

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ  
МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА  
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»

Кафедра меңгерушісі

к.т.н., профессор Оржанова Ж.К.

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.

(қолы)

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Тақырыбы: Екі жылдамдықты асинхронды қозғалтқышты жобалау  
5B071800 - «Электр энергетика» мамандығы бойынша

Орындаған Онайбайұлы Талғат ЭАТКк-16-4  
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші Ғали Кәкімжан Оралұлы, т.ғ.к., доцент  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

**Кеңесшілер:**

Техникалық бөлімі бойынша:

Ғали Кәкімжан Оралұлы, т.ғ.к., доцент  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.  
(қолы)

Экономикалық бөлім бойынша:

Түзелбаев Бақберген Ибадиллаевич, PhD докторы  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.  
(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

Мусаева Ж.К., б.ғ.к., доцент  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.  
(қолы)

Пікір жазушы:

Иманбекова Тохтабуби Джумадиловна, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ  
МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА  
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр энергетика және электр техника институты  
5B071800 - «Электроэнергетика» мамандығы  
Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы  
жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Онайбайұлы Талғат  
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Екі жылдамдықты асинхронды қозғалтқышты жобалау.

Ректордың «11» 11 2019 № 147 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «28» мамыр 2020 ж.

Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс

нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

екі жылдамдықты асинхронды электрқозғалтқышты жобалау:  
роторы – қысқа тұйықталған ротор; ПӘК-0,875; қуат коэффициенті-0,86;  
іске қосу тогының еселігі 7,97; іске қосу моментінің еселігі 2,61; қорғаныс  
дәрежесі: IP44.

Дипломдық жұмыста әзірлеуге жататын сұрақтар тізімі немесе қысқаша мазмұны:

1. Электрмагниттік есеп

2. Негізгі өлшемдерді таңдау

3. Паз санын, орам санын және статор орамасының жетегін анықтау

4. Ауалық саңылау мен статордың тістік аймағының өлшемдерін есептеу

5. Роторды есептеу

6.  $2p=2$  кезіндегі магнит тізбегінің есебі

7.  $2p=2$  кезіндегі жұмыстық режимнің параметрлері

8.  $2p=4$  кезіндегі магнит тізбегінің есебі

9. Қанығу мен ток ығысуы әсерін ескермегенде,  $2p=2$  кезіндегі іске қосу сипаттамаларын есептеу

10. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлім

11. Экономикалық бөлім

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. Ауалық саңылау мен стотордың тістік аймағының өлшемдері
2.  $2p = 2$  кезіндегі іске қосу сипаттамалары
3. Қанығу мен ток ығысуы әсерін ескермегенде,  $2p=2$  кезіндегі іске қосу сипаттамалары
- 4 Қанығу мен ток ығысуы әсерін ескергенде,  $2p=2$  кезіндегі іске қосу сипаттамалары
5. Ротордың ауырлық күші қысымымен магнит өткізгіштің ортасында біліктің иілуі
6. Асинхронды қозғалтқыштың жалпы құрылысы
7. Жүктеменің уақыт ұзақтығынан тәуелділік сипаттамасы
8. Асинхронды қозғалтқышты қорғаныстық жерге тұйықталуы
9. Электростатикамен зақымдану әсерінің нормалары
10. Ғимаратты жылжымалы өрт сөндіргіштермен жабдықтау нормалары
11. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі
12. Экономикалық бөлім

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

Копылов И.П. Проектирование электрических машин. – М.: ЮРАЙТ, 2011. – 767с.

Г.К.Жерве «Обмотки электрических машин».

И.Г. Шубов «Шум и вибрация электрических машин»

Костромин В.Г. «Технология производства асинхронных двигателей», Энергоиздат, М, 1984 г.

Копылов И.П. Проектирование электрических машин. – М.: Высшая школа, 2002. – 757с.

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімшелер	Кеңесші	Мерзімі	Қолы
Негізгі бөлім	Ғали К.О.	28.05.2020	
Өмір тіршілік қауіпсіздігі	Мусаева Ж.К.	23.05.2020	
Экономикалық бөлім	Тузелбаев Б.И.	25.05.2020	

Диплом жұмысын дайындау  
К Е С Т Е С І

№	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	<i>Электрмагниттік есеп</i>	<i>18.11.2019</i>	
2.	<i>Негізгі өлшемдерді таңдау</i>	<i>19.12.2019</i>	
3.	<i>Паз санын, орам санын және статор орамасының жетегін анықтау</i>	<i>14.02.2020</i>	
4.	<i>Ауалық саңылау мен статордың тістік аймағының өлшемдерін есептеу</i>	<i>30.03.2020</i>	
5.	<i>Роторды есептеу</i>	<i>13.04.2020</i>	
6.	<i><math>2p=2</math> кезіндегі магнит тізбегінің есебі</i>	<i>18.04.2020</i>	
7.	<i><math>2p=2</math> кезіндегі жұмыстық режимнің параметрлері</i>	<i>27.04.2020</i>	
8.	<i><math>2p=4</math> кезіндегі магнит тізбегінің есебі</i>	<i>30.04.2020</i>	
9.	<i><math>2p=4</math> кезіндегі жұмыстық режимнің параметрлері</i>	<i>08.05.2020</i>	
10.	<i>Қанығу мен ток ығысуы әсерін ескермегенде, <math>2p=2</math> кезіндегі іске қосу сипаттамаларын есептеу</i>	<i>12.05.2020</i>	
11.	<i>Қанығу мен ток ығысуы әсерін ескергенде, <math>2p=2</math> кезіндегі іске қосу сипаттамаларын есептеу</i>	<i>15.05.2020</i>	
12.	<i>Қанығу мен ток ығысуы әсерін ескергенде, <math>2p=4</math> кезіндегі іске қосу сипаттамаларын есептеу</i>	<i>18.05.2020</i>	
13.	<i>Жылуды есептеу</i>	<i>21.05.2020</i>	
14.	<i>Біліктің механикалық есебі</i>	<i>25.05.2020</i>	
15.	<i>Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі</i>	<i>28.05.20020</i>	
16.	<i>Экономикалық бөлім</i>	<i>25.05.2020</i>	

Тапсырманың берілген уақыты « 18 » қараша 2019 ж.

Кафедра меңгерушісі \_\_\_\_\_ Оржанова Ж.К., т.ғ.к., профессор  
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жұмыс жетекшісі \_\_\_\_\_ Ғали К.О., т.ғ.к., доцент  
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент \_\_\_\_\_ Оңайбайұлы Т.  
(қолы) (аты –жөні)

## АНДАТПА

Статор орамасының полюстер саны екіге және төртке тең болатын екі жылдамдықты қозғалтқышты жобалау үшін қозғалтқыштың басты өлшемдері таңдалып оның статорның тістік аймақтары мен ауа саңылауы есептелді.

Сонымен бірге  $2p=2$  және  $2p=4$  екі жағдайлар үшін қозғалтқыштың магнит тізбегі, жүргізуші сипаттамаларының параметрлері есептеліп қозғалтқыштың жұмыстық сипаттамаларының параметрлері мен шығындары анықталды. Ротор білігінің механикалық күштерге шыдамдылығы және қозғалтқыштың жылуы есептелді.

## АННОТАЦИЯ

Для проектирования двух скоростного двигателя с числом полюсов статорной обмотки равное двум и четырем был проведен выбор главных размеров и расчет размеров зубцовой зоны статора и воздушного зазора.

Так же проводились расчеты магнитной цепи, параметров пусковых характеристик и параметров рабочих характеристик определили потери двигателя для двух случаев  $2p=2$  и  $2p=4$ . Произведены расчеты вала ротора от механических усилия и тепловой расчет двигателя.

## **ABSTRACT**

For designing a two-speed motor with a number of poles the choice of the main dimensions and the calculation of the dimensions of the stator tooth zone and the air gap were carried out.

Calculations of the magnetic circuit and starting parameters were also performed characteristics and performance parameters determined engine losses for two cases  $2P=2$  and  $2P=4$ . Calculations of the rotor shaft from mechanical forces and thermal calculation of the engine are made.

## Мазмұны

Кіріспе	9
1 Электрмагниттік есеп	10
1.1 Негізгі өлшемдерді таңдау	10
1.2 Паз санын, орам санын және статор орамасының жетегін анықтау	11
1.3 Ауалық саңылау мен статордың тістік аймағының өлшемдерін есептеу	13
1.4 Роторды есептеу	14
1.5 $2p=2$ кезіндегі магнит тізбегінің есебі	16
1.6 $2p=2$ кезіндегі жұмыстық режимнің параметрлері	19
1.7 $2p=2$ кезіндегі шығынның есебі	23
1.8 $2p=4$ кезіндегі магнит тізбегінің есебі	25
1.9 $2p=4$ кезіндегі жұмыстық режимнің параметрлері	27
1.10 $2p=4$ кезіндегі шығынның есебі	29
1.11 $2p=4$ үшін жұмыстық сипаттаманың есебі	32
1.12 Қанығу мен ток ығысуы әсерін ескермегенде, $2p=2$ кезіндегі іске қосу сипаттамаларын есептеу	34
1.13 Қанығу мен ток ығысуы әсерін ескергенде, $2p=2$ кезіндегі іске қосу сипаттамаларын есептеу	38
1.14 Қанығу мен ток ығысуы әсерін ескермегенде, $2p=$ кезіндегі іске қосу сипаттамаларын есептеу	44
1.15 Қанығу мен ток ығысуы әсерін ескергенде, $2p=4$ кезіндегі іске қосу сипаттамаларын есептеу	49
2 Жылуды есептеу	52
3 Біліктің механикалық есебі	54
4 Өміртіршілік қауіпсіздігі	60
4.1 Жұмыс орындағы еңбек жағдайларына анализ жүргізу	60
4.2 Электр зарядтарының адамға әсері. Статикалық электрленуден қорғану шаралары	62
4.3 Асинхронды қозғалтқыш қондырғыны қорғаныстық жерге қосу	63
4.4 Өрт қауіпсіздігі	65
4.5 Электр қозғалтқыштың шу деңгейін бағалау және есептеу	67
5 Экономикалық бөлім	71
5.1 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу (Базалық нұсқа)	72
5.2 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу (Есептік нұсқа)	76
5.3 Жобаның экономикалық тиімділігіне есептеу	79
Қорытынды	82
Әдебиеттер	83



## Кіріспе

Асинхронды қозғалтқыштар бірқатар артықшылықтарға байланысты (салыстырмалы түрде арзандау, жоғары энергетикалық көрсеткіштер, қызмет көрсетудің қарапайымдылығы) барлық электр машиналарының арасында кең тараған болып табылады. Олар - барлық өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр жетектеріндегі негізгі қозғалтқыштар.

Бұл дипломдық жұмыста қарастырылатын қозғалтқыш – көп жылдамдықты, атап айтқанда – екі жылдамдықты. Көп жылдамдықты қозғалтқыштар, әдетте, қысқа тұйықталған ротормен орындалады. Қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыштар құрылымы мен қызмет көрсету бойынша қарапайым, сондай-ақ фазалық роторы бар қозғалтқыштарға қарағанда жұмыста да арзан және жеңіл.

Көп жылдамдықты қозғалтқыштар металл кесетін және ағаш өңдейтін станоктарда, жүк және жолаушылар лифттерінде, желдеткіш және сорғылардың жетектері үшін және басқа да бірқатар жағдайларда қолданылады. Мұндай қозғалтқыштардың қолдану аймағы өте кең. Жобаланатын қозғалтқыш ағаш өңдеу станоктарының жетектерінде, ағаш өңдеу өндірісінде қолданылады. Ағаш өңдеу өндірістері В санатындағы отқа төзімділігі бойынша II сыныпты үй-жайларға (В санатына қатты жанатын заттар мен материалдарды, сондай-ақ жану температурасы  $120^{\circ}\text{C}$  жоғары сұйықтықтарды өңдеумен байланысты өндірістер жатады) жатады, сондықтан қозғалтқыш IP44 жабық орындауға ие.

Практикада 1:2 полюстерінің санына қатынасы арқылы полюсті қайта қосылатын орамалар жиі қолданылады. 1:2 жылдамдықтар үшін полюсті ауыстырып-қосқыш орам, әдетте, екі қабатты ілмекті орам түрінде орындалады, себебі бір қабатты орама қолайлы өріс қисықтарын береді.

1:2 қатынасты полюстер жұптарының санын ауыстырып қосатын ораманың әрбір фазасы екі бөліктен немесе әр бөлікте катушкалық топтардың бірдей санымен жартысынан тұрады.  $2p_1$  полюстегі орам қадамы, әдетте,  $2p_2$  полюстегі полюстік бөлініске тең таңдалады. Полюстердің екі еселенген саны әр фазаның екі бөлігінің бірінде ток бағытын өзгерткен кезде алынады, бұл осы бөліктерді ауыстырып қосу арқылы жасалады. Полюстік бөлу полюстердің аз саны кезінде полюстердің жартысына тең болады.

Жалпы жағдайда, магниттік тізбектің жекелеген бөліктерінде көп жылдамдықты ораманы ауыстырып қосу кезінде магниттік индукциялар өзгереді, қозғалтқышты жобалау кезінде ескеру қажет, бір жағынан, мүмкіндігінше қозғалтқыш материалдарын неғұрлым толық пайдалануға қол жеткізу, ал екінші жағынан – тізбектің шамадан тыс қанығуына жол бермеу үшін. Көп жылдамдықты қозғалтқыштардың салмағы мен құны бір жылдамдықты асинхронды қозғалтқыштардың салмағы мен құнына қарағанда біршама көп.

## 1. Электрмагниттік есеп

### 1.1 Негізгі өлшемдерді таңдау

Айналу өсінің биіктігі  $h = 112$  мм.

$D_a = 0,197$  м [1] оқулықтан 9.8 кесте.

Статордың ішкі диаметрі:

$$D = k_d \cdot D_a = 0,55 \cdot 0,197 = 0,1084 \text{ м}, \quad (1.1)$$

мұндағы  $k_d = 0,55$  (9.9 кесте бойынша).

Полюстік бөлу  $\tau$ :

$$\tau = \frac{\pi D}{2p} = \frac{\pi \cdot 0,1084}{2 \cdot 1} = 0,1703 \text{ м}. \quad (1.2)$$

Есептік қуат:

$$P' = P_2 \frac{k_E}{\eta \cdot \cos \varphi} = 7500 \frac{0,97}{0,86 \cdot 0,86} = 9836 \text{ Вт}. \quad (1.3)$$

$k_E = 0,97$  мәні 9.20 сурет бойынша,  $\eta = 0,86$ ;  $\cos \varphi = 0,86$  9.21 сурет бойынша.

Электрмагниттік жүктемелер (алдын ала болжамды) 9.22а сурет бойынша:

$$A = 24 \cdot 103 \frac{\text{А}}{\text{м}}; B\delta = 0,75 \text{ Тл}.$$

Екі қабатты орама үшін орамалық коэффициенті:

$$k^1_{\text{ор1}} = 0,7598; k^2_{\text{ор2}} = 0,808. \quad (1.4)$$

Магнит өткізгіштің есептік ұзындығы:

$$l_\delta = \frac{P'}{k_B \cdot D^2 \cdot \Omega \cdot k_{\text{об1}} \cdot A \cdot B_\delta} = \frac{9836}{1,11 \cdot 0,1084^2 \cdot 314,2 \cdot 0,7598 \cdot 24 \cdot 10^3 \cdot 0,75} = 0,1754 \text{ м}$$

$$\Omega = \frac{2\pi f}{p} = 2\pi \cdot \frac{50}{1} = 314,1; k_B = 1,11.$$

$$\lambda = \frac{l_\delta}{\tau} = \frac{0,1754}{0,1703} = 1,03$$

қатынасы ұсынылған мәннен біршама жоғары.

## 1.2 Паз санын, орам санын және статор орамасының жетегін анықтау

tz1 шектік мәні (9.26 сурет бойынша):

$$tz1_{\max}=0,016 \text{ м};$$

$$tz1_{\min}=0,013 \text{ м}.$$

Статор пазының саны:

$$Z_{1\min} = \frac{\pi D}{t_{Z1\max}} = \frac{\pi \cdot 0,1084}{0,016} = 21,3;$$
$$Z_{1\max} = \frac{\pi D}{t_{Z1\min}} = \frac{\pi \cdot 0,1084}{0,013} = 26.$$

Z1=24 қабылдаймыз, онда q1=Z1/2pm=24/2\*1\*3=4

Статордың тістік бөлуі (нақты):

$$t_{Z1} = \frac{\pi D}{2pmq} = \frac{\pi \cdot 0,1084}{2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 4} = 0,0142 \text{ м}. \quad (1.6)$$

Паздағы тиімді өткізгіштер саны (a=1 шартымен алдын ала болжамды):

$$U_n = \frac{\pi D A}{I_{\text{ном}} Z_1} = \frac{\pi \cdot 0,1084 \cdot 24 \cdot 10^3}{13,36 \cdot 24} = 22,17$$
$$I_{\text{ном}} = \frac{P_2}{m \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{7500}{3 \cdot 220 \cdot 0,86 \cdot 0,86} = 15,36 \text{ А}$$

a=2 деп қабылдаймыз,  $U_{\Pi} = 2 \cdot 22 = 44$ .

Нақты мәні:

Фазадағы орам саны:

$$W_1 = \frac{U_n \cdot Z_1}{2 \cdot a \cdot m} = \frac{44 \cdot 24}{2 \cdot 2 \cdot 3} = 88. \quad (1.7)$$

Желілік жүктеме:

$$A = \frac{2 \cdot I_{\text{ном}} \cdot W_1 \cdot m}{\pi \cdot D} = \frac{2 \cdot 15,36 \cdot 88 \cdot 3}{\pi \cdot 0,1084} = 23,814 \cdot 10^3 \text{ А/м}. \quad (1.8)$$

Магнит ағыны:

$$\Phi = \frac{k_E \cdot U_{\text{ном}}}{4 \cdot k_B \cdot W_1 \cdot k_{\text{обл}}^1 \cdot f_1} = \frac{0,97 \cdot 220}{4 \cdot 1,11 \cdot 88 \cdot 0,7598 \cdot 50} = 14,38 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}. \quad (1.9)$$

Екі жылдамдықты асинхронды қозғалтқыштың екі ққбқтты орамалары үшін:

$$k_{об1}^I = k_{p1}^I \cdot k_{y1}^I = \frac{\sin \frac{60}{2}}{4 \sin \frac{60}{2 \cdot 4}} \cdot \sin \frac{7}{12} 90 = 0,7598;$$

$$k_{об1}^{II} = k_{p1}^{II} \cdot k_{y1}^{II} = \frac{\sin \frac{120}{2}}{4 \sin \frac{120}{2 \cdot 4}} \cdot \sin \frac{7}{6} 90 = 0,808.$$

Ауалық саңылаудағы индукция:

$$B_{\delta} = \frac{p\Phi}{D \cdot l_{\delta}} = \frac{p\Phi}{D \cdot l_{\delta}} = \frac{1 \cdot 14,38 \cdot 10^{-3}}{0,10840,1754} = 0,7563 \text{Тл}. \quad (1.10)$$

А және В $\delta$  мәндері рұқсат етілген шекте болады (9.22,а суретті қараңыз).

Статор орамасындағы токтың тығыздығы (алдын ала болжамды):

$$I_1 = \frac{AJ_1}{A} = \frac{140 \cdot 10^9}{23,84 \cdot 10^3} = 5,88 \cdot 10^6. \quad (1.11)$$

А 14 п бойынша  $23,814 \cdot 10^3 \text{ А/м}$ ; ал 9.27,а суреттен  $AJ = 140 \cdot 10^9 \text{ А/м}^2$

Тиімді сымның көлденең қимасының ауданы (алдын ала болжамды),

$$a = 2.$$

$$q_{эф} = \frac{I_{ном}}{a \cdot I_1} = \frac{15,36}{2 \cdot 5,88 \cdot 10^6} = 1,306 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 1,306 \text{ мм}^2.$$

Тиімді өткізгіштің қимасы (нақты):

$$n_{эл} = 1 \text{ қабылдасақ, онда } q_{эл} = \frac{q_{эф}}{n_{эл}} = 1,306 \text{ мм}^2.$$

ПЭТВ маркалы орамдық сым:

$$q_{эл} = 1,32; q_{эл} = 1,368; q_{эф} = n_{эл} \cdot q_{эл} = 1 \cdot 1,368 = 1,368 \text{ мм}^2;$$

$$q_{эл.оқш.} = 1,405 \text{ мм}.$$

Статор орамасындағы токтың тығыздығы (нақты):

$$I_1 = \frac{I_{ном}}{a \cdot q_{эф}} = \frac{15,36}{2 \cdot 1,368 \cdot 10^{-6}} = 5,614 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2. \quad (1.12)$$

### 1.3 Ауалық саңылау мен стотордың тістік аймағының өлшемдерін есептеу

Алдын ала қабылдаймыз.

$B_{z1} = 1,9$ ;  $B_a = 1,55$ , онда

$$b_{z1} = \frac{B_{\delta} \cdot t_{z1} \cdot l_{\delta}}{B_{z1} \cdot l_{cm} \cdot k_c} = \frac{0,7563 \cdot 0,0142 \cdot 0,1754}{1,9 \cdot 0,1754 \cdot 0,95} = 5,95 \text{ мм.} \quad (1.13)$$

2013 маркалы оксидтелген болат үшін  $k_c = 0,95$  тең.

$$h_a = \frac{\Phi}{2 \cdot B_a \cdot l_{cm} \cdot k_c} = \frac{14,38 \cdot 10^3}{2 \cdot 1,55 \cdot 0,1754 \cdot 0,95} = 27,84 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (1.14)$$

Штамптағы паз өлшемі:  $b_{ш1} = 3,5$ ;  $h_{ш1} = 0,5/45$ ;

$$h_n = \frac{D_a - D}{2} - h_a = \frac{0,197 - 0,1084}{2} - 0,02784 = 16,46 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$b_1 = \frac{\pi(D + 2h_{ш1} - b_{ш1}) - Z_1 \cdot b_{z1}}{Z_1 - \pi} = \frac{\pi(108,4 + 2 \cdot 0,5 - 3,5) - 24 \cdot 5,95}{24 - \pi} = 9,1 \text{ мм};$$

$$b_2 = \frac{\pi(D + 2h_n)}{Z_1} - b_{z1} = \frac{\pi(108,4 + 2 \cdot 16,46)}{24} - 5,95 = 12,55 \text{ мм};$$

$$h_{н.к} = h_n - (h_{ш1} + \frac{b_1 - b_{ш1}}{2}) = 16,46 - (0,5 + \frac{9,1 - 3,5}{2}) = 13,16 \text{ мм.}$$

Құрастыруға әдісті есепке ала отыра, жарықтағы газ мөлшері:

$$b_1' = b_1 - \Delta b_n = 9,1 - 0,1 = 9 \text{ мм};$$

$$b_2' = b_2 - \Delta b_n = 12,55 - 0,1 = 12,45 \text{ мм.}$$

Орамалардың сымдарын орналастыруға арналған паздың көлденең қиамасының ауданы:

$$S_n' = \frac{b_1' + b_2'}{2} \cdot h_{н.к} - (S_{уз} + S_{np}) = \frac{9 + 12,45}{2} \cdot 13,06 - (16,37 + 4,5465) = 119,152 \text{ мм}^2;$$

$$S_{уз} = b_{уз} (2h + b_1 + b_2) = 0,3(2 \cdot 16,46 + 9,1 + 12,55) = 16,37 \text{ мм}^2;$$

$$S_{np} = 0,7(b_1 + b_2) \cdot b_{np} = 0,7(9,1 + 12,55) \cdot 0,3 = 4,5465 \text{ мм}^2.$$

Паздың толтыру коэффициенті:

$$k_{тол} = \frac{d_{окш} \cdot U_n \cdot n_{эл}}{S_n'} = \frac{1,405^2 \cdot 44 \cdot 1}{119,152} = 0,73. \quad (1.15)$$

Алынған  $k_3$  мәні механикаланған төсем үшін рұқсат етілген.

#### 1.4 Роторды есептеу

Ауалық саңылау

$$\delta = (0,3 + 1,5 \cdot D) \cdot 10^3 = (0,3 + 1,5 \cdot 0,1084) \cdot 10^3 = 0,4626 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (1.16)$$

$\delta = 0,5 \cdot 10^3 \text{ м}$  қабылдаймыз (9.9 кесте бойынша, Гольдверг «Проектирование электрических машин»)

Ротордың паздар саны:

$$Z_2 = 18.$$

$Z_2 = 18$  ойықтың қиғашталуын ескерген кезде.

Ротордың сыртқы диаметрі:

$$D_2 = D - 2\delta = 0,1084 - 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 107,4 \cdot 10^{-3} \text{ м;} \quad (1.17)$$

магнит өткізгіштің ұзындығы:

$$l_2 = l_1 = 0,1754 \text{ м.}$$

Ротордың тістік бөлінуі:

$$t_{z_2} = \frac{\pi D_2}{Z_2} = \frac{\pi \cdot 107,4}{18} = 18,74 \text{ мм} = 0,01874 \text{ м.} \quad (1.18)$$

Ротордың ішкі диаметрі біліктің диаметріне тең, сондықтан ротордың өзекшесі білікке тікелей отырғызылады.

$$D_j = D_B = k_B \cdot D_a = 0,23 \cdot 0,197 = 45,31 \text{ мм} = 0,04531 \text{ м.}$$

Ротор орамасындағы ток:

$$I_2 = k_i \cdot I_1 \cdot \nu_i = 0,888 \cdot 15,36 \cdot 22,747 = 310,26 \text{ А.} \quad (1.19)$$

$$k_i = 0,2 + 0,8 \cdot \cos \varphi = 0,2 + 0,8 \cdot 0,86 = 0,888.$$

$$\nu_i = \frac{2m_1 \cdot W_1 \cdot k_{об1}}{Z_2 \cdot k_{сх}} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 88 \cdot 0,7598}{18 \cdot 0,9798} = 22,747. \quad (1.20)$$

Ойықтар  $k_{сх} = 9798$  қиғаштықпен орындалады.

$$k_{\text{ск}} = \frac{2 \sin \frac{\gamma_{\text{ск}}}{2}}{\gamma_{\text{ск}}} = \frac{2 \sin \frac{0,6981}{2}}{0,6981} = 0,9798;$$

$$\gamma_{\text{ск}} = \beta_{\text{ск}} \frac{2 \cdot p \cdot \pi}{Z_2} = 1 \frac{2 \cdot 1 \cdot \pi}{18} = 0,6981.$$

$$\beta_{\text{ск}} = \frac{b_{\text{ск}}}{t_{Z_2}} = 1.$$

$b_{\text{ск}} = t_{Z_2}$  - қиғашталу ені.

Стерженнің көлденең қимасының ауданы (алдын ала болжалынған):

$$q_n = \frac{I_2}{J_2} = \frac{310,26}{3 \cdot 10^6} = 103,42 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Ток  $J_2$  тығыздығын  $J_2 = 3 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$  қабылдаймыз. Ротордың пазын анықтаймыз.

$b_{\text{ш}2} = 1,5 \text{ мм}$ ;  $h_{\text{ш}2} = 0,75 \text{ мм}$  қабылдаймыз.

$$b_{Z_2 \text{ қос}} = \frac{B_{\delta} \cdot t_{Z_2} \cdot l_{\delta}}{B_{Z_2} \cdot l_{\text{бол}2} \cdot k_c} = \frac{0,75 \cdot 18,74 \cdot 175,4}{1,9 \cdot 175,4 \cdot 0,95} = 7,8 \text{ мм}.$$

$B_{Z_2} = 1,9$  бойынша қабылдаймыз.

$k_c = 0,95$ ;  $b_{Z_2 \text{ қос}}$  – тістің қосымша ені.

Паздың өлшемі:

$$b_1 = \frac{\pi(D_2 - 2h_{\text{ш}2} - 2h'_{\text{ш}2}) - Z_2 \cdot b_{z2}}{\pi + 18} = \frac{\pi(107,4 - 2 \cdot 0,75) - 18 \cdot 7,8}{\pi + 18} = 9,1 \text{ мм};$$

$$b_2 = \sqrt{\frac{b_1^2 \left( \frac{Z_2 + \pi}{\pi} \right) - 4q_n}{\frac{Z_2}{\pi} - \frac{\pi}{2}}} = \sqrt{\frac{9,1^2 \left( \frac{18 + \pi}{\pi} \right) - 4 \cdot 103,42}{\frac{18}{\pi} - \frac{\pi}{2}}} = 6,8 \text{ мм};$$

$$h_1 = (b_1 - b_2) \frac{Z_2}{2\pi} = (9,1 - 6,8) \frac{18}{2\pi} = 6,6 \text{ мм}.$$

Ротор тісінің енін нақтылаймыз:

$$b'_z = \pi \frac{D_2 - 2h_{\text{ш}2} - b_1}{Z_2} - b_1 = \pi \frac{107,4 - 2 \cdot 0,75 - 9,1}{18} - 9,1 = 7,8 \text{ мм}. \quad (1.21)$$

$$b''_z = \pi \frac{D_2 - 2h_n + b_2}{Z_2} - b_2 = \pi \frac{107,4 - 2 \cdot 15,3 + 6,8}{18} - 6,8 = 7,8 \text{ мм}.$$

$$h_{n2} = h_{\text{ш}2} + \frac{b_1}{2} + h_1 + \frac{b_2}{2} = 0,75 + \frac{9,1}{2} + h_1 + \frac{6,8}{2} = 15,3 \text{ мм}.$$

$b_1 = 9,1$  мм;  $b_2 = 6,8$  мм;  $h_1 = 6,6$  мм деп қабылдаймыз.  
Стерженнің көлденең қимасының ауданы:

$$q_c = \frac{\pi}{8}(b_1^2 + b_2^2) + \frac{1}{2}(b_1 + b_2)h_1 = \frac{\pi}{8}(9,12 + 6,86) + \frac{1}{2}(9,1 + 6,8)6,6 = 103,15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Стержендегі ток тығыздығы:

$$J_2 = I_2/q_c = 310,26/103,15 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 106 \text{ А/м}. \quad (1.22)$$

Ток тығыздығы өзгермеді. Сақинаның көлденең қимасының ауданы.

$$q_{\text{сақ}} = \frac{I_{\text{сақ}}}{J_{\text{сақ}}} = \frac{893,55}{2,55 \cdot 10^6} = 350,33 \text{ мм}^2;$$

$$I_{\text{сақ}} = \frac{I_{\text{сақ}}}{\Delta} = \frac{310,26}{0,3473} = 893,35 \text{ А}.$$

$$\Delta = 2 \sin \frac{\alpha \cdot Z}{2} = 2 \sin \frac{\pi \cdot P}{18} = 0,3473.$$

$$I_{\text{сақ}} = 0,85 \cdot 3 \cdot 106 = 2,55 \cdot 106 \text{ А/м}^2.$$

Қысқа тұйықталған сақиналардың өлшемдері

$$\begin{aligned} h_{\text{сақ}} &= 1,25 \cdot h_{n2} = 1,25 \cdot 15,3 = 19,125 \text{ мм}; \\ b_{\text{сақ}} &= q_{\text{сақ}}/h_{\text{сақ}} = 350,33/19,125 = 18,32 \text{ мм}; \\ q_{\text{сақ}} &= h_{\text{сақ}} \cdot b_{\text{сақ}} = 19,125 \cdot 18,32 = 350,37 \text{ мм}; \\ D_{\text{сақ,ор.}} &= D_2 \cdot h_{\text{сақ}} = 107,4 \cdot 19,125 = 88,275 \text{ мм}. \end{aligned}$$

### 1.5 $2p=2$ кезіндегі магнит тізбегінің есебі

Магнитөткізгіштік 2013 болаттан жасалған, табақшалардың қалыңдығы 0,5 мм.

Ауалық саңылаудың магниттік кернеуі:

$$F_\delta = \frac{2}{\mu_0} \cdot B_\delta \cdot \delta \cdot K_\delta = \frac{2}{4\pi \cdot 10^{-7}} \cdot 0,7563 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,204 = 724,62 \text{ А}.$$

$$K_\delta = K_{\delta_1} \cdot K_{\delta_2} = 1,168 \cdot 1,031 = 1,204.$$

$$K_{\delta_1} = \frac{t_{z1}}{t_{z1} - j_1} = \frac{0,0142}{0,0142 - 4,08 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 1,168;$$



$$j_1 = \frac{(b_{ш1}/\delta)^2}{5 + b_{ш1}/\delta} = \frac{(3,5/0,5)^2}{5 + 3,5/0,5} = 4,083.$$

Статордың дауыстық аймағының магниттік кернеуі:

$$F_{Z1} = 2h_{Z1} \cdot H_{Z1} = 2 \cdot 16,46 \cdot 10^{-3} \cdot 1950 = 68,14A. \quad (1.23)$$

Мұндағы  $h_{Z1} = h_{n1} = 16,46$ .

$$H_{Z1} = 1950A/м.$$

Тістердегі есептік индукция:

$$b_{Z1} = \frac{B_{\delta} \cdot t_{Z1} \cdot l_{\delta}}{B_{Z1} \cdot l_{\delta_{ол1}} \cdot k_{c1}} = \frac{0,7563 \cdot 0,0142 \cdot 0,1754}{5,95 \cdot 0,1754 \cdot 0,95} = 1,9 \text{ мм.} \quad (1.24)$$

Тізбектей жуықтау әдісінің формулалары бойынша есептік кернеулікті табамыз:

$$B'_{Zx} = B_{ZX} + M0H_{Z2x} \cdot K_{nx} = B_{ZX} + 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot H_{Zx} \cdot K_{nx}; \quad (1.25)$$

$$K_{nx} = \frac{b_{nx} \cdot l_{\delta}}{b_n \cdot l_{\delta_{ол}} \cdot k_c} = \frac{10,825 \cdot 108,4}{5,95 \cdot 108,4 \cdot 0,95} = 1,915. \quad (1.26)$$

$$\text{Мұндағы } b_{nx} = \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{9,1 + 12,55}{2} = 10,825 \text{ мм.}$$

$$b_{zx} = b_{Z1} = 5,95 \text{ мм.}$$

$$1,9 = 1,88 + 2,41 \cdot 10^{-6} \cdot 1950 = 1,885.$$

Алынған есептің мәні талаптарды қанағаттандырады, сондықтан  $H_{ZX} = 1950 \text{ A/м.}$

Ротордың тістік аймағындағы магниттік кернеу.

$$F_{Z2} = 2h_{Z2} \cdot H_{Z2} = 2 \cdot 14,62 \cdot 10^{-3} \cdot 1980 = 57,9A. \quad (1.27)$$

$$h_{Z2} = h_{n2} - 0,1 \cdot b = 15,3 - 0,1 \cdot 6,8 = 14,62.$$

$$b_{Z2} = \frac{B_{\delta} \cdot t_{Z2} \cdot l_{\delta}}{B_{Z2} \cdot l_{\delta_{ол2}} \cdot k_{c2}} = \frac{0,7563 \cdot 18,74 \cdot 175,4}{7,8 \cdot 175,4 \cdot 0,95} = 1,9 \text{ мм.}$$

$$K_{c2} = 0,9 \text{ с.}$$

$$B'_{Z2x} = B_{Z2x} + MOH_{Z2x} \cdot K_{n2x} = B_{Z2x} + 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot H_{Z2x} \cdot K_{n2x};$$

$$K_{n2x} = \frac{b_{n2x} \cdot l_{\delta}}{b_{n2z} \cdot l_{\text{бол2}} \cdot k_{c2}} = \frac{7,95 \cdot 175,4}{7,8 \cdot 175,4 \cdot 0,95} = 1,073.$$

$$b_{n2x} = \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{9,1 + 6,8}{2} = 7,95 \text{ мм.}$$

$$b_{z2x} = b_{z2} = 7,8 \text{ мм.}$$

$$B'_{Zx} = B_{Zx} + 1,35 \cdot 10^{-6} \cdot H_{Zx};$$

$$1,9 = 1,885 + 1,35 \cdot 10^{-6} \cdot 1980$$

$$H_{Z2x} = 1980 \text{ А/м.}$$

Алынған есептің мәні талаптарды қанағаттандырады, сондықтан  $H_{Zx} = 1980 \text{ А/м.}$

Тістік аймақтың қанығу коэффициенті:

$$K_Z = 1 + \frac{F_{Z1} + F_{Z2}}{F_{\delta}} = 1 + \frac{68,14 + 57,9}{724,62} = 1,174. \quad (1.29)$$

Статор ярмасының магниттік кернеуі:

$$F_a = L_a \cdot H_a = 265,7 \cdot 10^{-3} \cdot 630 = 167,391 \text{ А.} \quad (1.30)$$

$$L_a = \pi \frac{D_a - h_a}{2p} = \pi \frac{197 - 27,84}{2 \cdot 1} = 265,7 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (1.31)$$

$$H_a = \frac{630 \text{ А}}{\text{м}}; B_a = 1,55 \text{ Тл.}$$

$$B_a = \frac{\Phi}{2h_a \cdot l_{\text{бол1}} \cdot k_{c1}} = \frac{14,38 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 27,84 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1754 \cdot 0,95} = 1,55 \text{ Тл.} \quad (1.32)$$

Статор мойынтұрығының магниттік кернеуі:

$$F_j = L_j \cdot H_j = 95,9 \cdot 10^{-3} \cdot 440 = 42,2 \text{ А.}$$

$$L_a = \pi \frac{D_j - h_j}{2p} = \pi \frac{45,31 - 15,745}{2 \cdot 1} = 95,9 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$h_j = \pi \frac{D_2 - D_j}{2} - h_{n2} = \frac{107,4 - 45,31}{2} - 15,3 = 15,745 \text{ мм.}$$

$$h_j = \pi \frac{2 + p - D_j}{3,2p} \left( \frac{D_2}{2} - h_{n2} \right) - \frac{2}{3} d_{k2} \cdot m_{k2} = \frac{2 + 1}{3,2 \cdot 1} \left( \frac{107,4}{2} - 15,3 \right) - \frac{2}{3} \cdot 9 \cdot 1 = 30 \text{ мм.}$$

$$B_j = \frac{\Phi}{2h_j \cdot l_{\text{бол2}} \cdot k_{c2}} = \frac{14,38 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 175,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95} = 1,44 \text{ Тл.}$$

$$H_j = 440 \text{ А/м.}$$

Полюстер жұптарының магниттік кернеуі:

$$F_{\text{ц}} = F_{\delta} + F_{z1} + F_{z2} + F_a + F_j = 724,62 + 68,14 + 57,9 + 167,391 + 42,2 + 1060,251 \text{ А.} \quad (1.33)$$

Магнит тізбегінің қанығуы:

$$K_{\mu} = \frac{F_{\text{Т}}}{F_{\delta}} = \frac{1060,251}{724,62} = 1,463. \quad (1.34)$$

Магниттелетін ток:

$$I_{\mu} = \frac{p \cdot F_{\text{Т}}}{0,9m_1 \cdot w_1 \cdot K_{\text{оп1}}} = \frac{1 \cdot 1060,251}{0,9 \cdot 3 \cdot 88 \cdot 0,7598} = 5,873 \text{ А.} \quad (1.36)$$

Салыстырмалы мәні

$$I_{\mu}^* = \frac{I_{\mu}}{I_{1\text{НОМ}}} = \frac{5,873}{15,36} = 0,3824.$$

## 1.6 2p=2 кезіндегі жұмыстық режимнің параметрлері

Статор орамасының активті кедергісі:

$$r_1 = K_R p 115^{\frac{L_1}{q_{\text{эф}} \cdot a}} = \frac{10^{-6} \cdot 58,56}{41 \cdot 1,368 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 0,5220 \text{ м.} \quad (1.38)$$

$K_R = 1$ ;  $p115 = 10^{-6}/410 \text{ м} \cdot \text{м}$  мыс өткізгіштер үшін.

F класстағы оқшауламаның қызуға есептік төзімділігі  $1150 \text{ C}^0$ .

Орамалар фазасының өткізгіштерінің ұзындығы:

$$L_1 = l_{\text{оп}} \cdot W_1 = 0,6654 \cdot 88 = 58,86 \text{ м.}$$

$$l_{\text{оп}} = 2(l_{n1} + l_{л1}) = 2(0,1754 + 0,1573);$$

$$l_{n1} = l_1 = 0,1754;$$

$$l_{n1} = K_L \cdot b_{KT} \cdot 2B = 1,2 \cdot 0,11441 + 2 \cdot 0,01 = 0,1573 \text{ м.}$$

$$b_{KT} = \pi \frac{D - h_{n1}}{2p} \beta = \frac{(108,4 + 16,46)}{2 \cdot 1} \cdot \frac{7}{12} = 114,41 \text{ мм.}$$

$$l_{\text{ШЫҒ}} = K_{\text{ШЫҒ}} \cdot b_{KT} + B = 0,26 \cdot 0,11441 + 0,01 = 39,747 \text{ мм.}$$

Мұндағы  $B = 0,01 \text{ м}$  9.23 кесте бойынша;  $K_L = 1,2$

Салыстырмалы мәні  $r_1$ :

$$r_1^* = r_1 \frac{I_{1\text{НОМ}}}{U_{1\text{НОМ}}} = 0,522 \frac{15,36}{220} = 0,0364. \quad (1.39)$$

Ротордың алюминий орамасының фазаларының активті кедергісі:

$$r_2 = r_c + \frac{2r'_{\text{КЛ}}}{\Delta^2} = 82,95 \cdot 10^{-6} + 2 \frac{2,15 \cdot 10^{-6}}{0,3743^2} = 118,6 \cdot 10^{-6} \text{ Ом};$$

$$r_c = p115 \frac{l_2}{q_c} = \frac{10^{-6}}{20,5} \cdot \frac{0,1754}{103,15 \cdot 10^{-6}} = 82,95 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

$K_R = 1$ ;  $p115 = \frac{10^{-6}}{20,5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  ротордың алюминий орамасы үшін.

$$r_{\text{КЛ}} = p115 \frac{\pi \cdot D_{\text{КЛ}} \text{ор}}{Z_2 \cdot q_{\text{КЛ}}} = \frac{10^{-6}}{20,5} \cdot \frac{\pi \cdot 0,088275}{18 \cdot 350,37 \cdot 10^{-6}} = 2,15 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

Статор орамаларының орамдар санына  $r/2$  келтіреміз.

$$\frac{r}{2} = r_2 \frac{4m_1(W_1 \cdot K_{\text{ор}})^2}{Z_2 \cdot K_{\text{СК}}^2} = 118,6 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4 \cdot 3(88 \cdot 0,7598)^2}{18 \cdot 0,9798^2} = 0,3682.$$

Салыстырмалы мәні:

$$r_2^* = r_2 \frac{I_{1\text{НОМ}}}{U_{1\text{НОМ}}} = 0,3682 \frac{15,36}{220} = 0,0257.$$

Статор орамалары фазасының индуктивті кедергісі

$$X_1 = 15,8 \frac{f_1}{100} \left(\frac{W_1}{100}\right)^2 \cdot \frac{l'_\delta}{p \cdot q} (\lambda_{n1} + \lambda_{л1} + \lambda_{\delta 1}) = 15,8 \frac{50}{100} \cdot \left(\frac{88}{100}\right)^2 \cdot \frac{0,1754}{1 \cdot 4} \cdot (0,9926 + 0,7266 + 2,544) = 1,144 \text{ Ом.} \quad (1.40)$$

$$\lambda_{n1} K_{\beta} + \left( \frac{h_1}{b_1} + \frac{3h_k}{b_1 + 2b_{\text{ш1}}} + \frac{h_{\text{ш1}}}{b_{\text{ш1}}} \right) \cdot K'_{\beta} \\ = \frac{12,46}{3 \cdot 9,1} \cdot 0,71875 + \left( \frac{0}{9,1} + \frac{3 \cdot 2,8}{9,1 + 2 \cdot 3,5} + \frac{0,5}{3,5} \right) \cdot 0,625 = 0,9926$$

$$h_2 = \frac{h}{n_k} - 2b_{\text{окш}} = 13,06 - 2 \cdot 0,3 = 12,46 \text{ мм};$$

$$h_k = 0,5 \frac{h}{n_k} - 2b_{\text{окш}} = 13,06 - 2 \cdot 0,3 = 12,46 \text{ мм};$$

$$h_k = 0,5(b_1 - b_{\text{ш1}}) = 0,5(9,1 - 3,5) = 2,8 \text{ мм};$$

$$\beta = \frac{y_{\text{есеп}}}{\tau} = \frac{7}{12}; \text{ қысқарған кезде } \frac{1}{3} \leq \beta \leq \frac{2}{3};$$

$$\frac{K}{\beta} = 0,25(6\beta - 1) = 0,25 \left( 6 \frac{7}{12} - 1 \right) = 0,625;$$

$$K_{\beta} = 0,25 \left( 1 + 3 \cdot \frac{K}{\beta} \right) = 0,25(1 + 3 \cdot 0,625) = 0,7187;$$

$$\frac{l}{\delta} = l\delta = 0,1754 \text{ м}; h_1 = 0 \text{ (өткізгіштер паздың қақпағымын бекітіледі).}$$

$$\lambda_{л1} = 0,34 \frac{9}{l'_v} (l_{л1} - 0,64\beta \cdot \tau) = 0,34 \frac{4}{0,1754} \left( 0,1573 - 0,64 \frac{7}{12} \cdot 0,1703 \right) \\ = 0,7266;$$

Мұндағы  $l_{л1} = 0,1573 \text{ м}$ .

$$\lambda_{д1} = \frac{t_{z1}}{12 \cdot \delta \cdot K_{\delta}} \cdot \xi = \frac{14,2}{12 \cdot 0,5 \cdot 1,204} \cdot 1,2944 = 2,544; \quad (1.41)$$

$$\xi = 2K_{\text{ск}} \cdot K_{\beta} - K_{\text{оп1}} \left( \frac{t_{z2}}{t_{z1}} \right) 2 \cdot 2,3 \cdot 0,71875 - 0,75982 \cdot 1,322(1 + 12) \\ = 1,2944.$$

$$\left( \frac{t_{z2}}{t_{z1}} \right) = \frac{18,74}{14,2} = 1,32, K_{\text{ск}} = 2,3; \beta_{\text{ск}} = 1.$$

Салыстырмалы мәні:

$$X_1^* = X_1 \frac{I_{1\text{НОМ}}}{U_{1\text{НОМ}}} = 1,144 \frac{15,36}{220} = 0,08.$$

Ротор орамалары фазаларының индуктивті кедергісі:

$$X_2 = 7,9f_1 \frac{l}{\delta} \cdot (\lambda_{n2} + \lambda_{л2} + \lambda_{\delta2} + \lambda_{ck}) = 7,9 \cdot 50 \cdot 0,1754 \cdot (1,2376 + 0,1387 + 2,6 + 0,08866) = 337 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.} \quad (1.42)$$

Мұндағы 9.27 кесте бойынша ( 9.52а суретті қараңыз.)

$$\begin{aligned} \lambda_{n2} &= \left( \frac{h_0}{3b_1} \left(1 - \frac{hb_1^2}{8q_c}\right)^2 + 0,66 - \frac{b_{ш1}}{2b_1} \right) \cdot K_d + \frac{h_{ш1}}{b_{ш1}} = \\ &= \left( \frac{9,32}{3 \cdot 9,1} \cdot \left(1 - \frac{\pi \cdot 9,1^2}{8 \cdot 103,15}\right)^2 + 0,66 - \frac{1,5}{2 \cdot 9,1} \right) \cdot 1 + \frac{0,75}{1,5} = 1,2376 \end{aligned}$$

$$h_0 = h_1 + 0,4b_2 = 6,6 + 0,4 \cdot 6,8 = 9,32 \text{ мм.}$$

$$q_c = 103,15 \text{ мм}^2;$$

$$K_d = 1$$

$$\begin{aligned} \lambda_{л2} &= \frac{2,3 \cdot D_{\text{кл оп}}}{Z_2 \cdot l'_\delta \cdot \Delta^2} \lg \frac{4,7 \cdot D_{\text{кл оп}}}{h_{\text{кл}} + 2b_{\text{кл}}} = \frac{2,3 \cdot 0,088275}{18 \cdot 0,1754 \cdot 0,3473^2} \lg \frac{4,7 \cdot 0,088275}{0,19125 + 20,01832} \\ &= 0,1387 \end{aligned}$$

$$\lambda_{\delta2} = \frac{t_{Z2}}{12 \cdot \delta \cdot K_\delta} \cdot \xi = \frac{18,74}{12 \cdot 0,5 \cdot 1,204} = 2,6; \quad (1.43)$$

$Z_2/p \geq 10$  кезінде  $\xi = 1$  қабылдаймыз.

$$\gamma_{\text{ск}} = \beta_{\text{ск}} \frac{2p\pi}{Z_2} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 2 \cdot \pi}{18} = 0,69813. \quad (1.44)$$

$$K_{\text{ск}} = \frac{2\sin(\gamma_{\text{ск}}/2)}{\gamma_{\text{ск}}} = \frac{2\sin(0,69813/2)}{0,69813} = 0,9798.$$

$$\lambda_{ck} = \frac{t_{Z2} \cdot \beta_{2\text{ск}}}{12K_\delta \cdot K_\mu} = \frac{18,74 \cdot 12}{12 \cdot 1,204 \cdot 1,463} = 0,8866.$$

$$\beta_{\text{ск}} = 1; K_\mu = 1,463.$$

Статор орамдарының санына  $X_2$  келтірейік.

$$X'_2 = X_2 \frac{4m_1(W_1 \cdot K_{\text{оп1}})^2}{Z_2 \cdot K_{\text{ск}}^2} = 337 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4 \cdot 3(88 \cdot 0,7598)^2}{18 \cdot 0,9798^2} = 1,046 \text{ Ом.}$$

Салыстырмалы мәні:

$$X_2^* = X_2 \frac{I_{1\text{НОМ}}}{U_{1\text{НОМ}}} = 1,046 \frac{15,36}{220} = 0,073.$$

## 1.7 2p=2 кезіндегі шығынның есебі

Негізгі болаттағы шығындар

$$P_{\text{нег.бол}} = p_{1,0150} \left( \frac{f_1}{50} \beta \cdot (K_{\text{да}} \cdot B_{2a} \cdot m_a + K_{\text{дз}} \cdot B_{2z1} \cdot m_{z1}) \right) = 2,5 \cdot \left( \frac{50}{50} \right) 1,6 \cdot (1,6 \cdot 1,552 \cdot 19,23 + 1,8 \cdot 1,92 \cdot 3,055) = 234,43 \text{Вт.} \quad (1.45)$$

[2013 болат үшін  $p_{1,0/50} = 2,5 \text{Вм/кз}$ ].

$$m_a = \pi(D_a - h_a) \cdot h_a \cdot l_{\text{бол1}} \cdot K_{c1} \cdot \gamma_c \\ = \pi(0,197 - 0,02784) \cdot 0,02784 \cdot 0,95 \cdot 7,8 \cdot 103 = 19,23 \text{ кг.}$$

$\gamma_{\text{бол}} = 7,8 \cdot 108 \text{кг/м}^3$  – болаттың меншікті салмағы.

$$K_{\text{да}} = 1,6; K_{\text{дз}} = 1,8; B_{z1} = 1,9 \text{ Тл}; B_a = 1,55 \text{ Тл.}$$

$$m_{z1} = h_{z1} \cdot b_{z1\text{ор}} \cdot l_{\text{бол1}} \cdot K_{c1} \cdot \gamma_c = \\ = 16,46 \cdot 10^{-3} \cdot 5,95 \cdot 10^{-3} \cdot 24 \cdot 0,1754 \cdot 0,95 \cdot 7,8 \cdot 103 = \\ = 3,055 \text{ кг.}$$

Мұндағы  $b_{z1\text{ор}} = 5,95 \text{мм} = b_{z1}$ .

Ротордағы жоғары беттердің шығыны:

$$P_{\text{жоғ2}} = p_{\text{жоғ2}} (t_{z2} - b_{ш2}) \cdot Z_2 \cdot l_{\text{бол2}} \\ = 518,831 \cdot (18,74 - 1,5) \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 0,1754 = 28,24 \text{Вт.}$$

$$p_{\text{жоғ2}} = 0,5 K_{0,2} \left( \frac{Z_1 \cdot n_1}{10000} \right) 1,5 (B_{0,2} \cdot t_{z1} \cdot 103)^2 \\ = 0,5 \cdot 1,5 (0,4214 \cdot 0,0142 \cdot 103)^2 = \frac{518,831 \text{Вт}}{\text{м}^2};$$

Мұндағы  $K_{0,2} = 1,5 B_{\delta} = 0,7563 \text{ Тл.}$

$$B_{0,2} = \beta_{0,2} \cdot K_{\delta} \cdot B_{\delta} = 0,35 \cdot 1,204 \cdot 0,7563 = 0,4214 \text{ Тл.}$$

$$\beta_{0,2} = f(b_{ш1}/\delta) = 50(3,5/0,5) = 350 \text{мм} = 0,35 \text{ м.}$$

Статордағы жоғары беттердің шығыны

$$P_{\text{жоғ1}} = p_{\text{жоғ1}} (t_{z1} - b_{ш1}) \cdot Z_1 \cdot l_{\text{бол1}} = 61,67 \cdot (14,2 - 3,5) \cdot 10^{-3} \cdot 24 \cdot \\ 0,1754 = 2,78 \text{Вт.} \quad (1.46)$$

$$P_{\text{жог1}} = 0,5K0,1 \left( \frac{Z_2 \cdot n_1}{10000} \right) 1,5(B_{0,1} \cdot t_{Z2} \cdot 103)^2$$

$$= 0,5 \cdot \left( \frac{18 \cdot 300}{10000} \right) 1,5(0,1366 \cdot 0,01874 \cdot 103)^2 = \frac{61,67 \text{ Вт}}{\text{м}^2};$$

$$B_{0,1} = \beta_{0,1} \cdot K_{\delta} \cdot B_{\delta} = 0,15 \cdot 1,204 \cdot 0,7563 = 0,1366 \text{ Тл.}$$

$$\beta_{0,1} = f(b_{\text{ш2}}/\delta) = 50(13,5/0,5 = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м.})$$

Ротор тісіндегі пульсациялық шығындар.

$$P_{\text{пул1}} = 0,11 \left( \frac{Z_1 \cdot n_1}{10000} \cdot B_{\text{пул2}} \right) 2m_{Z1} = 0,11 \cdot \left( \frac{24 \cdot 300}{10000} \cdot 0,1035 \right) 2 \cdot 2,668 =$$

$$16,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}; \quad (1.47)$$

$$B_{\text{пул2}} = \frac{\gamma_1 \cdot \delta}{2 \cdot t_{Z2}} \cdot B_{Z2\text{ор}} = \frac{4,083 \cdot 0,5}{2 \cdot 18,74} \cdot 1,9 = 0,1035 \text{ Тл.}$$

$$B_{Z2\text{ор}} = 1,9.$$

$$B_{Z\text{ор}} = 1,9 \text{ (есептеуде 37 п.) } \gamma_1 = 4,083 \text{ (есептеуде 35 п.)}$$

$$m_{Z2} = h_{Z2} \cdot b_{Z2\text{ор}} \cdot l_{\text{бол2}} \cdot K_{c2} \cdot \gamma_2 = 18 \cdot 14,62 \cdot 10^{-3} \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \cdot$$

$$0,1754 \cdot 0,95 \cdot 7,8 \cdot 103 = 2,668 \text{ кг.} \quad (1.48)$$

Статор тістеріндегі пульсациялық шығындар:

$$P_{\text{пул1}} = 0,11 \left( \frac{Z_2 \cdot n_1}{10000} \cdot B_{\text{пул1}} \right) 2m_{Z1} = 0,11 \cdot \left( \frac{18 \cdot 300}{10000} \cdot 0,0376 \right) 2 \cdot 3,055$$

$$= 1,385 \text{ Вт};$$

$$B_{\text{пул2}} = \frac{\gamma_2 \cdot \delta}{2 \cdot t_{Z1}} \cdot B_{Z1\text{ор}} = \frac{1,125 \cdot 0,5}{2 \cdot 14,2} \cdot 1,9 = 0,0376 \text{ Тл.}$$

$$\gamma_2 = \frac{(b_{\text{ш1}}/\delta)^2}{5 + b_{\text{ш2}}/\delta} = \frac{(1,5/0,5)^2}{5 + 1,5/0,5} = 1,125.$$

Болаттағы қосымша шығындардың қосындысы

$$P_{\text{бол.қос.}} = P_{\text{жог1}} + P_{\text{пул1}} + P_{\text{жог2}} + P_{\text{пул2}} = 2,78 + 1,385 + 28,24 +$$

$$16,3 = 48,705 \text{ Вт.} \quad (1.49)$$

Болаттағы толық шығын:

$$P_{\text{бол.}} = P_{\text{нег.бол.}} + P_{\text{бол.қос.}} = 234,43 + 48,705 = 283,135 \text{ Вт.} \quad (1.50)$$

Механикалық шығындар:



$$P_{\text{мех}} = K_T \left( \frac{n_1}{1000} \right) 2 \cdot (10 \cdot D_{\text{жел}})^3 = 2,9 \cdot (10 \cdot 0,197)^3 = 199,544 \text{ Вт.} \quad (1.51)$$

$K_T = 2,9$  (аксиалды жүйелі желдеткіштері бар қозғалтқыштар үшін),  
мұндағы  $D_{\text{жел}} \approx D_a$ ,  $D_{\text{жел}}$  – желдеткіштің сыртқы диаметрі.  
Қозғалтқыштың бос жүрісі:

$$I_{\text{бос.ж.}} = \sqrt{I_{\text{бос.ж.а}}^2 + I_{\text{бос.ж.р}}^2} = \sqrt{0,8132^2 + 5,873^2} = 5,93 \text{ А.} \quad (1.52)$$

$$I_{\text{бос.ж.а}} = \frac{P_{\text{бол.}} + P_{\text{мех}} + P_{\text{э1бос.ж.}}}{m \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{283,135 + 199,544 + 54,0146}{3 \cdot 220} = 0,8132 \text{ А.}$$

$$P_{\text{э1бос.ж.}} = m \cdot I_{2\mu} \cdot r_1 = 3 \cdot 5,8732 \cdot 0,522 = 51,0146 \text{ Вт.}$$

$$I_{\text{бос.ж.р}} \approx I_{\mu} = 5,873 \text{ А.}$$

$$\cos \varphi_{\text{бос.ж.}} = \frac{I_{\text{бос.ж.а}}}{I_{\text{бос.ж.}}} = \frac{0,8132}{5,03} = 0,1371.$$

### 1.8 $2p=4$ кезіндегі магнит тізбегінің есебі

Ауалық саңылаудың магниттік кернеуі:

$$F_{\delta} = \frac{2}{\mu_0} \cdot B_{\delta} \cdot \delta \cdot K_{\delta} = \frac{2}{4\pi \cdot 10^{-7}} \cdot 0,7111 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,204 = 684,314 \text{ А.} \quad (1.53)$$

$$B_{\delta} = \frac{p \cdot \Phi}{D \cdot l_v} = \frac{2 \cdot 6,76 \cdot 10^{-3}}{0,1084 \cdot 0,1754} = 0,7111.$$

$$\Phi = \frac{K_E \cdot U_{\text{ном}}}{4 \cdot W_1 \cdot K_B \cdot K_{\text{оп1}} \cdot f_1} = \frac{0,97 \cdot 220}{4 \cdot 1,11 \cdot 176 \cdot 0,808 \cdot 50} = 6,76 \cdot 10^{-3} \text{ Вб.}$$

Статордың тістік аймағындағы магниттік кернеу:

$$F_{Z1} = 2h_{Z1} \cdot H_{Z1} = 2 \cdot 16,46 \cdot 10^{-3} \cdot 1450 = 47,73 \text{ А.} \quad (1.54)$$

$$H_{Z1} = 1450 \text{ А/м.}$$

$$b_{Z1} = \frac{B_{\delta} \cdot l_{Z1} \cdot l_{\delta}}{B_{Z1} \cdot l_{\text{бол}} \cdot k_{c1}} = \frac{0,7111 \cdot 14,4 \cdot 0,1754}{5,95 \cdot 0,1754 \cdot 0,95} = 1,78.$$

$b_{Z1} = 1,78$  Тл қабылдасақ, онда  $B_{Z1}$  мен  $H_{Z1}$  қатынасын тексереміз.

$$1,786 = 1,784 + 2,41 \cdot 10^{-6} \cdot 1450 = 1,787.$$

Алынған есептің нақтылығы талаптарды қанағаттандырады, сондықтан  $H_{Z1} = 1450 \text{ А/м}$  қабылдаймыз.

Ротордың тістік аймағындағы магниттік кернеуі:

$$F_{Z2} = 2h_{Z2} \cdot H_{Z2} = 2 \cdot 14,62 \cdot 10^{-3} \cdot 1500 = 43,86 \text{ А}. \quad (1.56)$$

$$H_{Z1} = 1500 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

$$b_{Z2} = \frac{B_{\delta} \cdot t_{Z2} \cdot l_{\delta}}{B_{Z2} \cdot l_{\text{бол2}} \cdot k_{c2}} = \frac{0,7111 \cdot 18,74 \cdot 0,1754}{7,8 \cdot 0,1754 \cdot 0,95} = 1,8.$$

$$1,8 = 1,795 + 1,35 \cdot 10^{-6} \cdot 1500 = 1,797.$$

Алынған есептің нақтылығы талаптарды қанағаттандырады, сондықтан  $H_{Z1} = 1500 \text{ А/м}$  қабылдаймыз.

Тістік аймақтың қанығу коэффициенті:

$$K_Z = 1 + \frac{F_{Z1} + F_{Z2}}{F_{\delta}} = 1 + \frac{47,73 + 43,86}{660,943} = 1,14. \quad (1.57)$$

Статор ярмосының магниттік кернеуі:

$$F_a = L_a \cdot H_a = 132,858 \cdot 10^{-3} \cdot 106 = 14,083 \text{ А}. \quad (1.58)$$

$$L_a = \pi \frac{D_a - h_a}{2p} = \pi \frac{197 - 27,84}{2 \cdot 2} = 132,858 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

$$H_a = \frac{106 \text{ А}}{\text{м}};$$

$$B_a = \frac{\Phi}{2h_a \cdot l_{\text{бол1}} \cdot k_{c1}} = \frac{6,76 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 27,84 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1754 \cdot 0,95} = 0,73.$$

Ротор ярмосының магниттік кернеуі:

$$F_j = L_j \cdot H_j = 47,95 \cdot 10^{-3} \cdot 231 = 11,076 \text{ А}. \quad (1.59)$$

$$L_j = \pi \frac{D_j - h_j}{2p} = \pi \frac{45,31 + 15,745}{2 \cdot 2} = 47,95 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

$$h_j = 15,745 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$h_j = \pi \frac{2+p}{3,2p} \left( \frac{D_2}{2} - h_{n2} \right) - \frac{2}{3} d_{k2} \cdot m_{k2} = \frac{2+2}{3,2 \cdot 2} \left( \frac{107,4}{2} - 15,3 \right) - 6$$

$$= 18 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$B_j = \frac{\Phi}{2h_j \cdot l_{60л2} \cdot k_{с2}} = \frac{6,76 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1754 \cdot 0,95} = 1,127 \text{ Тл.} \quad (1.60)$$

Полюстер жұптарының магниттік кернеуі.

$$F_{ц} = F_{\delta} + F_{z1} + F_{z2} + F_a + F_j = 681,314 + 47,73 + 43,86 + 14,083 + 11,076 = 768,063 \text{ А.} \quad (1.61)$$

Магнит тізбегінің қанығу коэффициенті:

$$K_{\mu} = \frac{F_{\tau}}{F_{\delta}} = \frac{768,063}{681,314} = 1,1714. \quad (1.62)$$

Магниттелетін ток:

$$I_M = \frac{p \cdot F_{\tau}}{0,9 m_1 \cdot w_1 \cdot K_{оп1}} = \frac{1 \cdot 768,063}{0,9 \cdot 3 \cdot 176 \cdot 0,808} = 4,157 \text{ А.} \quad (1.63)$$

Салыстырмалы мәні:

$$I_M^* = \frac{I_M}{I_{НОМ}} = \frac{4,157}{7,68} = 0,5413.$$

## 1.9 2p=4 кезіндегі жұмыстық режимнің параметрлері

Статор орамасының активті кедергісі:

$$r_1 = K_R p 115 \frac{L_1}{q_{\text{эф}} \cdot a} = 1 \frac{10^{-6} \cdot 117,11}{41 \cdot 1,368 \cdot 10^{-6} \cdot 1} = 2,0880 \text{ м.} \quad (1.64)$$

$$K_R = 1;$$

$$L_1 = l_{оп} \cdot W_1 = 0,6654 \cdot 176 = 117,11 \text{ м.}$$

$$l_{оп1} = 0,6654 \text{ м; } l_{n1} = l_n = 175,4 \text{ мм} = 0,1757 \text{ м; } l_{n1} = 0,1573;$$

$$r_1^* = r_1 \frac{I_{1НОМ}}{U_{1НОМ}} = 2,088 \frac{15,36}{220} = 0,073.$$

Ротордың алюминий орамасының фазаларының активті кедергісі:

$$r_2 = r_c + \frac{2r'_{\text{кЛ}}}{\Delta^2} = 82,65 \cdot 10^{-6} + 2 \frac{2,15 \cdot 10^{-6}}{0,684^2} = 92,14 \cdot 10^{-6} \text{ Ом};$$

$$r_c = 82,95 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

$$r_{\text{кЛ}} = 2,15 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

$$\Delta_2 = 2 \sin \frac{\pi \rho}{Z_2} = 2 \sin \frac{\pi \cdot 2}{18} = 0,684.$$

Статор орамаларының орамдар санына  $r/2$  келтіреміз.

$$\frac{r}{2} = r_2 \frac{4m_1(W_1 \cdot K_{\text{оп}})^2}{Z_2 \cdot K_{\text{ск}}^2} = 92,14 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4 \cdot 3(176 \cdot 0,808)^2}{18 \cdot 0,9798^2} = 1,294.$$

Салыстырмалы мәні:

$$r_2^* = r_2 \frac{I_{1\text{НОМ}}}{U_{1\text{НОМ}}} = 1,294 \frac{7,68}{220} = 0,0452.$$

Статор орамалары фазасының индуктивті кедергісі

$$X_1 = 15,8 \frac{f_1}{100} \left(\frac{W_1}{100}\right)^2 \cdot \frac{l'_\delta}{p \cdot q} (\lambda_{n1} + \lambda_{л1} + \lambda_{\delta 1}) = 15,8 \frac{50}{100} \cdot \left(\frac{176}{100}\right)^2 \cdot \frac{0,1754}{2 \cdot 4} \cdot (1,121 + 0,2337 + 4,57) = 3,18 \text{ Ом.} \quad (1.65)$$

$$\begin{aligned} \lambda_{n1} &= \frac{h_2}{3b_1} K_\beta + \left( \frac{h_1}{b_1} + \frac{3h_k}{b_1 + 2b_{\text{ш1}}} + \frac{h_{\text{ш1}}}{b_{\text{ш1}}} \right) \cdot K'_\beta \\ &= \frac{12,46}{3 \cdot 9,1} \cdot 1 + \left( \frac{0}{9,1} + \frac{3 \cdot 2,8}{9,1 + 2 \cdot 3,5} + \frac{0,5}{3,5} \right) \cdot 1 = 1,121; \end{aligned}$$

$$h_2 = 12,46 \text{ мм};$$

$$h_k = 2,8 \text{ мм};$$

$$h_1 = 1 \text{ мм};$$

$$K_\beta = \frac{K}{\beta} = 1.$$

$$\begin{aligned} \lambda_{л1} &= 0,34 \frac{q}{l'_{\delta 1}} (l_{\delta 1} - 0,64\beta \cdot \tau) = 0,34 \cdot \frac{4}{0,1754} \left( 0,1573 - 0,64 \frac{7}{6} \cdot 0,1703 \right) \\ &= 0,2337. \end{aligned}$$

$$\lambda_{\delta 1} = \frac{t_{Z1}}{12 \cdot \delta \cdot K_\delta} \cdot \xi = \frac{14,2}{12 \cdot 0,5 \cdot 1,204} \cdot 2,325 = 4,57;$$

$$\xi = 2K_{CK} \cdot K_{\beta} - K_{op1} \left( \frac{t_{Z2}}{t_{Z1}} \right)^2 (1 + \beta_{ck}^2 = 2 \cdot 2,3 \cdot 1 - 0,8082 - \cdot 1,32^2(1 + 12) = 2,325. \quad (1.66)$$

$$\xi = 2K_{CK} = 2,3; \beta_{CK} = 1; \frac{t_{Z2}}{t_{Z1}} = 1,32.$$

Салыстырмалы мәні:

$$X_1^* = X_1 \frac{I_{1НОМ}}{U_{1НОМ}} = 3,18 \frac{7,68}{220} = 0,11.$$

Ротор орамалары фазаларының индуктивті кедергісі:

$$X_2 = 7,9 f_1 \frac{l}{\delta} \cdot (\lambda_{n2} + \lambda_{л2} + \lambda_{\delta2} + \lambda_{ck}) = 7,9 \cdot 50 \cdot 0,1754 \cdot (1,2376 + 0,1387 + 2,6 + 1,1073) = 345,08 \text{ Ом}. \quad (1.67)$$

$$\lambda_{n2} = 1,2376; \lambda_{л2} = 2,6;$$

$$\lambda_{л2} = \frac{2,3 \cdot D_{кл\text{ ор}}}{Z_2 \cdot l'_{\delta} \cdot \Delta^2} \lg \frac{4,7 \cdot D_{кл\text{ ор}}}{h_{кл} + 2b_{кл}} = \frac{2,3 \cdot 0,088275}{18 \cdot 0,1754 \cdot 0,684^2} \lg \frac{4,7 \cdot 0,088275}{0,19125 + 2 \cdot 0,01832} = 0,0358. \quad (1.68)$$

$$\lambda_{ck} = \frac{t_{Z2} \cdot \beta_{2CK}}{12K_{\delta} \cdot K_{\mu}} = \frac{18,74 \cdot 12}{12 \cdot 1,204 \cdot 1,1714} = 1,1073.$$

$$K_{\mu} = 1,714.$$

Статор орамдарының санына  $X_2$  келтірейік.

$$X'_2 = X_2 \frac{4m_1(W_1 \cdot K_{op1})^2}{Z_2 \cdot K_{CK}^2} = 345,08 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4 \cdot 3(176 \cdot 0,808)^2}{18 \cdot 0,9798^2} = 4,846 \text{ Ом}.$$

Салыстырмалы мәні

$$X_2^* = X_2 \frac{I_{1НОМ}}{U_{1НОМ}} = 4,846 \frac{7,68}{220} = 0,17.$$

## 1.10 2р=4 кезіндегі шығынның есебі

Негізгі болаттағы шығындар:

$$P_{нег.бол} = p1,0150 \left( \frac{f_1}{50} \beta \cdot (K_{да} \cdot B_{2a} \cdot m_a + K_{дZ} \cdot B_{2Z1} \cdot m_{Z1}) \right) = 2,5 \cdot \left( \frac{50}{50} \right) 1,6 \cdot (1,6 \cdot 0,732 \cdot 19,23 + 1,8 \cdot 1,7862 \cdot 3,055) = 84,78 \text{ Вт}. \quad (1.69)$$

[2013 болат үшін  $p_{1,0/50} = 2,5Bm / \kappa z$  ]

$$m_a = \pi(D_a - h_a) \cdot h_a \cdot l_{\text{бол1}} \cdot K_{c1} \cdot \gamma_c = \pi(0,197 - 0,02784) \cdot 0,02784 \cdot 0,95 \cdot 7,8 \cdot 103 = 19,23 \text{ кг.} \quad (1.70)$$

$$K_{\text{да}} = 1,6; K_{\text{дZ}} = 1,8; B_{Z1} = 1,786 \text{ Тл}; B_a = 0,73 \text{ Тл.}$$

$$m_1 = 3,055 \text{ кг.}$$

Ротордағы жоғары беттердің шығыны:

$$P_{\text{жоғ2}} = p_{\text{жоғ2}}(t_{Z2} - b_{\text{ш2}}) \cdot Z_2 \cdot l_{\text{бол2}} = 92,8 \cdot (18,74 - 1,5) \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 0,1754 = 5,05 \text{ Вт.}$$

$$p_{\text{жоғ2}} = 0,5K0,2 \left( \frac{Z_1 \cdot n_1}{10000} \right) 1,5(B0,2 \cdot t_{Z1} \cdot 103)^2 = 0,5 \cdot 1,5 \frac{24 \cdot 1500}{10000} 1,5(0,2997 \cdot 0,0142 \cdot 103)^2 = 92,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2};$$

$$B0,2 = \beta0,2 \cdot K_{\delta} \cdot B_{\delta} = 0,35 \cdot 1,204 \cdot 0,7111 = 0,2997 \text{ Тл.}$$

$$\beta0,2 = f(b_{\text{ш1}}/\delta) = 50(3,5/0,5 = 350 \text{ мм} = 0,35 \text{ м.})$$

Статордағы жоғары беттердің шығыны

$$P_{\text{жоғ1}} = p_{\text{жоғ1}}(t_{Z1} - b_{\text{ш1}}) \cdot Z_1 \cdot l_{\text{бол1}} = 19,273 \cdot (14,2 - 3,5) \cdot 10^{-3} \cdot 24 \cdot 0,1754 = 0,87 \text{ Вт.}$$

$$p_{\text{жоғ2}} = 0,5K0,2 \left( \frac{Z_1 \cdot n_1}{10000} \right) 1,5(B0,2 \cdot t_{Z1} \cdot 103)^2 = 0,5 \cdot 1,5 \frac{24 \cdot 1500}{10000} 1,5(0,2997 \cdot 0,0142 \cdot 103)^2 = 92,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2};$$

$$B0,2 = \beta0,2 \cdot K_{\delta} \cdot B_{\delta} = 0,35 \cdot 1,204 \cdot 0,7111 = 0,2997 \text{ Тл.}$$

$$p_{\text{жоғ1}} = 0,5K0,1 \left( \frac{Z_2 \cdot n_1}{10000} \right) 1,5(B0,1 \cdot t_{Z2} \cdot 103)^2 = 0,5 \cdot \left( \frac{48 \cdot 1500}{10000} \right) 1,5(0,13 \cdot 0,01874 \cdot 103)^2 = 19,273 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2};$$

$$B0,1 = \beta0,1 \cdot K_{\delta} \cdot B_{\delta} = 0,15 \cdot 1,204 \cdot 0,7563 = 0,1366 \text{ Тл.}$$

$$\beta0,1 = f(b_{\text{ш2}}/\delta) = 50(13,5/0,5 = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м.})$$

Ротор тісіндегі пульсациялық шығындар:

$$P_{\text{пул2}} = 0,11 \left( \frac{Z_1 \cdot n_1}{10000} \cdot B_{\text{пул2}} \right) 2m_{Z2} = 0,11 \cdot \left( \frac{24 \cdot 1500}{10000} \cdot 0,098 \right) 2 \cdot 2,668 = 3,653 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}; \quad (1.71)$$

$$B_{\text{пул2}} = \frac{\gamma_1 \cdot \delta}{2 \cdot t_{Z2}} \cdot B_{Z2\text{оп}} = \frac{4,083 \cdot 0,5}{2 \cdot 18,74} \cdot 1,8 = 0,098 \text{Тл.}$$

$$B_{Z2\text{оп}} = 1,8.$$

$B_{Z2\text{оп}} = 1,8$  (есептің 59 п);  $\gamma_1 = 4,083$  (есептің 35 п.)

$$m_{Z2} = h_{Z2} \cdot b_{Z2\text{оп}} \cdot l_{\text{бол2}} \cdot K_{c2} \cdot \gamma_2 =$$

$$= 18 \cdot 14,62 \cdot 10^{-3} \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1754 \cdot 0,95 \cdot 7,8 \cdot 103 =$$

$$= 2,668 \text{ кг.}$$

Статор тістеріндегі пульсациялық шығындар:

$$P_{\text{пул1}} = 0,11 \left( \frac{Z_2 \cdot n_1}{10000} \cdot B_{\text{пул1}} \right) 2m_{Z1} = 0,11 \cdot \left( \frac{18 \cdot 1500}{10000} \cdot 0,0354 \right) 2 \cdot 3,055 = 0,307 \text{Вт}; \quad (1.73)$$

$$B_{\text{пул2}} = \frac{\gamma_2 \cdot \delta}{2 \cdot t_{Z1}} \cdot B_{Z1\text{оп}} = \frac{1,125 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 14,2 \cdot 10^{-3}} \cdot 1,786 = 0,0354 \text{Тл.} \quad (1.74)$$

$$\gamma_2 = \frac{(b_{\text{ш1}}/\delta)^2}{5 + b_{\text{ш2}}/\delta} = \frac{(1,5/0,5)^2}{5 + 1,5/0,5} = 1,125.$$

Болаттағы қосымша шығындардың қосындысы:

$$P_{\text{бол.қос.}} = P_{\text{жоғ1}} + P_{\text{пул1}} + P_{\text{жоғ2}} + P_{\text{пул2}} = 0,87 + 0,307 + 5,05 + 3,653 = 9,88 \text{Вт.} \quad (1.75)$$

Болаттағы толық шығын:

$$P_{\text{бол.}} = P_{\text{нег.бол.}} + P_{\text{бол.қос.}} = 84,78 + 9,88 = 94,66 \text{ Вт.} \quad (1.76)$$

Механикалық шығындар:

$$P_{\text{мех}} = K_T \left( \frac{n_1}{1000} \right) 2 \cdot (10 \cdot D_{\text{жел}})^3 = 2,9 \cdot \frac{1500}{1000} \cdot 2 \cdot (10 \cdot 0,197)^3 = 49,886 \text{Вт.} \quad (1.77)$$

Қозғалтқыштың бос жүрісі:

$$I_{\text{бос.ж.}} = \sqrt{I_{\text{бос ж.а}}^2 + I_{\text{бос ж.р}}^2} = \sqrt{0,301^2 + 4,157^2} = 4,168 \text{ А.} \quad (1.78)$$

$$I_{\text{бос.ж.а}} = \frac{P_{\text{бол.}} + P_{\text{мех.}} + P_{\text{э1бос.ж.}}}{m \cdot U_{1\text{ном}}} = \frac{94,66 + 49,886 + 54,123}{3 \cdot 220} = 0,301 \text{ А.} \quad (1.79)$$

$$P_{\text{э1бос.ж.}} = m \cdot I_{2\mu} \cdot r_1 = 3 \cdot 4,1572 \cdot 1,044 = 54,123 \text{ Вт.} \quad (1.80)$$

$$\cos \varphi_{\text{бос.ж.}} = \frac{I_{\text{бос.ж.а}}}{I_{\text{бос.ж.}}} = \frac{0,301}{4,168} = 0,0722.$$

### 1.11 2p=4 кезіндегі жұмыстық режимнің параметрлері

Параметрлер:

Статор орамасының активті кедергісі:

$$r_{12} = \frac{P_{\text{нег.бол.}}}{m \cdot I_{\mu}^2} = 1 \frac{234,43}{3 \cdot 5,873^2} = 2,266 \text{ Ом.}$$

$$X_{12} = \frac{U_{1\text{ном}}}{I_{\mu}} - x_1 = \frac{220}{5,873} - 3,18 = 34,28 \text{ Ом.}$$

$$C_1 = 1 + \frac{X_1}{X_{12}} = 1 + \frac{3,18}{34,28} = 1,093.$$

Жуықтау формуласын қолданамыз, сол себепті  $|\gamma| < 10$ .

$$\begin{aligned} \gamma &= \arctg \frac{r_1 \cdot X_{12} - r_{12} \cdot X_1}{r_{12}(r_1 + r_{12}) + X_{12}(X_1 + X_{12})} \\ &= \arctg \frac{0,522 \cdot 34,28 - 2,266 \cdot 3,18}{2,266(0,522 + 2,266) + 34,28(3,18 + 34,28)} \\ &= |0,00862816| < 10. \end{aligned}$$

Синхронды бос жүрістегі токтың активті құраушылары:

$$I_{0a} = \frac{P_{\text{нег.бол.}} + 3 \cdot I_{\mu}^2 \cdot r_1}{3 \cdot U_1} = \frac{234,43 + 3 \cdot 5,873^2 \cdot 0,522}{3 \cdot 220} = 0,5108 \text{ А.}$$

$$a' = c_{21} = 1,0932 = 1,195$$

$$a = c_1 \cdot r_1 = 1,0932 \cdot 0,522 = 0,5705$$

$$b = c_1(x_1 + c_1 x / 2) = 1,093(3,18 + 1,093 \cdot 1,046) = 4,725$$

Сырғанау өзгерсе де шығындар өзгермейді.

$$P_{\text{бол.}} + P_{\text{мех.}} = 283,135 + 199,544 = 482,679 \text{ Вт.} \quad (1.81)$$

0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,0275; 0,03 сырғанаулар үшін жұмыстық сипаттаманы есептейміз. Номинал сырғанауды нақтылағаннан кейінгі  $S_{\text{ном.}} = 0,0234$ .

Есептеулер 1.1 кестеге енгізілген.



1.1 кесте – Есептеулер нәтижелері

№	Есептік формула	Өлш емі	S Сырғанау							$S_{НОМ.} = 0,0234$
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,0275	0,03	
1	$a'r_2' / s'$	Ом	78,3 53	39,1 8	26,12	19,56	15,67	14,24 6	13,0 6	16,742
2	$R = a + a'r_2' / s'$	Ом	78,8 9	39,7 14	26,65 4	20,12 4	16,20 5	14,78	13,5 94	17,276
3	$X = b + b'r_2' / s'$	Ом	2,29 3	2,29 3	2,293	2,293	2,293	2,293	2,29 3	2,293
4	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	Ом	78,9 2	39,7 8	26,8	20,25 4	16,37	14,95 7	13,7 9	17,428
5	$\frac{I''}{2} = \frac{U_{НОМ}}{Z}$	А	2,79	5,53	8,209	10,86 2	13,44	14,70 9	15,9 54	12,623
6	$\frac{\cos\varphi}{2} = \frac{R}{Z}$	-	0,99 96	0,99 9	0,994 6	0,993 6	0,989 9	0,988 2	0,98 58	0,9913
7	$\frac{\sin\varphi}{2} = \frac{X}{Z}$	-	0,02 91	0,05 8	0,085 6	0,113 2	0,140 1	0,153 3	0,16 33	0,13157
8	$I_{1a} = I_0a + I/2 \cos\varphi/2$	А	3,22 6	5,96 2	8,602	11,23	13,74	14,97	16,1 65	12,95
9	$I_{1p} = I_0p + I/2 \sin\varphi/2$	А	5,95 4	6,19 4	6,576	7,103	7,756	8,13	8,52 6	7,534
10	$I_{11} = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2}$	А	6,77 2	8,59 7	10,83	13,29	15,78	17,04	18,2 8	14,983
11	$I/2 = c_1 \cdot I/2$	А	2,87 8	5,70 5	8,468	11,20 4	13,86 3	15,17 2	16,4 57	13,021
12	$P_1 = 3 \cdot U_{НОМ} I_{1a} 10^{-3}$	кВт	2,13	3,93 5	5,68	7,412	9,07	9,882	10,6 7	8,547
13	$P_{\Delta 1} = 3 \cdot I_{21} r_1 \cdot 10^{-3}$	кВт	0,07 2	0,11 6	0,183 7	0,276 6	0,39	0,455	0,52 33	0,3515
14	$P_{\Delta 2} = 3 \cdot (I/2) 2r/2 \cdot 10^{-3}$	кВт	0,00 92	0,03 6	0,079 2	0,138 7	0,212 3	0,254 3	0,29 92	0,1873
15	$P_{КОС} = 0,005 \cdot P_1$	кВт	0,01 065	0,01 98	0,028 4	0,037 06	0,045 35	0,049 41	0,05 335	0,04274
16	$\sum P = P_{\text{бол.}} + P_{\text{мех}} + P_{\Delta 1} + P_{\Delta 2} + P_{КОС}$	кВт	0,57 44	0,65 44	0,773 9	0,935	1,130 25	1,241 3	1,35 84	1,0642
17	$P_2 = P_1 - \sum P$	кВт	1,55 6	3,28	4,91	6,48	7,94	8,641	9,31 2	7,483
18	$\eta = 1 - \sum P / P_1$	-	0,73 03	0,83 37	0,864	0,874	0,875 4	0,874 4	0,87 27	0,8755
19	$\cos\varphi = \frac{I_{1a}}{I_1}$	-	0,47 04	0,69 35	0,794 3	0,845	0,870 8	0,878 7	0,88 43	0,8644

### 1.12 2р = 2 кезіндегі іске қосу сипаттамаларын есептеу

а) токтың ығыстыру әсерінің әсерімен параметрлердің өзгеру әсерін есепке ала отырып, токтарды есептеу (шашырату өрісінен болатын қанығу әсерін есепке алмағанда).

Ток ығыстыру әсерінің әсерін ескергенде, ротор орамасының активті кедергісі:

$$\xi = 2\pi h_c \sqrt{\frac{b_c \cdot f_2}{b_n \cdot \rho_v}} \cdot 10^{-7} = 63.61 h_c \sqrt{S} = 63,61 \cdot 14,55 \cdot 10^{-3} = 0,9255.$$

$$h_c = h_2 - (h_{ш2} + h_{ш1}) = 15,3 - (0,75 + 0) = 14,55 \text{ мм.}$$

9.57 сурет бойынша  $\xi = 0,9255$  үшін  $\varphi = 0,89 \cdot \xi^4$  таптық, сол себепті  $\xi < 1$ .

$$r_a = r_c = 82,95 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

$$\varphi = 0,89 \cdot 0,9255^4 = 0,65306.$$

Токтың ену тереңдігі

$$h_r = \frac{h_c}{1 + \varphi} = \frac{14,55 \cdot 10^{-3}}{1 + 0,65306} = 8,8 \text{ мм.} \quad (1.82)$$

$K_d = \varphi' = 0,96$  ( $\xi = 0,9255$  үшін 9.57 суреттен  $\varphi' = 0,96$ ),  
себебі  $(0,5 \cdot 9,1) \leq 8,8 \leq (6,6 + 9,1 \cdot 0,5)$ .

$$q_r = \frac{\pi b_1^2}{8} + \frac{b_1 + b_r}{2} \left( h_r - \frac{b_1}{2} \right) = \frac{\pi \cdot 9,1^2}{8} + \frac{9,1 + 7,62}{2} \left( 8,8 - \frac{9,1}{2} \right) = 68,05 \text{ мм}^2;$$

$$b_r = b_1 - \frac{b_1 + b_2}{2} \left( h_r - \frac{b_1}{2} \right) = 9,1 - \frac{9,1 + 6,8}{2} \left( 8,8 - \frac{9,1}{2} \right) = 7,62 \text{ мм}^2;$$

$$K_r = \frac{q_c}{q_r} = \frac{103,15}{638,05} = 1,516.$$

$$K_R = 1 + \frac{r_c'}{q_r} (K_r - 1) = 1 + \frac{82,95}{118,6} (1,516 - 1) = 1,361;$$

$$r_2 = 118,6 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}; \quad r_c = 82,95 \cdot 10^{-6} \text{ Ом};$$

$$\frac{r}{2\xi} = K_R \cdot \frac{r}{2} = 1,361 \cdot 0,3682 = 0,5011 \text{ Ом.}$$

Ток ығыстыру әсерінің әсерін ескерген кездегі ротор орамасының индуктивті кедергісі:

$$K_x = \frac{\lambda_{n2}\xi + \lambda_{n2} + \lambda_{d2}}{\lambda_{n2} + \lambda_{n2} + \lambda_{d2}} = \frac{1,208 + 0,1387 + 2,6}{1,2376 + 0,1387 + 2,6} = 0,9926. \quad (1.82)$$

$$\lambda_{n2}\xi = \lambda_{n2} - \Delta\lambda_{n2}\xi = 1,2376 - 0,029506 = 1,208.$$

$$\Delta\lambda_{n2}\xi = \lambda_{n2}(1 - K_D) = \frac{h_0}{3b_1} \left(1 - \frac{\pi b_1^2}{8q_c} + 0,66 - \frac{h_{ш2}}{2b_1} (1 - K_D)\right)$$

$$= \frac{9,32}{3 \cdot 9,1} \left(1 - \frac{\pi \cdot 9,1^2}{8 \cdot 103,15} + 0,66 - \frac{1,5}{2 \cdot 9,1} (1 - 0,96)\right) = 0,029506.$$

$$\frac{X}{2\xi} = \frac{X}{2} \cdot K_x = 1,046 \cdot 0,9926 = 1,03826.$$

Іске қосу параметрлері:

$$X_{12n} = K_\mu \cdot X_{12} = 1,463 \cdot 36,316 = 53,13; \quad (1.83)$$

$$X_{12} = \frac{U_{1НОМ}}{X_1} = \frac{220}{5,873} = 36,316; \quad (1.84)$$

$$C_{1n} = 1 + \frac{X_1}{X_{12n}} = 1 + \frac{1,144}{53,13} = 1,0215.$$

Ығыстыру әсерінің әсерін ескере отырып, S= 1 кезіндегі токтарды есептеу:

$$R_n = r_1 + c_{1n} \cdot \frac{r}{S} = 0,522 + 1,0215 \cdot 0,5011 - 1 = 1,034. \quad (1.85)$$

$$X_n = X_1 + c_{1n} \cdot \frac{X}{2\xi} = 1,144 + 1,0215 \cdot 1,03826 = 2,2046. \quad (1.86)$$

$$I_{2n} = \frac{U_{1НОМ}}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}} = \frac{220}{\sqrt{1,034^2 + 2,2046^2}} = 90,35$$

$$I_{1n} = I_{2n} \frac{\sqrt{R_n^2 + (X_n + X_{12n})^2}}{c_{1n} \cdot X_{12n}} = 90,35 \frac{\sqrt{1,034^2 + (2,2046 + 53,13)^2}}{1,0215 \cdot 53,13}$$

$$= 92,135.$$

S= 1 кезіндегі және басқа да сырғанаудың есептеу нәтижелері 1.2 кестеге енгізілді.

1.2 кесте – Есептеу нәтижелері

№	Есептік формула	Өлшемі	Сырғанау S					S <sub>кр</sub> = 0,3449
			1	0,8	0,5	0,2	0,1	
1	$\xi = 2\pi h_c \sqrt{\frac{b_c \cdot f_2}{b_n \cdot \rho_v}} \cdot 10^{-7}$	-	0,925 5	0,828	0,6544	0,41	0,292 7	0,5435
2	$\varphi(\xi)$	-	0,653 06	0,4183	0,1633	0,026 1	0,006 5	0,0777
3	$h_r = \frac{h_c}{1+\varphi}$	мм	8,8	10,26	12,51	14,18	14,45 6	13,501
4	$K_r = \frac{q_c}{q_r}$	-	1,516	1,31	1,097	1	1	1,0314
5	$K_R = 1 + \frac{r'_c}{q_r} (K_r - 1)$	-	1,361	1,217	1,068	1	1	1,022
6	$\frac{r}{2\xi} = K_R \cdot \frac{r}{2}$	Ом	0,501 1	0,4481	0,3932	0,368 2	0,368 2	0,3763
7	$K_D = \varphi/(\xi)$	-	0,96	0,965	0,97	0,98	0,99	0,975
8	$\lambda_{n2}\xi = \lambda_{n2} - \Delta\lambda_{n2}\xi$	-	1,21	1,212	1,2155	1,223	1,230 2	1,21916
9	$K_x = \frac{\sum\lambda 2\xi}{\sum\lambda 2}$	-	0,992 6	0,9936	0,9944	0,996 3	0,998 1	0,99536
10	$\frac{X}{2\xi} = \frac{X}{2} \cdot K_x$	Ом	1,038 3	1,039	1,04	1,042	1,044	1,041
11	$R_n = r_1 + c_{1n} \cdot \frac{r}{2\xi} \cdot \frac{S}{S}$	Ом	1,034	1,094	1,3254	2,403	4,283	1,6365
12	$X_n = X_1 + c_{1n} \cdot \frac{X}{2\xi}$	Ом	2,204 6	2,2053 4	2,2063 6	2,208 4	2,210 45	2,2074
13	$I_{2n} = \frac{U_{1НОМ}}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$	А	90,35	89,363	85,475	67,41 5	45,64 4	80,062
14	$I_{1n} = I_{2n} \frac{\sqrt{R_n^2 + (X_n + X_{12n})^2}}{c_{1n} \cdot X_{12n}}$	А	92,13 5	91,131	87,176	68,80 4	46,68 2	81,67

1.3 кесте - – Есептеу нәтижелері

№	Есептік формула	өлшемі	Сырғанау S					
			1	0,8	0,5	0,2	0,1	Skp = 0,3449
1	$K_{қан} =$	-	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,18
2	$F_{n\text{ оп}} = \frac{0,7I_1 \cdot K_{қан} \cdot U_{n1}}{2} (K'_\beta + K_{y1} + K_{op1} \frac{Z_1}{Z_2})$		2524,985	2401,414	2205,307	1668,02	1082,513	2031,587
3	$B_{\phi\delta} = \frac{F_{\text{бip}} \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot \delta \cdot C_N}$	Тл	3,33	3,17	2,908	2,2	1,43	2,68
4	$K\delta = f(B\phi\delta)$	-	0,66	0,7	0,74	0,85	0,93	0,78
5	$C_{\varepsilon 1} = (t_{Z1} + b_{ш1})(1 - K_\delta)$	мм	3,638	3,21	2,782	1,605	0,749	2,354
6	$\Delta\lambda_{n1қан} = \Delta\lambda_{n1} - \Delta\lambda_{n1қан}$	-	0,744	0,762	0,782	0,850	0,916	0,804 7
7	$\Delta\lambda_{д1қан} = \Delta\lambda_{д1} \cdot K_\delta$	-	1,679	1,781	1,883	2,162	2,366	1,984
8	$X_{1қан} = X_1 \frac{\sum\lambda_{1қан}}{\sum\lambda_1}$	Ом	0,845	0,877	0,910	1,003	1,076	0,943 4
9	$C_{1nқан} = 1 + \frac{X_{1қан}}{X_{12n}}$	-	1,016	1,0165	1,0171	1,0189	1,0203	1,0177 6
10	$C_{\varepsilon 2} = (t_{Z2} + b_{ш2})(1 - K_\delta)$	мм	5,862	5,172	4,482	2,586	1,207	3,793
11	$\Delta\lambda_{n2қан\xi} = \lambda_{n2\xi} - \Delta\lambda_{n2қан}$	-	0,811	0,824	0,840	0,906	1,007	0,860 9
12	$\Delta\lambda_{д2қан} = \Delta\lambda_{д2} \cdot K_\delta$	-	1,716	1,82	1,924	2,21	2,418	2,028
13	$\frac{X \sum\lambda_{2қан}}{2 \sum\Delta\lambda_2}$	Ом	0,701	0,732	0,763	0,856	0,937	0,796 4

1.3 кестенің соңы

14	$R_n = r_1 + C_{1nқан} \frac{r_2' \xi}{S}$	Ом	1,031	1,091	1,322	2,398	4,279	1,632
15	$X_n = X_{1қан} + C_{1nқан} + \frac{X}{2\xi}$	Ом	1,558	1,622	1,687	1,876	2,0325	1,754
16	$I_{2қан} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$	А	117,754	112,552	102,646	72,262	46,445	91,816
17	$I_{1nқан} = I_{2қан} \frac{\sqrt{R_n^2 + (X_n + X_{12n})^2}}{c_{1n} \cdot X_{12n}}$	А	119,32	1144,127	104,152	73,496	47,407	93,233
18	$K_{қан} = \frac{I_{1nқан}}{I_{1n}}$	-	1,29	1,25	1,195	1,068	1,015	1,141 6
19	$I_n^* = \frac{I_{1nқан}}{I_{1НОМ}}$	-	7,96	7,62	6,95	5	3,16	6,22 4
20	$\mu_n^* = \left( \frac{I_{2nқан}'}{I_{2НОМ}'} \right) 2K_R \frac{S_{НОМ}}{S}$		2,605	2,66	3,106	3,603	2,977	3,45

**1.13 2р = 2 үшін ток ығыстырылуының әсерін және шашырату өрістерінің қанығуын есепке ала отырып іске қосу сипаттамаларын есептеу**

Есептеу тиісті сипаттамалардың нүктелері үшін жүргізілді.

$$S = 1; 0,8; 0,5; 0,2; 0,1; S_{кр} = 0,3449. \quad (1.87)$$

$$S_{кр} = \frac{r_2'}{\frac{x_n}{c_{1n}} + x_2'} = \frac{0,3682}{\frac{1,144}{53,13} + 1,046} = 0,3449;$$

Орамалардың индуктивті кедергісі.

$K_{қан} = 1,3$  қабылдаймыз.

$$\begin{aligned} F_{n\text{ ор}} &= \frac{0,7 I_1 \cdot K_{қан} \cdot U_{n1}}{2} \left( K_{\beta}' + K_{y1} + K_{op1} \frac{Z_1}{Z_2} \right) \\ &= 0,7 \cdot \frac{92,135 \cdot 1,3 \cdot 44}{2} (0,625 + 0,7343 \cdot 0,7598 \cdot \frac{24}{18}) \\ &= 2524,985 \text{ А.} \end{aligned}$$

$$C_n = 0,64 + 2,5 \sqrt{\frac{\delta}{t_{z1} + t_{z2}}} = 0,64 + 2,5 \sqrt{\frac{0,5}{14,2 + 18,74}} = 0,948.$$

$$B_{\Phi\delta} = \frac{F_{\text{бip}} \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot \delta \cdot C_N} = \frac{2524,985 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,948} = 3,33 \text{Тл.}$$

9.61 сурет бойынша  $B_{\Phi\delta} = 3,33 \text{Тл}$  үшін  $K_\delta = 0,66$  тең.

$$C_{\varepsilon 1} = (t_{z1} + b_{\text{ш1}})(1 - K_\delta) = (14,2 + 3,5)(1 - 0,66) = 3,638 \text{ мм.}$$

$$\Delta\lambda_{n1\text{қан}} = \frac{h_{\text{ш1}} + 0,58 \cdot h_k}{b_{\text{ш1}}} \cdot \frac{C_{\varepsilon 1}}{C_{\varepsilon 1} + 1,5 \cdot b_{\text{ш1}}} = \frac{0,5 + 0,58 \cdot 2,8}{3,5} \cdot \frac{3,638}{3,638 + 1,5 \cdot 3,5} = 0,2484;$$

$$h_k = \frac{b_1 - b_{\text{ш1}}}{2} = \frac{9,1 + 3,5}{2} = 2,8 \text{ мм.}$$

$$\Delta\lambda_{n1\text{қан}} = \Delta\lambda_{n1} - \Delta\lambda_{n1\text{қан}} = 0,9926 - 0,2484 = 0,7442.$$

Қанығу әсерін есепке ала отырып, статор орамасының дифференциалды шашырауының магниттік өткізгіштігінің коэффициенті:

$$\Delta\lambda_{d1\text{қан}} = \Delta\lambda_{d1} \cdot K_\delta = 2,544 \cdot 0,66 = 1,679. \quad (1.88)$$

$$X_{1\text{қан}} = X_1 \frac{\sum \lambda_{1\text{қан}}}{\sum \lambda_1} = X_1 \frac{\lambda_{n1\text{қан}} + \lambda_{d1\text{қан}} + \lambda_{л2}}{\lambda_{n1} + \lambda_{d1} + \lambda_{л1}} = 1,144 \frac{0,7442 + 1,679 + 0,7266}{0,9926 + 2,544 + 0,7266} = 0,8452.$$

$X_{1\text{қан}}$  – қанығу әсерін ескергендегі статор орамасының индуктивті кедергісі.

Токтың қанығуы мен ығыстырылуының әсерін есепке ала отырып, ротор орамасының пазалық шашырауының магниттік өткізгіштігінің коэффициенті:

$$\Delta\lambda_{n2\text{қан}} = \frac{h_{\text{ш2}}}{b_{\text{ш1}}} \cdot \frac{C_{\varepsilon 2}}{C_{\varepsilon 2} + b_{\text{ш2}}} = \frac{0,75}{1,5} \cdot \frac{5,8616}{5,8616 + 1,5} = 0,3981; \quad (1.89)$$

$$C_{\varepsilon 1} = (t_{z2} + b_{\text{ш2}})(1 - K_\delta) = (18,74 - 1,5)(1 - 0,66) = 5,8616 \text{ мм.}$$

$$\Delta\lambda_{n2\text{қан}} \xi = \lambda_{n2} \xi - \Delta\lambda_{n2\text{қан}} = 1,21 - 0,3981 = 0,8119.$$

Қанығу әсерін есепке ала отырып, ротордың дифференциалды шашырауының магниттік өткізгіштігінің коэффициенті:

$$\Delta\lambda_{Д2қан} = \Delta\lambda_{Д2} \cdot K_{\delta} = 2,6 \cdot 0,66 = 1,716.$$

Ток ығыстыру және қанығу әсерінің әсерін есепке алған кездегі ротор орамасының фазасының келтірілген индуктивті кедергісі:

$$\frac{X}{2\xi} = \frac{X \sum \lambda_{2қан}}{2 \sum \Delta\lambda_2} = \frac{X \lambda_{n2қан}\xi + \lambda_{Дқан2} + \lambda_{Д2}}{2 \lambda_{n2} + \lambda_{Д2} + \lambda_{Л2}} = 1,046 \frac{0,8119 + 1,716 + 0,1387}{1,2376 + 2,6 + 0,1387} = 0,7015$$

$$C_{1nқан} = 1 + \frac{X_{1қан}}{X_{12n}} = 1 + \frac{0,8452}{53,13} = 1,016.$$

Ток пен моменттің есебі:

$$R_n = r_1 + C_{1nқан} \frac{r_2'\xi}{S}.$$

$$R_n = 0,522 + 1,016 \frac{0,5011}{1} = 1,0311 \text{ Ом.}$$

$$X_n = X_{1қан} + C_{1nқан} \frac{X}{2\xi} = 0,8452 + 1,016 \cdot 0,7015 = 1,558 \text{ Ом.}$$

$$I_{2қан} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}} = \frac{220}{\sqrt{1,0311^2 + 1,558^2}} = 117,754 \text{ А.}$$

$$I_{1nқан} = I_{2қан} \frac{\sqrt{R_n^2 + (X_n + X_{12n})^2}}{c_{1n} \cdot X_{12n}} = 117,754 \frac{\sqrt{1,0311^2 + (1,558 + 53,13)^2}}{1,0215 \cdot 53,13} = 119,32 \text{ А.}$$

Токтың ығысу және қанығу әсерін есепке алған кездегі іске қосу тогының еселігі:

$$I_n^* = \frac{I_{1nқан}}{I_{1НОМ}} = \frac{119,32}{14,98} = 7,965. \quad (1.89)$$

Токтың ығысуы мен қанығудың әсерін есепке алған кездегі іске қосу моментінің еселігі:

$$\mu_n^* = \left( \frac{I_{2nқан}'}{I_{2НОМ}} \right) 2K_R \frac{S_{НОМ}}{S} = \left( \frac{117,754}{13,021} \right) 2 \cdot 1,361 \frac{0,0234}{1} = 2,605. \quad (1.90)$$



Есептеуде алынған қанығу коэффициенті:

$$K_{\text{қан}} = \frac{I_{1n\text{қан}}}{I_{1n}} = \frac{119,32}{92,135} = 1,29. \quad (1.91)$$

Қабылданған мәннен 0,77% айырмашылығы бар, бұл талаптарды қанағаттандырады.

$$S = 0,8; K_{\text{қан}} = 1,25;$$

$$S = 0,5; K_{\text{қан}} = 1,2;$$

$$S = 0,2; K_{\text{қан}} = 1,15;$$

$$S = 0,1; K_{\text{қан}} = 1,1;$$

$$S = 0,3449; K_{\text{қан}} = 1,18 \text{ мәндерінде қабылданды.}$$

1.4 кестеге есептер енгізілді.  $2p = 4$  үшін жұмыстық сипаттамалар есептелді.  $S = 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,04; S_{\text{ном}} = 0,038$  мәндердегі сырғанау үшін есептейміз. 1.4 кестеге есептер енгізілді.

1.4 кесте – Есептеу нәтижелері

№	Есептік формула	Өлшемі	S сырғанау								
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	$S_{кр} = 0,038$
1	$a'r'_2 / s'$	Ом	29,09 5	145,4 8	97	72,74	58,19 1	48,5	41,56 5	36,37	38,28 2
2	$R = a + a'r'_2 / s$	Ом	293,1 64	147,6 94	99,21 4	74,95 4	60,40 5	50,71 4	43,78	38,58 4	40,49 6
3	$X = b + b'r'_2 / s$	Ом	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64
4	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	Ом	293,2 91	147,9 73	99,59	75,45	61,02	51,44 5	44,62	39,54	41,41
5	$\frac{I''}{2} = \frac{U_{1ном}}{Z}$	А	0,750 1	1,487	2,21	2,916	3,605 4	4,28	4,931	5,564	5,313
6	$\frac{\cos\varphi}{2} = \frac{R}{Z}$	-	0,999 6	0,998 4	0,996 2	0,993 4	0,989 9	0,985 8	0,981 2	0,976	0,977 9
7	$\frac{\sin\varphi}{2} = \frac{X}{Z}$	-	0,029 46	0,058 4	0,086 76	0,114 5	0,141 6	0,168	0,193 6	0,218 5	0,208 5
8	$I_{1a} = I_{0a} + I/2 \cos\varphi/2$	А	1,042 3	1,777	2,5	3,19	3,861	4,512	5,131	5,723	5,49
9	$I_{1p} = I_{0p} + I/2 \sin\varphi/2$	А	4,179 1	4,244	4,35	4,491	4,668	4,88	5,112	5,373	5,286
10	$I_{II} = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2}$	А	4,307	4,601	5,02	5,509	6,06	6,65	7,243	7,85	7,607

1.4 кестенің соңы

11	$I/2 = c1 \cdot I//2$	A	0,795 3	1,577	2,343	3,092	3,823	4,54	5,23	5,9	5,633 4
12	$P1 = 3 \cdot U1_{ном} I1a10^{-3}$	кВт	0,688	1,173	1,65	2,105 4	2,55	2,978	3,39	3,78	3,623 4
13	$P_{\Delta 1} = 3 \cdot I21r1 \cdot 10^{-3}$	кВт	0,116 2	0,132 6	0,157 9	0,190 1	0,23	0,277	0,328 6	0,386	0,625
14	$P_{\Delta 2} = 3 \cdot (I/2)2r/2 \cdot 10^{-3}$	кВт	0,002 5	0,009 7	0,021 32	0,037 1	0,057	0,08	0,106 2	0,135 1	0,123 2
15	$P_{\text{кoc}} = 0.005 \cdot P_1$	кВт	0,003 44	0,005 9	0,008 25	0,010 53	0,012 75	0,014 9	0,016 95	0,018 9	0,018 12
16	$\Sigma P = P_{\text{бол.}} + P_{\text{мех}} + P_{\Delta 1} + P_{\Delta 2} + P_{\text{кoc}}$	кВт	0,266 7	0,292 72	0,332 02	0,382 3	0,444 3	0,516 45	0,596 3	0,684 55	0,648 37
17	$P_2 = P_1 - \Sigma P$	кВт	0,421 3	0,880 3	1,318	1,723	2,106	2,462	2,794	3,1	2,975
18	$\eta = 1 - \Sigma P/P_1$	-	0,612 4	0,750 4	0,798 8	0,818 4	0,825 8	0,826 6	0,824 1	0,818 9	0,821 06
19	$\cos \varphi = \frac{I_{1a}}{I_1}$	-	0,242	0,386 2	0,498	0,579 1	0,637 1	0,678 5	0,708 4	0,729	0,721 7

### 1.14 2p=4 үшін жүргізу сипаттамаларын есептеу

Токтың ығыстыру әсерінің әсерін ескере отырып, іске қосу режиміндегі токтарды есептеу.

Ток ығыстыру әсерінің әсерін ескерген кездегі ротор орамасының активті кедергісі:

$$\xi = 2\pi h_c \sqrt{\frac{b_c \cdot f_2}{b_n \cdot \rho_v}} \cdot 10^{-7} = 63.61 h_c \sqrt{S} = 63,61 \cdot 14,55 \cdot 10^{-3} = 0,9255. \quad (1.92)$$

$$h_c = h_2 - (h_{ш2} + h_{ш1}) = 15,3 - (0,75 + 0) = 14,55 \text{ мм.}$$

$$r_a = r_c = 82,95 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

$$\varphi = 0,89 \cdot 0,92554 = 0,65306, \text{ сол себепті } \xi < 1.$$

$$h_r = \frac{h_c}{1 + \varphi} = \frac{14,55 \cdot 10^{-3}}{1 + 0,65306} = 8,8 \text{ мм.}$$

$$K_d = \varphi(\xi) = 0,96 \quad (\xi = 9255 \text{ үшін}).$$

$$q_r = \frac{\pi b_1^2}{8} + \frac{b_1 + b_r}{2} \left( h_r - \frac{b_1}{2} \right) = \frac{\pi \cdot 9,1^2}{8} + \frac{9,1 + 7,62}{2} \left( 8,8 - \frac{9,1}{2} \right) = 68,05 \text{ мм}^2;$$

$$b_r = b_1 - \frac{b_1 + b_2}{2} \left( h_r - \frac{b_1}{2} \right) = 9,1 - \frac{9,1 + 6,8}{2} \left( 8,8 - \frac{9,1}{2} \right) = 7,62 \text{ мм}^2;$$

$$K_r = \frac{q_c}{q_r} = \frac{103,15}{638,05} = 1,516$$

$$K_R = 1 + \frac{r'_c}{q_r} (K_r - 1) = 1 + \frac{82,95}{92,14} (1,516 - 1) = 1,4645.$$

$$\text{Мұндағы } r_2 = 92,14 \cdot 10^{-6} \text{ Ом; } r_c = 82,95 \cdot 10^{-6} \text{ Ом;}$$

Ток ығыстыру әсерінің әсерін ескерсек, ротордың келтірілген кедергісі:

$$\frac{r}{2\xi} = K_R \cdot \frac{r}{2} = 1,465 \cdot 1,294 = 1,896 \text{ Ом.}$$

Ток ығыстыру әсерінің әсерін есепке алған кездегі ротор орамасының индуктивті кедергісі:

$$K_x = \frac{\lambda_{n2}\xi + \lambda_{л2} + \lambda_{д2}}{\lambda_{n2} + \lambda_{л2} + \lambda_{д2}} = \frac{1,208 + 0,358 + 2,6}{1,238 + 0,358 + 2,6} = 0,9924. \quad (1.93)$$

$$\lambda_{n2}\xi = \lambda_{n2} - \Delta\lambda_{n2}\xi = 1,238 - 0,0295 = 1,2085$$

$$\begin{aligned} \Delta\lambda_{n2}\xi &= \lambda_{n2}(1 - K_D) = \frac{h_0}{3b_1} \left(1 - \frac{\pi b_1^2}{8q_c} + 0,66 - \frac{h_{ш2}}{2b_1}(1 - K_D)\right) \\ &= \frac{9,32}{3 \cdot 9,1} \left(1 - \frac{\pi \cdot 9,1^2}{8 \cdot 103,15} + 0,66 - \frac{1,5}{2 \cdot 9,1}(1 - 0,96)\right) = 0,0295 \\ \frac{X}{2\xi} &= \frac{X}{2} \cdot K_x = 4,85 \cdot 0,9924 = 4,813. \end{aligned}$$

$$C_{1n} = 1 + \frac{x_1}{X_{12n}} = 1 + \frac{3,18}{58,27} = 1,0546.$$

$$X_{12} = \frac{U_{1НОМ}}{I_\mu} - x_1 = \frac{220}{4,157} - 3,18 = 49,743;$$

$$X_{12n} = X_{12} \frac{F_y}{F_v} = K_\mu \cdot X_{12} = 1,1714 \cdot 49,743 = 58,27 \text{ Ом};$$

$$S_{кр} = \frac{r'_2}{\frac{X_1}{C_{1n}} + X'_2} = \frac{1294}{\frac{3,18}{1,054} + 4,846} = 16,46.$$

Ығыстыру әсерінің әсерін ескере отырып, токтарды есептеу.

$$R_n = r_1 + C_{1n} \cdot \frac{r}{S} = 2,088 + 1,0546 \cdot 1,294/1 = 2,903.$$

$$X_n = x_1 + C_{1n} \cdot \frac{x}{2\xi} = 3,18 + 1,0546 \cdot 4,813 = 8,256.$$

$$I_{2n} = \frac{U_1}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}} = \frac{220}{\sqrt{2,903^2 + 8,256^2}} = 25,14$$

$$\begin{aligned} I_{1n} &= I_{2n} \frac{\sqrt{R_n^2 + (X_n + X_{12n})^2}}{C_{1n} \cdot X_{12n}} = 25,14 \frac{\sqrt{2,903^2 + (8,256 + 58,27)^2}}{1,0546 \cdot 58,27} \\ &= 27,242. \end{aligned}$$

S= 1 үшін нақты есептеулер жүргізілді. 1.5 кестеден басқа да мәндер үшін есептеулер енгізілген.

1.5 кесте – Есептеу нәтижелері

№	Есептік формула	Өлшемі	Сырғанау S					
			1	0,8	0,5	0,2	0,1	S <sub>НОМ</sub> = 0,164 6
1	$\xi = 63.61h_c\sqrt{S}$		0,925 5	0,828	0,654 4	0,414	0,292 7	0,375 5
2	$\varphi(\xi)$		0,653 1	0,418 3	0,163 2	0,026 1	0,006 5	0,017 7
3	$h_r = \frac{h_c}{1+\varphi}$	мм	8,8	10,26	12,51	14,18	14,46	14,3
4	$K_r = qc / qr$		1,516	1,31	1,1	1	1	1
5	$K_R = 1 + \frac{r'_c}{q_r} (K_r - 1)$		1,465	1,28	1,09	1	1	1
6	$\frac{r}{2\xi} = K_R \cdot \frac{r}{2}$	Ом	1,896	1,656	1,41	1,294	1,294	1,294
7	$K_D = \varphi(\xi)$		0,96	0,965	0,97	0,98	0,99	0,985
8	$\lambda_{n2}\xi = \lambda_{n2} - \Delta\lambda_{n2}\xi$		1,21	1,212	1,215 5	1,223	1,230 2	1,226 5
9	$K_x = \Sigma\lambda_2\xi / \Sigma\lambda_2$		0,992 4	0,993 6	0,994 4	0,996 3	0,998 1	0,997 2
10	$\frac{X}{2\xi} = \frac{X}{2} \cdot K_x$	Ом	4,813	4,819	4,823	4,832	4,841	4,836
11	$R_n = r_1 + C_{1n} \cdot \frac{r}{2\xi}$	Ом	2,903	3,8	4,82	8,9	15,7	10,21
12	$X_n = x_1 + C_{1n} \cdot \frac{x}{2\xi}$	Ом	8,256	8,077	8,08	8,091	8,1	8,095
13	$I_{2n} = \frac{U_1}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$	А	25,14	24,64 6	23,38	18,3	12,45 3	16,9
14	$I_{1n} = I_{2n} \frac{\sqrt{R_n^2 + (X_n + c_{1n} \cdot X_{12n})^2}}{c_{1n} \cdot X_{12n}}$	А	27,24 2	26,65 3	25,31	19,94	13,82 1	18,46 6

**1.15 2р = 4 үшін шашырау өрісінен тоқты ығыстыру және қанығу әсерін есепке ала отырып, іске қосу сипаттамаларын есептеу**

Орамалардың индуктивті кедергісі.

$K_{қан} = 1,05$  қабылдаймыз.

$$F_{\text{бip op}} = \frac{0,7I_1 \cdot K_{\text{қан}} \cdot U}{2} (K'_\beta + K_y \frac{Z_1}{Z_2}) = 0,7 \cdot \frac{27,242 \cdot 1,05 \cdot 22}{2} (1 + 1 \cdot \frac{24}{18})$$

$$= 1027,841 \text{ A.}$$

$$C_n = 0,64 + 2,5 \sqrt{\frac{\delta}{t_{Z1} + t_{Z2}}} = 0,64 + 2,5 \sqrt{\frac{0,5}{14,2 + 18,74}} = 0,948.$$

$$B_{\Phi\delta} = \frac{F_{\text{бip}} \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot \delta \cdot C_n} = \frac{1027,841 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,948} = 1,355 \text{ Тл.}$$

$B_{\Phi\delta} = 1,355 \text{ Тл}$  үшін  $K_\delta = 0,95$  тең.

Қанығу әсерін есепке ала отырып статор орамасының пазалық шашырауының магнит өткізгіштігінің коэффициенті:

$$C_{\text{э1}} = (t_{Z1} + b_{\text{ш1}})(1 - K_\delta) = (14,2 + 3,5)(1 - 0,95) = 0,535 \text{ мм.}$$

$$\Delta\lambda_{n1\text{қан}} = \frac{h_{\text{ш1}} + 0,58 \cdot h_k}{b_{\text{ш1}}} \cdot \frac{C_{\text{э1}}}{C_{\text{э1}} + 1,5 \cdot b_{\text{ш1}}} = \frac{0,5 + 0,58 \cdot 2,8}{3,5} \cdot \frac{3,638}{0,535 + 1,5 \cdot 3,5}$$

$$= 0,08255;$$

мұндағы

$$h_k = \frac{b_1 - b_{\text{ш1}}}{2} = \frac{9,1 + 3,5}{2} = 2,8 \text{ мм.}$$

$$\lambda_{n1\text{қан}} = \lambda_{n1} - \Delta\lambda_{n1\text{қан}} = 1,121 - 0,08255 = 1,038455.$$

Қанығу әсерін есепке ала отырып, статор орамасының дифференциалды шашырауының магниттік өткізгіштігінің коэффициенті:

$$\Delta\lambda_{d1\text{қан}} = \Delta\lambda_{d1} \cdot K_\delta = 4,57 \cdot 0,95 = 4,3415. \quad (1.94)$$

Қанығу әсерін есепке ала отырып, статор орамасының индуктивті кедергісі:

$$X_{1\text{қан}} = X_1 \frac{\sum\lambda_{1\text{қан}}}{\sum\lambda_1} = X_1 \frac{\lambda_{n1\text{қан}} + \lambda_{d1\text{қан}} + \lambda_{л2}}{\lambda_{n1} + \lambda_{d1} + \lambda_{л1}}$$

$$= 3,18 \frac{1,038455 + 4,3415 + 0,2337}{1,121 + 4,57 + 0,2337} = 3,013051.$$

Токтың қанығуы мен ығыстырылуының әсерін есепке ала отырып, ротор орамасының пазалық шашырауының магниттік өткізгіштігінің коэффициенті:

$$\Delta\lambda_{n2\text{қан}} = \frac{h_{\text{ш2}}}{b_{\text{ш1}}} \cdot \frac{C_{\text{э2}}}{C_{\text{э2}} + b_{\text{ш2}}} = \frac{7,5}{1,5} \cdot \frac{0,862}{0,862 + 1,5} = 0,1825; \quad (1.95)$$

$$C_{\text{э2}} = (t_{z2} + b_{\text{ш2}})(1 - K_{\delta}) = (18,44 - 1,5)(1 - 0,95) = 0,862 \text{ мм.}$$

$$\Delta\lambda_{n2\text{қан}}\xi = \lambda_{n2}\xi - \Delta\lambda_{n2\text{қан}} = 1,21 - 0,1825 = 1,02753.$$

Қанығу әсерін есепке ала отырып, ротордың дифференциалды шашырауының магниттік өткізгіштігінің коэффициенті:

$$\Delta\lambda_{\text{Д2қан}} = \Delta\lambda_{\text{Д2}} \cdot K_{\delta} = 2,6 \cdot 0,95 = 2,47.$$

Ток ығыстыру және қанығу әсерінің әсерін есепке алған кездегі ротор орамасының фазасының келтірілген индуктивті кедергісі:

$$\frac{X}{2\xi} = \frac{X \sum \lambda_{2\text{қан}}}{2 \sum \Delta\lambda_2} = \frac{X \lambda_{n2\text{қан}}\xi + \lambda_{\text{Дқан2}} + \lambda_{\text{Д2}}}{2 \lambda_{n2} + \lambda_{\text{Д2}} + \lambda_{\text{Л2}}} = 4,846 \frac{1,02753 + 2,47 + 0,0358}{1,2376 + 2,6 + 0,0358} = 4,42054$$

$$C_{1n\text{қан}} = 1 + \frac{X_{1\text{қан}}}{X_{12n}} = 1 + \frac{3,012051}{58,27} = 1,05171.$$

Мұндағы  $X_{12} = 58,27$ .

Ток пен моменттің есебі.

$$R_{n\text{қан}} = r_1 + C_{1n\text{қан}} \frac{r_2'\xi}{S}.$$

$$R_{n\text{қан}} = 2,088 + 1,05171 \frac{1,896}{1} = 4,082 \text{ Ом.}$$

$$X_{n\text{қан}} = X_{1\text{қан}} + C_{1n\text{қан}} + \frac{X}{2\xi} = 3,012051 + 1,05171 \cdot 4,42 = 7,662 \text{ Ом.}$$

$$I_{2\text{қан}} = \frac{U_{1\text{ном}}}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}} = \frac{220}{\sqrt{4,082^2 + 7,762^2}} = 25,341 \text{ А.}$$

$$I_{1n\text{қан}} = I_{2\text{қан}} \frac{\sqrt{R_n^2 + (X_n + X_{12n})^2}}{c_{1n} \cdot X_{12n}} = 25,341 \frac{\sqrt{4,082^2 + (7,762 + 58,27)^2}}{1,05171 \cdot 58,27} = 27,316 \text{ А.}$$

Токтың ығысу және қанығу әсерін есепке алған кездегі іске қосу тогының еселігі:

$$I_n^* = \frac{I_{1n\text{қан}}}{I_{1\text{ном}}} = \frac{27,316}{7,6073} = 3,6. \quad (1.96)$$



Токтың ығысуы мен қанығудың әсерін есепке алған кездегі іске қосу моментінің еселігі.

$$\mu_n^* = \left(\frac{I_{2n_{\text{қан}}'}}{I_{2\text{ном}}}\right) 2K_R \frac{S_{\text{ном}}}{S} = \left(\frac{117,754}{13,021}\right) 2 \cdot 1,361 \frac{0,0234}{1} = 2,605. \quad (1.97)$$

Есептеуде алынған қанығу коэффициенті:

$$K_{\text{қан}} = \frac{I_{1n_{\text{қан}}}}{I_{1n}} = \frac{119,32}{92,135} = 1,29.$$

Токтың ығысуы мен қанығудың әсерін есепке алған кездегі іске қосу моментінің еселігі.

$$\mu_n^* = \left(\frac{I_{2n_{\text{қан}}'}}{I_{2\text{ном}}}\right) 2K_R \frac{S_{\text{ном}}}{S} = \left(\frac{25,341}{5,6334}\right) 2 \cdot 1,465 \frac{0,038}{1} = 1,1265.$$

Есептеуде алынған қанығу коэффициенті:

$$K_{\text{қан}} = \frac{I_{1n_{\text{қан}}}}{I_{1n}} = \frac{27,316}{27,242} = 1,025.$$

Қабылданған мәннен  $K_{\text{қан}} = 1,05$  0,5%-ға айырмашылығы бар, бұл талаптарды қанағаттандырады.

Басқа да сипаттамалар нүктелерін есептеу үшін  $I_1$  тогына байланысты азайтылған  $K_{\text{қан}}$  қойылады.

$$S = 0,8; K_{\text{қан}} = 1,04;$$

$$S = 0,5; K_{\text{қан}} = 1,03;$$

$$S = 0,2; K_{\text{қан}} = 1,02;$$

$$S = 0,1; K_{\text{қан}} = 1,01;$$

$$S_{\text{кр}} = 0,1646; K_{\text{қан}} = 1,0165 \text{ мәндерінде қабылданды.}$$

Есептеулер 1.6 кестеге енгізілді.

1.6 кесте – Есептеу нәтижелері

№	Есептік формула	өлшем і	Сырғанау S					
			1	0,8	0,5	0,2	0,1	S <sub>кр</sub> = 0,1646
1	$K_{\text{қан}} =$	-	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,0165
2	$F_{\text{бір оп}} = \frac{0,7I_1 \cdot K_{\text{қан}} \cdot U}{2} (K_{\beta}' + K_y \frac{Z_1}{Z_2})$	А	1027,841	996,04	936,757	730,841	501,601	674,5
3	$B_{\Phi\delta} = \frac{F_{\text{бір}} \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot \delta \cdot C_n}$	ТЛ	1,355	1,313	1,235	0,9637	0,6614	0,8894
4	$k_{\delta} = f(B_{\delta})$	-	0,95	0,955	0,96	0,97	0,99	0,98
5	$C_{\varepsilon 1} = (t_{z1} + b_{ш1})(1 - K_{\delta})$	ММ	0,535	0,4815	0,428	0,321	0,107	0,214
6	$\lambda_{n1\text{қан}} = \lambda_{n1} - \Delta\lambda_{n1\text{қан}}$	-	1,038455	1,046	1,0537	1,06957	1,10317	1,086042
7	$\lambda_{Д1\text{қан}} = \lambda_{Д1} \cdot K_{\delta}$	-	4,3415	4,36435	4,3872	4,433	4,524	4,479
8	$X_{1\text{қан}} = X_1 \frac{\sum \lambda_{1\text{қан}}}{\sum \lambda_1}$	ОМ	1,05171	1,052	1,052705	1,05284	1,054	1,05341
9	$C_{1n\text{қан}} = 1 + \frac{X_{1\text{қан}}}{X_{12n}}$	-	3,01305	3,0294	3,0458	3,07881	3,146	3,1122
10	$C_{\varepsilon 2} = (t_{z2} + b_{ш2})(1 - K_{\delta})$	ММ	0,862	0,7758	0,6896	0,5172	0,1724	0,3448
11	$\lambda_{n2\text{қан}\xi} = \lambda_{n2\xi} - \Delta\lambda_{n2\text{қан}}$	-	1,0275	1,04155	1,05803	1,0948	1,17866	1,13305
12	$\Delta\lambda_{Д2\text{қан}} = \Delta\lambda_{Д2} \cdot K_{\delta}$	-	2,47	2,483	2,496	2,522	2,574	2,548

13	$\frac{X}{2\xi} = \frac{X \sum \lambda_{2\text{қан}}}{2 \sum \Delta \lambda_2}$	ОМ	4,4205	4,454 35	4,4912 3	4,569 8	4,7397	4,65014
14	$R_{n\text{қан}} = r_1 + C_{1n\text{қан}} \frac{r_2' \xi}{S}$	ОМ	4,082	4,265 6	5,0566	8,899 86	15,726 8	10,37
15	$X_{n\text{қан}} = X_{1\text{қан}} + C_{1n\text{қан}} + \frac{X}{2\xi}$	ОМ	7,66218	7,715 35	7,774	7,89	8,1418	8,0107
16	$I_{2\text{қан}} = \frac{U_{1\text{НОМ}}}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$	А	25,741	24,95 46	23,722 6	18,49 7	12,423	16,79
17	$I_{1n\text{қан}} = I_{2\text{қан}} \frac{\sqrt{R_n^2 + (X_n + X_{12n})^2}}{c_{1n} \cdot X_{12n}}$	А	27,316	26,91 8	25,616	20,25 2	13,96	18,77
18	$K_{\text{қан}} = \frac{I_{1n\text{қан}}}{I_{1n}}$	-	1,025	1,021	1,02	1,018 7	1,0153	1,016463
19	$I_n^* = \frac{I_{1n\text{қан}}}{I_{1\text{НОМ}}}$	-	3,6	3,54	3,37	2,66	1,835	2,47
20	$\mu_n^* = \left( \frac{I_{2n\text{қан}}'}{I_{2\text{НОМ}}} \right) 2K_R \frac{S_{\text{НОМ}}}{S}$		1,1265	1,193	1,47	2,048 45	1,85	2,05

## 2 ЖЫЛУЛЫҚ ЕСЕПТЕУ

Өзекшенің ішкі беті температурасының қозғалтқыш ішіндегі ауа температурасынан жоғары болуы:

$$\Delta v_{\text{іш.б.1}} = K \frac{P_{\text{эл1}} + P_{\text{нег.бол.}}}{\pi \cdot D \cdot l_1 \cdot \alpha_1} = 0,22 \frac{198,3 + 234,43}{\pi \cdot 0,1084 \cdot 0,1754 \cdot 169} = 9,430^\circ\text{C}. \quad (2.1)$$

$$K = 0,22;$$

$$P_{\text{эл1}} = K_p \cdot P_{\text{эл1}} \cdot \frac{2l_{a1}}{l_{op1}} = 1,07 \cdot 351,5 \cdot \frac{2 \cdot 0,1573}{0,6654} = 198,3 \text{ Вт}.$$

1.1 кесте бойынша  $S = S_{\text{ном}}$  үшін  $P_{\text{эл1}} = 0,3515 \text{ кВт}$ ,  $\alpha_1 = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ ;  $K_p = 1,07$  (F класс бойынша).

Статор орамасының пазалық бөлігіндегі оқшаулама температурасының түсуі:

$$\Delta v_{\text{оқш.п.1}} = K \frac{P'_{\text{эл1}}}{Z_1 \cdot \Pi_{n1} \cdot l_1} \left( \frac{b_{\text{оқш.п1}}}{\lambda_{\text{эКВ}}} + \frac{b_1 + b_2}{\lambda'_{\text{эКВ}}} \right) = \frac{198,3}{24 \cdot 0,04797 \cdot 0,1754} \left( \frac{0,3}{0,16} + \frac{9,1 + 12,55}{16 \cdot 13} \right) \cdot 10^{-3} = 2,860^\circ\text{C}. \quad (2.2)$$

$$\Pi_{n1} = 2h_{nk} + b_1 + b_2 = 2 \cdot 13,16 + 9,1 + 12,55 = 47,97 \text{ мм}.$$

$\lambda_{\text{эКВ}} = \frac{0,16 \text{ Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$  - F сыныпты қызуұстайтын оқшауламалар үшін;  $\frac{d}{d_{\text{оқш}}} = \frac{1,32}{1,405} = 0,9395$  үшін  $\lambda_{\text{эКВ}}$  табамыз.

$$\lambda_{\text{эКВ}} = 1,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Алдыңғы бөліктерінің оқшаулау қалыңдығы бойынша температураның түсуі:

$$\Delta v_{\text{оқш.а.1}} = \frac{P'_{\text{эл1}}}{2Z_1 \cdot \Pi_{n1} \cdot l_1} \left( \frac{b_{\text{оқш.п1}}}{\lambda_{\text{эКВ}}} + \frac{h_{a1}}{12\lambda'_{\text{эКВ}}} \right) = \frac{177,82}{2 \cdot 24 \cdot 0,04797 \cdot 0,1753} \left( \frac{0}{0,16} + \frac{16,46}{12 \cdot 1,3} \right) \cdot 10^{-3} = 0,5180^\circ\text{C}. \quad (2.3)$$

$$P_{\text{эл1}} = K_p \cdot P_{\text{эл1}} \cdot \frac{2l_{a1}}{l_{op1}} = 1,07 \cdot 351,5 \cdot \frac{2 \cdot 0,1573}{0,6654} = 177,82 \text{ Вт}. \quad (2.4)$$

$$\Pi_{a1} = \Pi_{n1} = 0,04797 \text{ м}; b_{\text{оқш.а1max}} = 0.$$

Алдыңғы бөліктердің сыртқы беті температурасының қозғалтқыш ішіндегі ауа температурасынан жоғары болуы:

$$\Delta v_{a.б.1} = \frac{K \cdot P'_{Эп1}}{2\pi \cdot D \cdot l_1 \cdot \alpha_1} = \frac{0,22 \cdot 177,82}{2\pi \cdot 0,1084 \cdot 0,39747 \cdot 169} = 8,550^{\circ}C. \quad (2.5)$$

Статор орамасы температурасының қозғалтқыш ішіндегі ауа температурасынан орташа асуы:

$$\Delta v/1 = \frac{(\Delta v_{iш.б.1} + \Delta v_{oқш.п.1}) \cdot 2l_1 + (\Delta v_{oқш.а.1} + \Delta v_{a.б.1}) \cdot 2l_1}{l_{op1}} = \frac{(0,9,43 + 2,86) \cdot 2 \cdot 0,1754 + (0,518 + 8,55) \cdot 2 \cdot 0,1754}{0,6654} = 10,770^{\circ}C. \quad (2.6)$$

Қозғалтқыш ішіндегі ауа температурасының қоршаған орта температурасынан жоғары болуы:

$$\Delta v_{ауа} = \frac{\Sigma P'_{ауа}}{S_{кор} \cdot \alpha_{ауа}} = \frac{764,36}{0,6064 \cdot 23} = 54,80^{\circ}C. \quad (2.7)$$

$$\Sigma P'_{ауа} = \Sigma P' - (1 - K) (P'_{Эп1} + P_{нег.бол.}) - 0,9 P_{мех.}$$

$$= 1101,89 - (1 - 0,22)(198,3 + 234,43) = 764,36 \text{ Вт.}$$

1.1 кесте бойынша  $S = S_{ном}$  үшін  $\Sigma P = 1064,173$ ,  $S_{кр} = 0,6064 \text{ м}^2$ .

$$S_{кор} = (\pi D + 8P_p)(1 + 2l_{вшу})$$

$$= (\pi \cdot 0,197 - 8 \cdot 0,22)(0,1754 + 2 \cdot 0,0339747) = 0,6064 \text{ м}^2.$$

мұндағы  $h = 112 \text{ мм}$  үшін  $P_p = 0,22 \text{ м}$ .

$D_a = 0,197 \text{ м}$  үшін  $\alpha_{ауа} = 23 \frac{\text{В}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C}$  тең.

1.1 кесте бойынша  $S = S_{ном}$  үшін  $P_{эл2} = 187,3 \text{ Вт}$ .

$$\Sigma P' = \Sigma P - (K_p - 1)(P_{эл1} + P_{эл1}) = 1064,173 - (1,07 - 1)(351,5 + 187,3) = 1101,89 \text{ Вт.} \quad (2.8)$$

Статор орамасы температурасының қоршаған орта температурасынан орташа артуы:

$$\Delta v_1 = \frac{\Delta v}{1} + \Delta v_{ауа} = 10,77 + 54,8 = 65,57^{\circ}C. \quad (2.9)$$

Қозғалтқыштың салқындату шарттарын тексеру.

Салқындату үшін талап етілетін ауа шығыны:

$$Q_{ауа} = \frac{K_m \cdot \Sigma P'_{ауа}}{1100 \cdot \Delta v_{ауа}} = \frac{6,32 \cdot 764,36}{1100 \cdot 54,8} = 0,0801 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \quad (2.10)$$

$$K_M = m \sqrt{\frac{n}{100} \cdot D_a} = 2,6 \sqrt{\frac{3000}{100} \cdot 0,1973} = 6,32.$$

Сыртқы желдеткішпен қамтамасыз етілетін ауа шығыны:

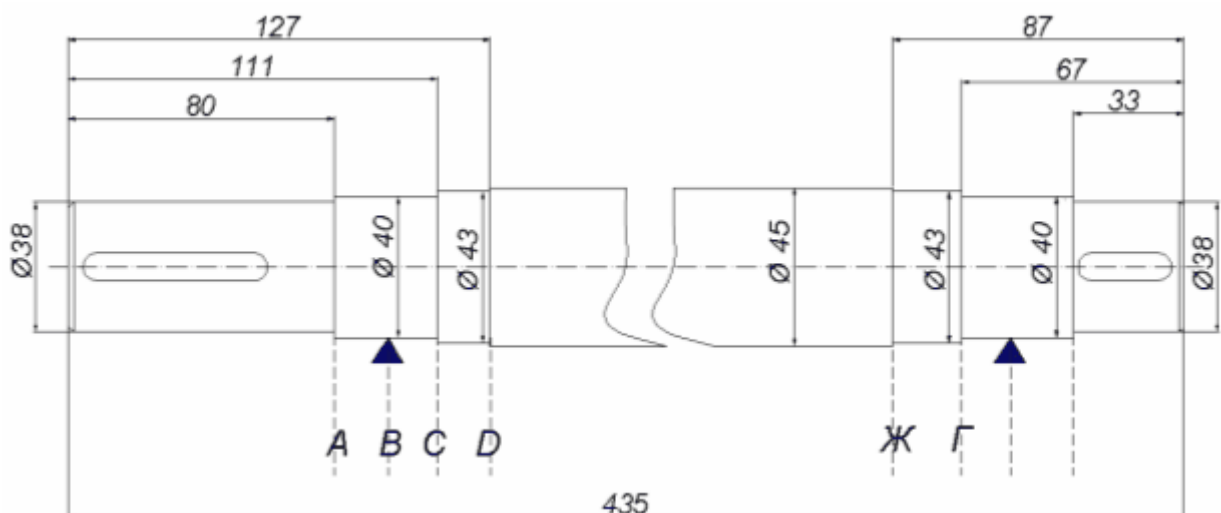
$$Q_{\text{жел}} = 0,6 \cdot D_a \frac{n}{100} = 0,6 \cdot 0,1973 \frac{3000}{100} = 0,1376 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \quad (2.11)$$

Қозғалтқыш бөліктерінің қызуы рұқсат етілген шектерде болады. Желдеткіш қажетті ауа шығынын қамтамасыз етеді.

Қорыта келгенде, жобаланған қозғалтқыш техникалық тапсырмада қойылған талаптарға жауап береді. Ескертетін жайт, жоғарыда келтірілген есептер тек үлкен айналу жиілігі үшін ғана келтірілген.

### 3. Біліктің механикалық есебі

Жобаланатын асинхронды қозғалтқыштың механикалық жағынан ең көп жүк түсетін элементі білік болып табылады. Төменде §8.3 [1] баяндалған әдістеме бойынша жүргізілген біліктің беріктігі мен қаттылығына механикалық есептеу нәтижелері берілген. Суретте қарастырылған біліктің эскизі көрсетілген. Эскиз толық 8.14 суретке [1] ұқсас. Біліктің геометриялық өлшемдері миллиметрде келтірілген. 8.16 /1/ формуласымен кіретін білік бөліктерінің параметрлерін есептеу 8.3 [1] кесте бойынша орындалған және 3.1.кестеде келтірілген.



3.1 сурет - Ротордың ауырлық күші қысымымен магнит өткізгіштің ортасында біліктің иілуі

Ротордың ауырлық күші қысымымен магнит өткізгіштің ортасында біліктің иілуі:

$$f_G = \frac{G_p}{3E \cdot l^2} (S_b \cdot a_2 + S_a \cdot b_2) = \frac{129}{3 \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 38,8^2 \cdot 10^{-4}} \cdot (468,414 \cdot 10^2 \cdot 182 \cdot 10^{-4} + 327,408 \cdot 10^2 \cdot 20,62 \cdot 10^{-4}) = 413 \cdot 10^{-8} \text{ м.} \quad (3.1)$$

$S_b = 468,414 \cdot 10^2 \text{ м}$  және  $S_a = 327,408 \cdot 10^2 \text{ м}$  3.1 кестеден алынды.

$$G_p = 9,81 \cdot 13,15 = 129 \text{ Н}; m_p = 6500 D_2^2 \cdot l^2 = 6500 (107,4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 175,4 \cdot 10^{-3} = 1,15 \text{ кг.} \quad (3.2)$$

Ротордың магнитөткізгіштігі ортасында біліктің муфтаның көлденең күшінен иілуі:

$$f_n = \frac{F_n \cdot C}{3E \cdot l^2} \left( \frac{3}{2} l S_0 - S_b \cdot a S_{ab} \right) = \frac{170,536 \cdot 14,4 \cdot 10^{-2}}{3 \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 38,8^2 \cdot 10^{-4}} \cdot \left( \frac{3}{2} 38,8 \cdot 10^{-2} \cdot 25,4 \cdot 10^{-4} - 468,414 \cdot 10^2 \right) \cdot 18,4 \cdot 10^2 + 327,408 \cdot 10^2 \cdot 20,6 \cdot 10^{-2} = 668,5 \cdot 10^{-8} \text{ м.} \quad (3.3)$$

$$F_n = \frac{K_n \cdot M_{\text{КОМ}}}{R} = 0,3 \cdot \frac{23,875}{0,5} \cdot 84 \cdot 10^{-3} = 170,536 \text{ Н.}$$

$D_M = 84 \text{ мм}$  - муфтаның саусақтарының ортасы бойынша диаметрі;  
 $M_{\text{КОМ}} = 9550$ ;

$$M_{\text{КОМ}} = 9550 P_{\text{НОМ}} / n_{\text{НОМ}} = 9550 \frac{7500}{3000} = 23,875 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Ротордың бастапқы ығысуы:

$$e_0 = 0,1 \cdot \delta + f_{c1} + f_n = 0,1 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} + 413 \cdot 10^8 + 668,5 \cdot 10^8 = 0,0060815 \cdot 10^{-2} \text{ м.} \quad (3.4)$$

Біржақты магнитті тартудың бастапқы күші:

$$T_0 = 2694 \cdot D_2 \cdot l^2 \cdot \frac{l_0}{\delta} \cdot 105 = 2,94 \cdot 107,4 \cdot 10^{-3} \cdot 175,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,0060815 \cdot 10^{-2}}{0,5 \cdot 10^{-3}} \cdot 105 = 673,631 \text{ Н.} \quad (3.4)$$

Мұндағы  $D_2$  – ротор диаметрі;

$l^2$  – радиал арналар болмаған кездегі ротордың ұзындығы.

$$f_T = f_a \cdot \frac{T_0}{G_p} = 413 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{673,631}{129} = 0,00215666 \cdot 10^{-2} \text{ м.} \quad (3.5)$$

Бір жақты магнитті тартылудан біліктің орныққан иілуі:

$$f_M = \frac{f_T}{1-m} = \frac{0,00215666 \cdot 10^{-2}}{1-0,35462633} = 0,00334172 \cdot 10^{-2} \text{ м.} \quad (3.6)$$

$$\text{мұндағы } m = \frac{f_T}{e_0} = 0,00215666 \cdot \frac{10^{-2}}{0,0060815} \cdot 10^{-2} = 0,35462633.$$

Ротордың магнитөткізгіштігінің ортасында кешенді иілуі.

$$f = f_M + f_a + f_n = 0,00334172 + 413 \cdot 10^{-8} + 668,5 \cdot 10^{-8} = 4423,22 \cdot 10^{-8}.$$

Яғни 8,85 % құрайды. Рұқсат етілген.

Критикалық айналу жиілігі:

$$n_{\text{крит}} = 30 \sqrt{\frac{1-m}{f_a}} = 30 \sqrt{\frac{1-0,35462633}{413} \cdot 10^{-8}} = 11859,103. \quad (3.7)$$

$$11860 > n_{\text{ном}} = 1,3.$$

Беріктікке байланысты есепте артық жүктеме коэффициентін  $K = 2$ ,  $\alpha = 0,6$  аламыз. А қимасындағы біліктің бос ұшындағы кернеу:

$$M_{uA} = K \cdot F_n \cdot Z_i = 2 \cdot 170,536 \cdot 6,7 \cdot 10^{-2} = 22,685 \text{ Нм};$$

$$W_a = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot (2,8 \cdot 10^{-2})^3 = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

$$G_{\text{прА}} = \frac{\sqrt{M_{uA}^2 + (K\alpha + M_{\text{ном}})^2}}{W_a} = \frac{\sqrt{22,685^2 + (2 \cdot 0,6 \cdot 23,875)^2}}{2,2 \cdot 10^{-6}} = 166,616 \cdot 105 \text{ Па.} \quad (3.8)$$

Б қимасындағы кернеу:

$$M_{uA} = K \cdot F_n \cdot Z_i = 2 \cdot 170,536 \cdot 13,5 \cdot 10^{-2} = 46,072 \text{ Нм};$$

$$W_a = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^3 = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

$$G_{\text{прБ}} = \frac{\sqrt{M_{uB}^2 + (K\alpha + M_{\text{ном}})^2}}{W_B} = \frac{\sqrt{46,072^2 + (2 \cdot 0,6 \cdot 23,875)^2}}{2,7 \cdot 10^{-6}} = 200,94 \cdot 105 \text{ Па.} \quad (3.9)$$

Е қимасындағы кернеу:

$$M_{uE} = K \cdot F_n \cdot C \left(1 - \frac{y_i}{l}\right) + \left(C_p + T \frac{\alpha \cdot y_i}{l}\right) = 2 \cdot 170,536 \cdot 18 \cdot 10^{-2} \left(1 - \frac{4,2 \cdot 10^{-2}}{38,8 \cdot 10^{-2}}\right) + (129 + 1043,784) \frac{18,4 \cdot 10^{-2} \cdot 4,2 \cdot 10^{-2}}{38,8 \cdot 10^{-2}} = 78,14 \text{ Нм}; \quad (3.10)$$

Мұндағы



$$T = \frac{T_c}{1 - m} = \frac{673,631}{1 - 0,3546} = 1043,784 \text{Н.}$$

$$W_E = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot (3,7 \cdot 10^{-2})^3 = 5,0653 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

$$G_{\text{прА}} = \frac{\sqrt{M_{uE}^2 + (K_\alpha + M_{\text{НОМ}})^2}}{W_E} = \frac{\sqrt{78,14^2 + (2 \cdot 0,6 \cdot 23,875)^2}}{5,0653 \cdot 10^{-6}} = 164,3075 \cdot 105 \text{Па.} \quad (3.11)$$

Д қимасындағы кернеу:

$$M_{uД} = 2 \cdot 170,536 \cdot 18 \cdot 10^{-2} \left( 1 - \frac{11,3 \cdot 10^{-2}}{38,8 \cdot 10^{-2}} \right) + (129 + 1043,784) \frac{18,4 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{38,8 \cdot 10^{-2}} = 60,198 \text{ Нм};$$

$$W_E = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot (4,1 \cdot 10^{-2})^3 = 6,8921 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

$$G_{\text{прД}} = \frac{\sqrt{60,198^2 + (2 \cdot 0,6 \cdot 23,875)^2}}{6,8921 \cdot 10^{-6}} = 96,731 \cdot 105 \text{Па.} \quad (3.12)$$

Г қимасындағы кернеу:

$$M_{uГ} = K \cdot F_n \cdot C + ((C_p + T)b) \frac{X_i}{l} \\ = 2 \cdot 170,536 \cdot 18 \cdot 10^{-2} + ((129 + 1043,784) \cdot 20,6 \cdot 10^{-2}) \frac{3 \cdot 10^{-2}}{38,8 \cdot 10^{-2}} = 23,427 \text{ Нм};$$

$$W_\Gamma = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot (4 \cdot 10^{-2})^3 = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

$$G_{\text{прГ}} = \frac{\sqrt{23,427^2 + (2 \cdot 0,6 \cdot 23,875)^2}}{6,4 \cdot 10^{-6}} = 57,836 \cdot 105 \text{Па.} \quad (3.13)$$

Ж қимасындағы кернеу:

$$M_{uЖ} = K \cdot F_n \cdot C + ((C_p + T)b) \frac{X_i}{l} \\ = 2 \cdot 170,536 \cdot 18 \cdot 10^{-2} + ((129 + 1043,784) \cdot 20,6 \cdot 10^{-2}) \frac{9,2 \cdot 10^{-2}}{38,8 \cdot 10^{-2}} = 71,842 \text{ Нм};$$

$$W_\text{Ж} = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot (4,1 \cdot 10^{-2})^3 = 6,8921 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

$$G_{\text{прж}} = \frac{\sqrt{71,842^2 + (2 \cdot 0,6 \cdot 23,875)^2}}{6,8921 \cdot 10^{-6}} = 112,221 \cdot 105 \text{ Па.} \quad (3.14)$$

45 маркалы болат үшін ағымдылық шегі  $3600 \cdot 105$  Па тең. Салыстырмалы деректерден байқағанымыздай, ең көп жүк түсетін А қимасы болып табылады, ол үшін:

$$G_{\text{пр}} = 116,616 \cdot 105 \text{ Па} < 0,7 \cdot 3600 \cdot 105 \text{ Па.}$$

Осылайша, білік механикалық есептеулердің барлық талаптарын қанағаттандырады.

3.1 кесте – Білік бөліктерінің параметрлерінің есептеу нәтижелері

Бөлік №	$d_i, \text{м}$	$I_i, \text{м}^4$	$Y_i, \text{м}$	$Y_{3i}, \text{м}^3$	$Y_{3i} - Y_{3i-1}, \text{м}^3$	$\frac{Y_i^3 - Y_{i-1}^3}{I_i}, \text{м}^{-1}$	$Y_{2i}, \text{м}^2$	$Y_{2i} - Y_{2i-1}, \text{м}^2$	$\frac{Y_i^2 - Y_{i-1}^2}{I_i}, \text{м}^{-2}$	Сол жақ бөлігі
1	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$9,2 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$74,088 \cdot 10^{-6}$	$74 \cdot 10^{-6}$	$8,05 \cdot 10^2$	$17,6 \cdot 10^{-4}$	$17,6 \cdot 10^{-4}$	$1,92 \cdot 10^4$	
2	$4,1 \cdot 10^{-2}$	$14 \cdot 10^{-8}$	$11,3 \cdot 10^{-2}$	$1442,8 \cdot 10^{-6}$	$1368,81 \cdot 10^{-6}$	$97,77 \cdot 10^2$	$13,6 \cdot 10^{-4}$	$110,1 \cdot 10^{-4}$	$7,861 \cdot 10^4$	
3	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$20,1 \cdot 10^{-8}$	$20,6 \cdot 10^{-2}$	$8741,8 \cdot 10^{-6}$	$7298,9 \cdot 10^{-6}$	$362,6 \cdot 10^2$	$424,3 \cdot 10^{-4}$	$314,3 \cdot 10^{-4}$	$15,61 \cdot 10^4$	

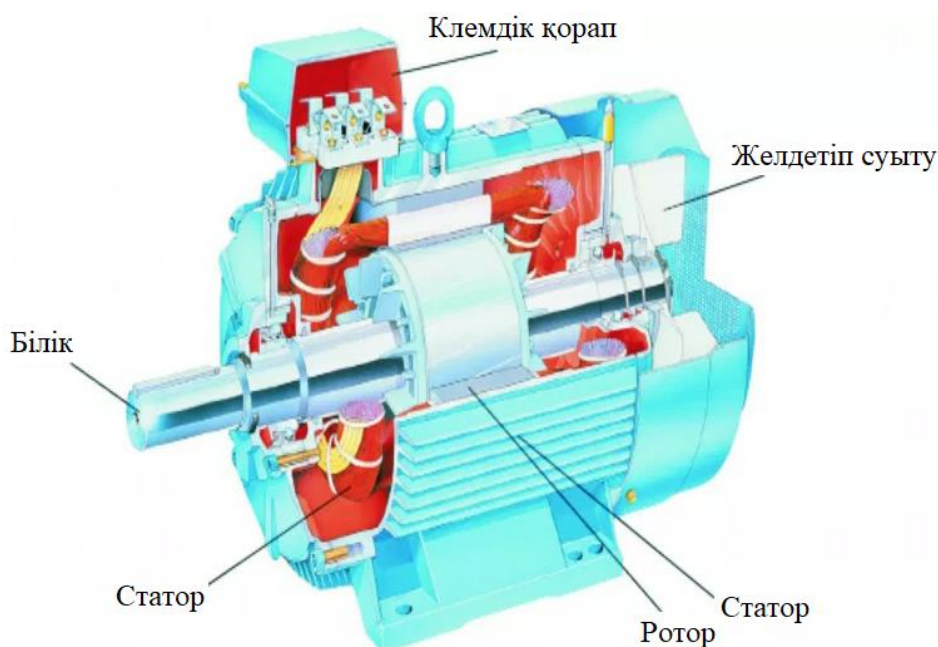
Бөлік №	$d_i, \text{м}$	$I_i, \text{м}^4$	$X_i, \text{м}$	$X_{3i}, \text{м}^3$	$X_{3i} - X_{3i-1}, \text{м}^3$	$\frac{X_i^3 - X_{i-1}^3}{I_i}, \text{м}^{-1}$	$S_b = \sum \frac{Y_i^3 - Y_{i-1}^3 - 1}{I_i} = 468,414$ $S_a = \sum \frac{X_i^3 - X_{i-1}^3 - 1}{I_i} = 327,408$ $S_0 = \sum \frac{Y_i^2 - Y_{i-1}^2 - 1}{I_i} = 25,4$	Оң жақ бөлігі
1	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$9,2 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$27 \cdot 10^{-6}$	$27 \cdot 10^{-6}$	$2,935 \cdot 10^2$		
2	$4,1 \cdot 10^{-2}$	$14 \cdot 10^{-8}$	$9,2 \cdot 10^{-2}$	$778,7 \cdot 10^{-6}$	$751,688 \cdot 10^{-6}$	$53,692 \cdot 10^2$		
3	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$20,1 \cdot 10^{-8}$	$18,4 \cdot 10^{-2}$	$6229,5 \cdot 10^{-6}$	$5450,816 \cdot 10^{-6}$	$270,781 \cdot 10^2$		

## 4 Өміртіршілік қауіпсіздігі

### 4.1 Жұмыс орындағы еңбек жағдайларына анализ жүргізу

Асинхронды қозғалтқыштар халық шаруашылығының барлық бағыттарында кең қолданыс тапты, соның ішінде электростанцияларында және басқада өндірістерде. Қазіргі кезде өндірісте және электростанцияларда синхрондық қозғалтқыштар және де одан да қуаттырақ асинхрондық қозғалтқыштар (2000 кВт және одан да көп) қолданысқа ене бастады, ал оларды қорғау үшін өте күрделі дифференциалдық тендеулер қолданылуда. Жауапкершілігі жағынан ерекше орын алып тұрған атомдық және үлкен жылулық электростанцияларда қолданылатын өзіндік қажетілігі бар электр қозғалтқыштық механизмдер. Өндірістерде тоқтамай жұмыс істеу мен өз қажеттілігімен жұмыс істеудегі ең маңыздысы электр қозғалтқыштардың өзін-өзі қосуы, бұл дегеніміз электр қозғалтқышты қоректендіруші кернеуінің желідегі мөлшері аз уақыт төмендегенде ол өшіп қалмайды және кернеу қалпына келгенде, бұрынғы айналу жиілігіне дейін жұмысын қалпына келтіреді.

Асинхронды қозғалтқышты қорғау оның өзін-өзі қосуын қамтамасыз етуі қажет, яғни ол кернеудің төмендеп және қайта қалпына келу барысында алдынала өшіп қалмауы қажет. Фазааралық ҚТ статор орамаларында үлкен ҚТ токтарымен бірге жүреді және электр қозғалтқыштың бұзылуына алып келеді. Сондықтан да электр қозғалтқыштың фазааралық зақымданудан релелік қорғаныс міндетті болып есептелінеді.



4.1 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың жалпы құрылысы

*Электр қозғалтқыштарды артық жүктеуден қорғау.*

Электр қозғалтқыштардың асқын жүктеуі қосу мен өзін-өзі қосудың тым созылып кетуінен де болады және келтірілген механизмдердің артық жүктелуінен де болады. Электр қозғалтқыштарға тек тұрақты артық жүктелулер ғана зиян. Электр қозғалтқыштардың тогының өсуі бір фазаның үзілгендегідей болады. Электр қозғалтқыштың параметрлеріне байланысты номиналь жүктеме кезінде статор тогының фаза үзілген кездегі өсуі (1,6-2,5) Іном дейін болады. Бұл артық жүктелу тұрақты сипатта болады. Сондай-ақ электр қозғалтқыштың механикалық зақымдалуы немесе оның айналдыратын механизмі мен механизмнің артық жүктелуінен туатын артық токтар да тұрақты сипатта болады. Артық токтардың ең қауіпті жері: олардың кейбір бөлшектердің және бірінші кезекте ораманың температурасын көтеруі. Температураның көтерілуі оқшауланған ораманың тозуын тездетеді және қозғалтқыштың қызмет көрсету мерзімін азайтады. Электр қозғалтқыштың артық жүктелуі асқын ток пен төзімділік уақытының сипаттамасына байланысты:

$$t = T(a-1)/(k-1), \quad (4.1)$$

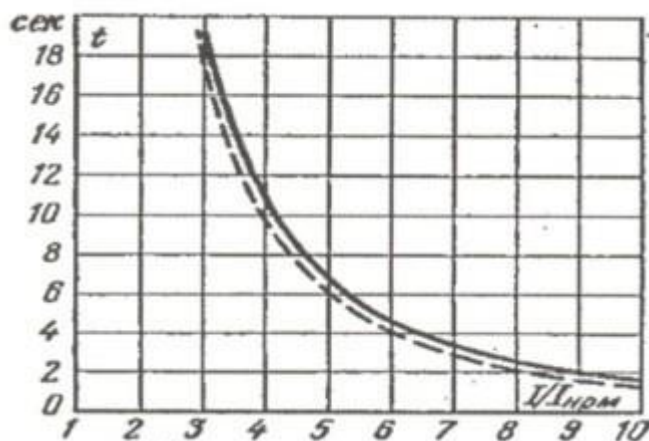
мұндағы  $t$  - артық жүктелудің мүмкіндік уақыты;

$T$  - қызудың тұрақты уақыты;

$a$  - электр қозғалтқыштың оқшаулау типіне қатысты коэффициент, периодтық және асқын токтың сипатына қарай (асинхронды электр қозғалтқыштарда орташа  $a = 1,3$ );

$k$  – асқын токтың еселенуі.

Асқын жүктеменің қызудың тұрақты уақытындағы сипаттамасы 4.2 суретте келтірілген.



4.2 сурет - Жүктеменің уақыт ұзақтығынан тәуелділік сипаттамасы

Фазааралық ҚТ-дан электр қозғалтқыштарды қорғау. Фаза аралық ҚТ-дан электр қозғалтқыштарды қорғау басты релелік қорғанысы болып, токкесер және дифференциал қорғаныстары ұсынылады, ал оны орнату барлық жағдайларда міндетті болып табылады. Қуаты 5000кВт-қа дейінгі электр қозғалтқыштардың релелік қорғанысы ретінде ҚТ-дан қорғаушы

болып ток кесер қорғанысы алынады, егер де оның сезімталдығы жеткіліксіз болса онда дифференциал қорғанысын орнатқан дұрыс деп есептеледі. Қуаты 3500-4000 кВт басталады, қозғалтқыштарға дифференциал қорғанысын қолданған тиімді болып саналады.

#### **4.2 Электр зарядтарының адамға әсері. Статикалық электрленуден қорғану шаралары**

Электростатикалық зарядтар, кейбір материалдардың, сұйық немесе қатты материалдардың беттерінде пайда болады, соның әсерінен электростатикалық өрісті жасайды. Электростатикалық зарядтар екі диэлектрлік материалдардың немесе диэлектрлік өткізгіштік материалдардың үйкелістен пайда болады, егер оның соңғысы жерге оқшауланған болса. Екі диэлектрлік материалды бөлген кезде, электр зарядтарының бөлінуі пайда болады. Өткізгіштік қабілеті үлкен диэлектрлік. Оң зарядталады, ал кішісі – теріс зарядталады.

Электрлік зарядтардың интенсивті пайда болуы, үйкелістің күшімен және жылдамдығымен анықталады. Күш пен жылдамдық көп болған сайын, электр зарядтары тез пайда бола бастайды. Мысалы, қатты материалдардың ұсақталуынан, үгітілуінен және транспортировкаларда пайда болады; диэлектрлік сұйықтықтарды цистерналармен тасымалдағанда, құйғанда (бензин, керосин, және т.б.).

Үйкелістен басқа статикалық зарядтардың пайда болуына электрлік индукция әсеріде тиеді, нәтижесінде жерден оқшауланған денелер, сыртқы электрлік өрісте электрлік зарядқа ие болады. Мысалы, жылы ауа-райында жерден оқшауланған металлдық заттарда, электр өрісінің әсерінен жоғарыкернеулі электржелілерінде және найзағайлық бұлттардан электрлік зарядтар пайда болады. Мониторлардың экрандарында электронды-шоғыр трубкасы арқылы оң зарядтар пайда болады. Оператор және дисплей арасындағы электростатикалық өрістің кернеулілігі, әдетте 5-15 кВ/м, ол нормадан аспауы керек, алайда теріс иондардың санын азайтады, экранды ластайды, сонымен қатар демалу органдарына және беттегі шаң бөлшектерін көбейтеді, терінің қышуына әкеліп соғады.

Электростатикалық өрістің адамға әсері, ол организм арқылы әлсіз тоқтың өтуімен байланысты. Ол кезде электрлік зақымдану болмайды.

Үлкен кернеулі электростатикалық өріс клеткалық дамуды тоқтатады, көз жанарының қарауытады. Электростатикалық өрістің әсері орталық нервтік жүйеге, жүрек – қан жолдарының жүйесіне, әсері өте жоғары. Адамдар бас ауруына, ұйқының бұзылуына және тәбеттің жоғалуына шағымдар жасап жатады.

Электростатикалық заряд кезіндегі ең көп қауіп, ұшқыннан өрт пайда болуы мүмкін. Кернеуі 3 кВ ұшқындық разряд булық және газуалық құрамдарды жандырады; 5 кВ – майлы шаңнан жанып кету қауіпі туындайды.

Мысалы, ауаалмастырғыштың көмегімен жұмыс зонасындағы диэлектрлік материалды шаңнан тазартқанда, газ шығаратын жерлерде электростатикалық зарядтар жиналады немесе шаң тозаң жиналады. Осындай кезде ұшқын пайда болатын болса өрт немесе жарылыс болуы мүмкін. Сонымен қатар, адам электростатикамен зақымдануы мүмкін. Оның нормалары төмендегі 4.1 кестеде көрсетілген.

4.1 кесте - Электростатикамен зақымдану әсерінің нормалары

Электр разряды, Кв	Электр разрядын сезіну нормалары
2,5-5,0	Разряд аздап сезіледі
5,0-7,0	Жеңіл зақым келеді
10,0	Ауыр зақым келеді
12,5-25,0	Жеңіл дененің тырысуы болады
35,0-40,0	Дене қатты тырысады

Егер тез жанып кететін сұйықтықтарды, құбырлармен өткізсе немесе цистернамен тасымалдаса оларда электростатикалық зарядтар жиналады, соның әсерінен ұшқын пайда болып, жанып кету қатеріне соқтырады.

Егер ЭСӨ 1 сағатта кез – келген берілген шектен шығатын болса оны келесі формуламен анықтаймыз:

$$E_{эсө} = \frac{60}{\sqrt{t}}, \quad (4.2)$$

мұндағы  $t$  – әсер ету уақыты, сағат.

Егерде ЭСӨ 20 кВ/м болатын болса өріс тарқалмайды.

Ал кернеулік диапазоны 20 дан 60 кВ/м болса, ЭСӨ бар жерде жұмысшы қорғау құралдарысыз жүре алмайды және келесідей формуламен анықталады :

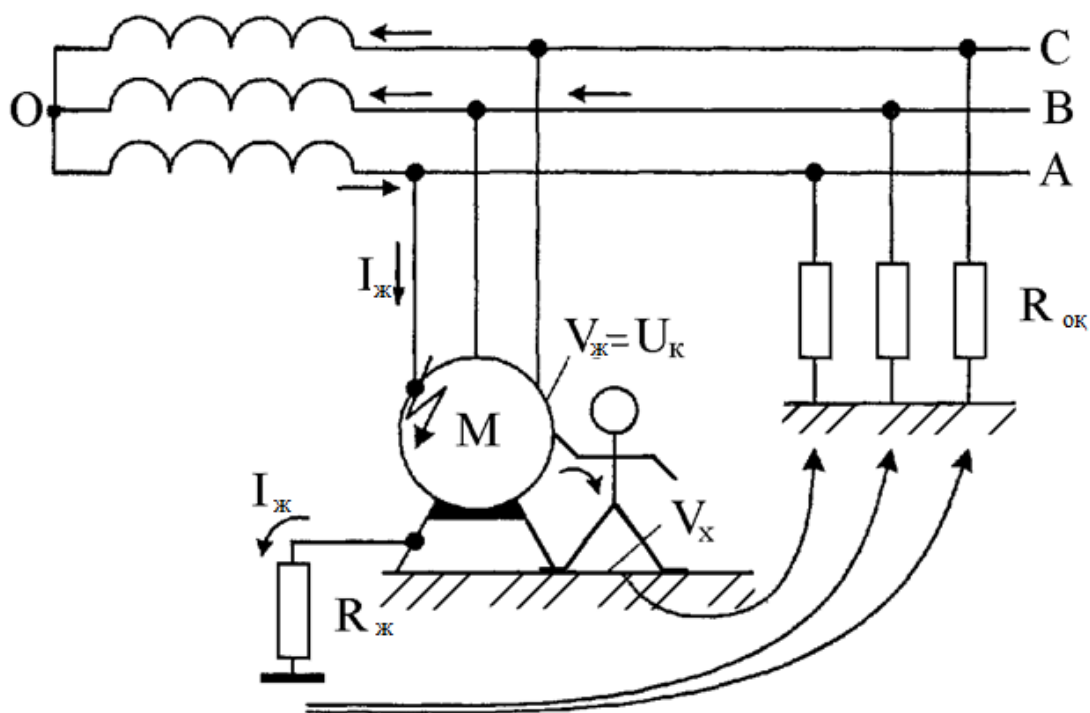
$$t_{қос} = \left( \frac{60}{E_{өлш}} \right)^2 = \left( \frac{60}{20} \right)^2 = 9 \text{ сағ.}, \quad (4.3)$$

мұндағы  $E_{өлш}$  – ЭСӨ кернеулігінің өлшенген мәні, кВ/м.

### 4.3 Асинхронды қозғалтқыш қондырғыны қорғаныстық жерге қосу

Электр тогының зақымдануынан қорғау үшін ЭЕ сәйкес қорғаныстық жерге тұйықтауды орнату қажет. Жерге тұйықтауға кернеу астында болуы мүмкін қондырғылар мен құрылғылардың барлық механикалық емес өткізгіш бөліктері, оның ішінде электр қозғалтқыштардың, трансформаторлардың, генераторлардың, электр аспабының корпусары, электр құрылғыларының металл қоршаулары жатады. Жерге тұйықтау деп электрқондырғының ток өткізбейтін бөліктерінің жерге тұйықтау құрылғысымен металл қосылысы деп аталады. Жерге тұйықтау құрылғысы жерге тұйықтау және жерге

тұйықтау өткізгіштерден тұрады. Жерге тұйықтағыш металл өткізгіш немесе топыраққа орналастырылған өткізгіштер тобы болып табылады, ал электр қондырғының жерге тұйықталатын бөліктерін бір немесе бір-бірімен қосылған жерге тұйықтағыштар тобымен қосатын сымдар жерге тұйықтағыш болып табылады. Қорғаныстық жерге тұйықтау құрылғысы кезіндегі жұмыс қауіпсіздігіне ол электр қондырғыларын жерге қосудың аз кедергісін жасайды, ал параллель жалғану кезінде адамның тізбекке қосылуы жерге тұйықтау болмайды. ТЭҚ72 тартқыш қозғалтқыштарды қорғаныстық жерге тұйықтау есебін қарастырайық. Қондырғының сипаттамасы. қозғалтқыштарды кептіруге арналған қондырғы тартқыш қозғалтқыштардың бөлшектерін локомотивпен оқшаулай отырып, ауамен қыздырылған ылғалды жоюға арналған. Электровозды депоға енгізу кезінде қозғалтқыштар қызған кезде немесе қозғалтқышты оқшаулау кедергісі төмендегенде, негізінен қысқы кезеңде қондырғы жұмыс істейді. Қондырғы калориферден, басқару шкафынан, тарту қозғалтқыштарын кептіру жүргізілетін жөндеу тіреулеріне ауа өткізгіштерден тұрады. 3000в контактілі сымға калориферді қосу арқылы орындалған, А типі 472.01.00; тұрақты ток. Калорифер мен шкаф екі аралас арықтар арасында орнатылады. Дәнекерленген конструкцияның калорифері 3 бөліктен тұрады: - оған орнатылған желдеткіш және электр қозғалтқышы бар төбелер; - жылыту элементтері орналасқан орта бөлік; - реттегіш жапқышы бар төменгі бөлігі. Ауаны желдеткішпен жылыту элементтері бар және ауыстырып қосқыш жапқыштары бар жәшіктер арқылы айдайды және локомотивтің тартқыш қозғалтқыштарына Ауа құбыры арқылы жіберіледі.



4.3 сурет - Асинхронды қозғалтқышты қорғаныстық жерге тұйықталуы



Қыздыру элементтерін қарау үшін калорифердің ортаңғы бөлігінде қақпақтар бар. Калорифердің ішінде ауа ағынының жылдамдығын бақылау үшін ағынды реле және электроконтактті термометр датчигі орнатылған (калориферден шығу кезінде жылытылған ауаны бақылау). Жұқа қабатты болаттан жасалған дәнекерленген конструкцияны Басқару шкафының алдында есік пен аспап панелі бар. Панельде вольтметр, амперметр пакеттік ажыратқыштар және ауыстырып қосқыш, сигналдық шамдар, басқару кнопоклары орналасқан. Шкафтың ішінде электрпневматикалық контакторлар, сақтандырғыштар, магнитті іске қосқыштар, рубильник, уақыт релесі, аралық реле, ток және кернеу трансформаторлары, селен түзеткіш, соңғы ажыратқыш монтаждalған. Ауа ағынының бірқалыпты қысымы келтеқұбырлардан шығуда ауа өткізгіштің тармақталуында орнатылған арнайы жапқыштарды реттейді. 3000в байланыс сымынан калориферлік қондырғыға кернеу МР дінгекті айырғыш, ПК1 және ПК2 жоғары вольтты сақтандырғыштар, КВЦ контакторы және МК1-МК4 топтық контакторлар арқылы беріледі. Токтың үлкен шамасының салдарынан сақтандырғыштар мен контакторлар екі параллель қосылған. РЛНД1а-35/600 типті мачталық айырғыш ПРН-220м типті Қол жетегі бар байланыс желісінің тірегінде депо сыртында орнатылады.

#### 4.4 Өрт қауіпсіздігі

##### *Автоматты өртті сөндіру жүйесін жобалау*

Өрт деп – адамның өмірі мен денсаулығына, қоғам мен мемлекетке зиян тигізетін, қоршаған ортаға үлкен зақым келтіретін, қоршаған ортадағы заттардан өрт шығуы

Өрт салдары зақымдаушы факторларының әрекеттеріне байланысты болады. Оларға:

- жанғыш заттардың отқа тікелей әсері;
- сәулелердің есебінен жоғары температуралы заттар мен объектілерге қашықтықтық әсері;
- жану зонасында иісті газбен улану;
- жану кезіндегі токсинді өнімдерден улану;
- құрылыстардың конструктивті бөліктерінің бұзылып құлауынан адамдардың жарақат алуы немесе қаза болуы.

Өрттің алдын алу шаралары

- құрылыстық-жобалау;
- техникалық;
- ұйымдастырушылық;

Құрылыстық жобалау шаралары, ғимараттар мен құрылыстардың отқа төзімділігі анықталады (конструкция материалдары жанғыш, қиын жанатын, жанбайтын болып бөлінеді). Отқа төзімділіктің шегі дегеніміз – бұл өрттің әсерінен құрылыс\_конструкциялардың бірінші сызаты пайда болғанға дейінгі төзетін уақыт интервалы болып табылады. Барлық құрылыс

конструкциялары өртке төзімділік шегі бойынша 8 деңгейге бөлінеді. Ғимараттардың отқа төзімділік деңгейіне байланысты өрт кезінде эвакуациялау үшін шығатын жерлерге дейінгі қашықтықтар белгіленеді.

Техникалық шаралары:

- өмірге қажетті жүйелерді (жылу, жарықтандыру, вентиляция т.б.) орнатқан кездерде өрт қауіпсіздігі нормаларын сақтау;

- құрал-жабдықтар жұмысының тәртібі мен технологиялық процестер параметрлерін сақтау;

- әртүрлі қорғану жүйелерін пайдалану.

Ұйымдастырушылық шаралар - құрамына өрт қауіпсіздігі бойынша оқу жатығуларды өткізу, өрт қауіпсіздік шараларының сақталуын тексеру жатады.

Автоматты түрде өртті сөндіру жүйесін есептегенде, ең алдымен, автоматты өртті сөндіру құрылғыларын орналастыру мен су жүретін құбыр торабының орналастыруын СН-75-76 « Автоматты өрт сөндіру құрылғыларын жобалаудағы талаптарға» сәйкес болуы қажет.

4.2 кесте - Ғимаратты жылжымалы өрт сөндіргіштермен жабдықтау нормалары

Ғимарат категориясы	Қажетті қорғалатын аудан м <sup>2</sup>	А өрт класы	Өрт, көбік, өрт сөндіргіш сыйымдылығы, л	Хладонды өрт сөндіргіш, л
			10	2(3)
А, Б, В жанғыш сұйық және газ	200	А	2 ++	—
		В	4 +	4 +
		С	—	4 +
		Д	—	—
		(Е)	—	—
В	400	А	А	2 ++
		Д	Д	—
		(Е)	(Е)	—
Г	800	В	В	—
		С	С	—
Г,Д	1800	А	—	—
		Д	—	2 +
		(Е)	—	2 +
Орталық ғимарат	800	А	4 ++	—
		(Е)	—	4 +

*Ескертулер:* 1. Әр түрлі кластағы өрттерді сөндіру үшін ұнтақты өрт сөндіргіштер тиісті зарядтарға ие болуы тиіс: А сыныбы үшін — АВС(Е) ұнтағы; В, С және (Е) сыныптары үшін — ВС(Е) немесе АВС(Е) және D сыныбы үшін — D. 2. Ұнтақты өрт сөндіргіштер мен көмірқышқыл өрт сөндіргіштері үшін қос таңба келтірілген: корпустың сыйымдылығы

бойынша ескі таңба, өрт сөндіргіш құрамның салмағы бойынша л/ жаңа таңба, кг. ғимараттардың ұнтақты және көмірқышқыл өрт сөндіргіштермен жарактандырғанда ескі және жаңа таңбасы бар өрт сөндіргіштерді пайдалануға рұқсат етіледі. 3. "++" Белгісімен объектілерді жарактандыруға ұсынылатын өрт сөндіргіштер, " + " белгісімен — қолдануға ұсынылған және тиісті негіздеме болмаған кезде рұқсат етілетін өрт сөндіргіштер," - " белгісімен — осы объектілерді жарактандыруға жіберілмейтін өрт сөндіргіштер белгіленген. 4. Көлемі 50 м<sup>3</sup> аспайтын тұйық ғимараттарда тасымалданатын өрт сөндіргіштердің орнына өртті сөндіру үшін немесе оларға қосымша өздігінен өндірілетін ұнтақты өрт сөндіргіштер пайдаланылуы мүмкін.

#### 4.5 Электр қозғалтқыштың шу деңгейін бағалау және есептеу

Шу деп адамға жаман әсер тигізетін қатты дыбыс толқыны. Негізі шу ол әр түрлі жиіліктегі және интенсивтілігінің қосындысы түрінде болады. Дыбыстық шу толқын қысымымен  $p$  (Па), жылдамдықпен  $v$  (м/с), интенсивтілігімен  $I$  (Вт/м<sup>2</sup>) және жиілікпен  $f$  (Гц) сипатталады. Дыбыстық толқындар кезінде ауада төмендетілген және жоғарланған қысымды жерлер бар. Осы жерлерді дыбыстық қысым анықтайды. Дыбыстық қысым деп үлкен толық қысымның орта қысымның айырымына тең.

Дыбыстық толқын ауада таралғанда энергия тасымалданады. Осы энергия мөлшерін интенсивті дыбыс анықтайды. Шу көрсеткішіне біз дыбыстық қуат  $P$  жатады, жалпы дыбыстық энергияның өлшемімен анықталады. Бұл энергия мөлшері шу шығарып тұрған көздерінен анықтаймыз.

Адамның дыбысты есту қабілеті 20-20000 Гц дейін, бірақта негізгі есту интервалы 45-10000 Гц дейін. Адамның дыбысты қабылдауы дыбыстың жиілігімен, интенсивтілігімен және дыбыс қысымына тәуелді. Ең аз интенсивтілік  $I_0$  және дыбыс қысымын  $P_0$  адам қабылдай алатын мәндерді – есту аралығы деп аталады. Аралықты  $P_0$  және  $I_0$  дыбыс жиілігіне байланысты. Мысалы: 1000 Гц жиілігінде дыбыстық қысым  $P_0=2 \cdot 10^3$  Па,  $I_0=10$  Вт/м<sup>2</sup>. Осы мәндер кезінде адамның есту қабілеті және мүшелеріне орта қауіп тигізеді.

Адамның есту мүшелері 10 есе аз дыбыс қабылдайды, осы себеппен децибел (дБ) 0,1 Бел деп аламыз.

Әр түрлі шу көздерінің дыбыстық қысымын 4.2-ші кесте арқылы байқауға болады. Осы кестеге сәйкес мысал ретінде турбогенератор дыбыс қысымын 100 Гц шығарады бұл дыбыс адамның есту қабілетін нашарлатады.

Акустикалық жұмыс орны деп жұмысшының орналасқан дыбыс ауданын айтады. Көбінесе жұмыс орны қондырғының жұмысшы жүйелерінің басқару пульттерінен 0,5 м қашықтықта және еденнен 1,5 м биіктіктегі дыбыс ауданының зонасынан анықталады.

#### 4.3 кесте – Дыбыстық қысым

Шу көздері	Дыбыстық қысым Па	Шу интенсивтілігі, дБ
0,3 мм қашықтықтағы сыбыр шу	$2 \cdot 10^{-3}$	40
Адамның сөйлеу сөздері	$2 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 10^{-1}$	60-74
Өңдеу станоктары	2	80-100
1м қашықтағы пневмопрессорлар	20	120
Электрқозғалтқыштар	200 жоғары	140 жоғары

Шуды есептеу келесі тізбектілікте ауықталады:

- шуды көп шығаратын қондырғы таңдалып, жұмыс орнындағы шу спекторлары анықталады;
- жұмысшының шудың әрекетіне түсетін уақыты анықталады;
- өлшенген шу шамаларының деңгейін санитарлық нормалар бойынша белгіленген шектік спектр шамаларымен салыстырылады.

Жұмыс орындарындағы шу деңгейінің акустикалық есептеуін мына түрде есептеуге болады.

Егер де бірдей шу шығаратын  $n$  көздері, ал дыбыс интенсивтілігінің деңгейі бір көздің  $L_1$  берілсе, онда шудың есептік шамасын келесі формуламен анықталынады:

$$L_{\text{сум}} = L_1 + 10 \cdot \lg n, \quad (4.4)$$

$n$  мәндері 1;2;3;4;5;6;8;10;20;30 және 100 тең болса,  $10 \cdot \lg n$  мәні сәйкесінше 0; 3;5;6;7;8;9;10;13;15;20 мәндерін қабылдайды.

Екі түрлі  $L_1$  және  $L_2$  шу көздерінің есептік шу деңгейі мына формула бойынша анықталынады:

$$L_{\text{сум}} = L_1 + \Delta L, \quad (4.5)$$

мұндағы  $L_1$  – шу деңгейінің жоғарғы мәні, дБ;

Шу көздерінің деңгейінің айырымы мына формуламен анықталады:

$$\Delta L = L_1 - L_2, \quad (4.6)$$

$L_1 - L_2$ , дБ шамаларының айырымы 1;2;3;4;6;7;8;9;10; мәндеріне  $\Delta L$ , дБ шамасының 3;2,2;1,7;1,6;1,5;1,0;0,8;0,6;0,5;0,4 шамалары сәйкес келеді.

Интенсивті шудың мөлшерін анықтау үшін берілген электр қозғалтқыштардың шу деңгейілерінің мәндері бойынша есеп жүргіземіз.

Асинхронды қозғалтқыштың шу деңгейлерінің сан мәндері 93, 89, 84 дБ болады.

Ең алдымен біз бірінші деңгей айырымын мына түрде есептейміз:

2000 жылы шығарылған СБШ-250МН қозғалтқышы:  $93 - 76 = 17$  дБ;

2004 жылы шығарылған СБШ-250МН қозғалтқышы:  $89 - 76 = 13$  дБ;

2007 жылы шығарылған СБШ-250МН қозғалтқышы:  $84 - 76 = 8$  дБ;  
бұған сәйкесінше:

$$\Delta L_1 = L_1 - L_2 = 3 - 1 = 1,5 \text{ дБ},$$

яғни,

$$L_{\text{сум1}} = 93 + 1,5 = 94,5 \text{ дБ}.$$

Енді келесі деңгейлер айырымын анықтаймыз:

$$\begin{aligned} \Delta L_2 &= L_{\text{сум1}} - L_3, \\ \Delta L_2 &= 89 - 76 = 22, \\ \Delta L_2 &= 0,5 \text{ дБ}; \\ L_{\text{сум2}} &= 94,5 + 0,5 = 95 \text{ дБ}. \end{aligned}$$

Осы тәртіппен келесі деңгейлер айырымын анықтаймыз:

$$\begin{aligned} \Delta L_3 &= L_{\text{сум2}} - L_4, \\ \Delta L_3 &= 94,5 - 76 = 18,5 \text{ дБ}; \\ \Delta L_3 &= 1 \text{ дБ}; \\ L_{\text{сум3}} &= L_{\text{сум2}} + \Delta L_3; \\ L_{\text{сум3}} &= 94,5 + 1 = 95,5 \text{ дБ}. \end{aligned}$$

Ашық кеңістікте сфералық толқын таралуы кезінде дыбыс интенсивтілігінің азаюы дыбыс шығаратын көзіне дейінгі қашықтықтың квадратына пропорционал.

$I_1$  дыбыс интенсивтілігі, дыбыс шығаратын көздерінен  $r_1$ ,  $r_2$  қашықтары мен  $I_2$  дыбыс интенсивтілігінің мәндері біле отырып мына формула арқылы есептеуге болады:

$$I_2 = I_1 (r_1 / r_2)^2. \quad (4.7)$$

Дыбыс интенсивтілігінің деңгейін ескере отырып келесі теңдікті алуға болады:

$$L_2 = L_1 - 20 \lg r_1 / r_2. \quad (4.8)$$

Мысалы, егер  $L_1 = 80$  дБ,  $r_1 = 2$  м,  $r_2 = 4$  м, онда:

$$\begin{aligned} L_2 &= 80 - 20 \lg 4/2 = 74 \text{ дБ}; \\ L_3 &= 74 - 20 \lg 4/2 = 62 \text{ дБ}; \\ L_4 &= 80 - 20 \lg 4/2 = 73,4 \text{ дБ}. \end{aligned}$$

Ал енді электр жетегінің шығаратын толық интенсивті шудың мәнін (4.17) формуласына сан мәндерін қою арқылы табамыз:

$$L=10 \cdot \lg (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}), \quad (4.9)$$

мұндағы  $L_1, L_2, \dots, L_n$  - әрбір дыбыс шығаратын көздерінің есептік нүктедегі дыбыс қысымының деңгейі немесе интенсивтілік деңгейлері.

$$L=10 \cdot \lg (10^{80/10} + 10^{74/10} + 10^{16,2/10} + 10^{17,34/10}) = 87,3 \text{ дБ.}$$

Қорыта келе жобалау кезінде асинхронды қозғалтқыш 87,3 дБ мөлшерінде шу шығарады.

Қазіргі кезде шуға қарсы көптеген шаралар қолдануда. Шуды азайту үшін келесі шаралар қолданылады:

- машина конструкциясын түйіндерді дәлдікпен өндіру арқылы дыбыс деңгейін азайту;

- қондырғылар құрылысы мен технологиялық процестерді жетілдіру арқылы механикалық шуды азайту;

- кәсіпорындар мен цехтарды рационалды түрде жоспарлау;

- шудың бағытын жұмыс орнына немесе тұрғын үйлерге қарама-қарсы бағыттау;

- шудың таралу бағытына қарай дыбысизоляциялаушы қоршаулар орнату арқылы дыбысты азайту;

- арнайы глушителдер, дыбыс оқшауламалары, акустикалық қондырғылар қолдану арқылы дыбысты азайту.

4.3 - кестеде шуға қарсы қолданылатын жабдықтар көрсетілген.

4.3 кесте - Шуға қарсы жабдықтар

Шуға қарсы жабдықтар	Шуға қарсы эффективтілігі, дБ							Мінезде - месі	Масса, кг
	Орташа геометриялық жиілік, Гц								
	12	250	50	100	2000	4000	8000		
1	5		0	0					
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Құлақ Қақпалар: ВЦНИИО-1	3	4	7	13	23	36	33	110 дБ дейін	0,12
ВЦНИИО-2М	7	11	14	22	35	45	38	120 дБ дейін	0,18
ВЦНИИО-4А	4	2	5	16	25	36	28	110 дБ дейін	0,17
ВЦНИИО-А1	10	14	16	17	36	36	34	115 дБ дейін	0,175

#### 4.3 кестенің соңы

ВЦНИИО-7И	10	16	18	22	36	40	32	115 дБ дейін	0,28
ПШ-00	4	8	10	15	20	20	27	Жоғары жиілікті шуға	0,18
Шуға қарсы каска ВЦНИИО-2	7	11	14	22	35	45	38	120 дБ дейін	0,60

Арнайы шуға қарсы жеке қорғаныстар. Арнайы қорғағыштар дыбыс қысымының деңгейін 10-45дБ дейін төмендетеді.

Жұмысым асинхронды қозғалтқыш болғандықтан еңбек қауіпсіздігіне байланысты келесі жағдайларды қарастырдым.

- электр қозғалтқыштың артық жүктелуі бойынша түсініктеме жасадым. Яғни қозғалтқыштың артық жүктелуі асқын ток пен төзімділік уақытының сипаттамасына байланысты болды;

- электростатикалық зарядтардың адам өміріне қауіпі бойынша.

Бұл жағдайда электр зарядтар кейбір материалдардың, сұйық немесе қатты материалдардың беттерінде пайда болады, соның әсерінен электростатикалық өрісті жасайды;

- ғимараттағы өрт қауіпсіздігі;

- өндірісте қозғалтқыштарды ережеге сай жерге қорғаныс тұйықтау;

- электр қозғалтқыштың шу деңгейін бағалау және есептеу. Шу деңгейін анықтап шуға қарсы қолдану жабдықтарын талдадым.

## 5. Экономикалық бөлім

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.

Қысқаша тұйықталған роторлы синхронды қозғалтқышты есептеуді іске асыру үшін негізгі өндірістік қорлар, еңбек ресурстары және қаржылық қажеттіліктер көлемін анықтау қажет.

Синхронды қозғалтқыштардың тиімді жұмыс істеуіне келесі көрсеткіштер әсер етеді:

- ПӘК;

- Қозғалтқыштың қуаты;

- және т.б. көрсеткіштер.

### 5.1 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу (Базалық нұсқа)

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.

Жобалау мен құрылысқа арналған капиталдық салымдар бірнеше құрамдас бөліктерді қамтиды: жабдықтардың, монтаждық жұмыстар мен көліктік қызметтердің құны. Бұдан басқа ғимаратты, нысандарды және т. б. салуға арналған шығындар есепке алынады.

Салыстырмалы жүйелердің электр қозғалтқыштардың техникалық көрсеткіштері 5.1 кестесінде келтірілген.

5.1 кесте - Электр қозғалтқыштардың техникалық көрсеткіштері

Параметрлері	Базалық нұсқа	Есептік нұсқа
Қозғалтқыш типі	4A200L2Y3	4A200M2Y3
Қуаты, кВт	47	40
П.Ә.К., %	93	92
Айналу жиілігі, айн/мин	3000	3000
Бағасы	320 250	285 460

5.2 – кесте Капиталдық салымдарды есептеу

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	320 250	38 430	7 173,6	3 843
2. Статордың болатына арналған материалдар	45 000	5 400	1 008	540
3. Ротордың болатына арналған материалдар	35 235	4 228,2	789,264	422,82



5.2 кестенің соңы

4. Ротордың білігіне керекті материалдар	6 760	811,2	5 571,2	81,12
5. Станина мен подшипникті қалқандарға арналған материалдар:	35 700	4 284	799,68	428,4
6. Конструкциялық материалдар	7 050	846	157,92	84,6
7. Ротордың тұйықталған сақиналарына арналған материалдар:	7 400	888	165,76	88,8
Барлығы	457 395	54 887,4	15 665,424	5 488,74

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептелінеді:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ.ж}} + K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б.с}}; \quad (5.1)$$

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:  $K_{\text{ж.с}} = 320\,250$  тг;

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

$$K_{\text{м}} = 0,12 \cdot K_{\text{ж.с}} = 0,12 \cdot 320\,250 = 38\,430 \text{ тг}; \quad (5.2)$$

Тасымалдауға кететін шығын:

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

$$K_{\text{б.с}} = 0,02 \cdot (K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}}) = 0,02 \cdot (320\,250 + 38\,430) = 7\,173,6 \text{ тг}; \quad (5.3)$$

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

$$K_{к.ж.} = 0,1 \cdot 38\,430 = 3\,843 \text{ тг}; \quad (5.4)$$

$$K_{жалпы} = 457\,395 + 54\,887,4 + 15\,665,424 + 5\,488,74 = 533\,436,564 \text{ теңге.}$$

Эксплуатационды шығындар келесідей есептелінеді:

$$И = И_a + И_э + И_{ж.ж} + И_{е.а} + И_{б.ш} + И_{б.э.с}; \quad (5.5)$$

мұндағы:  $И_a$  - амортизациалық 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 9,5% құрайтын бірыңғай әлеуметтік салық.

Амортизациялық аударымды  $И_a$  келесі формула бойынша табылады:

$$И_a = \frac{Н \cdot \Phi}{100} = \frac{320\,250 \cdot 9,5}{100} = 30\,423,75 \text{ тг.} \quad (5.6)$$

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

$\Phi$  – қондырғының бастапқы бағасы, (320 250 тг).

$И_э$  электр энергиясының шығынының құны мына формуламен анықталады:

$$И_э = \Delta A \cdot W; \quad (5.7)$$

мұнда:  $\Delta A$  – электр энергиясының жылдық шығыны;

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

Жылдық шығын келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta A = P_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot K_{ж} \cdot T = 47 \cdot \frac{1 - 0,93}{0,93} \cdot 0,8 \cdot 5000 = 14\,150,537 \frac{\text{кВт}}{\text{сағ}}; \quad (5.8)$$

мұнда:  $P_2$  – электр қозғалтқышының номиналды қуаты – 47 кВт;

$\eta$  – электр қозғалтқышының П.Ә.К – 0,93;

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

$T$  – қолданыстағы қор жұмыс уақыты – 5000 сағ.

$$И_э = 14\,150,537 \cdot 17,81 = 252\,021,064 \text{ тг.}$$

Қызмет көрсетуші қызметкерлердің еңбекақысы және әлеуметтік салықтарды төлеу.

Қызметкерлердің негізгі еңбек ақысы:  $I_{e.a} = 125\ 000$ ;

Зейнетақы қорына бөлінгеннен кейінгі еңбек ақы:

$$I_{з.қ.б} = I_{e.a} - 10\% \cdot I_{e.a} = 125\ 000 - 10\% \cdot 125\ 000 = 112\ 500 \text{ тг.} \quad (5.9)$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{б.э.с} = 9,5\% \cdot I_{з.қ.б} = 9,5\% \cdot 112\ 500 = 10\ 657,5 \text{ тг.} \quad (5.10)$$

Электр жабдықтарын жөндеуге арналған шығындар, қосалқы бөлшектер құны:

$$I_{қ} = 10\ 000 \text{ тг.} \quad (5.11)$$

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

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

$$\begin{aligned} I_{ж.ж} &= I_{e.a} + I_{б.э.с} + I_{т.д} = 112\ 500 + 10\ 687,5 + 106,8 \\ &= 123\ 294,3 \text{ тг.} \end{aligned} \quad (5.12)$$

мұнда:  $I_{e.a}$  – қызметкерлердің жылдық негізгі еңбек ақысы (125 000 тг);

$I_{б.э.с}$  - бірыңғай әлеуметтік салық (10 657,5 тг)

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

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

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (I_a + I_э + I_{қ} + I_{ж.ж}); \quad (5.13)$$

Сонда:

$$\begin{aligned} I_{б.ш} &= 0,05 \cdot (30\ 423,75 + 252\ 021,064 + 10\ 000 + 123\ 294,3) \\ &= 20\ 786,95 \text{ тг.} \end{aligned}$$

Эксплатационды шығындардың қосындысы:

$$\begin{aligned} I &= 30\ 423,75 + 252\ 021,064 + 123\ 294,3 + 112\ 500 + 10\ 657,5 \\ &+ 20\ 786,95 = 549\ 683,56 \text{ тг.} \end{aligned}$$

5.3 – кесте Шығындар сметасы

№	Шығын көздері	Шығын суммасы, тг
1	Амортизациялық аударым	30 423,75
2	Электр энергиясының шығының құны	252 021,064
3	Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны	123 294,3
4	Басқа шығындар	20 786,95
5	Еңбек ақы шығындары	112 500
6	Әлеуметтік салық	10 657,5
Барлығы		549 683,56

**5.2 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу (Есептік нұсқа)**

5.4 кесте - Капиталдық салымдарды есептеу

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	285 460	34 255,2	6 394,304	3 425,52
2. Статордың болатына арналған материалдар	390 35	4 684,2	874,384	468,42
3. Ротордың болатына арналған материалдар	23 726	2 847,12	531,462	284,712
4. Ротордың білігіне керекті материалдар	6 920	830,4	155,008	83,04
5. Станина мен подшипникті қалқандарға арналған материалдар:	29 685	3 526,2	664,224	352,62
6. Конструкциялық материалдар	7 585	910,2	169,904	91,02
7. Ротордың тұйықталған сақиналарына арналған материалдар:	6 900	828	154,56	82,8
Барлығы	399 311	47 881,32	8 943,846	4 788,132

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептелінеді:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ.ж}} + K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б.с}}; \quad (5.14)$$

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:  $K_{\text{ж.с}} = 285\,460$  тг;

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

$$K_{\text{м}} = 0,12 \cdot K_{\text{ж.с}} = 0,12 \cdot 285\,460 = 34\,255,2 \text{ тг}; \quad (5.15)$$

Тасымалдауға кететін шығын:

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

$$\begin{aligned} K_{\text{б.с}} &= 0,02 \cdot (K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}}) = 0,02 \cdot (285\,460 + 34\,255,2) \\ &= 6\,394,304 \text{ тг}; \end{aligned} \quad (5.16)$$

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

$$K_{\text{қ.ж}} = 0,1 \cdot 34\,255,2 = 3\,425,52 \text{ тг};$$

$$K_{\text{жалпы}} = 399\,311 + 47\,881,32 + 8\,943,846 + 4\,788,132 = 460\,924,29 \text{ тг}.$$

Эксплуатационды шығындар келесідей есептелінеді:

$$И = И_{\text{а}} + И_{\text{э}} + И_{\text{ж.ж}} + И_{\text{е.а}} + И_{\text{б.ш}} + И_{\text{б.э.с}}; \quad (5.18)$$

мұндағы:  $И_{\text{а}}$  - амортизациалық аударымдар (сала үшін амортизациялық аударымдар нормасы 5-10%);

$И_{\text{э}}$  – өндірістік қажеттіліктер үшін электр энергиясы шығындарының құны;

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

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

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

$I_{б.э.с}$  – зейнетақы жарнасын жинақтаушы зейнетақы қорына аудару арасындағы айырмасының 9,5% құрайтын бірыңғай әлеуметтік салық. Амортизациялық аударымды  $I_a$  келесі формула бойынша табылады:

$$I_a = \frac{H \cdot \Phi}{100} = \frac{285\,460 \cdot 9,5}{100} = 27\,118,7 \text{ тг.} \quad (5.18)$$

мұндағы:  $H$  – орташа жылдық норма амортизациясы (9,5%);  
 $\Phi$  – қондырғының бастапқы бағасы, (285 460 тг).

$I_{ин}$  электр энергиясының шығынының құны мына формуламен анықталады:

$$I_э = \Delta A \cdot W; \quad (5.19)$$

мұндағы:  $\Delta A$  – электр энергиясының жылдық шығыны;  
 $W$  – 1 кВт/сағ энергия тарифы – 17,81 тг;  
 Жылдық шығын келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta A = P_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot K_{ж} \cdot T = 40 \cdot \frac{1 - 0,92}{0,92} \cdot 0,8 \cdot 5000 = 13\,913,04 \frac{\text{кВт}}{\text{сағ}}; \quad (5.20)$$

$P_2$  – электр қозғалтқышының номиналды қуаты – 40 кВт;  
 $\eta$  – электр қозғалтқышының П.Ә.К – 0,92;  
 $K_{ж}$  – қуат бойынша жүктеме коэффициенті – 0,8;  
 $T$  – қолданыстағы қор жұмыс уақыты – 5000 сағ.

$$I_э = 13913,55 \cdot 17,81 = 247\,800,32 \text{ тг.}$$

Қызмет көрсетуші қызметкерлердің еңбекақысы және әлеуметтік салықтарды төлеу.

Қызметкерлердің негізгі еңбек ақысы:  $I_{е.а}=125\,000$ ;  
 Зейнетақы қорына бөлінгеннен кейінгі еңбек ақы:

$$I_{з.қ.б} = I_{в.а} - 10\% \cdot I_{в.а} = 125\,000 - 10\% \cdot 125\,000 = 112\,500 \text{ тг.} \quad (5.21)$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{б.э.с} = 9,5\% \cdot I_{з.қ.б} = 9,5\% \cdot 112\,500 = 10\,687,5 \text{ тг.} \quad (5.22)$$

Электр жабдықтарын жөндеуге арналған шығындар, қосалқы бөлшектер, материалдар құны:

$$I_{қ} = 9000 \text{ тг.} \quad (5.23)$$

$I_{жж}$  электр құрылғыларын жөндеу жұмыстар құны:

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

$$I_{жж} = I_{е.а} + I_{б.ә.с} + I_{т.д} = 112\,500 + 10\,687,5 + 106,8 = 123\,294,3 \text{ тг.} \quad (5.24)$$

Мұндағы:  $I_{е.а}$  – қызметкерлердің жылдық еңбек ақысы (125 000 тг);  
 $I_{б.ә.с}$  - бірыңғай әлеуметтік салық жалақы сомасынан (10 687,5 тг)

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

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

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (I_a + I_э + I_к + I_{жж}); \quad (5.25)$$

Сонда:

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (27\,118,7 + 247\,800,32 + 9000 + 123\,294,3) = 20\,360,66 \text{ тг.}$$

Эксплатационды шығындардың қосындысы:

$$I = 27\,118,7 + 247\,800,32 + 20\,360,66 + 112\,500 + 10\,687,5 + 123\,294,3 = 541\,761,48 \text{ тг.}$$

### 5.5 – кесте Шығындар сметасы

Шығын көздері	Шығын суммасы, тг
1. Амортизациондық аударым	22 118,7
2. Электр энергиясының шығының құны	247 800,32
3. Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны	123 2964,3
4. Еңбек ақы шығындары	125 000
5. Әлеуметтік салық	10 687,5
5. Басқа шығындар	20 360,66
Барлығы	541 761,48

### 5.3 Жобаның экономикалық тиімділігіне есептеу

Екі нұсқаны салыстыру үшін минимум келтірілген шығындар әдісі қолданылады.

Келтірілген шығындар мынадан тұрады:

$$КШ = С + E_H \cdot K, \quad (5.26)$$

мұндағы:  $C$  – эксплуатационды шығындардың қосындысы (теңге);  
 $K$  – капиталды салым;  
 $E_H$  – капиталды салымдардың экономикалық тиімділігін салыстыратын нормативті коэффициент ( $E_H = 0,15$ ).

$$КШ_6 = 549\,683,56 + 0,15 \cdot 533\,436,564 = 629\,699,04 \text{ тг};$$

$$КШ_e = 541\,761,48 + 0,15 \cdot 460\,924,29 = 610\,900,12 \text{ тг}.$$

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

$$\Delta = КШ_6 - КШ_e = 629\,699,04 - 610\,900,12 = 18\,798,92 \text{ тг}. \quad (5.27)$$

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

Есептеулерді салыстыра отыра есептік нұсқаның тиімділігі көрінеді.  
 Есептік нұсқадағы экономикалық тиімділік тең:

$$\Delta = \Delta U + 0,15 \cdot \Delta K; \quad (5.28)$$

$$\begin{aligned} \Delta &= (549\,683,56 - 541\,761,48) + 0,15 \cdot (533\,436,564 - 460\,924,29) \\ &= 7\,922,08 + 0,15 \cdot 72\,512,2 = 18\,798,91 \text{ тг}. \end{aligned}$$

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

$$T = \frac{K_6 - K_e}{I_6 - I_e} = \frac{533\,436,564 - 460\,924,29}{549\,683,56 - 541\,761,48} = 9,1. \quad (5.29)$$

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

$I_6$  және  $I_e$  – эксплуатационды шығындардың қосындысы.  
 Салыстырмалы экономикалық тиімділік:

$$E = \frac{I_6 - I_e}{K_6 - K_e} = \frac{549\,683,56 - 541\,761,48}{533\,436,564 - 541\,761,48} = 0,1; \quad (5.30)$$

$E_H = 0,15$  - тиімділіктің нормативтік коэффициенті;  
 $T_H = 9,1$  - өтімділіктің нормативтік мерзімі.



Алынған коэффициентінің тиімділігі мен өтелу мерзімін салыстырылады нормативтермен және егер шарттары орындалса,  $E \geq E_n$ ,  $0,1 \geq 0,15$ ;  $T \leq T_n$ ,  $9,1 \leq 2,5$  болса, онда енгізу ұсынылып отырған жүйенің экономикалық тиімді.

## Қорытынды

Бұл дипломдық жұмыста келтірілген есептеулер және қабылданған шешімдер екі жылдамдықты АҚ техникалық тапсырманың талаптарын қанағаттандырады және белгілі отандық аналогтар деңгейінде болатынын көрсетті.

Нақты, үлкен айналу жиілігінің негізгі энергетикалық көрсеткіштері келесідей:

ПӘК-0,875;

Қуат коэффициенті-0,86.

Салыстыру үшін, есептелген мәндерге ең жақын келетін 4A112M2Y3 түріндегі 4А сериялы асинхронды қозғалтқыштың өлшемдері: ПӘК = 0,875;  $\cos \varphi = 0,88$ . Осылайша, тек қуат коэффициенті шамалы нашарлады.

Жобаланған қозғалтқыштың іске қосу көрсеткіштері жоғарыда көрсетілген аналогпен салыстырғанда: іске қосу тогының еселігі 7,97 қарсы 7,5, іске қосу моментінің еселігі 2,61 қарсы 1,6 (айтарлықтай ұлғайды). Жүктеме қабілеті, максималды моменттің жиілігі 3,6 қарсы 2,2 (айтарлықтай өсті).

Бұл жерде, негізінен корпус, подшипник қалқандары және т. б. сияқты құрылымдық бөлшектерде алюминий қорытпаларына өту есебінен салмағы азырақ төмендеді.

Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде жұмысым асинхронды қозғалтқыш болғандықтан, еңбек қауіпсіздігіне байланысты электр қозғалтқыштың артық жүктелуі бойынша түсініктеме жасалды, ғимараттағы өрт қауіпсіздігі, өндірістегі қозғалтқыштарды ережеге сай жерге қорғаныс тұйықтау, электр қозғалтқыштың шу деңгейін бағалау және есептеу, шуға қарсы қолдану жабдықтарын талдадым.

Экономикалық бөлімде технико-экономикалық көрсеткіштерді есептеу екі асинхронды қозғалтқыштардың техникалық деректерін салыстырмалы талдау негізінде жүзеге асырылды.

## Әдебиеттер

- 1 Копылов И.П. Проектирование электрических машин. – М.: ЮРАЙТ, 2011. – 767с.
- 2 Копылов И.П. Проектирование электрических машин. – М.: Высшая школа, 2002. – 757с
- 3 Г.К.Жерве «Обмотки электрических машин».
- 4 И.Г. Шубов «Шум и вибрация электрических машин»
- 5 Костромин В.Г. «Технология производства асинхронных двигателей», Энергоиздат, М, 1984 г.
- 6 Котеленец Н.Ф., Кузнецов Н.Л. «Испытание и надежность электрических машин». Высшая школа, М, 1988 г.
- 7 Фионин В.И. «Проведение функционально-стоимостного анализа конструкций электрических изделий в курсовых работах и дипломных проектах», Куйбышев, 1989 г.
- 8 Ю.В.Копытов, Л.И.Вайнштейн, А.В.Михалков, П.В.Филимонов - Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей – М, «Атомиздат», 1971.
- 9 П.А.Долин – Основы техники безопасности в электроустановках – М, «Энергоиздат»,1984.
- 10 Түзелбаев Б.И. Сала экономикасы: оқу құралы - Алматы, 2007.
- 11 Хакімжанов Т.Е. Еңбек қорғау. Жоғары оқу орындары үшін оқу құралы. – Алматы: «ЭВЕРО», 2008 – 240 б.