

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: Синхронды қозғалтқышты жобалау
5B071800 - «Электроэнергетика» мамандығы бойынша
Орындаған Найманбаев Жандос Сакенович ЭАТКк-16-
(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 Тохтабүби Джумадиловна, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« _____ » _____ 20__ ж.
(қолы)

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 Найманбаев Жандос Сакенович
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Синхронды 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)
Номинал кернеу $U_{\text{н}}$ Номинал активті қуат $P_{\text{н}}$ номинал қуат
коэффициенті $\cos\varphi_{\text{н}}$ номинал айналу жиілігі $n_{\text{н}}$ желінің жиілігі f

Дипломдық жұмыста әзірлеуге жататын сұрақтар тізімі немесе
қысқаша мазмұны:

1. Синхронды машиналар
2. Синхронды машинаның жұмыс істеу принципі
3. Негізгі өлшемдерді анықтау
4. Статордың өлшемдері
5. Ауа саңылауы мен ротор полюстері
6. Статордың паздары мен орамалары
7. Орныққан режим үшін статордың орама параметрлері
8. Магнит тізбегін есептеу
9. Жүктеме кезіндегі қоздыру орамасының магнит қозғаушы күші
10. Статор орамалары температурасының жоғарылауы
11. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлім

12. Экономикалық бөлім

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. Синхронды машинаның электрмагниттік сұлбасы (а) және оның қосылу сұлбасы

2. Синхронды машинаның қозғалатын және қозғалмайтын якормен құрылымдық сұлбасы

3. Синхронды машиналардың роторлары

4. Айқын емес полюсті машинаның құрылымы

5. Синхронды қозғалтқыштарда іске қосу орамасын орналастыру

6. Синхронды машиналарды қоздыру сұлбасы

7. Синхронды қозғалтқыш құрылысы

8. Қорғаныс нөлдеу (а) және жерге тұйықтау (б)

9. Электр қорғау құралдары мен құрылғылары

10. Көлемі 50×25 м өндіріске ЛБ80 люминесцентті шамы бар ОДР шамдарын орналастыру

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

Проектирование электрических машин: учебное пособие для ВУЗов\И.П. Копылов, П.К. Клоков и др.; под ред. И.П. Копылова: - М.: «Высшая школа», 2005 - 767 с.

Проектирование электрических машин: Учеб. пособие для вузов/ И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клоков и др.; под ред. И.П. Копылова. -М.: Энергия, 2006. - 496 с.

И.П. Копылов Электрические машины для студентов вузов. - Москва: Энергоиздат, 1986..

Проектирование электрических машин: учебник для ВУЗов \ И.П. Копылов, П.К. Клоков и др.; под ред. И.П. Копылова: - М.: «ЮРАЙТ», 2011 – 757

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

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

Диплом жұмысын дайындау
К Е С Т Е С І

| № | Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі | Жетекшіге ұсыну мерзімдері | Ескерту |
|-----|--|----------------------------|---------|
| 1. | <i>Синхронды машиналар</i> | <i>18.11.2019</i> | |
| 2. | <i>Синхронды машинаның жұмыс істеу принципі</i> | <i>19.12.2019</i> | |
| 3. | <i>Негізгі өлшемдерді анықтау</i> | <i>14.02.2020</i> | |
| 4. | <i>Негізгі өлшемдерді анықтау</i> | <i>30.03.2020</i> | |
| 5. | <i>Статордың өлшемдері</i> | <i>13.04.2020</i> | |
| 6. | <i>Статордың тістік аймағы</i> | | |
| 7. | <i>Ауа саңылауы мен ротор полюстері</i> | | |
| 8. | <i>Статордың паздары мен орамалары</i> | <i>27.04.2020</i> | |
| 9. | <i>Орныққан режим үшін статордың орама параметрлері</i> | | |
| 10. | <i>Магнит тізбегін есептеу</i> | <i>30.04.2020</i> | |
| 11. | <i>Жүктеме кезіндегі қоздыру орамасының магнит қозғаушы күші</i> | <i>12.05.2020</i> | |
| 12. | <i>Активті материалдардың салмағы</i> | <i>13.05.2020</i> | |
| 13. | <i>Қоздыру орамасы</i> | <i>17.05.2020</i> | |
| 14. | <i>Шығындар мен ПӘК</i> | <i>21.05.2020</i> | |
| | <i>Статор орамалары температурасының жоғарылауы</i> | <i>24.05.2020</i> | |
| 15. | <i>Синхронды машинаның сипаттамасы</i> | <i>28.05.2020</i> | |
| 16. | <i>Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі</i> | | |
| 17. | <i>Экономикалық бөлім</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 _____ *Найманбаев Ж.С.*
(қолы) (аты-жөні)

Аңдатпа

Дипломдық жұмысты жобалауға берілген мәліметтер бойынша үш фазалы синхронды қозғалтқышты жобалау жүргізілді.

Жобалау жұмысында синхронды машиналар туралы жалпы мағұлыматтар жасалды, үлкен қуатты синхронды машиналардың құрылымдарының ерекшеліктері жөнінде шолу жұмыстары орындалды. Және бұл машиналардың артықшылықтары мен кемшіліктері туралы мәліметтер келтірілді.

Қуаты 560 кВт, 6000 В кернеу көзінен қоректенетін синхронды қозғалтқыштың демпферлік орамасы, магнит тізбегі есептелді. Магнит тізбегін есептеу нәтижелері бойынша оның магниттік сипаттамасының графигі сызылды. Өтпелі үрдіс есептеліп уақыт тұрақтысы анықталды. Қозғалтқыштың шығындары мен ПӘК есептелді.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде синхронды қозғалтқышты қорғанысты жерге тұйықтау және нөлдеу мәселелері қарастырылды. Экономикалық бөлімде капиталдық салымдар мен материалдық шығындар есептелді.

Аннотация

В данной работе согласно заданию выполнено работа по проектированию трехфазного синхронного двигателя.

При проектировании проводились общие сведения по конструктивным особенностям синхронных машин большой мощности. И был проведен обзор о их преимуществах и недостатках.

Проведен расчет демпферной обмотки, магнитной цепи синхронного двигателя мощностью 560 кВт, питающееся от сети напряжением 6000 В. По результату расчета магнитной цепи была построена график магнитной характеристики этого же двигателя. В результате расчета переходных процессов был определен постоянное времени. Также рассчитывались потери и КПД двигателя.

В разделе безопасность и жизнедеятельность рассматривались вопросы о видах защиты как заземление корпуса двигателя и зануление. В разделе экономики рассматривались вопросы капитальных затрат и о расходах материалов.

Annotation

In this work, according to the assignment, work was done on the design of a three-phase synchronous motor.

During the design, general information was provided on the design features of high-power synchronous machines. And a review was conducted on their advantages and disadvantages.

The calculation of the damper winding, the magnetic circuit of a synchronous motor with a capacity of 560 kW, powered by a network voltage of 6000 V. Based on the calculation of the magnetic circuit, a graph of the magnetic characteristics of the same motor was built. As a result of the calculation of transients, the time constant was determined. Losses and engine efficiency were also calculated.

In the section of safety and vital functions, issues of types of protection such as grounding and grounding were considered. The section of the economy addressed issues of capital costs and material costs.

Мазмұны

| | |
|---|----|
| Кіріспе | 0 |
| Синхронды машиналар | 12 |
| 1.1 Синхронды машинаның жұмыс істеу принципі | 12 |
| Синхронды машинаның құрылымы | 13 |
| .2 | |
| Сілкен қуатты машиналар құрылымының ерекшеліктері | 17 |
| .3 | |
| Артықшылығы мен кемшілігі | 18 |
| .4 | |
| Қолдану аймағы | 18 |
| .5 | |
| Негізгі өлшемдерді анықтау | 18 |
| Номинал өлшемдер | 18 |
| .1 | |
| Статордың өлшемдері | 19 |
| .2 | |
| Статордың тістік аймағы | 21 |
| .3 | |
| Статордың паздары мен орамалары | 22 |
| .4 | |
| Ауа саңылауы мен ротор полюстері | 26 |
| .5 | |
| Демпферлік орама | 28 |
| .6 | |
| Магнит тізбегін есептеу | 29 |
| Орныққан режим үшін статордың орама параметрлері | 37 |
| .1 | |
| Жүктеме кезіндегі қоздыру орамасының магнит қозғаушы күші | 39 |
| .2 | |
| Қоздыру орамасы | 42 |
| .3 | |
| Уақыт тұрақтысы мен параметрлері | 44 |
| .4 | |
| Активті материалдардың салмағы | 46 |
| .5 | |
| Шығындар мен ПӘК | 47 |
| Статор орамалары температурасының жоғарылауы | 48 |
| .1 | |

| | |
|---|---|
| ‘ Синхронды машинаның сипаттамасы | 9 |
| .2 | |
| : Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі | 3 |
| : Синхронды машиналар өндірісінің жұмыс істеу кезіндегі еңбек | |
| .1 шарттары | 3 |
| : Синхронды қозғалтқышты қорғанысты жерге тұйықтау және | |
| .2 нөлдеу | 4 |
| : Өндірістік ғимараттардың микроклиматының параметрлері | |
| .3 | 6 |
| : Өндірістік ғимараттардағы шу және олардың еңбек жағдайына | |
| .4 және адам ағзасына әсері | 6 |
| : Өндіріс ғимаратындағы қажетті өрт сондіруші құралдар | |
| .5 | 7 |
| : Өндірістегі жасанды жарықтандыруды есептеу | |
| .6 | 8 |
| (Экономикалық бөлім | |
| | 3 |
| (Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу. | |
| .1 (Базалық нұсқа) | 3 |
| (Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу. | |
| .2 (Есептік нұсқа) | 8 |
| (Жобаның экономикалық тиімділігіне есептеу | |
| .3 | 1 |
| Қорытынды | |
| | 4 |
| Әдебиеттер тізімі | |
| | 5 |

Кіріспе

Қазіргі таңда техника мен ғылымның дамуы әртүрлі өндірістік процестер мен қондырғыларда электр энергиясының пайдалануымен өте тығыз байланысты.

Электр машиналары түрлі механизмдер, энергетикалық қондырғылар, заманауи көлік құралдары, технологиялық жабдықтар, байланыстың негізгі элементтері болып саналады. Олар электр энергиясын өндіреді және оның механикалық энергияға аса тиімді түрлендірілуін іске асырады.

Электр машиналары бар халық шаруашылығының салаларында өте кеңінен пайдаланылады. Олардың ерекшелігі – қуат жоғары машиналарда 95-99% жететін жоғары ПӘК, габариттік өлшемдері мен салыстырмалы төмен салмағы, сонымен қатар материалдарды тиімді қолдануы. Олар ұзақ уақыт пайдалану мүмкіндігі мен жоғары сенімділік, қызмет көрсету мен басқаруда қарапайымдылығымен, электр энергиясын қосу кезінде және ажырату кезінде

қолайлылығымен, көп сериялы өндіріс барысында құнының төмендігі сипатталады және экологиялық жағынан өте таза болып саналады.

Электр машинасын жобалау – электр машиналарының құрылысы мен процестерді, энергияны әртүрлі энергияға түрлендіру жайлы білімді біріктіретін құбылыс. Электр машинасын жобалау үдерісі электрмеханика, сонымен қатар механика, жылу физикасы, экономикадан кәсіби терең білімді қажет етеді.

Электр машинасын жобалау кезінде ротор мен статор өлшемдері есептелінеді, орама түрлері мен орама сымдары, оқшаулағыштар, машинаның активті мен құрылымдық элементтерінің материалдары таңдалып алынады. Машинаны жасау кезінде машинаның жеке бөлшектері материал шығыны мен еңбек сыйымдылығы мүмкіндігінше өте аз болатындай, сондай-ақ, машина қолдану кезінде мүмкіндігінше өте жақсы энергетикалық көрсеткіштерге ие болатындай құрастырылуы қажет. Содай-ақ, оның электр жетектерінде пайдалану жағдайына электр машинасы үйлесімді болуы қажет.

Айнымалы ток электр энергиясының көзі ретінде синхронды машиналар қолданылады. Олар су не болмаса атом электр станцияларында, қуатты жылу, сондай-ақ жқозғалмалы электр станциялары мен көлік қондырғыларына орнатылады. Өндіру немесе қуат коэффициентін жақсарту, реактивті қуатты тұтыну арқылы оның кернеуін реттеу мақсатында синхронды компенсаторлар пайдаланылады.

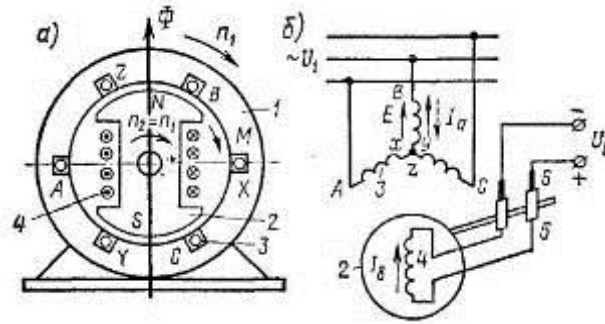
Күнделікті тұрмыстық электр құрылғылары (радио, магнитофон, киноаппаратура) мен басқару жүйелерінде синхронды машиналар көп пайдаланылады: индукторлық, тұрақты магниттерімен, реактивті, кадамды, гистеризисті.

Басында шығарылғаннан бастап синхронды машиналардың бастапқы негізгі электрмагниттік сызбасы еш өзгерусіз пайдаланылуда, алайда олардың құрылымдық орындалуы жетілдірілуде және электрмагниттік жүктемелері ұлғаюда, бұл салмақ габаритті және жүктемелік көрсеткіштерін, синхронды машинаның жүктемелік қабілетін жақсартуға мүмкіндік берді. Көбінесе, бұл бағытта бойынша аса ірі машиналарда су және сутекті салқындатқыштарын пайдалану аса қолайлы болып отыр.

1 Синхронды машиналар

1.1 Синхронды машинаның жұмыс істеу принципі

Синхронды машинаның статоры 1 да асинхронды машиналардың статоры сияқты жасалған (1.1 сурет). Ол үш фазалы (көп фазалы) орама 3 орналасқан. Тұрақты ток көзінен қоректенетін ротор орамасын 4 қоздыру орамасы деп атайды, себебі ол машинада қоздырудың магнит ағынын тудырады.



1 – статор, 2 – ротор, 3-якор орамасы, 4 – қоздыру орамасы,
5 –байланыс сақиналары, 6 – щеткалар

1.1 сурет – Синхронды машинаның электрмагниттік сұлбасы (а) және оның қосылу сұлбасы (б)

Ротордың айналып тұрған орамасын сыртқы тұрақты ток көзімен қосу байланыс сақиналары 5 мен щеткалар 6 арқылы іске асырылады. Кейбір жиілікпен n_2 роторды 2 айналдыру кезінде қоздыру ағыны статор орамасының өткізгіштерін қиып өтеді және оның фазаларында (1.1) жиілігімен өзгеретін электр қозғаушы күшін E тудырады.

$$f_1 = \frac{pn_2}{60}; \quad (1.1)$$

Егер статор орамасын қандай да бір жүктемеге қоссақ, онда осы орамада өтетін көп фазалы ток I_a магнит ағынын тудырады, айналу жиілігі

$$n_2 f_1 = \frac{60f_2}{p}. \quad (1.2)$$

(1.1) мен (1.2) көретініміз, $n_1 = n_2$ тең, яғни ротор да статордың магниттік өрісі айналатын жылдамдықпен айналады. Сол себепті, синхронды машина деп аталады. Мұндай машинада нәтижелік магнит ағыны $\Phi_{\text{нет}}$ қоздыру орамасының магнит қозғаушы күші әсерімен бірлескен әрекет арқылы жасалады және нәтижелік магнит өрісі кеңістікте ротор сияқты бірдей жиілікпен айналады.

Синхронды машинада Э.қ.к. индукцияланатын және жүктеме тогы өтетін ораманы якор орамасы деп атайды, ал қоздыру орамасы орналасқан машинаның бөлігі - индуктор деп аталады. Демек, 1.1 суретте ұсынылған құрылымдық сұлба бойынша орындалған машинада, статор- якор, ал ротор - индуктор болып табылады. Жұмыс істеу принципі және машина жұмысының теориясы тұрғысынан якор немесе индуктор айналып тұрма ол жағында еш айырмашылық жоқ, сондықтан кейбір жағдайларда атаулы құрылымдық сұлбалы синхронды машиналар қолданылады: жүктеме қосылған якор орамасы роторда, ал тұрақты

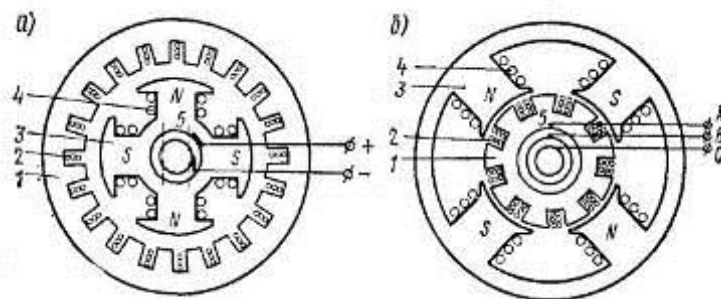
токпен қоректенетін қоздыру орамасы – статорда орналасқан.

Синхронды машина оған қосылған жүктемені қоректендіретін генератор ретінде немесе басқа генераторлар қосылған желімен параллель жұмыс істей алады. Желімен қатар жұмыс істеу кезінде ол электр энергиясын бере алады немесе тұтынады, яғни генератормен немесе қозғалтқышпен жұмыс істей алады. жиілігі f_1 және U_c кернеуімен желіге статор орамасын қосқан кезде орама бойынша ағатын ток тудырады, дәл асинхронды машинадағыдай, айналмалы магнит өрісі, айналу жиілігі (1.2) өрнек бойынша анықталады. Бұл өрістің ротор орамасы бойынша ағатын I_b тогымен өзара әрекеттесуі нәтижесінде M электромагниттік моментін тудырады, ол машинаның қозғалтқыш режимінде жұмыс істеу кезінде - айналмалы, ал генераторлық режимде жұмыс істген кезінде –тежегіш болып табылады. Осылайша, қарастырылып отырған машинада асинхронды машинаға қарағанда айырмашылығы қоздыру (бос жүріс) ағыны роторда орналасқан тұрақты ток орамымен құрылады. Сондықтан орныққан режимдерде ротор магнит өрісіне қатысты қозғалмайды және олармен бірге $n_1 = n_2$ айналу жиілігімен айналады. Электр жүктемесінен немесе ротор білігінде механикалық жүктемеден тәуелсіз.

1.2 Синхронды машинаның құрылымы

Машинаның құрылымдық сұлбасы. Синхронды машиналар қозғалмайтын немесе қозғалатын якормен орындалады. Үлкен қуатты машиналарды Электр энергиясын статордан немесе жеткізушіден бұруға ыңғайлы болу үшін оны қозғалмайтын якорменмен орындайды (1.2, а сурет).

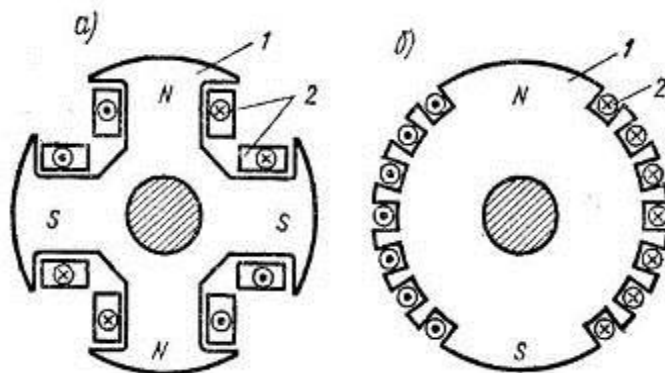
Қоздыру қуаты зәкірден (0,3–3%) алынатын қуатпен салыстырғанда үлкен емес болғандықтан, тұрақты токтың қоздыру орамасына екі сақинаның көмегімен жеткізу ерекше қиындық тудырмайды. Шағын қуатты де жасалады Айналмалы якорлы және қозғалмайтын индукторлы синхронды машинаны айналдырылған (атаулы) деп аталады (1.2, б сурет).



1 – якорь, 2 –якор орамасы, 3 –индуктордың полюстері,

4 –қоздыру орамасы, 5 – сақина мен щетқалар

1.2 сурет – Синхронды машинаның қозғалатын және қозғалмайтын якормен құрылымдық сұлбасы

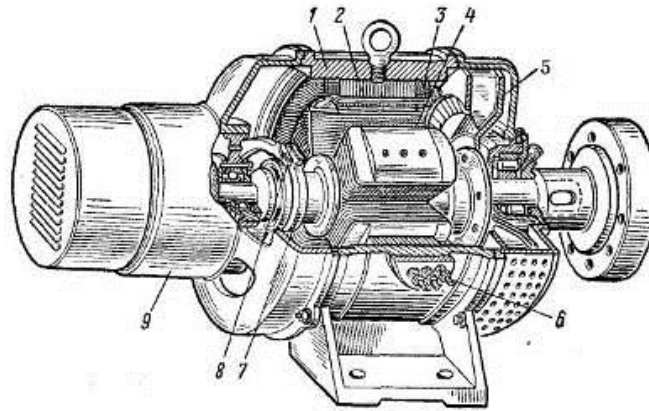


1 –ротор өзекшесі, 2 –қоздыру орамасы 1.3 сурет –Айқын полюсті (а) және айқын емес полюсті (б)

Синхронды машиналардың роторлары

Ротордың құрылымы. Қозғалмайтын якоры бар машинада ротордың екі құрылымы қолданылады: айқын полюстері (1.3, а сурет) және айқын емес полюстермен (1.3, б сурет.). Айқын полюсті ротор, әдетте, төрт және көп полюсті машиналарда қолданылады.

Қоздыру орамасын бұл жағдайда полюстердің өзекшелеріне орналастырады және полюстік ұштықтардың көмегімен бекіді және тікбұрышты қиманың цилиндрлік катушкалары түрінде орындайды. Ротор, полюстердің өзекшелері және полюстік ұштықтар болаттан жасалады. 1500 және 3000 айн/мин ротордың айналу жиілігі кезінде жұмыс істейтін екі және төрт полюсті үлкен қуатты машиналар әдетте айқын емес полюсті ротормен дайындалады. Оларда айқын полюсті роторды қолдану полюстерді бекітудің және қоздыру орамасының қажетті механикалық беріктігін қамтамасыз ету шарттары бойынша мүмкін емес. Мұндай машинада қоздыру орамасын тұтас болат соғудан жасалған ротор өзекшесінің пазаларында орналастырады және магниттілмейтін сыналармен бекітеді. ортадан тепкіш күштер едәуір әсер ететін ораманың алдыңғы бөліктері болат массивті бандаждардың көмегімен бекітіледі. Синусоидальға жақын магнитті индукцияның таралуын алу үшін қоздыру орамасын әрбір полюсті бөлудің 2/3 алатын пазаға салады.



1 – корпус, 2 – статор өзекшесі, 3 – статор орамасы, 4 – ротор,
5 – желдеткіш, 6 – статор орамаларының шықпалары, 7 – байланыс сақиналары,
8 – щеткалар, 9 – қоздырғыш

1.4 сурет – Айқын полюсті машинаның құрылымы

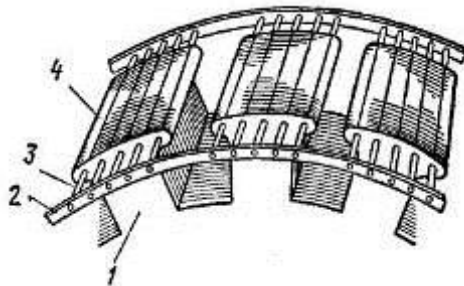
1.4 суретте айқын полюсті синхронды машинаның құрылымы көрсетілген. Статордың өзекшесі электротехникалық болаттың оқшауланған табақтарынан жиналған және онда якордың үш фазалы орамасы орналасқан. Роторда қоздыру орамасы орналасқан. Айқын полюсті машиналарда полюстік ұштықтар, әдетте, полюсті ұштықтар мен статор арасындағы ауа саңылауы полюстің ортасымен және оның шеттерінде барынша аз болатындай профиль береді, соның арқасында ауа саңылауында индукцияның таралу қисығы синусоидаға жақындайды

Айқын полюсті роторы бар синхронды қозғалтқыштарда полюсті ұштарда іске қосу орамасының жоғары меншікті кедергісі бар материалдан (жез және т.б.) жасалған өзектері орналастырылады (1.5 сурет). Мыс өзекшелерден тұратын осындай орамды ("тиын торы") синхронды генераторларда да қолданады, оны тыныштандыратын немесе демпферлік орам деп атайды, өйткені ол синхронды машина жұмысының өтпелі режимдерінде пайда болатын ротор тербелісінің тез өшуін қамтамасыз етеді. Егер синхронды машина массивті полюстермен орындалған болса, онда осы полюстерде іске қосу кезінде және өтпелі режимдерде құйынды токтар пайда болады, олардың әрекеті қысқа тұйықталатын орамдардағы токтың әсерімен бірдей. Өтпелі процестер кезінде ротор тербелісінің өшуі бұл жағдайда массивті роторда тұйықталатын құйынды токтармен қамтамасыз етіледі.

Синхронды машинаны қоздыру. Қоздыру орамасының қоректену тәсіліне байланысты тәуелсіз қоздыру және өздігінен қоздыру жүйелері деп бөлінеді. тәуелсіз қоздыру кезінде қоздыру орамасын қоректендіру көзі ретінде синхронды машина роторының білігіне орнатылған тұрақты ток генераторы (қоздырғыш) қызмет етеді (сурет. 1.6, а) немесе синхронды немесе асинхронды қозғалтқышпен айналуға әкелетін жеке қосалқы генератор қызмет етеді.

Өздігінен қоздыру кезінде қоздыру орамасы орамасы басқарылатын немесе басқарылмайтын түзеткіш-жартылай өткізгіш немесе ионды арқылы якор орамынан қоректенеді (1.6, б сурет). Қоздыру үшін қажетті қуат үлкен емес және синхронды машина қуатының 0,3–3% құрайды. Қуатты генераторларда кейде қоздырғыштан басқа тасымалдаушы – негізгі қоздырғышты қоздыру үшін қызмет ететін тұрақты токтың шағын генераторы қолданылады. Бұл жағдайда негізгі қоздырғыш ретінде жартылай өткізгіш түзеткішпен бірге синхронды генератор пайдаланылуы мүмкін. Қазіргі уақытта диодтарда немесе тиристорларда жиналған жартылай өткізгіштік түзеткіш арқылы қоздыру орамасының қоректенуі шағын және орташа қуатты қозғалтқыштар мен генераторларда да, қуатты турбо - және гидрогенераторларда да (тиристорлық қоздыру жүйесі) кеңінен қолданылады. $I_{\text{коз}}$ қоздыру тогын реттеу автоматты түрде арнайы қоздыру реттегіштерімен жүзеге асырылады, бірақ аз қуатты машиналарда қоздыру орамасының тізбегіне қосылған реостатпен реттеу қолданылады.

Соңғы уақытта қуатты синхронды генераторларда қоздырудың щеткасыз жүйесін қолдана бастады (1.6, в сурет). Бұл жүйеде қоздырғыш ретінде якор орамасы роторда орналасқан, ал түзеткіш тікелей білікке бекітілген синхронды генератор қолданылады.



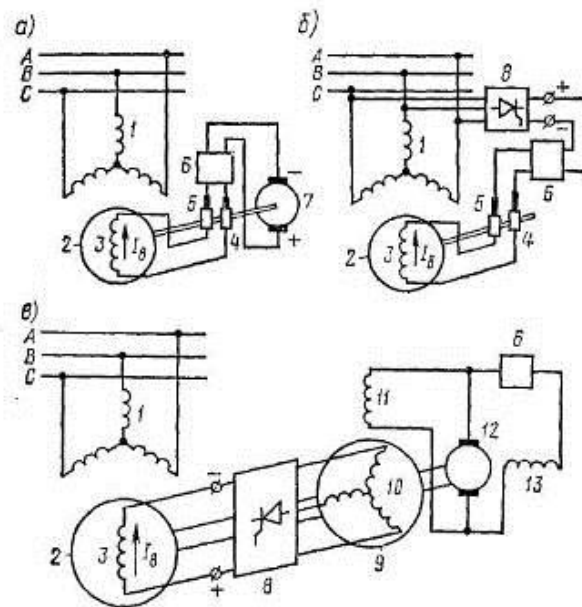
1- ротор полюстері, 2- қысқа тұйықталатын сақина, 3 – тиын торы стержені, 4 – полюстік ұштықтар

1.5 сурет –Синхронды қозғалтқыштарда іске қосу орамасын орналастыру

Қоздырғыштың қоздыру орамасы кернеу реттегіші арқылы тасымалдаушыдан қорек алады. Генератордың қоздыру орамасын қоректендіру тізбегінде қозудырудың мұндай тәсілі кезінде жылжымалы байланыстар жоқ, бұл қоздыру жүйесінің сенімділігін айтарлықтай арттырады. Генератордың қоздыруын жылдамдату қажет болған жағдайда қоздырғыштың кернеуін арттырады және түзеткіштің шығу кернеуін арттырады.

1.3 Үлкен қуатты машиналар құрылымының ерекшеліктері

Үлкен қуатты синхронды машиналар құрылымдық жағынан аса кернеулі болып табылады: машинаның жекелеген бөліктері өте үлкен механикалық және электромагниттік жүктемелерге ие; жүктемелердің қарқындылығы бойынша олар барлық басқа электр машиналардан асып түседі. Сондықтан оларда көптеген жылу бөлінеді, бұл өте қарқынды салқындатуды қажет етеді. Барлық электр машиналарын жобалау үшін берілген көлемдерде максималды қуатты немесе берілген қуат кезінде ең аз габаритті алуға ұмтылды, ал синхронды машиналарда бір-бірінен қатты ерекшеленетін және бастапқы қозғалтқыштың негізгі типімен анықталатын өзіндік құрылымдардың пайда болуына алып келді. Құрылымы бойынша ірі синхронды машиналар турбогенераторларға, гидрогенераторларға, дизель-генераторларға, синхронды компенсаторларға және синхронды қозғалтқыштарға бөлінеді.



1 – генератордың якор орамасы, 2 – генератордың роторы, 3 – қоздыру орамасы, 4 – сақина 5 – щеткалар, 6 – кернеу реттегіш, 7 – қоздырғыш, 8 – түзеткіш, 9 – қоздырғыш роторы, 10 – қоздырғыш якорының орамасы, 11 – қоздырғыштың қоздыру орамасы, 12 – қосымша қоздырғыш, 13 – қосымша қоздырғыштың қоздыру орамасы

1.6 сурет – Синхронды машиналарды қоздыру сұлбасы

1.4 Артықшылығы мен кемшілігі

Синхронды электрқозғалтқыштарда асинхронды құрылымға қарағанда күрделі құрылымы бар, бірақ кейбір артықшылықтары бар.

Бұл агрегаттардың негізгі жақсы сапасы реактивті энергияның оңтайлы режимін ұстап тұру қабілеті болып табылады. Қозғалтқыш тогының күшін автоматты реттеуге байланысты, ол реактивті энергияны бермей, пайдаланбай жұмыс істейді, қуат коэффициентінің мәні 1-ге тең болады. Егер реактивті энергия қажет болса, ол синхронды мотор арқылы өндіріледі. Бұл қозғалтқыштарға желідегі ең жоғары моментке тең болуы еш қорқыныш тудырмайды. Алкритикалық моменттің мәні кернеу квадратына тең.

Агрегат білікке қысқа жүктеме қажет болған жағдайда токтың автоматты түрде жоғарылауымен арттыруға болатын үлкен жүктелімге шыдайды. Ол жүктемеге тәуелсіз тұрақты айналу жылдамдыққа ие. Үшфазалы синхронды қозғалтқыш қарапайым асинхронды механизмнен күрделі механизміне байланысты қымбат.

Тағы бір кемшілігі-түзеткіш немесе арнайы қоздырғыш атқаратын тұрақты энергия көзінде қажеттіліктік болуы.

1.5 Қолдану аймағы

"Синхронды" деп аталатын айнымалы токтың электр машиналары бар, онда ротор және статор тогының магнит өрісі синхронды, яғни бір жылдамдықпен айналатын болады. Егер статор тогының жиілігі тұрақты болса, онда ротор да қатаң тұрақты бұрыштық жылдамдықпен айналады. Барлық электр машиналары сияқты синхронды машиналар қайтымды: олар генератор мен қозғалтқыш режимдерінде жұмыс істей алады. Қазіргі уақытта және таяудағы онжылдықта электр энергиясының негізгі көздері жылу, атом және гидроэлектр станцияларындағы синхронды генераторлар болып қалады).

2 Негізгі өлшемдерді анықтау

2.1 Номинал өлшемдер

Кез келген басқа да электр машиналарын жобағандай, синхронды машиналарды жобалау кезінде де негізгі өлшемдерді таңдау алудан бастаймыз. Ең бірінші бұл үшін керек номинал параметрлерді анықтау керек.

Номинал фазалық кернеу (статордың орамалары «жұлдызша» етіп жалғанады деп есептейік):

$$U_{\text{нф}} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3}} = \frac{6000}{\sqrt{3}} = 3464.1 \text{ В}; \quad (2.1)$$

Толық номинал қуат:

$$S_n = \frac{P_n}{\eta_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{560 \cdot 10^3}{0.952 \cdot 0.9} = 653.6 \cdot 10^3 \text{ ВА}; \quad (2.2)$$

мұндағы P_n – активті номинал қуат, Вт;
 $\cos \varphi_n = 0.9$ – қуаттың коэффициенті;
 η_n – синхронды қозғалтқыштың ПӘК.

Машинаның номиналды көрсеткіштеріне сәйкес 10.3 кесте бойынша [1] $\eta_n = 0.952$ деп қабылдаймыз.

Номинал фазалық ток:

$$I_{нф} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{653.6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 62.89 \text{ А}; \quad (2.3)$$

Полюс жұптарының саны:

$$p = \frac{60 \cdot f}{n_n} = \frac{60 \cdot 50}{1000} = 3; \quad (1.4)2$$

Есептелген қуат:

$$S' = k_E \cdot S_n = 1.05 \cdot 653.6 \cdot 10^3 = 686.3 \cdot 10^3 \text{ ВА}; \quad (2.5)$$

мұндағы k_E – номинал жүктеме кезіндегі номинал жүктемеге ЭҚК зәкіріндегі қатынас ретінде берілетін коэффициент.

Синхронды қозғалтқыш жұмысы кезінде $\cos \varphi = 0.9$ озушы токқа ие болғанда, k_E 1.05 - 1.06 аралықтарында қабылдауға болады. $k_E = 1.05$ тең деп қабылдаймыз.

2.2 Статордың өлшемдері

$p=3$ үшін алдын-ала статордың ішкі диаметрін табамыз, $D=0.605$ м. 10.8 [1] суреті бойынша $S'=686.3 \cdot 10^3$ ВА, статордың сыртқы диаметрі (10.3) [1] бойынша:

$$D_a = k_D \cdot D = (1.4 \div 1.45) \cdot 0.605 = 0.847 \div 0.877 \text{ м}; \quad (2.6)$$

мұндағы k_D - 10.6 [1] кестесі бойынша полюстердың санына тәуелді болатын коэффициент, оның мәні $k_D = 1.4 \div 1.45$.

Жақындағы мөлшерленген статордың сыртқы диаметрі 10.7 [1] кестесі бойынша $D_a = 850$ мм (14- габарит).

Ось айналуының биіктігі $h = 500 \text{ мм} = 0.5 \text{ м}$ тең.
Полюстік бөлу:

$$\tau = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot p} = \frac{3.14 \cdot 0.605}{2 \cdot 3} = 0.317 \text{ м}; \quad (2.7)$$

Статордың есептелген ұзындығы. 100 кВт-тан асатын қуаттағымашиналар үшін $B_{\text{dдн}}$ индукциясын және A сызықтың жүктемесін 10.9 [1] суреті арқылы таңдаймыз. 6000 В номинал кернеу кезінде.

$p = 3$ тең кезінде табатынымыз: $B_{\text{dдн}} = 0.72 \text{ Тл}$, $A = 475 \cdot 10^2 \text{ А/м}$.
Берілетіні: $aa_{\text{dd}} = 0.65$, $k_B = 1.2$, $aa_{\text{dd}} \cdot k_B = 0.78$, $k_{\text{обм}} = 0.92$.

$$l_{\delta} = \frac{6.1 \cdot S}{\alpha_{\delta} \cdot k_B \cdot k_{\text{обм}} \cdot A \cdot B_{\text{ддн}} \cdot D^2 \cdot n_n} = \frac{6.1 \cdot 686.3 \cdot 10^3}{0.78 \cdot 0.92 \cdot 47500 \cdot 0.72 \cdot 0.605^2 \cdot 1000} = 0.466 \text{ м}; \quad (2.8)$$

$k_{\text{обм}}$ – статор орамасының орам коэффициенті;

A – статордың желілік жүктемесі, А/м;

aa_{dd} – полюс жабынының есептелетін коэффициенті;

k_B – өріс түрінің коэффициенті;

$B_{\text{dдн}}$ – номинал жүктеме кезіндегі ауа саңылауында болатын индукцияның максимал мәні, Тл.

(10.6) [1] бойынша II табамыз:

$$\lambda = \frac{l_{\delta}}{\tau} = \frac{0.466}{0.317} = 1.471; \quad (2.9)$$

$p=3$ кезіндегі қисығымен 10.11 суреті бойынша алынған II мәні рұқсат етілген шекте болатындығын анықтаймыз.

Статордың нақты мәні кезіндегі ұзындығы:

$$l_1 = 1.05 \cdot l_{\delta} = 1.05 \cdot 0.466 = 0.49 \text{ м}; \quad (2.10)$$

$b_k = 0.01 \text{ м}$ арна ені кезінде желдеткіш арналар саны анықталады:

$$n_k = \frac{l_1 - l_{\text{пак}}}{l_{\text{пак}} + b_k} = \frac{0.49 - (0.04 \div 0.05)}{(0.04 \div 0.05) + 0.01} = 8.99 \div 7.32; \quad (2.11)$$

$n_k = 8$ деп қабылдап аламыз.

Пакеттің ұзындығы:

$$l_{\text{пак}} = \frac{l_1 - n_{\kappa} \cdot b_{\kappa}}{n_{\kappa} + 1} = \frac{0.49 - 8 \cdot 0.01}{8 + 1} = 0.045 \text{ м}; \quad (2.12)$$

Өзекше пакеттерінің қосынды ұзындығы:

$$l_{\text{ст1}} = l_{\text{пак}} \cdot (n_{\kappa} + 1) = 0.045 \cdot (8 + 1) = 0.409 \text{ м}; \quad (2.13)$$

2.3 Статордың тістік аймағы

Синхронды машинаның статорларында көп орамалы қатушкалардан және паздағы тиімді өткізгіштер саны екіден аспайтын толқынды ораулардан тұратын ілгекті орамалар пайдаланылады. Толқынды орауларды пайдалану паралель тармақ токтары 1000А асқан кезде белгілі артықшылықтарға ие болады. Жалпы мақсаттарға арналған синхронды машиналардың статорлары үшін паздағы тиімді өткізгіштер саны екіден аспайтын екі қабат катушкалы ілгекті орамалар пайданылады.

Статордың орамаларның паралель тармақтарының саны:

$$I_{\text{нф}} = 62.96 \text{ А} < 200 \text{ А кезде, } a=1.$$

16. $t = 0.317$ кезінде тішелерге бөлінуі. 10.13суретінің [1] қисықтары бойынша алынған:

$$t_{1\text{min}} = 0.024 \text{ м},$$

$$t_{1\text{max}} = 0.029 \text{ м};$$

17. Статордың магнит сымдарының паздарының максимал саны:

$$z_{1\text{max}} = \frac{\pi \cdot D}{t_{1\text{min}}} = \frac{3.14 \cdot 0.605}{0.024} = 79.194; \quad (2.14)$$

Статордың магнит сымдарының паздарының минимал саны:

$$z_{1\text{min}} = \frac{\pi \cdot D}{t_{1\text{max}}} = \frac{3.14 \cdot 0.605}{0.029} = 65.54; \quad (2.15)$$

Статордың магнит сымдары пазының саны:

D_a диаметр 990 мм-ден аспаған жағдайда, статорды сегмент емес түрінде қарастырамыз. Паз санының диапазоны бойыншап төмендегі берілген талаптарды қанағаттандыратын Z_1 санын таңдаа аламыз. $Z_1=72$ деп қабылдап аламыз.

1) фазалар санына m және $\square\square$ паралельдік тармақтар санына Z_1 еселі

болуы қажет, яғни $q_1 = \frac{Z_1}{ma} = \text{бүтін сан} \Rightarrow \frac{72}{3 \cdot 1} = 24$;

2) полюстер мен фазаларға тиісті паздардың саны:
 $q_1 = \frac{Z_1}{2pm} = \text{бүтін немесе бөлшек сан } q_1 = b + \frac{c}{d}$, мұндағы d m -ге еселі бола

алмайды және полюстер жұбының санынан аз болуы тиіс, $q_1 = \frac{72}{2 \cdot 3 \cdot 3} = 4$;

Паралель тармақ саны мен полюстер саны төменгі қатынаспен байланысты болуы қажет: $\Rightarrow \frac{2 \cdot p}{a} = \text{бүтін}$;

q_1 – бүтін сан болған кезде: $\Rightarrow \frac{2 \cdot p}{ad}$ бүтін сан;

q_1 – бөлшек сан болған кезде $\Rightarrow \frac{2 \cdot 3}{1}$ бүтін сан.

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D}{z_1} = \frac{3.14 \cdot 0.605}{72} = 0.026 \text{ м}; \quad (2.16)$$

Паздардағы тиімді өткізгіштердің саны:

$$U_n = \frac{\pi \cdot a \cdot D \cdot A}{Z_1 \cdot I_{\text{нф}}} = \frac{3.14 \cdot 1 \cdot 0.605 \cdot 47500}{72 \cdot 62.89} = 19.94 \approx 20; \quad (2.17)$$

Табылған мән арқылы U_n желілік жүктемені нақтылаймыз:

$$A = \frac{Z_1 \cdot U_n \cdot I_{\text{нф}}}{\pi \cdot a \cdot D} = \frac{72 \cdot 20 \cdot 62.89}{3.14 \cdot 1 \cdot 0.605} = 47649 \frac{\text{А}}{\text{м}}. \quad (2.18)$$

2.4 Статордың паздары мен орамалары

Паздың ені (алдын ала алынған):

$$b_{\text{п1}} = 0.494 \cdot t_1 = 0.494 \cdot 0.026 = 0.013 \text{ м}; \quad (2.19)$$

статордың орамасының тиімді өткізгішінің көлденең қимасы:

$$q_{\text{эф}} = \frac{I_{\text{нф}}}{a \cdot J_1} = \frac{62.89}{1.5.67 \cdot 10^6} = 11.1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2; \quad (2.20)$$

мұндағы J_1 – токтың рұқсат берілген шектегі тығыздығы;

$$J_1 = \frac{AJ_1}{A} = \frac{2700 \cdot 10^8}{47500} = 5.67 \cdot 10^6 \frac{A}{m^2} \quad (2.21)$$

Мұндағы $AJ_1=2700 \cdot 10^8$ - $tt=0.317$ м кезде 10.16 [1] суреті бойынша анықталады.

Оқшауланған өткізгіштің ені:

$$b'_{оқ} = b_{п1} - b_{оқ,п} = 0,013 - 0,0047 = 0,0083 \text{ м.} \quad (2.22)$$

Өнеркәсіпте шығарылатын 100 кВт және одан жоғары синхронды машиналарында В кластағы қызуға төзімді үздіксіз оқшаулағыштар қолданылады, арнайы 3.5 [1] кестесінде мәліметтер берілген. $U_n=6$ кВ кезінде оқшаулағыштың екі жағындағы қалыңдығы $d_{оқ,п} = 4.7$ мм мм құрайды.

Статордың орамаларыөткізгіштерінің өлшемдері. Тиімді өткізгішті бір ғана қарапайым ($q_{\phi}=11.1 \text{ мм}^2 < 18 \text{ мм}^2$) сымнан тұрады деп қабылдаймыз. $U_n=6000$ кезінде сымның маркасы В - ПЭТВСД. Оқшаулағыштың екі жағының қалыңдығы 0,5 мм. ПЗ. 4 кестесі бойынша мыс өткізгіштің өлшемі $a_1 \times b_1=1.5 \times 8$ мм, $q_{\phi}=11.79 \text{ мм}^2$, $a_{оқ1} \cdot b_{оқ1} = 2 \cdot 8,5$.

Паздың ені (нақтыланған):

$$b_{п1} = n_{ш} + \delta_{оқ1} + \delta_{р,ш} + \delta_{р,ш} = 1 \cdot 8.5 + 4.7 + 0.05 + 0.2 = 13.5 \text{ мм.} \quad (2.23)$$

мұндағы $n_{ш}=1$ – паз ені бойынша қарапайым өткізгіштер саны;

$d_{оқ,п} = 4.7$ мм - паздың екі жақты қалыңдығы;

$dd_{р,ш}=0.05 \cdot n_{ш}$ - оқшаулағыштың рұқсат берілген ісінуі;

$dd_{ш}=0.2$ мм - қалануына технологиялық рұқсат берілуі;

Паз биіктігі:

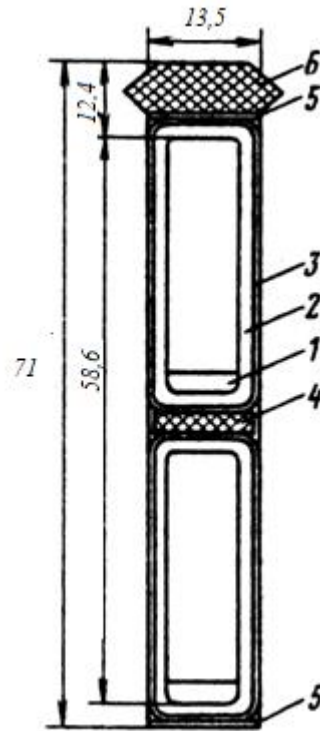
$$h_{п1} = U_n \cdot n_{в} \cdot a_{1оқ} + \Sigma \delta_{оқ1} + h_c + \delta_{р,в} + \delta_{в};$$

$$h_{п1} = 20 \cdot 1 \cdot 2 + 12,4 + 5 + 0,05 \cdot 1 \cdot 20 + 0,2 = 58.6 \text{ мм;} \quad (2.24)$$

Мұндағы $h_c = 4 - 5$ мм– сынаның биіктігі; $a_{1оқ} = 12,4$ мм- 3.5 [1] кестесі бойынша паз биіктігінің оқшаулағышының қосынды қалыңдығы;

$dd_{р,в}=0.05 \cdot n_{в} \cdot U_n$ – ісінуге рұқсат берілген шегі;

$dd_{в}=0.2$ мм – қалануына рұқсат берілген шегі;



2.1 сурет – Ойықтың эскизі

Статор орамасындағы өткізгіштегі ток тығыздығы:

$$J_1 = \frac{I_{\text{нф}}}{a \cdot q_{\text{эф}}} = \frac{62.89}{1 \cdot 11.79 \cdot 10^{-6}} = 5.3 \cdot 10^6 \frac{\text{А}}{\text{М}^2}; \quad (2.25)$$

Тістегі индукцияны тексеру (шамамен):

$$B_{z1} = \frac{B_{\delta\text{н}} \cdot t_1 \cdot t_{\delta}}{(t_1 - b_{\text{н}1}) \cdot t_{\text{ст}1} \cdot k_{\text{тол}}} = \frac{0.72 \cdot 0.026 \cdot 0.466}{(0.026 - 0.0135) \cdot 0.409 \cdot 0.93} = 1.797 \text{ Тл}; \quad (2.26)$$

мұндағы $k_{\text{тол}} = 0.93$ – болаттың пакетті толтыру коэффициенті (2.1 кесте) [1].

Индукция B_{z1} 1.6 ÷ 2 Тл шекте жатады, шартты қанағаттандырады. Статор мойынтірегіндегі индукцияны тексеру (шамамен):

$$B_{z1} = \frac{\alpha_{\delta} \cdot B_{\delta\text{н}} \cdot \tau \cdot t_{\delta}}{2 \cdot h_a \cdot t_{\text{ст}1} \cdot k_{\text{тол}}} = \frac{0.65 \cdot 0.72 \cdot 0.317 \cdot 0.466}{2 \cdot 0.0604 \cdot 0.409 \cdot 0.93} = 1.42 \text{ Тл}; \quad (2.28)$$

мұндағы $h_a = \frac{D_a - D}{2} - h_{n1} = \frac{0,85 - 0,605}{2} - 0,059 = 0,064$ м – статор арқалығының биіктігі.

B_a рұқсат етілген шектерде болады ($B_a = 1.2 \square 1.45$ Тл).

Паз оқшауламасындағы температураның түсуі:

$$\Delta\vartheta_{\text{ок}} = \frac{J_1 \cdot A \cdot k_\phi}{4,2 \cdot 10^{11}} \cdot \frac{t}{2 \cdot (b_{n1} + h_{n1} - h_k)} \cdot \frac{0,5 \cdot \delta_{\text{ок,п}}}{\lambda_{\text{ок}}} = 14^\circ\text{C} < 35^\circ\text{C}; \quad (2.29)$$

мұндағы $k_\phi = 1.1$ – қосымша шығынның коэффициенті; $\delta_{\text{ок,п}} = 2.2 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м·С) – монолит құймасына байланысты оқшауламаның жылуөткізгіштігі.

Паздық оқшауламасындағы температураның градиенті:

$$\Delta\vartheta'_{\text{ок}} = \frac{\Delta\vartheta_{\text{ок}}}{0,5 \cdot \delta_{\text{ок,п}}} = \frac{14}{0,5 \cdot 0,0047} = 5956,6^\circ\text{C/м}; \quad (2.30)$$

Жүргізілген тексеру көрсеткендей, паз өлшемдері дұрыс таңдалған.

Статор орамаларфазаларының орамдары:

$$\omega_1 = 2 \cdot p \cdot q_1 \cdot \frac{U_n}{2} \cdot \frac{1}{a} = 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \frac{20}{2} \cdot \frac{1}{1} = 240; \quad (2.31)$$

Орама қадамы:

$$y_1 = (0,8 \div 0,86) \cdot \tau_n = (0,8 \div 0,86) \cdot 12 = 10; \quad (2.32)$$

мұндағы $t\tau_n = 3 \cdot q_1 = 3 \cdot 4 = 12$;

$$\beta = \frac{y_1}{\tau_n} = \frac{10}{12} = 0,83 < 1.$$

Қадамды қысқарту коэффициенті:

$$k_y = \sin \frac{\pi}{2} \cdot \frac{y_1}{\tau_n} = \sin \frac{3,14}{2} \cdot \frac{10}{12} = 0,966; \quad (2.33)$$

Статор орамасының таралу коэффициенті:

$$k_p = \frac{0.5}{q_1 \cdot \sin \frac{\pi}{6 \cdot q_1}} = \frac{0.5}{4 \cdot \sin \frac{3.14}{6 \cdot 4}} = 0.958; \quad (2.34)$$

Орамалық коэффициент:

$$k_{op1} = k_y \cdot k_p = 0.966 \cdot 0.958 = 0.925. \quad (2.35)$$

2.5 Ауа саңылауы мен ротор полюстері

Ауа саңылауы негізінен машинаның техникалық-экономикалық көрсеткіштерін анықтайды. Саңылауды ұлғайтқан кезде полюстердің өлшемдері, қоздыру орамалары және осы орамадағы шығындар өседі. Басқа жағынан, аз саңылаулар болғанда полюстік ұштықтардың бетіндегі қосымша шығындар ұлғаяды, сонымен қатар оны статор берген кезде ротордың деформация түсу қаупі артады. Синхронды машиналардың момент пен қуат бойынша қысқа мерзімді жүктелу мүмкіндігі саңылауға тәуелді болады.

Бәрімізге белгілі, P_m мен $M_m X_d$ бойлық осі бойынша синхронды индуктивті кедергіге үлкен ықпал етеді. Саңылау үлкен болған сайын, X_d кішкене болады, ал M_m/M мен P_m/P соғұрлым көп болады. Берілген қатынастан шығатыны $M_m/M=1.75$ 10.18 [1] сурет бойынша $x_{d*}=1.9$ табамыз.

Ауа саңылауының жуықталған мәні:

$$\delta = 0.28 \cdot \frac{A}{B_{\delta o}} \cdot \frac{\tau}{x_{d*}} \cdot 10^{-6} = 0.28 \cdot \frac{47500}{0.684} \cdot \frac{0.317}{1.9} \cdot 10^{-6} = 3.26 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (2.36)$$

мұндағы $B_{dd0}=0.95 \cdot B_{ddH}=0.95 \cdot 0.72=0.684$ Тл – бос жүріс кезіндегі саңылаудағы максимал индукция.

Ауа саңылауын полюстің ортасымен 0,0034 м (3,4 мм) қабылдаймыз. Саңылау полюс шетімен $dd_m=1.5 \cdot dd=1.5 \cdot 3.36=4.76$ мм:

$$\delta' = \delta + \frac{\delta_m - \delta}{3} = 0.00326 + \frac{0.00476 - 0.00356}{3} = 0.0037 \text{ м}; \quad (2.37)$$

Полюс ұштығының ені:

$$b_p = \alpha \cdot \tau = 0.7 \cdot 0.317 = 0.222 \text{ м}; \quad (2.38)$$

мұндағы $aa=0,7$ – полюсті жабу коэффициент § 10.9 [1] бойынша. Полюс ұштығындағы доғаның радиусы:

$$R_p = \frac{D}{2 + 8 \cdot D \cdot \frac{\delta_m - \delta}{b_p^2}} = \frac{0.605}{2 + 8 \cdot 0.605 \cdot \frac{0.00476 - 0.00326}{0.222^2}} = 0.281 \text{ м}; \quad (2.39)$$

Полюс ұштығының биіктігі 0.317 м кезінде 10.9 кесте бойынша: $h_p=0.4$ м.
Полюстің өзекшесінің және полюстік ұштықтың ұзындығы:

$$l_m = l_p = l_1 - 0.01 = 0.489 - 0.01 = 0.479 \text{ м}; \quad (2.40)$$

Полюстің өзекшесінің есептік ұзындығы:

$$l'_m = l_m + l_f = 0.479 + 0.02 = 0.499 \text{ м}; \quad (2.41)$$

мұндағы $l_f=0.02$ м – полюстің бір маңдайының қалыңдығы.
Полюс өзекшесінің алдын-ала биіктігі:

$$h_m = 0.472 \cdot b_p = 0.472 \cdot 0.222 = 0.105 \text{ м}; \quad (2.43)$$

Полюстердің шашырау коэффициенті:

$$\sigma_m = 1 + k \cdot \frac{0.35 \cdot \delta}{\tau^2} = 1 + 8.55 \cdot \frac{0.35 \cdot 0.0032}{0.317^2} = 1.095; \quad (2.44)$$

мұндағы $k=8.55$ – полюстік ұштықтың биіктігінен тәуелді болатын коэффициент.

Полюстік өзекшенің ені. Берілгені $B_m=1.43$ Тл, $k_{cp}=0.95$ - 1 мм табағының қалыңдығы кезінде болатпен полюсты толтыру коэффициенті (полюстер 1 мм қалыңдықтағы болаттан жасалады).

$$b_m = \frac{\alpha_\delta \cdot B_{\delta n} \cdot \tau \cdot l_\delta}{B_m \cdot k_{cp} \cdot l_m} \cdot \sigma_m = \frac{0.65 \cdot 0.72 \cdot 0.317 \cdot 0.466}{1.43 \cdot 0.95 \cdot 0.499} \cdot 1.105 = 0.111 \text{ м}, \quad (2.45)$$

$$g_p = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{60} = \frac{3.14 \cdot 0.605 \cdot 1000}{60} = 31.68 \leq 30 \text{ М/с};$$

Ротордың мойынтірегінің ұзындығы:

$$t_j = t_m + \Delta t_c = 0.479 + 0.12 = 0.599 \text{ м}; \quad (2.46)$$

Ротордың мойынтірегінің минамал ұзындығы:

$$h_j = \frac{\alpha_\delta \cdot B_{\delta_n} \cdot \tau \cdot t_\delta \cdot \sigma_m}{2 \cdot B_j \cdot t_j} = \frac{0.65 \cdot 0.72 \cdot 0.317 \cdot 0.466}{2 \cdot 1.2 \cdot 0.599} \cdot 1.105 = 0.048 \text{ м}; \quad (2.48)$$

$B_j = 1.2$ Тл тең деп қабылданған, h_j сызба бойынша нақтыланады.

2.6 Демпферлік орама

Демпферлік (іске қосу) ораманы ротордың полюсті ұштықтарының пазаларында орналастырады. Осы орамалар асинхронды іске қосу және ротордың тербелісін орнықтару үшін керек. Демпферлік ораманы есептеу орамалар өзекшелерінің саны мен мөлшерін, сонымен қатар қысқа тұйықталатын сегменттердің шамасын табу болып саналады.

Демпферлік ораманы есептеу орамалардың стержендері өлшемдері мен санын анықтаумен байланысты, сонымен бірге қысқатұйықталатын сегменттер өлшемдерімен байланысты. Қысқа тұйықталу сегменттері барлық стержендерді полюстің шетінен тұйықтайды және сақина тудыра отыра, көршілес полюстердің сегменттерімен жалғанады. Осы жағдайда демпферлік орама бойлық-көлденең орама деп аталады. Егер де көршілес полюстердің сегменттері жалғанбаған болса, онда орама бойлық орама деп аталады. Көп жағдайда, бойлық-көлденең орамалар жиі пайдаланылады. Стержендер мыстан немесе дөңгелек қималы жезден жасалады. Көп жағдайда іске қосу орамасын мыс өзекшелерден жасайды.

Полюстегі іске қосу орамасының стержендер саны $N_c = 7$.

Іске қосу орамаларының стержендерінің көлденең қимасы:

$$q_c = \frac{(0.25 \div 0.35) \cdot \tau \cdot A}{N_c \cdot J_1} = \frac{(0.25 \div 0.35) \cdot 0.317 \cdot 47500}{7 \cdot 5.33 \cdot 10^6} = 121 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2; \quad (2.49)$$

Стержендер диаметрі (жезжен жасалған):

$$d_c = 1.13 \cdot \sqrt{q_c} = 1.13 \cdot \sqrt{121 \cdot 10^{-6}} = 0.0124 \text{ м}; \quad (2.50)$$

$d_c = 125 \cdot 10^{-3}$ таңдаймыз, сол кезде $q_c = 122 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

Ротордағы тістік қадам:

$$t_2 = \frac{b_p - d_c - 2 \cdot z}{N_c - 1} = \frac{0.222 - 0.0125 - 2 \cdot 0.036}{7 - 1} = 0,023 \text{ м}; \quad (2.51)$$

$Z=0.036$ м тең деп қабылдаймыз - шеткі стержен мен полюстік ұштықтың шеті арасындағы арақашықтық.

Шартты тексереміз:

$$\begin{cases} t_2 \geq 0.8 \cdot t_1 \\ (N_c - 1) \cdot \left(1 - \frac{t_2}{t_1}\right) > 0.75 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0.023 > 0.8 \cdot 0.026 = 0.021 \\ (7 - 1) \cdot \left(1 - \frac{0.023}{0.026}\right) = 0.801 > 0.75 \end{cases} \quad (2.52)$$

Ротор паздарын дөңгелек, жартылай жабықты таңдаймыз.

Ротор пазының диаметрі:

$$d_s = d_c + 0.0001 = 0.0125 + 0.0001 = 0.0126 \text{ м}; \quad (2.53)$$

Паздың ашылуы $b_s \times h_s = 4 \times 2$ мм.

Стерженнің ұзындығы:

$$l_c = l_p + 0.3 \cdot \tau = 0.479 + 0.34 \cdot 0.317 = 0.574 \text{ м}; \quad (2.54)$$

Қысқа тұйықталатын сегменттің қимасы:

$$q_{\text{қ.т.}} = b_{\text{қ.т.}} \cdot h_{\text{қ.т.}} = 0,5 \cdot N_c \cdot q_c = 0,5 \cdot 7 \cdot 122 \cdot 10^{-6} = 428,28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2. \quad (2.55)$$

ПЗ.4 кесте бойынша тікбұрышты мысты 8×55 мм ($q_{\text{қ.т.}} = 429,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$) таңдаймыз.

3 Магнит тізбегін есептеу

Магнит тізбегін есептеу бос жүрісінде машинаның Φ магнит ағынын тудыру үшін керек болатын F_{f_0} қоздыру орамасының МҚК анықтау үшін жүргізіледі. Ротор айналғанда кезде осы ағын статор орамасында ЭҚК алып келеді. Осылайша магниттік тізбегін есептеу арқылы бос жүріс сипаттамасы деп аталатын $E=f(F_{f_0})$ тәуелділік тұрғызылуы мүмкін.

Статордың магнитөткізгіштері үшін 1511 (МемСт 214273-75) қалыңдығы 0.5 мм болатын болатты таңдаймыз. Ротордың жолағын қалыңдығы 1 мм болатын Ст3 болаттан орындайды. Магнит дөңгелектің шетіне полюстерді бекіту

түйреуіш пен гайканың көмегімен жүзеге асырады.

Саңылаудағы магнит ағыны:

$$\Phi = \frac{E_1}{4 \cdot k_B \cdot f \cdot w_1 \cdot k_{op1}} = \frac{E_1}{4 \cdot 1,15 \cdot 50 \cdot 240 \cdot 0,925} = 0,196 \cdot 10^{-4} \cdot E_1; \quad (3.1)$$

мұндағы w_1 – статор орамының саны;

k_{op1} – статор фазаларының орамалық коэффициенті;

f - жиілік, Гц;

$k_B=1.15$ – өріс түрінің коэффициенті, $dd_m/dd=1.4$ кезінде 10.21 [1] сурет бойынша табылған.

$$\frac{\delta}{\tau} = 0.01$$

Статордың есептің ұзындығы (нақтыланған):

$$l_\delta = l_1 - b'_k \cdot n_k + 2 \cdot \delta' = 0.489 - 0.0039 \cdot 8 + 2 \cdot 0.0037 = 0.466 \text{ м}; \quad (3.2)$$

мұндағы $b'_k = \gamma' \cdot \delta = 1.22 \cdot 0.0032 = 0.0039 \text{ м};$

$$\gamma' = \frac{(b_k / \delta)^2}{5 + b_k / \delta} = \frac{(0.01 / 0.0032)^2}{5 + 0.01 / 0.0032} = 1.22$$

Ауа саңылауының индукциясы:

$$B_\delta = \frac{\Phi}{\alpha_\delta \cdot \tau \cdot l_\delta} = \frac{0.196 \cdot 10^{-4}}{0.66 \cdot 0.317 \cdot 0.466} \cdot E_1 = 2.01 \cdot 10^{-4} \cdot E_1 \text{ Тл}; \quad (3.3)$$

статордың ауа саңылауындағы коэффициенті:

$$k_{\delta 1} = \frac{t_1 + 10 \cdot \delta'}{t_1 - b_{nl} + 10 \cdot \delta'} = \frac{2.6 \cdot 10^{-2} + 10 \cdot 0.0037}{(2.6 - 1.3) \cdot 10^{-2} + 10 \cdot 0.0037} = 1.27; \quad (3.4)$$

ауалық саңылаудың коэффициенті:

$$k_\delta = k_{\delta 1} \cdot k_{\delta 2} = 1.27 \cdot 1.072 = 1.36; \quad (3.5)$$

Ауалық саңылаудың магниттік түйісуі:

$$F_{\delta} = \frac{1}{\mu_0} \cdot B_{\delta} \cdot \delta \cdot k_{\delta} = \frac{1 \cdot 2.01 \cdot 10^{-4} \cdot 0.32 \cdot 10^{-2} \cdot 1.36 \cdot E_1}{1.25 \cdot 10^{-6}} = 0.69 \cdot E_1; \quad (3.6)$$

Статор тісінің ені оның тәжінен $1/3 h_{n1}$ биіктікте:

$$b_{z1/3} = t_{z1/3} - b_{n1} = 0.0281 - 0.013 = 0.0147 \text{ м}, \quad (3.7)$$

мұндағы $t_{z1/3} = \frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot h_{n1} / 3)}{Z_1} = \frac{3.14 \cdot (0.605 + 2 \cdot 0.059 / 3)}{72} = 0.0281 \text{ м};$

$1/3 h_{n1}$ биіктіктегі тістің қимасындағы индукция:

$$B_{z1} = \frac{B_{\delta} \cdot t_1 \cdot t_{\delta}}{b_{z1/3} \cdot t_{cr1} \cdot k_c} = \frac{2.01 \cdot 10^{-4} \cdot 0.026 \cdot 0.466}{0.0147 \cdot 0.409 \cdot 0.93} \cdot E_1 = 4.43 \cdot 10^{-4} \cdot E_1; \quad (3.8)$$

Статор тістерінің магниттік кернеуі:

$$F_{z1} = h_{n1} \cdot H_{z1} = 0.059 \cdot H_{z1}; \quad (3.9)$$

Статор арқалығының индукциясы:

$$B_a = \frac{\Phi}{2 \cdot t_{cm1} \cdot h_a \cdot k_c} = \frac{0.196 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0.409 \cdot 0.064 \cdot 0.93} \cdot E_1 = 4.03 \cdot 10^{-4} \cdot E_1; \quad (3.10)$$

Статор арқалығының магниттік кернеуі, А:

$$F_a = \xi \cdot L_a \cdot H_a = \xi \cdot 0.206 \cdot 10^{-2} H_a = 0.206 \cdot \xi \cdot H_a; \quad (3.11)$$

Статор арқалығындағы магнит желісінің ұзындығы:

$$L_a = \frac{\pi \cdot (D_a - h'_a)}{4 \cdot p} = \frac{3.14 \cdot (0.8 - 0.064)}{4 \cdot 3} = 0.206 \text{ м}; \quad (3.12)$$

Ротор тісінің биіктігі:

$$h_{z2} = h_s + d_s = 2 \cdot 10^{-3} + 13 \cdot 10^{-3} = 0.015 \text{ м}; \quad (3.13)$$

$\frac{h_{z2}}{3}$ биіктігі бойынша оның тәжінен ротор тісінің ені:

$$b_{z2\frac{2}{3}} = \frac{D - 2 \cdot \delta - \frac{2}{3} \cdot h_{z2}}{D - 2 \cdot \delta} \cdot t_2 - 0.94 \cdot d_s = \frac{0.605 - 2 \cdot 0.032 - \frac{2}{3} \cdot 0.015}{0.605 - 2 \cdot 0.032} \cdot 0.023 - 0.94 \cdot 0.013 = 0.011 \text{ м} \quad (3.14)$$

Ротор тісіндегі индукция:

$$B_{z2} = \frac{B_\delta \cdot t_2 \cdot t_\delta}{b_{z2\frac{2}{3}} \cdot t_p \cdot k_{cp}} = \frac{2.01 \cdot 10^{-4} \cdot 2.3 \cdot 0.47}{0.11 \cdot 0.479 \cdot 0.95} \cdot E_1 = 4.415 \cdot 10^{-4} \cdot E_1; \quad (3.15)$$

Ротор тісінің магниттік кернеуі:

$$F_{z2} = h_{z2} \cdot H_{z2} = 0.015 \cdot H_{z1}; \quad (3.16)$$

Полюстер өзекшесінің ішкі беттерінің арасындағы шашыраудың меншікті магнит өткізгіштігі:

$$\begin{aligned} \lambda_{ms} &= \frac{0.55 \cdot h_m \cdot 10^{-6}}{\tau - b_m - \frac{\pi}{2p} \cdot (h_m + 2 \cdot h_p + 2 \cdot \delta)} = \\ &= \frac{0.55 \cdot 11 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-6}}{0.317 - 0.11 - \frac{3.14}{2 \cdot 3} \cdot (0.105 + 2 \cdot 0.04 + 2 \cdot 0.032)} = 0.547 \cdot 10^{-6}; \end{aligned} \quad (3.17)$$

Полюстік ұштықтардың ішкі беттері арасындағы меншікті магниттік өткізгіштігі:

$$\lambda_{pi} = \left[1.4 \cdot \left(\frac{d_t}{a'_p} - 0.25 \right) + 0.55 \cdot \left(\frac{c_p}{a'_p} + 0.2 \right) - 0.4 \cdot \left(\frac{c_p}{a'_p} - 0.5 \right)^2 \right] \cdot 10^{-6} = 0.61 \cdot 10^{-6}; \quad (3.18)$$

Мұндағы $c_p = \frac{b_p - b_m}{2} = 0.055 \text{ м};$;

$$\begin{aligned} d_t &= h_p + \delta - \frac{b_p^2}{4 \cdot D} = (4 + 0.32) \cdot 10^{-2} - \frac{22.2^2}{4 \cdot 60.5} \cdot 10^{-2} = 0.023 \text{ м}; \\ a'_p &= \tau - b_p - \frac{\pi \cdot d_t}{p} = 0.071 \text{ м}; \end{aligned}$$

Шеткі беттер арасындағы шашыраудың меншікті магниттік өткізгіштігі:

$$\lambda_{mb} = 0.37 \cdot \frac{b_m}{l'_m} \cdot 10^{-6} = 0.37 \cdot \frac{0.111}{0.499} \cdot 10^{-6} = 0.0826 \cdot 10^{-6}; \quad (3.19)$$

Ағын үшін меншікті магниттік өткізгіштік:

$$\lambda_{m\sigma} = \lambda_{m_i} + \lambda_{p_i} + \lambda_{m_b} = 0.547 \cdot 10^{-6} + 0.61 \cdot 10^{-6} + 0.0826 \cdot 10^{-6} = 1.235 \cdot 10^{-6}; \quad (3.20)$$

Полюсті ұштықтың статоры, саңылауы мен тістерінің мойынтірегінің магниттік кернеуі:

$$F_{\delta_{za}} = F_{\delta} + F_{z1} + F_a + F_{z2} \quad (3.21)$$

Полюстің шашырау ағыны:

$$\Phi_{\sigma} = 4 \cdot \lambda_{m\sigma} \cdot l'_m \cdot F_{\delta_{za}} = 4 \cdot 1.235 \cdot 10^{-6} \cdot 0.499 \cdot F_{\delta_{za}} = 2.467 \cdot 10^{-6} \cdot F_{\delta_{za}}; \quad (3.22)$$

Полюс қимасына ағым:

$$\Phi_m = \Phi + \Phi_{\sigma} = 0.196 \cdot 10^{-4} \cdot E_1 + 2.467 \cdot 10^{-6} \cdot F_{\delta_{za}};$$

Полюстегі индукция, Тл:

$$\begin{aligned} B_m &= \frac{\Phi + \Phi_{\sigma}}{l'_m \cdot b_m \cdot k_{cp}} = \frac{0.196 \cdot 10^{-4} E_1 + 2.467 \cdot 10^{-6} \cdot F_{\delta_{za}}}{49.9 \cdot 10^{-2} \cdot 11.1 \cdot 10^{-2} \cdot 0.95} = \\ &= 0.367 \cdot 10^{-4} \cdot E_1 + 0.462 \cdot 10^{-4} \cdot F_{\delta_{za}}; \end{aligned} \quad (3.23)$$

Полюстің магниттік кернеуі:

$$F_m = h_{mp} \cdot H_m = 0.145 \cdot H_m; \quad (3.24)$$

мұндағы $h_{mp} = h_p + h_m = 0.04 + 0.105 = 0.145$ м.

Ротордың полюсі мен мойынтірегі арасындағы түйісудің магниттік кернеуі, А:

$$H_{\delta_{mj}} = 250 \cdot B_m; \quad (3.25)$$

Магнит дөңгелегі жиегіндегі индукция (ротордың мойынтірегі, А:

$$B_j = \frac{\Phi + \Phi_\sigma}{2 \cdot l_j \cdot h_i \cdot k_{cp}} = \frac{0.196 \cdot 10^{-4} E_1 + 2.427 \cdot 10^{-6} \cdot F_{\delta za}}{2 \cdot 0.599 \cdot 0.048 \cdot 0.96} =$$

$$= 3.546 \cdot 10^{-4} \cdot E_1 + 0.439 \cdot 10^{-4} \cdot F_{\delta za}; \quad (3.26)$$

Магнит дөңгелегі жиегіндегі магниттік кернеу:

$$F_j = L_j \cdot H_j = 0.137 \cdot H_j; \quad (3.27)$$

мұндағы $L_j = \frac{\pi \cdot (D - 2 \cdot \delta - 2 \cdot h_{mp} - h_j)}{4 \cdot p} = 0.137 \text{ м}$.

Полюс өзекшесінің магниттік кернеуі, ротор мойынтірегі және полюс пен мойынтірек арасындағы түйісулер, А:

$$F_{mj} = F_m + F_{\delta mj} + F_j; \quad (3.28)$$

Бір полюстегі қоздыру орамасының магнит қозғаушы күштері:

$$F_{B0} = F_{\delta za} + F_{mj} = F_\delta + F_{z1} + F_a + F_{z2} + F_m + F_{\delta mj} + F_j. \quad (3.29)$$

$B_m > 1.6$ Тл кезінде полюстің магниттік қимасы үш қима бойынша анықталған. Бұл үшін полюстің үш қимасында ағынды анықтайды: оның негізі:

$$\Phi_m = \Phi + \Phi_\sigma;$$

полюстік ұштықтарда:

$$\Phi'_m = \Phi + \Phi_\sigma \cdot \frac{\lambda_{pi}}{\lambda_{m\sigma}};$$

орташа қимада:

$$\Phi_{mc} = \frac{\Phi_m + \Phi'_m}{2}.$$

Осы ағындар үшін полюстің көлденең қимасының ауданына индукцияны, содан кейін кернеулікті анықтайды H_m , H'_m , h_{mcp} .

Полюс кернеуінің есептік мәні (жуықталған):

$$H_{mp} = \frac{1}{6} \cdot (H_m + H'_m + 4 \cdot H_{mcp}); \quad (3.30)$$

3.1-кесте бойынша 3.1-суретте салыстырмалы бірліктерде бос жүріс сипаттамасы салынған.

3.1 кесте- Магнит тізбегінің есептеу нәтижелері

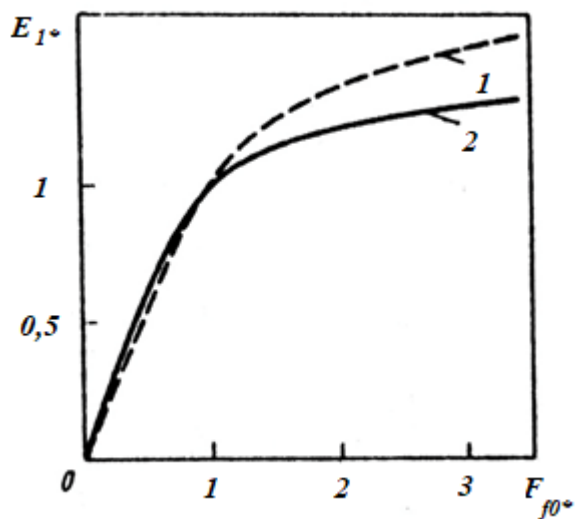
| Есептік шамалар | E_{1*} и Φ_* | | | | |
|---|---------------------|------|-------|-------|-------|
| | 0.5 | 0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 |
| E_1, B | 1732 | 3464 | 3811 | 4157 | 4503 |
| $\Phi = 0.196 \cdot 10^{-4} \cdot E_1,$ В60.0340.0680.0750.0810.088 | | | | | |
| $B_\delta = 2.01 \cdot 10^{-4} \cdot E_1,$ Тл0.3480.6970.7660.8360.906 | | | | | |
| $F_\delta = 0.69 \cdot E_1,$ А11952390263028693108 | | | | | |
| $B_{z1} = 4.43 \cdot 10^{-4} \cdot E_1,$ Тл0.771.541.691.842 | | | | | |
| $H_{z1}, A/м$ | 233 | 4760 | 12200 | 27000 | 70000 |
| $F_{z1} = 0.059 \cdot H_{z1},$ А13.727971515824102 | | | | | |
| $B_a = 4.03 \cdot 10^{-4} \cdot E_1,$ Тл0.71.391.531.671.81 | 0.61 | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.27 |
| $H_a, A/м$ | 192 | 1720 | 520 | 10700 | 24000 |
| $F_a = 0.206 \cdot \xi \cdot H_a,$ А24.1131297.7638.622,4 | | | | | |
| $B_{z2} = 4.15 \cdot 10^{-4} \cdot E_1,$ Тл0.76 | 1.53 | 1.68 | 1.84 | 1.99 | |
| $H_{z2}, A/м$ | 380 | 2710 | 6230 | 14100 | 27500 |
| $F_{z2} = 0.015 \cdot H_{z2},$ 5.539.691205.9401.5 | | | | | |

3.1 кестенің соңы

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| $F_{\delta za} = F_\delta + F_{z1} + F_a + F_{z2},$ А1238.624803733.15295.38944.8 | | | | | |
| $\Phi_\sigma = 2.467 \cdot 10^{-6} \cdot F_{\delta za},$ В60.00310.0070.00920.01310.022 1 | | | | | |

$$\Phi_m = 1.96 \cdot 10^{-5} \cdot E_1 + 2.47 \cdot 10^{-6} \cdot F_{\delta za},$$

| | | | | | |
|---|------|------|------|------|-------|
| B60.0370.0750.0840.0940.11 | | | | | |
| $B_m = 3.7 \cdot 10^{-5} \cdot E_1 + 4.6 \cdot 10^{-5} \cdot F_{\delta za}$, | | | | | |
| ТЛ0.691.41.571.772.06 | | | | | |
| $H_m, A/M$ | 340 | 1490 | 3400 | 7570 | 25133 |
| $F_m = 0.145 \cdot H_m$, A49.2215.5491.91095.13635.9 | | | | | |
| $F_{\delta mj} = 250 \cdot B_m$, A173350.2392.2442515.9 | | | | | |
| $B_j = 3.5 \cdot 10^{-4} \cdot E_1 + 4.4 \cdot 10^{-5} \cdot F_{\delta za}$, | | | | | |
| ТЛ0.671.351.521.711.99 | | | | | |
| $H_j, A/M$ | 554 | 1810 | 3100 | 5850 | 10800 |
| $F_j = 0.137 \cdot H_j$, A7624842480081478 | | | | | |
| $F_{mj} = F_m + F_{\delta mj} + F_j$, A298813130823375629 | | | | | |
| $F_{B0} = F_{\delta za} + F_{mj}$, A153636535041763314574 | | | | | |
| F_{B0}^* | 0.42 | 1 | 1.38 | 2.09 | 3.99 |
| Φ_m^* | 0.55 | 1.1 | 1.24 | 1.39 | 1.63 |
| $F_{ddza}^* 0.340.781.021.452.45$ | | | | | |
| F_{mj}^* | 0.08 | 0.22 | 0.36 | 0.64 | 1.54 |



1-есептік сипаттама; 2-қалыпты сипаттама

3.1 суре – Бос жүріс сипаттамасы

3.1 Орныққан режим үшін статордың орама параметрлері

Статор орамасының алдыңғы бөліктерінің ұзындығы:

$$L_{ал} = \frac{\pi \cdot (D + h_{n1}) \cdot \beta}{2 \cdot p \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{b_{n1} + S_i}{t_1}\right)^2}} + h_{n1} + 2 \cdot B_1 = 0,362 \text{ м}; \quad (3.31)$$

Статор орамасының орамының орташа ұзындығы:

$$l_{оп1} = 2 \cdot (l_1 + l_{ал}) = 2 \cdot (0,489 + 0,362) = 1,702 \text{ м}; \quad (3.32)$$

Статор орамасының активті кедергісі:

$$r_{1(15^\circ\text{C})} = \frac{w_1 \cdot l_{оп1}}{57 \cdot 10^6 \cdot q_{3\phi} \cdot a} = 0,608 \text{ Ом}; \quad (3.33)$$
$$r_{1(75^\circ\text{C})} = 1,24 \cdot r_{1(15^\circ\text{C})} = 1,24 \cdot 0,608 = 0,754 \text{ Ом}.$$

Салыстырмалы бірлікте статор орамасының активті кедергісі:

$$r_{1(75^\circ\text{C})}^* = \frac{r_{1(75^\circ\text{C})}}{Z_\delta} = \frac{0,754}{55,08} = 0,0137 \text{ Ом}; \quad (3.34)$$

$$z_\delta = \frac{U_{нф}}{I_{нф}} = 55,08 \text{ Ом}$$

мұндағы

Шашыраудың индуктивті кедергісі:

$$x_\delta = 1,58 \cdot \frac{f}{100} \cdot \left(\frac{\omega_1}{100}\right)^2 \cdot \frac{l_\delta}{p \cdot q} \cdot (\lambda_{нк} + \lambda_n + \lambda_o) = 5,268 \text{ Ом}; \quad (3.35)$$

Паздық шашыраудың магнит өткізгіштігінің коэффициенті:

$$\lambda_{нк} = \lambda_n + \lambda_o = 1,91 + 0,23 = 2,14; \quad (3.36)$$

Паз қабырғаларының арасындағы магнит өткізгіштігінің коэффициенті:

$$\lambda_n = \frac{h_2 - h_0}{3 \cdot b_{n1}} \cdot k_\beta + \frac{h_1}{b_{n1}} \cdot k'_\beta + \frac{h_0}{4 \cdot b_{n1}} = 1.91 \quad (3.37)$$

8.50a [1] сурет бойынша паздың өлшемі:

$\beta = \frac{y_1}{\tau_n}$ кезінде, $h_2=6.33$ см, $h_1=0.785$ см, $h_0=0.67$ см:

$$k'_\beta = \frac{1 + 3 \cdot \beta}{4} = \frac{1 + 3 \cdot 0.833}{4} = 0.875;$$

$$k_\beta = \frac{1 + 3 \cdot k'_\beta}{4} = \frac{1 + 3 \cdot 0.875}{4} = 0.91;$$

тістердің басы бойынша магнит өткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda_\kappa = \left[\alpha \cdot \lambda'_\kappa + \left(0,22 + 0,32 \cdot \sqrt{\frac{t_1 - b_{n1}}{b_{n1}}} \right) \cdot (1 - \alpha) \right] \cdot k'_\beta = 0.23; \quad (3.38)$$

Алдыңғы беттер шашырауының өткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda_{ал} = 0,34 \cdot \frac{q_1}{l_1} \cdot (l_{ал} - 0,64 \cdot \beta \cdot \tau) = 0.6536. \quad (3.39)$$

Дифференциал шашыраудың магнит өткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda_\delta = 0.03 \cdot \frac{\tau \cdot \alpha_\delta}{\delta' \cdot k_\delta \cdot q_1} = 0.312; \quad (3.40)$$

салыстырмалы бірлікте шашыраудың индуктивті кедергісі:

$$x_{\delta*} = \frac{x_\delta}{z_\delta} = \frac{5.268}{55.08} = 0.096; \quad (3.41)$$

салыстырмалы бірлікте якордың бойлық реакциясының индуктивті кедергісі:

$$x_{ad*} = \frac{k_{ad} \cdot F_{ан}}{k_{\mu 0} \cdot F_{\delta 0}} = \frac{0.85 \cdot 6283.1}{1.29 \cdot 2309.5} = 1.738; \quad (3.42)$$

Мұндағы $F_{ан} = 0,45 \cdot m \cdot \frac{w_1 \cdot k_{оп}}{p} \cdot I_{нф} = 6283,1$ А – номинал ток кезіндегі статордың МҚК;

$k_{ад} = 0,85 - 10.24$ [1] сурет бойынша;

$E_{1*}=1$ үшін бос жүріс сипаттамасы бойынша (7.1 кесте), $F_{дд0}=2390.5$ А.

Салыстырмалы бірлікте якордың көлденең реакциясының индуктивті кедергісі:

$$x_{ақ*} = \frac{k_{ақ} \cdot F_{ан}}{k_{\mu 0} \cdot F_{\delta 0}} \cdot \frac{1+k_{\delta}}{2} = \frac{0.4 \cdot 6283.1}{1.29 \cdot 2390.5} \cdot \frac{1+1.36}{2} = 0.965; \quad (3.43)$$

салыстырмалы бірлікте бойлық өс бойынша синхронды индуктивті кедергі:

$$x_{d*} = x_{\sigma*} + x_{ад*} = 0.096 + 1.738 = 1.834; \quad (3.44)$$

салыстырмалы бірлікте көлденең өс бойынша синхронды индуктивті кедергі:

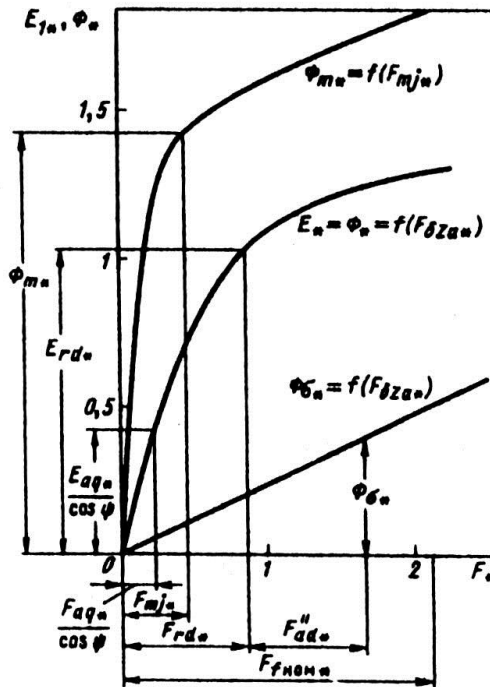
$$x_{q*} = x_{\sigma*} + x_{ақ*} = 0.096 + 0.965 = 1.061. \quad (3.45)$$

3.2 Жүктеме кезіндегі қоздыру орамасының магнит қозғаушы күші

3.1 кестенің миәліметтері бойынша 3.2 суретте магниттелудің салыстырмалы бірліктегі ішінара сипаттамасы тұрғызылған.

Магниттелудің дербес сипаттамасы

$$E_* = f\left(\frac{F_{\delta z a}}{F_{\delta}}\right) \text{ тәуелділігі}$$



3.2 сурет – Дербес магниттелу сипаттамасы

$I_{нф*}, U_{нф*}, \cos\varphi$ векторлық диаграмма бойынша $E_{dd*}=1.042$ анықтаймыз. 3.3 суреттен $E_{dd*}=1.042$ бойынша $\frac{F_{\delta za}}{F_{\delta}} = 1,285$ табамыз және 10.48 [1] бойынша $x_d = 0,9; x_q = 0,9; k = 0.002357$ коэффициенттерін табамыз.

Магнит қозғаушы күш (МҚК):

$$\frac{F_{aq}}{\cos\Psi} = x_q \cdot k_{aq} \cdot F_{ан*} = 0.57 \cdot 0.4 \cdot 1.72 = 0.392; \quad (3.46)$$

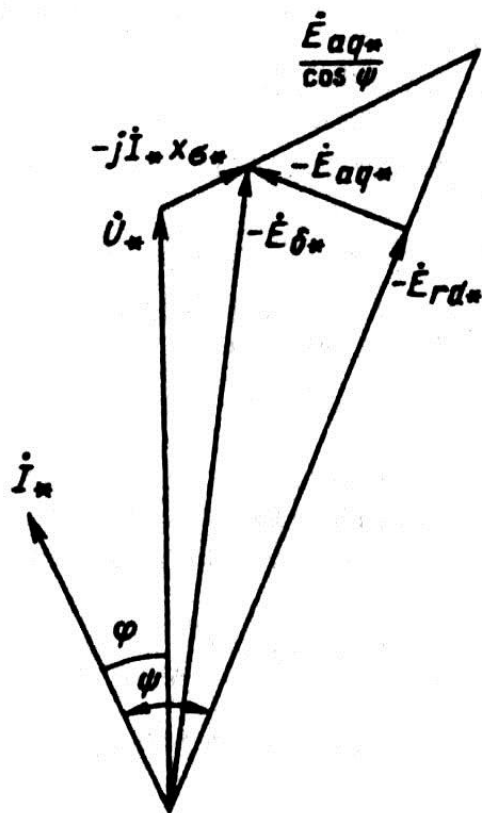
мұндағы $F_{ан*} = \frac{F_{аН}}{F_{B\delta}}$.

$E_* = f(F_{ddza*})$ сипаттамасынан табылған МҚК бойынша ЭҚК табамыз $\frac{E_{ad}}{\cos\Psi} = 1,257$, векторлық диаграммадан бағыт алып, содан кейін модуль модуль $E_{rd*} = -\Phi_{rd*} = 0.825$. $\Upsilon\Upsilon = 62^\circ$, $\cos\Upsilon\Upsilon = 0.47, \sin\Upsilon\Upsilon = 0.88$ табамыз. $E_* = f(F_{ddza*})$ сипаттамадан E_{rd*} бойынша $F_{rd*} = 0.94$ табамыз.

Якордың бойлық реакциясының МҚК:

$$F''_{ad} = x_d \cdot k_{ad} \cdot F_{ан*} \cdot \sin\Psi + k \cdot \frac{\tau}{\delta} \cdot F_{ан*} \cdot \cos\Psi = 1.35 \quad (3.47)$$

Қосқанда $F_{rd*} + F'_{ad*} = 0.94 + 1.35 = 2.292$.



3.3 сурет – Номинал жүктеменің векторлық диаграммасы

$\Phi_{ss} = f(F_{ddza})$ сипаттамасынан $\Phi_{ss*} = 0.3$ табамыз.
Полюс ағыны:

$$\Phi_{m*} = \Phi_{rd*} + \Phi_{\sigma*} = 0.825 + 0.3 = 1.125 \quad (3.48)$$

$\Phi_{m*} = f(F_{mj*})$ сипаттамасынан $\Phi_{m*} = 1.125$ бойынша $F_{mj*} = 0.245$ табамыз.

Номинал жүктеме кезінде салыстырмалы бірлікте қоздыру орамасының МҚК:

$$F_{қоз.н*} = F_{rd*} + F''_{mj*} = 2.537; \quad (3.49)$$

Қоздыру орамасының МҚК:

$$F_{қоз.н} = F_{қоз.н*} \cdot F_{қоз.\delta} = 9267,4 \text{ А.} \quad (3.50)$$

3.3 Қоздыру орамасы

Жартылай дөнгелек түріндегі алдыңғы бөлігі бар бірқатарлы ораманы таңдаймыз. Қызуға төзімділігі В класты оқшауламаны аламыз.

Қоздыру орамасының орамының орташа ұзындығы:

$$l_{o.op} = 2 \cdot (l_m - 2 \cdot \delta'') + \pi \cdot (b_m - 2 \cdot \delta_1 + b_{қоз}) = 1,308 \text{ м}; \quad (3.51)$$

мұндағы $b_{қоз} = 0,05 \cdot \tau = 0,016 \text{ м}$ – орама өткізгіштерінің ені;

$\delta_1 = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ - полюс оқшауламасының бір жақты қалыңдығы;

$\delta'' = 0,02$ - полюстердің r радиусымен жуықталған ортадан мөрленген бөлігінің шетіне дейінгі арақашықтық.

Қоздыру орамасын қоректендіру үшін ТВУ-65-320, $U_{не} = 65 \text{ В}$, $I_n = 320 \text{ А}$ тиристорлық қоздыру құрылғысын возбуждения (10.10 [1]кесте) таңдаймыз. Щеткалы байланыстағы кернеудің өтпелі төмендеуін ескере отырып, шығыршықтардағы (сақинадағы) кернеуді $U_e = 63 \text{ В}$ аламыз. Қоздыру орамасының өткізгіштердің қимасы (алдын-ала):

$$q_{қоз} = \frac{p_{130} \cdot 2 \cdot p \cdot F'_{қоз.н.} \cdot l_{e.op}}{U_e} = 35,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2; \quad (3.52)$$

мұндағы $F'_{қоз.н.} = 1,2 \cdot F_{қоз.н} = 11121 \text{ А}$;

$p_{130} = \frac{1}{39 \cdot 10^6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ – мыстың меншікті кедергісі.

Қоздыру орамасы:

$$I_{қоз.н.} = q_{қоз} \cdot J_{қоз} = 35,5 \cdot 10^{-6} \cdot 5,3 \cdot 10^6 = 188,3 \text{ А}; \quad (3.53)$$

мұндағы $J_{қоз} = 5,3 \cdot 10^6 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$ – қоздыру орамасының өткізгіштеріндегі ток.

Қоздыру орамасының орамдар саны:

$$w_{қоз.} = \frac{F_{қоз.н.}}{I_{қоз.н.}} = \frac{9267}{188,3} \approx 50. \quad (3.54)$$

Орамалар тікбұрышты өткізгішінің аз шамасы:

$$a_{қоз.} = \frac{h_m - \delta_{кн}}{w_{қоз.} + 1} - \delta_n = 1,56 \cdot 10^6 \text{ м}; \quad (3.55)$$

мұндағы δ_n – орама оқшауламасының қосынды қалыңдығы.

П3.2 кесте бойынша $a_e \times b_e = 3 \times 12.5$ мм, $q_e = 36.95$ мм² өткізгіштің өлшемдерін таңдаймыз.

Көршілес полюстердің катушкалары арасындағы арақашықтық:

$$X = \frac{\pi \cdot (D - 2 \cdot \delta - 2 \cdot h_p - 2 \cdot h_m)}{2 \cdot p} - b_m - 2 \cdot \delta_1 - 2 \cdot b_e = 0.022 \text{ м}; \quad (3.56)$$

Қоздыру орамасындағы токтың тығыздығы (нақтыланған):

$$J_{\text{қоз}} = \frac{I_{\text{қоз.н.}}}{q_{\text{қоз}}} = \frac{188.3}{35.5 \cdot 10^{-6}} = 5,095 \cdot 10^{-6} \frac{\text{А}}{\text{м}};$$

Қоздыру орамасының температурасының жоғарылауы:

$$\Delta \vartheta_{\text{қоз}} = \frac{3 \cdot 10^{-10} \cdot (2.8 \cdot \frac{l_1}{\tau}) \cdot b_{\text{қоз}} \cdot J_{\text{қоз}}^2}{1.6 \cdot \sqrt{\vartheta_p}} = 58,52^\circ\text{C} < 80^\circ\text{C}; \quad (3.57)$$

$$\text{мұндағы } \vartheta_p = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,605 \cdot 1000}{60} = 31,68 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Полюстің биіктігі (нақтыланған):

$$h_m = (a_{\text{қоз.}} + \delta_n) \cdot (w_{\text{қоз.}} + 1) + \delta_{kn} = 0,178 \text{ м}; \quad (3.58)$$

Қоздыру орамасының активті кедергісі:

$$r_{\text{қоз}130} = p_{130} \frac{2 \cdot p \cdot w_{\text{қоз}} \cdot l_{\text{ор қоз.}}}{q_{\text{қоз}}} = 0.272 \text{ Ом}; \quad (3.59)$$

$$r_{\text{қоз}75} = 0,272 \cdot \frac{39}{46} = 0.231 \text{ Ом};$$

Номинал жүктеме кезінде қоздыру орамасының сақиналарындағы кернеу:

$$U'_{\text{қоз.}} = I_{\text{қоз.}} \cdot r_{\text{қоз}130} = 188.3 \cdot 0.272 = 51,3 \text{ В}. \quad (3.60)$$

Қоздырудың қор коэффициенті:

$$K_{\text{қоз.}} = \frac{U_{\text{қоз.н.}}}{U'_{\text{қоз.}} + \Delta U_{\text{ш}}} = \frac{65}{51, + 23} = 1,22. \quad (3.61)$$

3.4 Уақыт тұрақтысы мен параметрлері

Машинаның параметрлеріне орамалардың активті және индуктивті кедергілерін жатқызамыз. Параметрлер салыстырмалы бірліктерде беріледі. Ротор тізбектерінің параметрлері статор орамдарының санына келтірілген. Қоздыру орамасының индуктивті кедергісі:

$$x_{\text{қоз.*}} = 1,27 \cdot k_{ad} \cdot x_{ad.*} \left(1 + \frac{4 \cdot k_{\mu 0} \cdot F_{\delta 0} \cdot l'_m \cdot \Sigma \lambda}{\Phi_{\sigma}}\right) = 2,045. \quad (3.62)$$

мұндағы $\Sigma \lambda = \lambda_{p'} + \frac{\lambda_{mu}}{1,53} + \frac{\lambda_{mb}}{2,65} = 0,995 \cdot 10^{-6}$.

Қоздыру орамасының шашыраудың индуктивті кедергісі:

$$x_{\delta \text{қоз.н.}} = x_{\text{қоз.н.}} - x_{ad.*} = 2,045 - 1,738 = 0,307. \quad (3.63)$$

Бойлық ось бойынша іске қосу орамасының шашырауының индуктивті кедергісі:

$$x_{kd*} = 7,9 \frac{F_{an}}{\Phi_{\sigma}} \cdot \frac{10^{-6}}{1 - k_{\text{қоз}}} \cdot \left(\frac{t_p}{N_c} \cdot (\lambda_{\text{қоз}} + \lambda_{\text{Ду}}) + \lambda_{Rd}\right) = 0,201. \quad (3.64-)$$

Бұл жағдайда, $\frac{t_2}{\tau} = 0.072$ қатынас бойынша $N_c=7$ кезінде 10.38 [1] суретте $k_b=0.6$, $k_b+1=1.6$, $1-k_b=0.4$. $k_b=0.6$ -іске қосу орамасының таралу коэффициентін анықтаймыз. Қысқа тұйықталған сақиналардың өткізгіштігін есептеу үшін 10.37-сурет бойынша $C_d=0.81$ және $C_q=1.95$ келтіру коэффициенттерін анықтаймыз.

Паз шашырауының өткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda_{\text{қоз}} = 0.785 - \frac{b_s}{2 \cdot d_s} + \frac{h_s}{b_s} = 1,126;$$

Дифференциалды шашырауының өткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda_{\text{Ду}} = \frac{t_2}{12 \cdot \delta' \cdot k_{\delta}} = 0,379.$$

Бойлық ось бойынша қысқа тұйықталатын орамалардың өткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda_{Rd} = 0.19 \cdot \frac{\tau \cdot C_d}{N_c} = 0.19 \cdot \frac{0.317 \cdot 0.81}{7} = 0.00696 \approx 7 \cdot 10^{-3};$$

Көлденең ось бойынша іске қосу орамасының шашырауының индуктивті кедергісі:

$$x_{kd*} = 7,9 \cdot \frac{F_{ан}}{\Phi_{\sigma}} \cdot \frac{10^{-6}}{1-k_{қоз}} \cdot \left(\frac{t_p}{N_c} \cdot (\lambda_{қоз} + \lambda_{Ду}) + \lambda_{Rd} \right) = 0,201. \quad (3.65)$$

Көлденең ось бойынша қысқа тұйықталатын сақиналардың өткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda_{Rq} = 0.19 \cdot \frac{\tau \cdot C_q}{N_c} = 0.19 \cdot \frac{0.317 \cdot 1.95}{7} = 0.017;$$

Қоздыру орамасының активті кедергісі:

$$r_{қоз*} = \frac{0,44}{10^8} \cdot \frac{F_{ан} \cdot k_{ад}^2 \cdot l_{қоз.ор}}{\Phi_{\sigma} \cdot f \cdot w_{қоз} \cdot q_{қоз}} = 0,00417. \quad (3.66)$$

$J=15^{\circ}C$ кезіндегі көлденең ось бойынша іске қосу орамасының шашырауының активті кедергісі:

$$r_{kd*} = \frac{2,16}{10^8} \cdot \frac{F_{ан}}{\Phi_{\sigma}} \cdot \frac{10^{-6}}{1-k_{қоз}} \cdot \left(\frac{C_c \cdot l_{қоз}}{q_{қоз} \cdot N_c} + \frac{C_{қ.т.} \cdot \tau \cdot C_d}{q_{қ.т.} \cdot N_c} \right) = 0.076; \quad (3.67)$$

$C_d, C_{қ.т.}$ - стержень материалының және сақинаның мыстың меншікті кедергісіне қатынасы. Мыс үшін бұл коэффициенттер 1-ге тең.

$J=75^{\circ}C$ кезіндегі көлденең ось бойынша іске қосу орамасының шашырауының активті кедергісі:

$$r_{kd*} = \frac{2,16}{10^8} \cdot \frac{F_{ан}}{\Phi_{\sigma}} \cdot \frac{1}{1-k_{қоз}} \cdot \left(\frac{C_c \cdot l_{қоз}}{q_{қоз} \cdot N_c} + \frac{C_{қ.т.} \cdot \tau \cdot C_d}{q_{қ.т.} \cdot N_c} \right) = 0.022; \quad (3.68)$$

Уақыт тұрақтысы бұл ораманың индуктивтілігінің оның омдық кедергісіне қатынасы болып саналады. Синхронды машинада өтпелі процестің өту ұзақтығы тұрақты уақытқа байланысты.

3.5 Активті материалдардың салмағы

Жобаланған машиналардың салмағы үлкен параметрлерін бағалау үшін, шығындарын есептеу үшін және т. б. активті материалдардың салмағын анықтау қажеттілігі туындайды.

Статор тісінің салмағы:

$$m_{z1} = 7800 \cdot t_{cm1} \cdot k_c \cdot h_{n1} \cdot b_{z/2} \cdot z_1 = 194 \text{ кг}; \quad (3.69)$$

мұндағы
$$b_{z/2} = \frac{\pi \cdot (D + h_{n1})}{z_1} - b_{n1} = 1.6 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$

Статор мойынтірегiнiң салмағы:

$$m_{a1} = 7800 \cdot t_{cm1} \cdot k_c \cdot \pi \cdot (D_a - h_a) \cdot h_a = 468.6 \text{ кг}; \quad (3.70)$$

Статор орамаларының мыс салмағы:

$$m_{m1} = 89000 \cdot q_{\text{эф}} \cdot U_n \cdot z_1 \frac{l_{\text{оп1}}}{2} = 128,6 \text{ кг}. \quad (3.71)$$

Қоздыру орамаларының мысының салмағы:

$$m_{\text{м.қоз.}} = 89000 \cdot q_c \cdot l_{\text{қоз.ор.}} \cdot 2 \cdot p \cdot w_{\text{қоз}} = 129 \text{ кг}. \quad (3.72)$$

Іске қосу орамаларының стержендегі мысының салмағы:

$$m_{\text{мс}} = 8900 \cdot q_c \cdot 2 \cdot p \cdot N_c \cdot t_c = 26.3 \text{ кг}; \quad (3.73)$$

Қысқа тұйықталатын сақиналардың мысының салмағы:

$$m_{\text{мқ.т.}} = 8900 \cdot q_{\text{қ.т.}} \cdot (D - 2 \cdot \delta - 2 \cdot h_s - 2 \cdot d_s) \cdot 2 \cdot \pi = 13,7 \text{ кг}. \quad (3.74)$$

Полюстердің болат салмағы:

$$m_m = 7800 \cdot t'_m \cdot k_{\text{ор}} \cdot 2 \cdot p \cdot (h_m \cdot b_m - 8 \cdot h_p \cdot b_p) = 605,1 \text{ кг}. \quad (3.75)$$

Ротор шетінің болат салмағы:

$$m_m = 7800 \cdot t_j \cdot \pi \cdot (D - 2 \cdot \delta - 2 \cdot h_{mp} \cdot h_j) \cdot h_j = 184.3 \text{ кг}; \quad (3.76)$$

Мыстың толық салмағы:

$$m_M = m_{M1} + m_{M.ҚОЗ.} + m_{MC} + m_{МК.Т.} = 128,6 + 129 + 26,3 + 13,7 = 297,6 \text{ кг.} \quad (3.77)$$

Активті болаттын толық салмағы:

$$m_{\text{бол}} = m_{z1} + m_{a1} + m_M + m_j = 194,2 + 468,6 + 605,1 + 184,3 = 1452,2 \text{ кг.} \quad (3.78)$$

4 Шығындар мен ПӘК

Синхронды машиналарда шығындар негізгі және қосымша болып екіге бөлінеді.

Статор орамасындағы негізгі электрлік шығындар:

$$P_{\text{эл}} = m \cdot I_{\text{нф}}^2 \cdot r_{1(75)} \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 62,89^2 \cdot 0,754 \cdot 10^{-3} = 8,94 \text{ кВт}; \quad (4.1)$$

Қоздырудағы шығындар:

$$P_{\text{қоз}} = (I_{\text{нф}}^2 \cdot r_{1(75)} + 2 \cdot \Delta U_{\text{щ}} \cdot I_{\text{қоз.н}}) \cdot 10^{-3} = 8,94 \text{ кВт.} \quad (4.2)$$

Статор мойынтірегіндегі магниттік шығындар:

$$P_{a1} = k_{\text{Да}} \cdot p_{\text{y}_{50}} \cdot B_a^2 \cdot \left(\frac{f}{50}\right)^2 \cdot m_{a1} \cdot 10^{-3} = 1,85 \text{ кВт}; \quad (4.3)$$

Статор тістеріндегі магниттік шығындар:

$$P_{z1} = k_{\text{аз}} \cdot p_{\text{y}_{50}} \cdot B_z^2 \cdot \left(\frac{f}{50}\right)^{1,3} \cdot m_{z1} \cdot 10^{-3} = 1,21 \text{ кВт}; \quad (4.4)$$

Статор тістеріндегі механикалық шығындар:

$$P_{\text{мех}} = 3,68 \cdot p \cdot \left(\frac{g_p}{40}\right)^3 \cdot \sqrt{l_1} = 3,48 \text{ кВт}; \quad (4.5)$$

Полюстік ұштардағы беттік шығындар:

$$P_{\text{бет}} = 0,5 \cdot 2 \cdot p \cdot \alpha \cdot \tau \cdot l_1 \cdot k_0 \cdot \left(\frac{Z_1 \cdot n}{10000}\right)^{15} \cdot (B_0 \cdot t_1 \cdot 10^3)^2 \cdot 10^{-3} = 0,51 \text{ кВт}; \quad (4.6)$$

мұндағы $B_0 = B_{\delta 0} \cdot (k_{\delta 1} - 1) = 0,184 \text{ Тл}$ - индукция $E=U_{\text{нф}}$ кезінде.

Жүктеме кезіндегі қосымша шығындар:

$$P_{\text{қос}} = 0,005 \cdot P_{1\text{H}} = 0,005 \cdot 588,24 = 2,94 \text{ кВт};$$

мұндағы $P_{1\text{H}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{H}} \cdot I_{\text{нф}} \cdot \cos\varphi_{\text{H}} \cdot 10^{-3} = 588,24 \text{ кВт}$.

Номинал жүктеме кезіндегі жалпы шығындар:

$$\begin{aligned} \Sigma P &= P_{\text{эл1}} + P_{\text{қоз}} + P_{\text{а1}} + P_{\text{z1}} + P_{\text{мех}} + P_{\text{бет}} + P_{\text{қос}}; \\ \Sigma P &= 8,94 + 8,94 + 1,85 + 1,21 + 3,84 + 0,51 + 2,94 = 28,23 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК):

$$\eta = 1 - \frac{\Sigma P}{P_{1\text{H}}} = 1 - \frac{28,23}{588,24} = 0,952. \quad (4.7)$$

4.1 Статор орамалары температурасының жоғарылауы

Статордың ішкі беттерінің 1 м^2 - дегі меншікті жылу ағыны:

$$q_c = \frac{(P_{\text{эл1}} \cdot \frac{t_1}{t_{\text{оп1}}} + P_{\text{қос}} + P_{\text{а1}} + P_{\text{z1}}) \cdot 10^3}{\pi \cdot D \cdot t_1} = 11985 = 2,94 \text{ Вт/м}^2; \quad (4.8)$$

Статордың сыртқы беті температурасының салқындатқыштың ауасы температурасынан жоғарылауы:

$$\Delta\vartheta_{\text{с.бет.}} = \frac{q_c}{\alpha \cdot (1 + 0,1 \cdot \vartheta_p)} = 35,95^\circ\text{C}. \quad (4.9)$$

Алдыңғы бөліктердің сыртқы беттерімен жылу ағынының тығыздығы:

$$q_c = \frac{A \cdot J_1}{\gamma_{\vartheta}} \cdot \frac{t_1}{\Pi_1} = 986,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}; \quad (4.10)$$

мұндағы $\gamma_9 = 46 \cdot 10^8 \frac{\text{См}}{\text{м}} - 75^0\text{С}$ кезіндегі мыстың меншікті өткізгіштігі;

$\Pi_1 = 157 \cdot 10^{-3}$ - сынаны есепке алмаған кездегі паздың периметрі. Статор орамасының алдыңғы бөліктерінің сыртқы бетінің температурасы салқындатқыш ауасының температурасынан жоғарылауы:

$$\Delta\vartheta_{\text{алд.}} = \frac{q_{\text{алд.}}}{13,3 \cdot (1 + 0,07 \cdot \vartheta_p)} = 23,06^{\circ}\text{С}. \quad (4.11)$$

Статор орамасының паз оқшауламасында температураның жоғарылауы:

$$\Delta\vartheta_{\text{оқш.}} = 14^{\circ}\text{С}.$$

Статор орамасы температурасының орташа жоғарылауы:

$$\Delta\vartheta_{\text{с.орама}} = \frac{(\Delta\vartheta_{\text{оқш.}} + \Delta\vartheta_{\text{с.бет.}}) \cdot t_1 + (\Delta\vartheta_{\text{оқш.}} + \Delta\vartheta_{\text{алд.}}) \cdot t_{\text{алд.}}}{t_{\text{оп}}/2} = 44,5^{\circ}\text{С}. \quad (4.12)$$

4.2 Синхронды машинаның сипаттамасы

Статикалық аса жүктемелік:

$$\frac{M_m}{M_n} = \frac{E'_{0*}}{x_{d*} \cdot \cos Y_n} \cdot k_{pc}; \quad (4.13)$$

Қоздыру орамасының $F_{\text{қоз.н*}}$ МҚК кезінде бос жүріс сипаттамасының тікбұрышты бөлігінің жалғасуы бойынша $E'_{\text{қоз.н*}}$ табамыз:

$\frac{x_{d*} - x_{q*}}{E'_{0н*} \cdot x_{q*}}$ кезінде 10.43 [1] сурет бойынша k_{pc} табамыз.

Бұрыштық сипаттама $M_* = f(\Theta)$ (15.2) бойынша:

$$M_* = \frac{E'_{1*}}{x_{d*}} \cdot \sin \Theta + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{x_{q*}} - \frac{1}{x_{d*}} \right) \cdot \sin 2\Theta; \quad (4.15)$$

Бұрыштық сипаттаманы есептеу алгоритмі:

- 0^0 - тан 180^0 дейінгі шекте \square бұрыш мәнімен береміз;
- (1.1 және 1.2) ескере отырып, зәкір орамасының тогын анықтаймыз.
- Тұтынылатын активті қуат.
- Қосынды шығындар.

- Пайдалы қуат.
- Момент.
- Векторлық диаграммалар бойынша $P_1=265$ мен $P_1=530$ қуаттың екі мәні үшін U-тәрізді сипаттамалар $I_* = f(I_{қоз*})$ тұрғызылған.

U-тәрізді сипаттаманы есептеу алгоритмі:

- 0^0 - тан 180^0 дейінгі шекте \square бұрыш мәнімен береміз
- P_1 қуатты береміз.
- \square бұрыш мәніне жуық береміз.
- (2.1) сәйкес, әрбір мән \square үшін E_0 анықтаймыз.

Якор орамасының тогы:

$$I = \sqrt{I_d^2 + I_q^2};$$

Қоздыру тогы:

$$I_{қоз} = E_0 \cdot I_{қоз.\sigma}; \quad I_{қоз.\sigma} = \frac{F_{қоз.\delta}}{W_{қоз.}}$$

$I_{қоз} = I_{қоз.}$ кезінде I , P_1 , M , $\cos\varphi$ жұмыстық сипаттамалар. Жұмыстық сипаттамаларды есептеу алгоритмі:

- бұрыш мәнін береміз.
- 1.1 мен 1.2 сәйкес I_d мен I_q табамыз.

Якор тогы:

$$I = \sqrt{I_d^2 + I_q^2};$$

Қуат коэффициенті:

$$\cos \Phi = \cos \left[\arctg \frac{I_d}{I_q} - \Theta \right];$$

Тұтынылатын активті қуат:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi;$$

шығындар:

$$P_{қос} = P_0 + 3 \cdot I^2 \cdot R_a + 0,005 \cdot (I/I_H)^2 \cdot P_1;$$

$P_0 = P_{бол} + P_{мех} + P_{қоз}$ — механикалық және қоздыру кезіндегі, болаттағы

шығынның қосындысы.

Пайдалы қуат:

$$P_2 = P_1 - P_{\text{қос}}$$

Пайдалы әсер коэффициенті:

$$\eta = 1 - \frac{P_{\text{қос}}}{P_1};$$

электрмагниттік момент:

$$M = \frac{9550 \cdot P_2}{n_H};$$

Іске қосу сипаттамасы:

Іске қосу сипаттамасын есептеу алгоритмі:

Бойлық өс бойынша толық кедергі:

$$\underline{Z}_{ds} = jx_{\sigma} + \frac{1}{\frac{1}{jx_{ad}} + \frac{1}{\frac{r'_e}{s} + jx_{\sigma e}} + \frac{1}{\frac{r'_{kd}}{s} + jx_{kd}}}}; \quad (4.16)$$

Көлденең ось бойынша толық кедергі:

$$\underline{Z}_{ds} = jx_{\sigma} + \frac{1}{\frac{1}{jx_{aq}} + \frac{1}{\frac{r'_{kq}}{s} + jx_{kq}}}}; \quad (4.17)$$

f_1 жиіліктің якор тогы:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U} \cdot \left(\underline{Z}_{ds} + \underline{Z}_{qs} + \frac{2 \cdot r_1}{2 \cdot s - 1} \right)}{\left(\underline{Z}_{ds} + r_1 \right) \cdot \left(\underline{Z}_{qs} + \frac{2 \cdot r_1}{2 \cdot s - 1} \right) + \left(\underline{Z}_{qs} + r_1 \right) \cdot \left(\underline{Z}_{ds} + \frac{2 \cdot r_1}{2 \cdot s - 1} \right)}; \quad (4.18)$$

(2s-1) жиіліктің якор тогы:

$$\dot{I}_1'' = \frac{\dot{U} \cdot (\underline{Z}_{qs} - \underline{Z}_{ds})}{(\underline{Z}_{ds} + r_1) \cdot \left(\underline{Z}_{qs} + \frac{r_1}{2 \cdot s - 1} \right) + (\underline{Z}_{qs} + r_1) \cdot \left(\underline{Z}_{ds} + \frac{r_1}{2 \cdot s - 1} \right)}; \quad (4.19)$$

Статор тогының әрекеттесу мәні:

$$I_1 = \sqrt{I_1'^2 + I_1''^2}.$$

Айналу моменті:

$$M = \left(\dot{U} \cdot I_1' - I_1'^2 + I_1''^2 \cdot \frac{r_1}{2 \cdot s - 1} \right) \cdot \frac{1}{\cos Y_u}; \quad (4.20)$$

Іске қосу сипаттамасын тұрғызу үшін S сырғанаудың қатарынан мәндерін 1-ден 0,05 дейінгі шекте береміз және оның әр мәні үшін ток пен моментті анықтайды.

5 Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі

5.1 Синхронды машиналар өндірісінің жұмыс істеу кезіндегі еңбек шарттары

Синхронды машиналар олардың полюстерінің санына және қоректендіру желісінің жиілігіне байланысты тұрақты айналу жиілігімен жұмыс істейді. Синхронды қозғалтқышты іске қосу қиын, өйткені оның іске қосу сәті нөлге тең. Сондықтан синхронды машиналар негізінен генераторлар ретінде немесе жиі іске қосуды талап етпейтін және тұрақты жылдамдықпен жұмыс істеуі тиіс механизмдердің жетегіне арналған қозғалтқыштар ретінде шығарылады.

Синхронды машиналар өнеркәсібінде еңбекті қорғау шараларының негізгі мақсаты – жарақаттану және кәсіби сырқаттарды жою. Еңбек ету жағдайларын жақсарту шараларының көмегімен еңбек өнімділігі жоғарылайды, жоғалған еңбек ету қабілетін жақсартуға кеткен шығындар азаяды.

Еңбек қауіпсіздігін жобалау шаралары құрылыста, қондырғылар мен объектілерді дайындау және іске қосу кезінде ескерілуі қажет.

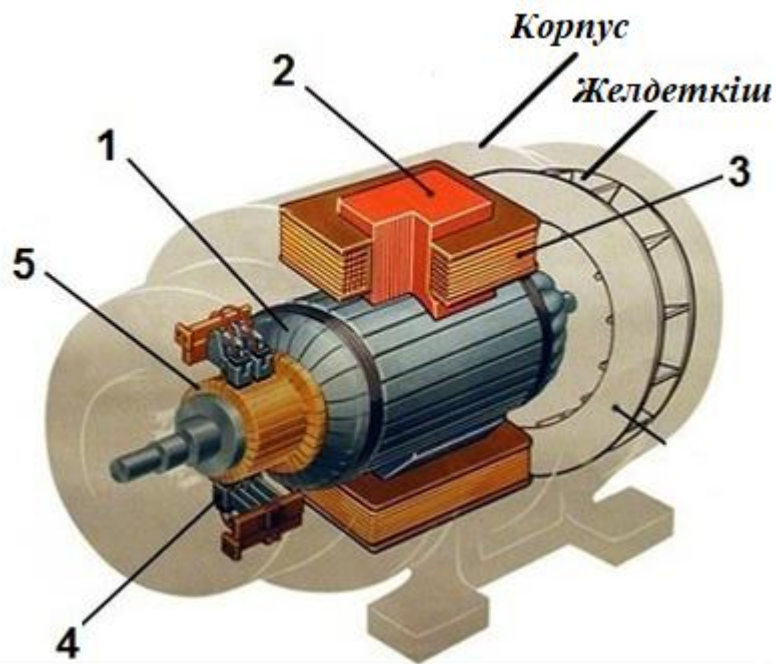
Еңбекті қорғаудың барлық шаралары еңбек процесіне қатысатын адамдарды қауіпті және зиянды факторлардың әсерінен қорғау мақсатында жүргізіледі.

Агрегаттарға жүргізілетін жұмыстар ашық жерде жүргізіледі және келесі жағдайлармен кездеседі:

- 1) Ауыр және үлкен жабдықтар мен құрылғылардың қолданылуы;
- 2) Жоғарғы қысымдардың пайда болуын тудыратын технологиялық процестердің болуы;
- 3) Үлкен жүктемелі жабдықтардың орналасуы;

Осы аталған ерекшеліктер белгілі бір қауіпсіздік шараларын сақтамаған кезде қайғылы жағдайлардың болуына әкеледі.

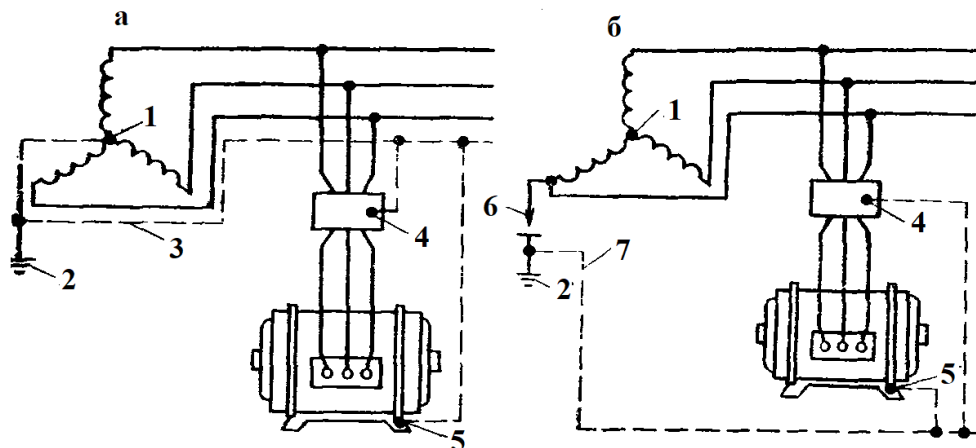
Жобаланып отырған фазалы асинхронды қозғалтқыштың электр жетек басқару жүйесінде кездесетін негізгі қауіпті факторлар – қозғалтқыштың айналатын бөліктері, механизмдер және олардың элементтері, құрылғылар қорек алатын электрлік тогы. Зиянды факторларға ұзақ әсер нәтижесінде денсаулықтың нашарлауына әкелетін электрондық құрылғылардың электр магниттік сәулеленуі, шу, табиғи жарықтың болмауы немесе жеткіліксіздігі, жұмыс аймағының жеткіліксіз жарықтандырылуы, статикалық электрлік жатады.



1-зәкір; 2-өзекше полюстері; 3-орам полюстері; 4-щеткалар; 5-коллектор
5.1 – Синхронды қозғалтқыш құрылысы

5.2 Синхронды қозғалтқышты қорғанысты жерге тұйықтау және нөлдеу

Қорғаныстық жерге тұйықтау оқшауланған және жерге тұйықтау бейтарабы бар электр желілерінде орнатылады. Ол электр қондырғыларының ток өткізбейтін металл корпустарының жерімен әдейі қосылу болып табылады.



1-трансформатор орамасының бейтарабы; 2-жерге тұйықтағыш; 3-нөлдеуші өткізгіш; 4,5-жерге тұйықтағыш болт; 6-сынамалы сақтандырғыш; 7-жерге тұйықтағыш өткізгіш

5.2 сурет - Қорғаныс нөлдеу (а) және жерге тұйықтау (б)

Қорғаныстық жерге қосу жерге қатысты кернеуді қалыпты емес кернеуде тұрған және оқшаулаудың зақымдануы нәтижесінде осындай жерде болған Электр қондырғыларының металл корпустарында қауіпсіз шамаға дейін төмендету үшін қажет. ПУЭ-дағы электр қондырғының кернеуіне, қуатына және бейтараптандыру режиміне байланысты жерге тұйықтау құрылғысы кедергісінің рұқсат етілген мәндері келтіріледі.

Қорғаныстық нөлдеу кернеуі 1000 В дейінгі керең Жерге тұйықталған бейтарап желілерде орнатылады, өйткені бір қорғаныстық жерге тұйықтау жеткілікті сенімді және толық қорғауды қамтамасыз етпейді. Электрқондырғылардың корпустарын нөлдік сыммен әдейі жалғау деп аталады. Тұйықталу әрекетінің принципі-тұйықталудың бір фазалы қысқа тұйықталу корпусына айналуы, ол кезде қорғаныс (балқығыш сақтандырғыштар, автоматтар) іске қосылады және электрқондырғы өшіріледі. Барлық станоктар, Электр қозғалтқыштары, цехтық металл шамдары және т. б. нөлдеуге жатады.

Қорғаныс ажыратуы-бұл адамның электр тогымен зақымдану қаупі туындаған кезде (корпусқа тұйықталу кезінде, желінің оқшаулама кедергісінің төмендеуінде, сондай-ақ адамның тікелей ток өткізгіш бөлігіне жанасу жағдайында) электр қондырғысын Автоматты ажыратуды қамтамасыз ететін тез әрекет ететін қорғаныс. Егер қауіпсіздік жерге тұйықтау немесе нөлдеу көмегімен қамтамасыз етілуі мүмкін болмаса немесе бұл әдістерді қолдану қиын немесе экономикалық жағынан тиімсіз болса, қорғаныстық ажыратуды негізгі немесе қосымша қорғау шарасы ретінде қолдану ұсынылады.

Электр тогынан қорғану құралдары

Электр қорғау құралдары (6.3 сурет) электр қондырғыларында жұмыс істейтін адамдарды электрқондырғыларының зақымдануынан қорғауға арналған құралдар көрсетілген.

Электр доғасы мен электромагниттік өрістің әсерлерінен қорғау тәсілдері келесідей болады:

оқшаулағыш штангалар (жедел, жерге тұйықтау салуға арналған, өлшеу);
оқшаулағыш (сақтандырғыштармен операциялар үшін) және электр өлшеу қысқыштары;

кернеу мен фазалау көрсеткіштері;

диэлектрлік қолғаптар, боттар, галоштар, кілемшелер;

оқшаулағыш жапсырмалар мен тіреулер;

тасымалды жерге қосу;

қауіпсіздік белгілері мен плакаттар.

Электр қондырғыларында жұмыс істеген кезде қажет болған жағдайда жеке қорғаныс құралдары (көзілдірік, каскалар, газқағарлар, монтаждық белдіктер, сақтандыру арқандары және т.б.) қолданылады.



5.3 сурет - Электр қорғау құралдары мен құрылғылары

5.3 Өндірістік ғимараттардың микроклиматының параметрлері

Өндірістік ғимараттың микроклиматының параметрлері өндірістік ғимараттың микроклиматы-бұл адам ағзасына әсер ететін ауа құрамының, температурасының, ылғалдылығының және қозғалыс жылдамдығының, сондай-ақ қоршаған беттердің температурасының үйлесуімен анықталатын ішкі ортаның климаты. Жұмыс ортасының метеорологиялық жағдайлары (микроклимат) жылу алмасу процесіне және жұмыс сипатына әсер етеді. Адам үшін қолайсыз метеорологиялық жағдайлардың ұзақ әсері көңіл-күйді күрт нашарлатады, еңбек өнімділігін төмендетеді және ауруларға әкеледі. Үй-жайларда метеорологиялық жағдайларды нормалау кезінде жыл уақытын және орындалатын жұмыстардың физикалық ауырлығын ескереді. Жыл мезгілінде екі кезеңді білдіреді: суық (сыртқы ауаның орташа тәуліктік температурасы $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ және одан төмен) және жылы (тиісті мәні $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ асады). Адам ағзасының физиологиялық қажеттіліктеріне сәйкес келетін қолайлы жұмыс жағдайын жасау үшін санитарлық нормалар үй-жайда оңтайлы және рұқсат етілген метеорологиялық жағдайларды белгілейді.

5.4 Өндірістік ғимараттардағы шу және олардың еңбек жағдайына және адам ағзасына әсері

Шу деп адамға жағымсыз түрде әсер ететін барлық дыбысты айтады. Әдетте, шу жиілігі мен қарқындылығы әртүрлі дыбыстардың үйлесуі болып табылады.

Өндірістік шудан қорғанудың мәні зор. Шу адамның ағзасына әсер ете

отырып, психикалық және физиологиялық бұзуларды тудырады, жұмыс қабілеттілігін төмендетіп, аурудың және өндірістік жарاقاتтың пайда болуына алғышарттар жасайды. Ұзаққа созылатын қатты шу жүрек-қан тамыр және жүйке жүйесіндегі функционалдық өзгерудің себебі болуы мүмкін, сондай-ақ, ол естудің нашарлауына және керең болуға әкелуі мүмкін. Ми қабығына әсер ете отырып, шу ашуланғыштық әсерін тудырады, шаршау үрдісін жылдамдатады, зейінді әлсіретеді, реакция жылдамдығын бәсеңдетеді.

Шудың шекті рұқсат етілген көлемі (МЕМСТ 12.1.003-83 ССБТ), ол бір күн бойы және бірнеше жыл бойы адамға күн сайынғы жүйелі түрде әсер еткен кезде, оның ағзасында айтарлықтай науқастануды тудырмайды және оның қалыпты жұмыс істеуіне кедергі келтірмейді. 5.1-кестесінде жұмыс орнында рұқсат етілген шу деңгейлері көрсетілген.

Шуды нормалаудың негізі – бұл жұмыс ауысымы ішінде адамға әсер ететін дыбыс энергиясын оның денсаулығы мен жұмыс қабілеттілігі үшін қауіпсіз ететіндей түрде шектеу болып табылады. Машина іші көпір краны операторының жұмыс орны болып табылатындықтан, біздің жағдайда, нормалау ҚН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Жұмыс орындары, тұрғын орынжайлары, қоғамдық ғимараттары мен тұрғын құрылыстарындағы шу» бойынша жүргізіледі.

5.1 кесте – Электрлік қондырғылар тудыратын дыбыс қысымының деңгейі

| Октавалық жолақтардың орташа геометриялық жиілігі, Гц | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|---|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| L_{pi} | 56 | 56 | 58 | 58 | 60 | 61 | 60 | 59 |

5.5 Өндіріс ғимаратындағы қажетті өрт сөндіруші құралдар

Өрт сөндіру үшін ең бірінші пайдаланатын құрал өрт сөндіргіш құрал. Оларды жұмысқа қосу өте тез көп арнайы білімді қажет етпейді және алғашқы өрт сөндіруге өте ыңғайлы. Сондықтан бұл өрт сөндіруші құралдармен кезкелген ғимаратты жабдықтауға болады.

Жатып есептеу сұлбасы

Өрт қауіпсіздігін қамтамасыздандыру үшін ғимараттың орналасу жоспарына қарай керек. Шатаспау үшін келесі қағидаларды ұстану керек:

- ғимараттың өрт қауіпсіздігін және өрт қауіпсіздік категориясын анықтау керек;
- жоспарланған бөлімнің ауданы және жоспары;
- өрт классы;

- нақты керекті өрт сөндіру құралын таңдау;

Бөлімді жоспарлау

Жоспарлау бойынша есептеудің екі әдісі:

- өртенген ортадан отыр құралына дейінгі ара қашықтық;
- ғимарат аумағындағы өрт сөндіру құралының саны.

Қолға ұстайтын өрт сөндіру құралын орналастырғанда өрт ошағынан ара қашықтығы 20м аспау керек, А, Б, В категориядағы ғимараттар өрт қауіпсіздігі бойынша — 30 м, Г категориядағы ғимараттар — 40 м, Д категориядағы ғимараттар — 70 м. Осылай анықтап қолға ұстайтын өрт сөндіргіш құралды орналастыруға болады.

5.2 кесте – Ғимаратты қолға ұстайтын өрт сөндіргіш құралмен жабдықтау

| Ғимарат категориясы | Қажетті қорғалатын аудан м ² | А өрт класы | Ұнтақ өрт сөндіргіш | | | Көмір қышқылды өрт сөндіргіш | | |
|-------------------------------|---|-------------|---------------------|------|------|------------------------------|------|------|
| | | | 2/2 | 5/4 | 10/8 | 2/2 | 3(5) | 5(8) |
| А, Б, В жанғыш сұйық және газ | 200 | А | — | 2 + | 1 ++ | — | — | — |
| | | В | — | 2 + | 1 ++ | — | — | — |
| | | С | — | 2 + | 1 ++ | — | — | — |
| | | Д | — | 2 + | 1 ++ | — | — | — |
| | | (Е) | — | 2 + | 1 ++ | — | 2 ++ | 2 ++ |
| В | 400 | А | 4 + | 2 ++ | 1 + | — | 2 + | 2 + |
| | | Д | — | 2 + | 1 ++ | — | — | — |
| | | (Е) | 2 ++ | — | 1 + | 4 + | 2 ++ | 2 ++ |
| Г | 800 | В | — | 2 ++ | 1 + | — | — | — |
| | | С | 4 + | 2 ++ | 1 + | — | — | — |
| Г,Д | 1800 | А | 4 + | 2 ++ | 1 + | — | — | — |
| | | Д | — | 2 + | 1 ++ | — | — | — |
| | | (Е) | 2 + | 2 ++ | 1 + | 4 + | 2 ++ | 2 ++ |
| Орталық ғимарат | 800 | А | 8 + | 4 ++ | 2 + | — | 4 + | 4 + |
| | | (Е) | — | 4 ++ | 2 + | 4 + | 2 ++ | 2 ++ |

5.6 Өндірістегі жасанды жарықтандыруды есептеу

Механикалық өндіріс (жүзді өңдеу) үшін жалпы біркелкі жасанды жарықтандыруды есептеу, көлемі 50×25×6 м.

Өндірістің шағын биіктігін ескере отырып, люминесцентті шамдары бар шамдарды пайдалануға шешім қабылдаймыз, оларды ғимараттың ұзын жағындағы үздіксіз қатармен орналастырамыз. Сонымен қатар, бөлменің үлкен ұзындығынан (50 м) көлденең және бойлық қимада 15° қорғаныс бұрышы бар

ОДР шамдарын қолданамыз.

Есептеу үшін жарық ағыны әдісін қолданамыз.

Механикалық цехтар үшін аралас жүйе кезінде жалпы жарықтандыру шамдарымен жасалатын жарықтандыру нормасы $E_H = 200$ лк.

Металл өңдеу цехтары үшін кезекті коэффициенті $k_3 = 1,5$.

Цех ауданы:

$$S = AB = 50 \cdot 25 = 1250 \text{ (м}^2\text{)}. \quad (6.1)$$

Люминесцентті шамдарға арналған коэффициенті $z = 1,1$,

ОДР шамындағы шамдардың саны $n = 2$

Анықтау үшін пайдалану коэффициентін η есептейміз нысанның индексі үй-жайлар мынадай формула бойынша:

$$i = (A \cdot B) / (H_p(A + B)) = 50 \cdot 25 / (5(50 + 25)) = 3,33. \quad (6.2)$$

мұндағы $H_p = H - 1 = 6 - 1 = 5$ (м)шамдарды ілудің жұмыс биіктігі (ЛЛ бар шамдар үй-жайдың төбесіне бекітіледі).

Төбені көрсету коэффициенттері деп есептейміз (төбесі бетоннан) ρ_n

Қабырға ρ_c (қабырға бетоннан)

Жұмыс беті (еден) ρ_p 50, 30 и 10 % (П.5).

пайдалану коэффициентін интерполяциямен анықтаймыз П.6

ОДР шам үшін $i = 3,0$ $\eta = 57,5$ %, кезінде $i = 3,5$ $\eta = 59$ %, сонда $i = 3,33$

$$\eta = 57,5 + ((59 - 57,5) / (3,5 - 3,0))(3,33 - 3,0) = 58,49 \text{ (\%)}. \quad (6.3)$$

Шамдардың санын анықтау үшін, ең алдымен (3) формула бойынша есептейміз, қуаты 80 Вт шамдарға бағдарланып, цехтың салыстырмалы шағын биіктігін ескере отырып, бір қатардағы шамдардың саны:

$$N_{cb} = (A/l_m) - 2 = (50/1,6) - 2 = 29,25. \\ N_{cb} = 29.$$

N_p қатарлар санын алдын ала анықтау үшін шеткі қатардан қабырғаға дейінгі қашықтық L_1 көршілес қатарлар арасындағы қашықтықтың ең жоғарғы және жартысына тең: $L_1 = 0,5L$.

Сонда (4) формула бойынша қатарлар арасындағы ең үлкен жол берілетін ара қашықтық кезінде):

$$N_{pmin} = B/L_{max} = B/(1,5H_p) = 25/(1,5 \cdot 5) = 3,3.$$

Дөңгелектеу (тек үлкен жағына), біз $N_p = 4$ аламыз.
Сонда шамдардың жалпы саны:

$$N = N_{св} \cdot N_p = 29 \cdot 4 = 116.$$

Қатарлар санын үлкен бүтін деңгейге дейін дөңгелектеген кезде L және L_1 шамалары өзгереді (азаяды).

Оларды анықтаймыз, әлі де санаймыз, $L_1 = 0,5L$;

$$L = B/N_p = 25/4 = 6,25 \text{ (м)}; L_1 = 0,5 \cdot 6,25 = 3,125 \text{ (м)}. \quad (6.5)$$

Ыңғайлы өлшемді таңдаймыз (қатарлар арасындағы аралық саны қатарлардың санына қарағанда бір-біріне аз екенін ескере отырып), $L = 6,5$ м; сонда $L_1 = (B - (N_p - 1)L)/2 = (25 - (4 - 1) \cdot 6,5)/2 = 2,75$ (м).

Қатынасты қарстырамыз $L_1/L = 2,75/6,5 = 0,415$ рұқсат етілген ауқымға түседі ($0,3 \div 0,5$).

Барлық параметрлерді қойып:

$$F_{есеп} = 100(200 \cdot 1250 \cdot 1,5 \cdot 1,1)/(116 \cdot 2 \cdot 58,49) = 3040 \text{ (лм)}.$$

Кестеден шамды таңдау кезінде металл өңдейтін цехтар үшін стробоскопиялық әсерді болдырмау үшін ЛБ шамдарын пайдалану керек екенін ескереміз. $F_{ст}$ 3120 лм жарық ағыны бар ең жақын стандартты ЛБ40 шам, жарық ағыны бар ең жақын стандартты шам өте қолайлы, өйткені оның жарық ағынының есептік деңгейден ауытқуы, рұқсат етілген шектерден шықпайды (10 %-тен + 20 %-ке дейін).

$$\Delta F = 100(F_{ст} - F_{есеп})/F_{есеп} = 100(3120 - 3040)/3040 = 2,6 \text{ \%}.$$

Бұл ретте, қуаты 40 Вт шамдары бар шамдардың ұзындығы аз және $l_m = 1,3$ м аз монтаждық ұзындығы бар болғандықтан, шамдардың қатарда орналасуы үзік болады. Монтаждық саңылау 30 см-ге артады. 40-ватт шам орнына 80-ваттты өз артықшылықтары бар. Атап айтқанда, оларда жарық қайтарымы біршама жоғары, бұл электр энергиясын жарықтандыруға үнемдеуді қамтамасыз етеді.

Алайда, қуаты 40 Вт шамдарды пайдалану кезінде шамдардың саны мен шамдардың саны екі есе көп болады. Бұл жарықтандыру қондырғысын құруға арналған бір жолғы шығындарды да, оны пайдалануға арналған шығындарды да күрт арттырады.

Сондықтан 80 Вт қуаты бар шамдарды пайдалануға шешім қабылдаймыз, шамдардың санын азайтамыз (олардың орналасуын үзік етеді).

Стандартты шамның жарық ағынына барынша жақындатылған $F_{\text{есеп}}$ алу үшін ЛБ80-5220 лм-ге арналған жаңа $N_{\text{св}}$ анықтаймыз.
 Жаңа санды келесі пропорциядан анықтаймыз:

$$N_{\text{св(жаңа)}} = (N_{\text{св(ескі)}} \cdot F_{\text{есеп}}) / F_{\text{ст}} = (29 \cdot 3040) / 5220 = 16,9, \quad (6.8)$$

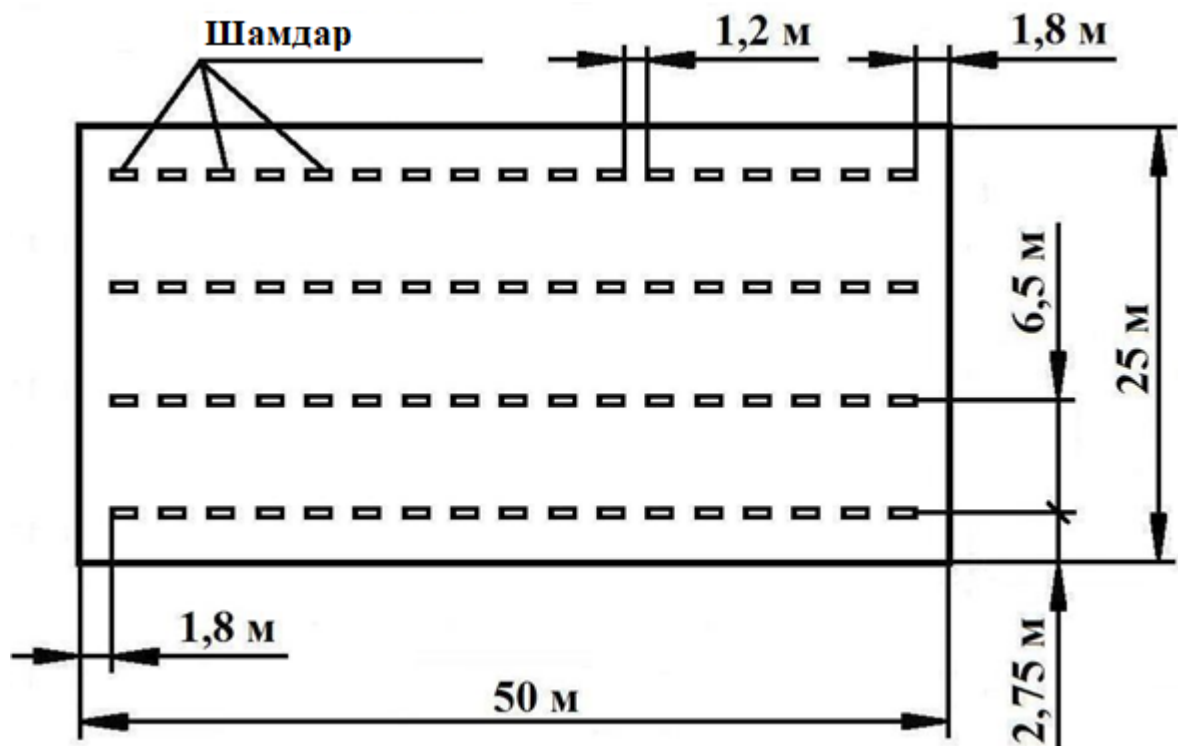
$N_{\text{св}} = 17$ деп қабылдаймыз.

Сонда $N = N_{\text{св}} \cdot N_{\text{р}} = 17 \cdot 4 = 68$, деп қабылдаймыз.

Шамдар арасының ара қашықтығы үлкейеді:

$$l_{\text{м}} = (N_{\text{св(ескі)}} - N_{\text{св}}) / (N_{\text{св}} - 1) = 1,6(29 - 17) / (17 - 1) = 1,2 \text{ (м)}. \quad (6.9)$$

Шамның ұзындығы шамамен аз – жарықтандыру біркелкілігі қамтамасыз етіледі.



5.4 сурет - Көлемі 50×25 м өндіріске ЛБ80 люминесцентті шамы бар ОДР шамдарын орналастыру

Бұл ретте бір шамның есептік жарық ағыны:

$$F_{\text{есеп}} = 100(200 \cdot 1250 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / (68 \cdot 2 \cdot 58,49) = 5186 \text{ (лм)}. \quad (6.10)$$

ЛБ80 шамының жарық ағынының есептік көрсеткішінен ауытқуы:

$$\Delta F = 100(F_{\text{ст}} - F_{\text{есеп}})/F_{\text{есеп}} = 100(5220 - 5186)/5186 = 0,7 \%$$

Жарық беру қондырғысы тұтынатын қуат:

$$P = P_{\text{д}}nN = 80 \cdot 2 \cdot 68 = 10880 \text{ (Вт)}. \quad (6.11)$$

Еңбек қауіпсіздігіне байланысты электр тогы қауіпсіздігі және электр тогынан қорғану құралдарын қарастырдым. Сонымен қатар өрт қауіпсіздігі бойынша ережелерін қарастырдым. Келесі бөлімде өндірісті жасанды жарықтандыру бойынша ауданына $50 \times 25 \times 6$ м, қатысты шам түрлерін есептедім. Менің пайдалануға дұрыс деп есептеген шам түрі ЛБ80 люминесцентті шамы бар ОДР шамдары болды.

6 Экономикалық бөлім

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

Бір сериялы электр қозғалтқыштары ұқсас талаптарға жауап беруі тиіс:

- серия құрылымы;
- номиналды қуаттардың және берілген өлшемдердің әртүрлілігі;
- айналу жиілігі;
- кернеу және желі жиілігі;
- қорғау дәрежесі;
- энергетикалық көрсеткіштері;
- іске қосу сипаттамалары;
- виброшумдық сипаттамалары;
- конструкцияның сенімділігі мен ұзақ мерзімділігі;
- үнемділік.

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.

6.1 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 4A200L2У3 базалық типті және 4A200M2У3 есептік типті қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электрқозғалтқышы қабылданды. Салыстырмалы жүйелердің электр қозғалтқыштардың техникалық көрсеткіштері 6.1 кестесінде келтірілген.

6.1 кесте - Электр қозғалтқыштарының техникалық көрсеткіштері

| Параметрлері | Базалық нұсқа | Есептік нұсқа |
|-------------------------|---------------|---------------|
| Қозғалтқыш типі | 4A200L2У3 | 4A200M2У3 |
| Қуаты, кВт | 45 | 37 |
| П.Ә.К., % | 91 | 90 |
| Айналу жиілігі, айн/мин | 3000 | 3000 |
| Бағасы | 315 160 | 275 350 |

6.2 – 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 | 315 160 | 37 819,2 | 7 059,58 | 3 781,92 |
| 2. Статордың болатына арналған материалдар | 35 000 | 4 200 | 784 | 420 |
| 3. Ротордың болатына арналған материалдар | 25 135 | 3 016,2 | 563,02 | 301,62 |
| 4. Ротордың білігіне керекті материалдар | 6 550 | 786 | 146,72 | 78,6 |
| 5. Станина мен подшипникті қалқандарға арналған материалдар: | 35 500 | 4 260 | 795,2 | 426 |
| 6. Құрылымдық материалдар | 6 050 | 726 | 135,52 | 72,6 |
| 7. Ротордың тұйықталған сақиналарына арналған материалдар: | 7 300 | 876 | 163,52 | 87,6 |
| Барлығы | 430 695 | 51 683,4 | 9 647,56 | 5 168,34 |

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептелінеді:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ.ж}} + K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б.с}}; \quad (6.1)$$

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: $K_{\text{ж.с}} = 315\,160$ тг;

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

$$K_{\text{м}} = 0,12 \cdot K_{\text{ж.с}} = 0,12 \cdot 315\,160 = 37\,819,2 \text{ тг}; \quad (6.2)$$

Тасымалдауға кететін шығын:

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

$$K_{\text{б.с}} = 0,02 \cdot (K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}}) = 0,02 \cdot (315\,160 + 37\,819,2) = 7059,5 \text{ тг}; \quad (6.3)$$

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

$$K_{\text{қ.ж}} = 0,1 \cdot 37\,819,2 = 3\,781,92 \text{ тг}; \quad (6.4)$$

$$K_{\text{жалпы}} = 430\,695 + 51\,683,4 + 9\,645,56 + 5\,168,34 = 497\,192,3 \text{ теңге.}$$

Эксплуатационды шығындар келесідей есептелінеді:

$$И = И_{\text{а}} + И_{\text{э}} + И_{\text{ж.ж}} + И_{\text{е.а}} + И_{\text{б.ш}} + И_{\text{б.э.с}}; \quad (6.6)$$

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:

$$I_a = \frac{H \cdot \Phi}{100} = \frac{315\,160 \cdot 9,5}{100} = 29\,940,2 \text{ тг.} \quad (6.6)$$

мұнда: H – орташа жылдық норма амортизациясы (9,5%);
 Φ – қондырғының бастапқы бағасы, (315 160 тг).

2. I_3 электр энергиясының шығынының құны мына формуламен анықталады:

$$I_3 = \Delta A \cdot W; \quad (6.7)$$

мұнда:

ΔA – электр энергиясының жылдық шығыны;

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

Жылдық шығын келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta A = P_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot K_{ж} \cdot T = 45 \cdot \frac{1 - 0,91}{0,91} \cdot 0,8 \cdot 4000 = 14241,758 \frac{\text{кВт}}{\text{сағ}}; \quad (6.8)$$

Мұндағы P_2 – электр қозғалтқышының номиналды қуаты – 45 кВт;

η – электр қозғалтқышының П.Ә.К – 0,91;

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

T – қолданыстағы қор жұмыс уақыты – 4000 сағ

$$I_3 = 14241,758 \cdot 17,81 = 253\,645,709 \text{ тг.}$$

3. Қызмет көрсетуші қызметкерлердің еңбекақысы және әлеуметтік салықтарды төлеу:

Қызметкерлердің негізгі еңбек ақысы: $I_{е.а} = 130\,000$;

Зейнетақы қорына бөлінгеннен кейінгі еңбек ақы:

$$I_{з.қ.б} = I_{е.а} - 10\% \cdot I_{е.а} = 130\,000 - 10\% \cdot 130\,000 = 117\,000 \text{ тг.} \quad (6.9)$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{б.э.с} = 9,5\% \cdot I_{з.қ.б} = 9,5\% \cdot 117\,000 = 11\,115 \text{ тг.} \quad (6.10)$$

4. Электр жабдықтарын жөндеуге арналған шығындар, қосалқы бөлшектер құны:

$$I_{\kappa} = 10\ 000 \text{ тг.} \quad (6.11)$$

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

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

$$I_{\text{жж}} = I_{\text{е.а}} + I_{\text{б.э.с}} + I_{\text{т.д}} = 117\ 000 + 11\ 115 + 111 = 128\ 226 \text{ тг.} \quad (6.12)$$

Мұндағы $I_{\text{е.а}}$ – қызметкерлердің жылдық негізгі еңбек ақысы (130 000 тг);
 $I_{\text{б.э.с}}$ - бірыңғай әлеуметтік салық (11 115 тг)
 $I_{\text{т.д}}$ - тәуекел дәрежесіне байланысты әлеуметтік сақтандыру қорына аударымдар еңбекақы сомасынан 1%.

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

$$I_{\text{б.ш}} = 0,05 \cdot (I_{\text{а}} + I_{\text{э}} + I_{\kappa} + I_{\text{жж}}); \quad (6.13)$$

Сонда:

$$I_{\text{б.ш}} = 0,05 \cdot (29\ 940,2 + 253\ 645,709 + 10\ 000 + 128\ 226) = 21\ 090,59 \text{ тг.}$$

Эксплатационды шығындардың қосындысы:

$$I = 29\ 940,2 + 253\ 645,709 + 128\ 226 + 117\ 000 + 21\ 090,59 + 11\ 115 \\ = 561\ 017,49 \text{ тг.}$$

6.3 – кесте Шығындар сметасы

| Шығын көздері | Шығын суммасы, тг |
|---|-------------------|
| 1. Амортизациондық аударым | 29 940,2 |
| 2. Электр энергиясының шығының құны | 253 645,709 |
| 3. Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны | 128 226 |
| 4. Басқа шығындар | 21 090,59 |
| 5. Еңбек ақы шығындары | 117 000 |
| 6. Әлеуметтік салық | 11 115 |
| Барлығы | 561 017,49 |

**6.2 Капиталдық салымдар мен материалдық шығындарды есептеу.
(Есептік нұсқа)**

6.4 – 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 | 275 350 | 33 042 | 6 167,84 | 3 304,2 |
| 2. Статордың болатына арналған материалдар | 388 35 | 4 660,2 | 869,90 | 466,02 |
| 3. Ротордың болатына арналған материалдар | 22 826 | 2 739,12 | 511,30 | 273,91 |
| 4. Ротордың білігіне керекті материалдар | 6 820 | 818,4 | 152,76 | 81,84 |
| 5. Станина мен подшипникті қалқандарға арналған материалдар: | 29 575 | 3 549 | 662,48 | 354,9 |
| 6. Конструкциялық материалдар | 7 475 | 897 | 167,44 | 89,7 |
| 7. Ротордың тұйықталған сақиналарына арналған материалдар: | 6 800 | 816 | 152,32 | 81,6 |
| Барлығы | 387 681 | 46 521,72 | 8 684,04 | 4 652,17 |

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептелінеді:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ.ж}} + K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б.с}}; \quad (6.14)$$

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

$K_{қж}$ – құрылыс жұмыстарының капиталдық салымдары;
 K_M – монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының капиталдық салымдары;

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

Қозғалтқыштың сатып алу құны: $K_{ж.с} = 275\ 350$ тг;

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

$$K_M = 0,12 \cdot K_{ж.с} = 0,12 \cdot 275\ 350 = 33\ 042 \text{ тг}; \quad (6.15)$$

Тасымалдауға кететін шығын:

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

$$K_{б.с} = 0,02 \cdot (K_{ж.с} + K_M) = 0,02 \cdot (275\ 350 + 33\ 042) = 6\ 167,84 \text{ тг}; \quad (6.16)$$

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

$$K_{қж} = 0,1 \cdot 33\ 042 = 3\ 304,2 \text{ тг};$$

$$K_{жалпы} = 387\ 681 + 46\ 521,72 + 8\ 684,04 + 4\ 652,17 = 447\ 538,93 \text{ тг.}$$

Эксплуатационды шығындар келесідей есептелінеді:

$$И = I_a + I_э + I_{ж.ж} + I_{е.а} + I_{б.ш} + I_{б.э.с}; \quad (6.17)$$

мұнда: I_a - амортизациялық аударымдар (сала үшін амортизациялық аударымдар нормасы 5-10%);

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

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

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

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

$I_{б.э.с}$ – зейнетақы жарнасын жинақтаушы зейнетақы қорына аудару арасындағы айырмасының 9,5% құрайтын бірыңғай әлеуметтік салық.

1. Амортизациялық аударымды I_a келесі формула бойынша табылады:

$$I_a = \frac{H \cdot \Phi}{100} = \frac{275\,350 \cdot 9,5}{100} = 26\,158,25 \text{ тг.} \quad (6.18)$$

мұндағы:

H – орташа жылдық норма амортизациясы (9,5%);

Φ – қондырғының бастапқы бағасы, (275 350 тг).

2. $I_{и}$ электр энергиясының шығынының құны мына формуламен анықталады:

$$I_3 = \Delta A \cdot W; \quad (6.19)$$

мұндағы: ΔA – электр энергиясының жылдық шығыны;

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

Жылдық шығын келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta A = P_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot K_{ж} \cdot T = 37 \cdot \frac{1 - 0,9}{0,9} \cdot 0,8 \cdot 4000 = 13\,155,55 \frac{\text{кВт}}{\text{сағ}}; \quad (6.20)$$

P_2 – электр қозғалтқышының номиналды қуаты – 37 кВт;

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

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

T – қолданыстағы қор жұмыс уақыты – 4000 сағ

$$I_3 = 13155,55 \cdot 17,81 = 234\,300,35 \text{ тг.}$$

3. Қызмет көрсетуші қызметкерлердің еңбекақысы және әлеуметтік салықтарды төлеу:

Қызметкерлердің негізгі еңбек ақысы: $I_{е.а} = 130\,000$;

Зейнетақы қорына бөлінгеннен кейінгі еңбек ақы:

$$I_{з.қ.б} = I_{в.а} - 10\% \cdot I_{в.а} = 130\,000 - 10\% \cdot 130\,000 = 117\,000 \text{ тг.} \quad (6.21)$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{б.э.с} = 9,5\% \cdot I_{з.қ.б} = 11\% \cdot 117\,000 = 11\,115 \text{ тг.} \quad (6.22)$$

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

$$I_{к} = 9000 \text{ тг.} \quad 6.23$$

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

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

$$I_{жж} = I_{е.а} + I_{б.э.с} + I_{т.д} = 117\,000 + 11\,115 + 111 = 128\,226 \text{ тг.} \quad 6.24$$

мұнда:

$I_{е.а}$ – қызметкерлердің жылдық еңбек ақысы (130 000 тг);

$I_{б.э.с}$ - бірыңғай әлеуметтік салық жалақы сомасынан (11 115 тг)

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

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

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (I_a + I_э + I_к + I_{жж}); \quad (6.25)$$

Сонда:

$$I_{б.ш} = 0,05 \cdot (26\,158,25 + 234\,300,35 + 9000 + 128\,226) = 19\,884,23 \text{ тг.}$$

Эксплатационды шығындардың қосындысы:

$$I = 26\,158,55 + 234\,300,35 + 128\,226 + 117\,000 + 11\,115 + 19\,884,23 = 536\,684,13 \text{ тг.}$$

6.5 – кесте Шығындар сметасы

| Шығын көздері | Шығын суммасы, тг |
|---|-------------------|
| 1. Амортизациондық аударым | 26 158,55 |
| 2. Электр энергиясының шығының құны | 234 300,3 |
| 3. Электр құрылғыларының жөндеу жұмыстарының құны | 128 226 |
| 4. Еңбек ақы шығындары | 117 000 |
| 5. Әлеуметтік салық | 11 115 |
| 5. Басқа шығындар | 19 884,23 |
| Барлығы | 536 684,13 |

6.3 Жобаның экономикалық тиімділігіне есептеу

Екі нұсқаны салыстыру үшін минимум келтірілген шығындар әдісі қолданылады.

Келтірілген шығындар мынадан тұрады:

$$КШ = С + E_H \cdot K \quad (6.26)$$

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

$$КШ_6 = 561\,017,49 + 0,15 \cdot 497\,192,3 = 635\,596,33 \text{ тг.}$$

$$КШ_e = 536\,684,13 + 0,15 \cdot 447\,538,9 = 603\,814,96 \text{ тг.}$$

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

$$\Delta = КШ_6 - КШ_e = 635\,596,33 - 603\,814,96 = 31\,781,37 \text{ тг.} \quad (6.27)$$

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:

$$\Delta = \Delta U + 0,15 \cdot \Delta K; \quad (6.28)$$

$$\begin{aligned} \Delta &= (561\,017,49 - 536\,684,13) + 0,15 \cdot (497\,192,3 - 447\,538,9) \\ &= 24\,333,36 + 0,15 \cdot 49\,653,4 = 31\,781,37 \text{ тг.} \end{aligned}$$

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

$$T = \frac{K_6 - K_e}{I_6 - I_e} = \frac{497\,192,3 - 447\,538,9}{561\,017,49 - 536\,684,13} = 2,04. \quad (6.29)$$

мұнда: K_6 және K_e – базалық және есептік қозғалтқыштың капиталдық салымдары;
 I_6 және I_e – эксплуатационды шығындардың қосындысы.

Салыстырмалы экономикалық тиімділік:

$$E = \frac{I_6 - I_e}{K_6 - K_e} = \frac{561\,017,49 - 536\,684,13}{497\,192,3 - 447\,538,9} = 0,49 \quad (6.30)$$

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

$T_H = 2,04$ - өтімділіктің нормативтік мерзімі.

Алынған коэффициентінің тиімділігі мен өтелу мерзімін салыстырылады нормативтермен және егер шарттары орындалса, $E \geq E_H$, $0,49 \geq 0,15$; $T \leq T_H$, $2,56 \leq 2,04$ болса, онда енгізу ұсынылып отырған жүйе экономикалық тиімді.

Қорытынды

Бұл жұмыста синхронды қозғалтқышты жобалау барысында негізгі және номинал өлшемдерді анықтау жұмыстары және статордың тістері мен паздарының өлшемдерін анықтау мақсатында есептеу жұмыстары жүргізілді. Ауа саңылауының ұзындығы мен ротордың полюстер саны анықталып, магнит тізбегі есептелді. Синхронды қозғалтқыштың сипаттамалары есептеліп, орнықты режим кезіндегі параметрлер және жүктеме кезіндегі қоздырушы ораманың магнит қозғаушы күштері анықталды. Соңында қозғалтқыштың активті материалдарының салмағы, шығындары мен ПӘК есептелді. Статор орамаларына қызулық есептеулер жүргізілді.

Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде қозғалтқышы бар өндірістегі еңбек қауіпсіздіктерін қарастырдым. Оның ішінде негізгі өндіріс еңбек жағдайы, өндірістің микроклиматы, өндірістегі жалпы шу, қозғалтқышты қалай дұрыс ережеге сай жеерге тұйықтау қорғанысы және нөлдеу мүмкіндіктерін көрсеттім. Еңбек қауіпсіздігіне байланысты электр тогы қауіпсіздігі және электр тогынан қорғану құралдарын қарастырдым. Сонымен қатар өрт қауіпсіздігі бойынша ережелерін қарастырдым. Келесі бөлімде өндірісті жасанды жарықтандыру бойынша ауданына $50 \times 25 \times 6$ м, қатысты шам түрлерін есептедім. Менің пайдалануға дұрыс деп есептеген шам түрі ЛБ80 люминесцентті шамы бар ОДР шамдары болды.

Экономикалық бөлімді екі түрлі қозғалтқышты тандап алдық. Қозғалтқыштардың есептеу нәтижесінде алынған коэффициентінің тиімділігі мен өтелу мерзімін салыстырылды, егер нормативтермен және егер шарттары орындалса, $E \geq E_n$, $0,49 \geq 0,15$; $T \leq T_n$, $2,56 \leq 2,04$ болса, онда енгізу ұсынылып отырған жүйе экономикалық тиімді.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Проектирование электрических машин: учебник для ВУЗов \ И.П. Копылов, П.К. Клоков и др.; под ред. И.П. Копылова: - М.: «ЮРАЙТ», 2011 - 757 с.
- 2 Проектирование электрических машин: Учеб. пособие для вузов/ И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клоков и др.; под ред. И.П. Копылова. -М.: Энергия, 1980. - 496 с.
- 3 И.П. Копылов Электрические машины для студентов вузов. - Москва: Энергоиздат, 1986.
- 4 Романов В.В. Расчёт характеристик синхронных двигателей на ПЭВМ методическое пособие для вузов. - Минск: БГПА, 1994.
- 5 Проектирование электрических машин: учебное пособие для ВУЗов\И.П. Копылов, П.К. Клоков и др.; под ред. И.П. Копылова: - М.: «Высшая школа», 2005 - 767 с.
- 6 Түзелбаев Б.И. Сала экономикасы: оқу құралы - Алматы, 2007.
- 7 Хакімжанов Т.Е. Еңбек қорғау. Жоғары оқу орындары үшін оқу құралы. – Алматы: «ЭВЕРО», 2008 – 240 б.