

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

т.ғ.к., профессор Оржанова Ж.К.

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« » 2021 ж.

(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Сумен жабдықтау сорғы станциясының автоматтандырылған
электр жетегі 5В071800 - «Электроэнергетика» мамандығы
бойынша

Орындаған Бокенхан Мирас Маратханұлы ЭЭ(ЭАТК)к-17-5
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші Алмуратова Нургуль Канаевна, PhD докторы, доцент
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« » 2021 ж.

(қолы)

Кеңесшілер:

Техникалық бөлімі бойынша:

Алмуратова Нургуль Канаевна, PhD докторы, доцент
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« » 2021 ж.

(қолы)

Экономикалық бөлім бойынша:

Абильдина Айнур Шахизадина. э.ғ.к., доцент
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« » 2021 ж.

(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

Байзакова Саягуль Мухтаровна, аға оқытушы
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« » 2021 ж.

(қолы)

Пікір жазушы:

_____ (ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« » 2021 ж.

Алматы 2021

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 - «Электр энергетикасы» мамандығы
Электр машиналары және электр жетегі
кафедрасы

жұмысты орындауға берілген
ТАПСЫРМА

Студент Бокенхан Мирас Маратханұлы
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Сумен жабдықтау сорғы станциясының
автоматтандырылған электр жетегі

Ректордың «27» 10 2020ж. № 217 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: « 30 » мамыр 2020 ж.

Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері) Қуаты Pн-11кВт;
Кернеу-380В; Номиналды ток – 21,3А; Синхронды айналу жылдамдығы –
1500 айн/мин; Қуат коэффициенті – 0,8; Активті статор кедергісі R-0,043;
Статордың реактивті кедергісі – 0,085; Пәк – 87,5.

Дипломдық жұмыста әзірлеуге жататын сұрақтар тізімі немесе қысқаша мазмұны:

Бұл дипломдық жұмыста ғимараттың суық сумен жабдықтау жүйесінің сорғы қондырғысының электр жетегін жақсартуды көздейді.

Сорғы қондырғысының түрін және электр қозғалтқышының түрін таңдау қажет. Электр жетегі жүйесінің орнына жиілік түрлендіргіші - асинхронды қозғалтқыш жүйесі таңдалды. Қажетті параметрді есептеу, электр қозғалтқыштарының қажетті параметрін есептеу және жиілік түрлендіргіштің схемасын беру қажет. Электр қозғалтқышының механикалық және электромеханикалық сипаттамалары. Excel және Simulink Matlab бағдарламалары қолданылды.

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

- Сумен жабдықтау сорғысы механизмінің кинематикалық сұлбасы
- Қозғалтқыштың жүктемелік диаграммасы
- Қозғалтқыштың орынбасу сұлбасы
- Қозғалтқыштың табиғи және жасанды сипаттамалары
- Құрылымдық сұлба
- Жиіліктің түрлендіргіштің күш тізбегінің сұлбасы
- Сорғыны механизмінің электр жетегінің имитациялық моделі
- Қозғалтқыштың имитациялық моделі және өтпелі үрдістер сипаты

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

- 1 Браславский И.Я., Ишиматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – Москва, Академта 2004. – 202 с.
- 2 Рекомендации по проектированию систем холодного, горячего водоснабжения и канализации для больниц. [Электронный ресурс] – Режим доступа: docs.cntd.ru/document/1200083676, свободный.
- 3 Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. 2-ое изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.
- 4 Мустафин М.А., Мустафин Е.М. Энергосберегающие системы электропривода центробежных насосных агрегатов.-Алматы, 2009.-248с.
- 5 Фащиленко В.Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий [Электронный ресурс]: учебное пособие.- Издательство:"Горная книга": 2010 г: 260 с. - Режим доступа: www.knigafund.ru

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімшелер	Кеңесші	Мерзімі	Қолы
Негізгі бөлім	Алмуратова Н.К.	21.05.2021	
Өмір тіршілік қауіпсіздігі	Байзакова С.М.	25.05.2020	
Экономикалық бөлім	Абильдина А.Ш.	19.05.2020	

Диплом жұмысын дайындау
К Е С Т Е С І

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	Әдебиеттермен жұмыс	10.11.2020	Орындалды
2.	Сумен жабдықтау сорғысының классификациялары	07.12.2020	Орындалды
3.	Сумен жабдықтау сорғысының сипаттамалары	05.01.2021	Орындалды
4.	Қозғалтқыш жетегін таңдау және есептеу	14.02.2021	Орындалды
5.	Жиілік түрлендіргіш жүйесі	29.03.2021	Орындалды
6.	Жиілікті түрлендіргіштердің сипаттамалары	17.04.2021	Орындалды
7.	Түрлендіргіштің реттегіш сипаттамасын тұрғызу және есептеу	30.04.2021	Орындалды
8.	Екі жылдамдықты қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш жүйесі	01.05.2020	Орындалды
9.	Жылдамдықты сорғы электр жетегінің ажыратылған жүйесінің механикалық сипаттамасын құру мен есептеу	05.05.2021	Орындалды
10.	Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі	05.05.2021	Орындалды
11.	Экономикалық бөлім	10.05.2021	Орындалды
12.	Қорытынды	15.05.2021	Орындалды

Тапсырманың берілген уақыты « 01 » қараша 2020 ж.

Кафедра меңгерушісі _____ (қолы) Оржанова Ж.К. (аты-жөні)

Жұмыс жетекшісі _____ (қолы) Алмуратова Н. К. (аты-жөні)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____ (қолы) Бокенхан ММ. (аты -жөні)

Андатпа

Бұл дипломдық жұмыста ғимараттың суық сумен жабдықтау жүйесінің сорғы қондырғысының электр жетегін жақсартуды көздейді.

Сорғы қондырғысының түрін және электр қозғалтқышының түрін таңдау қажет. Электр жетегі жүйесінің орнына жиілік түрлендіргіші - асинхронды қозғалтқыш жүйесі таңдалды. Қажетті параметрді есептеу, электр қозғалтқыштарының қажетті параметрін есептеу және жиілік түрлендіргіштің схемасын беру қажет. Электр қозғалтқышының механикалық және электромеханикалық сипаттамалары. Excel және Simulink Matlab бағдарламалары қолданылды.

Тіршілікті қамтамасыз ету бөлімінде сорғы станциясының электр желісіне қосылуы, жерге қосу құрылғысының техникалық есебі және ауаны салқындату құралдары қарастырылады.

Экономикалық бөлімде таңдалған электр қозғалтқыштары мен жиілік түрлендіргіштерінің тиімділігі талданады.

Аннотация

Данная дипломная работа предусматривает усовершенствование электропривода насосного агрегата системы холодного водоснабжения здания.

Необходимо выбрать тип насосного агрегата и тип электродвигателя. Вместо системы электропривода была выбрана система преобразователь частоты - асинхронный двигатель. Требуется рассчитать требуемый параметр, рассчитать требуемый параметр электродвигателей и дать принципиальную схему преобразователя частоты. Механические и электромеханические характеристики электродвигателя. Использовались программы Excel, Simulink Matlab.

В разделе жизнеобеспечения рассмотрены подключение насосной станции к электросети, технический расчет заземляющего устройства, средства воздушного охлаждения.

В экономическом разделе проведен анализ эффективности выбранных электродвигателей и преобразователей частоты.

Annotation

This dissertation provides for the improvement of the electric drive of the pumping unit of the cold water supply system of the building.

It is necessary to select the type of pumping unit and the type of electric motor. Instead of an electric drive system, a frequency converter - asynchronous motor system was chosen. It is required to calculate the required parameter, calculate the required parameter of electric motors and give a schematic diagram of the frequency converter. Mechanical and electromechanical characteristics of the electric motor. Excel and Simulink Matlab programs were used.

In the life support section, the connection of the pumping station to the power grid, the technical calculation of the grounding device, and air cooling means are considered.

The economic section analyzes the efficiency of the selected electric motors and frequency converters.

Кіріспе

Әртүрлі ғимараттардың, жүйелер мен құрылыстардың инженерлік жабдықтарының ажырамас бөлігі гидравликалық машиналар болып табылады, оларға сорғылар да жатады. Оларсыз жылу, сумен жабдықтау және су бұру жүйелерінің, яғни адамның өмірі мен қызметімен байланысты барлық жүйелердің жұмысы мүмкін емес.

Қалалардың суық және ыстық сумен жабдықтау жүйелері тек су ресурстарын ғана емес, сонымен бірге электр энергиясын да үлкен және үнемі өсіп келе жатқан тұтынушылары болып табылады. Сумен жабдықтау жүйелері халыққа да, өнеркәсіптік кәсіпорындарға да қызмет етеді. Суды тұтыну - бұл үздіксіз процесс болып табылады.

Сумен жабдықтау жүйелерінің сорғы станциялары - бұл тұтынушының қажеттіліктеріне сәйкес сумен жабдықтауды қамтамасыз ететін құрылыстар мен жабдықтар кешені. Құрылыстардың құрамы, олардың конструкциялық ерекшеліктері, негізгі және қосалқы жабдықтардың түрі мен саны сорғы станциясының мақсатын және оған қойылатын технологиялық талаптарды ескере отырып, су ресурстарын кешенді пайдалану және табиғатты қорғау қағидастарына сүйене отырып айқындалады.

Сорғы станцияларын басқаруды автоматтандыру елді мекендер мен өнеркәсіптік кәсіпорындарда су беру және бұру саласындағы техникалық прогрестің маңызды бағыттарының бірі болып табылады.

Бүгінгі таңда көптеген сорғы станцияларында өнімділігі бірнеше ондағаннан жүздеген м³/мин дейінгі сорғы қондырғылары жұмыс істейді, олар электр жетегі бар асинхронды қозғалтқышпен жабдықталған. Бұрын материалдық жағынан да, моральдық жағынан да тозған мұндай жабдықты пайдалану электр энергиясын үнемдеу туралы айтуға мүмкіндік бермейді.

Су тұтыну кездейсоқ ықтималдық заңдарына сәйкес уақыт өте келе үнемі өзгеріп отырады. Суды тұтынуды өлшеу ауқымы өте кең. Бұл өзгерістерді бақылау үшін сорғы қондырғысының жұмыс режимін үздіксіз реттеу қажет.

Қазіргі уақытта сорғыларды реттеудің ең қарапайым және осыған байланысты жиі кездесетін әдісі - ысырманьң көмегімен құбырдың сипаттамаларын өзгерту, яғни дроссельдеу. Қысымды ысырмамен дроссельдеудің артықшылығы - оны жүзеге асырудың қарапайымдылығы, ал маңызды кемшілігі – үнемсіздік, күшті жартылай өткізгіш техниканың дамуымен дроссельдеу органындағы шығындарға байланысты асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын кең ауқымда реттеу мүмкіндігі пайда болды.

Реттеу процесі орталықтан тепкіш сорғылар мен құбырлардың сипаттамаларының сәйкес келмеуімен күрделенеді. Құбыр арқылы су беруді арттыру үшін сорғы станциясындағы қысымды арттыру керек, ал центрифугалық сорғылардың сипаттамалары су беруді арттырған кезде сорғы

жасайтын қысым төмендейді. Суды аз тұтыну кезеңінде сумен жабдықтау жүйелері шамадан тыс қысыммен жұмыс істейді, ол дроссельдеу құрылғыларында немесе тұтынушының су тарату арматурасында жартылай сөнеді. Артық қысымның әсерінен судың ағуы және өнімсіз шығыны артады, құбыр қабырғаларында механикалық кернеулердің жоғарылауы байқалады. Статикалық қысымы бар сорғылардың жұмысы жылдамдықты реттеу кезінде күтілетін үнемдеуді біршама төмендетеді, сондықтан елді мекендерді сумен жабдықтау жағдайлары үшін қосымша электр энергиясын келесі әрекеттер арқылы үнемдеуге болады:

- күнделікті тұтынуды ескере отырып, су құбырындағы қысымды ұстап тұру алгоритмін қолдану арқылы;
- ең төменгі суды ұстап тұру үшін түнгі уақыттағы қысымның төмендеуі арқылы.

Сорғының айналу жиілігін реттеумен оның жұмыс параметрлері су құбыры желісінің жұмыс режиміне сәйкес келтіріледі. Сорғының айналу жиілігін өзгерту үшін ол реттелетін жетекпен жабдыкталады, яғни сорғының электр қозғалтқышы жиілік түрлендіргіші арқылы қосылады. Белгілі бір уақытта жұмыс істеуі керек сорғының айналу жиілігінің мәні автоматтандырылған басқару жүйесімен (АБЖ), яғни сорғы қондырғысының жұмыс режимімен анықталады. Айналу жиілігінің қажетті мәнін АБЖ көптеген факторларға байланысты автоматты түрде белгілейді. Сорғының айналу жиілігіне әсер ететін факторларға мыналар жатады: жүйедегі су шығыны, резервуарлардағы су деңгейі, статикалық және динамикалық қысымның мәні, параллель жұмыс істейтін сорғылардың саны, желіге су беретін сорғы қондырғыларының саны және т. б..

Жиілікті реттейтін жетекті қолдану не береді? Біріншіден, жоғарыда айтылғандай, кең ауқымда өзгеріп, қозғалтқыштың айналу жылдамдығын және соған байланысты технологиялық жабдықты жоғары дәлдікпен ұстап тұру мүмкіндігі.

Бұл жағдайда жиілік түрлендіргіші қозғалтқышты берілген жылдамдыққа біркелкі таратуға және біркелкі тоқтатуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, үдеу және тежеу жылдамдығын айтарлықтай өзгертуге болады. Тегіс немесе жұмсақ, іске қосу қозғалтқыш пен жабдықтың өзіне механикалық соққылардан аулақ болуға мүмкіндік береді, сонымен қатар қозғалтқышты қалыпты қосу кезінде номиналды мәннен 5-7 есе асатын бастапқы токтың лақтырылуын болдырмайды.

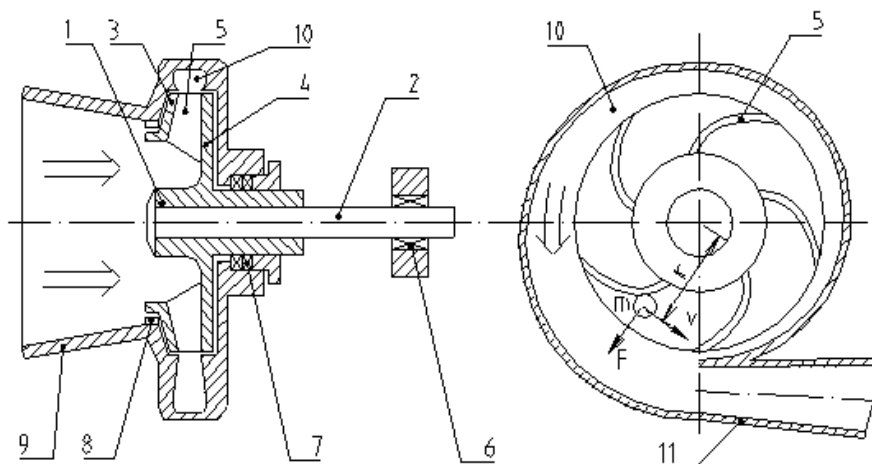
Механикалық жүктемелердің төмендеуі қозғалтқыш пен жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартады, оның жөндеу аралық циклін арттырады. Сорғы жабдықтарына қатысты тегіс іске қосу құбырлардағы гидравликалық соққыларды болдырмайды, осылайша олардың бұзылу қаупін азайтады және ағып кетуді азайтады, сондай-ақ оларға орнатылған бекіту-реттеу арматурасы мен өлшеу құралдарының жұмыс уақытын арттырады.

Жиілікті реттейтін жетекті пайдалану энергияны және, ең алдымен, электр энергиясын үнемдеудің үлкен әлеуетіне ие. Егер кез-келген уақытта қозғалтқыштың нақты жылдамдығы технологиялық процестің қажетті мөлшеріне сәйкес келсе, энергия үнемделеді. Бұл тәсіл әсіресе ЖРЖ-жиілікті реттейтін электржетектің көмегімен орталықтан тепкіш машиналарды басқаруда тиімді және нәтижелі жұмыс істейді.

Осыған байланысты, бітіру жұмысында жиілікті реттейтін электр жетегі негізінде қалалық шағын ауданды сумен жабдықтаудың сорғы станциясын автоматтандыруға байланысты мәселелер қарастырылады.

1 Суық сумен жабдықтау сорғы станциясы жұмысының технологиялық ерекшеліктері

Орталықтан тепкіш сорғылары бар қондырғылар сумен жабдықтау жүйесінде кеңінен қолданылады (1 сурет). Сорғының шиырма корпусында қалақшалары бар жұмыс дөңгелегі орналасқан. Дөңгелек қозғалтқышпен айналған кезде, сору құбыры мен ашық ысырма арқылы жинау резервуарынан дөңгелектің ортасына кіретін сұйықтық центрифугалық күшпен корпусының шетіне қалақшалармен лақтырылады. Нәтижесінде дөңгелектің ортасында разрядтау пайда болады, сұйықтық сорғыға сорылады да, қайтадан шығарылады және содан кейін қысым құбырына беріледі. Осылайша, жүйеде клапан ашық болғанда үздіксіз ток пайда болады және орталықтан тепкіш сорғы біркелкі соққыға ие болады.



1 сурет – Ортадан тепкіш сорғының сызбасы

Орталықтан тепкіш сорғыны іске қоспас бұрын сұйықтықпен толтыру керек. Сорғы сұйықтық деңгейінен төмен немесе одан жоғары болуы мүмкін. Егер ол деңгейден төмен болса, онда оны толтыру үшін ысырманың шұрасын

ашу жеткілікті. Егер сорғы сорылатын сұйықтық деңгейінен жоғары болса, онда құю үшін поршеньдік сорғылар әдетте қолданылатын арнайы вакуум сорғысының көмегімен корпустың ішінде разрядтауды құру қажет. Сорғыны құйғаннан кейін жетек қозғалтқышы қосылуы мүмкін. Іске қосудың үш әдісін қолданады:

I. Қысымды ысырманың жабық күйінде іске қосу, онда қысымды құбырдағы қысым біртіндеп артады және жүйеде гидравликалық соққы болмайды. Қозғалтқыштан жоғары іске қосу моменті қажет емес, өйткені іске қосу іс жүзінде бос болады, бірақ уақыт ысырманы кейіннен ашуға жұмсалады.

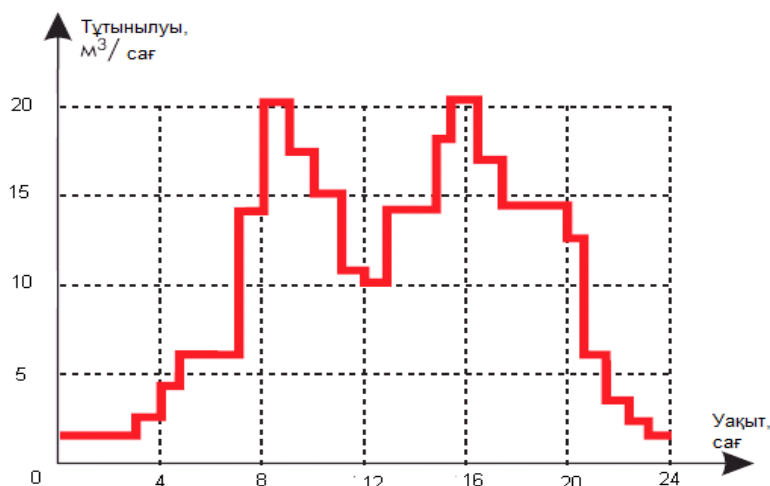
II. Егер сорғы қоршау резервуарындағы сұйықтық деңгейінен төмен болса және кері клапан болса, ашық қысым ысырмасын іске қосу ыңғайлы болады. Бұл жағдайда ысырманы ашуға уақыт жұмсалмайды, ал қозғалтқыштың өзін іске қосу Мс.п ұлғаюына байланысты ұзағырақ болады.

III. Сорғының қысым ысырмасының ашылу жетегін бір уақытта қосу арқылы іске қосу ысырманың ашылу уақыты мен сорғының іске қосылу уақытына байланысты бірінші және екінші әдістердің ерекше жағдайлары ретінде қарастырылуы мүмкін.

1.1 Сорғы станциясының жұмыс режимдері

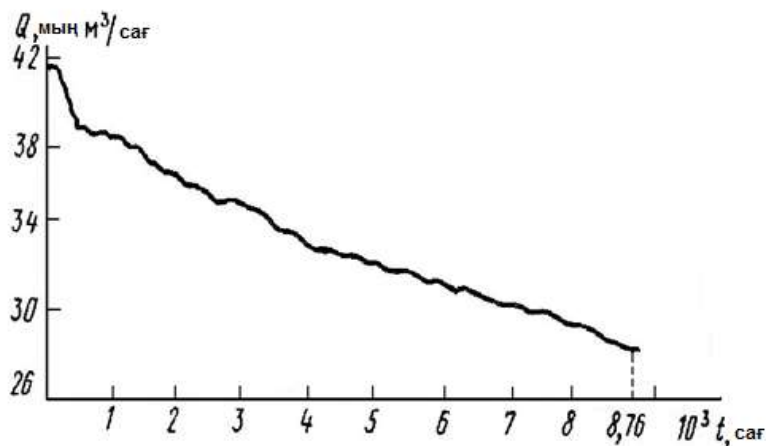
Сорғы қондырғысының жұмыс режимдері суды тұтыну режимдерінің өзгеруіне байланысты.

ТКШ объектілері үшін сұйықтықтың шығыны мен қысымы тәулік бойы үздіксіз өзгереді, ең көп шығын таңертеңгі және кешкі сағаттарда, ең азы - түнгі сағаттарда байқалады. Шағын елді мекеннің су тұтынудың болжамды тәуліктік кестесі 1.1 суретте көрсетілген.



1.1 сурет – Су тұтынудың тәуліктік кестесі

Сонымен қатар, су тұтыну режимі белгілі бір уақыт аралығында (ай, жыл және т.б.) су тұтынудың өзгеру диапазоны және жүйенің белгілі бір су тұтынумен жұмыс істеу ұзақтығы туралы түсінік беретін беруді бөлу қисығымен сипатталады. (1.2 сурет)



1.2 сурет – Сорғы станциясының жылына су беруді бөлу қисығы

Суды тұтыну кестесі әркелкілік коэффициенттермен сипатталады. Максималды әркелкіліктің коэффициенті:

$$K_{\max} = Q_{\max} / Q_{\text{орт}}, \quad (1.1),$$

мұндағы Q_{\max} - суды максималды тұтыну;

$Q_{\text{орт}}$ - су тұтынудың орташа мәні.

Әркелкіліктің минималды коэффициенті:

$$K_{\min} = Q_{\min} / Q_{\text{орт}}, \quad (1.2)$$

мұндағы Q_{\min} - минималды су тұтыну.

Су тұтынудың тербеліс диапазоны келесі қатынаспен сипатталады:

$$\lambda = Q_{\min} / Q_{\max}, \quad (1.3)$$

ол максималды және минималды әркелкілік коэффициенттері арқылы да көрсетілуі мүмкін:

$$\lambda = K_{\min} / K_{\max} \quad (1.4)$$

Берілген қысым кезінде сұйықтықтың қажетті ағынын қамтамасыз ететін сорғы қондырғысын таңдау әрдайым мүмкін емес. Ең оңай жолы - тапсырманы молымен орындай алатын және алынған «артықтарын» бір жерге тастайтын сорғыны таңдау әрекеті болып табылады. Ең оңай жолы - сорғының

шығысын оның кірісіне айналдыру және кері су ағынын реттейтін қайта іске қосу шұрасын орнату. Бұл жағдайда электр қозғалтқышының электр энергиясын тұтынуы сорғының жұмысына мүлдем тәуелді емес. Қажетті технологиялық параметрді сақтауды қамтамасыз ететін демпферлік құрылғыға бастапқы тоқтату режимінде басқару кезінде сорғы қондырғысының мерзімді жұмысы мүмкін. Сорғыны іске қосу және тоқтату кезінде сұйықтық ағынының лақтырылуы мен төгілуін өтейді. Мұндай реттеудің классикалық мысалы - су мұнарасының жұмысы. Электр қозғалтқышының жұмыс уақыты оны іске қосу уақытынан едәуір көп болғандықтан, сорғының ПӘК максималды мәнге жақын деп болжауға болады.

«Горводоканал» жүйесінде жұмыс істейтін барлық сорғы станцияларын жинақтау сыйымдылығы арқылы автоматты режимде жұмыс істейтін станцияларға және қалалық су таратқыштан желіге тұрақты режимде жұмыс істейтін станцияларға бөлуге болады.

Аккумулятор ыдысы арқылы тұтынушыға су беретін сорғы қондырғысының жұмыс режимі белгілі бір уақыт кезеңдерінде сорғы қондырғысының берілуі суды тұтынудан ерекшеленетіндігімен сипатталады. Егер жеткізу суды тұтынудан көп болса, резервуардағы су деңгейі көтеріледі, егер аз болса, деңгей төмендейді. Беру және су тұтыну тең болған жағдайда резервуардағы деңгей бір белгіде тұрақтандырылады.

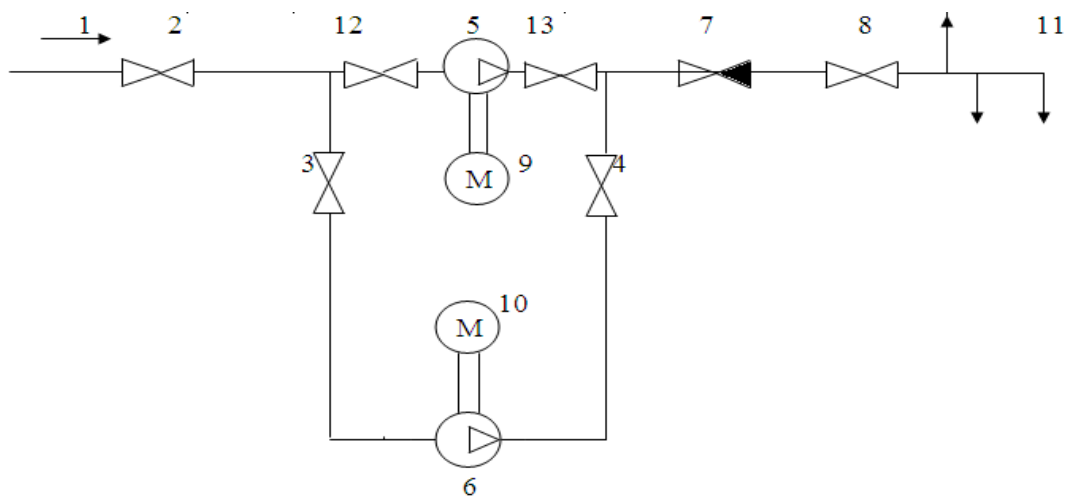
Мұндай сорғы қондырғысының жұмыс режимін реттеу су деңгейі берілген төменгі мәнге дейін төмендеген кезде сорғыны қосу және берілген жоғарғы мәнге жеткенде ажырату арқылы жүзеге асырылады. Содан кейін цикл қайталанатын. Бұл станция электр қозғалтқыштарының жүктемесі номиналды қуатқа жақындаған кезде және қуаты ондаған кВт-тан аспаған жағдайда энергияны үнемді режимде жұмыс істейді. Үлкен қуаттылық пен жиі іске қосу кезінде электр энергиясының қосымша шығындары да, жабдықтың мерзімінен бұрын тозуымен байланысты шығындар да пайда болады.

Тұрақты режимде жұмыс істейтін Горводоканалдың сорғы станциясының технологиялық сызбасы 1.3 суретте көрсетілген.

Осы станцияның сорғысының электр қозғалтқышы магниттік іске қосқыштың көмегімен желіге тікелей қосылады және үнемі жұмыс істейді. 5 (6) сорғы 1 қалалық су құбырынан суды алады және 7 кері клапаны және (8) ысырмасы арқылы тікелей 11 қысымды су таратқышқа береді.

Сорғының өнімділігі 11 су таратқыштан және әдетте жеткілікті қорымен болатын судың болжамды шығыны бойынша таңдалады. Тиісінше, қорымен бірге электр қозғалтқышы да таңдалады. Тәулік ішінде судың бөлінуіне байланысты 11 су таратқышындағы қысымның ауытқуы байқалады. Түнгі уақытта судың күрт төмендеуі кезінде қысым белгіленгеннен әлдеқайда жоғары көтеріледі, бұл электр энергиясының жоғалуына ғана емес, сонымен қатар электр қозғалтқышы тұрақты айналу жылдамдығымен жұмыс істейді,

сонымен қатар желдеткіштерде, ысырмаларда, қосылыстарда ағып кету нәтижесінде судың жоғалуына әкеледі.



1 – қалалық су құбыры; 2,3,4,8,12,13 – ілмекті технологиялық ысырмалар; 7 – кері клапан; 5,6 – сорғылар (негізгі, резервтік); 11 – желінің қысымды су таратқышы; 9 - негізгі электр қозғалтқышы; 10- резервтік электр қозғалтқышы.

1.3 –сурет - Тұрақты режимде жұмыс істейтін Горводоканалдың сорғы станциясының технологиялық сызбасы.

Бұл жағдайда шығынның мөлшеріне байланысты сорғының өнімділігін реттеу ұсынылуы керек.

1.2 Реттеу тәсілдері және техникалық-экономикалық тиімділігі

Реттеуші әсерлер конструкторлық-технологиялық сипатта немесе жедел-пайдалану сипатында болуы мүмкін.

Сорғы-құбыр жүйесінің сипаттамаларына құрылымдық және технологиялық әсер ету мыналарды қамтуы керек:

1. техникалық тапсырмаға сәйкес құбырдың геометриялық және технологиялық параметрлерін таңдау;
2. сорғы параметрлерін таңдау;
3. сорғы дөңгелегін оның сипаттамаларын өзгерту үшін буналау;
4. сол мақсатпен сорғы дөңгелегін ауыстыру.

Барлық осы іс-шаралар құбыр желісін жобалау, монтаждау және баптау сатысында орындалады, оларды оператор құбырды күнделікті пайдалану процесінде пайдалана алмайды, сондықтан біз оларды бұдан әрі қарастырмаймыз.

Қазіргі уақытта су құбырларының жұмыс режимдерін жедел реттеудің төрт әдісі белгілі:

1. сорғыларды жүйелі (параллель) қосу әдісімен реттеу;
2. құбырды дроссельдеу әдісімен реттеу;
3. сорғыны оның кірісіне беру бөлігін қайта іске қосу әдісімен реттеу;
4. жетек электр қозғалтқышының айналу жиілігін өзгерту арқылы реттеу.

Бірінші әдістің артықшылықтары:

- бұл әдіс өте қарапайым, бірақ қосымша сорғы паркін қажет етеді;
- оның мәндерінің кең ауқымында қысымды өзгертуге мүмкіндік береді;
- сорғы-құбыр жүйесінің жоғары тиімділігі, егер олардың сипаттамалары келісілген болса.

Алайда, бұл әдіс айтарлықтай кемшіліктерге ие: бұл әдістің басты кемшілігі-берілісті, қысымды реттеудің дискреттілігі; сонымен бірге дискреттілік өте өрескел; бұл кемшілікке байланысты екінші - жүйеде құру сорғы станциясы-құбырға теріс әсер ететін судағы дыбыстың таралу жылдамдығымен құбыр бойымен таралатын қысым (қысым) толқындарының құбыры; қысым мен берілістің аралық мәндерін алуға болмайды, оның ішінде бір сорғы жұмыс істегеннен аз болады.

Осы кемшіліктерді таза түрде ескере отырып, бұл әдіс қолданылмайды, ол дроссельдеу әдісімен, көбінесе қайта өңдеу әдісімен бірге практикада кеңінен қолданылады.

Екінші әдіс - дроссельдеу, қысым немесе сору сызығындағы ысырмалармен жүзеге асырылады.

Сорғының қысым құбырындағы ысырманың берілуін реттеу әдісі қысым сызығындағы қарсылықты арттыруға негізделген. Бұл әдіс ең көп таралған, өйткені бұл жағдайда қосымша жабдықты орнату қажет емес.

Бұл реттеу әдісімен желінің сипаттамасы өзгереді. Қысымды құбырдағы ысырманы жапқан кезде құбырдың кедергісі артады. Құбырдың сипаттамасы (1.4 сурет) тік болады және R1 нүктесінде Q-H сорғысының сипаттамасын кесіп өтеді. Сорғы қондырғысының ПӘК-і қысым, дамып келе жатқан сорғы және желіде талап етілетін қысым арасындағы айырмашылықтың артуымен азаяды.

Бұл әдіспен реттеу беруді азайту бағытында ғана мүмкін болады. Қысымды құбырдағы ысырманың көмегімен реттеудің тиімділігін бағалау үшін сорғы қондырғысының қуаты мен тиімділігін анықтау қажет.

Жүйенің жұмыс режимінің өзгеруіне сәйкес сорғылардың берілуі мен қысымын әдейі өзгерту реттеу деп аталады. Орталықтан тепкіш сорғылар қысым сызығындағы ысырманың (ысырманың) ашылу дәрежесін өзгерту арқылы немесе жұмыс дөңгелектерінің айналу жиілігін өзгерту арқылы реттеледі.

Бұл реттеу әдісі үшін сорғының электр қозғалтқышы тұтынатын қуат тұрақты болып қалады. Оның артығы құбырдағы қысымды есептік мәннен жоғары көтеруге жұмсалады, бұл құбыр жүйелері мен бекіту

құрылғыларының (клапандар, крандар) мерзімінен бұрын тозуына әкеледі. Сонымен қатар, бұл тұтынушыларда суды тұтынудың жоғарылауының және буындар мен жарықтар арқылы судың ағып кетуінің себебі болып табылады. Сорғы қондырғыларын қосу-өшіру кезінде пайда болатын тағы бір күрделі мәселе - бұл су соққысы. Су соққысы - бұл жоғары жылдамдықпен қозғалатын сұйық - ауа шекарасының соққы механикалық әсері. Бұл гидравликалық қарсылықты тудыратын қысым құбырының барлық бөліктеріне әсер етеді (құбырдың тарылуы, бүгілуі және тармақталуы, ысырмалар және т.б.). Сонымен қатар, құбырда ақаулар - жарықтар, тесіктер, қабаттасулар, жапсарлардың шалаіспелері бар, олар циклдік, коррозиялық, эрозиялық әсерлер кезінде, деформациялық қартаюдан ұлғаяды. Сорғы қондырғысы өшірілген кезде судың статикалық қысымы кері клапанды жабады, ал сұйықтық бағанының жылдамдығы күрт нөлге дейін төмендейді. Сығылмайтын судың кинетикалық энергиясы қысымды құбырдағы қысымның күрт секіруін тудырады және құбырлардың тозған бөліктері мен олардың қосылған жерлерін - муфталардағы, фланецтердегі жарылыстарды тудырады.

Дроссельдеу кезінде сорғының жұмыс доңғалағының айналу жылдамдығы өзгеріссіз қалады, ал асинхронды электр қозғалтқышы тікелей желіден жұмыс істейді және оның жылдамдығы синхронды жиіліктен 5-7% ерекшеленеді. Қозғалтқыштың электр қуатын тұтынуы сорғының жұмысына пропорционалды.

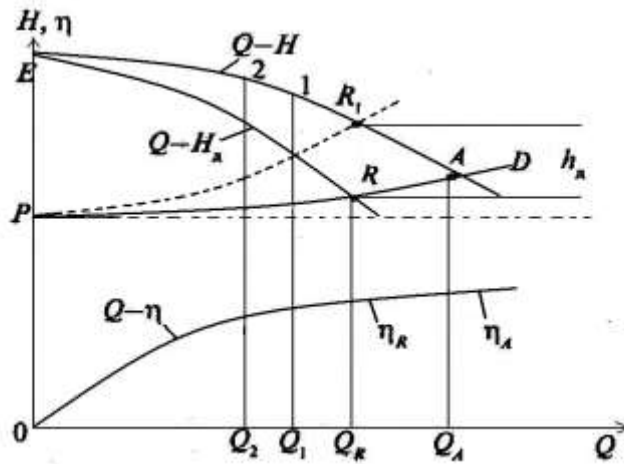
Сорғының ысырмаға жұмыс істеуінде бірқатар кемшіліктер бар, ең алдымен, сорғы қондырғысының өзі мен оған орнатылған бекіту-реттеу арматурасының тозуы артады, резонанс әсері, жылу алмасудың жеткіліксіздігіне байланысты сорғының қызып кетуі және т. б.

Реттеудің бұл әдісі технологиялық мәселелерді шешуге бағытталған және су тасымалының энергетикалық аспектілерін ескермейді. Бұл жағдайда сорғы қондырғысы электр энергиясын ысырмада пайда болатын қарсы қысымды жеңуге жұмсайды. Дроссельдеу белгілі бір дәрежеде желілердегі апаттылықты азайтады, бірақ объектіде кезекші персоналдың болуын талап етеді және бұл әдіс адам факторына жоғары тәуелді.

Ысырманы жабу немесе ашу кезінде оның гидравликалық кедергісіне байланысты Q-H құбырының сипаттамасының беріктігін өзгертеді (1.4-сурет). Ысырманы жабу арқылы құбыр сипаттамаларының тіктігін ұлғайтады, бұл кезде сорғының A_1 жұмыс нүктесі A_2 күйіне ауысады. Бұл жағдайда беріліс Q_2 мәніне дейін төмендейді, сорғы жасаған қысым H_2 мәніне дейін артады, ал ысырманың артындағы құбырдағы қысым $H/2$ мәніне дейін төмендейді. Ысырмадағы қысымның төмендеуі ысырмадағы ΔH қысымының жоғалуына байланысты болады.

Ысырманың ашылу дәрежесін жоғарылату арқылы құбыр сипаттамасының тіктігін азайтады. Нәтижесінде беріліс жоғарылайды, сорғы жасаған қысым азаяды, ал ысырманың артындағы құбырдағы қысым артады.

Дроссельдеу деп аталатын бұл реттеу әдісі үнемді емес деп саналады, өйткені ысырмадағы қосымша гидравликалық кедергіні жеңу үшін қосымша энергия шығындары қажет.



1.4 сурет – Қысым сызығындағы ысырманы реттеу кезіндегі сорғының сипаттамасы

Реттеу кезінде жоғалған қуат:

$$\Delta N = \gamma Q_R h_d / 102 \eta_R, \quad (1.5)$$

мұндағы h_d - ысырмамен реттеу есебінен жоғалтылатын қысым;
 η_R - Q_R жеткізіліміне сәйкес келетін сорғының ПӘК.
 Қондырғының ПӘК мынадай формула бойынша анықталады:

$$\eta_{p.орн} = H_R / H_{R1} * \eta_R \eta_{козғ}, \quad (1.6)$$

мұндағы H_R - Q_R шығысын беруге қажетті қысым;
 H_{R1} - шығынды беру кезінде сорғымен дамытылатын қысым

$$Q_R (H_{R1} = H_R + h_k); \quad (1.7)$$

$\eta_{козғ}$ - Қозғалтқыштың ПӘК.

(1.5) және (1.6) формулалары көрсеткендей, қысым құбырындағы ысырманы реттеу тиімсіз, әсіресе үлкен берілістер мен салыстырмалы түрде аз қысым үшін сорғы қондырғыларында тиімсіз.

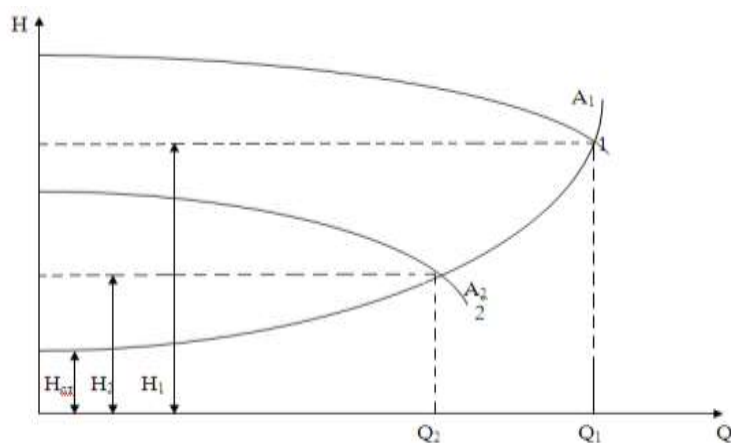
Үшінші әдіс - сұйықтықты қайта жіберу арқылы беруді реттеу сорғылардың тұрақсыз жұмысын жою үшін қолданылады және қысым сызығынан сорғыны беру бөлігінің сору желісіне қайта жіберу арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда жалпы сорғының көбеюі және желіге берілістің төмендеуі байқалады. Желідегі ағынның азаюына байланысты оның сипаттамасы өзгеріп, одан сайын жұмсақ болады. Бұл жағдайда сорғы жасаған қысым азаяды. Сұйықтықты сору құбырына айналдыру сорғының

кавитациялық қасиеттерін жақсартады, бірақ айналымның болуы жүйенің ПӘЖ-ін төмендетеді.

Үнемділік тұрғысынан аталған реттеу әдісі $ns > 300$ жылдамдық коэффициенті бар сорғылар үшін және беру ұлғайған кезде қуаты азаятын құйынды сорғылар үшін қолайлы. Жылдамдығы төмен орталықтан тепкіш сорғыларда қайта іске қосуды реттеу сорғының қуатын арттыруға және электр қозғалтқышының шамадан тыс жүктелуіне әкеледі.

Реттеудің бұл әдісін жүзеге асыру үшін айналым құбырын орнату және қосымша арматураны орнату қажет, бұл орнату өлшемдерінің ұлғаюына әкеледі. Бұл әдіс қалалық сумен жабдықтау және су бұру жүйелерінде кең таралмады.

Төртінші әдіс - электр жетегінің жиілігін өзгерту арқылы құбырлардың сорғы станцияларының жұмыс режимдерін реттеу барлық белгілі ең прогрессивті әдіс болып табылады. Бұл реттеу әдісімен құбырдағы ысырма толығымен ашық қалады. Сондықтан қосымша гидравликалық кедергі жоқ, гидравликалық кедергіде қосымша шығындар жоқ. Бұл жағдайда сорғының барлық гидравликалық қуаты сұйықтықты құбыр арқылы жылжыту үшін қолданылады. Сорғының жылдамдығы өзгерген кезде Q-H сорғысының сипаттамалары өзгереді. Айналу жиілігін азайта отырып, Q-H сипаттамасын өзіне қарай төмен жылжытыңыз (1.5-сурет). Сонымен қатар, A1 жұмыс нүктесі құбырдың сипаттамасы бойынша қозғалады, A2 позициясын алады, сондықтан жеткізу желідегі қысым мен сорғы жасайтын қысым сияқты азаяды.



1 – номиналды айналу жиілігі кезіндегі Q-H сорғысының сипаттамасы; 2 – айналу жиілігі төмендеген кездегідей; A_1 – ысырма толық ашылған кездегі құбырдың сипаттамасы; H_1 , H_2 – Q_1 және Q_2 берілісіне сәйкес келетін қысым; $H_{ст}$ – қысымның статикалық құрауышы.

1.5 сурет – Орталықтан тепкіш сорғының жұмыс режимін жиілікті өзгерту арқылы реттеу

Жылдамдықтың жоғарылауы сорғының берілуі мен қысымын, сондай-ақ желідегі қысымды арттырады. Реттеудің бұл әдісі үнемді, бірақ арнайы реттелетін электр жетегін қолдануды қажет етеді.

Сумен жабдықтау сорғыларының өнімділігі сумен жабдықтау режиміне сәйкес өзгеруі тиіс. Сорғы тұтынатын қуат келесідей анықталады:

$$P_* = \left[P_{\partial\partial^*} + (1 - D_{\partial\partial^*}) \frac{Q_*}{\omega} \right] \omega^3 \quad (1.8)$$

мұндағы Q_* - беріліс, о.е.;

P_{XX^*} - бос жүрістің қуаты, о.е.;

ω - сорғының жұмыс дөңгелегінің айналу жиілігі.

Q_{*3} берілген берілісті қамтамасыз ету үшін реттелетін электр жетегін қолдану кезінде сорғының айналу жиілігі мынадай формула бойынша анықталады:

$$\omega_{*3} = \sqrt{\frac{H_{C^*} + (H_{X^*} - H_{C^*}) Q_{*3}^2}{H_{X^*}}} \quad (1.9)$$

мұндағы H_{C^*} - сорғылар үшін тұтынушы мен сорғы деңгейлерінің геодезиялық айырмашылығымен анықталатын қысымның статикалық құрауышы

H_{X^*} - $Q_*=0$ кезіндегі сорғының қысымы

Q_* - берілген беріліс

Сорғымен тұтынылатын қуат:

$$P_{H^*} = P_{XX^*} + (1 - P_{XX^*}) Q$$

Жиіліктің өзгеруін арқылы реттеу басқа әдістермен салыстырғанда келесі артықшылықтарды қамтамасыз етеді:

- пайдалануда және жөндеуде арзан асинхронды электр қозғалтқыштарды тиімді пайдалану;

- Реттеудің барлық диапазонындағы электр қозғалтқышының ПӘК номиналды режимдегі электр қозғалтқышының ПӘК барынша сәйкес келеді;

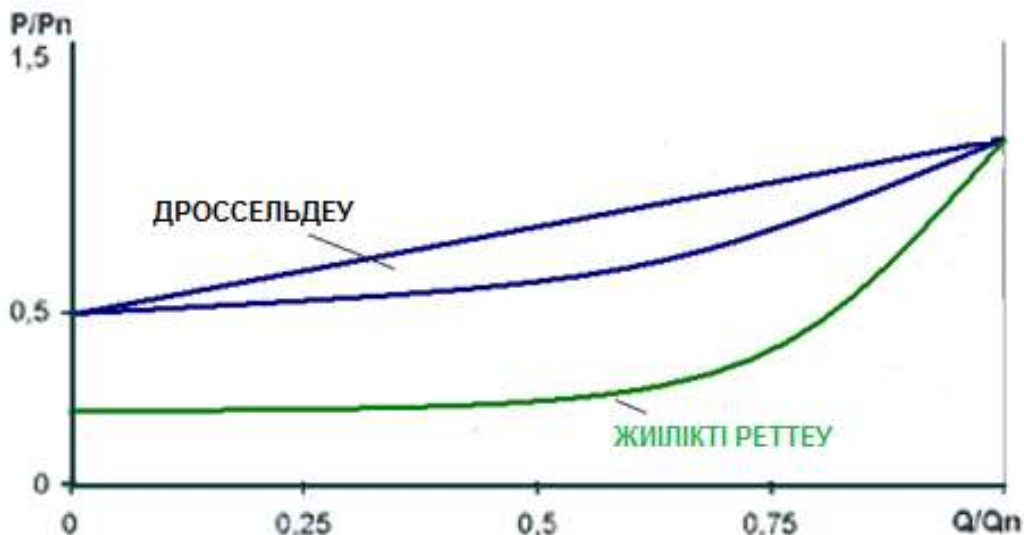
- Түрлендіргіштің ПӘК 95-98%, қуат коэффициенті шамамен 1,0;

- электр қозғалтқышты бірқалыпты іске қосу, гидравликалық соққылардың болмауы;

- іске қосу және жұмыс кезінде шу деңгейін төмендету;

- автономды қауіпсіз жұмыс, АБЖ ТП интеграциясы.

1.6 сурет электр энергиясын тұтыну тұрғысынан сорғылардың өнімділігін реттеудің әртүрлі әдістерін салыстыруға мүмкіндік береді.



1.6 сурет – Реттеу әдістерін салыстыру

Сорғыларға арналған жиілікті реттейтін жетекті енгізу нәтижесінде электр энергиясын үнемдеуді алдын-ала бағалау үшін осы объект бойынша статистикалық талдау қажет. Біз қазір сорғы станциясы туралы айтып отырмыз делік, онда ысырманың көмегімен 11кВт сорғының жұмысын реттеу қолданылады. Станция тұрғын үйлерді қамтамасыз ететіндіктен, біз суды талдаудың стандартты орташа кестесін қолданамыз.

Онда төрт негізгі кезеңді бөлуге болады: түн 01:00-06:00, таңертең 06:00-10:00, күндіз 10:00-18:00, кешке 01:00 дейін. Су шығыны сәйкесінше қолда бар сорғы агрегаты үшін номиналды мәннен 30%, 90%, 70%,100%-ды құрайды.

1.7 суреттегі графиктерді қолдана отырып, біз ысырманың көмегімен және жиілік түрлендіргішінің көмегімен реттеудегі қуаттың төмендеу мәндерін аламыз, сәйкесінше түнде және күндіз: 65% және 27%, 92% және 64%.

Осылайша, бір күнде ысырманы реттеу кезінде электр энергиясының шығыны:

$$11\text{кВт} \times (65\% \cdot 5\text{сағ} + 92\% \cdot 8\text{сағ} + 100\% \cdot 10\text{сағ}) = 227 \text{ кВт/сағ.}$$

Жиілік түрлендіргішін пайдалану кезінде біз аламыз:

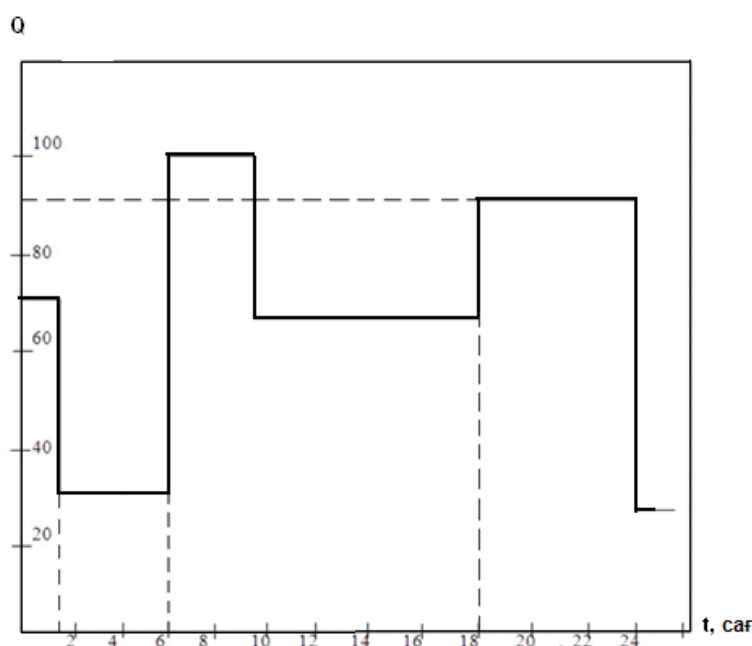
$$11\text{кВт} \times (27\% \cdot 5\text{сағ} + 64\% \cdot 8\text{сағ} + 100\% \cdot 10\text{сағ}) = 181 \text{ кВт/сағ.}$$

Бұл мысалда үнемдеудің төменгі шегін анықтайтын алдын-ала бағалауға сәйкес жиілік түрлендіргішін пайдалану электр энергиясын тұтынуды тәулігіне шамамен 46 кВт/сағ-қа азайтуға мүмкіндік береді, бұл салыстырмалы түрде шамамен 20%-ды құрайды.

Бұл есептеуде электр энергиясының шығынын есептеудің екі нұсқасы бар әртүрлі уақыт кезеңдеріндегі су шығыны бірдей болып қалады.

Ысырманы реттеу кезінде белгіленген уақыт кезеңдеріндегі ағынның өзгеруі құбырдағы қысымның ауытқуын, ал түрлендіргішті басқару кезінде

электр энергиясын қосымша үнемдеуді білдіреді. Сондай-ақ, сорғының өнімділігі оңтайлы түрде таңдалады деп болжалды, бұл әдеттегі тәжірибеге сәйкес келмейді, демек жиілік түрлендіргішін қолдану одан да тиімді.



1.7 сурет – Су тұтынудың тәуліктік кестесі

1.3 Электр жетек жүйесін негіздеу және таңдау

Сорғы қондырғысының реттелетін электр жетегі ретінде электр жетегінің келесі түрлерін қолдануға болады:

- көп жылдамдықты электр қозғалтқыштары - екі және көп жылдамдықты асинхронды қысқа тұйықталған айнымалы электр қозғалтқыштары бар жетек;

- индукторлы сырғу муфталары, айнымалы токтың асинхронды қысқа тұйықталған электр қозғалтқыштары бар жетек;

- фазалық роторы бар айнымалы токтың асинхронды-вентильді каскадтағы - асинхронды электр қозғалтқыштарының схемасы бойынша жетек;

- айнымалы токтың асинхронды қысқа тұйықталған электр қозғалтқыштарының жиілік жетегі;

- айнымалы токтың синхронды электр қозғалтқыштарының вентильді электр қозғалтқыш базасындағы жетек.

Реттелетін жетекті қолдану, бір жағынан, су құбырындағы қысымды тұрақтандырады; осының арқасында су беру үшін электр энергиясын үнемдеу қамтамасыз етіледі, судың ағуы және өнімсіз шығыны азаяды, сорғы

қондырғыларының жалғыз қуатын арттыру және олардың санын азайту арқылы сорғы станцияларының ауданын азайтуға болады.

Техникалық-экономикалық негіздемені әзірлеу кезінде осы факторлар ескерілуге және келтірілген шығындар бойынша салыстырылуға тиіс.

Реттелетін жетегі бар автоматты реттеу жүйесін (АТЖ) қолдану, әдетте, электр энергиясын 30% - ға дейін үнемдеуді қамтамасыз етеді. Судың шығыны ағып кету және өнімсіз шығындарды азайту арқылы 3-4% - ға азаяды.

Көп жылдамдықты электр қозғалтқыштарын бірқалыпты реттелетін жетектерді пайдалану экономикалық тұрғыдан ақталмаған жағдайларда, мысалы, су тұтынудың сатылы өзгеруі кезінде, сондай-ақ параметрлер бойынша қолайлы бірқалыпты реттелетін жетектер болмаған кезде пайдалану ұсынылады. Екі және көп жылдамдықты қозғалтқыштар сорғы қондырғыларының қысым сипаттамаларының санын сорғы қондырғыларының санын көбейтпестен ұлғайтуға мүмкіндік береді.

Жақында айналым санын реттеу үшін жиілікті реттейтін сорғы жетегі кеңінен қолданылады. Жиілікті реттейтін жетекке жиілік түрлендіргіші және сорғының ажырамас бөлігі болып табылатын қысқа тұйықталған роторлы асинхронды электр қозғалтқышы кіреді. Жиілік түрлендіргіштері - бұл 50 Гц тұрақты жиілігі бар бір немесе үш фазалы кернеуді қажетті жиіліктің үш фазалы айнымалысына түрлендіруге арналған қуатты электронды құрылғылар. Жиілік түрлендіргішінің бұл қасиеті оларды кез-келген асинхронды электр қозғалтқыштарының, соның ішінде сорғылар мен компрессорлардың электр қозғалтқыштарының жылдамдығын біртіндеп реттеу үшін пайдалануға мүмкіндік береді. Жиілікті түрлендіргішті қолданған кезде асинхронды электр қозғалтқышының айналу жылдамдығы қозғалтқыштың жиілігі мен кернеуін өзгерту арқылы реттеледі. Мұндай түрлендірудің ПӘК-і шамамен 98% - ды құрайды, желіден тек жүктеме тогының белсенді құраушысы ғана тұтынылады, микропроцессорлық басқару жүйесі электр қозғалтқышын басқарудың жоғары сапасын қамтамасыз етеді және авариялық жағдайлардың даму мүмкіндігін болдырмай, оның көптеген параметрлерін бақылайды.

Сорғыны жиілік түрлендіргіші арқылы электр қозғалтқышына қосқан кезде, қозғалтқышты іске қосу токтарсыз және соққыларсыз тегіс жүреді, бұл қозғалтқыш пен механизмдерге жүктемені азайтады, олардың қызмет ету мерзімін арттырады. Жиілік түрлендіргіштері негізінде реттелетін электр жетегін қолдану мыналарды қамтамасыз етеді:

- қажетті қысымды азайту кезінде электр энергиясын тұтынуды азайту;
- өтемдік конденсаторларсыз күштік электр жабдықтарының жұмысы;
- жабдықтардың, құбырлардың қызмет ету мерзімін ұлғайту және оларға қызмет көрсету шығындарын азайту;

- технологиялық процесс барысының қызмет көрсетуші персоналдың іс-қимылына барынша аз тәуелділігі;

- жедел басқарудағы субъективті факторды алып тастай отырып, технологиялық процестерді толық автоматтандыру мүмкіндігі;

- жұмыс істеп тұрған бір немесе екі қуаттылықты арттыру есебінен жұмыс істеп тұрған сорғы агрегаттарының санын қысқарту және тиісінше күрделі құрылыс немесе жөндеу кезінде құрылыс көлемін азайту мүмкіндігі;

- сорғы агрегатын дәстүрлі іске қосу кезінде елеулі іске қосу токтарын алып тастау есебінен мәлімделген электр қуатын азайту мүмкіндігі;

- бірқалыпты іске қосуды қолдану мүмкіндігі есебінен желі мен сорғы агрегаттары апаттарының санын азайту;

- сорғыны автоматты түрде қайта қосу мүмкіндігі;

- соқпалы іске қосу токтарын жою есебінен электр жабдығының сенімділігін арттыру.

Электр энергиясын үнемдеу сорғы қондырғыларының шығысындағы артық қысымды азайту, сондай-ақ олардың ПӘК-ін арттыру арқылы қамтамасыз етіледі.

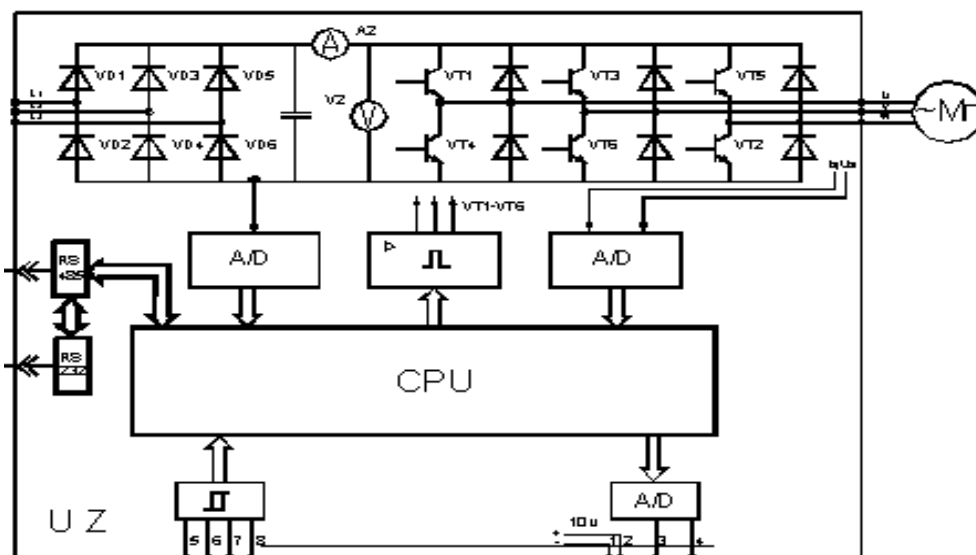
Жиілікті реттеу аппаратурасын басқару шығынның өзгеруі кезінде берілген қысымды ұстап тұруды, талап етілетін реттілікті, сорғыны іске қосу және тоқтату операцияларын орындауды, технологиялық бұғаттауды, аварияларды сәйкестендіруді, резервтік агрегатты қайта қосу немесе автоматты қосу операцияларын орындауды, сорғының жұмысы туралы ақпаратты жинауды және диспетчерлік пунктке беруді қамтамасыз ететін кіріктірілген контроллермен жүзеге асырылады.

Жиілікті басқару жабдықтарының құны өте жоғары, бірақ реттеу кезінде электр энергиясын үнемдеу 20-30% жетеді, нәтижесінде жабдықтың шығындары, әдетте, 2 жыл ішінде өтеледі.

Сонымен қатар, заманауи жиілік түрлендіргіштері көптеген функцияларға ие және сорғы станцияларын автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Жиілік электр жетегінің негізгі элементі жиілік түрлендіргіші болып табылады. Түрлендіргіште f_1 қуат желісінің тұрақты жиілігі f_2 айнымалысына айналады. F_2 жиілігіне пропорцияда түрлендіргіштің шығысына қосылған электр қозғалтқышының жылдамдығы өзгереді.

Жиілік түрлендіргіштері екі негізгі түрге бөлінеді: тұрақты токтың аралық байланысы және тікелей байланысы бар.



1.8 сурет – Жиілік түрлендіргішінің функционалды схемасы

1.8 суретте тұрақты ток аралық және импульстік ендік модуляциясы бар типтік жиілік түрлендіргішінің қуат схемасы көрсетілген. Схемادا басқарылмайтын VD1- VD6 диод түзеткіші және VT1- VT6 транзисторлық кілттердегі кернеу инверторы бар. Басқару жүйесі CPU процессорына негізделген.

Жиілік түрлендіргіші арқылы U_1 кернеуінің өзгермейтін желілік параметрлері және f_1 жиілігі басқару жүйесіне қажет U_2 және f_2 өзгермелі параметрлеріне айналады.

Электр қозғалтқышының тұрақты жұмысын қамтамасыз ету, оның ток пен магнит ағынының шамадан тыс жүктелуін шектеу, жиілік түрлендіргішіндегі жоғары энергия көрсеткіштерін ұстап тұру үшін сорғының механикалық сипаттамасының түріне байланысты оның кіріс және шығыс параметрлері арасындағы белгілі бір қатынас сақталуы керек. Бұл қатынастар Костенконың жиілікті реттеу заңының теңдеуінен алынады:

$$U_1/U_2=f_1/f_2M_1/M_2. \quad (1.10)$$

Механикалық сипаттамасы квадраттық параболаның теңдеуімен сипатталатын статикалық қысымсыз жұмыс істейтін сорғылар үшін арақатынас сақталуы керек:

$$U_1/f_1^2=U_1/f_2^2=const. \quad (1.11)$$

Статикалық қысыммен жұмыс істейтін сорғылар үшін неғұрлым күрделі арақатынас сақталуы тиіс:

$$U_1/f_1^{1+k/2}=U_1/f_2^{1+k/2}, \quad (1.12)$$

мұндағы k - сорғының механикалық сипаттамасының теңдеуіндегі дәреже көрсеткіші.

Іс жүзінде, сорғы қондырғыларында көбінесе арақатынасты қамтамасыз ететін жалпы мақсаттағы түрлендіргіштер қолданылады:

$$U_1/f_1 = U_2/f_2 = \text{const}, \quad (1.13)$$

бұл ысырма ашық болған кезде сенімді іске қосуға мүмкіндік береді.

2 ЖТ-АД жүйесінің механикалық сипаттамалары

2.1 Табиғи механикалық сипаттаманы есептеу ($f=50\text{Гц}$)

Сорғының механикалық сипаттамасы квадраттық параболаның теңдеуімен сипатталады және бұл жағдайда жиілікті реттеу заңы $U/f^2 = \text{const}$ түрінде ұсынылады. Бірақ осы жағдай үшін ашық ысырмаларға сенімді іске қосуды қамтамасыз ету мақсатында төмен жиіліктерде қайта тиеу қабілетін сақтамай, ең қарапайым түрде $u/f = \text{const}$ реттеу заңын қабылдаймыз. Сондықтан біз осы заң үшін механикалық сипаттамаларды есептейміз.

Механикалық сипаттаманың сипаттамалық нүктелері келесідей:

1) $s=0$, $M=0$ – мінсіз бос жүрістің нүктесі, бұл ретте қозғалтқыштың жылдамдығы синхрондыға тең;

2) $s=s_{\text{ном}}$, $M = M_{\text{ном}}$ – бұл номиналды жылдамдық пен номиналды моментке сәйкес келеді

3) $s=s_k$, $M = M_k$ – қозғалтқыш режиміндегі ең жоғары момент;

4) $s=1$, $M=M_{\text{ік}}$ – бастапқы іске қосу моменті;

Қозғалтқыштың жұмыс режимінде 4А132М4У3 сериялы мәжбүрлі салқындатылған асинхронды электр қозғалтқышы үшін табиғи механикалық сипаттама құрамыз.

2.1 кесте - 4А132М4У3 асинхронды қозғалтқыштың паспорттық деректері

Қуаты P_n , кВт	380 В кезіндегі номинал ды ток I_n , А	Синхронды айналу жылдамды ғы n_n , айн/мин	Қуат коэффициенті, $\cos\varphi$	Кернеу U , В	X_μ
11	21,3	1500	0,8	380	3,2
Белсенді статор кедергісі	Статорды ң реактивті	$P_2/P_{2н}$ кезіндегі ПӘК	$P_2/P_{2н}$ кезіндегі \cos энергия	Белсенді статор кедергісі	Статорд ың реактивті

$R'_1, \text{o.e}$	кедергісі $X'_1, \text{o.e}$	энергия көрсеткіште рі	көрсеткіштері	$R''_2, \text{o.e}$	кедергісі $X''_2, \text{o.e}$
0,043	0,085	87.5	0,87	0,032	0,13

2.1.1 $U/f = \text{const}(f=50\text{Гц})$ кeіндегі АД-ның табиғи механикалық сипаттамасы

R_1 белсенді кедергісін және X_1 реактивті кедергісін есептейік

$$X_1 = \frac{2X'_1 \cdot X_\mu}{X_\mu + \sqrt{X_\mu^2 + 4X'_1 \cdot X_\mu}}, = \frac{2 \cdot 0.085 \cdot 3,2}{3,2 + \sqrt{3,2^2 + 4 \cdot 0.085 \cdot 3,2}} = 0,0820\text{м}$$

$$R_1 = R'_1 \cdot X_1 / X'_1 = 0.043 \cdot 0.082 / 0.085 = 0,0410\text{м}$$

$$X'_2 = \frac{2X''_2 \cdot X_\mu}{X_\mu + \sqrt{X_\mu^2 + 4X''_2 \cdot X_\mu}}, = \frac{2 \cdot 0.13 \cdot 3,2}{3,2 + \sqrt{3,2^2 + 4 \cdot 0.13 \cdot 3,2}} = 0,125\text{o.e}$$

$$R'_2 = R''_2 \cdot X'_2 / X''_2 = 0.032 \cdot 0.125 / 0.13 = 0.030\text{o.e}$$

Қозғалтқыштың айналу моментін өрнектен анықтауға болады:

$$M = \frac{3U_\phi R_2'}{\omega_0 [(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_1 + X_2')^2] s} \quad (2.1)$$

$DM/ds = 0$ -ді теңестіре отырып, қозғалтқыш максималды (критикалық) моментті s_K дамытатын критикалық сырғу мәнін табуға болады:

$$s_K = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}} = \pm \frac{0.030}{\sqrt{0,041^2 + (0.082 + 0.125)^2}} = 0.142 \quad (2.2)$$

«+» белгісі қозғалтқыш режимін немесе кері байланыс арқылы тежелуді білдіреді.

Асинхронды қозғалтқыш моментінің өрнегіндегі мәнді s_K мәнімен алмастырамыз және максималды (сыни) моменттің мәнін табамыз:

$$M_K = \frac{3U_\phi^2}{2\omega_0 \left[R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (x_1 + x_2')^2} \right]} = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 157 \cdot [0.041 + \sqrt{0.041^2 + (0.082 + 0.125)^2}] = 1834,86 \text{ Нм}}$$

мұндағы ω_0 - бұрыштық синхронды жылдамдық;

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot n_0}{60} = \frac{6.28 \cdot 1500}{60} = 157 \text{ рад/с}$$

n_0 - айналымның синхронды жылдамдығы, айн / мин.

Механикалық сипаттаманы есептеуге арналған теңдеу $M = f(s)$ келесі түрге ие:

$$M_D = \frac{2M_K(1+as_K)}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s} + 2as_K} \quad (2.3)$$

мұндағы M_K - қозғалтқыштың максималды (сыни) моменті;

s_K - сыни сырғанау;

$$a = \frac{R_1}{R_2'} = \frac{0.041}{0.030} = 1.36;$$

$$s = 0.1;$$

Желілік кернеудің өзгеруінің асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамаларына әсер ету жағдайын атап өткен жөн. Берілген сырғанау кезінде қозғалтқыштың моменті кернеудің квадратына пропорционал, сондықтан қозғалтқыш кернеудің ауытқуларына өте сезімтал.

2.3 формуласы бойынша 0-ден 1-ге дейінгі диапазондағы сырғу мәндерін анықтай отырып, табиғи механикалық сипаттаманы есептейміз (2.1 кесте). 2.1 және 2.2-суретте есептелген механикалық сипаттама берілген.

$$M_D = \frac{2M_K(1+as_K)}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s} + 2as_K} = \frac{2 \cdot 1834,86 \cdot (1 + 1.36)}{\frac{s}{0.142} + \frac{0.142}{s} + 2 \cdot 1.36}$$

$$1 \quad s=0, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 157 - 157 \cdot 0 = 157 \text{ рад/с, } M=0;$$

$$2 \quad s=0.15, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 157 - 157 \cdot 0.15 = 133.45 \text{ рад/с,}$$

$$M_{\Delta} = \frac{2M_K(1 + as_K)}{s/s_K + s_K/s + 2as_K} = \frac{2 \cdot 1834,86 \cdot (1 + 1.36 \cdot 0.142)}{0.15/0.142 + 0.142/0.15 + 2 \cdot 1.36 \cdot 0.142} = 1833\text{Нм}$$

$$3 \quad s=0.2, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 157 - 157 \cdot 0.2 = 125.6 \text{ рад/с,}$$

$$M_{\Delta} = \frac{2M_K(1 + as_K)}{s/s_K + s_K/s + 2as_K} = \frac{2 \cdot 1834,86 \cdot (1 + 1.36 \cdot 0.142)}{0.2/0.142 + 0.142/0.2 + 2 \cdot 1.36 \cdot 0.142} = 1748\text{Нм}$$

$$4 \quad s=0.3, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 157 - 157 \cdot 0.3 = 109.9 \text{ рад/с,}$$

$$M_{\Delta} = \frac{2M_K(1 + as_K)}{s/s_K + s_K/s + 2as_K} = \frac{2 \cdot 1834,86 \cdot (1 + 1.36 \cdot 0.142)}{0.3/0.142 + 0.142/0.3 + 2 \cdot 1.36 \cdot 0.142} = 4859\text{Нм}$$

$$5 \quad s=0.5, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 157 - 157 \cdot 0.5 = 78.5 \text{ рад/с,}$$

$$M_{\Delta} = \frac{2M_K(1 + as_K)}{s/s_K + s_K/s + 2as_K} = \frac{2 \cdot 1834,86 \cdot (1 + 1.36 \cdot 0.142)}{0.5/0.142 + 0.142/0.5 + 2 \cdot 1.36 \cdot 0.142} = 1045\text{Нм}$$

$$6 \quad s=0.6, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 157 - 157 \cdot 0.6 = 62.8 \text{ рад/с,}$$

$$M_{\Delta} = \frac{2M_K(1 + as_K)}{s/s_K + s_K/s + 2as_K} = \frac{2 \cdot 1834,86 \cdot (1 + 1.36 \cdot 0.142)}{0.6/0.142 + 0.142/0.6 + 2 \cdot 1.36 \cdot 0.142} = 903,3\text{Нм}$$

$$7 \quad s=0.7, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 157 - 157 \cdot 0.7 = 47.1 \text{ рад/с,}$$

$$M_{\Delta} = \frac{2M_K(1 + as_K)}{s/s_K + s_K/s + 2as_K} = \frac{2 \cdot 1834,86 \cdot (1 + 1.36 \cdot 0.142)}{0.7/0.142 + 0.142/0.7 + 2 \cdot 1.36 \cdot 0.142} = 793,6\text{Нм}$$

$$8 \quad s=0.85, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 157 - 157 \cdot 0.85 = 23.55 \text{ рад/с,}$$

$$M_{\Delta} = \frac{2M_K(1 + as_K)}{s/s_K + s_K/s + 2as_K} = \frac{2 \cdot 1834,86 \cdot (1 + 1.36 \cdot 0.142)}{0.85/0.142 + 0.142/0.85 + 2 \cdot 1.36 \cdot 0.142} = 669,6\text{Нм}$$

$$9 \quad s=0.9, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 157 - 157 \cdot 0.9 = 15.7 \text{ рад/с,}$$

$$M_D = \frac{2M_K(1 + as_K)}{s/s_K + s_K/s + 2as_K} = \frac{2 \cdot 1834,86 \cdot (1 + 1,1,36 \cdot 0,142)}{0,9/0,142 + 0,142/0,9 + 2 \cdot 1,36 \cdot 0,142} = 636,3 \text{ Нм}$$

$$10 \quad s=1, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 157 - 157 \cdot 1 = 0 \text{ рад/с,}$$

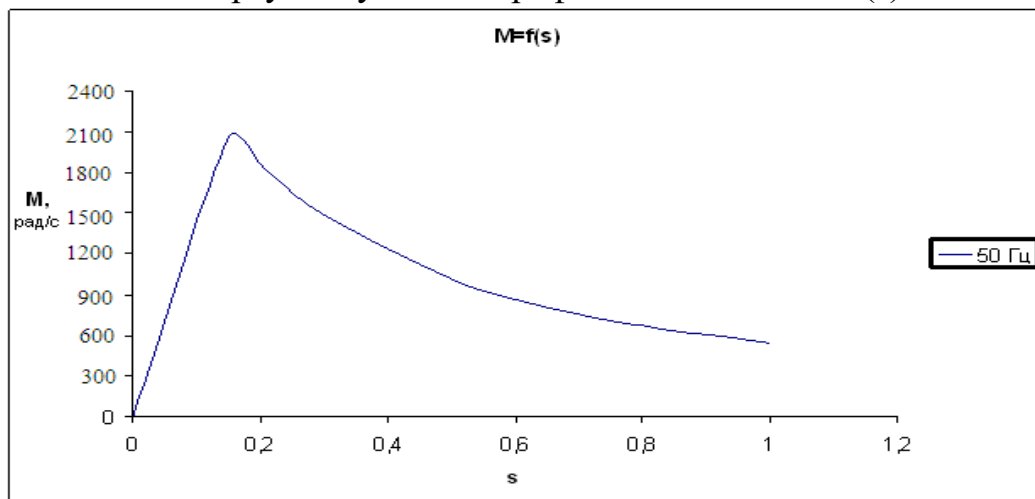
$$M_D = \frac{2M_K(1 + as_K)}{s/s_K + s_K/s + 2as_K} = \frac{2 \cdot 1834,86 \cdot (1 + 1,1,36 \cdot 0,142)}{1/0,142 + 0,142/1 + 2 \cdot 1,36 \cdot 0,142} = 578,3 \text{ Нм}$$

Есептеу нәтижелері 2.1-кестеде келтірілген.

2.1 - кесте.

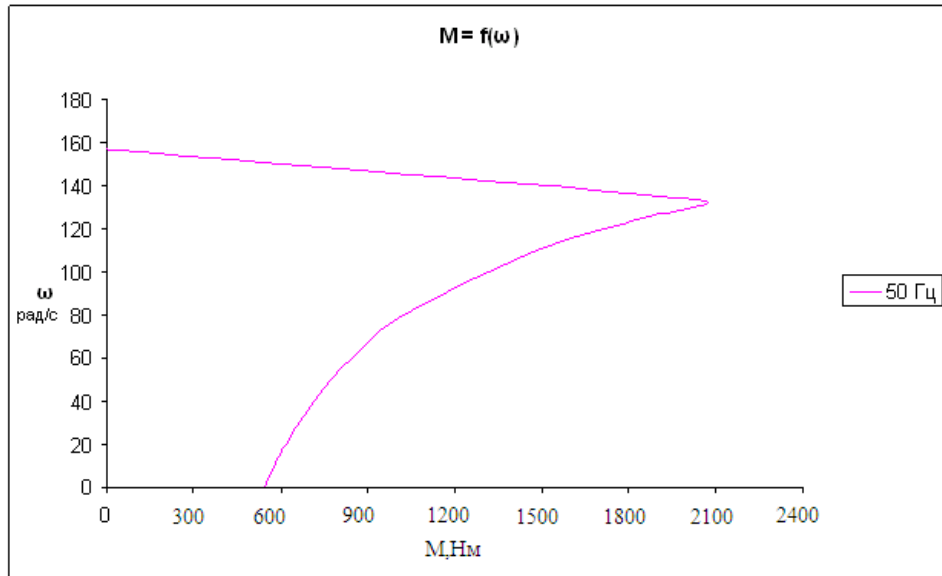
S	0	0.15	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.85	0.9	1
M _Д , Н · м	0	1833	1748	4859	1045	903,3	793,6	669,6	636,3	578,3
ω, рад/с	157	133,4	125,6	109,9	78,5	62,8	47,1	23,55	15,7	0

АД моментінің сырғуға тәуелділік графигін саламыз M=f(s):



2.1 сурет

Бұл сипаттаманы неғұрлым танымал түрінде ұсынамыз (2.2 сурет)



2.2 сурет – Қозғалтқыш режиміндегі асинхронды қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасы.

2.2 (f=35Гц, f=25Гц) жиіліктер кезіндегі механикалық сипаттаманы есептеу

2.2.1 (f=35Гц) жиіліктегі механикалық сипаттаманы есептеу

Осы механикалық сипаттамаларды құру үшін біз барлық сырғанау мәндері үшін бұрыштық жылдамдықты есептейміз:

$$\omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s \quad (2.4)$$

35 Гц жиілігі үшін механикалық сипаттаманы есептеу үшін берілген жиілік үшін индуктивті кедергіні қайта есептеу қажет:

$$L = \frac{X_1}{2\pi \cdot f} = \frac{0.082}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.00026 \text{ Гн}$$

$$X_{135} = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3.14 \cdot 35 \cdot 0.00026 = 0.057 \text{ Ом}$$

X'_{235} анықтау үшін пропорцияны құрастырамыз

$$50 \text{ Гц} - X'_2$$

$$35 \text{ Гц} - X'_{235}$$

$$X'_{235} = \frac{X'_2 \cdot 35}{50} = \frac{0.125 \cdot 35}{50} = 0.087$$

35 Гц жиіліктегі критикалық сырғу мәнін есептейміз:

$$s_{K35} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_{135} + X_{235}')^2}} = \pm \frac{0.03}{\sqrt{0.041^2 + (0.057 + 0.087)^2}} = 0,16$$

$$a_{SK35} = \frac{R_1}{R_2'} \cdot s_{K35} = 1,36 \cdot 0,16 = 0,21$$

35 Гц жиілігі үшін синхронды бұрыштық жылдамдықтың мәнін табамыз:

$$\omega_{035} = \frac{2\pi \cdot f_1}{2} = \frac{6.28 \cdot 35}{2} = 109,9 \text{ рад/с}$$

35 Гц жиілігі үшін критикалық моменттің мәнін есептейміз
Жиілікті реттеу заңынан ($U/f = \text{const}$) келесіні аламыз: $220/50 = 4,4$.
Онда келесі 35 Гц жиілік кезінде $U_\phi = 4,4 \cdot 35 = 154 \text{ В}$,

$$M_{K35} = \frac{3U_\phi^2}{2\omega_{035}[R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (X_{135} + X_{235}')^2}]} \quad (2.5)$$

$$M_{K35} = \frac{3 \cdot 154^2}{2 \cdot 109.9 [0.041 \pm \sqrt{0.041^2 + (0.057 + 0.087)^2}]} = 1697,23 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Асинхронды қозғалтқыштың моментінің мәнін 35 Гц жиілік кезінде тауып, механикалық сипаттама құрамыз:

$$M_{д35} = \frac{2M_{K35}(1 + as_{K35})}{\frac{s}{s_{K35}} + \frac{s_{K35}}{s} + 2as_{K35}} = \frac{2 \cdot 1697,23 \cdot (1 + 0,21)}{\frac{s}{0,16} + \frac{0,16}{s} + 2 \cdot 0,21}$$

$$s = 0..1$$

2.2.2 Механикалық сипаттамаларын есептеу ($f=25\text{Гц}$)

25 Гц жиілігі үшін индуктивті кедергіні табамыз:

$$X_{125} = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3.14 \cdot 25 \cdot 0.00026 = 0.0400 \text{ м}$$

X'_{225} анықтау үшін пропорцияны құраймы

50 Гц - X'_2

25 Гц - X'_{225} , ендеше

$$X'_{225} = \frac{X'_2 \cdot 25}{50} = \frac{0,125 \cdot 25}{50} = 0,0625$$

25 Гц жиіліктегі критикалық сырғу мәнін есептейміз:

$$s_{K25} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_{125} + X_{225}')^2}} = \pm \frac{0.030}{\sqrt{0.041^2 + (0.040 + 0.0625)^2}} = 0,27$$

$$as_{k25} = \frac{R_1}{R_2'} \cdot s_{K25} = 1,36 \cdot 0,27 = 0,367$$

25 Гц жиілігі үшін синхронды бұрыштық жылдамдықтың мәнін табамыз:

$$\omega_{025} = \frac{2\pi f_3}{p} = \frac{6.28 \cdot 25}{2} = 78,5 \text{ рад/с}$$

Жиілікті реттеу заңынан ($U/f = \text{const}$) келесіні аламыз: $220/50 = 4,4$.

Ендеше, 25 Гц жиілікте $U_{\phi 2} = 4,4 \cdot 25 = 110 \text{ В}$

25 Гц жиілігі үшін сыни момент:

$$M_{K25} = \frac{3U_{\phi 2}^2}{2\omega_{025} [R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (X_{125} + X_{225}')^2}]}$$

$$M_{K25} = \frac{3 \cdot 110^2}{2 \cdot 78.5 [0.041 \pm \sqrt{0.041^2 + (0.040 + 0.0625)^2}]} = 1594,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2.2.2 Жиіліктегі механикалық сипаттаманы есептеу ($f=25\text{Гц}$)

Жасанды механикалық сипаттаманы құру үшін 25 Гц жиіліктегі индукциялық қозғалтқыш моменттерінің мәнін табамыз:

$$1 \quad s=0, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 78.5 - 78.5 \cdot 0 = 78.5 \text{ рад/с, } M_{Д25}=0;$$

$$2 \quad s=0.15, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 78.5 - 78.5 \cdot 0.15 = 66.73 \text{ рад/с,}$$

$$M_{Д25} = \frac{2M_{K25}(1 + as_{K25})}{s/s_{K25} + s_{K25}/s + 2as_{K25}} = \frac{2 \cdot 1594,6 \cdot (1 + 0.36)}{0.15/0.27 + 0.27/0.15 + 2 \cdot 0.36}$$

$$= 1436,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$3 \quad s=0.2, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 78.5 - 78.5 \cdot 0.2 = 62.8 \text{ рад/с,}$$

$$M_{Д25} = \frac{2M_{K25}(1 + as_{K25})}{s/s_{K25} + s_{K25}/s + 2as_{K25}} = \frac{2 \cdot 1594,6 \cdot (1 + 0.36)}{0.2/0.27 + 0.27/0.2 + 2 \cdot 0.36}$$

$$= 1543,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$4 \quad s=0.3, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 78.5 - 78.5 \cdot 0.3 = 54.95 \text{ рад/с,}$$

$$M_{Д25} = \frac{2M_{к25}(1 + as_{к25})}{s/s_{к25} + s_{к25}/s + 2as_{к25}} = \frac{2 \cdot 1594,6 \cdot (1 + 0,36)}{0.3/0.27 + 0.27/0.3 + 2 \cdot 0.36} = 1594,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$5 \quad s=0.5, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 78.5 - 78.5 \cdot 0.5 = 39.25 \text{ рад/с,}$$

$$M_{Д25} = \frac{2M_{к25}(1 + as_{к25})}{s/s_{к25} + s_{к25}/s + 2as_{к25}} = \frac{2 \cdot 1594,6 \cdot (1 + 0.36)}{0.5/0.27 + 0.27/0.5 + 2 \cdot 0.36} = 1394,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$6 \quad s=0.6, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 78.5 - 78.5 \cdot 0.6 = 31.4 \text{ рад/с,}$$

$$M_{Д25} = \frac{2M_{к25}(1 + as_{к25})}{s/s_{к25} + s_{к25}/s + 2as_{к25}} = \frac{2 \cdot 1594,6 \cdot (1 + 0.36)}{0.6/0.27 + 0.27/0.6 + 2 \cdot 0.36} = 1287 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$7 \quad s=0.7, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 78.5 - 78.5 \cdot 0.7 = 23.55 \text{ рад/с,}$$

$$M_{Д25} = \frac{2M_{к25}(1 + as_{к25})}{s/s_{к25} + s_{к25}/s + 2as_{к25}} = \frac{2 \cdot 1594,6 \cdot (1 + 0.36)}{0.7/0.27 + 0.27/0.7 + 2 \cdot 0.36} = 1175,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$8 \quad s=0.85, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 78.5 - 78.5 \cdot 0.85 = 12.075 \text{ рад/с,}$$

$$M_{Д25} = \frac{2M_{к25}(1 + as_{к25})}{s/s_{к25} + s_{к25}/s + 2as_{к25}} = \frac{2 \cdot 1594,6 \cdot (1 + 0.36)}{0.85/0.27 + 0.27/0.85 + 2 \cdot 0.36} = 1040,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$9 \quad s=0.9, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 78.5 - 78.5 \cdot 0,9 = 7.85 \text{ рад/с,}$$

$$M_{Д25} = \frac{2M_{к25}(1 + as_{к25})}{s/s_{к25} + s_{к25}/s + 2as_{к25}} = \frac{2 \cdot 1594,6 \cdot (1 + 0.36)}{0,9/0.27 + 0.27/0,9 + 2 \cdot 0.36} = 1004 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$10. \quad s=1, \omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s = 78.5 - 78.5 \cdot 1 = 0 \text{ рад/с,}$$

$$M_{Д25} = \frac{2M_{к25}(1 + as_{к25})}{s/s_{к25} + s_{к25}/s + 2as_{к25}} = \frac{2 \cdot 1594,6 \cdot (1 + 0.36)}{1/0.27 + 0.27/1 + 2 \cdot 0,36} = 924,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

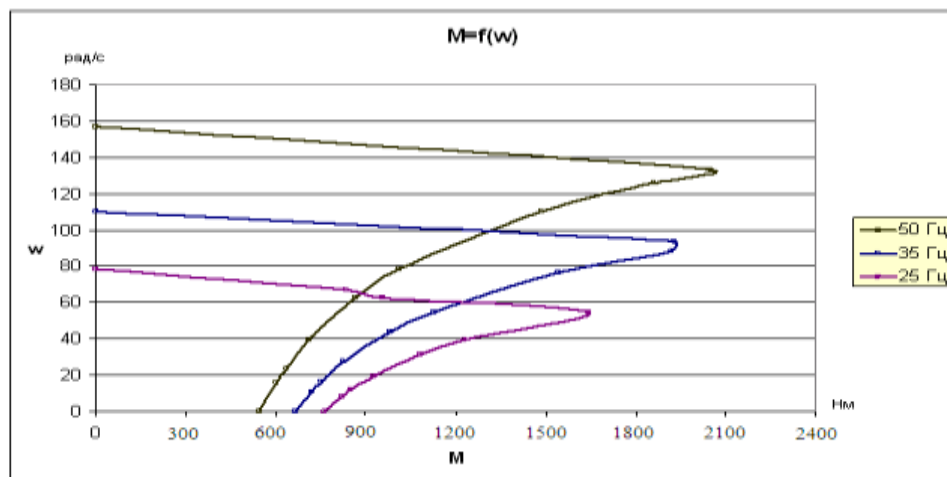
Есептеу деректері 2.2-кестеде келтірілген

2.2 кесте

S	0	0.15	0.2	0.3	0.5	0.6	0,75	0,85	0,9	1
$\omega, 50 \text{ Гц}$	157	133,45	125,6	109,9	78,5	62,8	39,25	23,55	15,7	0
$\omega, 35 \text{ Гц}$	109,9	93,42	87,92	76,93	54,95	43,96	27,48	16,49	10,99	0
$\omega, 25 \text{ Гц}$	78,5	66,725	62,8	54,95	39,25	31,4	19,63	12,07	7,85	0
$M_{Д50}, \text{ кН} \cdot \text{м}$	0	1833	1748	4859	1045	903,3	793,6	669,6	636,3	578,3
$M_{Д35}, \text{ кН} \cdot \text{м}$	0	1694,3	1662,8	1452,3	1062,6	925,8	817,6	693,7	660,1	601,3
$M_{Д25}, \text{ кН} \cdot \text{м}$	0	1436,1	1543,5	1594,6	1394,6	1287	1175,4	1040,1	1004	924,8

Алынған моменттердің деректері бойынша 25, 35 және 50 Гц жиілікте үш механикалық сипаттаманы құрамыз (2.3 сурет)

Әр түрлі жиіліктер үшін салынған механикалық сипаттамаларға сәйкес, тегіс реттеу кезінде қозғалыс жылдамдығы механикалық сипаттамалардың тұрақты қаттылығымен кең диапазонда өзгеруі мүмкін. Сорғының механикалық сипаттамасы квадраттық болғандықтан, электр қозғалтқышының төмен жиіліктегі жүктеме қабілетінің төмендеуі іске қосу қабілетіне әсер етпейді.



2.3 сурет – Бұрыштық жылдамдықтың моментке тәуелділігі

3 Жиілікті түрлендіргіштің қуат тізбегінің мәндері иен элементтерін есептеу

3.1 Түзеткіш пен инвертордың қуат элементтерін есептеу және таңдау

3.1.1 ШИМ бар АИН қорек көзінің кернеуін есептеу

$$U_H = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \frac{U_{Sl}}{\mu_{max}} \quad (3.1)$$

мұндағы U_H - қозғалтқыш статорындағы сызықтық кернеудің номиналды мәні;

μ_{max} - модуляция коэффициентінің рұқсат етілген ең жоғары мәні;

Идеализацияланған АИН $\mu_{max} < 1$ үшін. Әрқашан дерлік $\mu_{max} < 1$, өйткені коммутация процестері тасымалдаушы жиілік кезеңінің белгілі бір бөлігін алады. Қазіргі IGBT транзисторларын қолданған кезде f_k тасымалдаушы жиілігі 16 кГц-ке жетеді, ал $\mu_{max} < 1$ болады.

Модуляция коэффициентінің максималды мәнін формула бойынша есептеуге болады:

$$\mu_{K_{Bmax}} \quad (3.2)$$

мұндағы t_B - транзисторды өшіру уақыты;

$f_k = 2$ кГц кезінде

$$\mu_{K_{Bmax}}^{-6^3}$$

Осыдан

$$U_H = \frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}} \frac{U_{SЛ}}{\mu_{max} \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \frac{380}{0.992}} \text{ В}$$

3.1.2 Транзистор және кері ток диодтары арқылы токтың орташа мәнін есептеу

Транзистор арқылы токтың орташа мәнін есептеу үшін тасымалдаушы жиілік пен модуляция жиілігінің үлкен еселіктерімен біз келесі формуланы қолданамыз:

$$I_{VT} = \frac{I_{sm}}{2\pi} \left(1 + \frac{\pi\mu}{4} \cos \phi_S \right) \quad (3.3)$$

мұндағы I_{sm} - қозғалтқыштың статор тогының амплитудалық мәні;

ϕ_S - бастапқы ток гармоникасы мен инвертордың шығысындағы жүктеме кернеуі арасындағы фазалық ығысу бұрышы;

Қозғалтқыштың қуаты мен қуатының осы коэффициенттерімен статор тогының амплитудалық мәнін табамыз:

$$I_{sm} = \frac{P_H \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3} \cdot U_S \cdot \cos \phi} = \frac{11 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.8} = 29.49 \text{ А}$$

Статор тогының амплитудасы алынған кезде транзистор арқылы токтың орташа мәнін есептейміз:

$$I_{VT} = \frac{I_{sm}}{2\pi} \left(1 + \frac{\pi\mu}{4} \cos \phi_S \right) = \frac{29.49}{2 \cdot 3.14} \left(1 + \frac{3.14 \cdot 0.992}{4} \cdot 0.8 \right) = 7,60 \text{ А}$$

Транзистор үшін ең ауыр режимде төмен жиіліктерде жұмыс істеген кезде, ол жүктеме тогының амплитудалық мәнін ұзақ уақыт коммутациялайтын жағдай болады. Бұл жағдайда тиристор арқылы жұмыс тогының орташа мәні:

$$I_T = \frac{I_{S,m}}{2} (1 + \mu) = 29.77A$$

Егер АИН өте төмен шығу жиілігінде жұмыс істеуі керек болса, онда тиристор үшін ең ауыр режим жүктеме тогының амплитудалық мәнін ұзақ уақыт коммутациялайтын жағдай болады.

Кері ток диодтары арқылы өтетін токтың орташа мәні келесі формула бойынша анықталады:

$$I_{VD} = \frac{I_{sm}}{2\pi} \left(1 - \frac{\pi\mu}{4} \cos \phi_S\right) = \frac{29.49}{2 \cdot 3.14} \left(1 - \frac{3.14 \cdot 0.992}{4} \cdot 0.8\right) = 1.78 A$$

Өте төмен жиіліктерде инвертор жұмыс істеген кезде диодтың максималды жүктелу режимінде (іске қосу кезінде)

$$I_D = \frac{I_{S,m}}{2} (1 - \mu) = 15.98A$$

АИН транзисторлары мен диодтарын инвертордың кірісіндегі кернеуге сүйене отырып, АИН-нен ток қуат көзіне (тежеу) бағытталған кезде компенсаторлық конденсаторда пайда болатын кернеулерді ескере отырып таңдаймыз. Бұл кернеу конденсатордың рұқсат етілген кернеуі негізінде ΔU_C таңдалады.

Кірістегі кернеудің есептік мәні:

$$U_{и} = 500.57 B$$

$$\Delta U_C = 100 B$$

$$U_{ПРVT,max} = 600.57 B$$

3.1.3 Өтемдік конденсаторды есептеу

Тежегіш режимі шешуші мәнге ие емес бірқатар электр жетектері үшін АИН қоректендіру үшін әдеттегі басқарылмайтын түзеткішті пайдалануға жол беріледі. Бұл жағдайда энергияны желіге қалпына келтіру мүмкін емес, бірақ АД қозғалтқыш пен инвертордағы шығындар түрінде энергияның таралуына байланысты шектеулі тежегіш моменттері бар генератор режимінде жұмыс істей алады. АИН-ді бір жақты өткізгіштікпен (түзеткіштен) қоректендіру көзінен қоректендірген кезде АИН кірісінде ток желіден қоректендіру көзіне бағытталған уақыт сәттерінде энергияны қабылдайтын өтемдік конденсаторды орнату қажет болады. Өтемдік конденсатордың сыйымдылығын келесі формула бойынша табуға болады:

$$C_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\mu I_{sm}}{f_K \Delta U_C} \sin^2 \frac{\phi_{S1} - \pi/6}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{0.992 \cdot 29.49}{2 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 100} \sin^2 \frac{31.8 - 30}{2} = 0.42 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}$$

Талдау көрсеткендей, өтемдік конденсатордың сыйымдылығы Шығыс жиілігіне байланысты емес. Бұл жағдай өте төмен шығу жиіліктерінде жұмыс істеу үшін синусоидалы заңға сәйкес аіне-ді PWM-мен пайдалануға мүмкіндік береді. Компенсаторлық конденсатордың сыйымдылығы тасымалдаушы жиілікке кері пропорционал. Тасымалдаушы жиілігі жеткілікті жоғары болғандықтан, өтемдік конденсатордың сыйымдылығы ШИМ-мен АИН-ге карағанда, әдетте, ШИМ-сіз АИН-ге карағанда аз болады.

3.1.4 Тежегіш резисторды есептеу

Электр тізбегіндегі рұқсат етілген тежеу моментін желіге энергияны қалпына келтірместен арттыру үшін тежеу кезінде арнайы RT тежегіш резисторын қолдануға болады. Бұл резистордың кедергісі тежеу кезінде түзеткіштің құлыпталуы болмайтындай етіп таңдалуы керек. Кедергіні келесі формула бойынша есептейміз:

$$R_T = \frac{U_{и}}{I_{иmax}} \quad (3.4)$$

мұндағы $I_{иmax}$ - АИН-нен түзеткішке тежеу кезінде бағытталған тұрақты токтың максималды мәні;

Тұрақты токтың максималды мәні келесі формула бойынша есептеледі:

$$I_{и} = \frac{3}{4} \mu I_{sm} \cos \phi_{S1} = \frac{3}{4} \cdot 0.992 \cdot 29.49 \cdot 0.8 = 17.5 \text{ А}$$

Демек, тежегіш кедергісі:

$$R_T = \frac{U_{и}}{I_{иmax} \frac{500.57}{17.5}} \text{ Ом}$$

3.2 Аналитикалық шолу және сериялық жиілік түрлендіргішін таңдау

Жетекші өндірушілер шығаратын барлық жиілік түрлендіргіштері бірдей элементтік базаға ие, нәтижесінде ұқсас сипаттамалары бар. Біздің нарықта Siemens фирмасының жабдықтары кеңінен ұсынылған. Ол орыс тіліндегі техникалық құжаттамамен және уәкілетті орталықтарда қызмет көрсетумен қамтамасыз етіледі. Сондықтан, алынған есептеу деректері мен технологиялық талаптарға сүйене отырып, біз Siemens MICROMASTER 440 жиілік түрлендіргішін таңдаймыз, ол сорғы станциясының қажетті

режимдерін қамтамасыз етеді, кіріктірілген RS-485 байланыс интерфейсіне ие және оны микроконтроллерге қосуға мүмкіндік береді.

MICROMASTER 440 түрлендіргіштері үш фазалы асинхронды қозғалтқыштардың жылдамдығын реттеуге арналған сериялық түрлендіргіштер болып табылады. Олар бір фазалы кіріс кезінде 120 Вт-тан және үш фазалы кіріс кезінде 75 кВт-қа дейін қуат диапазонына ие.

Түрлендіргіштер микропроцессорлық басқару жүйесімен жабдықталған және IGBT транзисторлық модульдерімен (Insulated Gate Bipolar Transistor = оқшауланған ысырмасы бар биполярлы транзистор) ең заманауи технологияларды қолданады. Нәтижесінде түрлендіргіштер сенімді және әртүрлі. Коммутация жиілігін таңдаумен ендік импульсті модуляцияның өзіндік әдісі электр қозғалтқышының үнсіз жұмыс істеуіне мүмкіндік береді. Қорғаудың кең функциялары түрлендіргіш пен электр қозғалтқышының тиімді қорғанысын қамтамасыз етеді.

Зауыттық қондырғылары бар MICROMASTER 440-бұл баптаулар параметрлерінің кең тізіміне байланысты жылдамдықты басқарудың қарапайым қолданыстарының кең ауқымы үшін өте ыңғайлы.

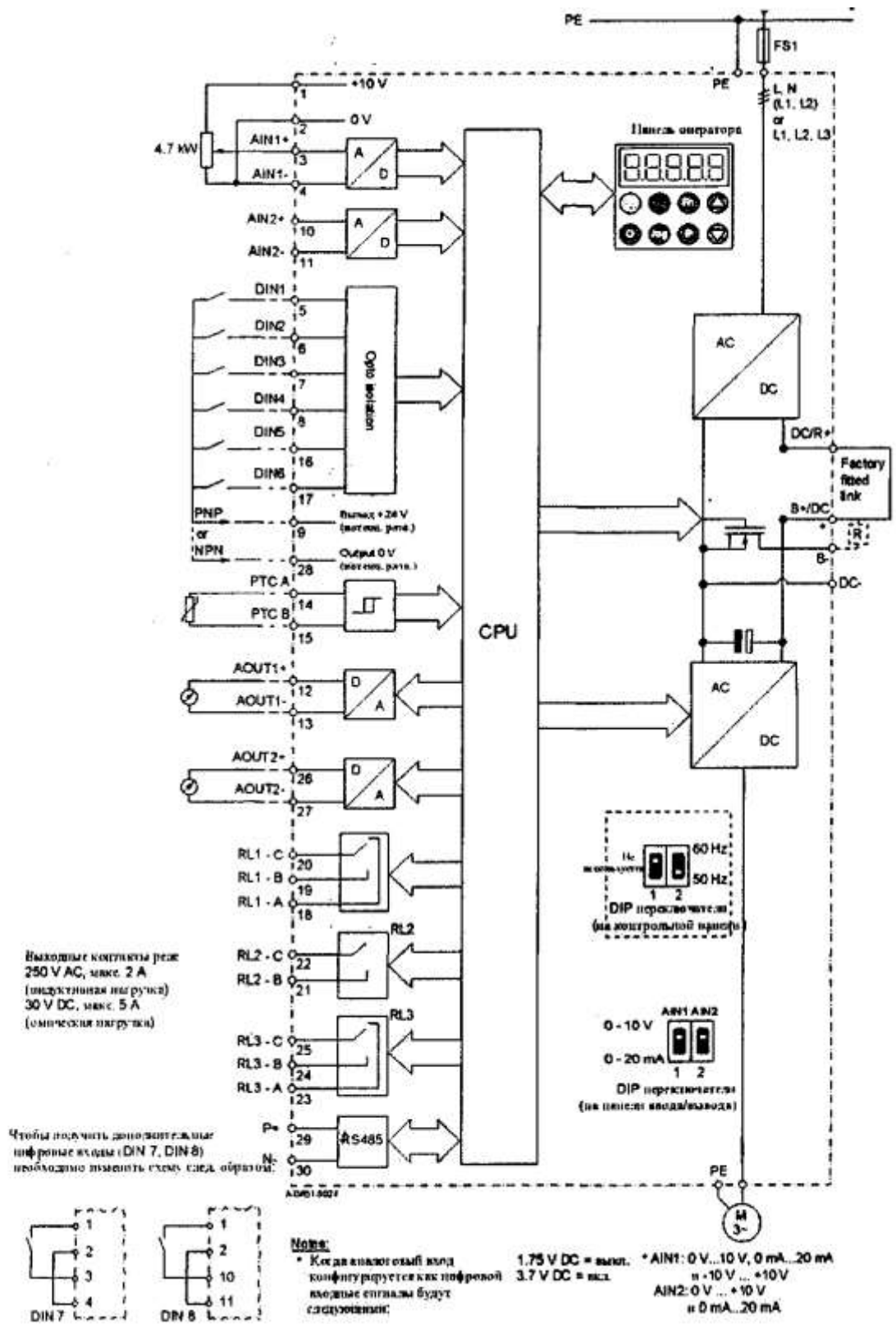
Негізгі ерекшеліктер:

- пайдалануға оңай жіберу;
- басқару сигналдарына жауап берудің аз уақыты;
- модульдік құрылымның арқасында ерекше икемді конфигурация;
- үш еркін параметрлі, ықтимал ашылмаған сандық кіріс;
- екі аналогтық кіріс (0-ден 10 V, 0 мА-дан 20 мА-ға дейін) таңдау 7-ші және 8-ші сандық кіріс ретінде пайдаланылады;
- екі параметрлі аналогтық шығыс (0 мА-дан 20 мА-ға дейін);
- үш параметрлі релелік шығыстар (DC 30V / 5A, омикалық жүктеме, AC 250V / 2A, индуктивті жүктеме);
- импульстің жоғары жиілігіне байланысты қозғалтқыштың үнсіз жұмысы;

Күштік параметрлер:

- IGBT жаңа технологиясы;
- сандық микропроцессорлық басқару;
- ең жақсы динамикалық сипаттамалар мен қозғалтқышты оңтайлы басқару үшін тікелей токпен реттеу (FCC);
- U/f-басқару сызықты;
- U/f²-басқару квадраттық;
- U/f тәуелділіктің параметрленген қисығы;
- «жүрісте ұстап алу»;
- сығуды өтеу;
- желі жоғалған немесе режим бұзылған кезде автоматты түрде қайта іске қосу;
- ішкі PI реттегіш арқылы процесті қарапайым реттеу;

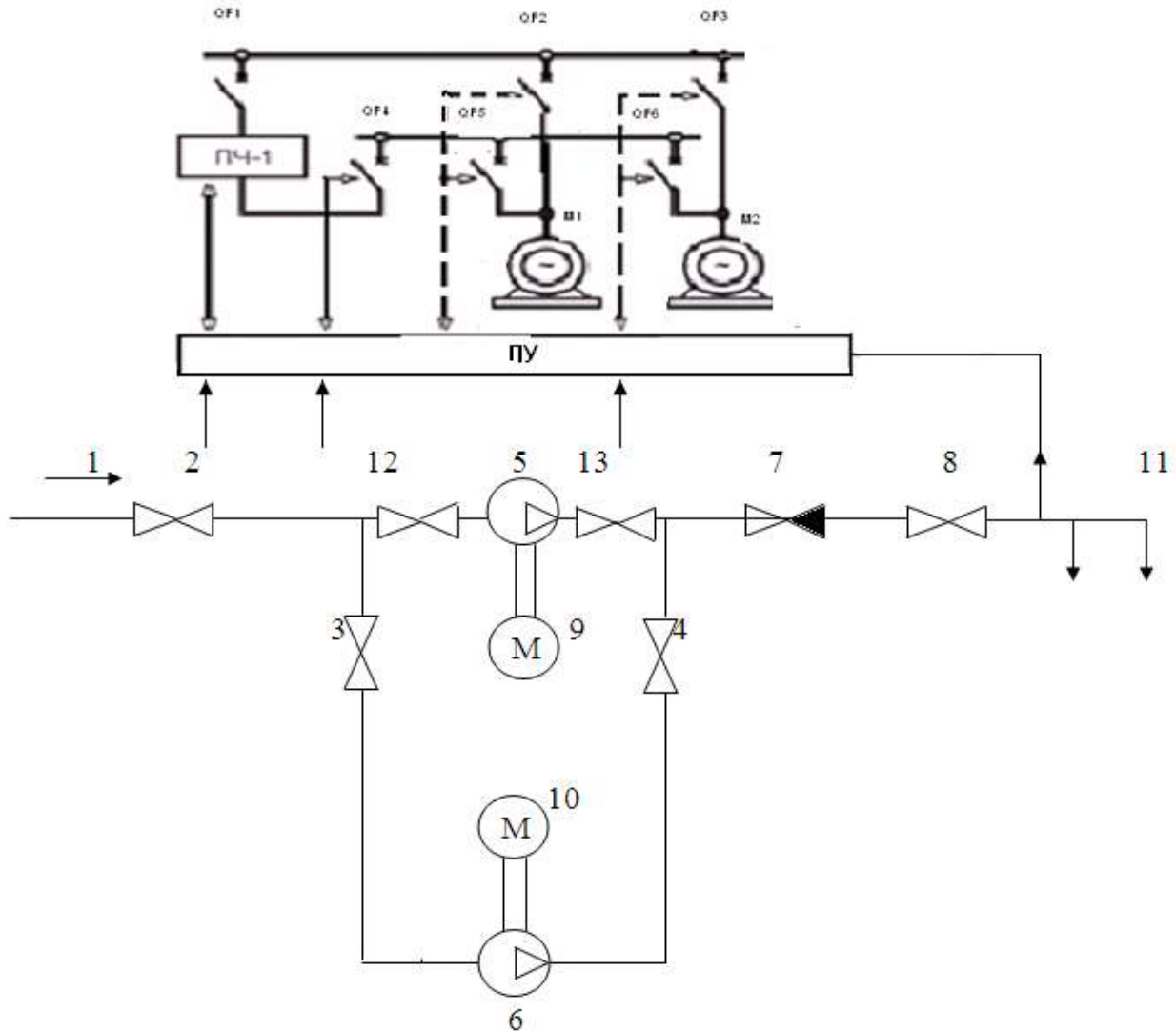
- үдеу мен тежелудің параметрленген уақыты 0-ден 650 сек аралығында;
- бастау қисығын тегістеу;
- апатсыз жұмыс істеу үшін жылдам әрекет ететін ток шектеу (FCL);
- цифрлық кірістерге жылдам әрекет ететін, репродукцияланатын сұрау салу;
- 10 биттік аналогтық кіріс арқасында берілген мәнді дәл енгізу;
- бақыланатын жылдам тоқтауға арналған аралас тежегіш;
- резонансқа қарсы 4 өткізу жиілігі;



3.1 сурет - Siemens MICROMASTER 440 жилік түрлендіргішін қосу схемасы

3.2.1 Сорғы станциясының электр схемасын әзірлеу

3.2 суретте жиілік түрлендіргішін сорғы станциясының электр қозғалтқышына қосудың электр схемасы көрсетілген.



QF₁, QF₂, QF₃, QF₄, QF₅, QF₆ - Автоматты ажыратқыштар; M₁, M₂, - негізгі және резервтік қозғалтқыштар; ПЧ- жиілік түрлендіргіші; ПУ- станцияны басқару пульті.

3.2 сурет – Сорғы станциясын автоматтандырудың функционалдық схемасы

Бұл схема екі қозғалтқыштың әрқайсысын іске қосуға және реттеуге мүмкіндік береді. Бұл ретте жиілікті іске қосу аяқталғаннан кейін қозғалтқыштардың бірі қоректендіруші желіден жұмыс режиміне келтіріледі, екінші қозғалтқыш технологиялық талаптарға сәйкес жиілікті түрлендіргішпен реттеледі.

3.3 Жиілік түрлендіргішінің қуат беру желісіне әсерін бағалау

3.3.1 Электр энергиясы сапасының мәселелері

Соңғы бірнеше жылда электр энергиясының сапасына көп көңіл бөлінді. Электр энергиясы адам өмірінің барлық салаларында қолданылады, өзіндік қасиеттердің жиынтығына ие және олардың сапасына әсер ететін басқа өнім түрлерін жасауға тікелей қатысады. Әрбір электр қабылдағыш электр энергиясының белгілі бір параметрлерінде жұмыс істеуге арналған: номиналды жиілік, кернеу және т. б., сондықтан оның қалыпты жұмысы үшін электр энергиясының қажетті сапасы қамтамасыз етілуі керек. Осылайша, электр энергиясының сапасы электр қабылдағыштар қалыпты жұмыс істей алатын және оларға тән функцияларды орындай алатын электр энергиясының сипаттамаларының жиынтығымен анықталады. Электр энергиясының сапасын жақсарту мәселесінің маңыздылығы вентильді түрлендіргіштердің және доғалы болат балқыту пештері, дәнекерлеу қондырғылары және т. б. сияқты әртүрлі жоғары тиімді технологиялық қондырғылардың дамуы мен кеңінен енгізілуімен бірге өсті. Нәтижесінде бір парадокс пайда болды: үнемді және технологиялық тиімді, адамдардың өмірін жақсартатын жаңа технологияларды қолдану электр желілеріндегі электр энергиясының сапасына теріс әсер етеді. Электр энергиясының сапасының нашарлауына байланысты тұтынушылар мен энергия жүйесінің шығыны әдетте электромагниттік және технологиялық болып бөлінеді. Электромагниттік залалдың негізгі формалары: желі элементтеріндегі шығындарды көбейту арқылы электр энергиясын өндіру, беру және тұтыну процестерінің тиімділігін төмендету; электр жабдықтарының қалыпты жұмыс режимдерінің бұзылуына және оқшаулаудың қартаюына байланысты қызмет ету мерзімінің азаюы және істен шығуы; релелік қорғаныс, автоматика және байланыс құрылғыларының қалыпты жұмысының бұзылуы және істен шығуы.

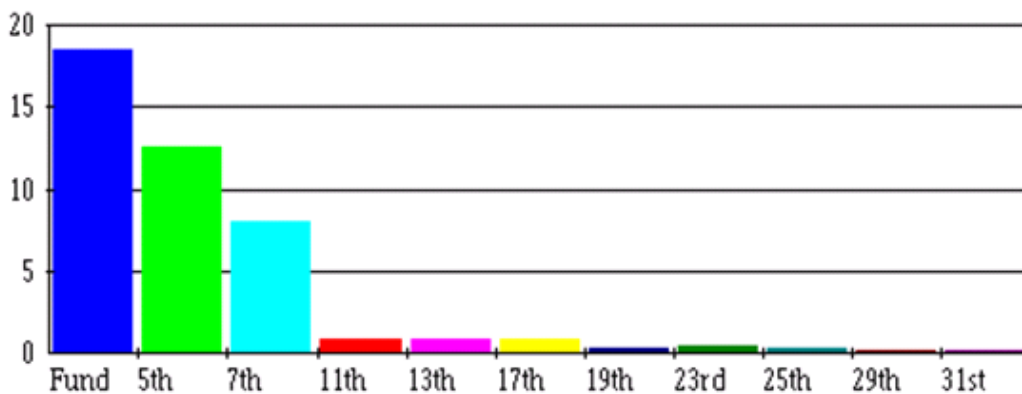
Электр энергиясының сапасының нашарлауына байланысты кернеудің ауытқуы пайда болады. Кернеудің ауытқуы электр қозғалтқыштарының жұмысына айтарлықтай әсер етеді. Қозғалтқыш қысқыштарындағы кернеу төмендеген жағдайда магниттелудің реактивті қуаты төмендейді, сол қуат тұтынылған кезде қозғалтқыштың тогы артады, бұл оқшаулаудың қызып кетуіне әкеледі. Оқшаулаудың жоғарылауы қозғалтқыштың қызмет ету мерзімін қысқартады. Асинхронды қозғалтқыштың қысқыштарындағы кернеу айтарлықтай төмендеген кезде, оның айналу моменті мен ротордың айналу жиілігінің төмендеуіне байланысты «төңкерілуі» мүмкін. Кернеудің төмендеуі қозғалтқышты іске қосу жағдайларын нашарлатады, өйткені оның іске қосу моменті төмендейді. Қозғалтқыш терминалдарындағы кернеудің жоғарылауы ол тұтынатын реактивті қуаттың артуына әкеледі, оны қандай да бір жолмен өтеу қажет. Кернеудің теріс ауытқулары уақыт өте келе өндіріс процесінің жоғарылауына, кейде өнімнің бұзылуына әкеледі. Сондай-ақ, кез-келген электр жабдықтары үшін ортақ бір қарапайым, бірақ өте маңызды ережені атап өткен жөн: кернеу номиналдыдан асып кетсе, электр энергиясының

номиналды жұмыс режиміндегі тұтыну деңгейімен салыстырғанда электр энергиясының шамадан тыс шығыны болады. Айналмалы машиналарда кернеу мен ток гармоникасы ротор орамаларында, статор тізбектерінде, сондай-ақ статор мен ротор болатында қосымша шығындардың пайда болуына әкеледі. Бұл жағдайда статор мен ротордың өткізгіштеріндегі шығындар құйынды токтар мен беттік әсерге байланысты омикалық кедергімен анықталғаннан көбірек болады. Статор мен ротордың соңғы аймақтарындағы гармоника тудыратын ағып кету токтары қосымша шығындарға әкеледі. Мұның бәрі машинаның жалпы температурасының жоғарылауына және ротордың жергілікті қызып кетуіне әкеледі, бұл өте ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін. Сондай-ақ, гармоникалық қабаттасудың белгілі бір жағдайларында ротордың механикалық тербелісі пайда болуы мүмкін екенін атап өткен жөн. Электрмен жабдықтау жүйесінің элементтері арқылы өтетін асимметриялық жүктеме токтары олардағы кернеудің асимметриялық төмендеуін тудырады. Нәтижесінде ЭП терминалдарында асимметриялық кернеу жүйесі пайда болады. Ауытқулар кернеу ЭП шамадан тыс жүктелген фазада рұқсат етілген мәннен асып кетуі мүмкін. ЭП-дағы кернеу режимінің нашарлауынан басқа, асимметриялық режимде ЭП-нің де, желінің барлық элементтерінің де жұмыс жағдайлары едәуір нашарлайды, бұл электр жабдықтары мен тұтастай электрмен жабдықтау жүйесінің сенімділігінің төмендеуіне әкеледі. Асимметриялық режимнің әрекеті асинхронды қозғалтқыштар (АД) сияқты кең таралған үш фазалы ЭП-дағы симметриялықтан сапалы түрде ерекшеленеді. АД-ның кері реттілігінің кедергісі тура реттіліктің кедергісінен шамамен 5 есе аз болады. Сондықтан, кернеудің шамалы асимметриясының өзі кері тізбектің маңызды токтарын тудырады, бұл статор мен ротордың қосымша қызуына әкеледі. Мұның бәрі оқшаулаудың тез қартаюына, қозғалтқыштың қол жетімді қуатының төмендеуіне, олардың өнімділігінің төмендеуіне және белсенді қуаттың одан әрі тапшылығына әкеледі.

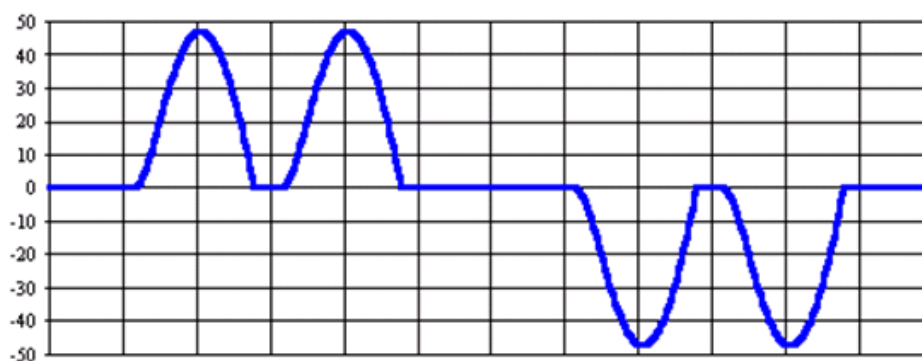
Сондықтан электр энергиясының барлық негізгі көрсеткіштерін анықтайтын жалпы мақсаттағы электрмен жабдықтау жүйелеріндегі электр энергиясының сапа стандарттарына сәйкес бірқатар халықаралық стандарттар мен МЕМСТ қабылданды. Осы көрсеткіштердің әрқайсысы электр энергиясының кез-келген қасиетін сипаттайды (кернеудің ауытқуы, кернеудің тербелістері және т.б.). Бұл бітіру жұмысында Siemens MICROMASTER 440 таңдалған жиілік түрлендіргіші жоғарыда аталған барлық нормалар мен талаптарға сәйкес келуі керек. Сондықтан біз жиілік түрлендіргішінің желінің сапасына әсерін және электр құралының осы түріне қойылатын талаптарға сәйкестігін гармоникалық есептеуді жүргіземіз.

3.3.2 MICROMASTER 440 ЖТ гармоникалық спектрін есептеу

MICROMASTER 440 ЖТ гармоникалық спектрі Siemens үшін арнайы жасалған HARMAC4 бағдарламалық ортасында есептеледі. Берілген түрлендіргіш үшін токтың гармоникалық спектрі 3.3 суретте көрсетілген. 3.4-суретте өндірілетін қисықтың пішіні көрсетілген. 3.1-кестеде MICROMASTER 440 ЖТ гармоникалық спектрін есептеу бойынша деректер келтірілген.



3.3 сурет – Токтың гармоникалық спектрі



3.4 сурет – Эквивалентті ток

3.1 кестесі – MICROMASTER 440 ЖТ гармоникалық спектрін есептеу

Гармоника нөмірі	5	7	11	13	17	19	23	25
Қосымша гармоникалық ток	12,5	8,0	0,9	0,9	0,8	0,3	0,5	0,3

Алынған есептеулерге сәйкес Siemens MICROMASTER 440 жиілік түрлендіргіші IEEE519, EU EN6100-3-4, UK G5/3 үш халықаралық талаптарға сәйкес келеді.

4 ТЖ – АҚ жүйесін математикалық модельдеу

4.1 ЖТ-АД жүйесінің математикалық сипаттамасы

MATLABSimulink ортасында асинхронды электр жетегінің динамикалық сипаттамаларын есептеу кезінде α және β осіндегі кеңістіктік векторлардың проекциясы түрінде немесе кейде айналмалы координаттар жүйесінің түзу және квадратуралық осі ретінде қозғалтқыштың сипаттамасы ұсынылады. Ол электр кеңістігінде кеңістіктік векторлар жүйесімен $\omega_{0\gamma\bar{E}}$ бірдей жылдамдықпен айналатыны белгілі. Векторлардың әрқайсысында түзу де, квадратуралық осьте де проекция бар.

Құрылымдық схеманы құру үшін біз асинхронды қозғалтқышты сипаттайтын теңдеулер жүйесіне жүгінеміз және түрлендірулерден кейін кеңістіктік векторлардағы бастапқы өрнектерді аламыз:

$$p\bar{\Psi}_1 = \bar{U}_1 - \frac{1}{\sigma T_1}(\bar{\Psi}_1 - k_2\bar{\Psi}_2) - j\omega_{0\gamma\bar{E}}\bar{\Psi}_1;$$

$$p\bar{\Psi}_2 = -\frac{1}{\sigma T_2}(\bar{\Psi}_2 - k_1\bar{\Psi}_1) - j\omega_p\bar{\Psi}_2;$$

$$\bar{I}_1 = \frac{1}{\sigma L_1}(\bar{\Psi}_1 - k_2\bar{\Psi}_2);$$

$$\bar{I}_2 = \frac{1}{\sigma L_2}(\bar{\Psi}_2 - k_1\bar{\Psi}_1);$$

$$M_n = \frac{3}{2} p_n \frac{k_1}{\sigma L_2} \text{Im}[\bar{\Psi}_1 \bar{\Psi}_2^*],$$

мұндағы, T_1, T_2 - статордың және сәйкесінше ротордың орамаларының тұрақты уақыты, $T_1 = L_1/R_1$ и $T_2 = L_2/R_2$.

Бұл формулаларды координаталық осьтердегі проекциялар арқылы кеңістіктік векторлар үшін өрнектерге ауыстыру және теңдіктердің нақты және болжалды бөліктерін бөлу арқылы біз құрылымдық тізбекті құру үшін келесі түрдегі теңдеулер жүйесін аламыз:

$$p\Psi_{1\alpha} = u_{1\alpha} - \frac{1}{\sigma T_1} \Psi_{1\alpha} + \omega_{0\gamma\bar{E}} \Psi_{1\beta} + \frac{k_2}{\sigma T_1} \Psi_{2\alpha};$$

Ағымдағы және статор ағынының векторлық модульдерінің мәнін формулалар арқылы есептеуге болады:

$$i_{2\alpha} = \frac{1}{\sigma L_2} (\psi_{2\alpha} - k_1 \psi_{1\alpha});$$

$$i_{2\beta} = \frac{1}{\sigma L_2} (\psi_{2\beta} - k_1 \psi_{1\beta});$$

$$M_d = \frac{3}{2} p_n \frac{k_1}{\sigma L_2} (\psi_{2\alpha} \psi_{1\beta} - \psi_{1\alpha} \psi_{2\beta});$$

$$p\omega = \frac{1}{Jp} (M_n - M_c);$$

$$\omega_p = \omega_{0\text{эл}} - p_n \omega.$$

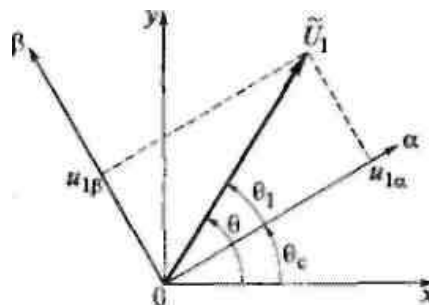
Сол сияқты тиісті роторлық шамаларды да анықтауға болады.

$$I_{1\text{max}} = \sqrt{(i_{1\alpha}^2 + i_{1\beta}^2)}; \quad \Psi_{1\text{max}} = \sqrt{(\psi_{1\alpha}^2 + \psi_{1\beta}^2)}.$$

Асинхронды электр қозғалтқышының құрылымдық схемасы 1-суретте көрсетілген. Онда электромагниттік моменттің пайда болу блогын бөлуге болады, оның кіріс әсерлері $i_{1\alpha}$ және $i_{1\beta}$ статорындағы кернеу векторының проекциясы, сондай — ақ $\omega_{0\text{эл}}$ статор кернеуінің жиілігі, ал шығыс мәні - электржетектің механикалық бөлігін сипаттайтын $M_{\text{д}}$ қозғалтқышының моменті. Қарапайым жағдайда екінші блок жетек механикасының негізгі теңдеуіне сәйкес келеді. Оның шығыс мәні қозғалтқыштың жылдамдығы болып табылады.

Схема синусоидалы форманың үш фазалы айнымалы шамалары әрекет ететін айнымалы ток машинасында болатын процестерді сипаттайды.

4.1 сурет - Кеңістіктік векторларға қатысты айналмалы координаттар жүйесін кездейсоқ бұру кезінде асинхронды қозғалтқыштың құрылымдық схемасы.



4.2 сурет – Айналмалы координаттар жүйесінің осіндегі статор кернеуінің проекциясы

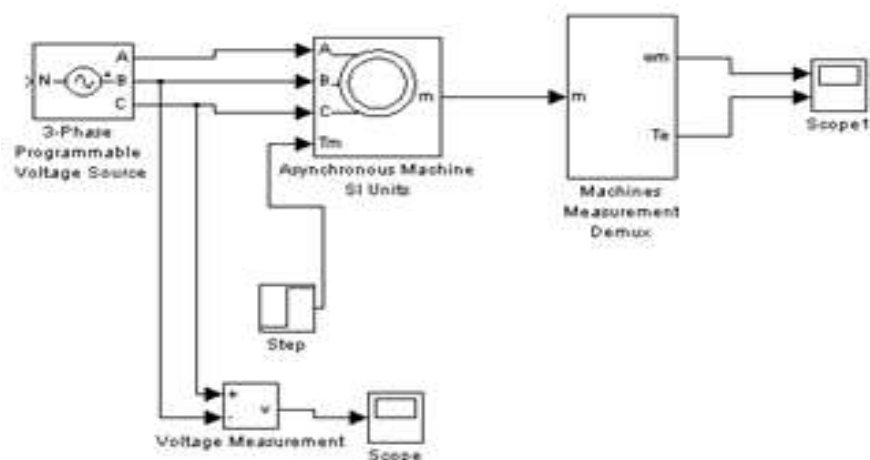
Алайда, бұл айнымалыларды айналмалы координаттар жүйесімен айналатын кеңістіктік векторлармен сипаттау нәтижесінде моменттің қалыптасу блогындағы барлық айнымалылар мен кіріс әсерлері тұрақты ток сигналдары болып табылады. Бұл сигналдар белгіленген режимдерде өзгеріссіз қалады және өтпелі кезеңдер болған кезде өзгерістерге ұшырайды.

Статордағы кернеу модулі мен фазасына бір мезгілде әсер ете отырып, реттеу жиілікті өзгерту арқылы жүзеге асырылатын векторлық басқару жүйесінің объектісі ретінде құрылымдық схеманы қолданған кезде кернеу векторының екі проекциясы да тізбектің кірісіне түсуі керек. Егер құрылымдық схема ашық басқару жүйесі бар жетекті немесе жиілік өзгерген кезде тек кернеу модулі өзгертін жабық басқару жүйесі бар жетекті талдау үшін қолданылса, онда айналмалы координаталар жүйесінің а осін статор кернеуінің векторы бойымен бағыттау керек. Бұл кезде $U_t = u_{la}$, $u_{l\beta} = 0$, оған $\theta_1 = 0$ кезіндегі θ және θ_c бұрыштарының теңдігі сәйкес келеді (4.2 сурет).

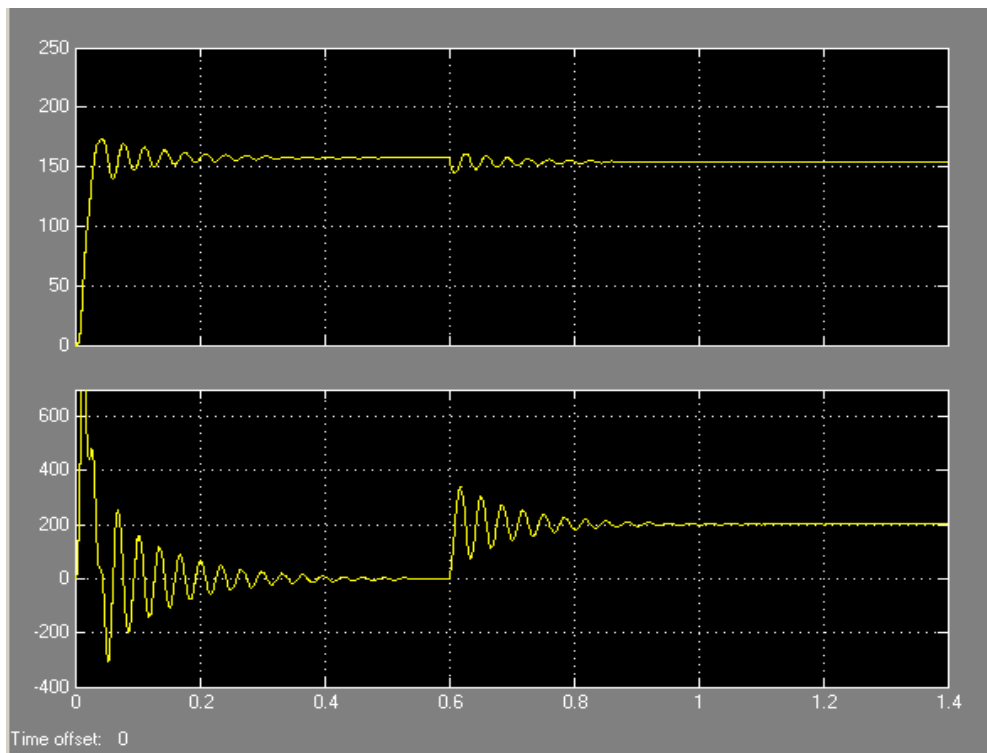
Моменттің қалыптасу блогына жұптасып оң кері байланыстармен қамтылған апериодтық тізбектер және статор моменті мен тогының өзгеруінің тербелмелі сипатын анықтайтын төрт қиылысқан байланыс кіреді.

MATLAB-та ұқсас математикалық сипаттамаға негізделген асинхронды электр қозғалтқышын қоса алғанда, виртуалды электр машиналарының блоктары бар. 4.3 суретте осындай виртуалды машина моделінің схемасы, ал 4.4 суретте қозғалтқыштың есептелген параметрлеріне сәйкес келетін 50 Гц жиіліктегі қозғалтқыштың тікелей іске қосу қисықтары көрсетілген. 0,6 секундқа тең уақыт кезінде жүктеме эскизі жасалды.

Ашық басқару жүйесіндегі жиілік түрлендіргішінен машинаның жұмысы Matlab моделінде қарастырылады. (4.5 сурет)

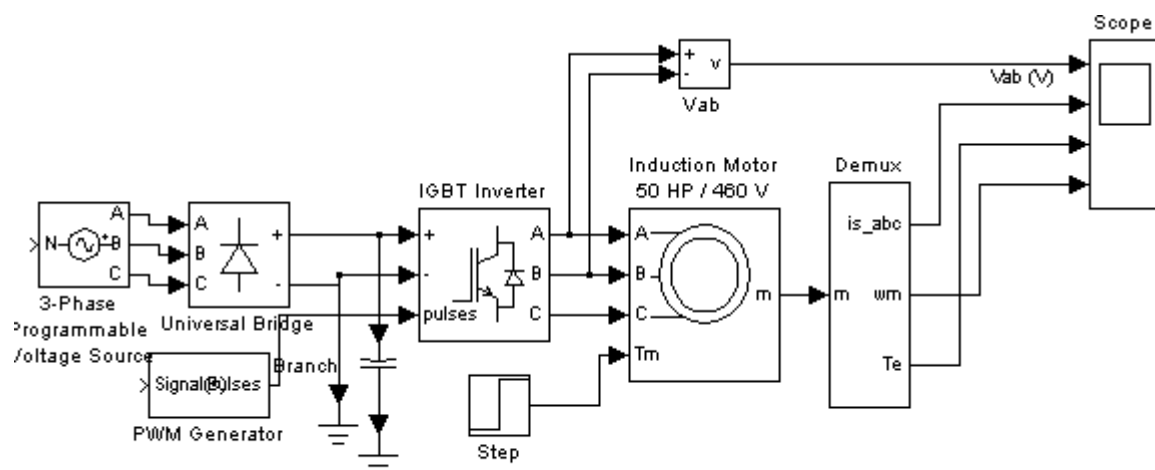


4.3 сурет – Виртуалды машина моделінің схемасы

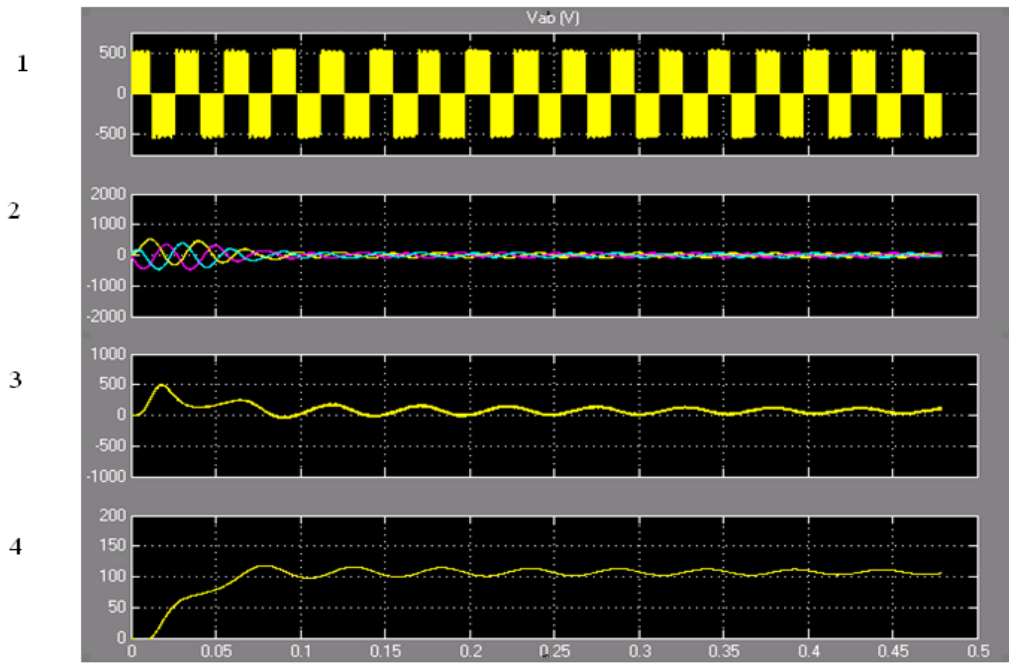


4.4 сурет – 50 Гц жиіліктегі қозғалтқышты тікелей іске қосу қисықтары

Ашық басқару жүйесіндегі жиілік түрлендіргішінен машинаның жұмысы Matlab моделінде (4.5-сурет) 35 Гц шығыс кернеуі жиілігінде қозғалтқышты іске қосу жағдайында қарастырылады. Өтпелі процесс 0,5 с уақыт ішінде аяқталады.



4.5 - сурет



1 - Ендік модуляцияланған сызықтық кернеу; 2 - Статор токтары;
 3 - Қозғалтқыш моменті; 4 - Қозғалтқыш жылдамдығы.

4.6 сурет – Осциллограммалар

5 Өмір тіршілік қауіпсіздігі

5.1 Еңбек жағдайларын талдау

Сорғы станциясы (СС) бір шу көзі және жеке аккумулятор бөлмесі бар 5x3x3 м залдың көлеміне ие.

СС тұрақты персоналы жоқ. Персоналдың қатысу уақыты күніне 8 сағаттан аспайтын ағымдағы жұмыстарды жүргізу кезеңімен айқындалады. Осыған байланысты жарықтандыру тек жұмыс уақытында қажет.

Сорғы жабдығы жылжымалы бөліктердің болуына, сондай-ақ жабдықты қыздыру мүмкіндігіне байланысты шу мен дірілдің жоғары деңгейін жасайды.

СС жоғары ылғалдылықпен сипатталады, сондықтан адамға электр тогының соғуын болдырмас үшін жабдықты жерге қосуды қамтамасыз ету қажет. Микроклиматты бақылау үшін үй-жайды желдету көзделеді.

Аккумуляторларда улы коррозиялық заттар бар, сондықтан олар өртке қарсы дабылмен қамтамасыз етілген бөлек бөлмеде орналасады.

5.2 Жасанды жарықтандыруды есептеу

5.1 кесте – Бастапқы деректер

Бөлменің түрі	Бөлменің параметрлері				Көру жұмысының разряды	$\rho_{\text{тобе}}$	$\rho_{\text{каб ырга}}$	$\rho_{\text{еден}}$	$h_{\text{нок, м}}$	Жарық белдеуі	Н зд	Жақын тұрған ғимаратқа дейінгі қашықтық, Р
	L, м	B, м	H, м	$h_{\text{ок, м}}$								
Спортзалы	5	3	3	1	V, 6	50	50	10	1	Ақмола облысы	15	30

5.2.1. Шамдарды орналастыру схемасын жасау.

Аспаның есептік биіктігін анықтаңыз.

$$h_p = H - h_{\text{свеса}} - h_{\text{р.пов.}} \quad (5.1)$$

$h_{\text{свеса}} = 0$ (ТКЛ шамдары үшін $0 \div 1$ м) қабылдаңыз; $h_{\text{р.пов.}} = 1$ м

$$h_p = 3 - 0 - 1 = 2 \text{ м.}$$

$\lambda = 0,6 \div 2$ есепке ала отырып, L_A , L_B шамдарының арасындағы қашықтықты сәйкесінше ұзындығы мен ені бойынша табыңыз (5.1 сурет).

$$L_A = \lambda \cdot h_p = 0,156 \cdot 2 = 0,312 \text{ м,} \quad (5.2)$$

$$L_B = \lambda \cdot h_p = 0,5625 \cdot 2 = 2,25 \text{ м,}$$

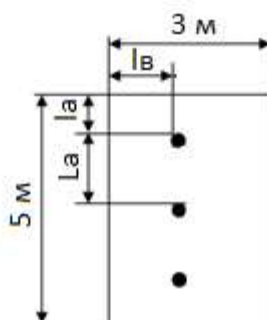
$$\frac{L_A}{L_B} \leq 1,5,$$

$$\frac{L_A}{L_B} = \frac{3,125}{2,25} = 1,39. \quad (5.3)$$

Жабдық бөлменің ортасында орналассын дерлік, сонда қабырғадан шамға дейінгі қашықтық:

$$l_a = 0,5 \cdot L_A = 0,5 \cdot 3,125 = 1,56 \text{ м}, \quad (5.4)$$

$$l_b = 0,5 \cdot L_B = 0,5 \cdot 2,25 = 1,125 \text{ м}.$$



5.1 кесте – Сорғы станциясы шамдарының орналасу жоспары

4.2.2. Нүктелік әдіспен есептеу. V көру жұмысын разрядтау үшін, 3.12 [11] кесте бойынша нормаланатын жарықтандыруды анықтаңыз, ол 150 лк-ға тең. 20 Вт ТКЛ-20 типті люминесцентті лампалары бар және 3-9 және 2-12 [11] кестелерде көрсетілген 1060 лм жарық ағынды екі шамы бар ЛСП01 шамын алдын ала қабылдаңыз.

Есептеу нүктесін белгілейміз және жарықтандыруды бөлменің сол жағындағы шамдардан ғана есептейміз. d_1 ; d_2 ; d_3 ; табу керек – A нүктесі мен сәйкес шам арасындағы төбеге қашықтықтың проекциясы:

$$d_1 = \sqrt{1,6^2 + 0,85^2} = 1,7 \text{ м},$$

$$d_2 = \sqrt{1,6^2 + 0,94^2} = 1,81 \text{ м},$$

$$d_3 = \sqrt{1,3^2 + 0,82^2} = 1,43 \text{ м}.$$

Әрі қарай, төбенің биіктігі мен сәйкес d кескіні арасындағы бұрышты анықтаңыз

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{d_1}{h_{\text{есеп.}}} = \frac{1,7}{2} = 0,85 \rightarrow \alpha_1 = 23,02^\circ; \quad (5.5)$$

$$\cos^3 \alpha_1 = 0,021$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d_1}{h_{\text{есеп.}}} = \frac{1,81}{2} = 0,9 \rightarrow \alpha_2 = 24,35^\circ;$$

$$\cos^3 \alpha_2 = 0,028$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{d_3}{h_{\text{есеп.}}} = \frac{1,43}{2} = 0,715 \rightarrow \alpha_3 = 19,7^\circ;$$

$$\cos^3 \alpha_3 = 0,036$$

3-10 [11] кестедегі ТКЛ-20 шамдары бар ЛСП01 шамдарына арналған жарық техникалық сипаттамалары кестесі бойынша, α -ның әртүрлі бұрыштарындағы жарық күшін анықтаңыз.

$$I_1 = 47 \text{ кд,}$$

$$I_2 = 52 \text{ кд,}$$

$$I_3 = 85 \text{ кд,}$$

Әр көзден есептік нүктеге қатысты бөлменің жарықтандырылуы. Қор коэффициенті 3.11 [11]-кесте бойынша анықталады

$$e_{\text{АГ}} = \frac{I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{h_p^2 \cdot k_3}, \quad (5.6)$$

$$e_{\text{АГ1}} = \frac{47 \cdot 0,021}{4^2 \cdot 1} = 0,06,$$

$$e_{\text{АГ2}} = \frac{52 \cdot 0,028}{4^2 \cdot 1} = 0,091,$$

$$e_{\text{АГ3}} = \frac{85 \cdot 0,036}{4^2 \cdot 1} = 0,19.$$

Енді, бөлменің А есептік нүктесімен бірдей бөлігінде орналасқан шамдардан жарықтандыруды есептейміз.

$$\sum e_{\text{АГ}i} = (0,06 + 0,091 + 0,19) \cdot 2 = 0,682 \text{ лк.}$$

Жиынтық жарықтану:

$$E = \frac{\mu \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \pi}{1000 \cdot K_3} \cdot \sum_{i=1}^{36} e_{\text{АГ}i} \quad (5.6)$$

мұндағы $\mu = 1,5$ көбінесе тікелей жарық шамдары үшін – қашықтағы шамдардан жарықтандыруды және қабырғалардан, төбелерден және есептелген беттерден шағылысқан жарық ағынын ескеретін коэффициент. Бұл коэффициент шамдардың қуатын асырып жібермеу үшін түзетілім ретінде енгізіледі;

$\Phi_{\text{л}}$ - шамның жарық ағыны; [11]

K_3 - 3.11-кесте бойынша 1,5-ке тең қор коэффициенті; [11]

π - Шамдағы шамдар саны;

$$E_{\text{АГ}} = \frac{1,5 \cdot 1060 \cdot 2}{1000 \cdot 1} \cdot 52,84 = 168,031,$$

$$E_{\text{АГ}} < E_{\text{н}}$$

$$E_{\text{н}} = 200 \text{ лк}$$

$$168,031 < 200$$

Қорытынды: жарықтандыру сорғы станциясы үшін жеткілікті.

5.3 Шу мен дірілден қорғау бойынша мәселелерді дайындау

5.3.1 Шу деңгейін есептеу. Шудың акустикалық есебін, сондай-ақ персоналға шудың әсерінен қорғау шараларын жүргізу қажет. Бөлмеде бір шу көзі жұмыс істеген жағдайда (4.2 кесте). Көзі еденде орналасқан ($\Phi=1$). Шу көздері еденнен 1,5 м биіктікте орналасқан есептеу нүктесінен r қашықтықта орналасқан. Есептеу нүктесінде дыбыстық қысымның октавалық деңгейлерін анықтаңыз.

Есептеу деректерін дыбыстық қысымның нормаланатын деңгейімен салыстырыңыз. Дыбыс қысымының қажетті төмендеуін анықтаңыз.

5.2 кесте – Бастапқы деректер

Жабдықты таңдау	Сорғы станциясы
Көздер саны	1
ИШ-дтан РТ-ға дейінгі қашықтық, м	2,5
$V/S_{\text{орг}}$ қатынасы	0,75
L_{max} , м	1,5
Бөлменің көлемі, м ³	75

Тікелей және шағылысқан дыбыс аймағында бір шу көзі болатын бөлменің есептеу нүктелеріндегі дБ-дағы дыбыс қысымының октавалық деңгейлерін мынадай формула бойынша анықтау керек:

$$L = L_p + 10 \lg \left(\frac{\chi \Phi}{S} + \frac{4\Psi}{V} \right), \quad (5.7)$$

мұндағы L_p – шу көзін шығаратын дыбыстық қуаттың октавалық деңгейі дБ;

χ – жақын акустикалық өрістің әсерін ескеретін және r қашықтығының қатынасына байланысты қабылданатын, көздің акустикалық орталығы мен шу көзінің метріндегі I_{max} максималды габариттік өлшемдеріне есептелген метрдегі коэффициент, ол 3.2 [10] кесте бойынша анықталады.

$$\chi = \frac{r}{l_{max}}, \quad (5.8)$$

I_{max} – шу көздерінің ең үлкен габариттік өлшемі.

$$\chi = \frac{2,5}{3} = 6,2 \quad \chi_{1=1} \text{ қабылдайды.}$$

Φ – шу көзінің бағыттауыш факторы, $\Phi=1$;

S – көзді қоршап, есептеу нүктесінен өтетін тұрақты геометриялық пішіннің қиялдағы бетінің ауданы

$$S = 2\pi r^2, \quad (5.9)$$

Ψ – тәжірибелік деректер бойынша, ал олар болмаған кезде 5.3 кесте бойынша қабылданатын бөлмедегі дыбыс өрісінің диффузиялығының бұзылуын ескеретін коэффициент. [10]

Октавалық жиіліктер жолағында m^2 -тағы V бөлменің тұрақтылығын мынадай формула бойынша айқындаған жөн:

$$V = V_{1000} \cdot \mu, \quad (5.10)$$

мұндағы V_{1000} – 3000 Гц орташа геометриялық жиіліктегі бөлменің тұрақтылығы;

μ – 3-кесте бойынша анықталатын жиілік көбейткіші.

2 кестеден [10] бөлменің түрін таңдап, V_{1000} бөлмесінің тұрақтылығын анықтаңыз; Адамдар саны аз (металл өңдеу цехтары, желдеткіш камералар, машина залдары, генераторлар бөлмелері, сынақ стендтері) I бөлмесінің түрін таңдаңыз.

$$B_{1000} = \frac{V}{20}, \quad (5.11)$$

Есептелген нүктеде дыбыстық қысымның нормативтік деңгейлерін қабылдау арқылы ΔL_{TP} шуының қажетті төмендеуін анықтаңыз.

Жұмыс орындары – өндірістік бөлмелер мен кәсіпорын аумағындағы тұрақты жұмыс орындары мен жұмыс аймақтары.

$$\Delta L_{TP} = L_{жал.} - L_{қос.}, \quad (5.12)$$

мұндағы $L_{жал.}$ – барлық шу көздерінен есептік нүктедегі дыбыс қысымының октавалық деңгейі, дБ

$L_{қос.}$ – 4.4-кестеде көрсетілген.

5.3 кесте – Сорғы шығаратын дыбыстық қысым деңгейлері

Октавалық жолақтардың орташа геометриялық жиілігі, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	76	74	72	68	71	68	61	47

5.4 кесте – Дыбыс қысымының рұқсат етілген деңгейлері

Бөлмелер мен жұмыс орындарының атауы	Орташа геометриялық жиіліктері бар октавалық жолақтардағы, Гц, дыбыс қысымының деңгейлері, дБ							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Өндірістік бөлмелердегі және кәсіпорын аумағындағы тұрақты жұмыс орындары мен жұмыс аймақтары	94	87	82	78	75	73	71	70

Тапсырма бойынша сорғыға арналған деректерді таңдаңыз. 3000 Гц жиілігі үшін, $L_{p1} = 65$ дБ.

Соңғы есептеу – қажетті деңгейдің мәнін анықтау болып келеді:

$$L_{TP} = L_p - L_{доп}, \quad (5.13)$$

$$L_{\text{тр}} = 65 - 72 = -7 \text{ дБ.}$$

Барлық есептеулер 4.5-кестеде келтірілген.

5.5 кесте – Қорытынды есептер

Параметрі	Октавалық жолақтың орташа геометриялық жиілігі, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lp	76	74	72	68	71	68	61	47
V, м ³	75	75	75	75	75	75	75	75
χ	1	1	1	1	1	1	1	1
S, м ²	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3
B1000	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
μ	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
B, м ²	3	2,8125	2,625	3	3,75	5,25	6,75	9,375
Lсумм, дБ	77,3	75,6	73,9	69,3	71,4	67,0	58,9	43,6
Lдоп, дБ	94	87	82	78	75	73	71	70
Lтр, дБ	-16,7	-11,4	-8,1	-8,7	-3,6	-6,0	-12,1	-26,4

5.3.2. Сорғының діріл оқшаулағышын есептеу. Ауыр темірбетоннан ($G=550\text{кг/м}^2$) жабынға орнатылған, 2СР 25/14А орталықтан тепкіш сорғы агрегатының акустикалық діріл оқшаулағышын есептеңіз.

Иілгіш кірістірулер көлденең, бір-біріне параллель орналасқан.

Агрегат динамикалық теңгерілген.

Бастапқы деректер 4.6 кестеде келтірілген

5.6 кесте – Бастапқы деректер

Сорғының айналу жиілігі	N = 3000 айн./мин (50 Гц)
Сорғы агрегатының салмағы	M = 24,8 кг
Икемді кірістірулердің диаметрі: сорғанда айдағанда	d=65мм d=50мм

$\varepsilon = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м агрегаттың айналмалы бөліктерінің эксцентриситетін қабылдаңыз. Пышақтардың айналу жиілігіне (3000 айн/мин) сүйене отырып,

кесте бойынша агрегат массасы орталығының ығысуының максималды рұқсат етілген амплитудасын табыңыз

$$\alpha_{\text{қос}} = 0,04 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad (5.14)$$

Кестеге сәйкес $\Delta L_{\text{тр}} = 26$ дБ сорғы агрегатының діріл оқшаулағышының қажетті тиімділігін табыңыз. Кестеге сәйкес $f_{z\text{доп}} = 6.8$ Гц темірбетон жабынына орналастырылған кезде тік бағыттағы діріл оқшаулағыш агрегатының табиғи тербелістердің рұқсат етілген жиілігін анықтаңыз.

Кесте бойынша икемді кірістірулердің бойлық динамикалық қаттылығын анықтаңыз:

$$K_{\text{ик1}} = 200000 \text{ Н/м}$$

$$K_{\text{ик2}} = 130000 \text{ Н/м}$$

Тек икемді кірістірулердің бойлық динамикалық қаттылығын ескере отырып, $M_{\text{тр.усл}}$, діріл оқшаулағыш агрегатының қажетті шартты массасын анықтаңыз:

$$M_{\text{тр.усл}} = 0,00084 \cdot K_{\text{ик}}, \quad (5.15)$$

$$M_{\text{тр.усл}} = 0,00084 \cdot 330000 = 277 \text{ кг,}$$

мұндағы $K_{\text{гв}}$ - икемді кірістірулердің бойлық динамикалық қаттылығы, Н/м (икеімді кірістірулерді көлденең орналастырған кезде олардың жалпы бойлық қаттылығы ескеріледі; бір икеімді кірістіруді тігінен орналастырған кезде, ал екіншісі көлденеңінен тік икеімді кірістірудің бойлық қаттылығын ғана ескереді).

Резеңке діріл оқшаулағыштары келесідей таңдалады:

$n = 4$ діріл оқшаулағыштарының санын қабылдай отырып, формула бойынша бір діріл оқшаулағышқа статикалық жүктемені анықтаңыз:

$$P_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{тр}} \cdot g}{n}, \quad (5.16)$$

$$P_{\text{ст}} = \frac{277 \cdot 9,8}{4} = 678,7 \text{ Н,}$$

мұндағы $g = 9,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$;

n - діріл оқшаулағыштардың саны.

Бір діріл оқшаулағышына есептелген максималды жүктемені формула бойынша анықтаңыз:

$$P_{\max \text{ есеп}} = P_{\text{ст}} + 1,5 \frac{4\pi^2 f^2 a_{\text{қос}}}{10g} \cdot P_{\text{ст}}, \quad (5.17)$$

$$P_{\max \text{ есеп}} = 678,7 + 1,5 \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 50^2 \cdot 0,04 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 9,8} \cdot 678,7 = 720 \text{ Н},$$

мұндағы $P_{\text{ст}}$ - статикалық жүктеме;

f - агрегаттың мәжбүрлі күшінің негізгі есептік жиілігі, Гц;

a - агрегат массасы орталығының ығысуының максималды рұқсат етілген амплитудасы, м.

$K_{\text{зтр}}$ тік бағыттағы діріл оқшаулағыштарының талап етілетін жалпы қаттылығын формула бойынша анықтаңыз:

$$K_{\text{зтр}} = 4\pi^2 f_{\text{зқос}}^2 M_{\text{тр}}, \quad (5.18)$$

$$K_{\text{зтр}} = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 50^2 \cdot 277 = 505143 \text{ Н/м},$$

мұндағы a - тік бағыттағы діріл оқшаулағыш агрегаттың табиғи тербелістерінің рұқсат етілген жиілігі, Гц;

$M_{\text{тр}}$ – діріл оқшаулағыш агрегаттың жалпы талап етілетін массасы, кг және тік бағыттағы $k_{\text{зтр}}$ бір діріл оқшаулағышының талап етілетін қаттылығы, формула бойынша:

$$k_{\text{зтр}} = \frac{K_{\text{зтр}}}{n}, \quad (5.19)$$

$$k_{\text{зтр}} = \frac{505146}{4} = 126286 \text{ Н/м}.$$

$P_{\max \text{ рас}}$ және $k_{\text{зтр}}$ жүктемесі бойынша, 6-суреттегі кестені қолдана отырып, ВР-202 типті діріл оқшаулағышын таңдаңыз. Ол үшін $P_{\max} = 1000 \text{ Н}$, $k_z = 50000 \text{ Н/м}$.

Таңдалған діріл изоляторының түрі теңсіздіктерге сәйкес келе ме, екенін тексеріңіз:

$$750 > 708 \text{ Н}$$

$$50000 < 126286 \text{ Н/м}$$

Қажетті шарттар орындалды.

$K_x = 0,3$ K_z қабылдай отырып, діріл оқшаулағыш агрегатының жалпы талап етілетін массасын анықтаңыз.

$$M_{\text{пр}} = \mu \cdot (K_{\text{ад}} + K_{\text{д}}) \quad (5.20)$$

$$M_{np} = 0,00084(2000 + 130000 + 50000 \cdot 0,3 \cdot 4) = 327$$

мұнда $\mu = 0.00084c^2$;

K_e - діріл оқшаулағыштардың икемді кірістірудің бойлық осіне параллель бағыттағы жалпы динамикалық қаттылығы, Н/м (бір икемді кірістіруді тігінен, ал екіншісін көлденең орналастырған кезде діріл оқшаулағыштардың тік бағыттағы жалпы қаттылығы ескеріледі). Екі икемді кірістірудің көлденең орналасуымен діріл оқшаулағыштарының көлденең бағыттағы жалпы қаттылығы ескеріледі.

Бір діріл оқшаулағышына арналған статикалық жүктемені анықтаңыз, (Н) $M_{mp} = 327$ кг кезінде.

$$P_{ст} = \frac{M_{np} + g}{4} = \frac{327 \cdot 9,8}{4} = 801 \text{ Н} \quad (5.21)$$

Бір діріл оқшаулағышына нақтыланған максималды жүктемені есептеңіз:

$$P_{max.pac} = P_{ст} + 1,5 \frac{4\pi^2 \cdot f^2 \cdot a_{қос}}{10g} \cdot P_{ст} \quad (5.22)$$

$$P_{max.pac} = 801 + 1,5 \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 50^2 \cdot 0,00004}{10 \cdot 9,8} \cdot 801 = 849 \text{ Н}$$

K_{zTP} тік бағыттағы діріл оқшаулағыштардың талап етілетін жиынтық қаттылығының және тік бағытта бір діріл оқшаулағыштың талап етілетін қаттылығының нақтыланған мәндерін анықтаңыз.

$$K_{zTP} = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot M_{TP} = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 6,8^2 \cdot 327 = 596327 \text{ Н/м} \quad (5.23)$$

$$k_{zmp} = \frac{M_{zmp}}{4} = \frac{596327}{4} = 149080 \text{ Н/м} \quad (5.24)$$

$P_{max.pac}$ жаңа мәні бойынша бұрын таңдалған ВР-202 діріл оқшаулағышы $P_{max} \geq P_{max.pac}$ $K_z \leq k_{zmp}$ теңсіздіктерін қанағаттандырмайды. Есептелген мәліметтерге сәйкес ВР-203 діріл оқшаулағышының түрі таңдалды:

$$1500 > 834 \text{ Н}$$

$$100000 < 149080 \text{ Н/м}$$

ВР-203 діріл оқшаулағыштары кезіндегі қажетті жағдайлар орындалды.

Тік бағыттағы діріл оқшаулағыш агрегатының тербелістерінің табиғи жиілігін анықтаңыз, (Гц):

$$f_z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_z \cdot g}{P_{\text{ст}}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14} = 5,6 \text{ Гц} \quad (5.25)$$

мұндағы $g = 9,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$;

ΔL (дБ) акустикалық діріл оқшаулағышының тиімділігін келесі формула бойынша анықтаңыз:

$$\Delta L = 20 \lg \left| \frac{f^2}{f_i^2} \right| = 20 \lg \left| \frac{50^2}{5,6^2} - 1 \right| = 41 \text{ дБ} \quad (5.26)$$

мұндағы f - агрегаттың мәжбүрлі күшінің негізгі есептік жиілігі, Гц;

f_z – тік бағыттағы діріл оқшаулағыш агрегаттың тербелістерінің табиғи жиілігі, Гц.

$$37 \text{ дБ} > 26 \text{ дБ} = \Delta L_{\text{тр}}$$

Таңдалған діріл оқшаулағышы қажетті тиімділікті қамтамасыз етеді. Діріл оқшаулағыштары олардың қаттылық орталығы діріл оқшаулағыш агрегаты массаларының орталығымен бір тігінде болатындай етіп орналастырылады; бұл ретте діріл оқшаулағыштардың шөгуі бірдей болуы тиіс.

Осылайша, келесі қорытынды жасауға болады:

- инженерлік жабдықтардың (мысалы, желдету) діріл оқшаулағышының тиімділігі оның жұмыс жиілігіне байланысты;

- инженерлік жабдықтардың діріл оқшаулағышының тиімділігі діріл оқшаулағышын қолданылатын схемасына байланысты;

- діріл оқшаулағышының схемасын дұрыс таңдамау инженерлік жабдықтың іргетасының тербеліс амплитудасының бақылаусыз ұлғаюына әкелуі мүмкін.

6 Сорғы станцияларын жаңғыртудың техникалық-экономикалық негіздемесі

Осы ТЭН Алматы облысында орналасқан шағын суық сумен жабдықтау сорғы станциясындағы сорғыларды жаңғырту үшін жасалды. Электр энергиясын неғұрлым төмен тұтынуды қамтамасыз ететін және сорғы станциясының өнімділігін арттыратын «жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесін жаңғырту – енгізу жоспарланып отыр. Қазіргі уақытта станция реттелетін тұрақты электр жетегін қолданады. Тұрақты ток қозғалтқыштары асинхронды қозғалтқыштарға қарағанда әлдеқайда қымбат. Тұрақты ток қозғалтқыштары коллекторға байланысты төмен сенімділікке ие. Бұл ретте «жиілік түрлендіргіші – асинхронды қозғалтқыш» жүйесін сатып алу және орнатудың орындылығы мәселесі қарастырылуда.

Сорғыларда жиілік реттелетін жетекті (ЖРЖ) пайдалану тұтынылатын қуаттың 25-40% - ға интегралды төмендеуін қамтамасыз етеді және энергия блогының қуатын орта есеппен 1-2%-ға арттыруға мүмкіндік береді. Сумен жабдықтау жүйелеріндегі сорғылардың реттелмейтін асинхронды электр жетегінен жиілікті реттелетіндерге ауысу электр энергиясын 60% - ға дейін, сондай-ақ суық суды тұтынудың 25%-ға дейін және ыстық суды 15%-ға дейін үнемдеуге мүмкіндік береді.

ЖРЖ құрамына стандартты немесе арнайы асинхронды электр қозғалтқышы, тиристорлы жиілік түрлендіргіші, сәйкес келетін трансформатор немесе реактор, жүргізу-реттеу аппаратурасы кіреді.

Сумен жабдықтау жүйелеріндегі суды үнемдеу реттелетін электр жетегімен қажетсіз артық қысымды (арынды) жоюға байланысты. Коммуналдық саладағы қолданыстағы сумен жабдықтау жүйелері үшін әрбір артық атмосфера (10 мм.рт.ст) судың үлкен ағып кетуіне байланысты қосымша 7-9% су шығынын тудырады.

Оңай ескерілетін және бағаланатын энергия үнемдеудің жоғарыда аталған компоненттерімен қатар, ЖРЖ қолдану бірқатар қосымша артықшылықтар:

- жылу тасымалдағыш судың шығынын азайту есебінен ыстық сумен жабдықтау жүйелеріндегі жылуды үнемдеуді;
- қажет болған жағдайда, негізгі қысымнан жоғары қысым жасау мүмкіндігін;
- бірқалыпты іске қосу, гидравликалық соққыларды жою, қысымды төмендету арқылы негізгі жабдықтың тозуын азайтуды;
- негізгі жабдықтардағы ұсақ жөндеулердің санын екі есе азайтуды;
- шуды азайту, бұл сорғыларды тұрғын немесе қызмет көрсету үй-жайлардың жанында орналастыру кезінде өте маңызды;
- сумен жабдықтау жүйелерін кешенді автоматтандыру мүмкіндігін береді.

6.1 Электр энергиясын үнемдеуді алдын ала бағалау

Сорғыларға арналған жиілікті реттейтін жетекті енгізу нәтижесінде электр энергиясын үнемдеуді алдын-ала бағалау үшін осы объект бойынша статистикалық талдау қажет. Тиектің көмегімен қуаты 11 кВт сорғы станциясы. Станция тұрғын үйлерді қамтамасыз ететіндіктен, біз суды талдаудың стандартты орташа кестесін қолданамыз. Оларды төрт негізгі: түн 01:00-06:00, таңертең 06:00-10:00, күндіз 10:00-18:00, кеш 18:00-01:00 кезеңдерге бөлуге болады. Су шығыны қолданыстағы сорғы қондырғысы үшін номиналды мәннен 20%, 100%, 80%, 100% құрайды. Осылайша, бір күнде тиекпен реттеу кезінде электр энергиясының шығыны:

$$10 \text{ кВт} \times (60\% \times 4 \text{ сағ.} + 90\% \times 8 \text{ ч} + 100\% \times 11 \text{ сағ.}) = 227 \text{ кВтсағ}$$

Басқару кезінде жиілік түрлендіргішінің көмегімен, біз:

$$11 \text{ кВт} * (26\% \times 4 \text{ ч} + 63\% \times 8 \text{ ч} + 100\% \times 11 \text{ ч}) = 188 \text{ кВтч аламыз.}$$

Бұл мысалда үнемдеудің төменгі шегін анықтайтын алдын-ала бағалауға сәйкес жиілік түрлендіргішін пайдалану электр энергиясын тұтынуды тәулігіне шамамен 40 кВт/сағ-қа азайтуға мүмкіндік береді, бұл салыстырмалы түрде шамамен 17% құрайды. Бұл есептеуде электр энергиясының шығынын есептеудің екі нұсқасы бар әртүрлі уақыт кезеңдеріндегі су шығыны бірдей болып қалады.

Тиекті реттеу кезінде белгіленген уақыт кезеңдеріндегі ағынның өзгеруі құбырдағы қысымның ауытқуын, ал түрлендіргішті басқару кезінде электр энергиясын қосымша үнемдеуді білдіреді. Сондай-ақ, сорғының өнімділігі оңтайлы түрде таңдалды, бұл әдеттегі тәжірибеге сәйкес келмейді, демек жиілік түрлендіргішін қолдану одан да жақсырақ болып табылады.

6.2 Сорғы қондырғылары үшін электр энергиясын үнемдеу принципі

Электр энергиясын үнемдеудің неғұрлым нақты бағасын алу үшін объектіге аспаптық тексеру жүргізу немесе кезекші персонал объектіде жүргізетін журналдарының статистикалық деректерін пайдалану қажет. Есептеулер үшін минималды жеткілікті деректерді қосымшада келтірілген сауалнаманы толтыру арқылы алуға болады. Есептеулер үшін тәулігіне электр энергиясын тұтынуды және келесі шамалардың сағаттық мәндерін: сорғы қондырғысының шығысындағы қысымын және су шығының білу қажет. Одан да дәл нәтиже алу үшін демалыс күндері және әртүрлі маусымдардағы мәліметтер қажет. Электр энергиясын тұтыну туралы ақпарат экономикалық әсерді есептеуде қолданылады. Қолданыстағы ағынмен берілген қысым жасау үшін қажетті механикалық қуат формуламен анықталады:

$$P_{\text{мех}} = Q \cdot \Delta H, (1)$$

мұндағы Q – сұйықтық шығыны, м./с;

ΔH – сорғының кірісі мен шығуындағы қысым айырмасы, Па.
Су үшін формула (1) келесідей болады:

$$P_{\text{мех}} = 2,725 \cdot Q \cdot \Delta H,$$

(2) формула бойынша алынған механикалық қуаттан тәулігіне электр энергиясын тұтынуға көшу үшін сорғының ПӘК-ін ескеру қажет.

Қосымша экономикалық тиімділік.

Сорғы қондырғысының өнімділігін жиілікті реттеуді енгізудің жалпы экономикалық әсері экономикалық әсердің басқа (жанама) түрлерін де қамтиды, оларды есептеу, егер келесілер:

- сорғы бағасы;
- электр қозғалтқышының бағасы;
- 1 текше метр судың құны;
- құбырдағы үзілулер саны және қызмет көрсету аймағындағы апаттарды жою құны белгілі болған жағдайда мүмкін болады.

6.3 Техникалық-экономикалық көрсеткіштерді есептеу

Нұсқалар үшін күрделі шығындарды анықтау (АҚ ЖТ жүйесі)

$$\Sigma K = K_0 + K_M \quad (6.1)$$

мұнда K_0 -тасымалдауға арналған шығыстарды қамтитын жабдықты сатып алуға арналған шығындар; K_M -монтаждауға арналған шығындар.

«Жиілік түрлендіргіші-асинхронды қозғалтқыш» жүйесін тасымалдауға арналған шығындар оның құнының 10% - ына тең қабылданады. «Жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» тиісті жүйесінің құны – 1065,8 мың теңге (БАҚ-та жарияланатын прайс-парақтар бойынша). Бізге екі сорғыға бір осындай жүйе қажет, яғни құны 1065,8 мың теңгеге тең болады.

$$K_0 = 0,1C + C = 0,1 \cdot 1065,8 + 1065,8 = 1172,38 \text{тыс.тенге}$$

Монтаждау шығындары жабдық құнының шамамен 7% - ын құрайды:

$$K_M = 0,07C = 0,07 \cdot 1065,8 = 74,6 \text{тыс.тенге}$$

Сонда күрделі шығындар:

$$\Sigma K = 1172,38 + 74,6 = 1246,98 \text{тыс.тенге}$$

Пайдалануға қатысты ағымдағы жылдық шығындарды анықтаймыз

$$\Sigma \Delta_0 = \Phi OT + O_C + M + \Delta_0 + A + H \quad (6.2)$$

$$\Sigma \Delta_1 = \Phi OT + O_C + M + \Delta_1 + A + H \quad (6.3)$$

мұндағы ЕТҚ – еңбекақы төлеу қоры (негізгі және қосымша жалақы);

ӨС – әлуметтік салық (ЕТҚ-нан 11%);

М – материалдық шығындар және қосалқы бөлшектер (күрделі салымдардан 0,5%);

Э – өндірістік қажеттіліктерге арналған электр энергиясы;

А – амортизациялық аударымдар (сала үшін амортизациялық аударымдардың нормалары 5-10% құрайды);

У(Н) – үстеме шығындар (жанама шығындар, бұған барлық ескерілмеген шығындар кіреді – басқару, бизнес, кадрларды оқыту шығындары, көлік шығындары). Бұл әдетте барлық басқа шығындар сомасының 15% құрайды.

Шығындарды ескере отырып, электр энергиясының жылдық шығындарын анықтау (АҚ - ЖТ жүйесі үшін):

$$\dot{Y} = W U_{\text{оу}} N \quad (6.4)$$

мұндағы W - жылдық электр энергиясын тұтыну АҚ-ЖТ

Иуэ - электр энергиясына иуэ тарифі = 12,34 теңге/кВт·сағ

N – қозғалтқыштар саны (біздің жағдайда N = 1)

Электр энергиясының шығындары:

$$\Delta W = \Delta P_C \cdot T_{\Gamma} = 0,76 \cdot 1404 = 1067 \text{кВт}$$

мұндағы ΔP_C - қарастырылып отырған электр жетегі элементінің белсенді қуатының орташа шығыны;

T_{Γ} – жылдық жұмыс уақыты ($T_M - 10\%T_M$).

Белсенді қуаттың орташа шығыны:

$$\Delta P_C = \Delta P_M \cdot \tau = 0,98 \cdot 0,78 = 0,76 \text{кВт}$$

мұндағы ΔP_M – белсенді қуаттың максималды шығыны;

τ – максималды шығынды пайдаланудың салыстырмалы уақыты;

$$\tau = 0,7 \cdot \frac{T_M}{T_A} \quad (6.5)$$

мұндағы T_M - жүктеме максимумын пайдаланудың жылдық сағат саны, аптасына 5 күн 6 сағаттан.

$$T_M = 5 \cdot 6 \cdot 52 = 1560 \frac{\text{ч}}{\text{год}}$$

$$\tau = 0,7 \cdot \frac{1560}{1560 - 0,1 \cdot 1560} = 0,78$$

Белсенді қуаттың максималды шығыны келесідей анықталады:

$$\Delta P_M = \Delta P_{XX} + \Delta P_{HH} \cdot K_3^2 = 0,5 + 0,6 \cdot 0,8 = 0,98 \text{ кВт}$$

мұндағы ΔP_{XX} – бос жүріс жоғалтуы

$$\Delta P_{XX} = 0,55 \cdot \Delta P_H = 0,67 \cdot 0,9 = 0,5 \text{ кВт}$$

ΔP_{HH} – номиналды жүктеме шығындары

$$\Delta P_{HH} = 0,67 \cdot \Delta P_H = 0,67 \cdot 0,9 = 0,6 \text{ кВт}$$

K_3 – жүктеу коэффициенті, $K_3 = 0,8$

$$\Delta P_H = P_H \cdot \frac{1-\eta}{\eta} \cdot K_3 = 11 \cdot \frac{1-0,93}{0,93} \cdot 0,8 = 0,9 \text{ кВт}$$

$P_H = 11$ кВт (паспорт деректері бойынша).

Электр энергиясын жылдық тұтыну:

$$W = T_M \cdot P_H = 1560 \cdot 11 = 23400 \text{ кВт сағ/жыл}$$

Электр қуатын тұтыну және шығындар.

$$\Delta W_H = W + \Delta W = 23400 + 1067 = 24467 \text{ кВт сағ/жыл}$$

$$\mathcal{E}_0 = 24467 \cdot 12,34 \cdot 1 = 302 \text{ мың теңге}$$

$$\mathcal{E}_1 = 24467 \cdot 12,34 \cdot 1 \cdot 0,5 = 151 \text{ мың теңге}$$

мұнда $0,5 = 50\%$ - ЖРЖ пайдалану кезінде электр энергиясын үнемдеу

$$\begin{aligned} \sum \mathcal{E}_0 &= 2220 + 0,11 \cdot 2220 + 0,005 \cdot 1246,98 + 302 + 0,05 \cdot 1246,98 + \\ &0,15 \cdot (2220 + 0,11 \cdot 2220 + 0,005 \cdot 1246,98 + 302 + 0,05 \cdot 1246,98) = \\ &2220 + 244,2 + 6,24 + 302 + 62,85 + 0,15 \cdot 2792,39 = 3211,25 \text{ мың теңге} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \mathcal{E}_1 &= 2220 + 0,11 \cdot 2220 + 0,005 \cdot 1246,98 + 151 + 0,05 \cdot 1246,98 + 0,15 \cdot (2220 + \\ &0,11 \cdot 2220 + 0,005 \cdot 1246,98 + 151 + 0,05 \cdot 1246,98) = 2464,2 \text{ мың теңге} \end{aligned}$$

6.4 Инвестициялардың қаржылық-экономикалық тиімділігінің көрсеткіштері

$$\Delta Э = \sum Э_0 - \sum Э_1 = 3211,25 - 2464,2 = 747,05 \text{ мың теңге}$$

Жобаның өтелу мерзімі мына формула бойынша анықталады:

$$T = K / \Delta Э \quad (6.6)$$

$$T = 1246,98 / 747,05 = 1,7 \text{ жыл}$$

Таза келтірілген кіріс көрсеткіші күрделі салымдардың шамасын олар болжамды кезең ішінде жинақтайтын таза ақша түсімдерінің жалпы сомасымен салыстыруға мүмкіндік береді және инвестициялық жобаны болашақта іске асырудан болатын әсердің қазіргі шамасын сипаттайды. Ақша ағындары уақыт бойынша бөлінгендіктен, ол r коэффициентімен дисконтталады. R коэффициенті, әдетте, инвестицияланған капиталдың бағасына байланысты белгіленеді.

NPV, немесе жобаның таза ағымдағы құны - бұл жобаға инвестиция салудың орындылығы туралы бағаланатын маңызды критерий. NPV анықтау үшін жобаның әр жылындағы қаржы ағындарының мөлшерін болжау керек, содан кейін оларды уақыт бойынша салыстыру мүмкіндігі үшін ортақ мәнге келтіру керек. Таза келтірілген құн мынадай формула бойынша айқындалады

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

мұндағы I_0 – осы жобаға инвестициялар, мың тг.;

CF_t – қолма-қол ақша ағыны, мың тг.;

r – жылына инфляцияның болжамды деңгейін негізге ала отырып, 7% дисконттау мөлшерлемесі;

t – жобаны іске асыру уақыты, жыл.

Өтелу мерзімінің аздығына байланысты NPV есептеу қажет емес.

Суық сумен жабдықтау сорғы станциясының сорғыларын жаңғыртудың техникалық-экономикалық есебі электр энергиясын үнемдеу нәтижесінде бір жылдан аз уақыт ішінде өзін-өзі ақтайтын 1246,98 мың теңге сомасында күрделі салымдар талап етілетінін көрсетті. Электр энергиясын үнемдеу мөлшері тұтынудың біркелкі еместігіне байланысты: тұтынудың біркелкі еместігі неғұрлым көп болса, соғұрлым үнемдеу болады. Сорғы мен жетектің қуаты артқан кезде жетектің бағасы қуатқа қарағанда баяу өседі, сондықтан өтеу мерзімі қуатқа кері пропорционал болады.

Электр энергиясы нарығында сауда жүйесі арқылы сорғы станциялары үшін электр энергиясын сатып алатын «В және К^о» ЖШС.

Қолданыстағы тариф 12,34 теңге/кВт.ч Алматы қаласында.

Судың құны арзан болуы үшін сорғы станциялары үшін шартқа сәйкес 10 теңге/кВт бағамен жеткізетін боламын.

Электр станцияларымен 4 теңге/кВт.сағ.

ҰЭЖ Ұлттық электр желілерімен-0,94 теңге/кВт.сағ

Өңірлік компаниялармен АЖ К -3,0 теңге/кВт.сағ бағамен есептесемін

Жалпы сомасы 77,94 теңге/кВт.сағ құрайды.

Нәтижесінде «В және К^о» АҚ-ның кірісі 10 теңге/килловат/сағ -7,94 теңге/килловат/сағ-2 теңге/килловат/сағ тең болады.

Осылайша, сорғы электр энергиясы 23 400 теңге*2=сорғы станциясы бойынша үнемдеу жылына 46 800 теңгені құрайды.

Үнемдеу әр тұтынылған кВт.сағ. 2 теңгені құрайтын болады.

Жалпы, сорғы стансасы бойынша электр энергиясын үнемдеу ақшалай мәнде 46800 мың теңгені құрады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста тапсырмаға сәйкес ғимартатты сумен қамтамасыз ету жүйесінің сорғыш қондырғысының электр жетегін жетілдіру орындалды. Сорғыштардың арналымы, түрлері, құрылысы, жұмыс режимдеріне шолу жасалып, олардың электр жетектеріне және басқару жүйелеріне қойылатын талаптар айқындалған.

Сорғыштардың электржетектерінің әртүрлі жүйелеріне шолу, талдау жасалып, ең тиімді электржетегі жүйесі ретінде «жиіліктік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесі таңдалынды.

Тапсырмаға сәйкес сорғыш таңдалып, оның жетегіне қажет қозғалтқыштың есептік қуаты анықталып, каталог бойынша қуаты 15 кВт қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдалды. Қозғалтқыштың есептік параметрлері анықталды, Т-тәріздес сұлбасының параметрлері есептелді. Есептеу нәтижелері бойынша оның табиғи механикалық және электрмеханикалық сипаттамалары тұрғызылды. Реттеу заңы $\frac{U}{f} = const$ заңын қолданылады. Осы заңға сәйкес әртүрлі жиіліктер үшін қозғалтқыштың жасанды механикалық және электрмеханикалық сипаттамалары тұрғызылды..

Жобада автоматтандырылған электржетектің күштік сұлбасы жобаланып, жиіліктік түрлендіргішті таңдалды және оның элементтерінің параметрлері анықталды. Электр жетегінің басқару жүйесі жобаланды. Қондырғының құрылымдық сұлбасының элементтерінің параметрлері есептелді және асинхронды қозғалтқыш пен жиіліктік түрлендіргіштің динамикалық моделдері қарастырылып, олардың параметрлері есептелді. Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау үшін MATLAB 6.5 бағдарламалық пакетінде оның имитациялық моделі жасалынды және момент пен жылдамдықтың өтпелі үрдіс кезінде өзгеру динамикасы көрсетілді, реттеу сапасы (артық реттеу) анықталды.

Жобада сорғы станциясын қоректендіру желісіне қосу, жерге қосу құрылымы үшін техник-есептеу, ауаны салқындату құралы қарастырылды.

Сорғыш қондырғыда ұсынылған электр жетегін қолдануға қатысты күрделі және эксплуатациялық шығындар есептелініп, ұсынылған бұл электр жетегінің экономикалық тиімділігі анықталды.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

- 1 Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – Москва, Academia 2004. – 202 с.
- 2 Рекомендации по проектированию систем холодного, горячего водоснабжения и канализации для больниц. [Электронный ресурс] – Режим доступа: docs.cntd.ru/document/1200083676, свободный.
- 3 Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. 2-ое изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.
- 4 Мустафин М.А., Мустафин Е.М. Энергосберегающие системы электропривода центробежных насосных агрегатов.-Алматы, 2009.-248с.
- 5 Фащиленко В.Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий [Электронный ресурс]: учебное пособие.- Издательство:"Горная книга": 2010 г: 260 с. - Режим доступа: www.knigafund.ru
- 6 Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – Москва, Academia 2006. – 265 с.
- 7 Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008г.
- 8 Шеховцев В.И. Расчет и проектирование ОУ электроустановок промышленных механизмов, - Москва, 2010г.
- 9 Насосы К-150-125-250. [Электронный ресурс] – Режим доступа: electronpro.ru/nasos-k150-125-25, свободный.
- 10 Копылов И.П. Справочник по электрическим машинам, - Москва, энергоатомиздат, 1998г.
- 11 Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/ А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982.- 504 с.
- 12 Преобразователи частоты OMRON CIMR-E7 [Электронный ресурс] – Режим доступа: omron-russia.com/drives/cimr-e7.htm, свободный
- 13 МОЩНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ. ТИРИСТОРЫ: СПРАВОЧНИК / В.Я. ЗАМЯТИН, Б.В. КОНДРАТОВ, В.М. ПЕТУХОВ. - М.: РАДИО И СВЯЗЬ, 1988. -576 С.
- 14 Чебовский О.Г., Л.Г. Моисеев, Ю.В.Сахаров. Силовые полупроводниковые приборы (справочник).М.,”Энергия”,1975.
- 15 Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. –М: Энергоатомиздат, 1985 г – 560с.
- 16 Герман – Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. СПб.: Корона принт. 2001 – 320 с.
- 17 Дюсебаев М. К. “Безопасность жизнедеятельности”.: Методические указания к выполнению раздела в дипломных проектах для студентов всех

форм обучения специальностей направления 210000- Электроэнергетика . – Алматы.: АИЭС, 2003. – 27 с.

18 Абдимуратов Ж.С., Дюсебаев М.К., Санатова Т.С., Хакимжанов Т.Е. Еңбекті қорғау. Дәрістер жинағы (050718 – Электр энергетика мамандығы бойынша барлық түрде оқитын студенттер үшін) Алматы: - АЭЖБИ, 2006. – 36 б.

19 Жакупов А.А., Түзелбаев Б.И. Сала экономикасы. Бітірушілер жұмысының экономикалық бөлімін орындауға арналған әдістемелік