
5= 82.6	13= 1.271	21= 0.788	29= 3.05	37= 2.961
6= 1.02	14= 53.7	22= 1.26	30= 0.733	
7= 1.016	15= 1.15	23= 5.618	31= 1.013	
8= 0.514	16= 2150	24= 0.395	32= 3.355	

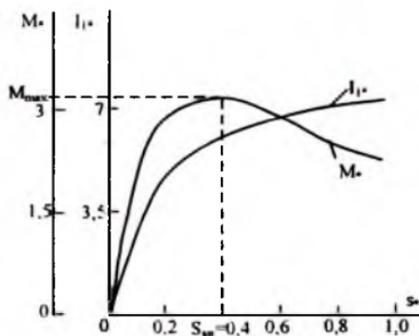
Олинган натижалар жадвал кўринишига келтирилиб (1.15- жадвал), иш характеристикалари қурилади (1.12-расмга қаранг).

**Қиска туташган роторли асинхрон моторни ишга тушириш  
характеристикаларининг ҳисоби:**

1.15- жаъвал

№	Ҳисобланадиган формулалар	Улчов бирлиги	Сирпаниш s					
			1	0.8	0.6	0.3	0.2	0.4
1	$\xi = 63.61h_1 \sqrt{s}$	-	1,26	1,13	0,98	0,69	0,56	0,8
2	$\varphi$	-	0,19	0,14	0,1	0,07	0,05	0,08
3	$h_1 = h_2 (1 + \varphi)$	мм	16,64	17,37	18,00	18,5	18,86	18,33
4	$b_1 = b_{m2} \frac{b_{1m2} - b_{2m2}}{i_{2m2}} (h_1 - \frac{b_{1m2}}{2})$	мм	3,3	3,17	3,05	2,96	2,9	2,99
5	$q = \frac{\pi b^2}{8} + \frac{b_{m2} + b_1}{2} (h_1 - \frac{b_{m2}}{2})$	мм <sup>2</sup>	75,7	78,1	80,1	81,6	82,6	81,1
6	$k_1 = q_c / q_1$	-	1,12	1,08	1,06	1,04	1,02	1,04
7	$K_k = 1 + \frac{r_1'}{r_2} (k_1 - 1)$	-	1,08	1,057	1,039	1,025	1,016	1,029
8	$r_{2s} = K_k r_2$	Ом	0,546	0,534	0,52	0,518	0,514	0,52
9	$k_{\lambda}$	-	0,92	0,93	0,96	0,97	0,983	0,97
10	$K_s = \frac{\sum \lambda_{2s}}{\sum \lambda_1}$	101	0,821	0,829	0,843	0,868	0,882	0,857
11	$I_{m1} / I_N$	-	7,5	6,5	5,5	3,5	2,5	4,5
12	$\lambda_{1m2} = \left[ \frac{h_1}{3b_{1m2}} \left( 1 - \frac{\pi b_{1m2}^2}{8q_c} \right) \right]^2 + 0,66 - b_{m2} / 2b_{1m2} \left. \right\} + *k_{\lambda} + h_{m2} / b_{m2} + 1,12h_{m2}' \cdot 10^{-6} / l_2 (I_{m1} / I_N)$	-	1,89	1,94	2,02	2,18	2,26	2,11
13	$x_{2s} = x_2 K_s$	Ом	1,184	1,195	1,215	1,252	1,271	1,236
13	$x_{2s} = x_2 K_s$	Ом	1,184	1,195	1,215	1,252	1,271	1,236
14	$I_2 \approx \frac{U_{1N}}{\sqrt{(r_1 + r_{2s}' s)^2 + (x_1 + x_{2s}')^2}}$	А	83,1	80,9	77,2	64,1	53,7	70,3
15	$k_{\mu}$	-	1,35	1,28	1,25	1,18	1,15	1,22

16	$F_{n \times n \mu} = 0,7 \frac{k_p I_{2n}^2 U_n}{a} (k_p + k_{x1} k_{x2}) \times (t_{21} / t_{22})$	A	3325	3238	3090	2564	2150	2815
17	$B_{\text{фн}} = F_{n \times n \mu} \cdot 10^{-6} / 1,68 C_K$	Тл	6,38	6,22	5,93	4,92	4,13	5,4
18	$\chi_\delta$	-	0,42	0,43	0,44	0,5	0,525	0,45
19	$c_{31} = (t_{21} - b_{m1})(1 - \chi_\delta)$	мм	5,31	5,21	5,12	4,57	4,35	5,03
20	$\Delta \lambda_{n1\mu} = \frac{h_m + 0,58 h'_m}{b_m} \frac{c_{31}}{c_{31} + 1,5 b_m}$	-	0,238	0,236	0,234	0,221	0,215	0,232
21	$\lambda_{n1\mu} = \lambda_{n1} - \Delta \lambda_{n1\mu}$	-	0,764	0,766	0,768	0,782	0,788	0,77
22	$\lambda_{21\mu} = \lambda_{21} \chi_\delta$	-	1,01	1,03	1,06	1,2	1,26	1,08
23	$c_{32} = (t_{22} - b_{m2})(1 - \chi_\delta)$	мм	6,86	6,74	6,62	5,91	5,618	6,505
24	$\Delta \lambda_{n2\mu} = \frac{h_{m2}}{b_{m2}} \frac{c_{32}}{b_{m2} + c_{32}}$	-	0,41	0,409	0,408	0,399	0,395	0,406
25	$\lambda_{n2\mu} = \lambda_{n2} - \Delta \lambda_{n2\mu}$	-	1,481	1,529	1,617	1,782	1,868	1,706
26	$\lambda_{22\mu} = \lambda_{22} \chi_\delta$	-	1,094	1,12	1,146	1,303	1,368	1,172
27	$\sum \lambda_{22\mu} = \lambda_{12} \chi_\delta + \lambda_{22\mu} + \lambda_{12\mu}$	-	3,13	3,203	3,317	3,639	3,79	3,433
28	$x_{22\mu} = x_2 (\sum \lambda_{22\mu} / \sum \lambda_{22})$	ОМ	0,734	0,751	0,778	0,853	0,888	0,805
29	$\sum \lambda_{1\mu} = \lambda_{11\mu} + \lambda_{21\mu} + \lambda_{11\mu}$	-	2,77	2,8	2,83	2,98	3,05	2,85
30	$x_{1\mu} = x_1 \sum \lambda_{1\mu} / \sum \lambda_1$	ОМ	0,666	0,673	0,679	0,717	0,733	0,685
31	$c_{12\mu} = 1 + x_{1\mu} / x_{12\mu}$	-	1,012	1,012	1,012	1,013	1,013	1,012
32	$R_{n1\mu} = r_1 + c_{1n\mu} \frac{r_{22}}{s}$	-	1,306	1,429	1,639	2,502	3,355	2,070
33	$x_{n\mu} = x_{1\mu} + c_{1n\mu} x_{22\mu}$	-	1,409	1,432	1,466	1,581	1,633	1,500
34	$I_{2n\mu} = \frac{U_{1N}}{\sqrt{R_{n\mu}^2 + X_{n\mu}^2}}$	A	114,5	108,7	100,1	74,3	59,0	86,1
35	$i_{2n\mu} = \frac{\sqrt{R_{n\mu}^2 + (X_{n\mu} + x_{12n\mu})^2}}{c_{1n\mu} x_{12n\mu}}$	A	116,0	110,2	101,5	75,5	60,0	87,3
36	$I_{nT} = I_{1nT\mu} / I_{1N}$	-	7,696	7,308	6,729	5,008	3,979	5,793
37	$M_s = \left( \frac{I_{2nT\mu}}{I_{2N}} \right)^2 K_R \frac{s_N}{s}$	-	2,376	2,618	2,905	3,164	2,961	3,193



1.16-расм. Лойи-  
халанган моторнинг  
ишга тушириш  
характерис-тикалари.  
 $P_2=7,5$  кВт,  $2р=4$ ,  
 $U_N=220/380$  В

### 1.10. Қисқа туташган роторли моторнинг иссиқлик ҳисоби

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

$$\Delta \vartheta_{\text{ст}} = K \frac{P_{\text{ст}}^* + P_{\text{ис}}^*}{\pi D l \alpha_1} = 0,2 \cdot \frac{200,27 + 170,9}{3,14 \cdot 0,145 \cdot 0,115 \cdot 105} = 13,5 \text{ } ^\circ\text{C},$$

бу ерда, статор ўзаги ва чулғам пазларидаги исрофнинг бир қисми станина орқали атроф-муҳитга чиқиб кетишини ҳисобга олувчи коэффициент  $K=0,2$

(1.16-жадвалдан олинади);  $P_{\text{ст}}^* = k_p P_{\text{ст}} \frac{2l}{l_{\text{сп1}}} = 1,07 \cdot 489,77 \cdot \frac{2 \cdot 0,115}{0,601} = 200,27$  Вт.

1.16-жадвал. 4А серияли асинхрон моторлар учун коэффициент  $K$  нинг уртача қиймати

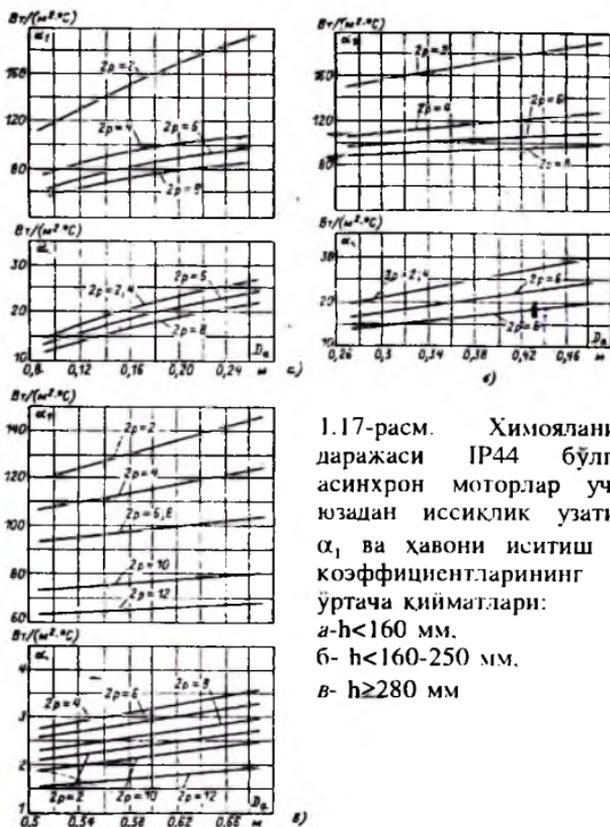
Ташқи муҳитдан ҳимояланиш усули	Моторнинг жуфт кутблар сони					
	2	4	6	8	10	12
IP44	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16
IP23	0,84	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72

$k_p=1,07$  исрофнинг ошиш коэффициенти (1.17- жадвалдан олинади).

$\alpha_1=105$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C) иссиқлик узатиш коэффициенти (1.17-расмдан олинади).

114. Статор чулғами пазлар қисмида изоляциясида температуранинг фарқи

$$\Delta \theta_{\text{маш}} = \frac{P_{\text{мш}}}{Z_{\text{л}} \Pi_{\text{мш}}} \left( \frac{b_{\text{мш}}}{\lambda_{\text{мш}}} + \frac{b_1 + b_2}{16\lambda'_{\text{мш}}} \right) = \frac{200,27}{36 \cdot 0,05 \cdot 0,115} \left( \frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{0,16} + \frac{0,01 + 0,0064}{16 \cdot 1,4} \right) = 2,46 \text{ } ^\circ\text{C}.$$



1.17-расм. Химояланиш даражаси IP44 бўлган асинхрон моторлар учун юзадан иссиқлик узатиш  $\alpha_1$  ва ҳавони иситиш  $\alpha_x$  коэффициентларининг ўртача қийматлари:  
 а-  $h < 160$  мм.  
 б-  $h < 160-250$  мм.  
 в-  $h \geq 280$  мм

1.17-жадвал. Исрофнинг ошиш коэффициенти  $k_p$  ни танлаш

№	Чулғамнинг иссиқликка чидамлилиқ синфи	$k_p$
1	В	$\rho_{120}/\rho_{75}=1,15$
2	Ф	$\rho_{140}/\rho_{115}=1,07$
3	Н	$\rho_{165}/\rho_{115}=1,45$

Статор паза кўндаланг кесимининг ҳисобланган периметри, ярим ёпик трапецияли паз учун

$$\Pi_{n1} = 2h_n + b_1 + b_2 = (2 \cdot 17,5 + 9,14 + 6,44) \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ м}$$

тўғрибурчакли очик ва ярим очик пазлар учун  $\Pi_{n1} = 2(h_n + b_n)$ ;  $b_{n1}$ -пазнинг бир томонлама изоляциясининг қалинлиги 0 га; иссиққа чидамлилиқ синфлари В, F ва Н учун паз изоляциясининг ўртача эквивалент ўтказувчанлиги:  $\lambda'_{\text{жа}} = 0,16 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$  га;  $d/d_m = 1,25/1,33 = 0,94$  учун 1.18-расмдан иссиқлик ўтказиш коэффициентининг ўртача миқдорига  $\lambda'_{\text{жа}} = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$  тенг эканлигини топамиз. Тўғри бурчакли ўтказгичли ғалтаклар учун  $b_{n1} = (b_n - n_{\text{эл}} b) \cdot 0,5$  га,  $\lambda'_{\text{жа}} = 0$  га тенг бўлади.

115. Чулғамнинг паздан ташқари қисми изоляцияси қалинлигидаги температуранинг фарқи:

$$\Delta\theta_{\text{вн}, \text{мт}} = \frac{P'_{\text{эл}}}{2 \sum \Pi_{\text{н}, \text{мт}}} \left( \frac{b_{\text{мт}, \text{мт}}}{\lambda_{\text{жа}}} + \frac{h_{\text{мт}}}{12 \lambda_{\text{жа}}} \right) = \frac{323,79 \cdot 17,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 36 \cdot 0,05 \cdot 0,186 \cdot 12 \cdot 1,4} = 0,5^\circ\text{C}, \text{ бу ерда, битта ғалтак}$$

ён томонининг юзавий совитиш периметри  $\Pi_{\text{мт}} = \Pi_{\text{н}};$  ғалтакнинг изоляция бўлмаса, паздан ташқари қисмларида  $b_{\text{мт}, \text{мт}} = 0$ .

Статор чулғами ғалтакларининг паздан ташқари қисмидаги қувват исрофи:

$$P'_{\text{эл}, \text{ст}} = k_p P'_{\text{эл}} \frac{2l_{\text{мт}}}{l_{\text{ст}}} = 1,07 \cdot 489,77 \cdot 2 \cdot 0,186 / 0,601 = 323,79 \text{ Вт.}$$

116. Чулғамнинг паздан ташқари қисми юзасидаги температуранинг ичидаги ҳаво температурасига нисбатан ошиши:

$$\Delta\theta_{\text{вн}, \text{мт}} = K \frac{P'_{\text{эл}}}{2\pi D l_{\text{мт}} \alpha_1} = 0,2 \frac{323,79}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,145 \cdot 61 \cdot 102} = 11,43^\circ\text{C}.$$

117. Статор чулғами температурасининг мотор ички ҳаво температурасига нисбатан ўртача ошиши:

$$\Delta\theta_1 = \frac{(\Delta\theta_{\text{вн}, \text{мт}} + \Delta\theta_{\text{вн}, \text{эл}}) 2l_1}{2l_{\text{ст}}} + \frac{(\Delta\theta_{\text{мт}, \text{мт}} + \Delta\theta_{\text{вн}, \text{мт}}) 2l_{\text{мт}}}{2l_{\text{ст}}} = \frac{(13,5 + 2,46) \cdot 2 \cdot 0,115}{0,601} + \frac{(0,5 + 11,43) \cdot 2 \cdot 0,186}{0,601} = 13,47^\circ\text{C}.$$

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

$$\Delta\theta_2 = \frac{\sum P'_i}{S_{\text{вн}} \alpha_2} = 771,38 / (0,7 \cdot 25) = 44,2^\circ\text{C},$$

IP44 химоя даражали моторлар учун, мотор ичида ҳавога узатиладиган (чиқадиган) исрофлар йиғиндиси:

$$\Sigma P^* = \Sigma P^* - (1 - K)(P_{\text{ш}}^* + P_{\text{тот.м.}}^*) - 0,9P_{\text{мес}} = 1120,6 - (1 - 0,2) \times (200,3 + 170,9) - 0,9 \cdot 58,1 = 771,38 \text{ Вт},$$

бунда,

$$\Sigma P^* = \Sigma P^* + (k_p - 1)(P_{\text{ш}}^* + P_{\text{тот.м.}}^*) = 1068,2 + (1,07 - 1)(489,77 + 259) = 1120,6 \text{ Вт},$$

$\Sigma P^*$  - номинал ҳолатдаги моторнинг умумий қувват исрофи; станина қовурғаси шартли қўндаланг кесим периметри  $\Pi_{\text{к.ст}} = 0,33$  (1.19-расмдан олинади); корпусни совитиш эквивалент юзаси:

$$S_{\text{к.р.}} = (\pi D_{\text{ш}} + 8 \Pi_{\text{к.ст}})(l_1 + 2l_{\text{ч.к.}}) = (3,14 \cdot 0,225 + 8 \cdot 0,28)(0,115 + 2 \cdot 0,061) = 0,7 \text{ м}^2,$$

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

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

$$\Delta \theta_1 = \Delta \theta_1' + \Delta \theta_1'' = 13,47 + 44,2 = 57,67 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

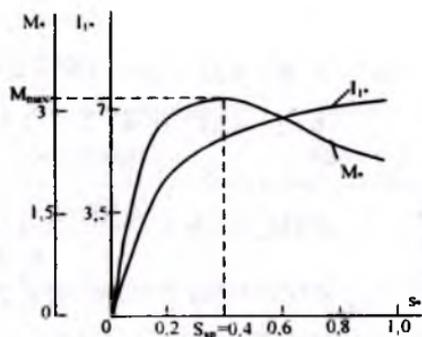
120. Моторнинг совитилиш шартларини текшириш. IP44 (химоя) даражали моторларни совитиш учун талаб қилинадиган ҳавонинг ишлатилиши:

$$Q_{\text{к}} = \frac{k_m \Sigma P_{\text{к}}^*}{1100 \Delta \theta_1} = \frac{6,06 \cdot 771,4}{1100 \cdot 44,2} = 0,096 \text{ м}^3/\text{с}.$$

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

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

бундаги  $m$  коэффициент 1.18-жадвалдан олинади.



1.16-расм. Лойихаланган моторнинг ишга тушириш характеристикалари.  
 $P_2=7,5$  кВт,  $2p=4$ ,  
 $U_N=220/380$  В

### 1.10. Қисқа туташган роторли моторнинг иссиқлик ҳисоби

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

$$\Delta \theta_{\text{ки}} = K \frac{P_{\text{шил}}^* + P_{\text{ишл}}^*}{\pi D l a_1} = 0,2 \cdot \frac{200,27 + 170,9}{3,14 \cdot 0,145 \cdot 0,115 \cdot 105} = 13,5 \text{ } ^\circ\text{C},$$

бу ерда, статор ўзаги ва чулғам пазларидagi исрофнинг бир қисми станина оркали атроф-муҳитга чиқиб кетишини ҳисобга олувчи коэффициент  $K=0,2$

(1.16-жадвалдан олинади);  $P_{\text{шил}}^* = k_p P_{\text{ил}} \frac{2I_1}{I_{\text{сп1}}} = 1,07 \cdot 489,77 \cdot \frac{2 \cdot 0,115}{0,601} = 200,27$  Вт,

1.16-жадвал. 4А серияли асинхрон моторлар учун коэффициент К нинг ўртача қиймати

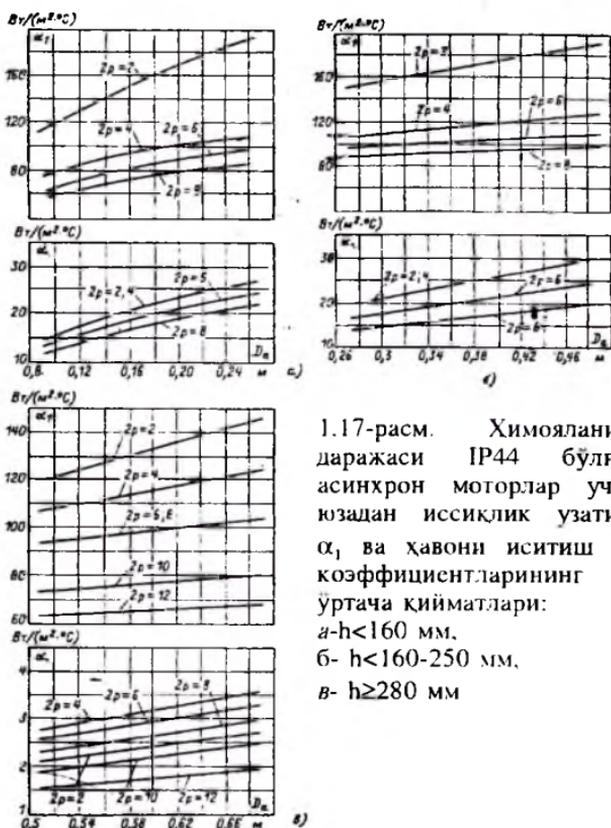
Ташқи муҳитдан ҳимояланиш усули	Моторнинг жуфт қутблар сони					
	2	4	6	8	10	12
IP44	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16
IP23	0,84	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72

$k_p=1,07$  исрофнинг ошиш коэффициенти (1.17-жадвалдан олинади).

$\alpha_1=105$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) иссиқлик узатиш коэффициенти (1.17-расмдан олинади).

114. Статор чулғами пазлар қисмида изоляциясида температуранинг фарқи

$$\Delta\theta_{\text{max}} = \frac{P_{\text{max}}}{Z_1 I_{\text{III}}} \left( \frac{b_{\text{max}}}{\lambda_{\text{жк}}} + \frac{b_1 + b_2}{16\lambda'_{\text{жк}}} \right) = \frac{200,27}{36 \cdot 0,05 \cdot 0,115} \left( \frac{0,3 \cdot 10^{-1}}{0,16} + \frac{0,01 + 0,0064}{16 \cdot 1,4} \right) = 2,46 \text{ } ^\circ\text{C}.$$



1.17-расм. Химояланиш даражаси IP44 бўлган асинхрон моторлар учун юзадан иссиқлик узатиш  $\alpha_1$  ва ҳавони иситиш  $\alpha_x$  коэффициентларининг ўртача қийматлари:  
 а-  $h < 160$  мм,  
 б-  $h < 160-250$  мм,  
 в-  $h \geq 280$  мм

1.17-жадвал. Исрофнинг ошиш коэффициенти  $k_p$  ни танлаш

№	Чулғамнинг иссиқликка чидамлилиқ синфи	$k_p$
1	В	$\rho_{120}/\rho_{75} = 1,15$
2	Ф	$\rho_{140}/\rho_{115} = 1,07$
3	Н	$\rho_{165}/\rho_{115} = 1,45$

Статор паза кўндаланг кесимининг ҳисобланган периметри, ярим ёпик трапецияли паз учун

$$P_{in} = 2b_n + b_1 + b_2 = (2 \cdot 17,5 + 9,14 + 6,44) \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ м}$$

тўғрибурчакли очик ва ярим очик пазлар учун  $P_{in} = 2(b_n + b_n)$ ;  $b_{in}$ -пазнинг бир томонлама изоляциясининг қалинлиги 0 га; иссиққа чидамлилиқ синфлари В, F ва Н учун паз изоляциясининг ўртача эквивалент ўтказувчанлиги:  $\lambda'_{ок} = 0,16 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$  га;  $d/d_n = 1,25/1,33 = 0,94$  учун 1.18-расмдан иссиқлик ўтказиш коэффициентининг ўртача миқдори  $\lambda'_{ок} = 1,1 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$  тенг эканлигини топамиз. Тўғри бурчакли ўтказгичли ғалтаклар учун  $b_{in} = (b_n - n_1) \cdot 0,5$  га,  $\lambda'_{ок} = 0$  га тенг бўлади.

115. Чулғамнинг паздан ташқари қисми изоляцияси қалинлигидаги температуранинг фарқи:

$$\Delta\theta_{ок,ст} = \frac{P'_{ст}}{2Z_{in}l_{ст}} \left( \frac{b_{ок,ст}}{\lambda'_{ок}} + \frac{b_{in}}{12\lambda'_{ок}} \right) = \frac{323,79 \cdot 17,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 36 \cdot 0,05 \cdot 0,186 \cdot 12 \cdot 1,4} = 0,5^{\circ}\text{C}, \text{ бу ерда, битта ғалтак}$$

ён томонининг юзавий совиштиш периметри  $P_{in} = P_{in}$ ; ғалтакнинг изоляция бўлмаса, паздан ташқари қисмларида  $b_{in,ст} = 0$ .

Статор чулғами ғалтакларининг паздан ташқари қисмидаги қувват исрофи:

$$P'_{ок,ст} = k_p P'_{ст} \frac{2l_{in}}{l_{ст}} = 1,07 \cdot 489,77 \cdot 2 \cdot 0,186 / 0,601 = 323,79 \text{ Вт.}$$

116. Чулғамнинг паздан ташқари қисми юзасидаги температуранинг ичидаги ҳаво температурасига нисбатан ошиши:

$$\Delta\theta_{ок,ст} = K \frac{P'_{ст}}{2\pi D_{ок,ст} a_1} \approx 0,2 \frac{323,79}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,145 \cdot 61 \cdot 102} = 11,43^{\circ}\text{C}.$$

117. Статор чулғами температурасининг мотор ички ҳаво температурасига нисбатан ўртача ошиши:

$$\Delta\theta_1 = \frac{(\Delta\theta_{ок,ст} + \Delta\theta_{ок,ст})2l_1}{2l_{ст}} + \frac{(\Delta\theta_{ок,ст} + \Delta\theta_{ок,ст})2l_{in}}{2l_{ст}} = \frac{(13,5 + 2,46) \cdot 2 \cdot 0,115}{0,601} + \frac{(0,5 + 11,43) \cdot 2 \cdot 0,186}{0,601} = 13,47^{\circ}\text{C}.$$

118. Мотор ички ҳаво температурасининг атроф муҳит температурасига нисбатан ошиши:

$$\Delta\theta_x = \frac{\sum P'_x}{S_{мф} \alpha_x} = 771,38 / (0,7 \cdot 25) = 44,2^{\circ}\text{C},$$

IP44 химоя даражали моторлар учун, мотор ичида ҳавога узатиладиган (чиқадиган) исрофлар йиғиндиси:

$$\Sigma P'_v = \Sigma P^* - (1 - K)(P'_{\text{с.в.1}} + P'_{\text{с.в.2}}) - 0,9P_{\text{с.в.}} = 1120,6 - (1 - 0,2) \times (200,3 + 170,9) - 0,9 \cdot 58,1 = 771,38 \text{ Вт,}$$

бунда,

$$\Sigma P^* = \Sigma P' + (k_p - 1)(P'_{\text{с.1}} + P'_{\text{с.2}}) = 1068,2 + (1,07 - 1)(489,77 + 259) = 1120,6 \text{ Вт,}$$

$\Sigma P^*$ - номинал ҳолатдаги моторнинг умумий қувват исрофи; станина қовурғаси шартли қўндаланг кесим периметри  $P_{\text{к.в.}} = 0,33$  (1.19-расмдан олинади); корпусни совитиш эквивалент юзаси:

$$S_{\text{к.р.}} = (\pi D_s + 8P_{\text{к.в.}})(l_1 + 2l_{\text{с.в.1}}) = (3,14 \cdot 0,225 + 8 \cdot 0,28)(0,115 + 2 \cdot 0,061) = 0,7 \text{ м}^2,$$

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

119. Статор чулғами температурасининг аτροφ муҳит температурасига нисбатан ўртача ошиши:

$$\Delta \vartheta_1 = \Delta \vartheta_{\text{с.1}} + \Delta \vartheta_{\text{с.2}} = 13,47 + 44,2 = 57,67 \text{ °C.}$$

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

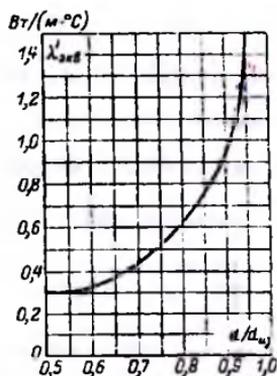
$$Q_v = \frac{k_m \Sigma P'_v}{1100 \Delta \vartheta_s} = \frac{6,06 \cdot 771,4}{1100 \cdot 44,2} = 0,096 \text{ м}^3/\text{с.}$$

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

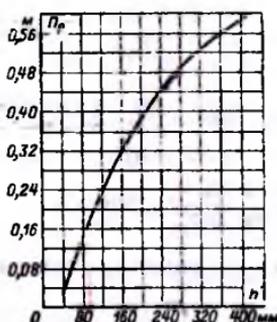
$$k_m = m \sqrt{\frac{n}{100} D_s} = 3,3 \sqrt{\frac{1500}{100} \cdot 0,225} = 6,06,$$

бундаги  $m$  коэффициент 1.18-жадвалдан олинади.

Моторнинг айланиш ўқи баландлиги h	m	жуфт қутблар сони
$h \leq 132$	2,6	$2p=2$
$h \geq 160$	3,3	
$h \leq 132$	1,8	$2p \geq 4$
$h \geq 160$	2,5	



1.18- расм. Думалок эмалланган симли чулғам ғалтакларида ички изоляцияга оид иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентларининг ўртача қийматлари



1.19-расм. 4А серияли асинхрон мотор корпуси қовурғалари қундаланг кесими периметрининг ўртача қийматлари

121. Ташқи вентилятор орқали таъминланадиган хавонинг сарфланиши:

$$Q_x = 0.6 D^3 n^{100} = 0.6 \cdot 0.225^3 \cdot 1500 / 100 = 0.103 \text{ м}^3/\text{с}.$$

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

*Хулоса.* Мотор қисмларининг кизиши рухсат қилинган чегарадан кам. Вентилятор зарурий ҳавони таъминлайди.

Лойihalangan асинхрон мотор техник топшириғида қўйилган талабларни тўла қаноатлантиради.

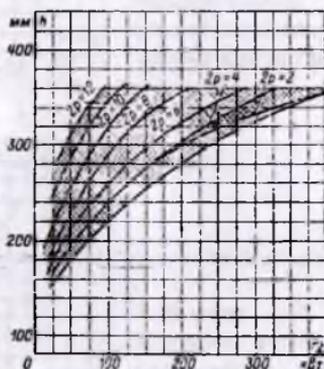
## II. ФАЗА РОТОРЛИ АСИНХРОН МОТОРНИ ЛОЙИХАЛАШ

### Курс лойиҳасига топшириқ

Қуввати  $P_{2N}=75$  кВт, қутблар сони  $2p=8$ ;  $U_N=380/220$  В; ўта юкланиш қобилияти  $M_{ма}/M_N=2$ ; юргизиш тоқининг номинал токка нисбати  $I_k/I_N=6.5$  булган фаза роторли уч фазали асинхрон мотор лойиҳалаштирилсин; конструктив бажарилиши IM1001; ташқи муҳит таъсиридан ҳимояланиш даражаси IP23; иклимий бажарилиш категорияси УЗ.

### 2.1 Асосий ўлчамларни аниқлаш

1. 2.1-расмдан  $2p=8$  га тўғри келадиган ротор айланиш ўқининг баландлигини аниқлаймиз:  $h=280$  мм.



2.1-расм. Айланиш ўқининг баландлиги  $h$  ни аниқлаш

1.1-жадвалдан (I қисм) танланган  $h$  бўйича, энг яқин  $D_s$  статорнинг ташқи диаметри қийматини танлаймиз:  $h=280$  мм,  $D_s=0,53$  м.

$$D = K_p D_s = 0,76 \cdot 0,53 = 0,403 \text{ м,}$$

бу ерда:  $K_p$  – эмпирик коэффицент бўлиб, унинг қийматини 1.2-жадвалдан (I қисм) жуфт қутблар сонига қараб оламиз.

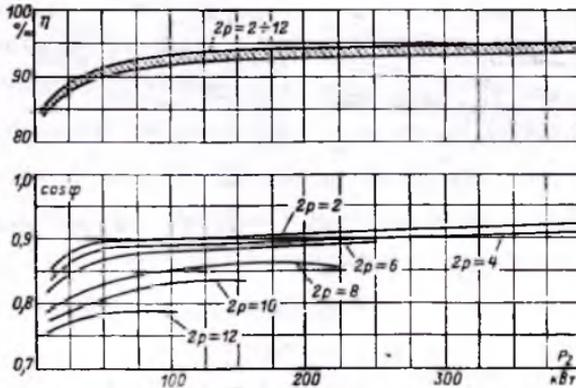
3. Қуъб бўлинмаси:

$$\tau = \pi D / 2p = 3,14 \cdot 0,403 / 8 = 0,158 \text{ м.}$$

4. Моторнинг ҳисобий қуввати:

$$P' = P_2 \frac{k_{\eta}}{\eta \cos \varphi} = 75 \frac{0.96}{0.9 \cdot 0.84} = 94.19 \text{ кВт},$$

бу ерда  $k_{\eta}$  –номинал кучланиш ва ЭЮК нисбати билан аниқланадиган коэффициент бўлиб 1.2-расмдан (1 қисм);  $\eta$  ва  $\cos \varphi$  лар эса 2.2–расмдан олинади.



2.2-расм. Химояланиш даражаси IP23 бўлган асинхрон машина учун ФИК ва  $\cos \varphi$  коэффициентлари катталиги

5. Электромагнит юклама  $A$  ва ҳаво оралиғидаги магнит индукция  $B_{\delta}$  ларнинг тахминий қийматини 2.3-расмдан аниқлаймиз:

$$A = 44 \cdot 10^3 \text{ А/м}; \quad B_{\delta} = 0.83 \text{ Тл}.$$

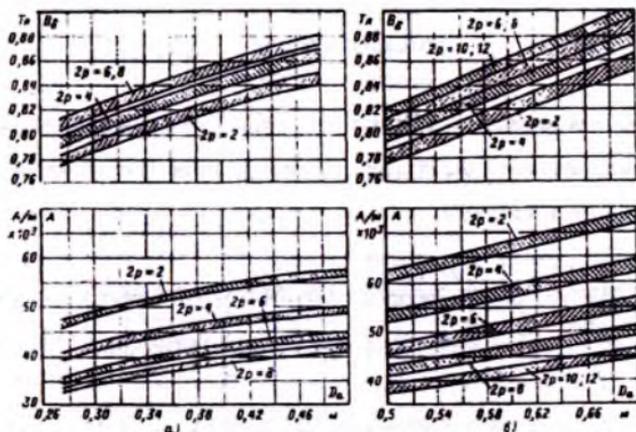
6. Икки қатламли чулғам учун чулғам коэффициентининг тахминий қиймати:  $k_{\eta} = 0.92$ .

Агар чулғам икки қатламли ва  $2p = 2$  бўлса  $k_{\eta} = 0.90 \div 0.91$ ;  $2p > 2$  бўлса  $k_{\eta} = 0.91 \div 0.92$ ; бир қатламли бўлса  $k_{\eta} = 0.95$  бўлади.

7. Ҳаво оралиғининг ҳисобий узунлиги:

$$l_{\delta} = \frac{P'}{k_{\eta} D^2 \Omega k_{\eta} A B_{\delta}} = \frac{94190}{1.11 \cdot 0.403^2 \cdot 78.5 \cdot 0.92 \cdot 44 \cdot 10^3 \cdot 0.83} = 0.22 \text{ м}.$$

бу ерда  $\Omega = 2\pi f / p = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 / 4 = 78.5$  рад/с.

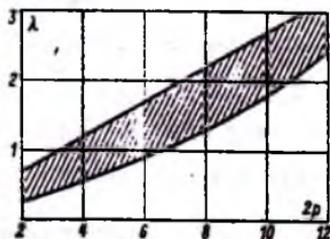


2.3-расм. Химояланиш даражаси IP23 бўлган асинхрон моторлар учун электромагнит юкламаларини аниклаш: а -  $h=160\div 250$  мм; б -  $h \geq 280$  мм

8.  $\lambda = I_p / t$  нисбатни ҳисоблаймиз:  $\lambda = 0,22 / 0,158 = 1,39$ ,

(агар бу нисбат берилган чегарада бўлса (2.4-расм), ҳисоб-лашларни давом эттирамиз. Агар  $\lambda$  берилган қийматдан кичик бўлса 1.1-жадвалдан (I қисм)  $D_p$  нинг олдинги кичик қийматини, катта бўлганда эса кейинги катта қийматини олиб ҳисоблашларни такрорлаймиз).

$\lambda$  нинг қиймати берилган чегарада бўлгани учун ҳисоблашларни давом эттирамиз.



2.4-расм.  $\lambda = I_p / t$  нисбатни текшириш

## 2.2. Статор чулғами пазлари, ўрамлари сони ва кесим юзаларини аниқлаш

9. Тиш бўлинмасининг чегаравий қийматларини 1.6-расм (I қисм) дан аниқлаймиз:  $t_{1\min}=17$  мм ва  $t_{1\max}=22$  мм.

10. Статордаги пазлар сони:

$$Z_{1\min} = \frac{\pi D}{t_{1\max}} = \frac{3,14 \cdot 403}{22} = 57,5 ; \quad Z_{1\max} = \frac{\pi D}{t_{1\min}} = \frac{3,14 \cdot 403}{17} = 74,4$$

Статор пазлар сонини  $Z_{\min}$  ва  $Z_{\max}$  га қараб,  $Z_1=72$  деб қабул қиламиз, тишларнинг аниқ сонини ҳар қайси фаза ва ҳар битга қутбга тўғри келадиган пазлар сони  $q$  га қараб аниқланади. Бу сон бутун бўлиши керак  $q=Z_1/(2pm)=72/(8 \cdot 3)=3$ . Чулғамни моторнинг қувватига қараб икки қатламли деб қабул қиламиз ( $P_N=1 \div 15$  кВт гача 1 қатламли,  $P_N > 15$  кВт да 2 қатламли).

11. Статорнинг тиш бўлинмаси:

$$t_s = \frac{\pi D}{Z_1} = \frac{3,14 \cdot 0,403}{72} = 0,01756 \text{ м.}$$

12. Параллел шохобчалар сони  $a=3$  деб олиб, паздаги эффектив ўқазгичлар сонини аниқлаймиз:

$$u'_n = \frac{\pi D \cdot A}{I_{1N} Z_1} = \frac{3,14 \cdot 0,403 \cdot 44 \cdot 10^3}{86 \cdot 72} = 8,98,$$

моторнинг номинал токи қуйидагича топилади:

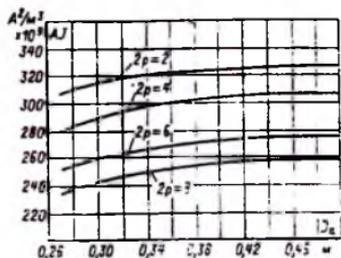
$$I_{1N} = \frac{P_2}{m U_{1N} \eta \cos \varphi} = \frac{75 \cdot 10^3}{3 \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,84} = 86 \text{ А}$$

$u'_n$ -қиймати бутун ва икки қатламли чулғамларда жуфт қилиб олинади (паздаги ўрамлар сони  $u'_n$  параллел шохобчалар сонига боғлиқ бўлиб, одатда  $a$  нинг қиймати қутблар сонига тенг қилиб олинади).

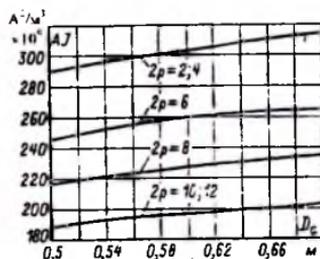
13.  $a=2$  деб оламиз, у холда  $u_n = a u'_n = 2 \cdot 8,98 = 17,96 = 18$ .

2.5-расм. 4А серияли ҳимояланиш даражаси IP23 бўлган асинхрон моторлар учун (А) кўпайтмасининг ўртача қиймати:

$a - h = 160-250$  мм;  $b - h = 280-355$  мм



a)



б)

14. Статор фаза чулгамининг ўрамлар сони:

$$w_1 = \frac{u_n Z_1}{2am} = \frac{18 \cdot 72}{2 \cdot 2 \cdot 3} = 108$$

15. Электромагнит юклама:

$$A = \frac{2I_{IN} w_1 m}{\pi D} = \frac{2 \cdot 86 \cdot 108 \cdot 3}{3,14 \cdot 0,403} = 44,06 \cdot 10^3 \text{ A/m}$$

16. Икки қатламли чулғам учун чулғам коэффициентини аниқлаймиз:  $k_{q1} = k_{r1} k_{x1} = 0,96 \cdot 0,966 = 0,92$ ,  $q=3$  учун таркатиш коэффициенти  $k_{r1} = 0,96$  ( $q=2$  бўлганда  $k_{r1} = 0,966$ ,  $q=4$  бўлганда  $k_{r1} = 0,958$ ,  $q=5$  ва  $q=6$  бўлганда  $k_{r1} = 0,957$  бўлади) қискартириш коэффициенти  $k_{x1} = \sin(\pi/2)\beta = \sin(\pi/2)0,833 = 0,833$  бўлади, бу ерда  $\beta = 0,8 + 0,9$  -чулғам қадамни қискартириш коэффициенти, ҳақиқий қадам  $u$  ни қутб бўлинмаси  $\tau$  га нисбати  $\beta = u/\tau = 10/12 = 0,833$  билан топилади. Бу ерда  $\tau = Z_1/2p = 72/6 = 12$ ;  $u = \tau\beta = 12 \cdot 0,833 = 10$ .

17. Ҳаво оралиғидаги магнит оқим:

$$\Phi = \frac{k_f U_{IN}}{4k_B w_1 k_{q1} f_1} = \frac{0,96 \cdot 380}{4 \cdot 1,11 \cdot 108 \cdot 0,92 \cdot 50} = 0,01568 \text{ Вб}$$

18. Ҳаво оралиғидаги магнит индукция

$$B_\delta = \frac{p\Phi}{D_\delta} = \frac{4 \cdot 0,01568}{0,403 \cdot 0,22} = 0,7 \text{ Тл.}$$

A ва  $B_\delta$  нинг қийматлари берилган чегарада (2.3-расм) бўлгани учун ҳисоблашларни давом эттирамиз.

19. Статор чулғамидаги ток зичлиги:

$$J_1 = \frac{(AJ)}{A} = 220 \cdot 10^9 / 44,06 \cdot 10^3 = 4,99 \text{ A/м}^2.$$

$(AJ) = 220 \cdot 10^9 \text{ A}^2/\text{м}^3$  кўпайтманинг қиймати 2,5-расмдан олинади.

20. Эффектив ўтказгичнинг кесим юзаси (тахминий):

$$q_{\text{эф1}} = I_1 / (zJ_1) = 86 / (2 \cdot 4,99 \cdot 10^6) = 8,61 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 8,61 \text{ мм}^2.$$

21. Элементар параллел симлар сони:

$$q_{\text{э1}} = q_{\text{эф1}} / n_{\text{э1}} = 8,61 / 2 = 4,3 \text{ мм}^2.$$

### 2.3. Статор тишлари ўлчамларини ҳисоблаш

Статор пази ўлчамлари асосан қуйидаги талабларга жавоб бериши керак: чулғам ўрамлари тўла жойлашиши; тишлардаги индукция қийматининг маълум қийматдан кам бўлмаслиги. Статор пазининг шаклини тўғри бурчакли оламиз. Магнит занжири қисмларида бўлиши керак бўлган магнит индукция қиймати 1.4-жадвал (1 қисм) да кўрсатилган.

22. Тишнинг минимал кенглиги:

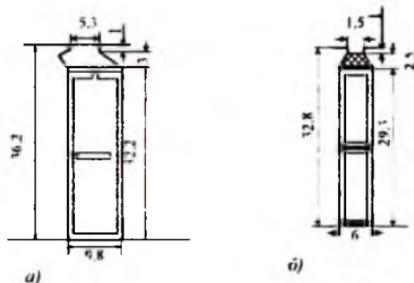
$$b_{\text{т}} = \frac{B_{\text{т}} I_{\text{т}} / \delta}{B_{\text{т}} I_{\text{т}} k_{\text{ин}} k_{\text{ин}}} = \frac{0,83 \cdot 17,56 \cdot 10^{-3} \cdot 0,22}{1,9 \cdot 0,22 \cdot 0,95} = 8,07 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 8,07 \text{ мм}.$$

$K_{\text{ин}}$  магнит ўтказувчанликни пўлат билан тўлдириш коэффициентини 1.5-жадвалдан олинади.

23. Пазнинг кенглиги

$$b_{\text{п}} = r_1 - b_{\text{т,1,мин}} = 17,56 - 8,07 = 9,49 \text{ мм};$$

агар чулғамнинг эффектив ўтказгичи  $n_{\text{э}}$  иккита элементар ўтказгич (сим)дан ташкил топган бўлса, уларнинг ҳар бирининг кенглиги  $b_{\text{э1}} = 0,5(b_{\text{п}} - \Delta_{\text{ин}}) = 0,5(b_{\text{п}} - 2b_{\text{ин}} - \Delta_{\text{бп}}) = 0,5(9,49 - 2 \cdot 1,1 - 0,3) = 3,49 \text{ мм}$ , бу ерда,  $\Delta_{\text{бп}} = 0,3 \text{ мм}$ , паз кенглиги изоляциясининг оралиғи:  $h = 50 - 132 \text{ мм}$  бўлганда  $\Delta_{\text{бп}} = 0,1 \text{ мм}$ ;  $h = 160 - 250 \text{ мм}$  бўлганда  $\Delta_{\text{бп}} = 0,2 \text{ мм}$ ;  $h = 280 - 355 \text{ мм}$  бўлганда  $\Delta_{\text{бп}} = 0,3 \text{ мм}$ ;  $h = 400 - 560 \text{ мм}$  бўлганда  $\Delta_{\text{бп}} = 0,4 \text{ мм}$  бўлади. Кучланиши 660 В бўлган асинхрон машиналарда, пазларининг тузилишига; изоляция материалларининг маркасига; иссиқликка бардошлилик синфига қараб изоляцияларнинг икки томонлама қалинлиги адабиётлардан олинади [1,3,7].



2.6-расм.  $P_2=75$  кВт.  $2p=8$ ,  $U=380/660$  В булган  
 лойхаланган асинхрон моторнинг пазлари:

а-статор; б-ротор

Паздаги изоляциянинг бир томонлама қалинлиги  $b_{и1}=1,1$  мм.

2.1-жадвал. Статор пазини тўлдириш

Номланиши	Паз ўлчамлари, мм	
	Эни	Узунлиги
Изоляцияланган чулғам $1,37 \times 3,67$	$3,67 \times 2 = 7,34$	$1,37 \times 20 = 27,4$
Паз изоляцияси ва йиғишда қўйиладиган ораликлар	2,2	4,5
Клинсиз пазнинг ҳаммаси	9,54	31,9

24. 3-иловадан ўтказгич (сим) танлаймиз:

$$\text{ПЭТМ-155} \frac{a \times b}{a \times b} = \text{ПЭТМ-155} \frac{1,25 \times 3,55}{1,37 \times 3,67}$$

$$q_{\text{э1}} = 4,223 \text{ мм}^2; \quad q_{\text{эф1}} = q_{\text{эл}} n_{\text{э1}} = 4,223 \cdot 2 = 8,446 \text{ мм}^2.$$

25. Статор пазини тўлдириш 2.1-жадвалини тузамиз. Статор ва ротор пазлари 2.6-расмда кўрсатилган.

26. Статор чулғамидаги ток зичлиги:

$$J_1 = \frac{I_{1N}}{a q_{\text{эф1}}} = \frac{86}{2 \cdot 8,446 \cdot 10^{-6}} = 5,09 \cdot 10^6 \text{ А / м}^2,$$

## 2.4. Роторни ҳисоблаш

27. Ҳаво оралиғини 1.9- расмдан (1 қисм) танлаймиз:  $\delta=0,8$  мм.

28. Роторнинг ташқи диаметри:

$$D_2 = D - 2\delta = 0,403 - 2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,4012 \text{ м.}$$

29. Роторнинг узунлиги:  $l_2 = l_1 + 0,005 = 0,22 + 0,005 = 0,225$  м.

30. Ротор чулғамини стерженли тўлқинсимон оламиз [1]. Фаза ва қутбларга тўғри келадиган пазлар сони  $q_2 = q_1 \pm K = 3 + 0,5 = 3,5$  бўлса, ротор пазлари сони  $Z_2 = 2p_2 m_2 q_2 = 8 \cdot 3 \cdot 3,5 = 84$

31. Тиш бўлинмиси:

$$t_2 = \pi D_2 / Z_2 = 3,14 \cdot 0,4012 / 84 = 14,99 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 14,99 \text{ мм.}$$

32. Ротор ўрамлар сони:

$$w_2 = 2p_2 q_2 = 8 \cdot 3,5 = 28.$$

33. Ротор ҳалқалари кучланиши:

$$U_x = \sqrt{3} U_{1N} (w_2 / w_1) = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot (28 / 108) = 170,43 \text{ В.}$$

( $U_x$  кучланиши 800-1000 В дан ошмаслиги керак.)

34. Ротор стерженидаги ток:

$$I_3 = k_1 I_1 v_1 = 0,9 \cdot 86 \cdot 3,59 = 284,04 \text{ А,}$$

бу ерда  $k_1$ -магнитловчи токни чулғам қаршилиғи нисбатига таъсирини  $l_2 / l_1$  ҳисобга олувчи коэффициент:  $\cos \varphi = 0,85 - 0,9$  бўлганда  $k_1 = 0,9$ ;

$$v_1 = \frac{m_1 w_1 k_{a1}}{m_2 w_2 k_{a2}} = \frac{3 \cdot 108 \cdot 0,92}{3 \cdot 28 \cdot 0,955} = 3,59,$$

$$k_{a2} = k_{r2} = \frac{0,5}{N \sin \frac{\pi}{2mN}} = \frac{0,5}{9 \sin \frac{3,14}{2 \cdot 3 \cdot 7}} = 0,955$$

$q = b + c / d = 3,5$  бўлгани учун,  $N = bd + c = 2 \cdot 3 + 1 = 7$ .

35. Стерженнинг кўндаланг кесим юзаси:

$$q_{\varphi 2} = \frac{I_2}{J_2} = \frac{284,02}{5,7 \cdot 10^6} = 49,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 49,8 \text{ мм}^2.$$

Ғалтакли чулғамга эга роторлар учун рухсат этилган ток зичлиги  $J_2 = (5 - 6,5) \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$ , стерженли чулғамли қуввати катта моторлар учун эса  $J_2 = (4,5 - 5,5) \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$  бўлади.

36. Паз эни:

$$b_{n2}=0,4 \cdot t_2=0,4 \cdot 14,99=5,996 \text{ мм.}$$

Ғалтакли чулғамга эга фаза роторли моторларда тўғри бурчакли очик пазлар; стерженли чулғамлиларда эса энсиз шлицли тўғри бурчакли ярим очик пазлар олинади [1] Паз энини  $b_{n2}=(0,35-0,5) \cdot t_2$  тенгликдан танланади.

$$b_{\text{эи2}} = b_{n2} - 2b_{n\text{эи2}} - \Delta b_n = 5,996 - 1,7 - 0,3 = 3,99 \text{ мм}$$

37. Фаза роторли асинхрон моторлар стерженли чулғамнинг изоляцияси  $h \geq 280$  мм бўлганда,  $b_{n\text{эи2}}=1,7$  мм паздаги изоляциянинг кенглиги ва  $h_{2\text{нн}}=4,0$  мм узунлиги бўйича қалинлиги.

Ротор пазини 2.6,6-расмдагидек,  $b_{2\text{нн}}=1,5$  мм,  $h_{2\text{нн}}=1,0$  мм деб қабул қиламиз.  $q_{\text{ф2}}=49,14 \text{ мм}^2$  эффектив ўтказнинг кесим юзасига қараб, 3-иловадан ўтказгич (сим) (И-3 жадвати иловада келтирилган) танлаймиз:  $a=4,0$  мм;  $v=12,5$  мм;  $q_{\text{ф2}}=49,14 \text{ мм}^2$ .

38. Стержендаги якуний ток зичлиги:

$$J_2 = \frac{I_2}{q_{\text{ф2}}} = \frac{284,04}{49,14 \cdot 10^{-4}} = 5,78 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2.$$

39. Ротор пазини тўлдириш жадвалини тузамиз (2.2-жадвал).

2.2-жадвал. Ротор пазини тўлдириш

Номланиши	Паз ўлчамлари, мм	
	Эни	Узунлиги
Чулғам стержени-изоляцияланган мис $4 \times 12,5$	4	$12,5 \times 2 = 25$
Паз изоляцияси ва йиғишда йўл қўйиладиган ораликлар	1,7	4,0
Клинсиз пазнинг ҳаммаси	5,7	29

40. Тишнинг энг ингичка кесим юзасидаги ўлчами:

$$b_{1,2\text{мин}} = \frac{\pi(D_2 - 2h_{n2})}{Z_2} - b_{n2} = \frac{3,14(401,2 - 2 \cdot 32,8)}{84} - 5,99 = 6,5 \text{ мм}$$

41. Тишнинг энг ингичка кесим юзасидаги индукция:

$$B_{1,2\text{мин}} = \frac{B_g t_2 l_g}{b_{1,2\text{мин}} l_2 k_c} = \frac{0,83 \cdot 14,99 \cdot 10^{-3} \cdot 0,22}{6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,225 \cdot 0,95} = 1,97 \text{ Тл}$$

2.3-жадвал бўйича  $B_{1,2\text{мин}}$  керакли ораликда.

42. Роторнинг ички диаметри вал диаметрига тенг бўлади, чунки ротор ўзаги валга бевосита ўрнатилади:

$$D_1 = D_2 = k_2 D_3 = 0,23 \cdot 0,53 = 0,121 \text{ м.}$$

$k_2$  киймати  $h=71-355$  мм ва  $2p=2-8$  бўлганда  $k_2=0,23$ .

$D_1 = D_2 = 0,12$  м деб оламиз.

2.3-жадвал. Асинхрон моторлар IR23 бажарилишида магнит занжирининг ҳар хил қисмларидаги йўл қўйиладиган индукция қийматлари

Магнит занжирининг қисми	Шартли белгиси	2	4	6	8	10	12
Статор ярмоси	$B_s$	1,45 - 1,6		1,2 - 1,4		1,1-1,3	
Статор тишлари	$B_{z1}$	1,9 - 2,1		1,8 - 2,0		1,7 - 1,9	
Статор тишининг энг тор қисми	$B_{z1max}$ а) ярим очик пазлар	1,9-2,1		1,8-2,0			
	б) очик пазлар	1,7-1,9					
Ротор ярмоси (фаза роторли)	$B_r$	-	$\leq 1,35$	$\leq 1,15$	$\leq 0,85$		
Ротор тишлари	$B_{z2}$	1,8-1,95					
Ротор тишининг энг тор қисми (фаза роторли)	$B_{z2max}$	-	2,0 - 2,2	1,9 - 2,05			

43. Ротор учун аксиал (роторнинг айланиш ўқиға параллел) каналлар сони  $m_{k2}=12$ , диаметри  $d_{k2}=30$  мм оламиз.

Баландлиги  $h \geq 250$  мм бўлган моторларда роторни яхши совитиш, массаси ва инерция моментини камайтириш учун аксиал каналлар қўйилади. 4А серияли моторларда  $h=250$  мм бўлса, аксиал каналлар битта қаторда жойлашади, уларнинг сони  $m_{k2}=10$ , диаметри  $d_{k2}=15-30$  мм; агар  $h=280-355$  мм бўлса,  $m_{k2}=12$ ,  $d_{k2}=20-30$  мм; агар  $h > 355$  мм бўлса,  $m_{k2}=9$ ,  $d_{k2}=55-100$  мм бўлади.

### 2.5. Магнитловчи токни ҳисоблаш

44. Мотор қисмларидаги индукциялар:

$$B_{1max} = \frac{B_6 t_1 / \delta}{b_{1max} l_{a1} k_c} = \frac{0,83 \cdot 0,01756 \cdot 0,22}{0,00816 \cdot 0,22 \cdot 0,95} = 1,88 \text{ Тл,}$$

$$B_{11\max} = \frac{B_{\delta} t_1 / \delta}{b_{11\max} / n_1 k_c} = \frac{0,842 \cdot 0,01854 \cdot 0,19}{0,01216 \cdot 0,19 \cdot 0,95} = 1,35 \text{ Тл.}$$

$$B_{11} = \frac{B_{11\max} + B_{11\min}}{2} = \frac{1,88 + 1,35}{2} = 1,62 \text{ Тл.}$$

$$B_{12\max} = \frac{B_{\delta} t_2 / \delta}{b_{12\max} / n_2 k_c} = \frac{0,83 \cdot 0,01499 \cdot 0,22}{0,00873 \cdot 0,225 \cdot 0,95} = 1,46 \text{ Тл.}$$

$$B_{12} = \frac{B_{12\max} + B_{12\min}}{2} = \frac{1,97 + 1,46}{2} = 1,715 \text{ Тл.}$$

$$B_{\sigma} = \frac{\Phi}{2h_{\sigma} / k_c} = \frac{0,01568}{2 \cdot 0,0274 \cdot 0,22 \cdot 0,95} = 1,36 \text{ Тл.}$$

$$B_{\tau} = \frac{\Phi}{2h_{\tau} / k_c} = \frac{0,01568}{2 \cdot 0,0878 \cdot 0,225 \cdot 0,95} = 0,41 \text{ Тл.}$$

Ротор ярмосининг ҳисобий баландлиги:

$$h'_{\sigma} = \frac{D_{\sigma} - D}{2} - h_{\sigma 1} - 2/3 d_{1,2} m_{\sigma 1} = \frac{0,53 - 0,403}{2} - 0,0362 = 27,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$h_{\sigma 1}$  - статор пазининг баландлиги 2.6,б- расмдан олинади.

Ротор ярмосининг ўртача баландлиги:

$$h'_{\tau} = \frac{(D_2 - D_1)}{2} - h_{\tau 2} - \frac{2}{3} d_{1,2} m_{\tau 2} = \frac{(0,4012 - 0,12)}{2} - 0,0328 - \frac{2}{3} \cdot 0,03 = 87,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Тишларнинг кенглиги:

$$b_{11\max} = t_1 - b_{\sigma 1} = 0,01756 - 0,0094 = 0,00816 \text{ м;}$$

$$b_{11\min} = t_1 \left( 1 + \frac{2h_{\sigma 1}}{D} \right) - b_{\sigma 1} = 0,01756 \left( 1 + \frac{2 \cdot 0,0362}{0,403} \right) - 0,0094 = 0,0113 \text{ м;}$$

$$b_{12\max} = \pi \frac{D_2 - 2(h_m + h_{\tau 2})}{Z_2} - b_{\tau 2} = 3,14 \cdot \frac{401,2 - 2 \cdot (1 + 2,5)}{84} - 6,0 = 8,73 \text{ мм.}$$

45. Ҳаво оралиғининг магнит кучланганлиги:

$$F_{\delta} = 1,59 \cdot 10^6 B_{\delta} \delta k_{\delta} = 1,59 \cdot 10^6 \cdot 0,83 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,23 = 1298,5 \text{ А,}$$

бу ерда,  $k_{\delta} = k_{\delta 1} k_{\delta 2} = 1,2 \cdot 1,027 = 1,23$  ҳаво оралиғининг коэффиценти:

статор тиши қатламининг пазлари туфайли ҳаво оралиғининг ошиш коэффиценти:

$$k_{\delta 1} = \frac{t_1}{t_1 - \gamma \delta} = \frac{17,56}{17,56 - 3,77 \cdot 0,8} = 1,2;$$

$$\gamma_1 = \frac{(b_{\sigma 1} / \delta)^2}{5 + b_{\sigma 1} / \delta} = \frac{(5,3 / 0,8)^2}{5 + 5,3 / 0,8} = 3,77.$$

ротор тиши қатламининг пазлари туфайли ҳаво оралигининг ошиш коэффициенти:

$$k_{s2} = \frac{t_2}{t_2 - \gamma_2 \delta} = \frac{14,99}{14,99 - 0,51 \cdot 0,8} = 1,027;$$

$$\gamma_2 = \frac{(b_{m2} / \delta)^2}{5 + b_{m2} / \delta} = \frac{(1,5 / 0,8)^2}{5 + 1,5 / 0,8} = 0,51;$$

46. Тиш қатламларидаги магнит қучланиши:

статорда:

$$F_{r1} = 2h_{r1}H_{r1} = 2 \cdot 0,0362 \cdot 1834 = 132,78 \text{ А},$$

роторда:

$$F_{r2} = 2h_{r2}H_{r2} = 2 \cdot 0,0328 \cdot 2484 = 162,95 \text{ А};$$

тиш соҳаларидаги магнит қучланганлик:

$$H_{r1} = 1/6(H_{r1max} + H_{r1min} + 4H_{r1y}) = 1/6(4160 + 804 + 4 \cdot 1510) = 1834 \text{ А/м};$$

$$H_{r2} = 1/6(H_{r2max} + H_{r2min} + 4H_{r2y}) = 1/6(5790 + 1020 + 4 \cdot 1970) = 2484 \text{ А/м}.$$

(2211 ва 2312 маркали пўлат учун 5-иловадан  $B_{r1max} = 1,9$  Тл,  $B_{r1min} = 1,35$  Тл,  $B_{r1y} = 1,615$  Тл бўлганда,  $H_{r1max} = 4160$  А/м;  $H_{r1min} = 804$  А/м;  $H_{r1y} = 1510$  А/м бўлади.  $B_{r2max} = 1,97$  Тл,  $B_{r2min} = 1,46$  Тл,  $B_{r2y} = 1,715$  Тл бўлганда,  $H_{r2max} = 5790$  А/м;  $H_{r2min} = 1020$  А/м;  $H_{r2y} = 1970$  А/м бўлади.)

47. Тиш қатламининг тўйиниш коэффициенти:

$$k_{\gamma} = 1 + \frac{F_{r1} + F_{r2}}{F_{\gamma}} = 1 + (132,78 + 162,95) / 1298,5 = 1,2.$$

48. Статор ва ротор ярмосидаги магнит қучланиши:

$$F_{\gamma} = L_{\gamma}H_{\gamma} = 0,197 \cdot 585 = 115,24 \text{ А},$$

$$F_{\gamma} = L_{\gamma}H_{\gamma} = 0,09 \cdot 91 = 8,19 \text{ А}$$

(бу ерда 2211 ва 2312 маркали пўлат учун 6-иловадан,  $B_{\gamma} = 1,36$  Тл бўлганда  $H_{\gamma} = 585$  А/м,  $B_{\gamma} = 0,41$  Тл бўлганда  $H_{\gamma} = 91$  А/м).

49. Статор ярмосининг ўртача узунлиги:

$$L_{\gamma} = \frac{\pi(D_{\gamma} - h_{\gamma})}{2p} = \frac{3,14(0,53 - 0,0274)}{8} = 0,197 \text{ м}.$$

50. Ротор ярмосининг ўртача узунлиги:

$$L_j = \frac{\pi(D_b - h'_j)}{2\rho} = \frac{3,14(0,12 - 0,1)}{8} = 0,09 \text{ м.}$$

51. Жуфт кутблардаги магнит кучланиши:

$$F_m = F_{\delta} + F_{r1} + F_{r2} + F_a + F_j = 1298,5 + 132,78 + 162,95 + 115,24 + 8,19 = 1717,6 \text{ А}$$

52. Магнит занжирнинг тўйиниш коэффициенти:

$$k_\mu = F_m / F_\delta = 1717,6 / 1298,5 = 1,32.$$

53. Магнитловчи ток:

$$I_\nu = \frac{\rho F_m}{0,9\pi w_j k_{\mu j}} = \frac{4 \cdot 1717,6}{0,9 \cdot 3 \cdot 108 \cdot 0,92} = 24,3 \text{ А};$$

54. Магнитловчи токнинг нисбий бирликдаги қиймати:

$$I_{\mu*} = I_\nu / I_{1N} = 24,3 / 86 = 0,28.$$

### 2.6. Иш режими параметрларини ҳисоблаш

55. Статор чулғамининг актив қаршилиги:

$$r_1 = k_r \rho_{115} \frac{l_1}{q_{\phi 1} a} = \frac{10^{-6} \cdot 99,79}{41 \cdot 12,46 \cdot 10^{-2}} = 0,0976 \text{ Ом.}$$

Изоляциянинг  $F$  иссиқликка бардошлик синфи бўйича ҳисобий температураси  $\theta_x = 115^\circ\text{C}$ . Мис учун солиштира қаршилик  $\rho_{115} = 10^{-6} / 41$  Ом·м. Статор чулғам актив қаршиилигининг ток сиқилиши туфайли ошиш коэффициенти  $k_r = 1$ .

56. Фаза чулғамидаги симнинг узунлиги:

$$L_1 = l_{\phi 1} \omega_1 = 0,924 \cdot 108 = 99,79 \text{ м,}$$

бу ерда, статор чулғами ўрамининг ўртача узунлиги

$$l_{\phi 1} = 2(l_{n1} + l_{o1}) = 2(0,22 + 0,242) = 0,924 \text{ м};$$

$$l_{o1} = K_a b_{kr} + B + 0,5 \cdot h_{n1} = 0,21 \cdot 0,143 + 0,025 + 0,5 \cdot 0,0362 = 0,073 \text{ м,}$$

бу ерда,  $B$  – ғалтакнинг паздан чиқиб буқланган қисмигача бўлган узунлиги

$U_n \leq 660$  бўлганда  $B = 0,025$  м;

$$K_a = \frac{1}{\sqrt{1 - m^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,4^2}} = 1,091,$$

бунда,  $m = (b + s) / t_1 = (3,55 + 3,5) / 17,56 = 0,4$ .

57. Ғалтакнинг ўртача кенлиги:

$$b_{\text{кр}} = \frac{\pi(D + 2h_{\text{н1}})}{2p} \beta_1 = \frac{3,14(0,403 + 2 \cdot 0,0362)}{8} \cdot 0,833 = 0,143 \text{ м.}$$

58. Ғалтакнинг ўзакдан чиқиб турган қисмининг узунлиги:

$$L_{\text{чүмк1}} = K_{\text{чүмк}} \cdot b_{\text{кр}} + B + 0,5h_{\text{н1}} = 0,21 \cdot 0,143 + 0,025 + 0,5 \cdot 0,0362 = 0,073 \text{ м,}$$

бу ерда  $K_{\text{чүмк}} = 0,5$ ,  $m = 0,5 \cdot 1,091 \cdot 0,4 = 0,21$ .

59. Статор чулғами актив қаршилигининг нисбий қиймати:

$$r_1 = r_1(I_{1N}/U_{1N}) = 0,0976 \cdot (86/380) = 0,022.$$

60. Ротор чулғами ўрамининг ўртача узунлиги

$$l_{y2} = 2(l_{n2} + l_{a2}) = 2 \cdot (0,225 + 0,26) = 0,97 \text{ м,}$$

$$l_{n2} = K_n b_{\text{кр}} + 2B_c = 1,13 \cdot 0,145 + 2 \cdot 0,05 = 0,26 \text{ м.}$$

$$K_n = \frac{1}{\sqrt{1 - m_c^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,456^2}} = 1,13. \quad m_c = (b_2 + s_2)/l'_{y2} = (4,0 + 1,7)/12,5 = 0,456;$$

$$r'_2 = \frac{\pi(D_2 - 2h_{a2})}{Z_2} = \frac{3,14(0,4012 - 2 \cdot 0,0328)}{84} = 0,0125 \text{ м} = 12,5 \text{ мм.}$$

61. Ротор ғалтагининг ўртача кенлиги:

$$b_{\text{кр}} = \frac{\pi(D_2 + h_{n2})}{2p} = \frac{3,14(0,4012 + 0,0328)}{8} = 0,145 \text{ м.}$$

62. Ротор фазасининг актив қаршилиги:

$$r_2 = k_r \rho_{115} \frac{L_2}{q_{\text{ф2}} a_2} = \frac{10^{-6}}{41} \cdot \frac{27,16}{49,14 \cdot 10^{-6}} = 0,0134 \text{ Ом,}$$

бу ерда  $L_2 = l_{y2} w_2 = 0,97 \cdot 28 = 27,16$  м; ротор фазаси актив қаршилигининг ток сикилиши туфайли ошиш коэффициенти  $k_r = 1$ .

63.  $r_2$  ни статор чулғами ўрамлари сонига келтирамир:

$$r'_2 = r_2 v_{12} = 0,0134 \cdot 15,34 = 0,205 \text{ Ом,}$$

$$v_{12} = \frac{m_1(w_1 k_{a1})^2}{m_2(w_2 k_{a2})^2} = \frac{3 \cdot (108 \cdot 0,92)^2}{3 \cdot (28 \cdot 0,955)^2} = 15,34.$$

64. Ротор чулғами келтирилган актив қаршилигининг нисбий қиймати:

$$r'_{2'} = r'_2(I_{1N}/U_{1N}) = 0,205 \cdot (86/380) = 0,046.$$

65. Статор фаза чулғамининг индуктив қаршилиги:

$$x_1 = 15,8 \left( \frac{f_1}{100} \right) \left( \frac{w_1}{100} \right)^2 \frac{l_6}{pq} (\lambda_{\alpha 1} + \lambda_{\alpha 2} + \lambda_{\alpha 3}) = 15,8 \cdot \frac{50}{100} \cdot \left( \frac{108}{100} \right)^2 \cdot \frac{0,22}{3 \cdot 4} (1,509 + 0,731 + 1,26) = 0,591 \text{ Ом.}$$

Паздаги тарқок магнит ўтказувчанлик коэффициентини:

$$\lambda_{\alpha 1} = \left( \frac{h_1 - h_0}{3b_1} \right) k_{\beta} + \left( \frac{h_2}{b_1} + \frac{3h'_1}{b_1 + 2b_m} + \frac{h_m}{b_m} \right) k'_{\beta} = \frac{30,8 - 1,4}{3 \cdot 9,8} \cdot 0,906 + \left( \frac{0,7}{9,8} + \frac{3 \cdot 3}{9,8 + 2 \cdot 5,3} + \frac{1}{5,3} \right) \cdot 0,875 = 1,509.$$

бу ерда,  $h_0 = h_m + (b_{m1} + b_{m2})/2 = 1,0 + (0,2 + 0,6)/2 = 1,4$  мм; кучланиши 660 В гача бўлган моторлар учун  $b_{m1} = 0,2$  мм ва  $b_{m2} = 0,6$  мм;  $b_1 = b_m = 9,8$  мм;  $h'_1 = h_k = 3,0$ ;  $h_m = 1,0$  мм;  $h_3 = h_1 - 2 \cdot h_2 = 32,2 - 2 \cdot 0,7 = 30,8$  мм;  $h_2 = 0,5 + (b_{m1} + b_{m2})/4 = 0,5 + (0,2 + 0,6)/4 = 0,7$  мм;  $b_m = 5,3$  мм;  $k'_{\beta} = (1 + 3\beta)/4 = 1 + (3 \cdot 0,833)/4 = 0,875$ ;  $k_{\beta} = 0,25 \cdot (1 + 3k'_{\beta}) = 0,25 \cdot (1 + 3 \cdot 0,875) = 0,906$ .

Паздан ташқари қисмлардаги тарқок магнит ўтказувчанлик коэффициентини:

$$\lambda_{\alpha 1} = 0,34 \frac{q_1}{l'_s} (I_s - 0,64\beta\tau) = 0,34 \frac{3}{0,22} (0,242 - 0,64 \cdot 0,833 \cdot 0,158) = 0,73;$$

бу ерда  $l'_s = l_s = 0,22$  м.

Магнит майдон дифференциал тарқокликнинг магнит ўтказувчанлик коэффициентини:

$$\lambda_{\alpha 1} = \frac{l_1}{128k_s} \xi = \frac{17,56}{12 \cdot 0,8 \cdot 1,23} \cdot 0,832 = 1,26,$$

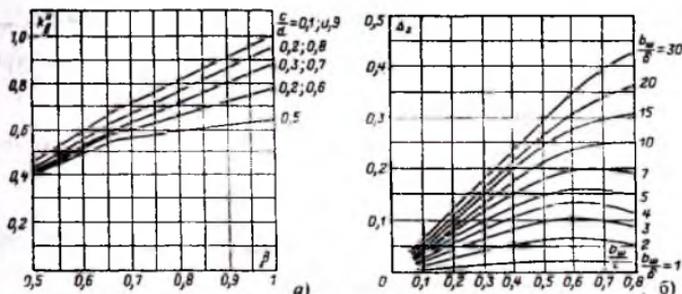
бу ерда ярим очик ва ярим ёпик статор пазларида  $\xi$  коэффициентини:  $\xi = k'' q^2 + 2k'_{\beta} - k^2_{\alpha 1} \cdot (1 + \Delta_s) = 0,0034 \cdot 3^2 + 2 \cdot 0,875 - 0,92^2 \cdot (1 + 0,12) = 0,832$ ; бу ерда  $k'' = 0,0034$ ,  $\Delta_s = 0,12$  ни 2.7-расмдан  $b_m/\delta = 5,3/0,8 = 6,625$  ва  $b_m/t_1 = 5,3/17,56 = 0,3$  учун олинади.

66. Статор чулғами реактив қаршилигининг нисбий қиймати:

$$x_1 = x_1 (I_{1N}/U_{1N}) = 0,591 (86/380) = 0,133.$$

67. Ротор фаза чулғамининг индуктив қаршилиги:

$$x_2 = 15,8 f_1 / 100 (w_2 / 100)^2 l'_s / (p_2 q_2) (\lambda_{\alpha 2} + \lambda_{\alpha 3} + \lambda_{\alpha 4}) = 15,8 \cdot (50/100) \times (28/100)^2 \cdot (0,225/4 \cdot 3,5) \cdot (2,759 + 0,99 + 2,225) = 0,059 \text{ Ом,}$$



2.7-расм. Тарқок дифференциал ўтказувчанликни ҳисоблаш  
коэффициентлари,  $a - k''$ - коэффициентини  $\beta$  га;  
 $b - \Delta_2$  коэффициентини  $b_{m2}/\delta$  га боғлиқлиги

бу ерда, магнит ўтказувчанликни паздаги тарқок коэффициенти:

$$\lambda_{n2} = \frac{h_1' - h_{n1}}{3b_{n1}} k_{\beta} + \left( \frac{h_2}{b_n} + \frac{3h_1}{b_n + 2b_m} + \frac{h_m}{b_m} \right) k_{\beta} = \frac{26.9 - 1.6}{3 \cdot 6.0} + \frac{1.2}{6.0} + \frac{3 \cdot 2.5}{6.0 + 2 \cdot 1.5} + \frac{1}{1.5} = 2.759,$$

бунда, 2.6, б-расм ва 2.2-жадвалларни эътиборга олган ҳолда:  
 $h_0 = 0.5 + b_{m1}/2 = 0.5 + 2.2/2 = 1.6$  мм; кучланиши 750 В гача бўлган моторлар учун  
 $b_{m21} = 2.2$  мм,  $b_{m22} = 0.15$ ,  $b_{m23} = 1.2$  мм;  $h_1 = h_k = 2.5$  мм;  
 $h_2 = 0.5 + b_{m1}/4 + b_{m22} = 0.5 + 2.2/4 + 0.15 = 1.2$  мм;  $h_3' = h_3 - 2 \cdot b_{m1} = 29.3 - 2 \cdot 1.2 = 26.9$  мм;  
 $h_m = 1.0$  мм;  $b_m = 1.5$  мм;  $b_n = 6.0$  мм; иш режими учун  $k_{\beta} = k_{\beta} = 1$ .

Магнит ўтказувчанликнинг паздан ташқари қисмидаги тарқоклик  
коэффициенти:

$$\lambda_{n2} = 0.34 \frac{q_1}{b} (I_{n2} - 0.46\beta_1 \tau) = 0.34 (3.5/0.225) \cdot (0.26 - 0.46 \cdot 0.158) = 0.99.$$

Магнит майдон дифференциал тарқоклигининг магнит ўтказувчанлик  
коэффициенти:

$$\lambda_{n2} = \frac{l_2}{12\delta k_8} \xi = \frac{14.99}{12 \cdot 0.8 \cdot 1.23} \cdot 1.753 = 2.225,$$

бунда,  $\xi = k'' q^2 + 2k''_{\beta} - k''_{q2} \cdot (1/d^2 + \Delta_2) = 0.0215 \cdot 3.5^2 + 2 \cdot 0.63 - 0.955^2 \cdot (1/2^2 +$

+0,01)=1,753; бу ерда  $\beta=1$  учун  $k''=0,0215$ ;  $k''_{\beta}=0,63$   $c/d=1/2$  2.7,а-расмдан  $b_{m2}/\delta=1,5/0,8=1,875$  ва  $b_{m2}/l_2=1,5/14,99=0,1$  бўлганда  $\Delta_{\beta}=0,01$  ни 2.7.6-расмдан олинади.

68.  $x_2$  ни статор ўрамлири сонига келтирамиз:

$$x_2' = v_{12} x_2 = 15,34 \cdot 0,059 = 0,905 \text{ Ом.}$$

69. Ротор чулғами индуктив қаршилигинини шиббий қиймати:

$$x_2 = x_2' \cdot (I_{1N}/U_{1N}) = 0,905 \cdot (86/380) = 0,204.$$

70. Чулғамларнинг ўзиндукция қаршиликларини топамиз:

$$x_{12} = (U_{1N}/I_{1N}) - x_1 = (380/24,3) - 0,591 = 15,3 \text{ Ом,}$$

$$x_{12}' = (I_{1N}/U_{1N}) \cdot x_{12} = (86/380) \cdot 15,3 = 3,46,$$

$$r_{12} = P_{\text{п.ак}} / (m I_{1N}^2) = 704,37 / (3 \cdot 24,3^2) = 0,411 \text{ Ом,}$$

$$r_{12}' = (I_{1N}/U_{1N}) \cdot r_{12} = (86/380) \cdot 0,411 = 0,093.$$

## 2.7 Исрофларни ҳисоблаш

71. Пулатдаги асосий исрофлар:

$$P_{\text{п.ак}} = \rho (l/50)^0 (k_{\kappa\alpha} B^2 m_{\alpha} + k_{\kappa\beta} B^2 m_{\beta}) = 1,75 \cdot (50/50)^0 \cdot (1,6 \cdot 1,36^2 \cdot 70,49 + 1,8 \cdot 1,615^2 \cdot 41,3) = 704,37 \text{ Вт,}$$

бу ерда 2312 маркали пулат учун  $\rho=1,75$  Вт/кг;  $\beta=1,5$ ;  $k_{\kappa\alpha}$  ва  $k_{\kappa\beta}$  - магнит оқимни нотекис тақсимланиши исрофларга таъсирини ҳисобга олувчи коэффициентлар. Қуввати 250 кВт гача бўлган машиналар учун  $k_{\kappa\alpha}=1,6$  ва  $k_{\kappa\beta}=1,8$ .

72. Ярмадаги пулатнинг массаси:

$$m_{\alpha} = \pi (D_{\alpha} - h_{\alpha}) h_{\alpha} / l k_{\gamma\alpha} \gamma_{\gamma\alpha} = 3,14 \cdot (0,53 - 0,0274) \cdot 0,0274 \times 0,22 \cdot 0,95 \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 70,49 \text{ кг,}$$

бу ерда  $h_{\alpha}=0,5 \cdot (D_{\alpha} - D) - h_{\alpha 1} = 0,5 \cdot (0,53 - 0,403) - 0,0362 = 0,0274$  м;

73. Статор ўзагидаги тишлар массаси:

$$m_{\beta 1} = h_{\beta 1} b_{\beta 1} Z_1 l_1 k_{\gamma\beta} \gamma_{\gamma\beta} = 0,0362 \cdot 9,73 \cdot 10^{-3} \cdot 72 \cdot 0,22 \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 41,3 \text{ кг,}$$

$$b_{\beta 1} = (b_{\beta 1 \max} + b_{\beta 1 \min}) / 2 = (8,16 + 11,3) / 2 = 9,73 \text{ мм} = 9,73 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

бу ерда  $\gamma_{\gamma\beta} = 7800$  кг/м<sup>3</sup> – пулатнинг зичлиги.

74. Ротордаги сирт исрофлари:

$$P_{c2} = p_{02}(t_2 - b_{m2})Z_2 I_{02} = 419,3(14,99 - 1,5) \cdot 10^{-3} \cdot 84,0,225 = 106,9 \text{ Вт,}$$

бу ерда  $b_{m2} = 1,5$ .

75. Ротор сирти юзасидаги исрофлар:

$$p_{02} = 0,5k_{02}(Z_2 n_1 / 10000)^2 (B_{02t1} - 10^3)^2 = 0,5 \cdot 1,8(72 \cdot 750 / 10000)^2 \times (0,347 - 17,56)^2 = 419,3 \text{ Вт/м}^2,$$

бу ерда ҳаво оралиғидаги пульсланувчи магнит индукцияси амплитудаси:

$$B_{02} = \beta_{02} k_8 B_8 = 0,34 \cdot 1,23 \cdot 0,83 = 0,347 \text{ Тл:}$$

$k_{02} = 1,8$ ;  $b_{m1} / \delta = 5,3 / 0,8 = 6,625$  учун 1.12-расм 11 қисмдан  $\beta_{02} = 0,34$ .

76. Ротор тишларидаги пульсланувчи исрофлар:

$$P_{r2} = 0,11(Z_2 B_{02} n / 1000)^2 m_{r2} = 0,11(72 \cdot 750 / 1000)^2 \cdot 34,95 = 331,6 \text{ Вт,}$$

бу ерда, тиш ўртаси кесимидаги индукция:

$$B_{02} = \gamma_1 \delta B_2 / 2t_2 = 3,77 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,715 / (2 \cdot 14,99 \cdot 10^{-3}) = 0,172.$$

ротор ўзагидаги тишлар массаси:

$$m_{r2} = h_{r2} b_{r2} Z_2 I_{02} k_{02} \gamma_{02} = 32,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,007615 \cdot 84,0,225 \times 0,95 \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 34,95 \text{ кг.}$$

$$b_{r2} = (h_{r2\max} + h_{r2\min}) / 2 = (6,5 + 8,73) / 2 = 7,615 \text{ мм}$$

77. Пулатдаги қўшимча исрофлар йиғиндиси:

$$P_{\text{иқ}} = P_{c1} + P_{01} + P_{c2} + P_{r2} = 6 + 7,21 + 106,9 + 331,6 = 450,7 \text{ Вт;}$$

78. Пулатдаги умумий исрофлар:

$$P_{\text{и}} = P_{\text{иқ}} + P_{\text{иқ}} = 704,37 + 450,7 = 1155,07 \text{ Вт;}$$

79. Механик исрофлар:

$$P_{\text{мех}} = 1,2 \cdot 2\pi r^3 (n_k + 1) \cdot 10^3 = 1,2 \cdot 8 \cdot 0,158^3 \cdot 11 \cdot 10^3 = 416,5 \text{ Вт.}$$

80. Чўткалардаги қувват исрофи:

$$P_q = k_q \rho_q S_q \vartheta_k = 0,16 \cdot 17 \cdot 10^3 \cdot 72 \cdot 10^{-4} \cdot 7,85 = 153,73 \text{ Вт.}$$

7-иловадан М20 чўткалари учун  $\rho_q = 17 \cdot 10^3$  Па,  $J_q = 12$  А/см<sup>2</sup>; битта ҳалқанинг юзаси

$$S_{q1} = I_q / J_q = 284,04 / 12 = 23,67 \text{ см}^2;$$

6-иловадан  $l_q = 20$  мм;  $b_q = 10$  мм;

$n_q = S_{q1} / (b_q l_q) = 23,67 / (1 \cdot 2) = 11,83 \approx 12$ ;  $n_q = 12$  ни қўйиб чўткадаги инерция моментини аниқлаймиз:

$$J_q = I_q / (b_q l_q n_q) = 284,04 / (1 \cdot 2 \cdot 12) = 11,83 \text{ А/см}^2;$$

учта ҳалқа чўткасининг юзаси:

$$S_q = b_q l_q n_q m = 1.2 \cdot 12.3 = 72 \text{ см}^2 = 72 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

Ҳалқаларнинг диаметри  $D_x = 0,2 \text{ м}$ :

Ҳалқанинг тезлиги:

$$v_x = \pi D_x n / 60 = 3.14 \cdot 0.2 \cdot 750 / 60 = 7.85 \text{ м/с}.$$

81. Номинал режимдаги қўшимча исрофлар:

$$P_{\text{сқ}} = 0,005 P_{1\text{N}} = 0,005 P_{2\text{N}} / \eta = 0,005 \cdot (75/0,9) = 0,41 \text{ кВт}.$$

82. Моторнинг салт ишлаш токи

$$I_0 \approx \sqrt{I_{\text{сқ}}^2 + I_{\text{р}}^2} = \sqrt{1,88^2 + 24,3^2} = 24,4 \text{ А}.$$

Салт ишлаш режимидаги токнинг актив ташкил этувчиси:

$$I_{\text{сқ}} = \frac{P_{\text{и}} + P_{\text{сқ}} + P_{\text{с}} + P_{\text{с0}}}{m U_{1\text{N}}} = \frac{1155,07 + 416,5 + 153,73 + 172,89}{3 \cdot 380} = 1,88 \text{ А}.$$

бу ерда  $P_{\text{с0}}$  – салт ишлаш режимида статордаги электр қувват исрофи:

$$P_{\text{с0}} \approx 3 I_{\text{сқ}}^2 r_1 = 3 \cdot 24,3^2 \cdot 0,0976 = 172,89 \text{ Вт}.$$

83. Салт ишлаш режимидаги қувват коэффициентини:

$$\cos \varphi_0 = I_{\text{сқ}} / I_0 = 1,88 / 24,3 = 0,08.$$

### 2.8. Моторнинг иш характеристикаларини ҳисоблаш

Уч фазали фаза роторли асинхрон моторнинг иш характеристикалари деб, статор токи  $I_1$  ва роторнинг келтирилган токи  $I'_2$ , қувват коэффициентини  $\cos \varphi$ , ФИК  $\eta$ , мотор сирпаниши  $s$  ларнинг мотор валидаги фойдали қувват  $P_2$  га боғлиқлиги, яъни  $P_1$ ,  $I_1$ ,  $I'_2$ ,  $\cos \varphi$ ,  $\eta$ ,  $s = (P_2)$  га айтилади. Иш характеристикаларни ҳисоблашда сирпаниш мустақил ўзгарувчан қиймат этиб қабул этилади ва у  $s = (0,2-1,5) s_N$  ораликдаги қийматлари учун  $P_1$ ,  $I_1$ ,  $\cos \varphi$ ,  $\eta$ ,  $M$ ,  $I'_2$ ,  $P_2$  лар ҳисобланади. Бу ерда  $s_N = r'_{2\text{с}}$ , яъни ротор чулғамини статорга келтирилган актив қаршилигини нисбий қийматига тенг деб, иш характеристикалари  $s = 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03$  ва  $s_N = r'_{2\text{с}}$  қийматлар учун ҳисобланади. Шу нуқталар

ҳисобланиб эгриликлар қурилгандан сўнг,  $s_N$  киймати характеристикадан аниқланади.

84. Салт ишлаш режимидаги токнинг актив ташкил этувчиси:

$$I_{\text{ак}} = \frac{P_{\text{ак}} + 3I_{\mu}^2 r_1}{3 \cdot U_{\text{ф}}^2} = \frac{704,37 + 3 \cdot 24,3^2 \cdot 0,0976}{3 \cdot 380^2} = 0,769 \text{ А.}$$

85. Иш характеристикасини ҳисоблашларда керак бўладиган коэффициентлар:

$$c_1 = 1 + x_1/x_{12} = 1 + 0,591/15,3 = 1,038;$$

$$a' = c_1^2 = 1,038^2 = 1,077; \quad b' = 0; \quad a = c_1 r_1 = 1,038 \cdot 0,0976 = 0,1013;$$

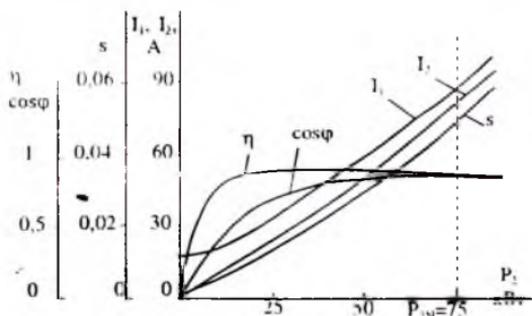
$$b = c_1(x_1 + c_1 x_2') = 1,038(0,591 + 1,038 \cdot 0,905) = 1,588.$$

86. Сирпаниш ўзгарганда ўзгармайдиган қувват исрофлари:

$$P_{\text{и}} + P_{\text{мах}} = 1155,07 + 416,5 = 1571,57 \text{ Вт} \approx 1,571 \text{ кВт.}$$

2.4-жадвал. Фаза роторли асинхрон мотор иш характеристикаларининг ҳисоби

№	Ҳисобланадиган катталиклар	Улчов бирлиги	Сирпанш, s					
			0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	s <sub>N</sub> =0,046
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$a'r'_2/s$	Ом	44,15	22,07	11,03	7,35	5,51	4,79
2	$b'r'_2/s$	Ом	0	0	0	0	0	0
3	$R=a+a'r'_2/s$	Ом	44,25	22,17	11,13	7,45	5,61	4,89
4	$X=b+b'r'_2/s$	Ом	1,588	1,588	1,588	1,588	1,588	1,588
5	$Z=\sqrt{R^2+X^2}$	Ом	44,27	22,2	11,2	7,61	5,8	5,14
6	$I_2=U_{IN}/Z$	А	8,59	17,11	33,9	49,9	65,5	73,9
7	$\cos\varphi_2=R/Z$	-	0,999	0,997	0,993	0,978	0,967	0,95
8	$\sin\varphi_2=X/Z$	-	0,035	0,071	0,141	0,208	0,273	0,308
9	$I_{1a}=I_{1a}+I_2\cos\varphi_2$	А	9,35	17,82	34,43	49,57	64,1	70,97
10	$I_{1b}=I_{1b}+I_2\sin\varphi_2$	А	24,6	25,51	29	34,67	42,18	47
11	$I_1=\sqrt{I_{1a}^2+I_{1b}^2}$	А	26,3	31,1	45	60,49	76,7	85,12
12	$I_2=c_1 I_1$	А	8,9	17,76	35,18	51,79	67,08	76,7
13	$P'_1=3U_{IN}I_{1a}10^{-3}$	кВт	10,65	20,31	39,25	56,5	73,07	81,9
14	$P'_{r1}=3I_1^2r_110^{-3}$	кВт	0,2	0,28	0,58	1,06	1,71	2,1
15	$P'_{r2}=3(I_2)^2r'_210^{-3}$	кВт	0,05	0,193	0,761	1,68	2,83	3,61
16	$P_{3\varphi}=3\Delta U_1I_1v_110^{-3}$	кВт	0,02	0,05	0,11	0,16	0,21	0,24
17	$P'_{\text{қўш}}=P'_{\text{қўш}}N(I_1/I_{1N})^210^{-3}$	кВт	0,03	0,052	0,115	0,2	0,32	0,4
18	$\sum P'=P'_{\text{пуш}}+P'_{\text{мех}}+P'_{\varphi 1}+P'_{\varphi 2}+P'_{\text{қўш}}$	кВт	2,34	2,61	3,6	6,14	7,11	8,23
19	$P_2=P_1-\sum P'$	кВт	8,31	17,7	35,65	50,36	65,96	73,67
20	$\eta=1-\sum P'/P_1$	-	0,78	0,87	0,88	0,89	0,9	0,89
21	$\cos\varphi=I_{1a}/I_1$	-	0,355	0,57	0,76	0,81	0,835	0,833



2.8-расм. Лойиҳаланган моторнинг иш  
характеристикалари,  $P_2=75$  кВт,  $2p=8$ ,  $U_N=380/660$  В

Фаза роторли асинхрон мотор учун иш характеристикаларининг ҳисоби 2.4-жадвалда берилган ва 2.8-расмда унинг характеристикалари қурилган. (1.8 ва 1.11-жадвалларда берилган математик моделлар асосида (I қисм) иш ва ишга тушириш характеристикаларини фаза роторли асинхрон мотор учун ҳам (баъзи ўзгартиришлар киритган ҳолда) ҳисоблаш мумкин).

Фаза роторли асинхрон моторнинг иссиқлик ҳисоби ҳам қисқа туташган роторли асинхрон моторни ҳисоблагандай амалга оширилади (I қисмга қаранг).

*Хулоса.* Лойиҳаланган фаза роторли асинхрон мотор давлат андозаларидаги техник талабларни тўла қаноатлантиради.

## ИЛОВАЛАР

1-Илова. 2013 пулат учун асинхрон мотор тишларининг магнитланиш эгри чизигига оид маълумотлар

В.Тл	0	0.01	0.02	0.03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,4	124	127	130	133	136	138	141	144	147	150
0,5	154	157	160	164	167	171	174	177	180	184
0,6	188	191	194	198	201	205	208	212	216	220
0,7	223	226	229	233	236	240	243	247	250	253
0,8	256	259	262	265	268	271	274	277	280	283
0,9	286	290	293	297	301	304	308	312	316	320
1,0	324	229	333	338	342	346	350	355	360	365
1,1	370	375	380	385	391	396	401	406	411	417
1,2	424	430	436	442	448	455	461	467	473	479
1,3	486	495	504	514	524	533	563	574	584	585
1,4	586	598	610	622	634	646	658	670	683	696
1,5	709	722	735	749	763	777	791	805	820	835
1,6	850	878	906	934	962	990	1020	1050	1080	1110
1,7	1150	1180	1220	1250	1290	1330	1360	1400	1440	1480
1,8	1520	1570	1620	1670	1720	1770	1830	1880	1940	2010
1,9	2070	2160	2250	2340	2430	2520	2640	2760	2890	3020
2,0	3150	3320	3500	3680	3860	4040	4260	4480	4700	4920
2,1	5140	5440	5740	6050	6360	6670	7120	7570	8020	8470
2,2	8920	9430	9940	10460	10980	11500	12000	12600	13200	13800
2,3	14400	15100	15800	16500	17200	18000	18800	19600	20500	21400

2-Илова. 2013 пулат учун асинхрон мотор ярмосининг магнитланиш эгри чизигига оид маълумотлар

В.Тл	0	0.01	0.02	0.03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,4	52	53	54	55	56	58	59	60	61	62
0,5	64	65	66	67	69	71	72	74	76	78
0,6	80	81	83	85	87	89	91	93	95	97
0,7	100	102	104	106	108	111	113	115	118	121
0,8	124	126	129	132	135	138	140	143	146	149
0,9	152	155	158	161	164	168	171	174	177	181
1,0	185	188	191	195	199	203	206	209	213	217
1,1	221	225	229	233	237	241	245	249	253	257
1,2	262	267	272	277	283	289	295	301	307	313
1,3	320	327	334	341	349	357	365	373	382	391
1,4	400	410	420	430	440	450	464	478	492	506
1,5	520	542	564	586	608	630	654	678	702	726
1,6	750	788	826	864	902	940	982	1020	1070	1110
1,7	1150	1220	1290	1360	1430	1500	1600	1700	1800	1900
1,8	2000	2160	2320	2490	2650	2810	2960	3110	3270	3420
1,9	3570	3800	4030	4260	4490	4720	4930	5140	5350	5560
2,0	5770	6000	6300	6600	7000	7400	7900	8400	9000	9700

Илова. ПЭТВ ва ПЭТ – 155 маркали мис думалоқ симларнинг диаметри ва кўндаланг кесим юзасига оид маълумотлар

Изоляция-ланмаган сим диаметри, мм	Изоляция-ланган сим диаметри, мм	Симнинг кесим юзаси, мм <sup>2</sup>	Изоляция-ланмаган сим диаметри, мм	Изоляция-ланган сим диаметри, мм	Симнинг кесим юзаси, мм <sup>2</sup>
1	2	3			3
0,08	0,10	0,00502	(0,53)	0,585	0,221
0,09	0,11	0,00636	0,56	0,615	0,246
0,10	0,122	0,00785	0,60	0,655	0,283
0,112	0,134	0,00985	0,63	0,69	0,312
0,125	0,147	0,01227	0,71	0,77	0,396
(0,132)	0,154	0,01368	0,75	0,815	0,442
0,14	0,162	0,01539	0,80	0,865	0,503
0,15	0,18	0,01767	0,85	0,915	0,567
0,16	0,19	0,0201	0,90	0,965	0,636
0,17	0,20	0,0227	0,95	1,015	0,709
0,18	0,21	0,0255	1,00	1,08	0,785
(0,19)	0,22	0,0284	1,06	1,14	0,883
0,20	0,23	0,0314	1,12	1,20	0,985
(0,212)	0,242	0,0353	1,18	1,26	1,094
0,244	0,259	0,0394	1,25	1,33	1,227
(0,236)	0,271	0,0437	1,32	1,405	1,368
0,25	0,285	0,491	1,40	1,485	1,539
(0,265)	0,300	0,0552	1,50	1,585	1,767
0,28	0,315	0,0616	1,60	1,685	1,2011
(0,30)	0,335	0,0707	1,70	1,785	2,27
0,315	0,350	0,0779	1,80	1,895	2,54
0,335	0,370	0,0881	1,90	1,995	2,83
0,355	0,395	0,099	2,00	2,095	3,14
0,375	0,415	0,1104	2,12	2,22	3,53
0,40	0,44	0,1257	2,24	2,34	3,94
0,425	0,465	0,1419	2,50	2,60	4,91
0,45	0,49	0,1590	2,60	2,72	5,25
0,50	0,545	0,1963	2,70	2,84	5,46

4-Илова. 2211 ва 2312 пулат учун асинхрон мотор ярмосининг магнитланиш эгри чизигига оид маълумотлар

В,Тл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	Н. А/м									
0,4	89	91	93	94	96	98	100	102	104	106
0,5	108	110	113	115	118	120	122	124	126	128
0,6	131	134	136	139	141	144	147	150	153	156
0,7	159	162	166	169	172	176	180	183	186	190
0,8	194	198	201	204	208	212	216	220	223	227
0,9	231	235	239	243	248	252	255	260	265	269
1,0	274	279	284	289	295	300	305	311	318	323
1,1	332	338	344	351	357	367	374	382	390	398
1,2	410	418	426	435	444	455	466	475	487	498
1,3	509	521	533	546	558	572	585	600	618	635
1,4	656	675	695	717	740	763	789	815	843	870
1,5	905	934	965	1000	1040	1090	1130	1190	1240	1290
1,6	1370	1440	1520	1590	1660	1720	1820	1920	2010	2100
1,7	2180	2310	2410	2550	2610	2720	2840	2980	3130	3290
1,8	3460	3630	3800	3970	4140	4301	4490	4670	4850	5040
1,9	5220	5600	6000	6400	6900	7400	7900	8500	9100	9700
2,0	10400	11100	11800	12500	13300	14100	14900	15800	16700	17600

5-Илова. 2211 ва 2312 пулат учун асинхрон мотор тишларининг магнитланиш эгри чизигига оид маълумотлар

В,Тл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	Н. А/м									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,4	140	143	146	149	152	155	158	161	164	171
0,5	174	177	180	184	186	190	192	196	198	202
0,6	204	209	213	216	221	224	229	233	237	241
0,7	245	249	253	257	262	267	272	277	282	287
0,8	292	297	302	306	311	316	322	326	331	337
0,9	342	347	353	360	366	372	379	384	390	396
1,0	403	409	417	425	433	440	450	460	470	477
1,1	488	497	509	517	527	537	547	559	570	582
1,2	593	602	613	626	638	651	663	677	695	710
1,3	724	738	755	770	790	804	820	840	857	879
1,4	897	917	936	955	977	1000	1020	1040	1060	1090
1,5	1120	1150	1170	1210	1240	1270	1310	1330	1370	1410
1,6	1450	1490	1530	1560	1610	1650	1690	1750	1790	1840
1,7	1900	1940	2000	2070	2140	2220	2300	2380	2500	2600
1,8	2700	2800	2920	3050	3220	3330	3490	3610	3710	4000
1,9	4160	4350	4600	4800	5030	5330	5430	5790	6130	6420
2,0	6750	7170	7400	7790	8150	8520	9000	9400	9750	10200
2,1	10600	11000	11500	12100	12600	13000	13500	14100	14700	15400
2,2	15900	16500	17300	17800	18500	19100	19600	20300	21100	22000
2,3	23100	24300	25500	26800	28100	29500	30900	32400	33900	36400

6-Илова. Электр чўткалари ўлчамларининг ўзгариши (шкаласи),  $b_q \times L_q \times h_q$

$b_q$ - тагирен- шил ўлчами	$L_q$ - ўк ўлчами											
	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	32	40	50	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
4	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12,5	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5	5	16	16	-	-	-	-	-	-	-	
	-	16	20	20	20	20	-	-	-	-	-	
5	-	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	5	16	16	-	-	-	-	-	-	-	
	-	16	20	20	20	20	-	-	-	-	-	
	-	-	25	25	25	25	25	-	-	-	-	
	-	-	-	-	32	32	32	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	
6,3	-	-	20	20	20	-	-	-	-	-	-	
	-	-	25	25	25	25	25	-	-	-	-	
	-	-	-	32	32	32	32	32	32	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	40	40	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	25	25	25	25	25	-	-	-	
	-	-	-	32	32	32	32	32	32	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	40	40	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	50	50	-	-	
10	-	-	-	-	25	25	25	-	-	-	-	
	-	-	-	-	32	32	32	32	32	-	-	
	-	-	-	-	-	-	40	40	40	40	-	
	-	-	-	-	-	-	-	50	50	50	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12,5	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	32	32	32	32	-	-	
	-	-	-	-	-	-	40	40	40	40	-	
	-	-	-	-	-	-	-	50	50	50	50	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16	-	-	-	-	-	-	32	32	32	-	-	
	-	-	-	-	-	-	40	40	40	40	-	
	-	-	-	-	-	-	50	50	50	50	50	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	-	-	-	-	-	-	-	32	32	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	40	40	40	-	
	-	-	-	-	-	-	-	50	50	50	50	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	-	-	40	40	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	50	50	50	
	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64	64	

7-Илова. Электр машиналарининг тавсия қилинадиган ҳисобий параметрлари ва чўткаларнинг ишлаш шартлари

Чўтка маркаларининг белгиси	Марка гуруҳларининг номи	жаффт чўткаларнинг қабул қилинган ток ёқиди бўйича ушларни куланиш тушури	ТОК ЭРИЛИГИ, А/СМ <sup>2</sup>	тезлик, м/с	Чўтканинг босими, кПа	Энг кўп қўлданни ланиган жойлари
1	2	3	4	5	6	7
Г-20 Г-21 Г-22	Кўмир графитли	2.9 4.3 2.5	15 5 10	40 30 30	50 15- 100 40	Коммутацияси яхшиланган коллек торли узгарувчан ток машинаси
Г3 611М 6110М	Графитли	1.9 2.0 2.0	11 12 15	25 40 90	20-25 20-25 12-22	Контакт халқалари ва коммутацияси яхшиланган генератор ва моторлар.
ЭГ2А ЭГ2АФ ЭГ4 ЭГ8 ЭГ14 ЭГ51 ЭГ61 ЭГ71 ЭГ74 ЭГ74АФ ЭГ85	Электр-графитланган	2.6 2.2 2.0 2.4 2.5 2.2 3.0 2.2 2.7 2.3 2.3	10 15 12 10 11 12 13 12 15 15 15	45 90 40 40 40 60 60 40 50 60 50	15-21 15-20 20-40 20-40 20-25 35-50 20-25 17.5- 25 15-21 17.5- 35	Контакт халқалари ва коммутацияси уртача ва қийин бўлган генератор ва моторлар.
М1 М3 М6 М20 МГ МГ2 МГ4 МГ64 МГС0 МГС5	Метал-графитланган	1.5 1.8 1.5 1.4 0.2 0.5 1.1 0.5 0.2 2.0	15 12 15 12 20 20 15 25 20 15	25 20 25 20 20 20 20 25 20 35	15-20 15-20 15-20 15-20 18-23 18-23 20-25 15-20 18-23 20-25	Контакт халқалар ва паст вольтли генераторлар

## Среднее квадратическое отклонение

ν	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2,00	1,463	1,545	1,626	1,706	1,785	1,865	1,945	2,025	2,105	2,185	2,265	2,345	2,425	2,505	2,585	—	—	—	—
2,10	1,559	1,641	1,722	1,802	1,881	1,961	2,041	2,121	2,201	2,281	2,361	2,441	2,521	2,601	2,681	—	—	—	—
2,20	1,655	1,737	1,818	1,898	1,978	2,058	2,138	2,218	2,298	2,378	2,458	2,538	2,618	2,698	2,778	—	—	—	—
2,30	1,751	1,833	1,914	1,994	2,074	2,154	2,234	2,314	2,394	2,474	2,554	2,634	2,714	2,794	2,874	—	—	—	—
2,40	1,847	1,929	2,010	2,090	2,170	2,250	2,330	2,410	2,490	2,570	2,650	2,730	2,810	2,890	2,970	—	—	—	—
2,50	1,943	2,025	2,106	2,186	2,266	2,346	2,426	2,506	2,586	2,666	2,746	2,826	2,906	2,986	3,066	—	—	—	—
2,60	2,039	2,121	2,202	2,282	2,362	2,442	2,522	2,602	2,682	2,762	2,842	2,922	3,002	3,082	3,162	—	—	—	—
2,70	2,135	2,217	2,298	2,378	2,458	2,538	2,618	2,698	2,778	2,858	2,938	3,018	3,098	3,178	3,258	—	—	—	—
2,80	2,231	2,313	2,394	2,474	2,554	2,634	2,714	2,794	2,874	2,954	3,034	3,114	3,194	3,274	3,354	—	—	—	—
2,90	2,327	2,409	2,490	2,570	2,650	2,730	2,810	2,890	2,970	3,050	3,130	3,210	3,290	3,370	3,450	—	—	—	—
3,00	2,423	2,505	2,586	2,666	2,746	2,826	2,906	2,986	3,066	3,146	3,226	3,306	3,386	3,466	3,546	—	—	—	—
3,10	2,519	2,601	2,682	2,762	2,842	2,922	3,002	3,082	3,162	3,242	3,322	3,402	3,482	3,562	3,642	—	—	—	—
3,20	2,615	2,697	2,778	2,858	2,938	3,018	3,098	3,178	3,258	3,338	3,418	3,498	3,578	3,658	3,738	—	—	—	—
3,30	2,711	2,793	2,874	2,954	3,034	3,114	3,194	3,274	3,354	3,434	3,514	3,594	3,674	3,754	3,834	—	—	—	—
3,40	2,807	2,889	2,970	3,050	3,130	3,210	3,290	3,370	3,450	3,530	3,610	3,690	3,770	3,850	3,930	—	—	—	—
3,50	2,903	2,985	3,066	3,146	3,226	3,306	3,386	3,466	3,546	3,626	3,706	3,786	3,866	3,946	4,026	—	—	—	—
3,60	3,000	3,082	3,162	3,242	3,322	3,402	3,482	3,562	3,642	3,722	3,802	3,882	3,962	4,042	4,122	—	—	—	—
3,70	3,096	3,178	3,258	3,338	3,418	3,498	3,578	3,658	3,738	3,818	3,898	3,978	4,058	4,138	4,218	—	—	—	—
3,80	3,193	3,275	3,355	3,435	3,515	3,595	3,675	3,755	3,835	3,915	4,000	4,080	4,160	4,240	4,320	—	—	—	—
3,90	3,289	3,371	3,452	3,532	3,612	3,692	3,772	3,852	3,932	4,012	4,092	4,172	4,252	4,332	4,412	—	—	—	—
4,00	3,385	3,467	3,548	3,628	3,708	3,788	3,868	3,948	4,028	4,108	4,188	4,268	4,348	4,428	4,508	—	—	—	—
4,10	3,482	3,564	3,644	3,724	3,804	3,884	3,964	4,044	4,124	4,204	4,284	4,364	4,444	4,524	4,604	—	—	—	—
4,20	3,578	3,660	3,740	3,820	3,900	3,980	4,060	4,140	4,220	4,300	4,380	4,460	4,540	4,620	4,700	—	—	—	—
4,30	3,675	3,757	3,837	3,917	4,000	4,080	4,160	4,240	4,320	4,400	4,480	4,560	4,640	4,720	4,800	—	—	—	—
4,40	3,771	3,853	3,933	4,013	4,093	4,173	4,253	4,333	4,413	4,493	4,573	4,653	4,733	4,813	4,893	—	—	—	—
4,50	3,867	3,949	4,029	4,109	4,189	4,269	4,349	4,429	4,509	4,589	4,669	4,749	4,829	4,909	4,989	—	—	—	—
4,60	3,964	4,046	4,126	4,206	4,286	4,366	4,446	4,526	4,606	4,686	4,766	4,846	4,926	5,006	5,086	—	—	—	—
4,70	4,060	4,142	4,222	4,302	4,382	4,462	4,542	4,622	4,702	4,782	4,862	4,942	5,022	5,102	5,182	—	—	—	—
4,80	4,157	4,239	4,319	4,399	4,479	4,559	4,639	4,719	4,799	4,879	4,959	5,039	5,119	5,199	5,279	—	—	—	—
4,90	4,253	4,335	4,415	4,495	4,575	4,655	4,735	4,815	4,895	4,975	5,055	5,135	5,215	5,295	5,375	—	—	—	—
5,00	4,350	4,432	4,512	4,592	4,672	4,752	4,832	4,912	4,992	5,072	5,152	5,232	5,312	5,392	5,472	—	—	—	—
5,10	4,446	4,528	4,608	4,688	4,768	4,848	4,928	5,008	5,088	5,168	5,248	5,328	5,408	5,488	5,568	—	—	—	—
5,20	4,543	4,625	4,705	4,785	4,865	4,945	5,025	5,105	5,185	5,265	5,345	5,425	5,505	5,585	5,665	—	—	—	—
5,30	4,639	4,721	4,801	4,881	4,961	5,041	5,121	5,201	5,281	5,361	5,441	5,521	5,601	5,681	5,761	—	—	—	—
5,40	4,736	4,818	4,898	4,978	5,058	5,138	5,218	5,298	5,378	5,458	5,538	5,618	5,698	5,778	5,858	—	—	—	—
5,50	4,832	4,914	4,994	5,074	5,154	5,234	5,314	5,394	5,474	5,554	5,634	5,714	5,794	5,874	5,954	—	—	—	—
5,60	4,929	5,011	5,091	5,171	5,251	5,331	5,411	5,491	5,571	5,651	5,731	5,811	5,891	5,971	6,051	—	—	—	—
5,70	5,025	5,107	5,187	5,267	5,347	5,427	5,507	5,587	5,667	5,747	5,827	5,907	5,987	6,067	6,147	—	—	—	—
5,80	5,122	5,204	5,284	5,364	5,444	5,524	5,604	5,684	5,764	5,844	5,924	6,004	6,084	6,164	6,244	—	—	—	—
5,90	5,218	5,300	5,380	5,460	5,540	5,620	5,700	5,780	5,860	5,940	6,020	6,100	6,180	6,260	6,340	—	—	—	—
6,00	5,315	5,397	5,477	5,557	5,637	5,717	5,797	5,877	5,957	6,037	6,117	6,197	6,277	6,357	6,437	—	—	—	—
6,10	5,411	5,493	5,573	5,653	5,733	5,813	5,893	5,973	6,053	6,133	6,213	6,293	6,373	6,453	6,533	—	—	—	—
6,20	5,508	5,590	5,670	5,750	5,830	5,910	5,990	6,070	6,150	6,230	6,310	6,390	6,470	6,550	6,630	—	—	—	—
6,30	5,604	5,686	5,766	5,846	5,926	6,006	6,086	6,166	6,246	6,326	6,406	6,486	6,566	6,646	6,726	—	—	—	—
6,40	5,701	5,783	5,863	5,943	6,023	6,103	6,183	6,263	6,343	6,423	6,503	6,583	6,663	6,743	6,823	—	—	—	—
6,50	5,797	5,879	5,959	6,039	6,119	6,199	6,279	6,359	6,439	6,519	6,599	6,679	6,759	6,839	6,919	—	—	—	—
6,60	5,894	5,976	6,056	6,136	6,216	6,296	6,376	6,456	6,536	6,616	6,696	6,776	6,856	6,936	7,016	—	—	—	—
6,70	5,990	6,072	6,152	6,232	6,312	6,392	6,472	6,552	6,632	6,712	6,792	6,872	6,952	7,032	7,112	—	—	—	—
6,80	6,087	6,169	6,249	6,329	6,409	6,489	6,569	6,649	6,729	6,809	6,889	6,969	7,049	7,129	7,209	—	—	—	—
6,90	6,183	6,265	6,345	6,425	6,505	6,585	6,665	6,745	6,825	6,905	6,985	7,065	7,145	7,225	7,305	—	—	—	—
7,00	6,280	6,362	6,442	6,522	6,602	6,682	6,762	6,842	6,922	7,002	7,082	7,162	7,242	7,322	7,402	—	—	—	—
7,10	6,377	6,459	6,539	6,619	6,699	6,779	6,859	6,939	7,019	7,099	7,179	7,259	7,339	7,419	7,499	—	—	—	—
7,20	6,473	6,555	6,635	6,715	6,795	6,875	6,955	7,035	7,115	7,195	7,275	7,355	7,435	7,515	7,595	—	—	—	—
7,30	6,570	6,652	6,732	6,812	6,892	6,972	7,052	7,132	7,212	7,292	7,372	7,452	7,532	7,612	7,692	—	—	—	—
7,40	6,667	6,749	6,829	6,909	6,989	7,069	7,149	7,229	7,309	7,389	7,469	7,549	7,629	7,709	7,789	—	—	—	—
7,50	6,763	6,845	6,925	7,005	7,085	7,165	7,245	7,325	7,405	7,485	7,565	7,645	7,725	7,805	7,885	—	—	—	—
7,60	6,860	6,942	7,022	7,102	7,182	7,262	7,342	7,422	7,502	7,582	7,662	7,742	7,822	7,902	7,982	—	—	—	—
7,70	6,957	7,039	7,119	7,199	7,279	7,359	7,439	7,519	7,599	7,679	7,759	7,839	7,919	8,000	8,080	—	—	—	—
7,80	7,053	7,135	7,215	7,295	7,375	7,455	7,535	7,615	7,695	7,775	7,855	7,935	8,015	8,095	8,175	—	—	—	—
7,90	7,150	7,232	7,312	7,392	7,472	7,552	7,632	7,712	7,792	7,872	7,952	8,032	8,112	8,192	8,272	—	—	—	—
8,00	7,247	7,329	7,409	7,489	7,569	7,649	7,729	7,809	7,889	7,969	8,049	8,129	8,209	8,289	8,369	—	—	—	—
8,10	7,343	7,425	7,505	7,585	7,665	7,745	7,825	7,905	7,985	8,065	8,145	8,225	8,305	8,385	8,465	—	—	—	—
8,20	7,440	7,522	7,602	7,682	7,762	7,842	7,922	8,002	8,082	8,162	8,242	8,322	8,402	8,482	8,562	—	—	—	—
8,30	7,537	7,619	7,699	7,779	7,859	7,939	8,019	8,099	8,179	8,259	8,339	8,419	8,499	8,579	8,659	—	—	—	—
8,40	7,633	7,715</																	

## Асинхрон моторларни лойihalаш тошпирик вариантлари

Киска туташган роторли асинхрон мотор учун $U_{LN}=220/380$ В.						Фаза роторли асинхрон мотор учун $U_{LN}=380/660$ В.											
Вариантлар номери		Номинал қуввати, $P_N$ , кВт	Статор магнит майдонининг айланмиш частотаси, айл/мин		$U_{\Gamma a}$ юкланиш кoeffициенти, $M_{max}/M_N$	Ишга тушириш моментининг номинал моментга нисбати, $M_{st}/M_N$	Ишга тушириш тоқининг қаррамлиги $I_{st}/I_N$	Вариантлар номери		Номинал қуввати, $P_N$ , кВт	Статор магнит майдонининг айланмиш частотаси, айл/мин		$U_{\Gamma a}$ юкланиш кoeffициенти, $M_{max}/M_N$	Ишга тушириш моментининг номинал моментга нисбати, $M_{st}/M_N$	Ишга тушириш тоқининг қаррамлиги $I_{st}/I_N$		
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	3	3000	2,2	2,0	6,5	1	55	500	1,8	1,0	5,5	1	55	500	1,8	1,0	5,5
2	4	750	2,2	1,8	6,0	2	45	600	1,8	1,0	5,0	2	45	600	1,8	1,0	5,0
3	5,5	1000	2,2	2,0	7,0	3	30	750	1,9	1,2	5,5	3	30	750	1,9	1,2	5,5
4	7,5	750	2,2	1,4	6,0	4	22	750	1,9	1,2	5,5	4	22	750	1,9	1,2	5,5
5	11	3000	2,2	1,6	7,5	5	110	750	1,9	1,2	5,5	5	110	750	1,9	1,2	5,5
6	15	750	2,0	1,2	6,0	6	132	750	1,2	0,9	5,5	6	132	750	1,2	0,9	5,5
7	18,5	1000	2,0	1,2	6,0	7	132	3000	2,2	1,2	7,0	7	132	3000	2,2	1,2	7,0
8	22	750	2,0	1,2	6,0	8	18,5	1000	2,0	1,2	6,0	8	18,5	1000	2,0	1,2	6,0
9	30	3000	2,2	1,4	7,5	9	37	1000	2,0	1,2	6,5	9	37	1000	2,0	1,2	6,5
10	37	750	2,0	1,2	6,0	10	75	1500	2,2	1,2	6,5	10	75	1500	2,2	1,2	6,5
11	45	750	2,0	1,2	6,0	11	90	1500	2,2	1,2	6,5	11	90	1500	2,2	1,2	6,5
12	55	3000	2,2	1,4	7,5	12	110	1500	2,2	1,2	6,5	12	110	1500	2,2	1,2	6,5
13	75	1500	2,2	1,2	7,0	13	132	1500	2,0	1,2	6,0	13	132	1500	2,0	1,2	6,0
14	90	1000	1,9	1,2	7,0	14	160	750	1,9	1,1	5,5	14	160	750	1,9	1,1	5,5
15	110	750	1,9	1,0	6,5	15	200	750	1,9	1,1	5,5	15	200	750	1,9	1,1	5,5
16	132	3000	2,2	1,2	7,0	16	22	3000	2,2	1,3	7,0	16	22	3000	2,2	1,3	7,0
17	3	1500	2,2	2,0	6,5	17	30	3000	2,2	1,3	7,0	17	30	3000	2,2	1,3	7,0
18	4	3000	2,2	2,0	7,5	18	37	3000	2,2	1,2	7,0	18	37	3000	2,2	1,2	7,0
19	5,5	750	2,2	1,8	6,0	19	45	3000	2,2	1,3	7,0	19	45	3000	2,2	1,3	7,0
20	7,5	1500	2,2	2,0	7,5	20	90	3000	2,2	1,2	7,0	20	90	3000	2,2	1,2	7,0
21	1,1	3000	2,2	2	5,5	21	55	3000	2,2	1,3	7	21	55	3000	2,2	1,3	7
22	90	3000	2,2	1,2	7,5	22	30	1500	2,2	1,2	6,5	22	30	1500	2,2	1,2	6,5
23	160	3000	1,9	1,2	7	23	37	1500	2,2	1,2	6,5	23	37	1500	2,2	1,2	6,5
24	22	1500	2,2	1,4	7	24	45	1500	2,2	1,2	6,5	24	45	1500	2,2	1,2	6,5
25	30	1500	2,2	1,4	7	25	22	1000	2	1,2	6	25	22	1000	2	1,2	6
26	37	1500	2,2	1,4	7	26	30	1000	2	1,2	6	26	30	1000	2	1,2	6
27	2,2	1500	2,2	2	6	27	45	1000	2	1,2	6,5	27	45	1000	2	1,2	6,5
28	11	1000	2	1,2	6	28	55	1000	2	1,2	6,5	28	55	1000	2	1,2	6,5
29	30	1000	2	1,2	6,5	29	15	750	1,2	1	5,5	29	15	750	1,2	1	5,5
30	1,1	1000	2,2	2	4	30	18,5	750	1,2	1	5,5	30	18,5	750	1,2	1	5,5

### *Фойдаланилган адабиётлар*

1. Копылов И.П. Проектирование электрических машин. М.: Высшая школа, 2002. – 757 с.
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.:Высш.шк.. 2001,–430 с
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.
8. Лихачев В.Л. Электродвигатели асинхронные. – М.: