

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТИ

Электр энергетика және электртехника институты
5B071800 – Электр энергетикасы мамандығы
Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

1

жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Асқар Ернур Еділбекұлы
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Қысқаша түйінделген роторлы асинхронды қозғалтқышты есептеу
ректордың «26» қазан 2019 ж. №124 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «27» 05 2019 ж.

Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Асинхронды қозғалтқыштың номинал қуаты $P_n = 37 \text{ кВт}$
номинал кернеу $U_n = 380/660 \text{ В}$; полюстер саны; $2p = 2$; жоралманы
ток жиілігі $f = 50 \text{ Гц}$; қоршаған орта әсерінен қорғау дәрежесі
IP44

Диплом жұмысындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жұмысының қысқаша мазмұны:

Дипломдық жұмыста қысқаша түйінделген роторлы асинхронды қозғалтқышты есептеу нәтижелері келтірілген
Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі, сонымен
қатар электр машиналарының заманауи серияларын
мен электр машиналардың дайындық негізгі үрдістері
келтірілген. Қозғалтқышпен тудан жасалған қоздырғыштың
шаралары келтірілген. Қысқаша түйінделген роторлы асинх-
ронды қозғалтқыштың құрылыс және жұмыс параметрлерін шығару
және жандық экономикалық тиімділік есептеуі.

ДИПЛОМ ЖҰМЫСЫН ДАЙЫНДАУ

К Е С Т Е С І

№ p/c	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	Технологиялық бөлім	25.01.19	орындалған
1.1	Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі	27.01.19	орындалған
1.2.	Электр машиналарының жала- мау сұлмалары	29.01.19	орындалған
2	Арнайы бөлім		
2.1	Қозғалтқыштың негізгі өлшемдерін таңдау және есептеу	9.02.19	орындалған
2.2	Статордың орамасын есептеу	15.02.19	орындалған
2.3	Статордың шеткі аймағын және оған ағынның өлшемдерін анықтау	22.02.19	орындалған
2.4	Ротордың есептеу	1.03.19	орындалған
2.5	Магниттік тізбекті есептеу	19.03.19	орындалған
2.6.	Жұмыстық режимнің параметр- лерін есептеу	27.03.19	орындалған
2.7.	Шындықтардың есептеу	4.04.19	орындалған
2.8.	Жұмыстық сипаттамаларын есептеу	11.04.19	орындалған
2.9.	Іске қосу сипаттамаларын есептеу	19.04.19	орындалған
2.10.	Жылуды және жылынды есептеу	22.04.19	орындалған
3.	Өмір тиімділік қауіпсіздік кезіндегі	13.05.19	орындалған
4	Экономикалық бөлім	17.05.19	орындалған

Тапсырманың берілген уақыты « 25 » 01 2019 ж.

Кафедра меңгерушісі

(колы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жұмыс жетекшісі

(колы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы

қабылдаған студент

(колы) (аты -жөні)

Аңдатпа

Ұсынылып отырған дипломдық жұмыс «Қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты есептеу» тақырыбына орындалған.

Технологиялық бөлімде асинхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі қарастырылған. Сонымен қатар электр машиналарының заманауи сериялары мен электр машиналардың дамытудағы негізгі үрдістері келтірілген.

Арнайы бөлімде қуаты 37кВт қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың есептеу нәтижелері келтірілген. Қозғалтқыш конструкциясы элементтерінің өлшемдері анықталды. Статор, ротор паздарын, оларды дайындау материалдарын және орау үшін пайдаланылатын өткізгішті таңдау үшін есептеулер жүргізілді. Жұмыс техникалық тапсырманың талаптарын қанағаттандырады.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде электр қозғалтқыштармен жұмыс жасаған кездегі сақтық шаралары келтірілген. Кеңсе бөлмесінің табиғи және жасанды жарықтандыруының есептеуі жүргізілді. Ауа кондиционерлеудің есептеу жүйесі қарастырылған.

Экономикалық бөлімде асинхронды қозғалтқышты есептеуге бөлінетін капиталдық салымдарының есептеуі келтірілген. Қозғалтқыштың құрастыру жұмыстарына кететін шығындар мен жылдық экономикалық тиімділік анықталды.

Аннотация

Данная дипломная работа выполнена на тему «Расчет асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором».

В технологической части предусмотрен принцип работы асинхронного двигателя. Кроме того, приведены основные тенденции развития современных серий электрических машин и электрических машин.

В специальном разделе приведены результаты расчета короткозамкнутого асинхронного двигателя мощностью 37 кВт. Определены размеры элементов конструкции двигателя. Произведен расчет для выбора пазов статора, ротора, материалов их изготовления и проводника используемого для обмотки. Работа удовлетворяет требованиям технического задания.

В разделе безопасности жизнедеятельности приведены меры предосторожности при работе с электродвигателями. Проведен расчет естественного и искусственного освещения офисной комнаты. Предусматривается расчетная система кондиционирования воздуха.

В экономической части приведен расчет капитальных вложений для расчета асинхронного двигателя. Определены затраты на сборочные работы двигателя и годовая экономическая эффективность.

Annotation

This thesis is made on «Calculation of asynchronous engine with a short-circuited rotor».

The technological part provides the principle of operation of the induction motor. In addition, given the basic tendencies of development of the modern series of electrical machinery and electrical machinery.

A special section presents the results of the calculation of a closed-loop induction motor with a capacity of 37 kW. The sizes of elements of a design of the engine are defined. The calculation is made to select the grooves of the stator, rotor, materials of their manufacture and the conductor used for the winding. The work meets the requirements of the technical specifications.

In the section of life safety precautions are given when working with electric motors. The calculation of natural and artificial lighting of the office room. A design air conditioning system is provided.

In the economic part of the calculation of capital investments for the calculation of the asynchronous motor. The costs of engine assembly work and annual economic efficiency are determined.

Мазмұны

	Кіріспе	9
1	Технологиялық бөлім	10
1.1	Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі	10
1.2	Электр машиналарының заманауи сериялары	11
2	Арнайы бөлім	13
2.1	Қозғалтқыштың негізгі өлшемдерін таңдау және есептеу	13
2.2	Статордың орамасын есептеу	15
2.3	Статордың щеткалы аймағын және ауа ағынының өлшемдерін анықтау	18
2.4	Роторды есептеу	21
2.5	Магниттік тізбекті есептеу	25
2.6	Жұмыстық режимнің параметрлерін есептеу	29
2.7	Шығындарды есептеу	35
2.8	Жұмыстық сипаттамаларын есептеу	38
2.9	Іске қосу сипаттамаларын есептеу	41
2.10	Жылуды және желдетуді есептеу	45
3	Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімі	50
3.1	Жалпы гигиеналық талаптар	50
3.2	Жарықтандыруды есептеу.	53
3.2.1	Табиғи жарықтандыру	53
3.2.2	Жасанды жарықтандыруды есептеу	56
3.3.	Ауа кондиционерлеудің есептеу жүйесі.	60
4	Экономикалық бөлім	63
4.1	Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу, (базалық нұсқа)	63
4.2	Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу, (есептік нұсқа)	68
4.3	Жобаның экономикалық тиімділігіне есептеу	71
	Қорытынды	73
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	74

Кіріспе

Халық кәсібінде және тұрмыста электр энергиясының мағынасы үнемі артып келеді. Өнеркәсіп, көлік, ауыл шаруашылығы және халықтың тұрмысы әр түрлі электр жабдықтарын пайдалануды талап етеді.

Автоматтандырылған электр жетектің негізі электр қозғалтқыштары болып табылады. Жартылай өткізгішті технологиямен микропроцессорлық басқару жүйесі дамығандықтан, жабық электр жетек жүйесіндегі тұрақты тоқтың қозғалтқыштары бірте-бірте сенімді қысқаша тұйықталған роторлы арзан қозғалтқыштармен алмастырылды.

Айналмалы қозғалысты орындайтын үш фазалы асинхронды қозғалтқышты алғаш рет 1889 жылы М. О. Доливо-Добровольский ұсынды. Екі негізгі бөліктен тұрады: қозғалмайтын статор және айналмалы ротор.

Асинхронды қозғалтқыштар кең тараған электр машианалардың бірі, электр энергиясын механикалық энергияға негізгі түрлендіргіштердің бірі болып табылады. Негізгі екі бөліктен тұрады: қозғалмайтын статор және айналмалы ротор. Статор статордың өзекшесі нығыздалған станинадан тұрады. Өзекшенің міндеті айналмалы магнит өрісін құру. Магнитөткізгіш қалыпталған, жұқа электротехникалық болат қаңылтырларынан тұрады. Қалыңдығы (қозғалтқыштың өлшемдері мен қажетті параметрлеріне байланысты) 0,28-ден 1мм-ге дейін.

Қозғалтқыш роторының өзегі статордың өзегіне ұқсас электр техникалық болат қаңылтырларынан тұрады. Ротордың орамалары қысқа тұйықталған және фазалы болады.

Жабдықтарды қайта өңдеуге арналған асинхронды қозғалтқыштарды жөндеу және жөндеу құны қызмет көрсету құнының 5% -нан астамын құрайды. Сондықтан жоғары экономикалық және сенімді асинхронды қозғалтқыштардың сериясын құру маңызды халықтық - шаруашылық міндет болып табылады, ал қозғалтқыштарды дұрыс таңдау, оларды пайдалану және жоғары сапалы жөндеу материалдар мен еңбек ресурстарының экономикасында бірінші кезектегі рөл атқарады.

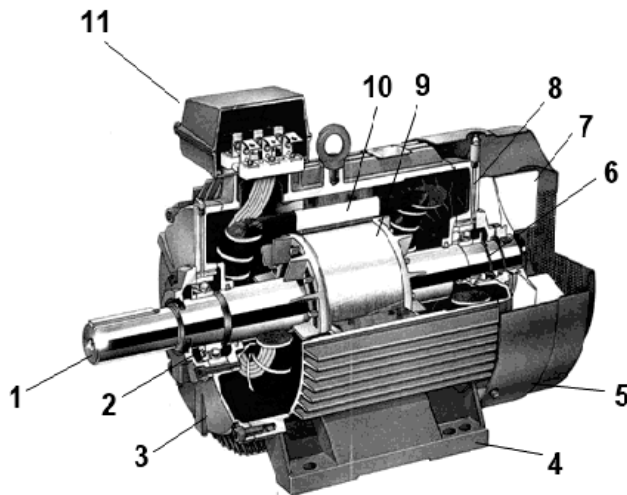
Электр машинасын құрастырған кезде, статордың және ротордың өлшемдері есептелінеді және ораманың түрлері, орамалық сымдар, активтік және құрылымдық материалдардың бөліктері таңдалады.

Берілген дипломдық жұмыста қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышқа есеп жүргізілді.

1 Технологиялық бөлім

1.1. Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі

Қысқаша тұйықталған роторлы қозғалтқыштарда орама шеттерінен тұйықталған мыс немесе құйылған алюминий өзектері түрінде жасалған.

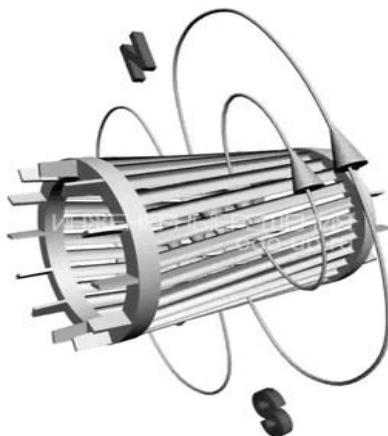


1 – білік; 2-6 мойынтіректер; 3-8 мойынтіректі қалқан; 4 – табандар, 5 – желдеткіш қаптамасы; 7 – желдеткіш қалақтары; 9 – қысқаша тұйықталған ротор; 10 – статор; 11 – қоректендіру көзін өткізу қорабы.

1.1 сурет - Қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың құрылысы

Үшфазалы асинхронды электр қозғалтқыштың жұмыс жасау принципі үшфазалы ток желісіне қосылған кезде айналмалы магнит өрісін тудыру қабілетіне негізделген. Айнымалы токтың құрамдастары уақытпен өзгереді, нәтижесінде олар жасайтын магнит өрісі өзгереді. Бұл ретте үшфазалы орамның нәтижелік магнит өрісі бірдей амплитуданы сақтай отырып, әртүрлі бағдарды қабылдайды.

Төмендегі 1.2 суретте өзекшедегі индукцияланатын токтардың арасындағы айырмашылықты байқауға болады. Бұл магнит өрісінің өзгеру шамасы өзектің әр түрлі жұптарында, олардың өріске қатысты әр түрлі орналасуынан ерекшеленеді. Өзекшедегі токтың өзгеруі уақытпен өзгереді. Суретте ротордың өзекшелері айналу осіне қатысты қисаюын байқауға болады. Бұл жоғары ЭҚҚ гармоникасын азайту және пульсациялық моменттен құтылу үшін жасалады.



1.2 сурет – Қысқа тұйықталған роторды тесіп тұрған айналмалы магнит өрісі

Қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды электр қозғалтқыштардың артықшылықтары:

- әр түрлі жүктеме кезінде шамамен тұрақты жылдамдық;
- қысқа мерзімді механикалық артқы жүктелу мүмкіндігі;
- конструкцияның қарапайымдылығы;
- іске қосу қарапайымдылығы және оны автоматтандыру жеңілдігі;
- фазалық роторлы асинхронды электр қозғалтқыштарына қарағанда $\cos \varphi$ мен ПӘК – тің жоғарлығы.

Қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды электр қозғалтқыштардың кемшіліктері:

- айналу жылдамдығын реттеудеуіндегі қиындықтары;
- үлкен іске қосу тогы;
- жүктеме төмен кезінде $\cos \varphi$ - нің төмендігі.

1.2 Электр машиналарының заманауи сериялары

4А сериялы қозғалтқыштар 80 жылдары үлкен көлемде шығарылған және қазіргі уақытта барлық өнеркәсіптік кәсіпорындарда пайдаланылады. Пайдалануда қозғалтқыштың ең төменгі жалпы құны болды. Серия 0,6 дан 400 кВт-қа дейінгі қуат диапазонын қамтиды және 17 стандартты биіктікте айналуы 50 ден 355 мм. Электр қозғалтқыштарының қуаттары мен белгіленген өлшемдерінің жаңа байланыстырылуына көшу тапшы материалдарды үлкен үнемдеуге мүмкіндік берді. Кейіннен серия жаңғыртылып, серия 4АМ деп аталды. соның салдарынан электр қозғалтқыштарының виброакустикалық және кейбір энергетикалық көрсеткіштері біршама жақсарды.

Әлемдік электротехниканың асинхронды қозғалтқыштар үшін 1980-ші жылдардағы алдыңғы 4А және 4АМ серияларын ауыстыру қажеттілігіне

байланысты ИНТЕРЭЛЕКТРО бұрынғы ұйымы біртұтас асинхронды АИ электр қозғалтқыштарын әзірледі.

Кеңес Одағының суверенді мемлекеттерге ыдырауы электр энергетикасының көптеген зауыттары, тек бір ғана АИ сериясының жеке өлшемдерін шығаратын, шетелде болды. Осылайша, НИПТИЭМ Ресейде шетелде қалдырылған осы өлшемдерді ауыстыру үшін 5А асинхронды электр қозғалтқыштарының жаңа сериясын әзірледі (АИП, 4А электр қозғалтқыштарымен алмастырылды).

5А сериясын жасау кезінде асинхронды электр қозғалтқыштарына әлемдік нарықта олардың бәсекеге қабілеттілігін жоғарылату бойынша өзгертілген талаптар ескеріледі. Көптеген қозғалтқыш көлемдерінде, энергия, виброакустикалық өнімділік, сондай-ақ момент сипаттамалары жақсарды.

АИ және 5А сериялы қозғалтқыштардың жалпы сипаттамалары:

АИ сериясындағы электр қозғалтқыштарының қуаттылығы мен орнату өлшемдері 4А, 4АМ сериясымен байланыстырылады және 0.06 ... 400 кВт диапазонды қамтиды (минутына 1500 айналымның айналу жылдамдығында). Серия осьтің мөңдерін 50-ден 355 мм-ге дейін сипаттайтын 17 өлшемнен тұрады. Қозғалтқыштар 3000, 1500, 1000, 750, 600 және 500 айналым жылдамдықтарында қол жетімді.

Серияның құрылымы келесі топтарды қамтиды:

- негізгі;
- қоршаған орта жағдайлары бойынша модификациялар (суық, ұзақ мерзімді климат үшін, ауыл шаруашылығына арналған электр қозғалтқыштары, шаң үй-жайларында жұмыс істеу үшін, химиялық белсенді орталарда жұмыс істеу үшін);
- орнату өлшемдерінің дәлдігі бойынша электр қозғалтқыштарының модификациялары (орнату өлшемдерінің жоғары дәлдігімен);
- қосымша құрылғылармен асинхронды қозғалтқыштардың модификациялары (электромагниттік тежегішпен орнатылған температуралық қорғаныспен);

Ресейде 5М қозғалтқыштарының қозғалтқыштары (жаңартылған) Владимир электро-машина жасау зауытында өндіріледі. Қазіргі уақытта зауыт 6А сериялы қозғалтқыштарды шығарады. 7А сериясы әзірленуде. Сонымен қатар 1992 жылы Ярославск электр машина жасау зауытында РА электр машиналарының жаңа сериясын құру басталды. Қозғалтқыштарда тұтынушыға машинаның оған ыңғайлы орналасуын таңдауға мүмкіндік беретін алмалы-салмалы табандар пайдаланылады. Бұдан басқа, қозғалтқыштарда тұғырығы материалының 15% дейін үнемдеуге мүмкіндік беретін, бұл ретте жылу беруді жақсартып отырып, тұғырлықты көлденең-тік қабырғалау қолданылады. РА сериясын игеру Ресейдің импортқа тәуелділігін қысқартуға және асинхронды қозғалтқыштардың экспортын дамытуға мүмкіндік берді.

Электр машина жасауды дамытудағы негізгі үрдістер.

Негізгі үрдістерге жатқызуға болады:

- Жұқа корпусық оқшаулауды және оқшаулаудың қалыңдығы аз орама сымдарын қолдану. Бұл ретте орау кеңістігін мыспен толтыру коэффициенті және тиісінше машина көлемін пайдалану артады.

- Қыздыруға төзімді оқшаулауды пайдалану. Қазіргі уақытта класс F оқшаулау ең жиі кездеседі, ауыр жағдайларда жұмыс істейтін машиналарда H класын оқшаулау кеңінен таралған.

- Электротехникалық болаттың жақсартылған маркаларын қолдану. Қазіргі уақытта суықтай илектелген электрлі болат жиі қолданылады. Олардың артықшылығы магнитөткізгішті қасиеті жоғары және ыстықтай илектелгенге қарағанда меншікті шығындары аз.

- Желдеткіштердің өнімділігін арттыру, ауа өткізгіштің аэродинамикалық кедергісін азайту, суыту бетін ұлғайту, сіндіретін лактармен және компаундтармен орамалардағы ауа қабаттарын жақсы толтыру жолымен жылу беруді күшейту жолымен машиналарды салқындатуды жетілдіру.

- Машиналардың есептеу әдістерін жетілдіру.

- Массаның төмендеуі мен беріктіктің жоғарылауын қамтамасыз ету кезінде машиналардың құрылымын жақсарту, ұтымды пішін беру. Сондай-ақ, мұндағы инерцияның динамикалық моментін азайтуға, ротор өзекшесінің ұзындығын оның диаметріне қатықанығын арттыруға; сенімділікті арттыруға ұмтылысты жатқызуға болады.

2 Арнайы бөлім

2.1 Қозғалтқыштың негізгі өлшемдерін таңдау және есептеу

Дипломдық жұмыста қуаты 37 кВт үшфазалы асинхронды электр-қозғалтқышты есептеу қажет, айналу жиілігі 3000 айн / мин, кернеуі 220/380 В, жиілігі 50 Гц; ротор-қысқа тұйықталған, қозғалтқыштың қорғаныс дәрежесі бойынша орындалуы IP44. Базалық модель ретінде 4A200M2У3 типті асинхронды қозғалтқыштың конструкциясы қабылданды.

Негізгі техникалық көрсеткіштері кестеде келтірілген:

2.1 кесте – Қозғалтқыштың негізгі техникалық көрсеткіштері

$P_{2ном}, кВт$	$B_δ, Тл$	$A, А/см$	$J, А/мм^2$	$η_{ном}, \%$	$cos_{ном}φ$	M_{II}	$M_{кр}$
37	0,82	40,3	4,3	90	0,89	1,4	2,5

2.1 кестенің жалғасы

$x_μ$	R_1	x_1	R_2	x_2	R_{2II}	$R_{кII}$	$x_{кII}$	$S_{ном}, \%$	$S_{кр}, \%$
4,1	0,028	0,094	0,021	0,12	0,031	0,060	0,016	1,9	11,5

8.6 кестесі [1, б.275] бойынша статордың сыртқы диаметрі қабылданылады: $D_a = 0,349$ м;

Статордың ішкі диаметрін D анықтаған кезде, пазалардың өлшемдері машинаның полюстер санына сәйкес еместігін ескере отыра келесі жуықталған өрнек алынады:

$$D = k_D \cdot D_a = 0,53 \cdot 0,349 = 0,184 \text{ м.} \quad (2.1)$$

мұндағы: k_D – асинхронды қозғалтқыштың өзекшесінің сыртқы және ішкі диаметрлерінің қатынастарын сипаттайтын коэффициент. 8.7 кесте [1, б.276] бойынша $k_D = 0,53$ қабылданады.

Полюстік бөлімді келесі формула бойынша анықталады:

$$\tau = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot p} = \frac{\pi \cdot 0,184}{2 \cdot 1} = 0,29 \text{ м.} \quad (2.2)$$

мұндағы: p – пар полюстер саны.

Есептік қуатты келесі формула бойынша анықталады:

$$P' = P_2 \cdot \frac{k_E}{\eta \cdot \cos \varphi} = 37000 \cdot \frac{0,985}{0,9 \cdot 0,89} = 45499,381 \text{ В} \cdot \text{А.} \quad (2.3)$$

мұндағы: P_2 – қозғалтқыштың білігіндегі қуат, кВт;

$k_E = 0,985$ статор орамасындағы электр қозғаушы күшінің номиналды кернеуге қатынасы, оның шамасы 8.20 сурет бойынша қабылданады [1, б.276].

Алдын ала есептелінген мәндері η және $\cos \varphi$ МЕСТ – қа сәйкес алынады.

Жуықталған мәндері $\eta = 0,9$ және $\cos \varphi = 0,89$ сурет 8.21 қисықтар бойынша анықталады [1, б.277].

Электромагниттік жүктемелер анықталады (алдын ала сурет 8.6 бойынша [1, б.278]): $A = 40,3 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{м}}$; $B_\delta = 0,82$ Тл;

Екі қабатты орам үшін орамдық коэффициент $2 \cdot p = 2$; кезінде $k_{\text{орама}} = 0,9$; қабылданады.

Магнитөткізгішінің есептік ұзындығы келесі формула бойынша анықталады:

$$l_\delta = \frac{P'}{D^2 \cdot k_B \cdot \Omega \cdot k_{\text{орама}} \cdot A \cdot B_\delta}. \quad (2.4)$$

мұндағы: Ω – қозғалтқыштың синхронды бұрыштық жылдамдығы, рад/с:

$$\Omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{p} = 314,159. \quad (2.5)$$

k_B – өріс формасының коэффициенті:

$$k_B = \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{3,14}{2 \cdot \sqrt{2}} = 1,11. \quad (2.6)$$

Онда:

$$l_\delta = \frac{45499,381}{0,184^2 \cdot 1,11 \cdot 314,159 \cdot 0,9 \cdot 40,3 \cdot 10^3 \cdot 0,82} = 0,128 \text{ м};$$

D және l_δ таңдауының дұрыстығының критеріі:

$$\lambda = \frac{l_\delta}{\tau} = \frac{0,128}{0,129} = 0,441. \quad (2.7)$$

Берілген жағдайда рұқсат етілген шектерде орналасқан, 8.25 сурет бойынша көрсетілген [1, б.280].

2.2 Статордың орамасын есептеу

Тістік бөлінуді $t_z = 0,017$ м; қабылданылады 8.26 сурет бойынша [1, б.282].

Шектік мәндері: $t_z: t_{z_{1max}} = 18,5$ мм; $t_{z_{1min}} = 15,6$ мм.

Сонда таңдалған диапазонға сәйкес келетін статордың пазаларының саны t_z :

$$Z_{1min} \cdot K \cdot Z_{1max} = \frac{\pi \cdot D}{t_{z_{1max}}} \cdot K \cdot \frac{\pi \cdot D}{t_{z_{1min}}}; \quad (2.8)$$

Онда:

$$Z_{1min} = \frac{\pi \cdot D}{t_{z_{1max}}} = \frac{\pi \cdot 0,184}{0,0185} = 31,410;$$

$$Z_{1max} = \frac{\pi \cdot D}{t_{z1min}} = \frac{\pi \cdot 0,0184}{0,0155} = 38,490;$$

Таңдалған аралықтағы статор пазаларының саны $Z_1 = 36$;
Онда:

$$q_1 = \frac{Z_1}{2 \cdot p \cdot m} = \frac{36}{2 \cdot 1 \cdot 3} = 6. \quad (2.9)$$

Екі қабатты орам таңдалды
Статордың тістік бөлінуі (нәтижелік мәні):

$$t_{z_1} = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot p \cdot m \cdot q} = \frac{\pi \cdot 0,184}{2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 6} = 0,017 \text{ м.} \quad (2.10)$$

Пазалардағы тиімді өткізгіштердің саны (параллель тармақтарды болуын ескере отырып $a = 2$):

$$u'_n = \frac{\pi \cdot D \cdot A}{I_{1ном} \cdot Z_1} = \frac{\pi \cdot 0,184 \cdot 40,3 \cdot 10^3}{40,519 \cdot 36} = 16,054. \quad (2.11)$$

мұндағы: A – алдын-ала есептеліп, қабылданған сызықтық жүктеме мәні, A/m ;

$I_{1ном}$ – статор орамасының номинал тогы, A ;

$a = 2$ қабылданады, онда 8.19 бойынша [1, б.284]:

$$u_n = a \cdot u'_n = 2 \cdot 16,054 = 32,108 \text{ өткізгіштер.} \quad (2.13)$$

Алынған мәнді u_n бүтін жұп санға дөңгелектейміз: $u_n = 32$;
Фаза орамасындағы орауыштардың нәтижелік саны:

$$w_1 = \frac{u_n \cdot Z_1}{2 \cdot a \cdot m} = \frac{32 \cdot 36}{2 \cdot 2 \cdot 3} = 91; \quad (2.14)$$

Сызықты жүктеменің нәтижелік мәні, A/m :

$$A = \frac{2 \cdot I_{1ном} \cdot w_1 \cdot m}{\pi \cdot D} = \frac{2 \cdot 40,519 \cdot 91 \cdot 3}{\pi \cdot 0,184} = 40,16 \cdot 10^3 A/m. \quad (2.15)$$

Әрі қарай орамалық коэффициенті анықталады. π/m радиан электрлік бұрышқа тең және полюс пен фазаға толық сан пазасы болып табылатын $k_{\text{орама}}$ фазалы зоналы заманауи симметриялық орамаға жалпы аналитикалық мәнін ескере отыра анықталады:

$$k_{\text{орама}} = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot m} \cdot \nu\right)}{q \cdot \sin\frac{\pi}{2 \cdot m \cdot q} \cdot \nu} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot \beta \cdot \nu\right); \quad (2.16)$$

мұндағы: ν – ЭҚК гармоникасының нөмірі (негізгі гармоника үшін $\nu = 1$)
 q – полюс пен фаза үшін пазалар саны;
 β – ораманың салыстырмалы қадамы, асинхронды қозғалтқыштардың екі қабатты орамаларында қысқартылыммен орындалады $\beta = 0,8$ – ге жақындатып.

Сондықтан:

$$k_{\text{орама}} = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot 3}\right)}{6 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot m \cdot q}\right)} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot 0,8\right) = 0,909;$$

$k_{\text{орама}}$ – есептеген соң, ағынның мәні айқындалады Φ, B_{δ} :

$$\Phi = \frac{k_E \cdot U_{1\text{ном}}}{4 \cdot k_B \cdot w_1 \cdot k_{\text{орама}} \cdot f_1} = \frac{0,985 \cdot 380}{4 \cdot 1,11 \cdot 91 \cdot 0,909 \cdot 50} = 19,301 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}; \quad (2.17)$$

$$B_{\delta} = p \cdot \frac{\Phi}{D \cdot l_{\delta}} = 1 \cdot \frac{19,301 \cdot 10^{-3}}{0,184 \cdot 0,128} = 0,814 \text{ Тл}; \quad (2.18)$$

A және B_{δ} мәндері рұқсат етілген шектерде табылады (8.22 б сурет [278 б.] қарау).

Алдын ала есептелген статор орамасының ток тығыздығы:

$$J_1 = \frac{A \cdot J}{A} = \frac{187 \cdot 10^9}{40,16 \cdot 10^3} = 4,655 \cdot 10^6 \text{ А/м}. \quad (2.19)$$

мұндағы: $A \cdot J = 187 \cdot 10^9$ – 8.27 сурет бойынша [1, 286 б.].

Тиімді өткізгіштердің көлденең қимасы бір параллель тармақтың тоғымен орамдағы рұқсат етілген ток тығыздығының негізінде анықталады:

$$q_T = \frac{I_{1\text{ном}}}{a \cdot J_1} = \frac{40,519}{2 \cdot 4,55 \cdot 10^6} = 4,351 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 4,351 \text{ мм}^2. \quad (2.20)$$

Тиімді өткізгіштің қимасы (нәтижелік мәні):
қарапайым өткізгіштердің саны қабылданады, $n_{эл} = 4$, онда:

$$q_{эл} = \frac{q_{эф}}{n_{эл}} = 1,087 \text{ мм}^2. \quad (2.21)$$

ПЭТМ маркасының орамалық сымы қабылданады (қосымшан 3 қарау [1]): $q_{эл} = 1,094 \text{ мм}^2$; $d_{эл} = 1,18 \text{ мм}$; $d_{ок} = 1,24 \text{ мм}$.

Онда:

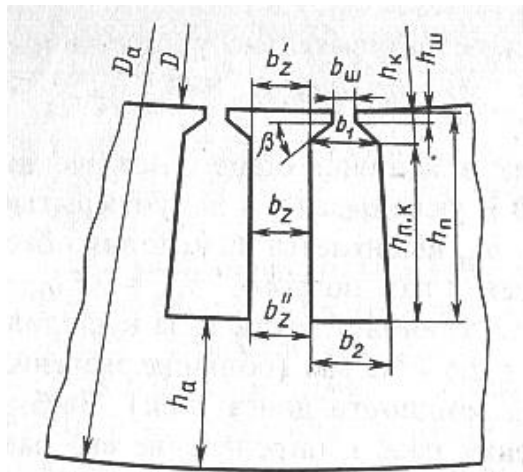
$$q_{э.орт} = n_{эл} \cdot q_{эл} = 4 \cdot 1,094 = 4,376 \text{ мм}^2. \quad (2.22)$$

Статор орамасындағы тоқ тығыздығының нәтижелік мәні:

$$J_1 = \frac{I_{1ном}}{a \cdot q_{эл} \cdot n_{эл}} = \frac{40,519}{2 \cdot 1,094 \cdot 4} = 4,629 \text{ А/мм}^2. \quad (2.23)$$

2.3 Статордың щеткалы аймағын және ауа ағынының өлшемдерін анықтау

Статордың пазасы 2.1 суретке сәйкес тістердің бүйір қырының параллелоқмін қамтамасыз ететін өлшемдердің арақатынасымен есептеледі.



2.1 сурет – Статордың трапециалды пазалары

Алдын-ала 8.10 кесте [1, б.289]: бойынша $B_a = 1,6 \text{ Тл}$; $B_{z_1} = 1,75 \text{ Тл}$ қабылданады, онда:

$$b_{z_1} = \frac{B_{\delta} \cdot t_{z_1} \cdot l_{\delta}}{B_{z_1} \cdot l_{cm1} \cdot k_{\delta}} = \frac{0,814 \cdot 0,0161 \cdot 0,128}{1,75 \cdot 0,128 \cdot 0,97} = 7,743 \cdot 10^{-3} \text{ мм}; \quad (2.24)$$

мұндағы: $k_6 = 0,97 - 8.11$ кестесі бойынша [1, б.290], өзекшені болатпен толтыру коэффициенті.

Индукцияның таңдалған мәндері бойынша статордың мойынтұрық биіктігі анықталады:

$$h_a = \frac{\Phi}{2 \cdot B_a \cdot l_{cm} \cdot k_6} = \frac{19,301 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1,6 \cdot 0,128 \cdot 0,97} = 48,526 \cdot 10^{-3} \text{ мм} = 45,75 \text{ мм.} \quad (2.25)$$

Штамптағы пазалардың өлшемдері қабылданады:

Шлицтің пазадағы ені;

Шлицтің пазадағы биіктігі.

Трапециалды пазалардың сыналы бөлігінің көлбеу бұрышы $h \leq 250 \text{ мм}$ $\beta = 45^\circ$ [1, б.294] қабылданады.

Пазалардың биіктіктері келесі формула бойынша анықталады:

$$h_n = \frac{D_a - D}{2} - h_a = \frac{0,349 - 0,184}{2} - 0,0485 = 0,0348 \text{ м.} \quad (2.26)$$

b_1 өлшемі β бұрышына тәуелділігіне байланысты анықталады:

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot h_{ш} - b_{ш}) - Z_1 \cdot b_{Z_1}}{Z_1 - \pi} = \\ &= \frac{\pi \cdot (0,184 + 2 - 0,004) - 36 \cdot 0,007743}{36 - \pi} = \\ &= 9,009 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 9,009 \text{ мм.;} \end{aligned} \quad (2.27)$$

$$\begin{aligned} b_2 &= \frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot h_n)}{Z_1} - b_{Z_1} = \\ &= \frac{\pi \cdot (0,184 + 2 \cdot 0,0348)}{36} - 0,007743 = 14,243 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\ &= 14,243 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (2.28)$$

$$\begin{aligned} h_{nx} &= h_n - \left(h_{ш} + \frac{b_1 - b_{ш}}{2} \right) = \\ &= 0,0348 - \left(1 + \frac{0,009009 - 0,004}{2} \right) = 29,984 \cdot 10^{-3} \text{ м} = \\ &= 29,984 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (2.29)$$

Жарықтағы пазаның өлшемдері штамптаудың әрбір жеке қаңылтырындағы паза өлшеміне қарағанда аз болады:

ені бойынша паза: $\Delta b_n = 0,2$ мм;

биіктігі бойынша паза: $\Delta h_n = 0,2$ мм.

Жарықтағы пазалардың өлшемдері құрастыруға жіберуді есепке алып:

$$\left. \begin{aligned} b'_1 &= b_1 - \Delta b_n = 9,009 - 0,2 = 8,809 \text{ мм}; \\ b'_2 &= b_2 - \Delta b_n = 14,243 - 0,2 = 14,043 \text{ мм}; \\ h'_{nx} &= h_{nx} - \Delta h_n = 29,984 - 0,2 = 29,784 \text{ мм}. \end{aligned} \right\} \quad (2.30)$$

мұндағы: b'_1 , b'_2 және h'_{nx} - «жарықтағы» паза өлшемдері, оқшауланған орамды өткізгіштермен толтыруы нәтижесінде есептеп алынған.

Онда трапециалды пазаның көлденең қимасының ауданы онда орама, корпустық оқшаулама және тығыздағыштары орналастырылады:

$$\begin{aligned} S'_n &= \frac{b'_1 + b'_2}{2} \cdot h'_{nx} - (S_{ок} + S_{пр}) = \\ &= \frac{8,809 + 14,043}{2} \cdot 29,784 - (0,03609 + 0,0138) \\ &= 2,904 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 0,2904 \text{ м}^2. \end{aligned} \quad (2.31)$$

мұндағы: $S_{ок}$ – пазалардағы корпус оқшауламасының көлденең қимасының ауданы мм²;

S_T – пазадағы тығыздағыштармен алып жатқан аудан (паза түбінде, сынаның астында және екіқабатты орамдағы қабаттар арасында):

$$\begin{aligned} S_T &= (0,9 \cdot b_1 + 0,4 \cdot b_2) = (0,9 \cdot 0,009009 + 0,4 \cdot 0,014243) = \\ &= 3,609 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 = 0,3609 \text{ мм}^2. \end{aligned} \quad (2.32)$$

Пазадағы корпустық оқшауламаның көлденең қимасының ауданы келесі формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} S_{ок} &= b_{ок} \cdot (2 \cdot h_n + b_1 + b_2) = \\ &= 0,4 \cdot (2 \cdot 0,0348 + 0,009009 + 0,014243) = \\ &= 1,38 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 = 0,0138 \text{ мм}^2. \end{aligned} \quad (2.33)$$

мұндағы: $b_{ок} = 0,4$ – пазадағы оқшаулаудың бір жақты қалыңдығы 3.1 кестесі бойынша [1, б.74].

Ораманың пазаларда дұрыс орналастырылуы паза толтыру коэффициентіне байланысты болады:

$$k_T = \frac{d_{ок}^2 \cdot u_n \cdot n_{эл}}{S'_n} = \frac{1,24^2 \cdot 34 \cdot 4}{0,296} \cdot 10^{-3} = 0,706. \quad (2.34)$$

Алынған мән орамдарды механикаландырылған төсеуге ұйғарылған. Берілген бөлімде есептелінген АҚ – тың бірдей үйлестірілген параметрлерін салыстыруы орындалады.

2.4 Роторды есептеу

Ауа саңылауын мына формула бойынша анықталады:

$$\delta \approx \frac{D}{1,2} \cdot \left(1 + \frac{9}{2 \cdot p}\right) \cdot 10^{-3} = 0,847 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (2.35)$$

8.31 сурет бойынша [1, б.300] $\delta = 0,9$ мм. қабылданады.

8.16 кесте бойынша [1, б.306] ротордың пазаларының саны $Z_2 = 28$.

Ротордың сыртқы диаметрі:

$$D_2 = D - 2 \cdot \delta = 0,184 - 2 \cdot 0,0009 = 0,183 \text{ м}. \quad (2.36)$$

Магнит өткізгіштің ұзындығы:

$$l_0 = l_\delta = 0,116 \text{ м}.$$

Ротордың тістік бөлімі:

$$t_{Z_1} = \frac{\pi \cdot D_2}{Z_2} = \frac{\pi \cdot 0,183}{28} = 20,552 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (2.37)$$

Ротордың ішкі диаметрі біліктің диаметріне тең, өйткені ротордың өзегі тікелей білікке отырғызылады:

$$D_j = D_B = k_B \cdot D_a = 0,23 \cdot 0,349 = 80,27 \cdot 10^{-3} \text{ м}.; \quad (2.38)$$

мұндағы: $k_B = 0,23$ – 8.17 кестесі бойынша коэффициент [1, б.319].

Ротордың орамасындағы ток:

$$I_2 = k_i \cdot I_1 \cdot \nu_i = 0,912 \cdot 40,519 \cdot 18,514 = 684,173 \text{ А}. \quad (2.39)$$

мұндағы: k_i – магниттелу тогының ара қатықатынасын ескеретін коэффициент, $\frac{I_1}{I_2}$;

ν_i – токтың келтіру коэффициенті.

k_i – келтірілген мәні, есептеудің басында анықталған $\cos \varphi$ номиналдыққа байланысты есептелуі мүмкін:

$$k_i = 0,2 + 0,8 \cdot \cos \varphi = 0,2 + 0,8 \cdot 0,89 = 0,912. \quad (2.40)$$

Токтың келтіру коэффициенттің келесі формула бойынша анықталады:

$$v_i = \frac{2 \cdot m_1 \cdot w_1 \cdot k_{\text{орам}}}{Z_2 \cdot k_{\text{СК}}} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 96 \cdot 0,9}{28 \cdot 1} = 18,514. \quad (2.41)$$

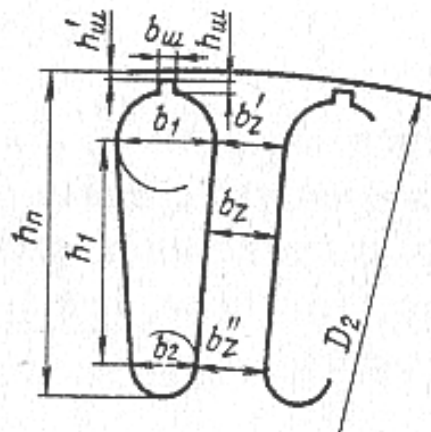
мұндағы: $k_{\text{СК}}$ – пазалардың қиғаштығын ескеретін коэффициент, өйткені ротордың пазалары қиғашталмай орындалады, онда $k_{\text{СК}} = 1$.

Өзектің көлденең қимасының ауданы:

$$q_{\theta} = \frac{I_2}{J_2} = \frac{684,173}{3,4 \cdot 10^6} = 201,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 201,2 \text{ мм}^2. \quad (2.42)$$

мұндағы: $J_2 = 3,4 \cdot 10^6$ – өзектегі құйылған тордың тығыздығы, А/м^2 .

Ротордың пазалары 2.2 суретте көрсетілген:



2.2 сурет – Қысқа тұйықталған ротордың алмұрт тәрізді пазалары

$b_{\text{ш}} = 1,5 \text{ мм}$, $h_{\text{ш}} = 0,7 \text{ мм}$, $h'_{\text{ш}} = 1,5 \text{ мм}$. бойынша қабылданады [1, 6.313]

8.10 кесте бойынша [1, с.289] ротор тістерінде индукцияның рұқсат етілген мәні қабылданады $B_{Z_2} = 1,8 \text{ Тл}$.

Рұқсат етілген индукция бойынша ротор тістерінің ені анықталады:

$$b_{Z_2 \text{ рұқ.}} = \frac{B_{\delta} \cdot t_{Z_2} \cdot I_{\delta}}{B_{Z_2} \cdot I_{\text{СТ2}} \cdot k_c} = \frac{0,814 \cdot 20,552 \cdot 0,128}{1,8 \cdot 0,128 \cdot 0,97} = 9,585 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 9,585 \text{ мм}. \quad (2.43)$$

Одан кейін пазаның өлшемі есептелінеді:

$$b_1 = \frac{\pi \cdot (D_2 - 2 \cdot h_{\text{ш}} - 2 \cdot h'_{\text{ш}}) - Z_2 \cdot b_{Z_2}}{\pi + Z_2}; \quad (2.44)$$

$$b_2 = \sqrt{\frac{b_1^2 \cdot \left(\frac{Z_2}{\pi} + \frac{\pi}{2}\right) - 4 \cdot q_c}{\frac{Z_2}{\pi} - \frac{\pi}{2}}}; \quad (2.45)$$

$$h_1 = (b_1 - b_2) \cdot \frac{Z_2}{2 \cdot \pi}. \quad (2.46)$$

Онда:

$$b_1 = \frac{\pi \cdot (0,183 - 2 \cdot 0,0007 - 2 \cdot 0,0015) - 28 \cdot 0,09585}{\pi + 28} = 9,416 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 9,416 \text{ мм};$$

$$b_2 = \sqrt{\frac{9,416 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{28}{\pi} + \frac{\pi}{2}\right) - 4 \cdot 201,2}{\frac{28}{\pi} - \frac{\pi}{2}}} = 4,12 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 4,12 \text{ мм}.$$

$$h_1 = (9,416 \cdot 10^{-3} - 4,12 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{28}{3,14} = 23,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 23,6 \text{ мм}.$$

Пазаларды алюминиймен жоғары сапамен толтыру шартты бойынша $h \geq 160$ мм қозғалтқыштардағы пазалардың төменгі бөлігінің дөңгелектілген диаметрі кемінде 2,5 – 3 мм болуы талап етіледі.

$$b'_{Z_2} = \pi \cdot \frac{D_2 - 2 \cdot (h_{\text{ш}} + h'_{\text{ш}}) - b_1}{Z_2} - b_1; \quad (2.47)$$

$$b''_{Z_2} = \frac{D_2 - 2 \cdot h_n + b_2}{Z_2} - b_2. \quad (2.48)$$

Бізде бары:

$$\begin{aligned} b'_{Z_2} &= \pi \cdot \frac{183,17 - 2 \cdot (0,7 + 1,5) - 9,416}{28} - 9,416 = \\ &= 9,585 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 9,585 \text{ мм}; \\ b''_{Z_2} &= \pi \cdot \frac{183,17 - 2 \cdot 32,57 + 4,12}{28} - 4,12 = 9,585 \cdot 10^{-3} \text{ мм}. \end{aligned}$$

2 сурет бойынша $b_1 = 9,416$ мм, $b_2 = 4,12$ мм, $h_1 = 23,6$ мм.

Пазаның толық биіктігі:

$$h_{n2} = h'_{ш} + h_{ш} + \frac{b_1}{2} + h_1 + \frac{b_2}{2} = 1,5 + 0,7 + \frac{9,416}{2} + 23,6 + \frac{4,12}{2} = \quad (2.49)$$

$$= 32,57 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 32,57 \text{ мм.}$$

Өзектің көлденең қимасының ауданы:

$$q_{\theta} = \frac{\pi}{8} \cdot (b_1^2 + b_2^2) + \frac{1}{2} \cdot (b_1 + b_2) \cdot h_1 = \quad (2.50)$$

$$= \frac{\pi}{8} \cdot (9,416^2 + 4,12^2) + \frac{1}{2} \cdot (9,416 + 4,12) \cdot 23,6 =$$

$$= 201,227 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 201,227 \text{ м}^2.$$

Өзектегі токтың тығыздығы:

$$J_2 = \frac{I_2}{q_c} = \frac{684,173}{201,227 \cdot 10^{-6}} = 3,4 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2.; \quad (2.51)$$

$$q_{\text{сқ}} = \frac{I_{\text{сқ}}}{J_{\text{сқ}}} = \frac{3055,314}{2,805 \cdot 10^6} = 0,001089 \text{ мм}^2; \quad (2.52)$$

мұндағы: $I_{\text{сқ}}$ – сақинадағы ток, А;

$J_{\text{сқ}}$ – тұйықталған сақиналардағы ток тығыздығы.

Сақинадағы токтар және ток тығыздығы келесі формула бойынша анықталады:

$$I_{\text{сқ}} = \frac{I_2}{\Delta} = \frac{684,173}{0,224} = 3055,314 \text{ А}; \quad (2.53)$$

$$J_{\text{сқ}} = 0,85 \cdot J_2 = 0,85 \cdot 3,4 \cdot 10^6 = 2,805 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2. \quad (2.54)$$

мұндағы: I_2 – өзектегі токтар;

$$\Delta = 2 \cdot \sin \frac{\alpha_Z}{2} = 2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot \rho}{Z_2} = 2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot \rho}{28} = 0,224. \quad (2.55)$$

Тұйықталған сақиналардың өлшемдері:

$$h_{\text{сқ}} = 1,25 \cdot h_{n2} = 1,25 \cdot 32,57 \cdot 10^{-3} = 40,713 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 40,713 \text{ мм}; \quad (2.56)$$

$$b_{\text{сқ}} = \frac{q_{\text{кЛ}}}{h_{\text{сқ}}} = \frac{0,001089}{0,040713} = 26,754 \text{ мм}; \quad (2.57)$$

$$q_{\text{сқ}} = h_{\text{сқ}} \cdot b_{\text{сқ}} = 40,713 \cdot 26,754 = 1089 \text{ мм}^2 = 1,089 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (2.58)$$

Тұйықталған сақиналардың орташа диаметрі:

$$D_{\text{сқ,орт}} = D_2 - h_{\text{сқ}} = 0,183 - 40,713 \cdot 10^{-3} = 142,157 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 142,457 \text{ мм}. \quad (2.59)$$

2.5 Магниттік тізбекті есептеу

Есептелінетін асинхронды қозғалтқыштың айналу осіне байланысты электртехникалық болаттың маркасы [1, б.320] нұсқаулықтары бойынша таңдалады – болат 2212, қаңылтырлардың қалыңдығы бойынша 0,5 мм.

Ауа саңылауындағы магниттік кернеу:

$$F_{\delta} = \frac{2}{\mu_0} \cdot B_{\delta} \cdot \delta \cdot k_{\delta} = \frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} \cdot 0,814 \cdot 9 \cdot 10^{-4} \cdot 1,132 = 1320,546 \text{ А.}; \quad (2.60)$$

мұндағы: B_{δ} – ауа саңылауындағы индукция, Тл, нәтижелік қабылданған фаза орамдарының саңының w_1 ; формуласымен есептелінген және қабылданған машинаға байланысты орамалық коэффициент $k_{\text{об1}}$;

δ – ауа саңылауы, м;

k_{δ} – ауа саңылауының коэффициенті;

μ_0 – магниттік өткізгіштігі; $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

Ауа саңылауының коэффициенті:

$$k_{\delta} = \frac{t_{Z_1}}{t_{Z_1} - \gamma_1 \cdot \delta} = \frac{16,142 \cdot 10^{-3}}{16,142 \cdot 10^{-3} - 2,091 \cdot 9 \cdot 10^{-4}} = 1,132. \quad (2.61)$$

$$(2.62)$$

$$\gamma_1 = \frac{\left(\frac{b_{\text{III}}}{\delta}\right)^2}{5 + \frac{b_{\text{III}}}{\delta}} = \frac{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-4}}\right)^2}{5 + \frac{4 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-4}}} = 2,091.$$

Тістік бөлімнің магниттік кернеуі:

$$F_{Z_1} = 2 \cdot h_{Z_1} \cdot H_{Z_1} = 2 \cdot 33,489 \cdot 10^{-3} \cdot 2220 = 148,60 \text{ А}. \quad (2.63)$$

мұндағы: h_{Z_1} – статор тісінің есептік биіктігі, м;

$H_{Z_1} = 2200 \text{ A/м}$ - статордың тісіндегі есептік кернеулік $B_{Z_1} = 1,75 \text{ Тл}$ шарты бойынша 1 [1] нұсқаулығынан қабылданады.

Тістердегі есептік индукция:

$$B'_{Z_1} = \frac{B_\delta \cdot t_{Z_1} \cdot l_\delta}{b_{Z_1} \cdot l_{cm1} \cdot k_{c1}} = \frac{0,814 \cdot 16,142 \cdot 10^{-3} \cdot 0,128}{7,743 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0128 \cdot 0,97} = 1,75 \text{ Тл.} \quad (2.64)$$

Ротордың тісттік бөлімінің магниттік кернеуі:

$$F_{Z_2} = 2 \cdot h_{Z_2} \cdot H_{Z_2} = 2 \cdot 31,146 \cdot 10^{-3} \cdot 2700 = 168,187 \text{ A.} \quad (2.65)$$

мұндағы: h_{Z_1} – ротор тісінің есептік биіктігі, м;

$H_{Z_1} = 2700 \text{ A/м}$ – ротордың тісіндегі есептік кернеулік $B_{Z_1} = 1,8 \text{ Тл}$ шарты бойынша 1 [1] нұсқаулығынан қабылданады.

Тістерде 2 сурет 8.18 [1, б.324] кестесінен:

$$h_{Z_2} = h_{n_2} - 0,1 \cdot b_2; \quad (2.66)$$

Онда:

$$h_{Z_2} = 32,57 \cdot 10^{-3} - 0,1 \cdot 14,243 \cdot 10^{-3} = 31,146 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 31,146 \text{ мм.}$$

Тістегі индукция:

$$B_{Z_2} = \frac{B_\delta \cdot t_{Z_2} \cdot l_\delta}{b_{Z_2} \cdot l_{cm2} \cdot k_{c1}} = \frac{0,814 \cdot 20,552 \cdot 10^{-3} \cdot 0,128}{9,858 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0128 \cdot 0,97} = 1,8 \text{ Тл;} \quad (2.67)$$

П.10 [2, б.331] кестесі бойынша $B_{Z_2} = 1,8 \text{ Тл}$ үшін $H_{Z_2} = 2700 \text{ A/м}$ алынады.

Тістік бөлімдегі қанығу коэффициенті:

$$k_z = 1 + \frac{1 + F_{Z_1} + F_{Z_2}}{F_\delta} = 1 + \frac{148,69 + 168,187}{1320,41} = 1,239. \quad (2.68)$$

Статордың мойынтұрығының магниттік кернеуі:

$$F_a = L_a \cdot H_a = 0,471 \cdot 1370 = 646,619 \text{ A.} \quad (2.69)$$

мұндағы: L_a – статор мойынтұрығының орташа магниттелген күштік сызықтың ұзындығы, м;

$H_a = 1370 \text{ A/м}$ - $B_a = 1,6 \text{ Тл}$ индукция кезіндегі мойынтұрық үшін магниттелу қисығы бойынша өріс кернеулігі, болатты жобалаған кезінде қабылданған, П.9. [1] қосымшасы бойынша.

Статордың мойынтұрығындағы орташа магниттелген сызықтың ұзындығы мынаған тең:

$$L_a = \frac{\pi \cdot (D_a - h_a)}{2 \cdot p} = \frac{\pi \cdot (349 \cdot 10^{-3} - 48,526 \cdot 10^{-3})}{2} = 471,983 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (2.70)$$

мұндағы: h_a – статор мойынтұрығының биіктігі:

$$h_a = \frac{(D_a - D)}{2} - h_{n1} = \frac{349 \cdot 10^{-3} - 184,97 \cdot 10^{-3}}{2} - 33,489 \cdot 10^{-3} = 48,526 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (2.71)$$

Статор мойынтұрығындағы индукция:

$$B_a = \frac{\Phi}{2 \cdot h'_a \cdot l_{cm1} \cdot k_{c1}}; \quad (2.72)$$

мұндағы: h'_a - статор мойынтұрығының есептік биіктігі, м; статорда радиалды желдету арналары болмаған жағдайда $h_a = 48,526 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

$B_a = 1,6 \text{ Тл}$ үшін П.9 [2, б.331] кестесі бойынша $H_a = 1370 \text{ A/м}$ алынады.

Ротордың мойынтұрығындағы магниттік кернеуі:

$$F_j = L_j \cdot H_j; \quad (2.73)$$

мұндағы: $H_j = 717 \text{ A/м}$ - $B_j = 1,403 \text{ Тл}$ индукция кезіндегі мойынтұрық статорының болатты жобалау кезінде қабылданған мойынтұрық үшін магниттеу қисығы бойынша өрістің кернеулігі.

L_j – мойынтұрықтағы күштік сызықтардың биіктігі:

$$L_j = 2 \cdot h_j = 2 \cdot 101,795 \cdot 10^{-3} = 203,59 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (2.74)$$

Ротордың мойынтұрығындағы индукция:

$$B_j = \frac{\Phi}{2 \cdot h'_j \cdot l_{cm1} \cdot k_{c2}} = \frac{19,301 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 101,795 \cdot 10^{-3} \cdot 0,128 \cdot 0,97} = 1,403 \text{ Тл.} \quad (2.75)$$

мұндағы: k_{c2} – есептеудің алдында қабылданған мойынтұрықтың статорын болатпен толтыру коэффициенті, $k_{c2} = 0,97$;

h'_j - ротордың мойынтұрығының есептік биіктігі, м:

$$h'_j = \frac{2 + p}{3,2 \cdot p} \cdot \left(\frac{D_2}{2} - h_{n2} \right) = \frac{2 + 1}{3,2} \cdot \left(\frac{183,17 \cdot 10^{-3}}{2} - 32,57 \cdot 10^{-3} \right) = 101,795 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (2.76)$$

$B_j = 1,403$ Тл үшін П.9 [2, б.331] кестесі бойынша $H_j = 717 \text{ А/м}$ алынады.

Онда:

$$F_j = 203,59 \cdot 10^{-3} \cdot 717 = 145,973 \text{ А.}$$

Бұл ретте қозғалтқыштың магниттік тізбегі учаскелерінің магниттік кернеулерін есептеу аяқталады.

Магниттік тізбектің жұп полюсінің суммалық магниттік кернеуі:

$$F_{\Sigma} = F_{\delta} + F_{Z_1} + F_{Z_2} + F_a + F_j. \quad (2.77)$$

Алынады:

$$F_{\Sigma} = 1320,410 + 148,960 + 168,187 + 646,619 + 145,973 = 2429,879 \text{ А.}$$

Магниттік тізбектің қанығу коэффициенті:

$$k_{\mu} = \frac{F_{\Sigma}}{F_{\delta}} = \frac{2429,879}{1320,410} = 1,84. \quad (2.78)$$

Магниттелетін ток:

$$I_{\mu} = \frac{p \cdot F_{\Sigma}}{0,9 \cdot m \cdot w_1 \cdot k_{орам}} = \frac{2429,879}{0,9 \cdot 3 \cdot 96 \cdot 0,9} = 10,416 \text{ А.} \quad (2.79)$$

8.129 [1, б.330] бойынша салыстырмалы мәні:

$$I_{\mu^*} = \frac{I_{\mu}}{I_{1\text{НОМ}}} = \frac{10,416}{40,519} = 0,257 \quad (2.80)$$

Сондықтан машина өлшемдері дұрыс таңдалғаны туралы қорытынды жасауға болады.

2.6 Жұмыстық режимнің параметрлерін есептеу

Статор орамасының активті кедергісі:

$$r_1 = k_R \cdot p_{115} \cdot \frac{L_1}{q_{\text{эф}} \cdot a} = 1 \cdot \frac{10^{-6}}{41} \cdot \frac{90,538}{4,351 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 0,253 \text{ Ом.} \quad (2.81)$$

мұндағы: k_R - ток ығыстыру әсерінен фаза орамасының активті кедергісінің көтеру коэффициенті (асинхронды машиналар статорының орама өткізгіштерінде токтың ығыстыру әсері қарапайым өткізгіштердің кіші өлшемдерінен пайда болады, сондықтан $k_R = 1$;

L_1 - орам фазасының тиімді өткізгіштерінің жалпы ұзындығы, м:

$$L_1 = l_{\text{орт1}} \cdot w_1 = 943,112 \cdot 10^{-3} \cdot 96 = 90,538 \text{ м;} \quad (2.82)$$

мұндағы: $l_{\text{орт1}}$ – орама орауышының (витка) орташа ұзындығы;

w – фаза орауштарының саны.

Ораманың орташа ұзындығын $l_{\text{орт1}}$ катушканың тік сызықты пазалық және иілген алдыңғы бөліктерінің соммасы ретінде табады:

$$l_{\text{орт1}} = 2 \cdot (l_{n1} + l_{\text{шығ}}) = 2 \cdot (343,415 \cdot 10^{-3} + 128,141 \cdot 10^{-3}) = 943,112 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (2.83)$$

Паза бөлігінің ұзындығы l_{n1} машина өзекшелерінің конструктивті ұзындығына тең: $l_{n1} = l_1$.

Катушканың маңдайша бөлігінің ұзындығы, м:

$$l_{m1} = K_M \cdot b_{km} + 2 \cdot B = 1,2 \cdot 269,513 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0,01 = 343,415 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (2.84)$$

Катушканың маңдайша бөлігінің шығымы:

$$l_{\text{шығ}} = K_{\text{шығ}} \cdot b_{km} + B = 0,26 \cdot 269,513 \cdot 10^{-3} + 0,01 = 80,073 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (2.85)$$

Формула (2.84) – (2.85) бойынша b_{km} катушканың орташа ені, м, пазалар биіктігінің ортасы бойынша өтетін шеңбердің доғасы бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} b_{km} &= \frac{\pi \cdot (D + h_{n1})}{2 \cdot p} \cdot \beta = \\ &= \frac{\pi \cdot (184,97 \cdot 10^{-3} + 33,489 \cdot 10^{-3})}{2} \cdot 0,785 = \\ &= 269,513 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \end{aligned} \quad (2.86)$$

мұндағы: β – орама қадамын қысқарту, екі қабатты орама үшін қысқартылмаған қадаммен орындалған, $\beta = 1$; деп қабылданады.

K_M және $K_{\text{шығ}}$ – коэффициенттерінің мәндері 8.21 кестеден [1, б.334], алынады: $K_M = 1,2$; $K_{\text{шығ}} = 0,26$;

B – өзекшенің шетінен (торца) маңдайша бөлігінің иілу басталғанға дейін жағынан пазадан катушкалардың шығып тұрған бір сызықты бөлігінің ұзындығы, $B = 0,01$ м [1, б.334].

Салыстырмалы мәні:

$$r_{1^*} = r_1 \cdot \frac{I_{1\text{НОМ}}}{U_{1\text{НОМ}}} = 0,253 \cdot \frac{40,519}{380} = 0,028. \quad (2.87)$$

Ротор орамының фазасының активті кедергісі табылады:

$$r_2 = r_0 + \frac{2 \cdot r_{\text{СК}}}{\Delta^2} = 31,063 + \frac{2 \cdot 71,581 \cdot 10^{-6}}{0,224^2} = 59,613 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}; \quad (2.88)$$

мұндағы: r_0 – оқтауша кедергісі:

$$r_0 = \rho_{115} \cdot \frac{l_2}{q_c} = \frac{10^{-6}}{20,5} \cdot \frac{128,41 \cdot 10^{-3}}{201 \cdot 10^{-6}} = 31,063 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}; \quad (2.89)$$

$r_{\text{СК}}$ – екі тетіктің арасында орналасқан тұйықталатын сақинаның учаскесіндегі кедергісі:

$$\begin{aligned} r_{\text{СК}} &= \rho_{115} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{СК,орт}}}{Z_2 q_{\text{КЛ}}} = \frac{10^{-6}}{20,5} \cdot \frac{\pi \cdot 142,457 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 1089 \cdot 10^{-6}} = \\ &= 71,581 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}; \end{aligned} \quad (2.90)$$

Ротордың құйылған алюминий орамасы үшін:

$$\rho_{115} = \frac{10^{-6}}{20,5} \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$r_2' = r_2 \cdot \frac{4 \cdot m \cdot (w_1 \cdot k_{об1})^2}{Z_2 \cdot k_{СК}} = 59,581 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4 \cdot 3 \cdot (96 \cdot 0,9)^2}{28 \cdot 1} = 0,190 \text{ Ом.} \quad (2.91)$$

Салыстырмалы мәні:

$$r_{2*} = r_2' \cdot \frac{I_{1НОМ}}{U_{2НОМ}} = 0,190 \cdot \frac{40,519}{380} = 0,0203. \quad (2.92)$$

Статор фаза орамасының индуктивті кедергісі:

$$x_1 = 15,8 \cdot \frac{f_1}{100} \cdot \left(\frac{w_1}{100}\right)^2 \cdot \frac{l'_\delta}{p \cdot q} (\lambda_{n1} + \lambda_{л1} + \lambda_{д1}); \quad (2.93)$$

мұндағы: $l'_\delta = l_\delta$ - радиалды желдету арналары болмаған кездегі есептік ұзындығы [1, б.337].

8.24 кесте бойынша [1, б.338] (8.50 суретті қарау, е) [1]:

$$\lambda_{n1} = \frac{h_2}{3 \cdot b_1} \cdot k_\beta + \left(\frac{h_1}{b_1} + \frac{3 \cdot h_k}{b_1 + 2 \cdot b_{ш}} + \frac{h_{ш}}{b_{ш}}\right) \cdot k'_\beta; \quad (2.94)$$

мұндағы:

$$h_2 = h_{п.к} - 2 \cdot b_{ок} = 30,532 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 29,532 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (2.95)$$

$$b_1 = 8,914 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$h_k = 0,5 \cdot (b_1 - b_{ш}) = 0,5 \cdot (8,914 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3}) = 2,457 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (2.96)$$

$h_1 = 0$ (өткізгіштер паза қақпағымен толтырылған);

$$k_\beta = 1; k'_\beta = 1; l'_\delta = l_\delta = 0,128 \text{ м.}$$

Онда:

$$\lambda_{n1} = \frac{29,532 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 8,914 \cdot 10^{-3}} + \left(\frac{3 \cdot 2,457 \cdot 10^{-3}}{8,914 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-4}}\right) = 1,521.$$

Маңдайша шашырауының магниттік өткізгіштігінің коэффициенті:

(2.97)

$$\begin{aligned}\lambda_{л1} &= 0,34 \cdot \frac{q}{l'_\delta} \cdot (l_\lambda - 0,64 \cdot \beta \cdot \tau) = \\ &= 0,34 \cdot \frac{6}{0,128} \cdot (343,415 \cdot 10^{-3} - 0,64 \cdot 0,785 \cdot 0,29) = \\ &= 3,142.\end{aligned}$$

мұндағы: q және l_m – полюске және фазаға паза саны және орама орамының маңдайша бөлігінің ұзындығы.

Дифференциалдық шашыраудың магниттік өткізгіштігінің коэффициентін мына формула бойынша анықталады:

$$\lambda_{д1} = \frac{t_{z1}}{12 \cdot \delta \cdot k_\delta} \cdot \xi; \quad (2.98)$$

мұндағы: ξ – келесі түрде табылады, жартылай ашық немесе жартылай жабық статордың пазалары кезінде, пазалардың қиғаштығын есепке ала отырып:

$$\xi = 2 \cdot k'_{ск} \cdot k_\beta - k_{об1}^2 \cdot \left(\frac{t_{z2}}{t_{z1}} \right)^2 \cdot (1 + \beta_{ск}^2); \quad (2.99)$$

Нәтижелік мәні:

$$\xi = 2 \cdot 1,2 \cdot 0,85 - 0,9^2 \cdot \left(\frac{20,552 \cdot 10^{-3}}{16,142 \cdot 10^{-3}} \right)^2 \cdot (1 + 0) = 0,727;$$

$$\lambda_{д1} = \frac{16,142 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot 9 \cdot 10^{-4} \cdot 1,132} \cdot 0,727 = 0,959;$$

$$x_1 = 15,8 \cdot \frac{50}{100} \cdot \left(\frac{96}{100} \right)^2 \cdot \frac{128,141}{6} \cdot (1,521 + 3,142 + 0,959) = 0,874 \text{ Ом.}$$

Салыстырмалы мәні:

$$x_{1*} = x_1 \cdot \frac{I_{1ном}}{U_{1ном}} = 0,874 \cdot \frac{40,519}{380} = 0,093. \quad (2.100)$$

Ротордың фаза орамасының индуктивті кедергісі:

$$x_2 = 7,9 \cdot f_1 \cdot l'_\delta \cdot (\lambda_{п2} + \lambda_{л2} + \lambda_{д2} + \lambda_{ск}) \cdot 10^{-6}; \quad (2.101)$$

мұндағы: кесте 8.25 бойынша (Сурет 8.52 қарау а, ж);

$$\lambda_{п2} = \left[\frac{h_0}{3 \cdot b_1} \cdot \left(1 - \frac{\pi \cdot b_1^2}{8 \cdot q_c} \right)^2 + 0,66 - \frac{b_{ш}}{2 \cdot b_1} \right] \cdot k_d + \frac{h_{ш}}{b_{ш}} + 1,12 \cdot \frac{h'_{ш} \cdot 10^6}{I_2}; \quad (2.102)$$

мұндағы: (сурет 8.52-8.76 қарау, а, ж)

$$h_0 = h_1 + 0,4 \cdot b_2 = 23,602 \cdot 10^{-3} + 0,4 \cdot 4,12 \cdot 10^{-3} = 29,299 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$b_1 = 9,416 \cdot 10^{-3} \text{ м}; h_{ш} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}; h'_{ш} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$q_c = 201 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Онда:

$$\lambda_{п2} = \left[\frac{39,299 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 9,416 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(1 - \frac{\pi \cdot (9,416 \cdot 10^{-3})^2}{8 \cdot 201 \cdot 10^{-6}} \right)^2 + 0,66 - \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 9,416 \cdot 10^{-3}} \right] \cdot k_d + \frac{h_{ш}}{b_{ш}} + 1,12 \cdot \frac{h'_{ш} \cdot 10^{-6}}{I_2} = 3,768.$$

Ротор өзекшесінің шетіне іргелес жатқан тұйықтаушы сақиналар кезінде құйылған орамалары бар роторлардың маңдайшасындағы шашыраудың магниттік коэффициентіне (8.37 б сурет, [1] қарау) келесі формула қолданылады:

$$\lambda_{м2} = \frac{2,3 \cdot D_{сқ,орт}}{Z_2 \cdot l'_\delta \cdot \Delta^2} \cdot lg \cdot \frac{4,7 \cdot D_{сқ,орт}}{h_{сқ} + 2 \cdot b_{сқ}}. \quad (2.103)$$

Бізде бары:

$$\lambda_{м2} = \frac{2,3 \cdot 142,157 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 0,128 \cdot 0,223^2} \cdot lg \cdot \frac{4,7 \cdot 142,457 \cdot 10^{-3}}{40,713 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 26,754 \cdot 10^{-3}} = 1,55.$$

Бұл формулаларда $D_{сқ,орт}$ – тұйықталатын сақиналардың орташа диаметрі;

$\Delta = \frac{2 \cdot \sin \pi \cdot p}{Z_2}$ - сақинадағы токтарды оқтаушадағы токқа келтіру коэффициенті; $h_{\text{СК}}$ және $b_{\text{СК}}$ – сақиналардың орташа биіктігі және ені.

Қысқаша тұйықталған ротор орамасының дифференциалды шашырауының магниттік өткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda_{\text{д2}} = \frac{t_{Z_2}}{12 \cdot \delta \cdot k_{\delta}} \cdot \xi = \frac{20,552 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot 9 \cdot 10^{-4} \cdot 1,132} \cdot 1,002 = 1,685; \quad (2.104)$$

мұндағы:

$$\xi = 1 + \frac{1}{5} \cdot \left(\frac{\pi}{Z_2}\right)^2 - \frac{\Delta_Z}{1 - \left(\frac{\pi}{Z_2}\right)^2} = 1,002.$$

сурет 8.51 қисықтар бойынша а [1, б.340] $\Delta_Z = 0$ қабылданады.
Нәтижелік мәні:

$$x_2 = 7,9 \cdot 50 \cdot 0,128 \cdot (3,768 + 1,55 + 1,685 + 0) \cdot 10^{-6} = 1,139 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}.$$

x_2 – ні статордың орамасының орам санына келтіріледі:

$$x'_2 = x_2 \cdot \frac{4 \cdot m \cdot (w_1 \cdot k_{\text{орам}})^2}{Z_2 \cdot k_{\text{СК}}} = 59,581 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4 \cdot 3 \cdot (96 \cdot 0,9)^2}{28 \cdot 1} = 0,190 \text{ Ом}; \quad (2.105)$$

Салыстырмалық мәні:

$$x'_{2*} = x'_2 \cdot \frac{I_{1\text{НОМ}}}{U_{1\text{НОМ}}} = 0,190 \cdot \frac{40,519}{380} = 0,12. \quad (2.106)$$

2.7 Шығындарды есептеу

Асинхронды машиналар статорындағы негізгі шығындар келесі формула бойынша анықталады:

$$P_{\text{ст.нег.}} = p_{1,0/50} \cdot \left(\frac{f_1}{50}\right)^{\beta} \cdot \left(k_{\text{Да}} \cdot B_a^2 \cdot m_a + k_{\text{ДЗ}} \cdot B_{Z_{1\text{орт}}}^2 \cdot m_{Z_1}\right); \quad (2.107)$$

мұндағы: Болат 2212 үшін $p_{1,0/50} = 2,2 \text{ Вт/кг} - 1 \text{ Тл}$ индукция және 50 Гц жиіліктегі асқын магниттелу кезіндегі меншікті шығындар;

$\beta = 1,4$ - болаттағы шығындардың асқын магниттелу жиілігіне тәуелділігін ескеретін дәреже көрсеткіші;

$k_{\text{да}} = 1,6$ және $k_{\text{дз}} = 1,8$ - магнит өткізгіш учаскелерінің қималары және технологиялық факторлар бойынша ағынның біркелкі бөлінбеуі болаттағы шығындарға әсерін ескеретін коэффициенттер [1, б.348];

B_a және $B_{Z_{1\text{орт}}}$ – мойынтұрықтағы индукция және статордың тістеріндегі орташа индукция, Тл;

m_a және m_{Z_1} – мойынтұрық болатының және статор тістерінің массасы, кг:

$$m_a = \pi \cdot (D_a - h_a) \cdot h_a \cdot l_{\text{cm1}} \cdot k_{c1} \cdot \gamma_c; \quad (2.108)$$

$$m_{Z_1} = h_{Z_1} \cdot b_{Z_{1\text{cp}}} \cdot Z_1 \cdot l_{\text{cm1}} \cdot k_{c1} \cdot \gamma_c; \quad (2.109)$$

мұндағы: h_a – статор мойынтұрығының биіктігі, м;

h_{Z_1} – статор тістерінің есептік биіктігі, м;

γ_c – болаттың меншікті массасы, есептеулерде $\gamma_c = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ қабылданады.

Онда:

$$m_{Z_1} = 33,489 \cdot 10^{-3} \cdot 7,743 \cdot 10^{-3} \cdot 36 \cdot 0,128 \cdot 0,97 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 9,05 \text{ кг};$$

$$m_a = \pi \cdot (0,349 - 48,526 \cdot 10^{-3}) \cdot 48,526 \cdot 10^{-3} \cdot 0,128 \cdot 0,97 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 44,41 \text{ кг};$$

$$P_{\text{ст.нег.}} = 2,2 \cdot \left(\frac{50}{50}\right)^{1,4} \cdot (1,6 \cdot 1,6^2 \cdot 44,41 + 1,8 \cdot 1,75 \cdot 9,05) = 509,956 \text{ Вт.}$$

Ротордың беттік шығындары:

$$p_{\text{бет1}} = p_{\text{бет2}} \cdot (t_{Z_2} - b_{\text{ш2}}) \cdot Z_2 \cdot l_{\text{cm2}}. \quad (2.110)$$

$$p_{\text{бет2}} = 0,5 \cdot k_{02} \cdot \left(\frac{Z_1 \cdot n_1}{10000}\right)^{1,5} \cdot (B_{02} \cdot t_{Z_1} \cdot 10^3)^2. \quad (2.111)$$

Бұл өрнектерде $k_{02} = 1,5$ – ротор тістерінің бастиегін бетін өңдеудің меншікті шығындарға әсерін ескеретін коэффициент.

Беттік шығындарды анықтау үшін алдымен статор және ротор тістеріндегі тәжінің үстіндегі ауа саңылауында индукция пульсациясының амплитудасы анықталады, Тл:

$$B_{02} = \beta_{02} \cdot k_{\delta} \cdot B_{\delta}; \quad (2.112)$$

Ротор тістері үшін β_{02} - бұл статор паздарының шлицінің енінің ауа саңылауына қатынасы:

$$\beta_{02} = f \cdot \left(\frac{b_{ш1}}{\delta} \right); \quad (2.113)$$

8.53 сурет бойынша: $\frac{b_{ш1}}{\delta} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-4}} = 4,444$; үшін $\beta_{02} = 0,28$.

Беттік шығындар үшін нәтижелік мәні мынаған тең:

$$B_{02} = 0,28 \cdot 1,132 \cdot 0,814 = 0,258 \text{ Тл};$$

$$\begin{aligned} p_{бет1} &= 0,5 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{36 \cdot 3000}{10000} \right)^{1,5} \cdot (0,28 \cdot 16,142 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3)^2 \\ &= 462,064 \text{ Вт/м}^2; \end{aligned}$$

$$p_{бет2} = 462,064 \cdot (20,552 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3}) \cdot 36 \cdot 0,128 = 31,584 \text{ Вт}.$$

Ротор тістеріндегі пульсациялық шығындар:

$$P_{пул} = 0,11 \cdot \left(\frac{Z_1 \cdot n}{1000} \cdot B_{пул2} \right)^2 \cdot m_{Z_2}. \quad (2.114)$$

Пульсациялық шығындарды анықтау үшін алдымен ротор тістері үшін тістерінің орташа қимасында пульсация индукциясының амплитудасы анықталады, Тл:

$$B_{пул2} \approx \frac{\gamma_1 \cdot \delta}{2 \cdot t_{Z_2}} \cdot B_{Z_2\text{орт}}. \quad (2.115)$$

$B_{Z_2\text{орт}} = 1,8 \text{ Тл}$ және $\gamma_1 = 2,091$ алдында есептелінген.

(2.114) формулада: m_{Z_2} – ротор тістеріндегі болат массасы, кг:

$$m_{Z_2} = Z_2 \cdot h_{Z_2} \cdot b_{Z_2\text{орт}} \cdot l_{см2} \cdot k_{c2} \cdot \gamma_c; \quad (2.116)$$

Онда:

$$m_{Z_2} = 28 \cdot 31,146 \cdot 10^{-3} \cdot 9,585 \cdot 10^{-3} \cdot 0,128 \cdot 0,97 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 8,104 \text{ кг};$$

$$B_{\text{пул2}} \approx \frac{2,091 \cdot 9 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 20,552 \cdot 10^{-3}} \cdot 1,8 = 0,0824 \text{ Тл};$$

$$P_{\text{пул}} = 0,11 \cdot \left(\frac{36 \cdot 3000}{1000} \cdot 0,0824 \right)^2 \cdot 8,104 = 70,655 \text{ Вт}.$$

Болаттағы қосымша шығындар:

$$P_{\text{ст.қос}} = P_{\text{бет1}} + P_{\text{пул1}} + P_{\text{бет2}} + P_{\text{пул2}}. \quad (2.117)$$

Онда:

$$P_{\text{ст.қос}} = 31,584 + 70,655 = 102,24 \text{ Вт}.$$

Болаттағы толық шығындар:

$$P_{\text{ст}} = P_{\text{ст.нег.}} + P_{\text{ст.қос}} = 102,24 + 509,956 = 612,196 \text{ Вт.} \quad (2.118)$$

Мойынтірктерде үйкелуге арналған механикалық шығындар және радиалды желдету каналдары жоқ, қысқа тұйықталған роторы және тұйықтаушы сақиналарда желдеткіш қалақтары бар радиалды желдету жүйесі бар қозғалтқыштардағы желдеткіш шығындар, Вт:

$$P_{\text{мех}} = K_T \cdot \left(\frac{n}{10} \right)^2 \cdot D_a^2 = 5 \cdot \left(\frac{3000}{10} \right)^2 \cdot 0,349^2 = 1396 \text{ Вт.}; \quad (2.119)$$

мұндағы: $2 \cdot p = 2$ кезінде $K_T = 5$.

Қозғалтқыштағы бос жүріс тогы:

$$I_{\text{б.ж.}} \approx \sqrt{I_{\text{б.ж.а}}^2 + I_{\mu}^2} = \sqrt{10,664^2 + 10,416^2} = 10,664 \text{ А}; \quad (2.120)$$

мұндағы: $I_{\mu} = I_{\text{б.ж.а}}$ – бос жүріс тогының реактивті құраушысы.

Бос жүрістің активті құраушысын анықтау кезінде үйкеліске және желдетуге кеткен шығындар және қозғалтқыштың бос жүрісі кезіндегі болаттағы шығындар номиналды режимдегідей қабылданады.

Осы шарт бойынша:

$$I_{\text{б.ж.а}} = \frac{P_{\text{ст}} + P_{\text{мех}} + P_{\text{э1б.ж}}}{m \cdot U_{1\text{НОМ}}} = \frac{612,196 + 1396 + 82,590}{3 \cdot 380} = 2,287 \text{ А}; \quad (2.121)$$

Статордағы бос жүріс кезіндегі электрлік шығындарды жуықтап қабылдайды:

$$P_{\text{э1б.ж}} = m \cdot I_{\mu}^2 \cdot r_1 = 3 \cdot 10,416^2 \cdot 0,253 = 82,590 \text{ Вт.} \quad (2.122)$$

Бос жүріс кезіндегі қуат коэффициенті:

$$\cos \varphi_{\text{б.ж}} = \frac{I_{\text{б.ж.а}}}{I_{\text{б.ж}}} = \frac{2,287}{10,664} = 0,214. \quad (2.123)$$

2.8 Жұмыстық сипаттамаларын есептеу

(8.184) [1, б.347] бойынша:

$$r_{12} = \frac{P_{\text{ст.нег.}}}{m \cdot I_{\mu}^2} = \frac{509,956}{3 \cdot 10,416^2} = 1,566 \text{ Ом;} \quad (2.124)$$

$$x_{12} = \frac{U_{1\text{НОМ}}}{I_{\mu}} - x_1 = \frac{380}{10,416} - 0,874 = 35,607 \text{ Ом;} \quad (2.125)$$

$$c_1 = 1 + \frac{x_1}{x_{12}} = 1 + \frac{0,874}{35,607} = 1,024. \quad (2.126)$$

Келтірілген формула қолданылады, өйткені $|\gamma| < 1^{\circ}$:

$$\gamma = \arctg \frac{r_1 \cdot x_{12} - r_{12} \cdot x_1}{r_{12} \cdot (r_1 + r_{12}) + x_{12} \cdot (x_1 + x_{12})}; \quad (2.127)$$

Онда:

$$\gamma = \arctg \frac{0,253 \cdot 35,607 - 1,566 \cdot 0,253}{1,566 \cdot (0,253 + 1,566) + 35,607 \cdot (0,874 + 35,607)} = 0,337^{\circ} < 1^{\circ}.$$

Синхронды бос жүріс тогының құраушысы:

$$I_{0a} = \frac{P_{\text{ст.нег.}} + 3 \cdot I_{\mu}^2 \cdot r_1}{3 \cdot U_1} = \frac{509,956 + 3 \cdot 10,416^2 \cdot 0,253}{3 \cdot 380} = 0,519 \text{ А.} \quad (2.128)$$

$|\gamma| < 1^{\circ}$ кезінде келтірілетін әдіс қолданылады, өйткені бұл жағдайда $c_{1p} \approx 0$ және $c_1 \approx 1 + \frac{x_1}{x_{12}}$.

Онда:

$$a' = c_1^2 = 1,024^2 = 1,049; \quad (2.129)$$

$$a = c_1 \cdot r_1 = 1,024 \cdot 0,253 = 0,259; \quad (2.130)$$

$$b' = 0; \quad (2.131)$$

$$b = c_1 \cdot (x_1 + c_1 \cdot x_2') = 1,024 \cdot (0,187 + 1,024 \cdot 1,134) = 2,086. \quad (2.132)$$

Сырғанау өзгерген кезінде өзгермейтін шығындар:

$$P_{CT} + P_{MEH} = 612,196 + 1912,885 = 2525,082 \text{ Вт} = 2,525 \text{ кВт} \quad (2.133)$$

Келесі сырғанаулар үшін жұмыстық сипаттамалары есептелінеді: $s = 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03$, алдын ала ескере отырып: $s_{НОМ} \approx r_{2*}' = 0,019$
 $s_{НОМ} \approx r_{2*}' = 0,019$.

Жобаланған қозғалтқыштың номиналды деректері:

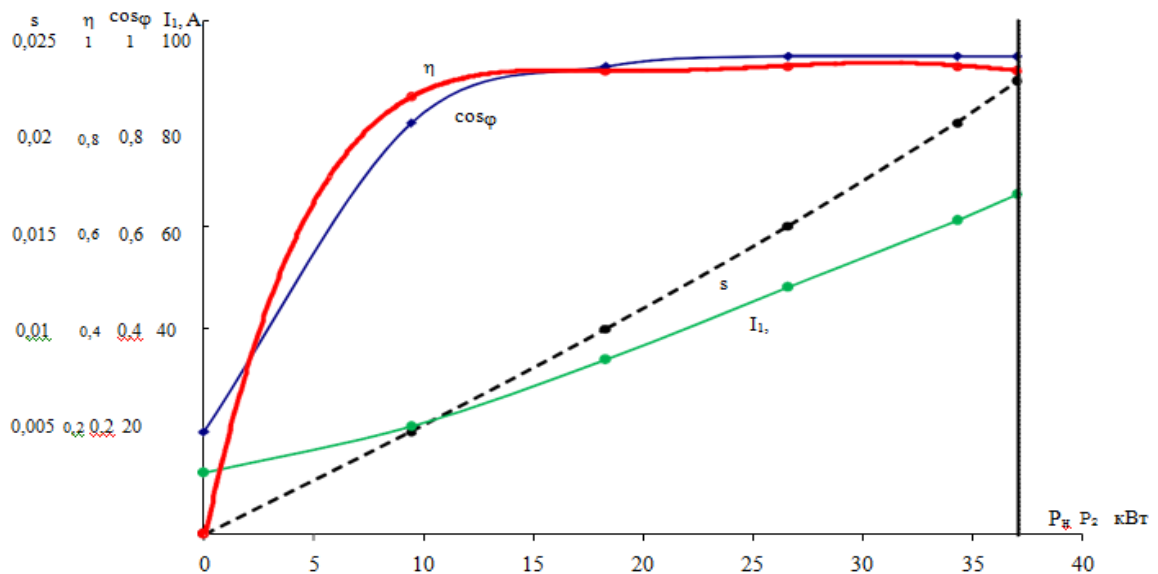
$$P_{2НОМ} = 37 \text{ кВт}, U_{1НОМ} = 380/660 \text{ В}, I_{1НОМ} = 40,519 \text{ А}, \cos \varphi_{НОМ} = 0,89, \eta_{НОМ} = 0,9.$$

Нүктелердің есептелінген деректері №2.2 – кестеде келтірілген.

2.2 кесте – Асинхронды қозғалтқыштың жұмыстық сипаттамалары

№	Есептік формулалар	Өл-шем і	Сырғанау s						
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,0203
1	$\frac{a' \cdot r_2'}{s}$	Ом	40,04	20,02	13,34 7	10,01	8,008	6,673	9,82 6
2	$R = a + \frac{a' \cdot r_2'}{s}$	Ом	40,3	20,28	13,60 6	10,27	8,268	6,933	10,1 22
3	$X = b + \frac{b' \cdot r_2'}{s}$	Ом	2,086	2,086	2,086	2,086	2,086	2,086	2,08 6
4	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	Ом	40,35 4	20,38 7	13,76 6	10,47 9	8,527	7,241	10,3 34
5	$I_2'' = \frac{U_1}{Z}$	А	9,417	18,63 9	27,60 5	36,26 1	44,56 3	52,48 2	36,7 68
6	$\cos \varphi_2' = \frac{R}{Z}$	–	0,999	0,995	0,988	0,979	0,969	0,957	0,97 9

7	$\sin \varphi'_2 = \frac{X}{Z}$	–	0,052	0,102	0,152	0,199	0,245	0,282	0,20 2
8	$I_{1a} = I_{0a} + I_2'' \cdot \cos \varphi'_2$	A	9,924	19,06 1	27,80 5	36,05 4	43,72 8	50,75 5	36,5 31
9	$I_{1p} = I_{0p} + I_2'' \cdot \sin \varphi'_2$	A	10,90 3	12,32 4	14,60 0	17,63 5	21,32 0	25,54 0	17,8 39
10	$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2}$	A	15,74 3	22,69 8	31,40 5	40,13 6	48,64 8	56,83 7	40,6 54
11	$I_2' = c_1 \cdot I_2''$	A	9,648	19,09 7	28,28 2	37,14 7	45,65 7	53,77 1	37,6 71
12	$P_1 = 3 \cdot U_1 \cdot I_{1a} \cdot 10^{-3}$	кВт	11,31 3	21,72 8	31,69 4	41,09 3	49,83 5	57,86 1	41,4 56
13	$P_{\text{э1}} = 3 \cdot I_1^2 \cdot r_1 \cdot 10^{-3}$	кВт	0,165	0,392	0,750	1,226	1,801	2,459	1,25 8
14	$P_{\text{э2}} = 3 \cdot I_2'^2 \cdot r_2' \cdot 10^{-3}$	кВт	0,053	0,208	0,457	0,789	1,192	1,654	0,81 1
15	$P_{\text{кoc}} = 0,005 \cdot P_1$	кВт	0,056	0,108	0,158	0,205	0,249	0,289	0,20 7
16	$\sum P = P_{\text{cm}} + P_{\text{Mex}} + P_{\text{э1}} + P_{\text{э2}} + P_{\text{кoc}}$	кВт	2,8	3,234	3,892	4,746	5,768	6,927	4,80 3
17	$P_2 = P_1 - \sum P$	кВт	8,512	18,49 5	27,80 6	36,35 4	44,08 1	50,95 6	36,8 42
18	$\eta = 1 - \frac{\sum P}{P_1}$	–	0,752	0,821	0,877	0,886	0,885	0,878	0,88 5
19	$\cos \varphi = \frac{I_{1a}}{I_1}$	–	0,573	0,778	0,851	0,887	0,887	0,887	0,88 7



2.3 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың жұмыстық сипаттамалары

2.9 Іске қосу сипаттамаларын есептеу

Магнит өткізгіштің қанығуын азайтумен өзара индукцияның x_{12} индуктивті кедергісі $s \geq (0,1 \dots 0,15)$ сырғу үшін іске қосу сипаттамаларының ұлғаюын ескере отырып ол келесі мәнге тең болуы мүмкін:

$$x_{12\Pi} \approx x_{12} \cdot \frac{F_{\Pi}}{F_{\delta}} = k_{\mu} \cdot x_{12}. \quad (2.134)$$

Онда:

$$x_{12\Pi} = 1,84 \cdot 35,607 = 65,526 \text{ Ом}.$$

Үлкен қателікке қарамастан, іске қосу режимдерінің есептік формулаларында r_{12} кедергіні елемейді. Бұл номиналдан едәуір асатын токтар кезінде ақталған, себебі орамдардағы электр шығындары, токтың квадратына пропорционал түрде өсетін болаттағы шығындардан бірнеше есе асып түседі, оларды есепке алу үшін алмастыру схемасына r_{12} параметр енгізілген.

Бұл ретте рұқсат етуге арналған коэффициент:

$$c_{1\Pi} = 1 + \frac{x_1}{x_{12\Pi}} = 1 + \frac{0,874}{65,526} = 1,013. \quad (2.135)$$

Қозғалтқыштың максималды моментін алдымен критикалық сырғынудың жуықталған мәні бойынша анықталады:

$$s_{\text{кр}} \approx \frac{r_2'}{\frac{x_1}{c_{1\Pi}} + x_2'} \approx \frac{0,19}{\frac{0,874}{1,013} + 3,545} = 0,22. \quad (2.136)$$

2 сурет бойынша анықталады:

$$h_c = h_{\Pi} - (h_{\text{ш}} + h'_{\text{ш}}) = 32,57 \cdot 10^{-3} - (7 \cdot 10^{-4} + 1,5 \cdot 10^{-3}) = 30,37 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 30,37 \text{ мм}. \quad (2.137)$$

Нүктелердің есептелінген деректері №2.3 – кестеде келтірілген.

2.3 кесте – Асинхронды қозғалтқыштың іске қосу сипаттамалары

№	Есептік формулалар	Өл-шемі	Сырғанау s					
			1	0,8	0,5	0,2	0,1	0,22=s _к р

1	$\xi = 63,61 \cdot h_c \cdot \sqrt{s}$	–	$\frac{1,93}{2}$	1,727	1,366	0,864	0,611	–
2	$\varphi(\xi)$	–	0,97	0,62	0,34	0,089	0,61	–
3	$h_T = \frac{h_c}{1 + \varphi}$	мм	$\frac{15,4}{16}$	18,747	22,664	28,935	29,998	28,637
4	$k_T = \frac{q_c}{q_r}$	–	$\frac{1,63}{8}$	1,389	1,199	1	1	1
5	$k_R = 1 + \frac{r'_c}{r_2} \cdot (k_r - 1)$	–	$\frac{1,33}{2}$	1,202	1,104	1	1	1
6	$r'_{2\xi} = k_R \cdot r'_2$	Ом	$\frac{0,25}{4}$	0,229	0,211	0,19	0,19	0,19
7	$k_D = \varphi'(\xi)$	–	0,75	0,82	0,91	0,97	0,98	0,97
8	$\lambda_{n2\xi} = \lambda_{n2} - \Delta\lambda_{n2\xi}$	–	$\frac{3,44}{6}$	3,536	3,652	3,729	3,742	3,729
9	$K_x = \frac{\sum \lambda_{2\xi}}{\sum \lambda_2}$	–	$\frac{0,95}{3}$	0,966	0,983	0,994	0,966	0,994
10	$x'_{2\xi} = K_x \cdot x'_2$	Ом	$\frac{1,08}{2}$	1,096	1,115	1,128	1,13	1,128
11	$R_{II} = r_1 + c_{1II} \cdot \frac{r'_{2\xi}}{s}$	Ом	$\frac{0,51}{1}$	0,544	0,680	1,220	2,186	1,128
12	$X_{II} = x_1 + c_{1II} \cdot x'_{2\xi}$	Ом	1,97	1,985	2,005	2,017	2,019	2,017
13	$I'_2 = \frac{U_1}{\sqrt{R_{II}^2 + X_{II}^2}}$	А	$\frac{186,}{623}$	$\frac{184,55}{7}$	$\frac{179,48}{7}$	$\frac{161,17}{2}$	127,67	164,383
14	$I_1 = I'_2 \cdot \sqrt{R_{2II}^2 + \frac{(X_{II} + x_{12II})^2}{(c_{II} + x_{12II})}}$	А	$\frac{195,}{71}$	$\frac{187,65}{2}$	$\frac{182,55}{2}$	$\frac{163,97}{4}$	129,94	167,236

Токтың ығысу эффектісінің әсерінен параметрлердің өзгеруінің әсерін және шашыраңқы өрістерден қанығуын есепке ала отырып, токтарды есептеу.

Есептеу тиісті сипаттамалар нүктелері үшін жүргізіледі: $s = 1; 0,8; 0,5; 0,1; 0,22$ бұл ретте токтың ығыстыру әсерін ескере отырып, сол сырғу үшін ток пен кедергілердің мәні қолданылады (Кесте №2.3).

Есептелінген деректер Кесте №2.3 келтірілген.

Есептеу кезінде алынған қанығу коэффициенті $k'_{\text{қанығ.}} = 1,317$; шамамен 3% - ға дейін қабылданғаннан ерекшеленеді, бұған толығымен рұқсат беріледі.

2.4 кесте - Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың ток ығыстырылуын және шашырау өрісінен қанығуын есепке ала отырып іске қосу сипаттамалары

№	Есептік формулалар	Өл-шемі	Сырғанау s					
			1	0,8	0,5	0,2	0,1	0,22=

								Skp
1	$k_{\text{қанығ.}}$	–	1,35	1,3	1,25	1,1	1,05	1,07
2	$F_{\text{п.орт}} = 0,7 \cdot \frac{I_1 \cdot k_{\text{қанығ.}} \cdot u_n}{a} \cdot \left(k'_\beta + k_{y1} \cdot k_{\text{орам}} \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \right)$	А	6910	6581	6111	4778	3618	3905
3	$B_{\Phi\delta} = \frac{F_{\text{п.ср}} \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot \delta \cdot C_N}$	ТЛ	4,697	4,471	4,151	3,24 6	2,45 8	2,650
4	$k_\delta = f(B_{\Phi\delta})$	–	0,48	0,52	0,55	0,69	0,75	0,72
5	$c_{\text{э1}} = (t_{Z_1} - b_{\text{ш1}}) \cdot (1 - k_\delta)$	мм	6,76	6,24	5,85	4,03	3,25	3,64
6	$\lambda_{\text{п1қанығ.}} = \lambda_{\text{п1}} - \Delta\lambda_{\text{п1қанығ.}}$	–	1,14	1,182	1,199	1,26	1,29 7	1,278
7	$\lambda_{\text{д1қанығ.}} = k_\delta \cdot \lambda_{\text{д1}}$	–	0,773	0,837	0,866	1,11 1	1,20 8	1,159
8	$x_{\text{1қанығ.}} = x_1 \cdot \frac{\sum \lambda_{\text{1қанығ.}}}{\sum \lambda_1}$	Ом	0,59	0,597	0,693	0,62 9	0,64 1	0,635
9	$c_{\text{1п.қанығ.}} = 1 + \frac{x_{\text{1қанығ.}}}{x_{\text{12п}}}$	–	1,007	1,007	1,008	1,00 8	1,00 8	1,008
10	$c_{\text{э2}} = (t_{Z_2} - b_{\text{ш2}}) \cdot (1 - k_\delta)$	мм	10,4	9,6	9	6,2	5	5,6
11	$\lambda_{\text{п2\xi қанығ.}} = \lambda_{\text{п2\xi}} - \Delta\lambda_{\text{п2қанығ.}}$	–	1,878	1,95	2,172	2,35 5	2,43 7	2,387
12	$\lambda_{\text{д2қанығ.}} = k_\delta \cdot \lambda_{\text{д2}}$	–	1,291	1,399	1,470	1,85 6	2,61 8	1,957
13	$x_{\text{2\xi қанығ.}} = x'_2 \cdot \frac{\sum \lambda_{\text{2\xi қанығ.}}}{\sum \lambda_2}$	Ом	0,739	0,769	0,817	0,90 6	0,94 5	0,925
14	$R_{\text{п.қанығ.}} = r_1 + \frac{c_{\text{1п.қанығ.}} \cdot r'_{\text{2\xi}}}{s}$	Ом	0,564	0,6	0,714	1,22 9	2,12 2	1,906
15	$X_{\text{п.қанығ.}} = x_{\text{1қанығ.}} + c_{\text{1п.қанығ.}} \cdot x_{\text{2\xi қанығ.}}$	Ом	1,335	1,372	1,425	1,54 2	1,59 4	1,567

2.4 кестенің жалғасы

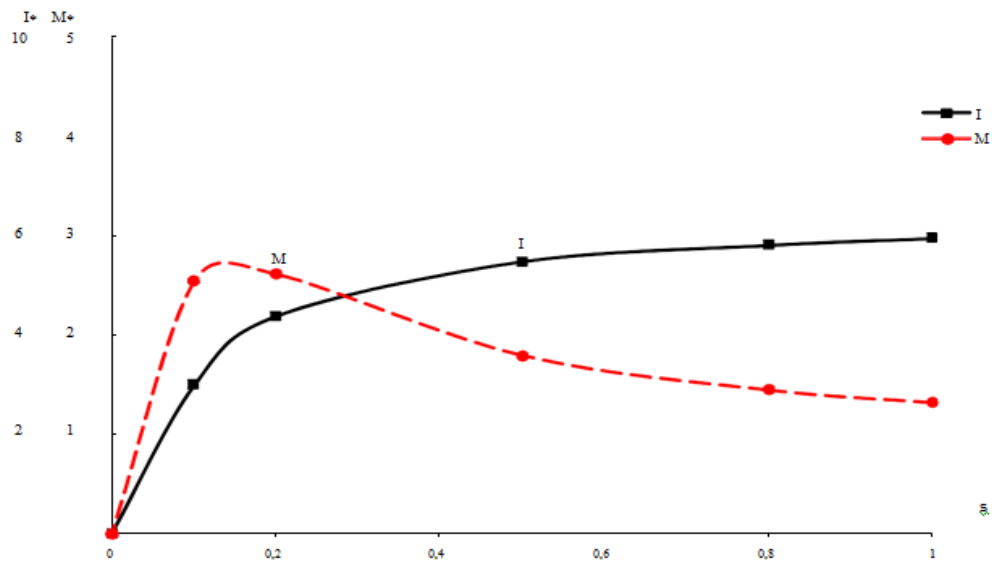
16	$I'_{2\text{қанығ.}} = \frac{U_1}{\sqrt{R_{\text{п.қанығ.}}^2 + X_{\text{п.қанығ.}}^2}}$	A	262,2 75	253,7 66	238,3 4	192, 647	143, 19	157,8 4
17	$I_{1\text{қанығ.}} = \frac{I'_{2\text{қанығ.}} \cdot \sqrt{R_{\text{п.қанығ.}}^2 + (X_{\text{п.қанығ.}} + x_{12\text{п}})^2}}{C_{1\text{п.қанығ.}} \cdot x_{12\text{п}}}$	A	264,7 01	256,2 13	240,7 83	194, 851	144, 931	159,7 61
18	$k'_{\text{қанығ.}} = \frac{I_{1\text{қанығ.}}}{I_1}$	–	1,317	1,289	1,254	1,14 2	1,07 1	1,08
19	$I_1^* = \frac{I_{1\text{қанығ.}}}{I_{1\text{ном}}}$	–	6,606	6,394	6,009	4,88 3	3,75 1	3,984
20	$M_* = \left(\frac{I'_{2\text{қанығ.}}}{I'_{2\text{ном}}} \right)^2 \cdot K_R \cdot \frac{S_{\text{ном}}}{S}$	–	1,414	1,475	1,783	2,58	2,77 8	2,979

Критикалық сырғанау анықталады:

$$s_{\text{кр}} = \frac{r'_{2\xi}}{\frac{x_{1\text{қанығ.}}}{C_{1\text{п.қанығ.}}} + x'_{2\xi\text{қанығ.}}} = \frac{0,187}{\frac{0,733}{1,01} + 0,808} = 0,118 = 11,8\%; \quad (2.138)$$

Содан кейін тиісті нүктелер сипаттамалары есептеледі:

$$s_{\text{кр}} = 11,8\%; \quad M_{\text{max}^*} = 2,8.$$



2.4 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың іске қосу сипаттамалары

Есептелінген қозғалтқыштың іске қосу және максималды моменттері мен іске қосу тогының еселігтері МЕСТ талаптарын қанағаттандырады.

2.10 Жылуды және желдетуді есептеу

Статор өзекшесінің ішкі беті температурасының қозғалтқыш ішіндегі ауа температурасынан асуы, °С:

$$\Delta v_{\text{бет1}} = K \cdot \frac{P'_{\text{э.п1}} + P_{\text{нег.ст}}}{\pi \cdot D \cdot l_1 \cdot \alpha_1}; \quad (2.139)$$

8.33 кесте бойынша [1, б.402] $K = 0,22$ қабылданады.

Статордың орамасындағы электрлік шығындар: $P'_{\text{э.п1}}$ пазалық бөліктегі және $P'_{\text{э.м1}}$ катушканың маңдайша бөлігіндегі шығындар болып бөлінеді:

$$P'_{\text{э.п1}} = k_p \cdot P_{\text{э1}} \cdot \frac{2 \cdot l_1}{l_{\text{орт.1}}}; \quad (2.140)$$

$$P'_{\text{э.м1}} = k_p \cdot P_{\text{э1}} \cdot \frac{2 \cdot l_{\text{м1}}}{l_{\text{орт.1}}}; \quad (2.141)$$

мұндағы: k_p - қыздыруға төзімділігі F класы оқшаулауы бар орамалар үшін шығындарды арттыру коэффициенті: $k_p = \rho_{140} / \rho_{115}$.

Онда:

$$P'_{\text{э.п1}} = 1,07 \cdot 1258 \cdot \frac{2 \cdot 128,141 \cdot 10^{-3}}{943,112 \cdot 10^{-3}} = 356,817 \text{ Вт.}$$

8.70 б сурет бойынша [1, б.400] беттен жылу беру коэффициентінің орташа мәні қабылданады: $\alpha_1 = 165 \text{ Вт/м}^2$.

Бізде бары:

$$\Delta v_{\text{қос1}} = 0,22 \cdot \frac{365,817 + P_{\text{нег.ст}}}{\pi \cdot 0,184 \cdot 128,141 \cdot 10^{-3} \cdot 165}.$$

Статор орамасының пазалық бөлігіндегі оқшаулаумасындағы температураның ауытқуы, °С:

$$\Delta v_{\text{оқ.п1}} = \frac{P'_{\text{э.п1}}}{Z_1 \cdot \Pi_{\text{п1}} \cdot l_1} \cdot \left(\frac{b_{\text{оқ.п1}}}{\lambda_{\text{эКВ}}} + \frac{b_1 + b_2}{16 \cdot \lambda'_{\text{эКВ}}} \right); \quad (2.142)$$

мұндағы: $\Pi_{п1}$ - жартылай жабық трапециалды пазаларға тең статор пазасының көлденең қимасының есептік периметрі:

$$\Pi_{п1} = 2 \cdot h_{п.к} + b_1 + b_2; \quad (2.143)$$

мұндағы: $h_{п.к}$, b_1 және b_2 штаптағы паза өлшемдері (алдында есептелінген).

Сурет 8.72 бойынша [1, б.402] қыздыруға төзімді оқшаулау F классы үшін: $\lambda_{эКВ} = 0,16 \text{ Вт/М}^2$.

$$d/d_{оқ} = \frac{1,18 \cdot 10^{-3}}{1,26 \cdot 10^{-3}} = 0,938; \quad (2.144)$$

$d/d_{оқ} = 0,938$ үшін $\lambda'_{эКВ} = 1,15 \text{ Вт/М}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ табылады.

Онда:

$$\Pi_{п1} = 2 \cdot 30,532 \cdot 10^{-3} + 8,914 \cdot 10^{-3} + 14,243 \cdot 10^{-3} = 84,221 \cdot 10^{-3};$$

$$\Delta v_{оқ,п1} = \frac{365,817}{36 \cdot 84,221 \cdot 10^{-3} \cdot 0,128} \cdot \left(\frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,16} + \frac{8,914 + 14,243}{16 \cdot 1,15} \right) = 4,127^\circ\text{C}.$$

Маңдайша бөліктерінің оқшаулама қалыңдығы бойынша температураның құламасы:

$$\Delta v_{оқ,л1} = \frac{P'_{э,м1}}{2 \cdot Z_1 \cdot \Pi_{м1} \cdot I_{м1}} \cdot \left(\frac{b_{оқ,м1}}{\lambda_{эКВ}} + \frac{h_{п1}}{12 \cdot \lambda'_{эКВ}} \right); \quad (2.145)$$

Онда:

$$P'_{э,м1} = 1,07 \cdot 1258,135 \cdot \frac{2 \cdot 343,415 \cdot 10^{-3}}{943,112 \cdot 10^{-3}} = 930,386 \text{ Вт};$$

$$\Pi_{м1} = \Pi_{п1} = 84,221 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$\Delta v_{оқ,м1} = \frac{930,386}{2 \cdot 36 \cdot 84,221 \cdot 10^{-3} \cdot 343,415 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{5 \cdot 10^{-5}}{0,16} + \frac{30,532 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot 1,15} \right) = 1,188^\circ\text{C}.$$

Маңдайша бөліктердің сыртқы бетіндегі температурасының қозғалтқыш ішіндегі ауа температурасынан асуы:

$$\Delta v_{\text{қос.м1}} = \frac{K \cdot P'_{\text{эл1}}}{2 \cdot \pi \cdot D \cdot l_{\text{шығ}} \cdot \alpha_1} = \frac{0,22 \cdot 980,386}{2 \cdot \pi \cdot 0,184 \cdot 80,073 \cdot 10^{-3} \cdot 165} = 14,046 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.146)$$

Статор орамасындағы температурасының қозғалтқыш ішіндегі ауа температурасынан орташа асуы:

$$\Delta v_1 = \frac{(\Delta v_{\text{қос1}} + \Delta v_{\text{оқ.п1}}) \cdot 2 \cdot l_1 + (\Delta v_{\text{оқл1}} + \Delta v_{\text{қос.л1}}) \cdot 2 \cdot l_1}{l_{\text{орт.1}}}; \quad (2.147)$$

Алынады:

$$\Delta v_1 = \frac{(15,681 + 4,127) \cdot 2 \cdot 0,128 + (4,127 + 14,046) \cdot 2 \cdot 0,128}{943,112 \cdot 10^{-3}} = 16,478 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Қозғалтқыш ішіндегі ауа температурасының қоршаған орта температурасынан асуы:

$$\Delta v_B = \frac{\sum P'_B}{S_{\text{кор}} \cdot \alpha_B}; \quad (2.148)$$

мұндағы: $D_a = 0,349$ м; үшін $\alpha_B = 26 \text{ Вт/м}^2$.

$\sum P'_B$ - қозғалтқыш ішінде ауаға шығарылатын шығындардың сомасы, Вт:

$$\sum P'_B = \sum P' - (1 - K) \cdot (P'_{\text{эл1}} + P_{\text{ст.нег.}}) - 0,9 \cdot P_{\text{мех}}; \quad (2.149)$$

$$\sum P' = \sum P + (k_p - 1) \cdot (P_{\text{эл1}} + P_{\text{эл2}}); \quad (2.150)$$

мұндағы: $\sum P$ - номиналды режимде және есептік температурада қозғалтқыштағы барлық шығындардың сомасы, кесте 1 бойынша $s = s_{\text{ном}}$ үшін $\sum P = 4746$ Вт.

Станина қабырғаларының бетін есепке ала отырып, корпусты салқындатудың баламалы беті:

$$S_{\text{кор}} = (\pi \cdot D_a + 8 \cdot \Pi_p) \cdot (l_1 + 2 \cdot l_{\text{шығ}}); \quad (2.151)$$

мұндағы: P_p - қозғалтқыш корпусы қабырғаларының көлденең қимасының шартты периметрі; $h = 200$ мм. үшін мәні сурет 8.73 бойынша [1, б.404] $P_p = 0,38$ м бойынша қабылданады.

Нәтижелік мәні:

$$S_{\text{кор}} = (\pi \cdot 0,349 + 8 \cdot 0,38) \cdot (0,128 + 2 \cdot 80,073 \cdot 10^{-3}) = 1,192 \text{ м}^2;$$

$$\sum P' = 4746 + (1,07 - 1) \cdot (1126 + 789) = 4887 \text{ Вт};$$

$$\begin{aligned} \sum P'_B &= 4887 - (1 - 0,22) \cdot (365,817 + 509,956) - 0,9 \cdot 1912 = \\ &= 2482,929 \text{ Вт}; \end{aligned}$$

$$\Delta v_B = \frac{2482,929}{1,192 \cdot 26} = 80,083 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Статор орамасындағы температурасының қоршаған орта температурасынан орташа артуы:

$$\Delta v_1 = \Delta v'_1 + \Delta v_B = 16,478 + 80,083 = 96,561 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (2.152)$$

Қозғалтқыштың салқындату шарттарын тексеру.

IP44 салқындату қорғау дәрежесі бар қозғалтқыштар үшін талап етілетін ауа шығыны:

$$Q_B = \frac{k_m \cdot \sum P'_B}{1100 \cdot \Delta v_B} = \frac{10,667 \cdot 2482,929}{1100 \cdot 80,083} = 0,301 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.153)$$

мұндағы: k_m - сыртқы желдеткішпен үрленетін корпус бетінің ұзындығы бойынша салқындату шарттарының өзгеруін ескеретін коэффициент:

$$k_m = m' \cdot \sqrt{\frac{n}{100} \cdot D_a} = 3,3 \cdot \sqrt{\frac{3000}{100} \cdot 0,349} = 10,677. \quad (2.154)$$

m' - коэффициенті нұсқаулықтар бойынша қабылданады [1, б.407] $m' = 3,3$.

Сыртқы желдеткішпен қамтамасыз етілетін ауа шығыны мына формула бойынша анықталуы мүмкін:

$$Q'_B = 0,6 \cdot D_a^3 \cdot \frac{n}{100} = 0,6 \cdot 0,349 \cdot \frac{3000}{100} = 0,756 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.155)$$

Қозғалтқыш бөліктерінің қызуы рұқсат етілетін шектерде болады (7.1 – кестесі бойынша) [1, б.212].

Желдеткіш қажетті ауа шығынын қамтамасыз етеді, өйткені $Q'_B \gg Q_B$; (талаптар бойынша [1, б.407]).

Есеп тапсырмасына сәйкес 4А сериялы қозғалтқыштардың типтік параметрлерімен есептеу нәтижесінде алынған есептік асинхронды қозғалтқыштың параметрлері салыстырылады:

2.5 кесте – Есептелінген қозғалтқыштың параметрлері

Параметрлері	η	$\cos \varphi$	$\frac{I_{Iск.}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{Iск.}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
Есептелінген қозғалтқыш	0,821	0,88	6,006	1,414	2,8
Есепке тапсырма	0,8-0,9	0,85-0,9	6-7	1,2-2	2-2,5

Есептелінген қозғалтқыштың параметрлері берілген шарттарға жауап береді және ұқсас классты қозғалтқыштардың анықтамалық параметрлеріне шамамен сәйкес келеді.

3 Өмір тіршілік қауіпсіздігі

Қысқаша түйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты есептеу кезіндегі еңбекті қорғау талаптарын талдау.

Жұмыс орнында өндірістің қауіпті және зиянды факторларының ықтимал әсерінен қорғау шаралары көзделуі тиіс. Бұл факторлардың деңгейлері құқықтық, техникалық және санитарлық-техникалық нормаларда айтылған шекті мәндерден аспауы тиіс. Бұл нормативтік құжаттар жұмыс орнында жұмыс істеушілерге қауіпті және зиянды факторлардың әсері жойылған не мүлдем жойылған не рұқсат етілген шектерде болатын еңбек жағдайларын жасауға міндеттейді.

Дипломдық жобаның осы бөлімі келесі мәселелерді қарауға арналған:

- инженер еңбегінің оңтайлы жағдайларын қарастыру.
- жарықтандыруды есептеу (табиғи, жасанды).
- температураны қадағалау.
- желдетуді қадағалау.
- электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету.

Бұл бөлімде нысан ретінде кеңселік бөлме қарастырылады. Оның өлшемдері: ұзындығы – 6 метр, ені – 5 метр, биіктігі – 3 метр. Бұл бөлмеде оргтехника қолданылады (компьютер және принтер – сканер – ксерокс). Табиғи жарық қабырғадан түсіп тұрады. Өлшемі 2х3 метр болатындай 2 терезе бар. Жұмысшылар саны – 3 адам.

3.1. Жалпы гигиеналық талаптар

Дұрыс жобаланған және орындалған өндірістік жарықтандыру көру жұмысының жағдайын жақсартады, шаршағандықты төмендетеді, еңбек өнімділігін арттыруға ықпал етеді, жұмысшыға оң психологиялық әсер көрсете отырып, өндірістік ортаға жағымды әсер етеді, еңбек қауіпсіздігін арттырады және травматизмді төмендетеді.

Жарықтандырудың 3 түрі болады: табиғи, жасанды және аралас (табиғи және жасанды бірге).

Табиғи жарықтандыру - үй-жайлардың сыртқы қоршау конструкцияларындағы жарық ойықтары арқылы өтетін күндізгі жарықпен бөлмені жарықтандыру. Табиғи жарықтандыру күн уақытына, жыл уақытына, облыстың сипатына және басқа да бірқатар факторларға байланысты кең шектерде өзгеріп отырады.

Жасанды жарықтандыру тәуліктің қараңғы уақытында және табиғи жарықтандыру коэффициентінің нормаланған мәнін қамтамасыз ету мүмкін болмаған күні (бұлтты ауа райы, қысқа жарық күні) жұмыс кезінде қолданылады. Табиғи жарықтандыру нормалары бойынша жеткіліксіз болған жағдайда жасанды жарықтандырумен аралас жарықтандыру деп аталады.

Сонымен қатар, барлық көру алаңы біркелкі жарықтандырылуы тиіс – бұл негізгі гигиеналық талап. Мысалы, бөлменің жарықтану дәрежесі және

компьютер экранының жарықтығы шамамен бірдей болуы тиіс, өйткені перифериялық көру ауданындағы жарқын жарық көздің кернеулігін едәуір арттырады және соның салдарынан олардың тез шаршауына әкеледі.

Ауа ылғалдылығы жалпы қабылданған нормаларға сәйкес болуы тиіс және олар барлық бөлмелер үшін бірдей: қыста 30% - дан төмен емес және жазда 40% - дан төмен емес.

Ылғалдылығы 50-60% оңтайлы деп саналады, ауада мұндағы су мөлшері жайлы және шырышты қабық құрғамайды, бұл әсіресе кеңсе қызметкерлерінің көзі үшін маңызды.

Кеңседегі температура +20 дан +25°C ке дейінгі аралығында болуы керек. Термометрдің +26°C градустың белгісіне жеткенде адам ағзасындағы реакция бәсеңдейді, шаршағыштық артады.

+20 градустан төмен температура кеңсенің өнімділігіне әсер етеді, ұйқышылдық тудырып, ұзақ уақыт бойы және ауруға ұшырайтын адамдардың пайызын арттыра отырып, бұл басшылықтың не қызметкерлердің өзіне де тиімді емес.

СН-245-71 санитарлық нормаларында қолайлы жағдай жасайтын микроклимат параметрлерінің шамалары орнатылған. Бұл нормалар жыл уақытына, еңбек процесінің сипатына және өндірістік бөлменің сипатына байланысты белгіленеді (кестені қараңыз. 3.2.1) [22].

3.1 кесте - Компьютерлер орнатылған бөлмеге арналған микроклимат параметрлері

Жыл мезгілі	Микроклимат параметрі	Өлшемі
Суық	Бөлмедегі ауа температурасы салыстырмалы ылғалдылық Ауа қозғалысының жылдамдығы	22...24°C 40...60% 0,1м/с дейін
Жылы	Бөлмедегі ауа температурасы салыстырмалы ылғалдылық Ауа қозғалысының жылдамдығы	23...25°C 40...60% 0,1...0,2м/с

Ауа алмасудың ұсынылатын жылдамдығы МЕСТ 30494-2011 сәйкес маусымға қарамастан секундына 0,1 метрге дейін.

3.2 кесте - Компьютерлер орналасқан бөлмедегі таза ауа берудің нормалары

Бөлменің сипаттамасы	Үй-жайға берілетін таза ауаның көлемдік шығыны, сағатына бір адамға м ³
Бір адамға 20 м ³ дейін көлем.	30 – дан кем емес
Бір адамға 20...40 м ³ дейін	20 – дан кем емес
Бір адамға 40 м ³ жоғары	Табиғи желдету

Адамдар үнемі болатын бөлме үшін желдету жүйесін жоспарлау кезінде жүйенің жұмыс істеу әдісін дұрыс таңдау қажет. Желдету жүйесінің үш түрін бөліп көрсетуге болады:

- ауа тартқыш желдету;
- ағындық желдету;
- ағынды-тартқышты желдету.

Компьютер жұмысындағы үзілістер.

СанПин жұмысшының шаршауына жол бермеу үшін 45-60 минут бойы жұмыс істеген соң 10 минуттан 15 минутқа дейін үзіліс жасауды ұсынады. Үзіліс тиімділігі өндірістік гимнастикасымен немесе ыңғайлы жұмсақ жиһазбен, аквариуммен, жасыл аймақпен және т. б. персоналдың демалуына арналған арнайы бөлмені ұйымдастырумен бірге артады.

Ыңғайлы жұмыс үшін үстел келесі шарттарды қанағаттандыруы керек:

- монитордан көзге дейінгі қашықтық 600-ден 700 мм-ге дейін, бірақ 500 мм-ден кем болмауы тиіс;
- жұмыс бетінің биіктігі 680-760 мм шегінде ұсынылады.
- пернетақта орнатылған беттің биіктігі 650 мм-ге жуық болуы тиіс.
- орындықтың ұсынылатын биіктігі еден деңгейінен 420-550 мм шегінде болады.

- орындықтың беті жұмсақ, алдыңғы шеті дөңгелектелген, ал арқаның көлбеу бұрышы реттелетін.

- үстелдің конструкциясында жылжымалы жәшіктердің болуы

Қарастырылып отырған дипломды жұмыстың тақырыбы: қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты есептеу болғандықтан, электр қозғалтқыштармен жұмыс жасаған кездегі техника қауіпсіздік ережелерін айта кеткен жөн.

Электр қозғалтқыштармен жұмысты ІІІ – тен төмен емес біліктілік тобы бар арнайы оқытылған адам жүргізеді. Бұл ретте келесі сақтық шараларын сақтау қажет:

- бас киімде және арнайы жұмыс киіммен жұмыс жасау.
- қозғалтқыштың айналатын бөліктерінен сақ болу.
- жұмыс барысында диэлектрлік галоштарды немесе резеңке кілемшелерді пайдалану.
- Жерлендіруді тексеру
- екі полюстің ток өткізгіш бөліктеріне немесе ток өткізгіш және жерге тұйықтау бөліктеріне бір мезгілде қолмен тигізуге болмайды.

Компьютермен жұмыс істеу алдында электр сымдардың тоқ көздерінің қалпын, жерлендіруді тексеру.

Жұмыс кезінде:

- сымдарды ұқыпты ұстау керек;
- компьютер тоқ көзіне қосылып тұрған кезде оны тазалаумен айналысуға болмайды;

- компьютермен қатар сұйықтықты қоюға, сондай-ақ дымқыл қолмен жұмыс істеуге болмайды.

Апаттық жағдайларда:

- кез келген ақаулар кезінде дербес компьютерді желіден бірден ажырату қажет;

- оқшауланбаған сымдар табылған жағдайда барлық және сыммен байланыс жасамауға қызметкерлерді дереу хабардар ету;

- адам токпен зақымданған жағдайда алғашқы көмек көрсетіп, жедел медициналық көмек шақыру;

- өрт шыққан жағдайда өрт сөндіргіштерді пайдалана отырып, оны сөндіру жөнінде шаралар қабылдау (қызметкерлер олардың қайда орналасқанын білуі тиіс)).

Жұмыс аяқталғаннан кейін:

- компьютерді сөндіру;

- жұмыс орнын ылғалды тазарту қажет;

- тоқ көзін сөндіру.

3.2 Жарықтандыруды есептеу

3.2.1 Табиғи жарықтандыруды есептеу

Табиғи жарықтандыру терезеден бүйірлік жарықтану, терезе және шам арқылы бір уақытта іске асырылады. Бұл жарықтанудың түрі табиғи жарықтандыру еселеуішімен (ТЖЕ) арқылы сипатталады.

Кеңсе бөлмесінің өлшемдері:

ұзындығы $L=6$ м;

ені: $B=5$ м;

биіктігі: $H=3$ м;

Еден деңгейінен жоғары жұмыстық беттің биіктігі: $h_{ж.б} = 0,8$ м терезенің үстіне дейін $h_{ж} = 0,7$; терезе биіктігі $h_T = 2$;

Қабырғадан жарықтандыру кезінде жарықтың терезелердің ауданын S_0 , ТЖЕ қалыптасқан мәндерін қамтамасыз етуін кейәптеме бойынша анықтау:

$$S_T = \frac{S_e \cdot e_N \cdot \eta_0 \cdot K_3 \cdot K_{зд}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} \quad (3.1)$$

мұндағы: S_T – қабырғалық жарықтану кезіндегі жарық ойықтарының ауданы, m^2 ;

S_e – бөлме еденінің ауданы, m^2 ;

e_N – ТЖЕ қалыптасқан мәні;

K_3 – қордың еселеуіші;

η_0 – ойықтардың жарық сипаттамасы

τ_0 – жарық өткізудің жалпы еселеуіші, ол төмендегі теңдеу арқылы анықталады:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4; \quad (3.2)$$

3.3 кесте

Бөлменің түрі	Қабырғадан түсетін жарық ТЖЕ, %
Кеңсе	1,2

3.4 кесте - K_3 мәні

Бөлменің түрі	K_3
Кеңсе және жоғары дәлдігі, III а	1,2

3.5 кесте – Жарық өткізу еселеуіштерінің мәндері

Жарық өткізгіш жабдықтың түрі	τ_1	Өткелдер түрі	τ_2	Құрылғы жабудың өткізетін түрі	τ_3	Күннен қорғау құрылғылар	τ_4
Үш қабаттық терезе	0,75	Ағаш жақтауы қос бөлек	0,6	Болатты пішін	0,9	Реттелетін пердеше	1

3.6 кесте – Жарық климатының коэффициенті, m ;

Әкімшілік аудан	m
Алматы	0,75

Кестелердегі мәндерді пайдаланып, келесілер есептелінеді:

Өртүрлі аудандарда орналасқан ғимараттар үшін ТЖК – нің нормалық мәні төмендегі формула бойынша анықталады:

$$e_N = e_H \cdot m; \quad (3.3)$$

$$e_N = 1,2 \cdot 0,75 = 0,9.$$

Есептік биіктік:

$$h_e = h_T + h_{ж} - h_{ж.б} = 2 + 0,7 - 0,8 = 1,9 \text{ м.} \quad (3.4)$$

$l = B - 1 \text{ м} = 5 - 1 = 4 \text{ м}$; кезінде кесте бойынша ойықтардың жарық сипаттамасын табылады: $\eta_0 = 6$.

Жалпы жылу еселеуіші анықталады:

$$\tau_0 = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,4.$$

Қабырғалық жарықтандыру үшін r_1 коэффициенті келесідей анықталады:
 Біріншіден бөлме тереңдігінің шартты жұмыс бетінің деңгейінен терезенің үстіне дейінгі қатынасы:

$$\frac{l}{h_e} = \frac{4}{1,9} = 2,1 \text{ м.} \quad (3.5)$$

Бөлме тереңдігінің бөлме еніне қатынасы:

$$\frac{l}{B} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ м.} \quad (3.6)$$

Бөлме ұзындығының оның тереңдігіне қатынасы:

$$\frac{L}{l} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ м.} \quad (3.7)$$

Еденнің ауданы:

$$S_e = L \cdot B = 6 \cdot 5 = 30 \text{ м}^2. \quad (3.8)$$

Қабырғалардың ауданы:

$$S_k = 2 \cdot B \cdot H + L \cdot B = 2 \cdot 5 \cdot 3 + 6 \cdot 5 = 60 \text{ м}^2. \quad (3.9)$$

Төбенің ауданы кезінде төбенің, қабырғалар мен еденнің $\rho_{ст}$ шағылуының орташа өлшенген коэффициентінің шамасы:

$$\rho_{ст} = \frac{(70 \cdot 30 + 50 \cdot 60 + 10 \cdot 30)}{(30 + 60 + 30)} = 45\%;$$

$$r_1 = 1,5.$$

Қарама-қарсы ғимарат келесі қашықтықта орналасқан: $P = 30 \text{ м}$; $H_f = 30 \text{ м}$.

$$\frac{P}{H_f} = \frac{30}{30} = 1.$$

Кесте 3.7 – $K_{зд}$ мәні

Р:Н	$K_{зд}$
1	1,4

Терезе ойықтарының ауданы келесі формула бойынша анықталады:

$$S_T = \frac{S_e \cdot e_N \cdot \eta_0 \cdot K_3 \cdot K_{зд}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} = \frac{30 \cdot 0,9 \cdot 6 \cdot 1,2 \cdot 1,4}{100 \cdot 0,4 \cdot 1,5} = 4,54 \text{ м}^2.$$

Терезенің ұзындығы:

$$l_{\text{терезе}} = \frac{S_T}{h_T} = \frac{4,54}{2} = 2,27 \text{ м.} \quad (3.10)$$

$l_{\text{терезе}} < L_6$, $2,27 < 6$ терезенің ұзындығы оқу сыныбынан аз.

3.2.2 Жасанды жарықтандыруды есептеу

Кеңсе үшін ұзындығы $A=6$ метр, ені $B=5$ метр, биіктігі $H=3$ м болатын, ақ қабырғалы бөлменің жалпы жарықтандыруы есептелінеді. Шағылысу коэффициенттері: төбеден – $\rho_{\text{төбе}} = 70\%$, қабырғадан – $\rho_{\text{қабырға}} = 50\%$, еденнен – $\rho_{\text{еден}} = 10\%$. Қоректендіру кернеуі $U = 220$ В; Жарық диодты ARS/S UNI LED 600 EM типті 30 Вт қуаттылықтағы шамы алынды. Жарық ағыны $\Phi_{\text{ш}} = 3000$ лм. Қор коэффициенті жарық диодты шамдар үшін $k_{\text{қ}} = 1,1$ Шамдардың іліну биіктігі: $h_{\text{ш}} = 0,2$ м, еден деңгейінен жұмыс кеңістігінің биіктігі - $h_{\text{ж}} = 0,8$ м.

Жарықтануды жарық ағынының пайдалану коэффициенті әдісімен есептеу.

Жұмыс бөлмесі үшін көлденең беттің жалпы біркелкі жарықтануын қарастырғанда жарықтану жарық ағынын пайдалану коэффициенті әдісімен есептеледі.

Есептік биіктігі келесіге тең:

$$h_e = H - (h_{\text{ж}} + h_{\text{ш}}) = 3 - (0,8 + 0,2) = 2 \text{ м.} \quad (3.11)$$

Шамдардың өзара орналасу қашықтығы: $\lambda = 0,6 \div 2$:

$$L = \lambda \cdot h. \quad (3.12)$$

Ұзындығы: $L_A = 1 \cdot 2 = 2$ м;

Ені: $L_B = 1,25 \cdot 2 = 2,5$ м.

Қабырғадан шамға дейінгі қашықтықты есептейміз:

$$l = (0,4 \div 1) \cdot L;$$

$$l_A = 0,5 \cdot L_A = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ м};$$

$$l_B = 0,5 \cdot L_B = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ м}.$$

Бөлме индексі келесі формула бойынша анықталады:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{6 \cdot 5}{2 \cdot (6 + 5)} = 1,36. \quad (3.13)$$

Кесте бойынша ; Жарық диодты ARS/S UNI LED 600 EM типті шамы үшін пайдалану коэффициенті таңдалады $\eta = 0,69$. Осылайша шамдар саны келесіге тең:

$$N = \frac{E \cdot k_k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{ш} \cdot \eta}; \quad (3.14)$$

мұндағы: E - белгіленген минималды жарық, лк, кеңсе бөлмесі үшін $E_H = 300$ лк;

k_k – қор коэффициенті, $k_k = 1,1$;

S – бөлме ауданы, м²;

$$S = A \cdot B = 6 \cdot 5 = 30 \text{ м}^2. \quad (3.15)$$

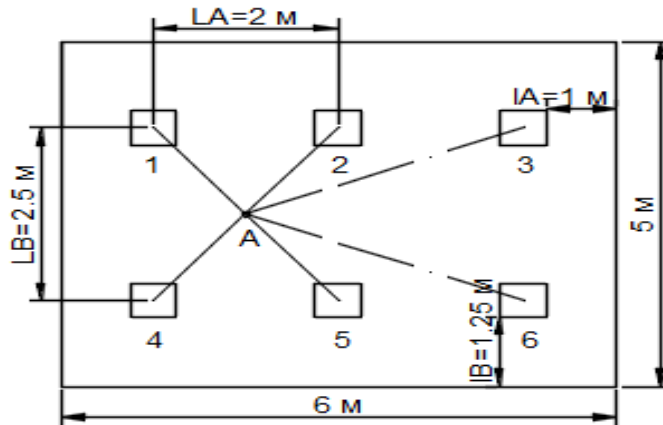
Z – жарықтанудың біркелкі еместігін ескеретін коэффициент ($Z = 1,1 \div 1,2$);

$\Phi_{ш} = 3000$ лм ARS/S UNI LED 600 EM шамының жарық ағыны.

Сонда:

$$N = \frac{300 \cdot 1,1 \cdot 30 \cdot 1,2}{3000 \cdot 0,69} \approx 6 \text{ дана}.$$

Нүктелік әдіспен жарықтануды есептеу



3.1 сурет - Берілген мәндер бойынша жарық шамдардың орналастыру сұлбасы

3.1 сурет бойынша көлденең беттегі А нүктесіндегі жарықтануды анықтау талап етілсін.

Жалпы жарықтандыруды анықтау үшін келесі бұрыштарды табу қажет. Бұрыштарды анықтау келесідей жүзеге асады:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{h_e} \quad (3.16)$$

3.1 сурет бойынша бір нүктені таңдалып және осы нүктеден әр шамдарға дейін арақашықтық есептелінеді.

1, 2, 4, 5 шамдар үшін А нүктесінен есептеу:

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{L_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_A}{2}\right)^2} \quad (3.17)$$

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{L_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_A}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2,5}{2}\right)^2 + \left(\frac{2}{2}\right)^2} = 1,6 \text{ м};$$

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg} \left(\frac{1,6}{2}\right) = 38^\circ.$$

3000 люмендағы ағын үшін жарық күші $\alpha = 38^\circ$ бұрышында $I_{\alpha_1} = 190$ қд.

Жарықтану келесіге тең:

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{h_e^2}; \quad (3.18)$$

$$E = \frac{190 \cdot \cos^3 38}{2^2} = 23,24 \text{ лк.}$$

3, 6 шамдары үшін:

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{L_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_A}{2} + L_A\right)^2}. \quad (3.19)$$

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{L_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_A}{2} + L_A\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2,5}{2}\right)^2 + \left(\frac{2}{2} + 2\right)^2} = 3,25 \text{ м;}$$

$$\alpha_2 = \arctg\left(\frac{3,25}{2}\right) = 58^{\circ}.$$

3000 люмендағы ағын үшін жарық күші $\alpha = 58^{\circ}$ бұрышында $I_{\alpha 2} = 90$ кд.

Жарықтану келесіге тең:

$$E = \frac{90 \cdot \cos^3 58}{2^2} = 3,34 \text{ лк.}$$

Сонда А нүктесіндегі жарықтанудың қосындысы:

$$\sum e_i = 4 \cdot 23,24 + 2 \cdot 3,34 = 99,64 \text{ лк.}$$

Жарықтылық мәнін келесі өрнек бойынша есептеледі:

$$E = \frac{\Phi_{\text{ш}} \cdot \mu \cdot \sum e_i}{1000 \cdot k_{\text{к}}}. \quad (3.20)$$

мұндағы: $\Phi_{\text{ш}}$ - берілген шамдардың жарық ағыны, лм;
 μ - істен шыққан шамдарды ескеретін коэффициент, $\mu = 1,12$
деп алынады;

$k_{\text{к}} = 1,1$ - қор коэффициенті.

$$E = \frac{3000 \cdot 1,12 \cdot 99,64}{1000 \cdot 1,1} = 304,35 \text{ лк.}$$

Егер $E > E_H$ шарты орындалса, онда жұмыс орнындағы жарықтану жеткілікті деп есептеледі. $E > E_H = 304,35 > 300$ шарты орындалды.

3.3 Ауа кондиционерлеудің есептеу жүйесі

Температураның айырмашылығын қарастыра отырып жылуөткізгіш мына формуламен есептеледі:

$$Q_t = V_{\text{БӨЛ}} \cdot X_0 \cdot (t_{\text{Сырт.есеп}} - t_{\text{Іш.есеп}}). \quad (3.21)$$

мұндағы: $V_{\text{БӨЛ}}$ – бөлменің көлемі;
 X_0 – жылулық сипаттама;
 $t_{\text{Сырт.есеп}}$ – сыртқы ауаның температурасы, шілде айының орташа температурасына сәйкес Алматы қаласының $t_{\text{Нрасч}} = 27,5^{\circ}\text{C}$;
 $t_{\text{Іш.есеп}} = 24^{\circ}\text{C}$ – ішкі (оптимальді) температура.
 Бөлменің көлемі келесі формула бойынша анықталады:

$$V_{\text{БӨЛ}} = S_{\text{БӨЛ}} \cdot h_{\text{БӨЛ}}. \quad (3.22)$$

$$V_{\text{БӨЛ}} = S_{\text{БӨЛ}} \cdot h_{\text{БӨЛ}} = 30 \cdot 3 = 90 \text{ м}^3;$$

Жылулық сипаттама:

$$X_0 = 0,42 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})}. \quad (3.23)$$

Сонда жылуөткізгіш келесіге тең болады:

$$Q_t = 90 \cdot 0,42 \cdot (27,5 - 24) = 43,54 \text{ Вт.}$$

Кеңсе бөлмесіне күн сәулесі түскендіктен жылуөткізгіштік терезеден мына формуламен есептеледі:

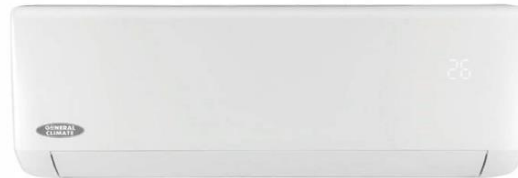
$$Q_{\text{терезе}} = q^{II} \cdot F_0 \cdot \beta_{\text{сз}} \cdot K_1^T \cdot K_2; \quad (3.24)$$

мұндағы: q^{II} – жылу ағыны терезенің орналасуына байланысты (солтүстік) $q^{II} = 40,6 \text{ Вт/м}^2$
 F_0 – жарықтың өту ауданы:

$$F_0 = n \cdot H_0 \cdot B_0 = 2 \cdot 3 \cdot 2 = 12 \text{ м}^2. \quad (3.25)$$

мұндағы: $n = 2$ – терезе саны;
 $H_0 = 3$ м – терезенің биіктігі;
 $B_0 = 2$ м – терезенің ұзындығы;
 $\beta_{сз}$ – жылуөткізгіш коэффициенті, себебі терезелерге перделер қойылған, онда $\beta_{сз} = 0,8$;
 K_1^T – қарыңғалау коэффициенті $K_1^T = 1,15$;
 K_2 – терезелердің кірлеу коэффициенті $K_2 = 0,9$;
Сондықтан:

$$Q_{\text{терезе}} = 40,6 \cdot 12 \cdot 0,8 \cdot 1,15 \cdot 0,9 = 403,40 \text{ Вт.}$$



3.2 сурет - General Climate GC/GU-A18HR суытқышы.

Бөлменің ішкі жылуы есептелінеді.
Адамдардан берілетін жылуды мына формуламен есептелінеді:

$$Q_{A^0} = Q_{1A^0} \cdot n; \quad (3.26)$$

мұндағы: Q_{1A^0} – бір адамнан жеңіл жүктеме жұмыс істеген кездегі сыртқа бөлінетін жылу мөлшері : $Q_{1A^0} = 132 \text{ Вт}$
 $n = 3$ – бөлме ішіндегі адам саны.

$$Q_{A^0} = 132 \cdot 3 = 396 \text{ Вт.}$$

Шамдардан берілетін жылу мына формуламен анықталады:

$$Q_{\text{жарық}} = \eta \cdot N_{\text{шам}} \cdot S; \quad (3.27)$$

мұндағы: η – жылулыққа электрлік энергияның ауысу коэффициенті, жарық диодты шам үшін $\eta = 0,6 \div 0,7$; $\eta = 0,65$ алынады;

$$N_{\text{шам}} - \text{шамның қуаты (шам саны - 6), } N_{\text{шам}} = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2};$$

$S = 30 \text{ м}^2$ – бөлмедегі еденнің ауданы.

$$Q_{\text{жарық}} = 0,65 \cdot 180 \cdot 30 = 3510 \text{ Вт.}$$

Компьютерлерден берілетін жылу мына формуламен есептелінеді:

$$Q_{\text{комп}} = N_{\text{комп}} \cdot n; \quad 3.28$$

мұндағы: $N_{\text{комп}}$ – компьютер қуаты.

n – компьютерлер саны.

Сондықтан:

$$Q_{\text{комп}} = 3 \cdot 300 = 900 \text{ Вт.}$$

Жалпы жылу есептелінеді:

$$\sum Q = Q_t + Q_{\text{терезе}} + Q_{A^0} + Q_{\text{жарық}} + Q_{\text{комп}}; \quad 3.29$$

Сондықтан:

$$\sum Q = 43,54 + 403,40 + 396 + 3510 + 900 = 5252,94 \text{ Вт} \approx 5,3 \text{ кВт.}$$

Бөлмеге 5,3 кВт, яғни сурет 3.2 көрсетілгендей General Climate GC/GU-A18HR суытқышы орнатылады.

Осы бөлімде әзірленген барлық іс-шаралар жұмыс үшін қолайлы микроклиматты қамтамасыз етуге, еңбек жағдайларының деңгейін арттыруға, жұмыс орындарындағы травматокмді қысқартуға бағытталған.

4 Экономикалық бөлім

Дипломдық жұмыста қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш есептеуі жүргізіледі. Қазіргі уақытта асинхронды қозғалтқыштардың нарығында әртүрлі сериялы электр жетегінің кең спектрін ұсынады. Қозғалтқыштың қандай да бір сериясын таңдау, пайдаланылатын жабдыққа, кәсіпорынның немесе жабдықтың өндірістік қуатына және технологиялық процеске байланысты болады. Нарықтық экономика ұқсас өнімнің барлық өндірушілерін тең жағдайға қойды. Нарықтағы баға тауарға сұраныс пен ұсыныс арқылы қалыптасады. Маркетингтік зерттеу деректері бойынша электр техникалық өнімге бағаның ауытқуы елеусіз, сондықтан сатып алушыны қызықтыратын негізгісі - өнім сапасы және оның өнімділігі. Бірінші жағынан, олар прогрессивті технологиялық процестерді және жоғары өнімді автоматтандырылған жабдықтарды қолдану және материалдарды үнемдеу арқылы еңбек өнімділігінің өсуін қамтамасыз ету кезінде асинхронды қозғалтқыштардың өндірісін кеңейту қажеттілігімен байланысты.

$\cos \varphi$ - асинхронды қозғалтқыштардың негізгі энергетикалық көрсеткіштердің бірі, ол электр энергиясының көздері мен желілерін пайдаланудың тиімділігін анықтайды. Жоғары болған сайын, желі жақсы жұмыс істейді, онда электр энергиясының шығыны аз. Бұл әсіресе асинхронды машиналар үшін маңызды, өйткені олар негізгі тұтынушылар болып табылады және оларды дұрыс пайдалануға бүкіл желінің жұмыс тиімділігі байланысты.

Асинхронды қозғалтқышты таңдау келесі параметрлер мен көрсеткіштер бойынша жүргізіледі:

- серия құрылымы
- ток түріне және кернеуге номиналды;
- номиналды қуаты және номиналды жылдамдығы;
- табиғи механикалық сипаттаманың түрі;
- іске қосу және тежегіш қасиеттері;
- қозғалтқыш және тежегіш жұмыс режимдерінде жылдамдықты реттеу ерекшеліктері;
- үнемділік

Асинхронды қозғалтқышты есептеу жұмыстарына несие Ұлттық банктен одан әрі бірге төлемдер пайызымен несие бойынша алынады. Пайыздық төлем жылдық 12% несие қайтару уақыты 3 жыл.

4.1 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу.

Техникалық-экономикалық көрсеткіштерді есептеу екі асинхронды қозғалтқыштардың техникалық деректерін салыстырмалы талдау негізінде жүзеге асырылады. Техникалық пайымдаулар бойынша 4A200L2Y3 базалық типті және 4A200M2Y3 есептік типті қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электрқозғалтқышы қабылданды. Салыстырмалы жүйелердің

электр қозғалтқыштардың техникалық көрсеткіштері 4.1 кестесінде келтірілген.

4.1 кесте - Асинхронды қозғалтқыштардың параметрлері

№	Параметрлері	Базалық нұсқа	Есептік нұсқа
1	Қозғалтқыш типі	4A200L2У3	4A200M2У3
2	Қуаты, кВт	45	37
3	П.Ә.К., %	90	90
4	Айналу жиілігі, айн/мин	3000	3000
5	Бағасы	484000	313160

4.2 кесте - Капиталдық салымдарды есептеу, (базалық нұсқа)

№	Қолданылатын құралдардың атауы:	Бір тауарға кететін баға, тг	Монтаждық және іске қосу салымдары, тг	Тасымалдауға Кететін шығын, тг	Құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары
1	Электр қозғалтқыш	484000	58080	10841,6	5808
2	Статорға арналған қосалқы бөлшектер	33000	3960	739,2	396
3	Роторға арналған қосалқы бөлшектер	24135	2896,2	540,62	286,92
4	Ротордың білігіне керекті қосалқы бөлшектер	6450	774	144,48	77,4
5	Станина мен подшипникті қалқандарға арналған бөлшектер:	31500	3780	705,6	378
6	Конструкциялық бөлшектер	7050	846	157,9	84,6
7	Ротордың тұйықталған сақиналарына арналған бөлшектер:	6300	756	141,12	75,6
	Барлығы	592435	71092,2	13270,52	7106,52

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептелінеді:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ,ж}} + K_{\text{ж,с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б,с}}; \quad (4.1)$$

мұндағы: $K_{\text{ж,с}}$ – жабдықты сатып алуға жұмсалатын капиталдық салымдар;

$K_{\text{қ,ж}}$ – құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары;

K_M – монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының капиталдық салымдары;

$K_{б.с}$ – басқа капиталдық салымдар (ең алдымен, тасымалдауға кеткен шығындарды құрайды).

Қозғалтқыштың сатып алу құны: $K_{ж.с} = 484000$ тг;

Монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының құны базалық нұсқа үшін сатып алу құнының 12% мөлшерінде қабылданады.

$$K_M = 0,12 \cdot K_{ж.с} = 0,12 \cdot 484000 = 58080 \text{ тг}; \quad (4.2)$$

Тасымалдауға кететін шығын:

Тасымалдауға кететін шығын электр қозғалтқыш құнының және базалық нұсқа үшін монтаждау жұмыстарының құнының 2% - ын құрайды:

$$K_{б.с} = 0,02 \cdot (K_{ж.с} + K_M) = 0,02 \cdot (484000 + 58080) = 10841,6 \text{ тг}; \quad (4.3)$$

Монтаждық ұйымның құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары базалық нұсқа үшін монтаждық жұмыстар құнының 10% - ын құрайды:

$$K_{қ.ж.} = 0,1 \cdot 58080 = 5808 \text{ тг}; \quad (4.4)$$

$$K_{жалпы} = 592435 + 71092,2 + 13270,52 + 7106,52 = 683904,24 \text{ теңге.}$$

Эксплуатациялық шығындар келесідей есептелінеді:

$$И = И_a + И_э + И_{ж.ж} + И_{е.а} + И_{б.ш} + И_{б.э.с}; \quad (4.5)$$

мұндағы: $И_a$ - амортизациялық аударымдар (сала үшін амортизациялық аударымдар нормасы 5-10%);

$И_э$ – өндірістік қажеттіліктер үшін электр энергиясы шығындарының құны;

$И_{ж.ж}$ – электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны;

$И_{е.а}$ - жалпы еңбекақы төлеу қоры;

$И_{б.ш}$ – басқа эксплуатациялық шығындар

$И_{б.э.с}$ – зейнетақы жарнасын жинақтаушы зейнетақы қорына аудару арасындағы айырмасының 11% құрайтын бірыңғай әлеуметтік салық.

1. Амортизациялық аударымды $И_a$ келесі формула бойынша есептелінеді:

$$И_a = \frac{N \cdot \Phi}{100} = \frac{592435 \cdot 9,5}{100} = 56281,33 \text{ тг.} \quad (4.6)$$

мұндағы: N – орташа жылдық норма амортизациясы (9,5%);

Φ – қолданылатын құралдардың толық құны, (592435 тг.).

2. I_3 электр энергиясының шығынының құны мына формуламен анықталады:

$$I_3 = \Delta A \cdot W; \quad (4.7)$$

мұндағы: ΔA – электр энергиясының жылдық шығыны;

W – 1 кВт/сағ энергия тарифы – 17,81 тг;

Жылдық шығын келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta A = P_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot K_{ж} \cdot T = 45 \cdot \frac{1 - 0,9}{0,9} \cdot 0,8 \cdot 2000 = 8000 \frac{\text{кВт}}{\text{сағ}}; \quad (4.8)$$

мұндағы: P_2 – электр қозғалтқышының номиналды қуаты – 45 кВт;

η – электр қозғалтқышының П.Ә.К – 0,9;

$K_{ж}$ – қуат бойынша жүктеме коэффициенті – 0,8;

T – қолданыстағы қор жұмыс уақыты – 2000 сағ.

$$I_3 = 8000 \cdot 17,81 = 142800 \text{ тг.}$$

3. Қызмет көрсетуші қызметкерлердің еңбек ақысы және әлеуметтік салықтарды төлеу:

Қызметкерлердің жылдық еңбек ақысы: $I_{e.a} = 1320000$;

Зейнетақы қорына бөлінгеннен кейінгі еңбек ақы:

$$I_{з.қ.б} = I_{в.а} - 10\% \cdot I_{в.а} = 1320000 - 10\% \cdot 1320000 = 1188000 \text{ тг.} \quad (4.9)$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{б.ә.с} = 11\% \cdot I_{з.қ.б} = 11\% \cdot 1188000 = 130680 \text{ тг.} \quad (4.10)$$

4. Электр жабдықтарына қосымша бөлшектер құны:

4.3 кесте - Қосымша бөлшектер

№	Қосымша бөлшектер	Саны	Құны, тг	Толық құны, тг
1	Бұранда	6	3	18
2	Мойынтірек	2	395	790
3	Тығырық	6	4	24
4	Кілтек	2	23	46
	Барлығы			878

Қосымша бөлшектер толық құны:

$$I_{\kappa} = 878 \text{ тг.} \quad (4.11)$$

5. $I_{\text{ж.ж}}$ электр құрылғыларын жөндеу жұмыстар құны:

Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны $I_{\text{ж.ж}}$ қызмет көрсететін персоналдың еңбек ақысына, әлеуметтік қорларға аударымдарға байланысты:

$$I_{\text{ж.ж}} = I_{\text{е.а}} + I_{\text{б.э.с}} + I_{\text{т.д}} = 1320000 + 130680 + 13200 = 1463880 \text{ тг.} \quad (4.12)$$

мұндағы: $I_{\text{е.а}}$ – еңбек ақысы (1320000 тг);

$I_{\text{б.э.с}}$ - бірыңғай әлеуметтік салық (130680 тг);

$I_{\text{т.д}}$ - тәуекел дәрежесіне байланысты әлеуметтік сақтандыру қорына аударымдар еңбекақы сомасынан 1%.

6. Басқа шығындар $I_{\text{б.ш}}$ мына формуламен анықталады:

$$I_{\text{б.ш}} = 0,05 \cdot (I_{\text{а}} + I_{\text{ш}} + I_{\kappa} + I_{\text{жж}}); \quad (4.13)$$

Сонда:

$$I_{\text{б.ш}} = 0,05 \cdot (56281,33 + 142800 + 837 + 1463880) = 83189,92 \text{ тг.}$$

Эксплуатациялық шығындардың қосындысы:

$$I = 56281,33 + 142800 + 1463880 + 1320000 + 83189,92 + 130680 = 3196831,25 \text{ тг.}$$

4.4 кесте - Шығындар сметасы

№	Шығын көздері	Шығын суммасы, тг
1	Амортизациялық аударым	56281,33
2	Электр энергиясының шығынының құны	142800
3	Электр жабдықтарының қосымша бөлшектер құны	837
4	Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны	1463880
5	Басқа шығындар	83189,92
	Барлығы	1746988,25

4.2 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу

Кесте 4.5 - Капиталдық салымдарды есептеу, (есептік нұсқа)

№	Қолданылатын құралдардың атауы:	Бір тауарға кететін баға, тг	Монтаждық және іске қосу салымдары, тг	Тасымалдауға Кететін шығын, тг	Құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары
1	Электр қозғалтқыш	313160	37579,2	7014,784	3757,92
2	Статорға арналған қосалқы бөлшектер	30000	3600	672	360
3	Роторға арналған қосалқы бөлшектер	21000	2520	470,4	252
4	Ротордың білігіне керекті қосалқы бөлшектер	4300	516	96,32	51,6
5	Станина мен подшипникті қалқандарға арналған бөлшектер:	27000	3240	604,8	324
6	Конструкциялық бөлшектер	4000	480	89,6	48
7	Ротордың тұйықталған сақиналарына арналған бөлшектер:	5700	684	127,68	68,4
	Барлығы	405160	48619,2	9075,58	4861,92

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептелінеді:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ,ж}} + K_{\text{ж,с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б,с}}; \quad (4.14)$$

мұндағы: $K_{\text{ж,с}}$ – жабдықты сатып алуға жұмсалатын капиталдық салымдар;

$K_{\text{қ,ж}}$ – құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары;

$K_{\text{м}}$ – монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының капиталдық салымдары;

$K_{\text{б,с}}$ – басқа капиталдық салымдар (ең алдымен, тасымалдауға кеткен шығындарды құрайды).

Қозғалтқыштың сатып алу құны: $K_{\text{ж,с}} = 313160$ тг;

Монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының құны базалық нұсқа үшін сатып алу құнының 12% мөлшерінде қабылданады.

$$K_{\text{м}} = 0,12 \cdot K_{\text{ж,с}} = 0,12 \cdot 313160 = 37579,2 \text{ тг.} \quad (4.15)$$

Тасымалдауға кететін шығын:

Тасымалдауға кететін шығын электр қозғалтқыш құнының және базалық нұсқа үшін монтаждау жұмыстарының құнының 2% - ын құрайды:

$$K_{б.с} = 0,02 \cdot (K_{ж.с} + K_m) = 0,02 \cdot (313160 + 37579,2) = 7014,784 \text{ тг}; \quad (4.16)$$

Монтаждық ұйымның құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары базалық нұсқа үшін монтаждық жұмыстар құнының 10% - ын құрайды:

$$K_{қ.ж.} = 0,1 \cdot 37579,2 = 3757,92 \text{ тг}; \quad (4.17)$$

$$K_{жалпы} = 405160 + 48619,2 + 9075,58 + 4861,92 = 467716,7 \text{ теңге.}$$

Эксплуатациялық шығындар келесідей есептелінеді:

$$И = И_a + И_э + И_{ж.ж} + И_{е.а} + И_{б.ш} + И_{б.э.с}; \quad (4.18)$$

мұндағы: $И_a$ - амортизациялық аударымдар (сала үшін амортизациялық аударымдар нормасы 5-10%);

$И_э$ – өндірістік қажеттіліктер үшін электр энергиясы шығындарының құны;

$И_{ж.ж}$ – электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны;

$И_{е.а}$ - жалпы еңбекақы төлеу қоры;

$И_{б.ш}$ – басқа эксплуатациялық шығындар

$И_{б.э.с}$ – зейнетақы жарнасын жинақтаушы зейнетақы қорына аудару арасындағы айырмасының 11% құрайтын бірыңғай әлеуметтік салық.

1. Амортизациялық аударымды $И_a$ келесі формула бойынша табылады:

$$И_a = \frac{Н \cdot \Phi}{100} = \frac{405160 \cdot 9,5}{100} = 38490,2 \text{ тг.} \quad (4.19)$$

мұндағы: $Н$ – орташа жылдық норма амортизациясы (9,5%);

Φ – қолданылатын құралдардың толық құны, (405160 тг.).

2. $И_э$ электр энергиясының шығынының құны мына формуламен анықталады:

$$И_э = \Delta A \cdot W; \quad (4.20)$$

мұндағы: ΔA – электр энергиясының жылдық шығыны;

W – 1 кВт/сағ энергия тарифы – 17,81 тг;

Жылдық шығын келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta A = P_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot K_{ж} \cdot T = 37 \cdot \frac{1 - 0,9}{0,9} \cdot 0,8 \cdot 2000 = 6577,78 \frac{\text{кВт}}{\text{сағ}}; \quad (4.21)$$

мұндағы: P_2 – электр қозғалтқышының номиналды қуаты – 37 кВт;
 η – электр қозғалтқышының П.Ә.К – 0,9;
 $K_{ж}$ – қуат бойынша жүктеме коэффициенті – 0,8;
 T – қолданыстағы қор жұмыс уақыты – 2000 сағ.

$$I_3 = 6577,78 \cdot 17,81 = 117150,26 \text{ тг.}$$

3. Қызмет көрсетуші қызметкерлердің еңбекақысы және әлеуметтік салықтарды төлеу:

Қызметкерлердің жылдық еңбек ақысы: $I_{е.а} = 1320000$;

Зейнетақы қорына бөлінгеннен кейінгі еңбек ақы:

$$I_{з.қ.б} = I_{е.а} - 10\% \cdot I_{е.а} = 1320000 - 10\% \cdot 1320000 = 1188000 \text{ тг.} \quad (4.22)$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{б.ә.с} = 11\% \cdot I_{з.қ.б} = 11\% \cdot 1188000 = 130680 \text{ тг.} \quad (4.23)$$

4. Электр жабдықтарына қосымша бөлшектер құны:

4.6 кесте - Қосымша бөлшектер

№	Қосымша бөлшектер	Саны	Құны, тг	Толық құны, тг
1	Бұранда	6	3	18
2	Мойынтірек	2	395	790
3	Тығырық	6	4	24
4	Кілтек	2	23	46
Барлығы				878

Қосымша бөлшектер толық құны:

$$I_{қ} = 878 \text{ тг.} \quad (4.24)$$

5. $I_{ж.ж}$ электр құрылғыларын жөндеу жұмыстар құны:

Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны $I_{ж.ж}$ қызмет көрсететін персоналдың жалақысына, әлеуметтік қорларға аударымдар аударымдарға байланысты:

$$I_{ж.ж} = I_{е.а} + I_{б.ә.с} + I_{т.д} = 1320000 + 130680 + 13200 = 1463880 \text{ тг.} \quad (4.25)$$

мұндағы: $I_{e.a}$ – еңбек ақысы, (1320000);

$I_{б.э.с}$ - бірыңғай әлеуметтік салық (130680 тг.).

$I_{т.д}$ - тәуекел дәрежесіне байланысты әлеуметтік сақтандыру қорына аударымдар жалақы сомасынан 1%.

6. Басқа шығындар $I_{б.ш}$ мына формуламен анықталады:

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (I_a + I_э + I_k + I_{жж}); \quad (4.26)$$

Сонда:

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (38490,2 + 117150,26 + 837 + 1463880) = 81017,873 \text{ тг.}$$

Эксплуатациялық шығындардың қосындысы:

$$И = 38490,2 + 117150,26 + 1463880 + 1320000 + 81017,873 + 130680 = 3151218,33 \text{ тг.}$$

4.7 кесте - Шығындар сметасы

№	Шығын көздері	Шығын суммасы, тг
1	Амортизациялық аударым	38490,2
2	Электр энергиясының шығынының құны	117150,26
3	Электр жабдықтарының қосымша бөлшектер құны	837
4	Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны	1463880
5	Басқа шығындар	81017,873
	Барлығы	1701375,273

4.3 Жобаның экономикалық тиімділігіне есептеу

Екі нұсқаны салыстыру үшін минимум келтірілген шығындар әдісі қолданылады.

Келтірілген шығындар мынадан тұрады:

$$КШ = С + E_H \cdot K; \quad (4.27)$$

мұндағы: C – эксплуатационды шығындардың қосындысы (теңге);

K – капиталды салым;

E_H – капиталды салымдардың экономикалық тиімділігін салыстыратын нормативті коэффициент ($E_H = 0,15$)

$$КШ_с = 3196831,25 + 0,15 \cdot 683904,24 = 3299416,886 \text{ тг.}$$

$$КШ_е = 3151218,33 + 0,15 \cdot 467716,7 = 3221375,835 \text{ тг.}$$

Есептеулерді салыстыра отыра есептік нұсқаның тиімділігі көрінеді.

Экономикалық тиімділігі екі нұсқаны салыстыру жолымен анықталады: бастапқы және есептік нұсқа:

$$\Delta = \text{КШ}_6 - \text{КШ}_e = 3299416,886 - 3221375,835 = 78041,051 \text{ тг.} \quad (4.28)$$

мұндағы: КШ_6 – базалық нұсқа бойынша келтірілген шығындар, теңге;
 КШ_e – есептік нұсқасы бойынша келтірілген шығындар, теңге.

Екінші нұсқадағы экономикалық тиімділік тең:

$$\Delta = \Delta U + 0,15 \cdot \Delta K; \quad (4.29)$$

$$\begin{aligned} \Delta &= (3196831,25 - 3151218,33) + 0,15 \cdot (683904,24 - 467716,7) \\ &= 45612,92 + 0,15 \cdot 216187,54 = 78041,051 \text{ тг.} \end{aligned}$$

Ұсынылатын нұсқаның тиімділігін өзін-өзі ақтау мерзімін және салыстырмалы экономикалық тиімділік коэффициентін есептеу арқылы анықтауға болады, ол келесі формулалар бойынша анықталады:

$$T = \frac{K_6 - K_e}{I_6 - I_e} = \frac{683904,24 - 467716,7}{3196831,25 - 3151218,33} = 4,7. \quad (4.30)$$

мұндағы: K_6 және K_e – базалық және есептік қозғалтқыштың капиталдық салымдары;

I_6 және I_e – эксплуатациялық шығындардың қосындысы.

Салыстырмалы экономикалық тиімділік:

$$E = \frac{I_6 - I_e}{K_6 - K_e} = \frac{3196831,25 - 3151218,33}{683904,24 - 467716,7} = 0,21. \quad 4.31$$

$E_H = 0,15$ - тиімділіктің нормативтік коэффициенті;

$T_H = 6,6$ - өтімділіктің нормативтік мерзімі.

Алынған коэффициентінің тиімділігі мен өтелу мерзімін салыстырылады нормативтермен және егер шарттары орындалса, $E \geq E_H$, $0,21 \geq 0,15$; $T \leq T_H$, $4,7 \leq 6,6$ болса, онда енгізу ұсынылып отырған жүйенің экономикалық тиімді.

Қорытынды

Бұл дипломдық жұмыста қуаты 37 кВт қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш есептелінді. Базалық модель ретінде 4А сериялы асинхронды қозғалтқыштардың конструкциясы таңдалды. Технологиялық бөлімде асинхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі мен асинхронды қозғалтқыштың заманауи сериялары жайлы түсініктеме берілді. Конструкциялық бөлімде асинхронды қозғалтқыштың есептеу нәтижесінде берілген қуат бойынша негізгі көрсеткіштер алынды. Қозғалтқышты есептеу басында ұсынылған шектерге кіретін A және B_{δ} электромагниттік жүктемелердің мәндері алынды. Машинаның өлшемдері ғана емес, сонымен бірге оның сипаттамалары да электромагниттік жүктемелерге байланысты болады. Статорды орау үшін диаметрі $d_{ок} = 1,24$ мм; ПЭТМ сымының маркасы пайдаланылады, толтыру коэффициенті механикаландырылған төсеуге сәйкес келеді. Сонымен қоса магнит тізбектеріне есептеулер жүргізілді. Жұмыс сипаттамаларын есептеу кезінде қозғалтқышпен тұтынылатын статор мен қуат орамасының номиналды тогының нақтыланған мәндері алынды. Іске қосу сипаттамаларының есебінде іске қосу тогының мәні тапсырмаға сәйкес рұқсат етілген шектерде болды, ал іске қосу моментінің мәні рұқсат етілген шектерден асып түсті. Есептеу нәтижесінде қозғалтқыштың сипаттамалары бойынша графиктер тұрғызылды.

Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімінде келесі сұрақтар қамтылған: жалпы гигиеналық талаптар, электр қауіпсіздігі жұмыс орнындағы жарықтандыру, ауа кондиционерлеудің есептеу жүйесі.

Экономикалық бөлімде салыстырмалы экономикалық тиімділік есептеу нәтижесінде базалық қозғалтқыштың алдында есептік қозғалтқыштың тиімділігі көрінді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- 1 Р.М. Шидерова, А.Н. Бестерекова, Э.Б. Даркенбаева. Электр машиналары. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштар (Орамаларды және геометриялық өлшемдерді есептеу). Курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқау (5В071800 – Электроэнергетика мамандығының студенттеріне арналған). – Алматы: АЭЖБУ, 2014. – 35 бет.
- 2 Р.М. Шидерова, А.Н. Бестерекова, Э.Б. Даркенбаева. Электр машиналары. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштар (параметрлерін және жұмыс сипаттамаларын есептеу). Курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқау (5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне арналған). – Алматы: АЭЖБУ, 2014. – 25 бет.
- 3 Гольдберг О.Д. Проектирование электрических машин: Учебник для вузов / О.Д. Гольдберг, Я.С. Гурин, И.С. Свириденко; Под ред. О.Д. Гольдберга. – М.: Высшая школа., 2001- 430 с.
- 4 Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: Учеб для вузов. М.: Высшая школа, 2001, - 327 с.
- 5 Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2006. – 930 с.
- 6 Копылов И.П. Проектирование электрических машин. – М.: Высшая школа, 2002 -757 с.
- 7 Гольдберг О.Д., Хелемская С.П. Надежность электрических машин: учебник для студентов вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2010 – 288 с.
- 8 Макаров Л.Н. Совершенствование серийных асинхронных машин в условиях массового производства // Электричество. 2005. - №7. – С. 6269.
- 9 Чернышёв А.Ю., Чернышев И.А. Расчёт характеристик электропривода переменного тока. Часть 17 – Асинхронный двигатель: Учебное пособие. – Томск: Издательство ТПУ, 2005.
- 10 Лихачев В.Л. Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей / В.Л. Лихачев. – Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 239 с.
- 11 Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат – Алматы: АИЭС, 2009. – 20 с.
- 12 Дюсебаев М.К. Безопасность жизнедеятельности Методические указания к выполнению раздела в дипломных проектов для студентов всех форм обучения. – Алматы, 2003.
- 13 Хакимжанов Т.Е. Сборник задач по охране труда и безопасности жизнедеятельности: Учеб. Пособие для вузов, Алматы: Эверо, 2007 г. – 88 с.
- 14 Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию учебно-методических и учебных работ, СТ НАО 56023-1910-04-2014 – Алматы, 2014.

15 Хакон Скистад (редактор) Элизабет Мундт, Питер Нильсен и др. Вытесняющая вентиляция в непроизводственных зданиях / Пер. С англ. М.: АВОК-ПРЕСС., 2006 г. – 88 с.

16 Жакупов А.А., Валиева Л.Ш. Дипломдық жобаларда экономикалық бөлімін орындау: 5В071800 – Электр энергетикасы мамандығы студенттеріне арналған экономика бөлімін орындауға әдістемелік нұсқаулықтар. – Алматы: АЭЖБУ, 2015. – 34 б.

17 А.Ю. Голубина, Экономика отрасли. Методические указания к выполнению экономической части выпускной работы для студентов специальности 5В0718 – Электроэнергетика. – Алматы: АИЭС, 2010. – 15 с.

18 Б.И.Түзелбаев, А.А. Жакупов Экономика, өндірісті ұйымдастыру және басқару. Бітірушілер жұмысының экономикалық бөлімін орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар электр энергетикасы бағыты бойынша оқитын бакалаврлар үшін. – Алматы: АЭЖБИ, 2010 ж. – 23б.

19 Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. Для вузов. – 2-е изд. М.: Высшая школа., 2003. -384 с.

20 Экономика и управление в энергетике. Учебное пособие. Под ред. Кожевникова. – М., 2003.