

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)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ ж.

(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Сүт фермасының суық сумен қамтамасыз ету жүйесінің сорғыш қондырғысының электр жетегін жетілдіру.

5B071800 - «Электр энергетика» мамандығы бойынша

Орындаған Салхан Бекнұр Махамбетәліұлы ЭАТк – 16 – 4  
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші Алдибеков И.Т. т.ғ.д., профессор  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ ж.

(қолы)

Кеңесшілер:

Техникалық бөлімі бойынша:

\_\_\_\_\_ (ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ ж.

(қолы)

Экономикалық бөлім бойынша:

Түзелбаев Бақберген Ибадиллаевич, PhD докторы  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ ж.

(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

Мусаева Ж.К., б.ғ.к., доцент  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ ж.

(қолы)

Пікір жазушы:

Хидолда Еркін, т.ғ.к., профессор  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ  
МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА  
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр энергетика және электр техника институты  
5B071800 - «Электр энергетика» мамандығы  
Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Салхан Бекнұр Махамбетәліұлы  
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Сүт фермасының суық сумен қамтамасыз ету жүйесінің сорғыш қондырғысының электр жетегін жетілдіру.

Ректордың «11» 11 2019 №147 бұйрығы бойынша бекітілген.  
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «28» мамыр 2020 ж.  
Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)  
Судың беру көлемі – 180 м<sup>3</sup> /сағ.; суды тегеруіні -32 м; кавитациялық қор – 3 м; сорғыш типі - К 150-125-315, сорғыштың ПӘК – 80%; сорғыштың айналу жылдамдығы - 1470 айн/мин;

Дипломдық жұмыста әзірлеуге жататын сұрақтар тізімі немесе қысқаша мазмұны:

1. Технологиялық үрдіс сипаттау. Мал шаруашылығында суды пайдалану және сумен қамтамасыз ету жүйелері
2. Сорғыштардың қолданылу обылыстары, типтері және конструкциясы
3. Сорғыштардың жұмыс режимдерін реттеу.
4. Сорғыштарды басқару жүйелеріне қойылатын талаптар
5. Сорғышты және оның қозғалтқышын таңдау.
6. Жиіліктік түрлендіргішті таңдау және оның элементтерінің параметрлерін есептеу
7. Электрқозғалтқыштың табиғи механикалық және электр механикалық сипаттамаларын есептеу
8. Реттелетін электр жетек жүйесінің құрылымдық сұлбасын құру
9. Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі
10. Экономикалық бөлім

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. Мал фермаларын сумен қамтамасыз ету сұлбасы
2. Сорғыштың өнімділігін реттеу тәсілдері
3. Екі сорғыштан тұратын бекеттің функциялық сұлбасы
4. К 150-125-315 типті сорғыштың жалпы көрінісі мен сипаттамасы
5. EL-P7012 типті жиіліктік түрлендіргіштің электрлік қосылу сұлбасы
6. Асинхронды қозғалтқыштың табиғи электромеханикалық сипаттамалары
7. Қозғалтқыш пен сорғыштың механикалық сипаттамалары
8. Электрқозғалтқыштың жасанды механикалық сипаттамалары
9. Екі фазалы асинхрондық қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы
10. Электр жетектің құрылымдық сұлбасы
11. Электр жетектің MATLAB бағдарламасындағы виртуалды моделі және өтпелі үрдістердің графиктері
12. Өмір тіршілік қауіпсіздігі
13. Экономикалық бөлім

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – М: Academa, 2004. – 202 с.
2. Мустафин М.А., Мустафин Е.М. Энергосберегающие системы электропривода центробежных насосных агрегатов. - Алматы, 2009. - 248 с.
3. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М: Academa, 2006. – 265 с.
4. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 310 с.
5. Шеховцев В.И. Расчет и проектирование ОУ электроустановок промышленных механизмов. – М: Форум, 2010. - 352 с.

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімшелер	Кеңесші	Мерзімі	Қолы
Техникалық бөлім	Алдибеков И.Т.		
Өмір тіршілік қауіпсіздігі	Мусаева Ж.К.		
Экономикалық бөлім	Тузелбаев Б.И.		

Диплом жұмысын дайындау

К Е С Т Е С І

№ p/c	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	<i>Технологиялық үрдіс сипаттау Мал шаруашылығында суды пайдалану және сумен қамтамасыз ету жүйелері</i>	24.11.2019	
2.	<i>Сорғыштар жайлы жалпы мәліметтер. Сорғыштардың қолданылу обылыстары, типтері және конструкциясы</i>	14.12.2019	
3.	<i>Сорғыш қондырғыда қолдануға болатын реттелетін электр жетек жүйелерін талдау. Сорғыштың электр жетегінің күштік бөлігінің элементтерін таңдау және параметрлер есептеу. Сорғыштың электр жетегінің функционалдық сұлбасы.</i>	02.03.2020	
4.	<i>Жиіліктік түрлендіргішті таңдау және оның элементтерінің параметрлерін есептеу. Электрқозғалтқыштың табиғи және жасанды механикалық сипаттамаларын тұрғызу</i>	9.04.2020	
5	<i>Сорғыштың электр жетегінің құрылымдық сұлбасын құру және динамикалық режимдерді зерттеу Реттелетін электр жетек жүйесінің құрылымдық сұлбасын құру.</i>	22.04.2020	
5.	<i>Өмір тіршілік қауіпсіздік негіздері</i>	11.05.2020	
6.	<i>Экономикалық бөлім</i>	24.05.2020	

Тапсырманың берілген уақыты « 20 » қараша 2019 ж.

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

Жұмыс жетекшісі \_\_\_\_\_ Алдибеков И.Т., т.ғ.д., профессор  
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы  
қабылдаған студент \_\_\_\_\_ Салхан Б.М.  
(қолы) (аты -жөні)

## Аңдатпа

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

Сорғыштардың электр жетектерінің әртүрлі жүйелеріне талдау жасалып, тиімді электр жетегі жүйесі ретінде «жиіліктік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесі таңдалынған.

Жұмыста сорғыш таңдалып, оның жетегіне қажет қозғалтқыштың есептік қуаты анықталып, қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдалды. Қозғалтқыштың және оның Г-тәріздес орынбасу сұлбасының параметрлері есептелді. Табиғи механикалық және электрмеханикалық сипаттамалары тұрғызылды. Қабылданған жиіліктік реттеу заңына сәйкес әртүрлі жиіліктер үшін қозғалтқыштың жасанды механикалық және электромеханикалық сипаттамалары тұрғызылды.

Сорғыштың автоматтандырылған электр жетегінің күштік сұлбасы жобаланып, жиіліктік түрлендіргішті таңдалды. Сорғыш қондырғының құрылымдық сұлбасы құрастырылды. Асинхронды қозғалтқыш пен жиіліктік түрлендіргіштің математикалық моделдері қарастырылып, олардың параметрлері есептелді. Электр жетектің MATLAB 6.5 бағдарламалық пакетінде виртуалды моделі жасалынды және динамикалық сипаттамалары зерттелді.

Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде еңбектің талдау шарттарын және электр жетекті пайдаланғанда техника қауіпсіздік ережелерін сақтау шаралары қарастырылды. Өрт қауіпсіздігі мен суды тазартатын аппаратқа есептеме жүргізілді.

Технико-экономикалық көрсеткіштерді есептеу бөлімінде капиталдық салымды мен жылдық пайдалану шығындар есептелді және ұсынылған электр жетектің экономикалық тиімділігі анықталды.

## Аннотация

В дипломной работе в соответствии с заданием предусматривается модернизация электропривода насосной установки системы водоснабжения молочной фермы. Проведен анализ режимов работы и описаны назначение, виды, устройство насосов, определены требования к их электроприводам и системам управления.

В качестве эффективной системы электропривода выбирается система «частотный преобразователь – асинхронный двигатель».

В работе выбран тип насоса, определена расчетная мощность двигателя, необходимая для его привода и выбран короткозамкнутый роторный асинхронный двигатель. Рассчитаны параметры двигателя и его Г-образной схемы замещения. Построены естественные механические и электромеханические характеристики. В соответствии с принятым законом частотного регулирования построены искусственные механические и электромеханические характеристики двигателя для различных частот.

В данной дипломной работе был рассмотрен проект силовой схемы автоматизированного электропривода насоса и выбран частотный преобразователь. Составлена структурная схема насосной установки. Рассмотрены математические модели асинхронного двигателя и частотного преобразователя, рассчитаны их параметры. В программном пакете MATLAB 6.5 электропривода разработана виртуальная модель и изучены динамические характеристики.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» предусмотрен анализ условий труда и соблюдение правил техники безопасности при эксплуатации электропривода. Произведен расчет аппаратов пожарной безопасности и очистки воды.

В разделе «Расчет технико-экономических показателей» произведен расчет капитальных вложений и годовых эксплуатационных расходов и определена экономическая эффективность предложенного электропривода.

## **Annotation**

In the diploma work in accordance with the task provides for the modernization of the electric drive of the pumping unit of the dairy farm water supply system. The analysis of operating modes is carried out and the purpose, types, arrangement of pumps are described, the requirements for their electric drives and control systems are determined.

The system "frequency converter - asynchronous motor" is selected as an effective electric drive system. Natural mechanical and electromechanical characteristics are built. In accordance with the law of frequency regulation adopted, artificial mechanical and electromechanical characteristics of the engine for various frequencies are built.

In this thesis, the draft power circuit of an automated pump electric drive was considered and a frequency converter was selected. A structural diagram of the pumping unit is drawn up. Mathematical models of an induction motor and a frequency converter are considered, their parameters are calculated. In the software package MATLAB 6.5 of the electric drive, a virtual model is developed and dynamic characteristics are studied.

The section "Life Safety" provides an analysis of working conditions and compliance with safety regulations during operation of the electric drive. Calculation of fire safety and water purification devices.

In the section "Calculation of technical and economic indicators" the calculation of capital investments and annual operating costs is made and the economic efficiency of the proposed electric drive is determined.

## Мазмұны

Кіріспе.....	9
1 Технологиялық үрдіс сипаттау.....	10
1.1 Мал шаруашылығында суды пайдалану және сумен қамтамасыз ету жүйелері.....	10
1.2 Сорғыштар жайлы жалпы мәліметтер.....	12
1.2.1 Сорғыштардың қолданылу обылыстары, типтері жән конструкциясы.....	15
1.2.2 Сорғыштардың жұмыс режимдерін реттеу.....	17
2 Сорғыштың электр жетегінің күштік бөлігінің элементтерін таңдау және параметрлер есептеу.....	26
2.1 Сорғыштың электр жетегінің функционалдық сұлбасы.....	26
2.2 Сорғышты және оның қозғалтқышын таңдау.....	26
2.3 Электрқозғалтқыштың есептік параметрлері.....	29
2.4 Электрқозғалтқыштың Г-тәрізді балама орынбасу сұлбасының есептік параметрлері.....	30
2.5 Жиіліктік түрлендіргішті таңдау және оның элементтерінің параметрлерін есептеу.....	33
3 Электрқозғалтқыштың табиғи және жасанды механикалық сипаттамаларын тұрғызу.....	39
3.1. Электрқозғалтқыштың табиғи механикалық және электр механикалық сипаттамаларын есептеу.....	39
3.2 Электр жетегінің энергетикалық көрсеткіштерін есептеу.....	43
4 Сорғыштың электр жетегінің құрылымдық сұлбасын құру және динамикалық режимдерді зерттеу.....	49
4.1 Реттелетін электр жетек жүйесінің құрылымдық сұлбасын құру.....	49
4.2 Асинхронды қозғалтқыштың математикалық моделі және құрылымдық сұлбасы.....	50
4.3 «Жиіліктік түрлендіргіш-асинхрондық қозғалтқыш» жүйесінің құрылымдық сұлбасы және оның параметрлерін есептеу.....	54
4.4 MatLab бағдарламасында электр жетектің виртуалды моделін құру және өтпелі үрдістерді зерттеу.....	55
5 Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімі.....	60
5.1 Еңбектің талдау шарттары.....	60
5.3 Өрт қауіпсіздігі.....	64
5.4 Суды тазартатын аппаратқа есептеме жүргізу.....	66
6 Электрқозғалтқыштың тиімді жүйесін техника-экономикалық бөлімде дәлелдеу.....	70
6.1 Капиталдық салымды есептеу.....	70
6.2 Техника-экономикалық көрсеткіштері.....	76
Қорытынды.....	77
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....	78



## Кіріспе

Малдар мен құстардың өнімділігі мен денсаулығы тек оларды азықтандыру дейгейі мен қатар, фермалар мен жайылымдарда сапалы сумен қамтамасыз етуді дұрыс ұйымдастыруға да байланысты.

Малдың өнімділігі жоғары болуы үшін оны толыққанды азықтандырумен қатар уақтылы және жеткілікті мөлшерде сумен қамтамасыз етілуі қажет. Сиырлар дұрыс суғарылған жағдайда сүт өнімділігі 25- 30 % артады.

Сумен қамтамасыз ету жүйелерінің құрамына сорғыш, оны қозғалысқа келтіретін электрқозғалтқыш, құбырлар, басқару мен реттеу, өлшеу мен қорғау құрылғылары кіреді.

Бұл қондырғылардың құрамына кіретін электрқозғалтқыштар республикада өндірілетін электр энергиясының бестен біріне жуығын тұтынады. Алайда қазіргі кезде сорғыштардың көбісі энергетикалық тұрғыдан тиімсіз режимдерде жұмыс істейді. Энергияның шығыны 15...25 % құрайды. Шығынның әжептеуір болуы көп жағдайда сорғыштардың электржетектері технологиялық қажеттіліктерге сәйкес реттеуге келмейтіндігінде, яғни энергия пайдаланудың тиімді режимін қамтамасыз ете алмайды. Олар уақыттың басым бөлігінде төменгі өнімділікпен жұмыс жасайды. Олардың төменгі мөлшерлі пайдалы әсер коэффициентпен (ПӘК) жұмыс жасауы энергия шығынының көбеюіне апарады.

Сорғыштың білігінің айналу жылдамдығын реттеуге негізделген тиімді тәсілдерді қолдану энергиясының шығынын қомақты мөлшерде азайтуға мүмкіндік береді.

Қазіргі кезде сорғыштарда энергия үнемдеу мақсатына қол жеткізу үшін олардың білігінің айналу жылдамдығын реттейтін автоматтандырылған электржетектері қолданыла бастады.

Сумен қамтамасыз ету жүйесінде автоматтандырылған электржетектері қолдану энергия үнемдеумен қатар, еңбектің нәтижесі сапалы болуына, жұмысшылардың біліктілігін жоғарлауына, білім деңгейінің арттыруына, еңбек қауіпсіздігі жақсаруына жағдай жасайды.

Дипломдық жобаның мақсаты – сүт фермасын сумен қамтамасыз ету жүйесі үшін заманауи элементтік базаны қолдана отырып, қойылған талаптарға сай келетін жиіліктік реттелетін электр жетегі бар сорғыш қондырғысын ойлап құрастыру, оның экономикалық тиімділігі есептеу және еңбек қорғау шаралары қарастыру.

## 1 Технологиялық үрдіс сипаттау

### 1.1 Мал шаруашылығында суды пайдалану және сумен қамтамасыз ету жүйелері

Малдар мен құстардың өнімділігі мен денсаулығы тек оларды азықтандыру дейгейі мен қатар, фермалар мен жайылымдарда сапалы сумен қамтамасыз етуді дұрыс ұйымдастыруға да байланысты.

Мал шаруашылығында пайдаланатын судың сапасы санитарлық-гигиеналық талаптарды ылғи толықтай қанағаттандыра алмайды. Бұл жағдай ашық су көздері ластануға бейім болуымен, ал терең жерасты су көздерінің суларында көп мөлшерде минералды тұздардың болуымен түсіндіріледі. Ластанған немесе тұздылығы жоғары суды ішкен кезде малдарды (құстардың) өнімділігі төмендейді, әр түрлі аурулар пайда болады.

Ауыл шаруашылық малдарға арналған суды сапасы жағынан адамдарға арналған судан айырмашылығы аз болған жағдайда ғана пайдалануға жарамды деп есептеуге болады.

Малдардың организмдерінде қоршаған ортамен тұрақты түрде зат алмасу үрдісі жүруі керек. Ол үшін міндетті түрде су керек. Организмде барлық маңызды зат алмасу үрдістері тек органикалық және органикалық емес сулық ерітінділердің қатысуымен өтеді.

Мал аш болса да, егер сумен қамтамасыз етілсе 30-40 күнге дейін өмір сүре алады. Бірақ бұл кезде майдың, белоктардың және көмірқышқылдардың 50% дейін жоғалтады. Егер малды суармаса, онда ол 4-8 күн ішінде өледі.

Физиологиялық зерттеулер нәтижелері организмде су алмасу нерв жүйесі арқылы реттелетінін көрсетті.

Малдың өнімділігі жоғары болуы үшін оны толыққанды азықтандырумен қатар уақтылы және жеткілікті мөлшерде сумен қамтамасыз етілуі қажет. Сиырлар дұрыс суғарылған жағдайда олардың өнімділігі 25- 30 % артады.

Сүт беру мөлшері артқан сайын суға деген қажеттілік те арта түседі. Бір литр сүт өндіруге 2,3-3,2 литр су жұмсалады, ал жемшөппен келетін суды қоса есептесек, онда. 4,0— 5,0 литр су керек болады. 12 кг сүт беретін сиыр сөткесіне 35—40 л су ішеді.

Гигиеникалық жағынан малдарды сумен толық қанағаттандырған жөн және көп рет, тең уақыт аралықтарында берген дұрыс.

Ауыз су таза, мөлдір, түссіз және иіссіз болуы керек. Зиянды заттар, патогендік микроорганизмдер (бактериялар) және гельминттердің жұмыртқалары болмауы керек

Типтік фермалар мен комплекстерде өндірістік тапсырмаға және су тұтыну нормаларына сәйкес сумен қамтамасыз ету жүйесі ойлап жобаланады. Тәуліктік, сағаттық және секундтық су шығыны анықталады.

Малдың түріне байланысты су тұтыну нормалары 1.1 кестеде келтірілген.

### 1.1 кесте - Малдың түріне байланысты су тұтыну нормалары

Малдың түрі	Мөлшері, л/тәу
Сиырлар	80
Бұқалар	50
2 жасқа дейінгі тайыншалар	30
6 айға дейінгі бұзаулар	20

Суды сору, оны жеткізу, сапасын жақсарту, сақтау және тұтынушыға беруге арналған, бір линияға кірген қондырғылар мен инженерлік құрылғылардың жиынтығын айтады.

Сумен қамтамасыз етудің жүйелері топтық және жеке болып бөлінеді. Алғашқысы бір территория орналасқан бірнеше ірі нысандарды орталықтандырылған сумен қамтамасыз етуге арналған.

Ал екіншісі жеке нысандарды ( мал комплекстері, фермалар және т.б.) сумен қамтамасыз етуге арналған. Жеке жүйенің автономды су көзі, сорғыш бекеті және су құбыры болады.

Су көздерінің су тұтынушыға қатысты орналасуына байланысты қысымдық жүйе және өздігінен ағатын жүйені қолданады.

Қысымдық жүйе кезінде су көзінің дейгейі су пайдаланатын нысанның дейгейінен төмен орналасады, сондықтан суды тұтынушыға сорғыш арқылы біршама қысым тудыра отырып, береді.

Өздігінен ағатын жүйеде су көзінің дейгейі су пайдаланатын нысанның дейгейінен жоғары орналасады. Су айдағыш жабдықтардың типіне қарай мұнаралы және мұнарасыз жүйелер болып бөлінеді.

Мұнаралы жүйелерде қысыммен су айдайтын мұнара болады. Мұнарасыз жүйелер пневматикалық су көтергіш құрылғылармен жабдыкталады.

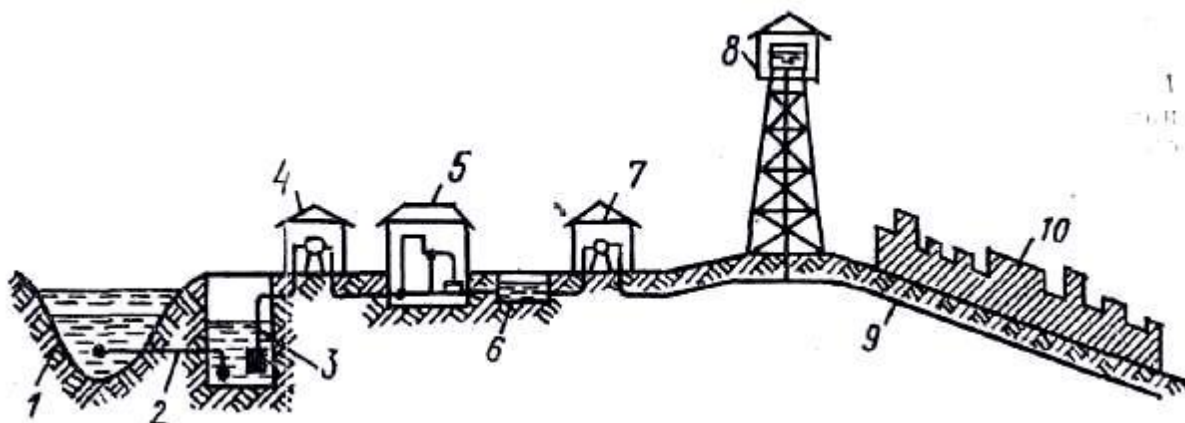
Мал фермаларында көп жағдайда жеке жүйелер қолданылады. Жерасты суын пайдаланатын орталықтандырған жүйелер сирек қолданылады.

Мал фермаларында мына қондырғылардан тұратын механизацияланған сумен қамтамасыз ету сұлбасы кең тараған: сорғыш бекеті бар су алу қондырғысы, су таратқыш құбырлар, реттеуші жабдықтар (қысыммен су айдайтын мұнара, резервуар). Судың сапасын жақсарту керек болған жағдайда бұл сұлба су тазарту және залалсыздандыру құрылғыларымен жабдыкталады.

Нақты жағдайларға ( жердің рельефі, су көзінің қуаты, электр энергиясымен қамтамасыз ету сенімділігі) байланысты сумен қамтамасыз ету жабдықтарын бір технологиялық ағындық линияға біріктіреді.

1.1 суретте сумен қамтамасыз етудің жер бетіндегі су көзінен су алатын қысымдық мұнарасы бар жүйенің сұлбасы көрсетілген. Су көзінен 1 су өздігінен ағып, құбыр 2 арқылы су жинағышқа 3 (құдыққа) жиналады. Одан бірінші су көтергіш сорғыш бекеті 4 көмегімен су тазарту жабдығына 5 беріліп, ол жерде су тазаланады, сапасы жақсарады. Тазартылған және залалсыздандырған су резервуарға 6 құйылады. Бұл жерден су екіншілік су

көтергіш сорғыш бекетінің 7 көмегімен құбыр арқылы қысымдық мұнараға 8 беріледі. Одан әрі құбырлар 9 жүйесі арқылы су тұтынатын нысандарға 10 (ферма, комплекс, ауыл) жеткізіледі.



1 – су көзі; 2 – өздігінен су ағатын құбыр; 3 - су алу қондырғысы; 4 – бірінші су айдағыш бекеті; 5 - су тазалау қондырғысы; 6 - таза су резервуары; 7 - екінші су айдағыш бекеті; 8 – су айдау мұнарасы; 9 – су құбырларының желісі; 10 – мал фермасының нысандары

1.1 сурет – Мал фермаларын сумен қамтамасыз ету сұлбасы

## 1.2 Сорғыштар жайлы жалпы мәліметтер

### 1.2.1 Сорғыштардың қолданылу обылыстары, типтері және конструкциясы

*Сорғыш қондырғылар* - өндірістің барлық салаларында сұйық заттарды құбырлар жүйесі арқылы бір орыннан екінші орынға жеткізу үшін кеңінен қолданылатын гидротехникалық құрылғылар [3].

Олар жылу тарату, ыстық сумен және суық сумен қамтамасыз ету жүйелерінде, канализация мен кондиционерлік жүйелерде, мұнай және басқа минерал сұйықтар тасымалдау және басқадай технологиялық операциялар мен үрдістерді жүзеге асыру үшін пайдаланылады.

Құрылымдық деңгейіне байланысты сорғыш, сорғыштық агрегат, сорғыштық қондырғы және сорғыш бекеті деп бірнеше топтарға жіктейді.

*Сорғыш* - қысым тудыру арқылы сұйықты қозғалысқа түсіретін және тиісті орынға жеткізуді жүзеге асыратын гидравликалық құрылғы.

Ауыл шаруашылығында сумен қамтамасыз ету жүйелерінде ортадан тепкіш қалақты сорғыштар, сирегірек құйынды және ортадан тепкіш-құйынды сорғыштар қолданылады.

*Ортадан тепкіш сорғышта* жұмыстық доңғалақ қалақшалары айналу кезінде сұйыққа қысым түсіру арқылы сұйықтың қозғалуын және , тасымалдануын қамтамасыз етеді.

*Сорғыш агрегат* электр жетегі мен сорғыш тұрады.

*Сорғыш қондырғының құрамына* бір немесе бірнеше сорғыш агрегаттар, жұмысын режимін қамтамасыз ететін бақылау-өлшеу аспаптар, басқару және қорғау құралдар, құбыр мен реттегіш құрылғалар кіреді.

Сорғыш бекет - тұрмыстық және өндірістік бөлмелер орналасқан бір немесе бірнеше сорғыш қондырғылар мен қосымша жүйелер мен жабдықтар жиынтығы.

Суайдағыш бекеттер жалпы сумен қамтамасыз ету жүйесіндегі арналымына байланысты 1-ші, 2-ші, 3-ші және одан да жоғары көтеру деңгейлерінің бекеттері болып бөлінеді.

Сорғыш бекеттерге қойылатын талаптар [3]:

- сұйықты талап ету кестесі бойынша тұтынушыларға жеткізу және қажетті мөлшерде беру;

- күрделі және эксплутациялық шығындардың аз болуы;

- жұмыс істеу сенімділігі жоғары болуы және ұзақ қолдануға төзімділігі;

- өнімділігін өзгерту мүмкіндігінің болуы.

Сорғыш қондырғылар арналымына байланысты суайдағыш, канализациялық, мелиоративтік, жылулық және т.б. бірнеше топтарға жіктейді [3]:

Сорғыш бекеттерін пайдалану обылыстарына байланысты өнеркәсіпті, мұнай өндіру және тасымалдау саласын, елді мекендерді, ауыл шаруашылығын техникалық және ішуге жарамды сумен сумен қамтамасыз ету бекеттері болып бөлінеді.

Сорғыштарды біріктіру әдістеріне байланысты дербес жұмыс жасайтын және бірігіп жұмыс жасайтын сорғыштары бар бекеттер деп топтастырады.

Алғашқысы жұмыс сенімділігіне аз талаптар қойылатын төменгі қуатты бекеттер ретінде саналады. Соңғысы көп жағдайда сорғыштары бірігіп жұмыс жасайтын бекеттерде пайдаланады.

Қажетті технологиялық көрсеткіштерге қол жеткізу үшін сорғыштарды параллель, тізбектей және аралас қосу сұлбалары бойынша біріктіреді. Бекеттердің көбісінде сұйық айдау өнімділігін жоғарлату үшін сорғыштарды параллель қосады. Сұйықты айдау кезінде барынша жоғары қысым тудыру үшін сорғыштарды тізбектей қосу қолданылады.

Реттелетін негізгі параметрдің түрі бойынша сұйықтың қысымы реттелетін бекеттер және сұйықтың берілу көлемі реттелетін бекеттер деп топтастырады [3].

Сұйықтың берілуінің сенімділігіне байланысты сорғыш бекеттер бірінші, екінші немесе үшінші санатқа жатқызылуы мүмкін.

Сорғыштар *көлемдік және динамикалық* сорғыштар деп жіктейді.

*Көлемдік сорғыштарда* сығу нәтижесінде тасымалданатын сұйықтың қысымы қажетті деңгейге көтерілген кезде ғана ол басқа орынға ығыстырылады, яғни *ығыстыру принципі* бойынша әрекет етеді. Бұлардың мынадай түрлері бар:

- қайтарылмалы-ілгерлемелі (диафрагмалы, поршенді);

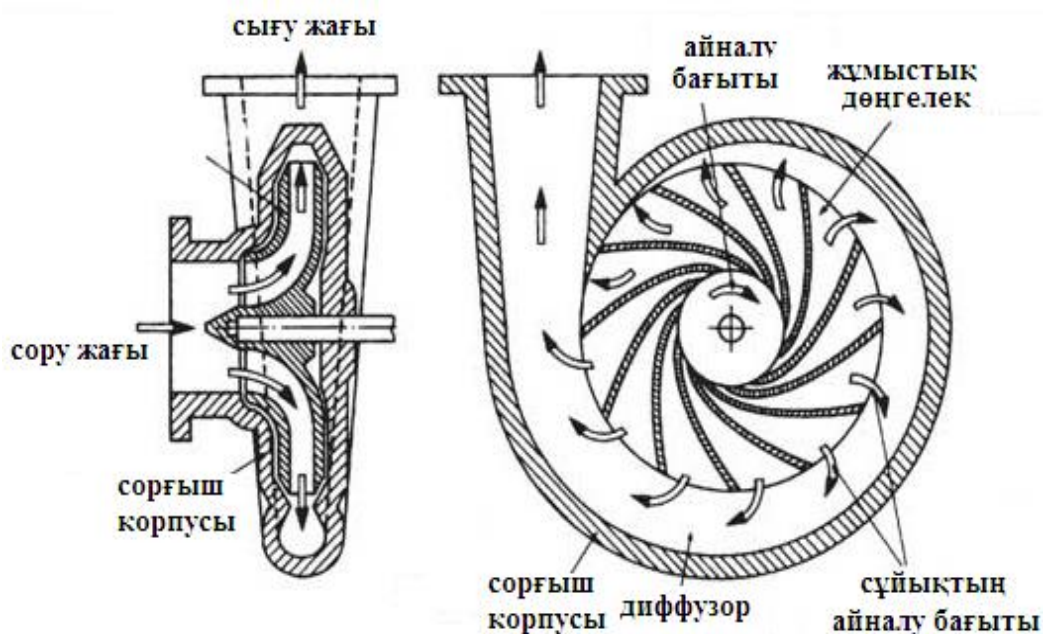
- роторлы (аксиалды-поршенді және радиалды-поршенді, тісті, шиберлі, винтті және т.б.).

*Динамикалық сорғыштар* қозғалтылатын сұйыққа ортадан тепкіш күштік әсер беру принципі бойынша жұмыс жасайды. Мынадай түрлері бар:

- қалақшалы (ортадан тепкіш (1.2 сурет);
- өстік айдағыштар;
- үйкеліс айдағыштар (құйынды, дискілі, ағынды және т.б).

Ортадан тепкіш сорғыштар сумен қамтамасыз ету жүйелерінде, мұнай тасымалдауда, жылу энергетикасында, химия, атом өндірісінде, кеңінен қолданыс тапты. Сорғыштың жұмыс режимінің өзгерісін анықтайтын негізгі сипаттамалары - сұйықтың қысымы мен сұйық беру көлемінің (сорғыш өнімділігінің) уақытқа, кірістегі сұйық параметрлеріне, қоздырушы әсерлерге тәуелділіктері.

Ортадан тепкіш сорғыш спираль тәріздес корпустан және оның ішіне өзара айналу бағытына қарсы орналасқан қалақшалар арқылы байланысқан екі дискіден тұрады.. Сорғышты құбырлармен жалғастыру үшін келтек құбырлар қарастырылған.



1.2 сурет – Ортадан тепкіш сорғыштың сұлбасы

Ортадан тепкіш сорғыштардың жұмысы мынадай принцип бойынша жүзеге асады. Сору құбыры мен корпус суға толған кезде жұмыстық дөңгелегін шапшаң жылдамдықпен айналдырады. Пайда болған ортадан тепкіш күш суды дөңгелектің ішкі ортаңғы бөлігінен шеткі бөлікке қарай қозғалысқа келтіреді. Шеткі бөлікте пайда болған жоғары қысым сұйықты сыртқы құбырға қарай итермелейді, айдайды.

Айналған дөңгелектің ортасында қысымы төмен кеңістік пайда болғандықтан сору құбыры жағындағы су сорғыштың ішіне қарай сорылады.

Сонымен жұмыстық дөңгелектің үлкен жылдамдықпен айналу нәтижесінде корпус ішінде қысым айырымы пайда болғандықтан сорғыш суды үздіксіз сорып, оны шығыстық құбырға қарай айдауын қамтамасыз етеді.

Ортадан тепкіш сорғыштар мынадай артықшылықтарымен ерекшеленеді [3]:

- сорғыштардың негізгі сипаттамаларының ( $H = f(Q)$  и  $\eta = \eta(Q)$ ) тиімді ерекшеліктері және ПӘК-тің жоғарғы болуы;

- жұмыстық дөңгелектің үлкен жиілікпен айналу мүмкіндігі болғандықтан жетек ретінде электрқозғалтқышты және турбинаны қолдану мүмкіндігі;

- шығыстық тиектің жабық кезінде сорғышты іске қосу мүмкіндігі;

- жұмыс істеу тұрақтылығы және оларды тізбектей және параллель қосу арқылы, дөңгелектің диаметрін немесе оның айналу жиілігінің немесе қоректендіруші кернеудің жиілігін өзгерту арқылы қысым  $H$  мен өнімділікті  $Q$  өзгерту мүмкіндігі;

- жұмыс режимінің өзгеруі кезінде өтпелі үрдістер бірқалыпты өтуі;

- сорғышты сұйық деңгейінен жоғары орналастыру мүмкіндігі;

- сорғыштың бағасы арзан болуында;

- жұмыс істеу сенімділігі жоғары және ыңғайлы болуында;

- ластанған сұйықты да айдау мүмкіндігі.

Жұмыстық дөңгелегінің айналу жиілігі реттелмейтін ортадан тепкіш сорғыштардың мынадай кемшіліктері бар:

- іске қосу алдындасорғыштың ішінде судың болуын қажет етеді;

- тұтқыр сұйықты айдау кезінде ПӘК мәні төмен болады;

- өнімділік төмен, ал қысым жоғары болған кезде ПӘК-тің мәні төмен болады;

- сорғыштың ПӘК-інің мәні айналу жылдамдығына, жұмыс істеу режимі және конструкциялық орындалуына тәуелді.

Қуатты сорғыштардың ПӘК-нің мәні 0,92 дейін, ал шағын қуатты сорғыштар үшін 0,6-0,75 шамасында болады.

Ортадан тепкіш сорғыштардың ішінде кең тараған түрлері: НПЦ типті сорғыштар,  $K$  типті консольді сорғыштар және  $D$  типті сорғыштар [3].

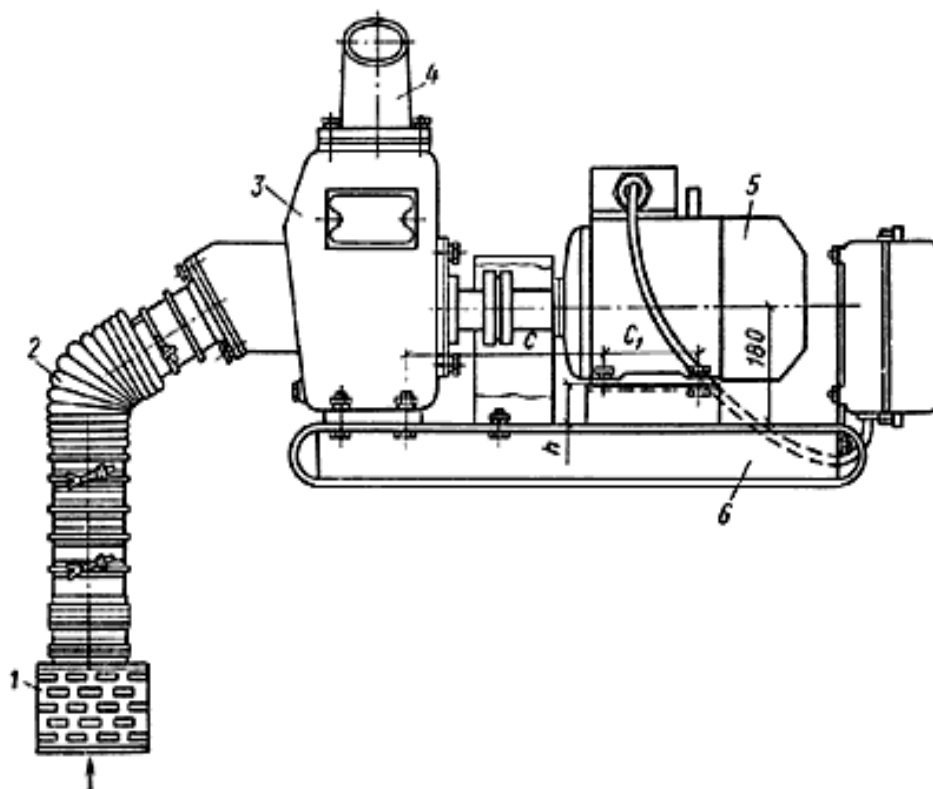
НПЦ типті сорғыштар қазылған құдықтардан жиналған таза суды сору үшін қолданылады. Сорғыш және электрқозғалтқыш 5 бір рамаға 6 орналасқан (1.3 сурет).

Бұл қондырғы сору құбырынан 2, сүзгіштен 1, қысымы бар су шығатын келте құбырдан 4 тұраады.

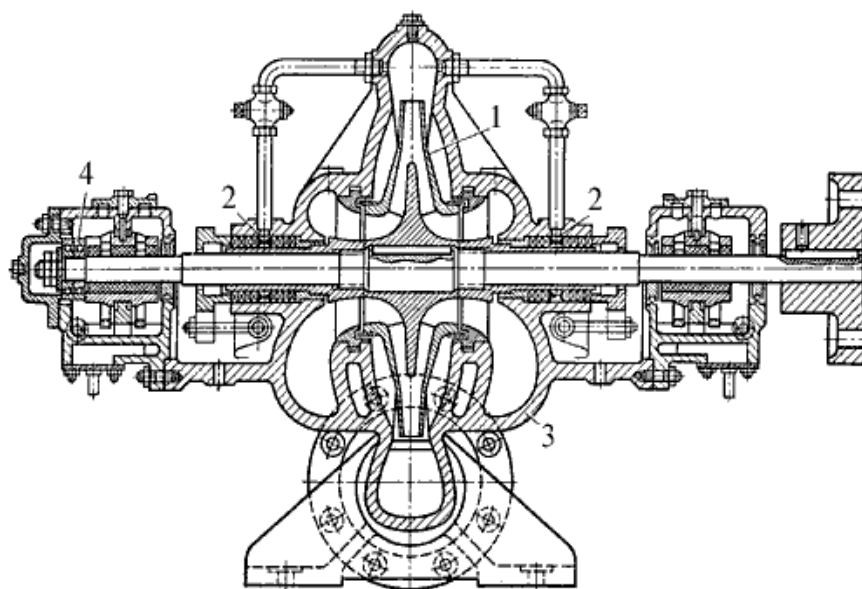
Бір жақтан соратын сорғыштар қарағанда екі жақтан соратын  $D$  типті сорғыштардың сұйықты көтеру биіктігі жоғары болуымен ерекшеленеді (1.4 сурет) және кең қолданылады.

Бір жақтан соратын  $K$  типті консольді сорғыштар қалалық, өнеркәсіп және ауыл шаруашылығын сумен қамтамасыз ету жүйесінде қолданылады және сутектік көрсеткіші  $pH=6-9$  тең таза суды және химиялық белсенділігі

бойынша суға ұқсас басқа сұйықтарды айдауға арналған. Сору биіктігі - 2,5-6,5 м аралағында болады.



1.3 сурет -НЦС-1 типті өз-өздігінен соратын ортадан тепкіш сорғының сұлбасы

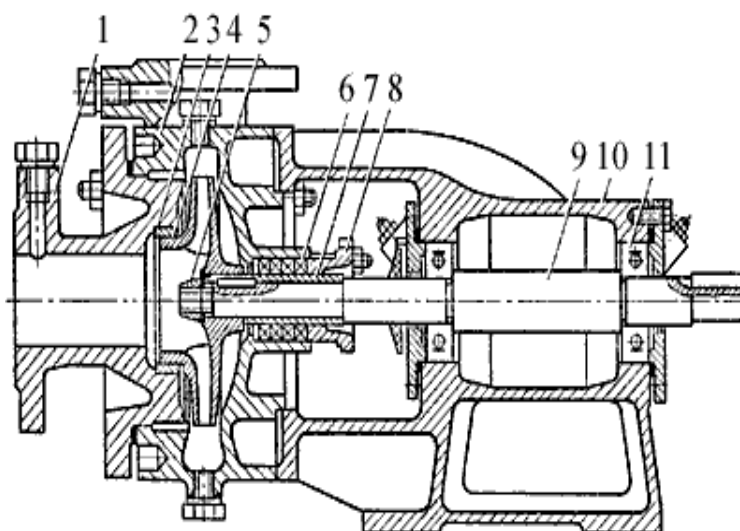


1.4 сурет - Екі жақтан соратын Д типті сорғыштың сұлбасы

К типті сорғыш корпустан 2, қақпақтан 1, жұмыстық дөңгелектен 4, білік тығыздауышан, тіректен тұрады. Корпус қақпағы сорғыштың сорып алу жағынан келтеқұбырыға қосылған. Жабық жұмыстық доңғалағы сорғыш



білігіне 9 бекітілген (1.5 сурет).



1.5 сурет - Біржақты сұйықты тартып алатын К-типті консольді сорғының сұлбасы

Бірсатылы сорғыштар мәні шектеулі қысым тудырады. Ал көпсатылы сорғыштарда тізбектей орналасқан доңғалақтар қатары болғандықтан сұйық қысымы жоғары болуын қамтамасыз ете алады және сұйық қысымы доңғалақ санына сәйкес пропорционал көбейеді.

### 1.2.2 Сорғыштардың жұмыс режимдерін реттеу

Әдетте тәулік бойы суды пайдалану мөлшері өзгеріп отыратындықтан, яғни жұмыс істеу шарттары өзгертіндіктен сорғыш қондырғылардың жұмыс режимін реттеу қажет болады. Реттеу деп тапсырмалық өнімділікті қамтамасыз ету үшін құбырлық желінің немесе сорғыштың сипаттамасын өзгерту үрдісін айтады. Қажетті реттеу сорғыш жұмысының гидравликалық режимін реттеу арқылы немесе электр жетегінің энергетикалық тиімділігін реттеу арқылы жүзеге асырылады [3,4].

Сорғыш қондырғылардың өнімділігін реттеудің белгілі тәсілдері[3,4,5]:

а) жұмыстық дөңгелегінің айналу жылдамдығы тұрақты болған кезде:

- құбырды сору жағынан дроссельдеу;
- сорғыш құбырға ауа жіберу;
- бағыттағыш қалақшаны бұру арқылы реттеу;
- тиек (задвижка) арқылы дроссельдеу;
- шығыстық келте құбырынан кірістік келте құбырға сұйықтықтың бір бөлігін қайта беру;

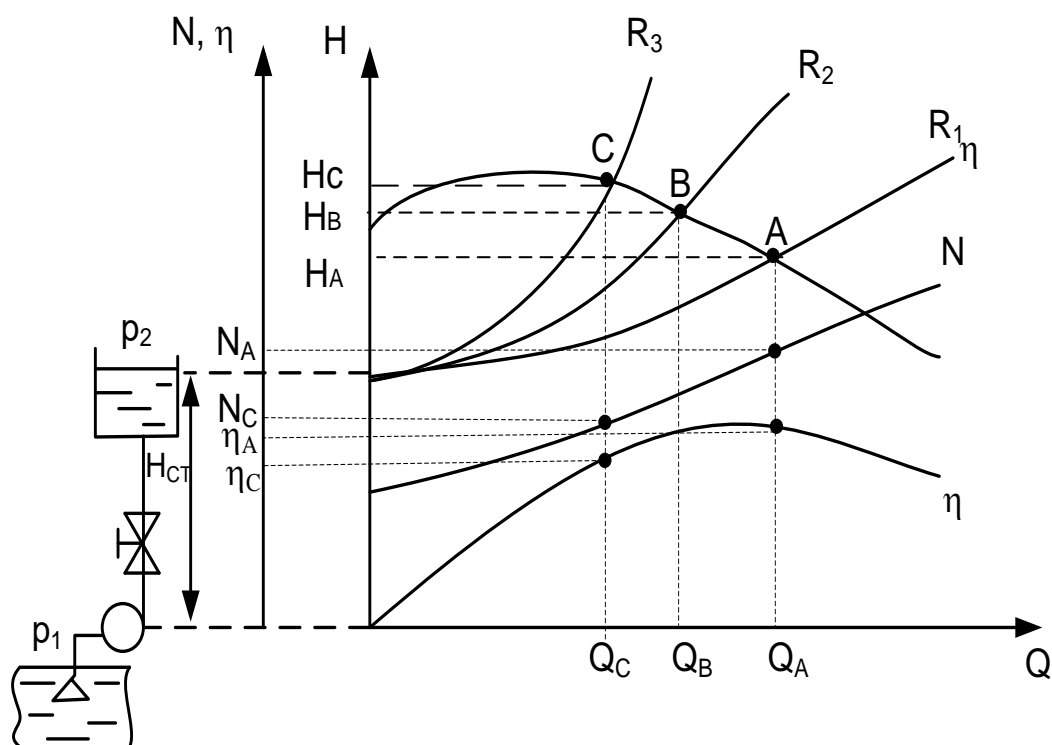
б) жұмыстық дөңгелегінің айналу жылдамдығы айнымалы болған кезде:

- электромагниттік сырғанау муфтасы арқылы;
- жиіліктік реттелетін асинхрондық электр жетек арқылы;
- асинхрондық жетектің каскадтық сұлбасын қолдану арқылы.

Бірге жұмыс жасайтын сорғыштардың жұмыс реттеу мына тәсілдермен жүзеге асырылады:

- жұмыс істеп тұрған сорғыштың біреуін дроссельдеу;
- жұмыс істеп тұрған сорғыштардың бәрін дроссельдеу немесе ортақ қысымдық құбырды дроссельдеу;
- сорғыштардың біреуінің жылдамдығын реттеу;
- сорғыштардың бәрінің жылдамдығын бір мезгілде реттеу.

Құбырларды дроссельдеу сорғыштың өнімділігі мен қысымын реттеудің кең тараған түрі және ол құбырдың көлденең қимасын өзгертетін шибер, дроссель-қалпақша, ысырмалар, диафрагмалар және т.б. түріндегі механикалық құрылғылар арқылы жүзеге асырылады (1.6 сурет).



1.6 сурет – Сорғыштың өнімділігін дроссельдеу арқылы реттеу

Бұл қарапайым реттеу тәсілінің мынадай кемшіліктері бар:

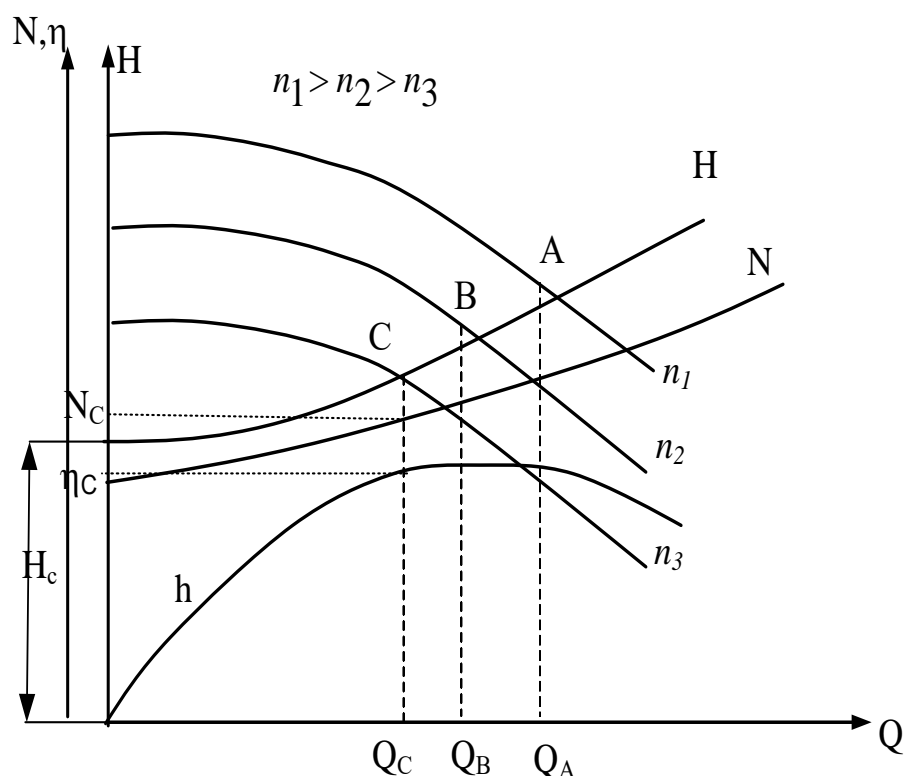
- өнімділікті терең реттеу кезінде сорғыштың ПӘК-нің төмендеуі;
- реттеуші құрылғының жабу кезінде сорғыштың шығысындағы қысымның өсуі тиіктер мен тығындардың қызмет ету ұзақтығын қысқартуға, біріктірілген жерлер мен саңылаулардан су ағу мүмкіндігі;
- сорғыштың қысымы мен өнімділігі азаю жағына қарай өзгеру, демек реттеу бір бағыттық болады.

Сорғыштың шығысындағы сұйық ағынының бір бөлігін сорғыштың кірісіне беруге негізделген тәсіл кезінде де сорғыштың ПӘК-і төмендейді. Параметрлерді реттеу олардың тек кему бағытында жүреді.

Сорғышты немесе сорғыштар тобын қосу немесе ажыратуға негізделген тәсіл қарапайым, бірақ ол сұйықтың мөлшерін өзгерту кезінде қысымды үздіксіз ұстап тұруды қамтамасыз ете алмайтындықтан қозғалтқышты жиі іске қосуға тура келеді және бұл жағдайда сорғыштардың ПӘК-ін төмендейді.

Сорғыш қондырғысының өнімділігін өзгерту үшін жұмысшы дөңгелектің айналу жылдамдығын реттеу тәсілі келешегі зор, энергетикалық жағынан тиімді тәсіл ретінде саналады, өйткені ПӘК мәні жоғары болады және тұтынылатын электрлік қуат қомақты мөлшерде азаяды (1.7 сурет).

Алайда, жоғары қуатты сорғыштарға арналған реттеуші жабдықтар көп шығынды қажет етеді және желімен электромагниттік сәйкестіктің нашарлайды. Бірақ келешекте реттелетін электр жетектердің бағасы төмендеген сайын бұл тәсілге сұраныс артуы тиіс.



1.7 сурет - Сорғыштың өнімділігін жұмыстық дөңгелектің айналу жылдамдығын реттеу арқылы өзгерту

### 1.2.3 Сорғыштарды басқару жүйелеріне қойылатын талаптар

Сорғыш бекеттер үшін басқарудың мынадай түрлерін қарастырған жөн [4,5]:

- автоматты басқару;
- қашықтықтан (телемеханикалық) басқару;
- жергілікті басқару - периодты түрде келіп-кетіп тұратын немесе тұрақты қызметкер басқарады.

*Автоматты басқару* кезінде басқару технологиялық параметрлерге (резеруардағы су деңгейі, желідегі судың шығыны мен қысымы) байланысты автоматты түрде (оператордың көмегінсіз) жүргізіледі.

*Телемеханикалық басқару* арнаулы басқару орнынан, яғни қашықтан жүргізіледі.

*Жергілікті басқаруды* сорғыштың тұрған орнынан периодты түрде келіп-кетіп тұратын немесе тұрақты қызметкер орындайды.

Екі сорғыштан тұратын бекеттің жалпы түрі 1.8 суретте көрсетілген.



1.8 сурет - Екі сорғыштан тұратын бекеттің жалпы түрі

Реттелетін электр жетегінің басқару жүйесі қойылатын талаптар [4,5,6]:

- электрқозғалтқыштың жайлап іске қосылуын;
- токтың күрт көтерілмеуін;
- қозғалтқышқа механикалық артық жүктеменің берілмеуін;
- жүйеде гидравликалық соққылардың болмауын;
- реттеудің барлық диапазонында сорғыш қондырғыларымен тұтынылатын қуатты тиімді пайдалануын;
- жылдамдықты реттеу диапазоны 3: 1 кем болмауын;
- артық жүктелу қабілеті 1,5 кем болмауын;
- электрқозғалтқыштың қуат коэффициенті 1-ге жуық болуын;
- электрқозғалтқыштың жүргізіп жіберу және жұмыс кезінде шу деңгейін төмен болуын.
- құбыр жүйесінде су қысымын 1% төмен емес дәлдікпен тұрақты деңгейде болуы және оның деңгейін қолмен реттеу мүмкіндігі;
- қысымды қалпына келтіру уақыты 2 с артық болмауы керек;
- бекеттің тиімсіз режимде жұмыс істеуінен қорғау;

- электр желісінде қысқаша тұйықталудан қорғау;
- қозғалтқыш орамасының температурасының белгіленген шамадан артып кетуінен қорғау;
- электр желісінің фазасының жоғалуынан қорғау;
- сорғышта кавитациялық әсерлерден қорғау;
- электр жетегі реверсивтік болмауын қамтамасыз етуі;
- энергияны максималды үнемдеуді.
- қондырғыны іске қосу мен тоқтатуды автоматты және қолмен басқару режимдерінің болуы;
- тұрақты қысымды ұстап тұру үшін қозғалтқыштың білігінің айналу жиілігінің автоматты өзгеруі;
- апаттық сигнал түскен кезде қозғалтқышты шұғыл тоқтату;
- апат жағдайда резервтік сорғыштың автоматты түрде іске қосылуы;
- «күрғақ» жүрістен қорғау;
- тұрақталған жұмыс режимінде статикалық қате нөлге тең болуы.
- жүргізіп жіберу кезінде артық реттеу - 5% артық болмауы керек;
- жүктемені берген кезде немесе оны алып тастау кезінде артық реттеу - 10% артық болмауы керек.

Сорғыш бекеттерді жобалау, монтаждау, пайдалану, техникалық қызмет көрсету мен жөндеу кезінде Қазақстан аумағында әрекет ететін нормативті құжаттарға сәйкес қауіпсіздік шаралары қарастырылуы керек.

Сорғыштың электр желімен байланысты техникалық құралдар үшін электрлік қауіпсіздік шаралары (корпусты жерлестіру құрылғысымен қосу, нөлдестіру) қарастырылуы керек.

Сорғыш қондырғысы жауын-шашыннан қорғайтын төбесі жабық бөлмеде орнатылуы жөн.

#### **1.2.4 Сорғыш қондырғыда қолдануға болатын реттелетін электр жетек жүйелерін талдау**

Сорғыштар жұмыс режимі бойынша жүктемемен үздіксіз жұмыс жасайтын және іске қосылу мен тоқтау саны аз қондырғы болып саналады. Бір тәулік ішінде айналу жиілігін өзгертудің диапазоны, әдетте, екі-үштен аспайды.

Сорғыштың білігіндегі жүктеме таза желдеткіштік жүктеме болып есептелінетіндіктен кедергінің статикалық моменті жылдамдықтың квадратына тура пропорционал болады.

Сорғыштың асинхронды қозғалтқышының бұрыштық жылдамдығын реттеу үшін мынадай тәсілдерді қолдануға болады [4,5]:

- а) реостаттық реттеу;
- б) полюстер санын өзгерту;
- в) қоректендіргіш кернеудің жиілігін өзгерту;
- г) асинхронды қозғалтқышты басқа машиналармен немесе түрлендіргіштермен каскадты қосу.

- д) импульстік реттеу;
- е) статорға берілетін кернеудің мәнін өзгерту;
- ж) электромагниттік сырғанау муфтысы арқылы өзгерту.

*Реостаттық реттеу.* Асинхронды фазалы роторлы қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығын ротор тізбегіне резисторлар кіргізу арқылы өзгертеді. Реттеудің диапазоны ротор тізбегіне қосылатын резисторлар сатысының санына тәуелді және сатылары көп болған сайын реттеудің сипаты секірмелі өзгерістен жайлап өзгеріске ауыса бастайды. Реттеуші резисторлар мәні артқан сайын асинхронды қозғалтқыштың реостаттық сипаттамасының қатаңдығы төмендей береді. Реостаттық реттеу кезінде жылдамдықты өзгерту диапазоны (1,5-2):1 аспайды. Желдеткіштік жүктеме болғанда диапазон шамамен (3-5):1 болуы мүмкін.

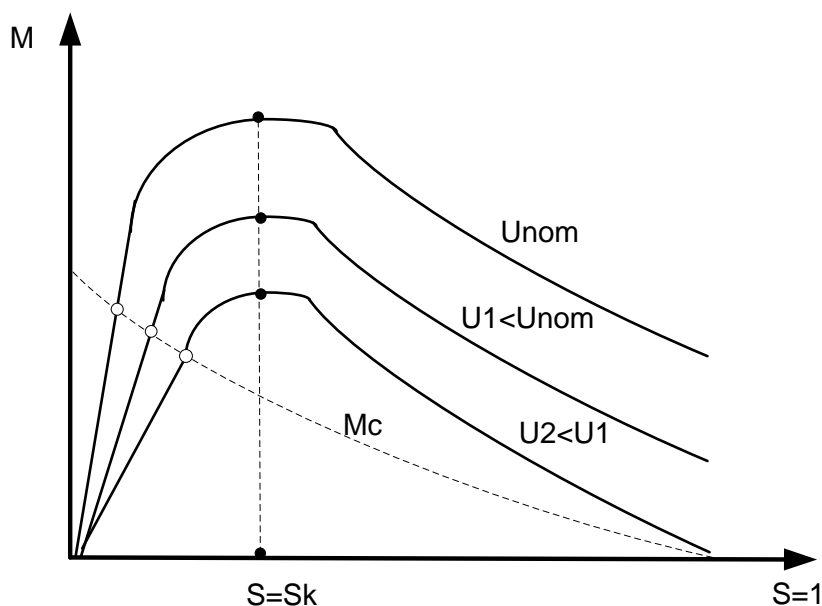
*Реостаттық реттеудің кемшіліктері:*

- а) жылдамдықтың сатылы, секірмелі түрде өзгеруі;
- б) шапшаңдығы жоғары емес;
- в) энергия шығының көптігі.

*Кернеуді өзгерту арқылы реттеу.* Статор орамдарына берілетін кернеудің мәнін өзгертсек, онда максимал (шектік) моментті өзгертуге болады. Кернеуді реттеуші тиристорлық түрлендіргішті негізінен қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышта іске қосу-тежегіш режимдерді қалыптастыру үшін қолданады.

Жылдамдық азаю бағытында сатысыз, жайлап өзгереді.

1.9 суретте қысқаша статорға берілетін кернеуді өзгерткендегі қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы көрсетілген. Реттеу диапазоны өте шектеулі.



1.9 - Қысқаша статорға берілетін кернеуді өзгеру кезіндегі қысқаша тұйықталған роторлы қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы

*Полюстер санын өзгерткен* кезде арқылы бұрыштық жылдамдықты сатылы, секірмелі түрде өзгереді. Реттеу диапазоны 6:1 аспайды. Бұл тәсіл өте экономикалық жағынан тиімді және сипаттамасы қатаң болады.

Бұл тәсіл жылдамдықтың жайлап өзгеруі талап етілмейтін сорғыш қондырғыларда қолданылады.

Сорғыш қондырғыларда тиристорлық түзеткіші бар тұрақты ток қозғалтқышын (ТТҚ) қолдану тиімсіздеу, өйткені мынадай кемшіліктері бар:

- коллектор-щеткалық механизмнің болуы;
- бағасы жоғары және құрылысы күрделі.

ТТҚ-тың асинхронды қозғалтқыштан артықшылығы - жылдамдықты реттеудің қарапайымдылығы, дәлдігінің жоғарылығы және кең диапазоны, бірақ бұл қасиеттер сорғыштың жетегі үшін маңызды емес.

Сорғыштың жетегінде роторының тізбегіндегі қосымша кедергілерде энергияның шығынын көбейтуіне байланысты фазалы роторлы асинхрондық қозғалтқышты қолдану да тиімсіз саналады.

Ал синхрондық қозғалтқышты сорғыштың жетегінде қолдану қымбат және күрделі.

Қуаты үлкен емес (7...8 кВт) жетектер үшін «кернеулік түрлендіргіш – қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш (КТ-АҚ)» жүйесін қолданған жөн.

Қазіргі кезде кең тарай бастаған электр жетек «жиіліктік түрлендіргіш – қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш (ЖТ-ҚТР АҚ)» жүйесі.

Артықшылығы - қолданылған қозғалтқыштың қарапайымдылығы мен жұмыс істеу сенімділігі, үнемділігі мен жылдамдықты реттеу сапалылығының жоғарылығы, энергия шығыны екі еседен артық азаюы.

Кемшілігі ретінде қазіргі кезде жиіліктік түрлендіргіштің бағасының қымбаттығын атауға болады.

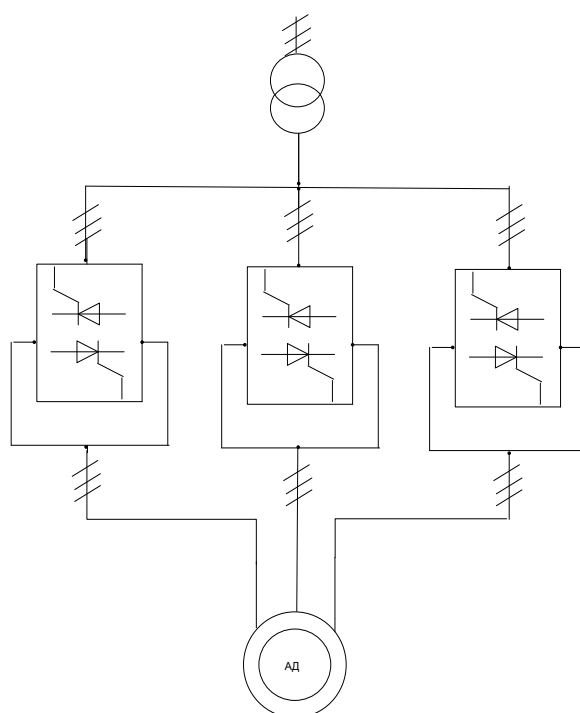
Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеудің ең тиімді тәсілі – жиіліктік түрлендіргішті қолдану арқылы жиілік пен кернеуді бір мезгілде өзгерту..

*Жиіліктік тікелей байланысқан түрлендіргіш* жоғары мәнді жиілікті төменгі мәнді жиілікке түрлендіреді. Ол қарсы-параллель топтарға жинақталған 18 тиристордан тұрады. Бұл түрлендіргіш түзетудің үшфазалы нөлдік сұлбасына негізделген, әр фазасы қарсы қосылған осындай екі түзеткіштен тұрады (1.10 сурет) [6,7].

Жиіліктік тікелей түрлендіргіштер *жеке және бірге басқарылатын түрлендіргіштер* болып бөлінеді. Алғашқы түрлендіргіштерде басқарушы импульстар бір венти́лдік топтардың біреуінің тиристорларына жүктемедегі токтың бағытына сәйкес берілуі тиіс.

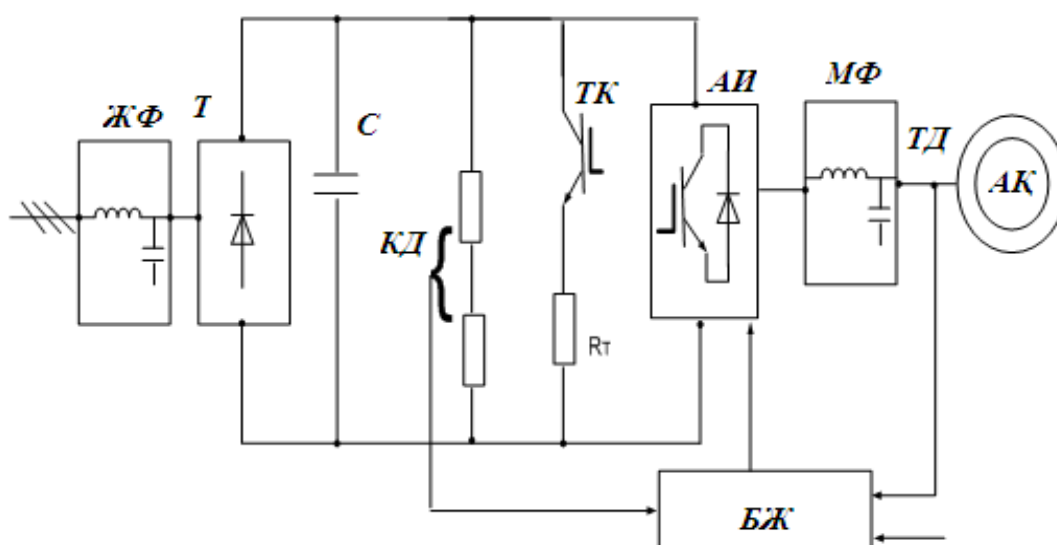
Екіншісінде әр топтың венти́лдерінің арасында теңдестіргіш токты шектеу үшін қосымша реакторлар болуы керек. Күштік элементтерінің қуаттары үлкен болуымен ерекшеленеді.

Түрлендіргіштің шығысында жиілік пен кернеуді реттеу венти́лдердің қосылу бұрышын өзгерту арқылы жүзеге асырылады.



1.10 сурет - Жиіліктік тікелей байланысқан түрлендіргіш

Тұрақты тоқтық буыны бар жиіліктік түрлендіргіш принципіалды сұлбасы 1.11 суретте көрсетілген.



1.10 сурет - Тұрақты тоқтық буыны бар жиіліктік түрлендіргіш

Сұлбадағы шартты белгілер:

ЖФ – жоғарғы гармоникаларды кесуге арналған желілік фильтр;

Т – түзеткіш (әдетте реттелмейтін);

КД, ТД – кернеу және ток датчиктері;

ТК – тежегіш кілт;

АИ – автономды инвертор, әдетте КИМ;



МФ - жоғарғы гармоникаларды азайтуға арналған мотор–фильтр;  
БЖ – басқару жүйесі.

Бұларда айнымалы кернеу алдымен тұрақты кернеуге түрлендіреді, онан кейін тұрақты кернеуді инвертор жиілігі мен кернеуі өзгермелі айнымалы кернеуге түрлендіреді. Жапқыш кілт ретінде GTO тиристорлары немесе IGBT транзисторлары пайдаланады.

Тиристорлық жиіліктік түрлендіргіште күрделі басқару жүйесі болуы байланысты IGBT транзисторлары түрлендіргіштер қозғалтқыштың айналу жылдамдығын реттеу диапазонын кеңейтеді, жетектің жұмыс әрекетін тездетеді[6,7].

Жоғары жиілікте әрекет ететін IGBT транзисторларды қолдану артықшылығы мынада. Олар түрлендіргіштерде жоғарғы гармоникалардың деңгейін төмендетеді, нәтижесінде ормалардағы және магнитөткізгіштегі қосымша шығындарды азаяды, электрмашиналарының қызуы төмендейді, моменттің пульсациясы азаяды. Сонымен қатар, трансформатордағы, конденсаторлық батареялардағы шығындар азаяды, олардың және сымдардың қызмет ету мерзімі ұзарады, қорғау аспаптарының жалған іске қосылуы мен индукциялық аспаптарының қателігі азаяды.

Қозғалтқыш жұмыс істеу үшін жиілікті өзгертумен қатар кернеуді де өзгерту керек. Бұл үшін оны тұрақты токтық буында өзгертеді немесе КИМ қолданады. Жиілік пен кернеудің қатынасын таңдау артық жүктелу қабілетін сақтау шартына сәйкес жүргізіледі.

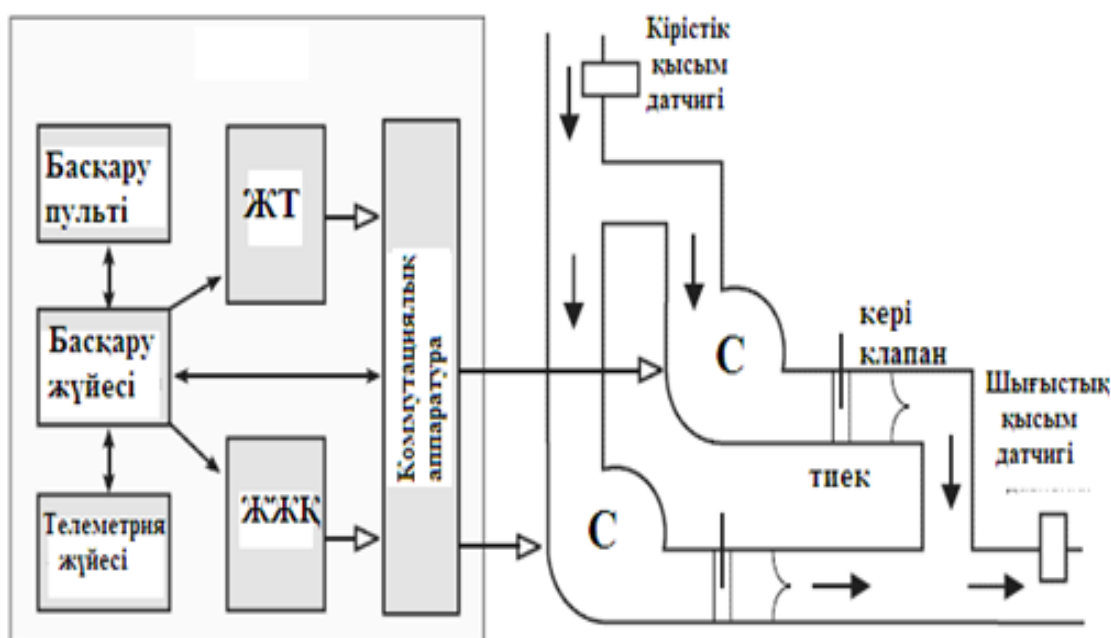
## 2 Сорғыштың электр жетегінің күштік бөлігінің элементтерін таңдау және параметрлер есептеу

### 2.1 Сорғыштың электр жетегінің функционалдык сұлбасы

Сүт фермаларын суық сумен қамтамасыз ететін желілердің құрамына сорғыш қондырғы, бақылау және басқару жүйелері, коммутациялық аппараттар, жиілік түрлендіргіш, жайлап жүргізіп жіберу құрылғысы кіреді.

2.1 суретте сорғыш қондырғының функционалдык сұлбасы көрсетілген. Оның құрамына сорғыш (С), электрқозғалтқыш, жиіліктік түрлендіргіш (ЖТ) пен жайлап жүргізу құрылғысы (ЖЖҚ), оларды басқару жүйесі мен басқару пульті, телеметрия жүйесі кіреді.

Реттелетін параметрлердің мәндері туралы деректерді алу үшін қысым датчиктері қарастырылады.



2.1 сурет – Сорғыш қондырғының функционалдык сұлбасы

### 2.2 Сорғышты және оның қозғалтқышын таңдау

Жобалау үшін тапсырма: сорғыштың су айдау өнімділігі  $Q=180 \text{ м}^3/\text{сағ}=0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ , ал тегеурін (қысым) –32 м болуы керек.

Жоба үшін қалалық, өнеркәсіп және ауыл шаруашылығын сумен қамтамасыз ету жүйесінің сорғыш бекеттерінде кеңінен қолданылатын *K* типті консольды ортадан тепкіш сорғышты таңдаймыз. Бұл сорғыштар стационар жағдайда температурасы  $0 \text{ }^\circ\text{C} - 85 \text{ }^\circ\text{C}$ , сутектік көрсеткіші  $\text{pH}=6-9$  тең таза суды және химиялық белсенділігі бойынша суға ұқсас басқа сұйықтарды айдауға арналған. Сору биіктігі - 2,5-6,5 м аралағында болуы керек.

Сорғыштың жетегіне қажет есептік қуаттын есептей аламыз[8]:

$$P_{ec} = K_3 \cdot \frac{g \cdot \rho \cdot Q_{hN} (H_{HN} + \Delta H)}{1000 \cdot \eta_H} = 1,1 \cdot \frac{9,81 \cdot 1000 \cdot 0,05 \cdot (32 + 3)}{1000 \cdot 0,8} = 21,5 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

мұндағы  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – еркін түсудің үдеуі;

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  – судың тығыздығы;

$Q_H = 0,05$  – сорғыштың нақтылы өнімділігі,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$H_H = 32 \text{ м}$  – сорғыштың нақтылы қысымдық тегеуріні,  $\text{м}$ ;

$\Delta H = 3$  – кавитациялық қор,  $\text{м}$ ;

$\eta_H = 0,8$  – сорғыштың нақты ПӘК-і;

$K_3 = 1,1$  – қорек коэффициенті.

Техникалық көрсеткіштері берілген тапсырмаға сәйкес келетін К150-125-315 типті сорғышты таңдаймыз [9].

Оның техникалық көрсеткіштері:

- өнімділігі -  $180 \text{ м}^3/\text{сағ}$ ;

- тегеуріні –  $32\text{м}$ ;

- ПӘК –  $80 \%$ ;

- кавитациялық қор -  $3 \text{ м}$ ;

- айналу жылдамдығы –  $1450 \text{ айн/мин}$ ;

- сорғыштың қажетті қуаты -  $21,5 \text{ кВт}$ .

К типті сорғыштың жалпы түрі 2.2 суретте, ал 2.3 суретте оның Н-Q сипаттамасы көрсетілген [9].



2.1 сурет- К 150-125-315 типті сорғыштың жалпы көрінісі

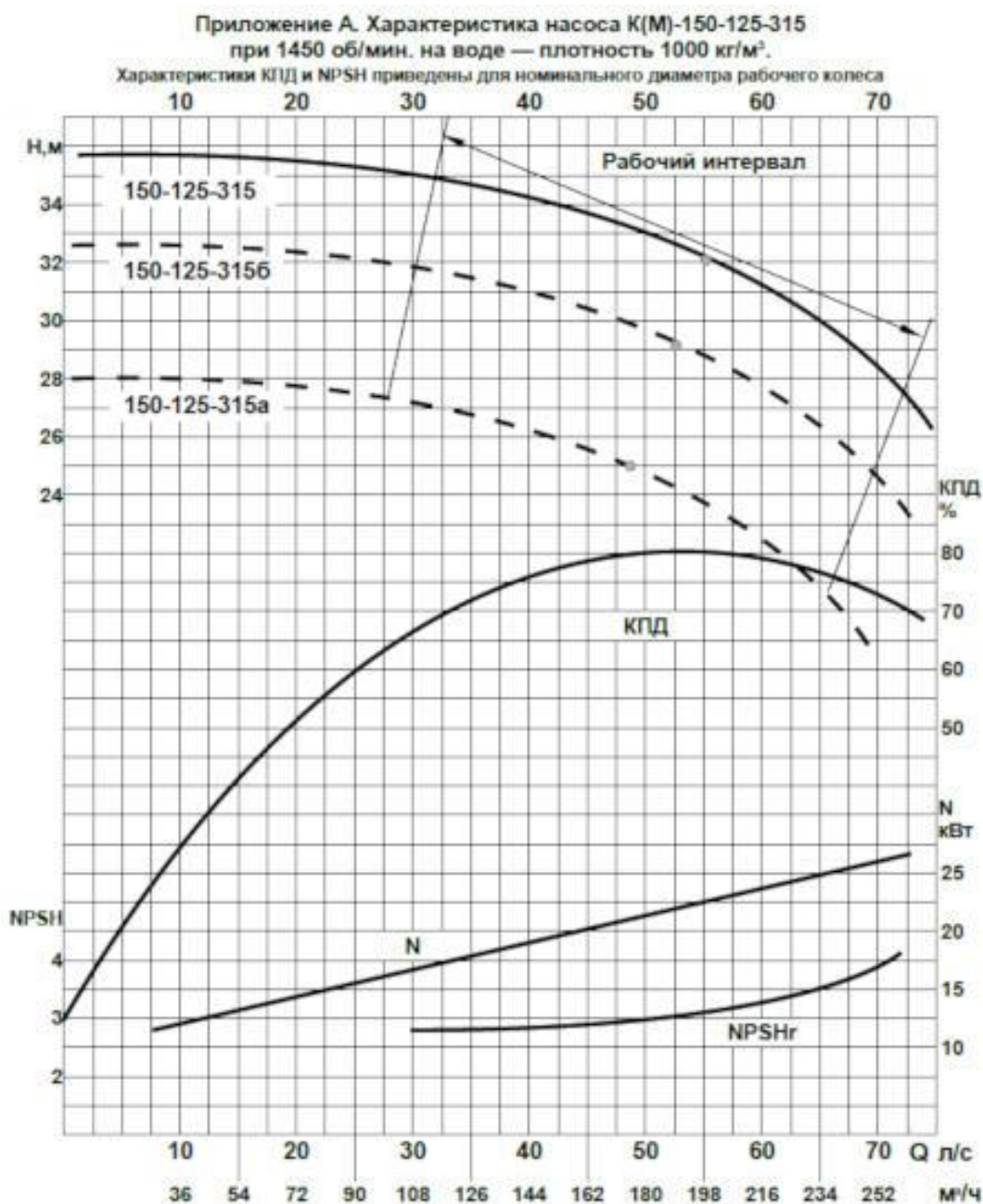
Сорғышқа электрқозғалтқышты таңдау мынандай шарттар бойынша жүргізіледі:

- қозғалтқыштың номиналді қуаты сорғыштың жетегіне қажет есептік қуатқа тең немесе одан үлкен болуы керек ( $P_H \geq P_{ec}$ );

- қозғалтқыштың номиналді бұрыштық айналу жиілігі сорғыштың жетегіне қажет бұрыштық айналу жиілігіне тең немесе жуықтап тең ( $w$ ) болуы қажет.

Анықтамалық әдебиеттерді қолдана отырып, қуаты мен айналу жылдамдығы есептік қуат пен жылдамдыққа сәйкес келетін АИР180S4У3 (4A180S4У3, 5AMX180S4 - бұрынғы типтер) типті асинхронды қозғалтқышты (АҚ) таңдаймыз.

Мұндай қозғалтқыштар желдеткіш қондырғылардың, сорғыштар мен компрессорлардың жетегі ретінде кеңінен қолданылады. АИР180S4У3 (4A180S4У3) типті қозғалтқыштың техникалық параметрлері 2.1 кестеге енгізілген[10,11].



2.3 сурет - К 150-125-315 типті сорғыштың сипаттамасы

## 2.1 кесте- АИР180S4У3 типті қозғалтқыштың техникалық параметрлері

Қозғалтқыш түрі	АИР180S4У3
Номиналдық қуаты, $P_n$ , кВт	22
Номиналдық айналу жиілігі, $n_n$ , айн/мин	1450
Номиналды ПӘК, $\eta_n$ , %	90,0
Қуат коэффициенті, $\cos\varphi$	0,90
Номиналды сырғанау, $s_n$ , %	2,0
Шектік сырғанау, $s_{ш}$ , %	14
Жүргізу моментінің номинал моментке қатынасы, $m_{ж.ж}$	1,4
Жүргізу тогының номинал токқа қатынасы, $K_{ж.ж}$	6,5
Максимал моменттің номинал моментке қатынасы, $m_{ш}$	2,3
Минимал моменттің номинал моментке қатынасы, $m_{ш}$	1,0
Ротор инерциясының динамикалық моменті, кг*м <sup>2</sup>	0,19
Масса. кг	120
Синхронды жылдамдық, $n_0$ , айн/мин	1500

2.2 кестеде АИР160S4 типті қозғалтқыштың Г-орынбасу сұлбаның параметрлері салыстырмалы бірлікте келтірілген.

2.2 кесте – АИР160S4 типті қозғалтқыштың Г-тәріздес орынбасу сұлбасының параметрлері ( салыстырмалы бірлікте)

$X'_\mu$ , с. б.	$R'_1$ , с. б.	$X'_1$ , с. б.	$R''_2$ , с. б.	$X''_2$ , с. б.	$R_{кп}$ , с.б.	$X_{кп}$ , с.б.
4.0	0.041	0.08	0.021	0.12	0,076	0,15

## 2.3 Электрқозғалтқыштың есептік параметрлері

Электрқозғалтқыштың синхронды айналу бұрыштық жиілігі [10,11]:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3.14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад/с.} \quad (2.2)$$

Электрқозғалтқыштың номиналды айналу жиілігі

$$\omega_n = (1 - s_n) \cdot \omega_0 = (1 - 0.02) \cdot 157 = 153,86 \text{ рад/с.} \quad (2.3)$$

Электрқозғалтқыштың номиналды моменті

$$M_{н.коз} = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{22 \cdot 10^3}{153,86} = 142,98 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.4)$$

Номиналды фазалық кернеу және статордың номиналды фазалық және желілік тогін анықтаймыз:

$$U_{1фн} = \frac{U_{жн}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{2}} = 220 \text{ В};$$

$$I_{1фн} = I_{1лн} = \frac{P_n}{3 \cdot U_{1фн} \cdot \cos \phi_n \cdot \eta_n} = \frac{22 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 41,15 \text{ А}. \quad (2.5)$$

Электрқозғалтқыштың жүргізіп жіберу тогынан анықтаймыз:

$$I_{1ж.ж} = k_{ж.жс} \cdot I_{1лн} = 6,5 \cdot 29,18 = 189,67 \text{ А}. \quad (2.6)$$

Электрқозғалтқыштың шектік моментінің мәні анықтаймыз:

$$M_{ш} = m_{ш} \cdot M_{н.коз} = 2,3 \cdot 142,98 = 328,85 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.7)$$

Электрқозғалтқыштың іске қосу моментінен анықтаймыз:

$$M_{ж.жс} = m_{ж.жс} \cdot M_{н.коз} = 1,4 \cdot 142,98 = 200,17 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.8)$$

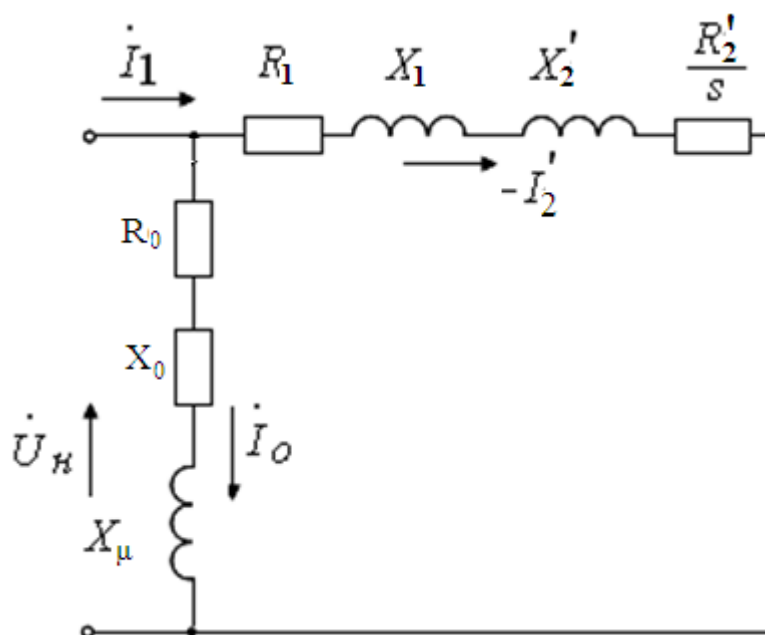
## 2.4 Электрқозғалтқыштың Г-тәрізді балама орынбасу сұлбасының есептік параметрлері

Айнымалы тоқ қозғалтқыштары негізінде реттелетін электр жетектерді құрастыру, басқару жүйесін жобалау, баптау үшін және өтпелі үрдістерді сипаттау үшін қажетті асинхронды қозғалтқыштың параметрлерін анықтау керек болады.

Параметрлерді анықтаудың бір тәсілі- электр машинасының конструктивтік параметрлерін пайдалану, бірақ оның кемшіліктері - машинаның осы параметрлері әрқашан қол жетімді еместігінде және т.б.

Сондықтан асинхронды қозғалтқыштың электрмеханикалық және механикалық сипаттамаларын анықтау үшін әртүрлі орынбасу сұлбаларын пайдалануға болады.

Көп жағдайда асинхронды қозғалтқышты инженерлік есептеу үшін Г немесе Т-тәрізді орынбасу сұлбасы қолданады, өйткені олар қарапайым, әрі ыңғайлы (2.4 сурет).



2.4 сурет– Асинхронды қозғалтқыштың Г-тәрізді орынбасу сұлбасы

Г-тәрізді орынбасу сұлбасының есептік параметрлері төменде абсолюттік бірліктерде көрсетілген.

Статор орамдарының активті кедергісін анықтаймыз:

$$R_1 = R_1' \cdot \frac{U_{1\phi n}}{I_{1\phi n}} = 0,041 \cdot \frac{220}{41,15} = 0,219 \text{ Ом.} \quad (2.9)$$

Статор орамдарының шашыранды индуктивті кедергісін анықтаймыз:

$$X_1 = X_1' \cdot \frac{U_{1\phi n}}{I_{1\phi n}} = 0,08 \cdot \frac{220}{41,15} = 0,427 \text{ Ом.} \quad (2.10)$$

Статор орамының шашыранды индуктивтілігі анықтаймыз:

$$L_1 = \frac{X_1}{2 \cdot \pi \cdot f_{1n}} = \frac{0,427}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,001359 \text{ Гн.} \quad (2.11)$$

Статор орамына келтірілген ротордың орамының активті кедергісін анықтаймыз:

$$R_2' = R_2'' \cdot \frac{U_{1\phi n}}{I_{1\phi n}} = 0,021 \cdot \frac{220}{41,15} = 0,1122 \text{ Ом.} \quad (2.12)$$

Статор орамына келтірілген ротордың орамының шашыранды индуктивті кедергісін анықтаймыз:

$$X_2' = X_2'' \cdot \frac{U_{1\phi n}}{I_{1\phi n}} = 0,12 \cdot \frac{220}{41,15} = 0,64 \text{ Ом.} \quad (2.13)$$

Шашыранды магнит ағынынан туындаған ротор орамының келтірілген индуктивтілігін анықтаймыз:

$$L_2' = \frac{X_2'}{2 \cdot \pi \cdot f_{1n}} = \frac{0,64}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,002038 \text{ Гн.} \quad (2.14)$$

Номинал режим кезіндегі қысқа тұйықталудың индуктивті кедергісін анықтаймыз:

$$X_{кн} = X_1 + X_2' = 0,427 + 0,64 = 1,067 \text{ Ом.} \quad (2.15)$$

Контурдың магниттеу тізбегінің индуктивті кедіргісі (бас индуктивті кедергі) анықтаймыз:

$$X_\mu = X_\mu' \cdot \frac{U_{1\phi n}}{I_{1\phi n}} = 4,0 \cdot \frac{220}{41,15} = 21,38 \text{ Ом.} \quad (2.16)$$

Ауалық саңылауда пайда болған магнитті ағынынан туындайтын толық индуктивтілікті анықтаймыз:

$$L_\mu = \frac{X_\mu}{2 \cdot \pi \cdot f_{1n}} = \frac{21,38}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,068 \text{ Гн.} \quad (2.17)$$

Магниттеуші тармақтың активті және реактивті кедергілерін ( $R_0$ ,  $X_0$ ) анықтаймыз:

$$X_0' \approx \frac{2 \cdot X_1' \cdot X_\mu}{X_\mu + \sqrt{X_\mu^2 + 4X_1' \cdot X_\mu}} = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 4}{4 + \sqrt{4^2 + 4 \cdot 0,08 \cdot 4}} = 0,0784 \text{ (с.б.)} \quad (2.18)$$

$$X_0 = X_0' \cdot \frac{U_{1\phi n}}{I_{1\phi n}} = 0,0784 \cdot \frac{220}{41,15} = 0,419 \text{ Ом.}$$

$$R_0' = R_1' X_0' / X_1' = 0,041 \cdot 0,0784 / 0,08 = 0,04 \text{ (с.б.)}$$

$$R_0 = R_0' \cdot \frac{U_{1\phi n}}{I_{1\phi n}} = 0,04 \cdot \frac{220}{41,15} = 0,215 \text{ Ом.}$$

АИР180S4 типті электрқозғалтқышының Г-тәрізді орынбасу сұлбасының параметрлері (абсолюттік бірлікте) 2.3 кестеде көрсетілген.



2.3 кесте–АИР160S4 типті электрқозғалтқыштың орынбасу сұлбасының параметрлері ( абсолюттік бірлікте)

$R_1, \text{Ом}$	$X_1, \text{Ом}$	$L_1, \text{Гн}$	$X_m, \frac{\text{О}}{\text{М}}$	$L_m, \text{Гн}$	$R'_2, \text{Ом}$	$X'_2, \text{Ом}$	$L'_2, \text{Гн}$	$X_{кн}, \text{Ом}$
0,219	0,427	0,001359	21,38	0,068	0,1122	0,64	0,002038	1,07

## 2.5 Жиіліктік түрлендіргішті таңдау және оның элементтерінің параметрлерін есептеу

Жиіліктік түрлендіргіштерді қозғалтқышқа берілетін кернеудің мәні мен жиілігін өзгерту арқылы қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштардың айналу жылдамдығын реттеу үшін пайдаланылады. Асинхрондық қозғалтқыштар мен жиілік түрлендіргіштердің қолданылуы электр жетектердің даму тарихындағы өте энергетикалық жағынан тиімді бағыт болып есептелінеді.

Жиіліктік түрлендіргіштер электрқозғалтқыштарды басқаратын заманауи құрылғы ретінде қабылданған. Оларды қолданудың мынадай артықшылықтары бар:

- қозғалтқыштың айналу жылдамдығын кең диапозонда жайлап (сатылы емес) реттеу мүмкіндігі;
- айналу бағытын қалаған бағытта өзгертуді қамтамасыз ету мүмкіндігі;
- қозғалтқышты жайлап іске қосу және жайлап тоқтатуды қамтамасыз ету мүмкіндігі;
- асинхронды қозғалтқыштың рекуперативті тежелуін қамтамасыз ету мүмкіндігі;
- электрқозғалтқыштың толық қорғалуын қамтамасыз ету мүмкіндігі;
- электр энергиясын 40-50%-ға дейін үнемдеу мүмкіндігі.

Жиынтық (комплектілік) түрлендіргіштер векторлық басқаруды немесе скалярлық басқаруды қамтамасыз етеді.

Түрлендіргіштің күштік бөлігі түзеткіштен, инвертордан, сүзгіштен, тежеуіш резисторынан, қорғау құрылғыларынан және басқа элементтерден тұрады.

Кернеу амплитудасы мен жиілік түрлендіргіштің инверторда реттелетіндіктен түзеткіштік диодтар арқылы жасалуы мүмкін. Ал басқарылмайтын түзеткіш сұлбасында тежеуіш резисторы болуы керек.

Қазіргі заманда Hitachi, Siemens, ABB, Hyundai, OBEH сияқты компаниялар заманауи түрлендіргіштерді ойлап құрастырып, нарыққа шығарып жатыр. Олардың айырмашылығы көп жағдайда бағасы мен сапасына қатысты болады.

Электр жетек үшін түрлендіргіштерді таңдау кезінде мына шарттар орындалуы керек:

- түрлендіргіштің кернеуі қозғалтқыш кернеуінен үлкен немесе тең болуы керек:

$$U_{ЖТ} \geq U_{НҚ} \quad (2.19)$$

- түрлендіргіштің тоғы қозғалтқыш тоғынан үлкен немесе тең деп болуы керек:

$$I_{ЖТ} \geq I_{НҚ}. \quad (2.20)$$

-қозғалтқыштың қуатына таңдалған жиіліктік түрлендіргіштің қуаты тең немесе үлкен болу керек.

Жиіліктік түрлендіргішті таңдау кезінде электрқозғалтқыштың техникалық параметрлері ескеріледі.

2.4 кестеде сорғыш қондырғының электр жетегі үшін таңдалған 4A280S4Y3 типті асинхронды қозғалтқыш техникалық көрсеткіштері келтірілген.

2.4 кесте – 4A280S4Y3 қозғалтқыштың техникалық көрсеткіштері

Қуат P <sub>н</sub> , кВт	380 В кезіндегі шартты ток I <sub>н</sub> , А	Шартты айналу жиілігі n <sub>н</sub> , айн/мин	Қуат коэффициенті, cosφ
22	41,15	1450	0.90

Таңдалған қозғалтқыштың параметрлеріне сәйкес келетін EL-P7012 типті HYUNDAI фирмасының жиіліктік түрлендіргішін таңдаймыз. Бұл жиіліктік түрлендіргіш айнымалы жүктемемен жұмыс жасайтын сорғыш қондырғыларға арналған. Олар функционалдық мүмкіндіктерімен, шағын массаөлшемдік сипаттамаларымен ерекшеленеді. Қуат диапазоны – 7,5 кВт-тан 370 кВт дейін, ПИД-регулятор қолданылған, U/f заңдылықпен скалярлық басқаруды және жоғарғы динамикалық сипаттаманы қамтамасыз етеді.

Артық жүктелу қабілеті әдеттегі жүктеме жағдайында 1 минут бойынша 120 % болады.

2.5 кестеде таңдалған EL-P7012-040H типті жиілікті түрлендіргіштің техникалық сипаттамалары келтірілген.

2.5 суретте жиіліктік түрлендіргіштің электрлік қосылу сұлбасы көрсетілген.

Таңдалған жиіліктік түрлендіргіштің күштік тізбегінің құрамына мына бөліктер кіреді (2.6 сурет):

- 1) түзеткіш, онда түзеткіш элементтер ретінде диодтары қолданылады;
- 2) инверторлар, онда инвертордың кілттік режимінде қайтымды диодтары бар транзисторды IGBT қолданылады, инвертор шығысында жиілікті реттеу үшін инвертор кілттерін қайтадан іске қосу кезінде жиілікті өзгерту керек, инвертор шығысында кернеудің шамасын реттейтін импульстік модуляция арқылы болады;
- 3) тежеу блогы, онда кедергілік тежеуіш қолданылады;
- 4) LC-сүзгіш (фильтр), ол кернеуді сүзуге арналған;

5) анодтық реакторлар, олар өтпелі үрдістер кезінде кернеуді сүзуге қолданылады;

6) ток пен кернеудің шектен өсуінен қорғайтын тізбектер;

7) ток шектеуіш кедергілер.

Күштік кілттер ретінде IGBT (Integrate Bipolar Transistor) транзистор модулі қолданылады, оның құрамында оқшауланған қос полярлы транзисторлар мен кері диодтар болады.

#### 2.5 кесте - Жиілікті түрлендіргіштің техникалық сипаттамалары

Қолданылатын қозғалтқыштың толық қуаты, кВА	30
Түрлендіргіштің толық қуаты, кВА	40
Номиналдық шығыстық ток, А	60
Максималды шығыстық кернеу, В	380

#### 2.5 кестенің жалғасы

Номиналды шығыс жиілік, Гц	400 дейін
Номиналды кірістік кернеу, В	380
Номиналды кірістік жиілік, Гц	50/60
Кернеудің рұқсат етілетін ауытқулар	+10%... -15%
Жиіліктің рұқсат етілетін ауытқулар	± 4%
Басқару тәсілі	Синусоидалық КИМ импульт
Жиілік басқару диапазоны	0,1 – 400 Гц
Артық жүктелу	120%
Қоршаған орта температурасы	-10°C...+40°C
Салыстырмалы ылғалдылық, %	90% дейін

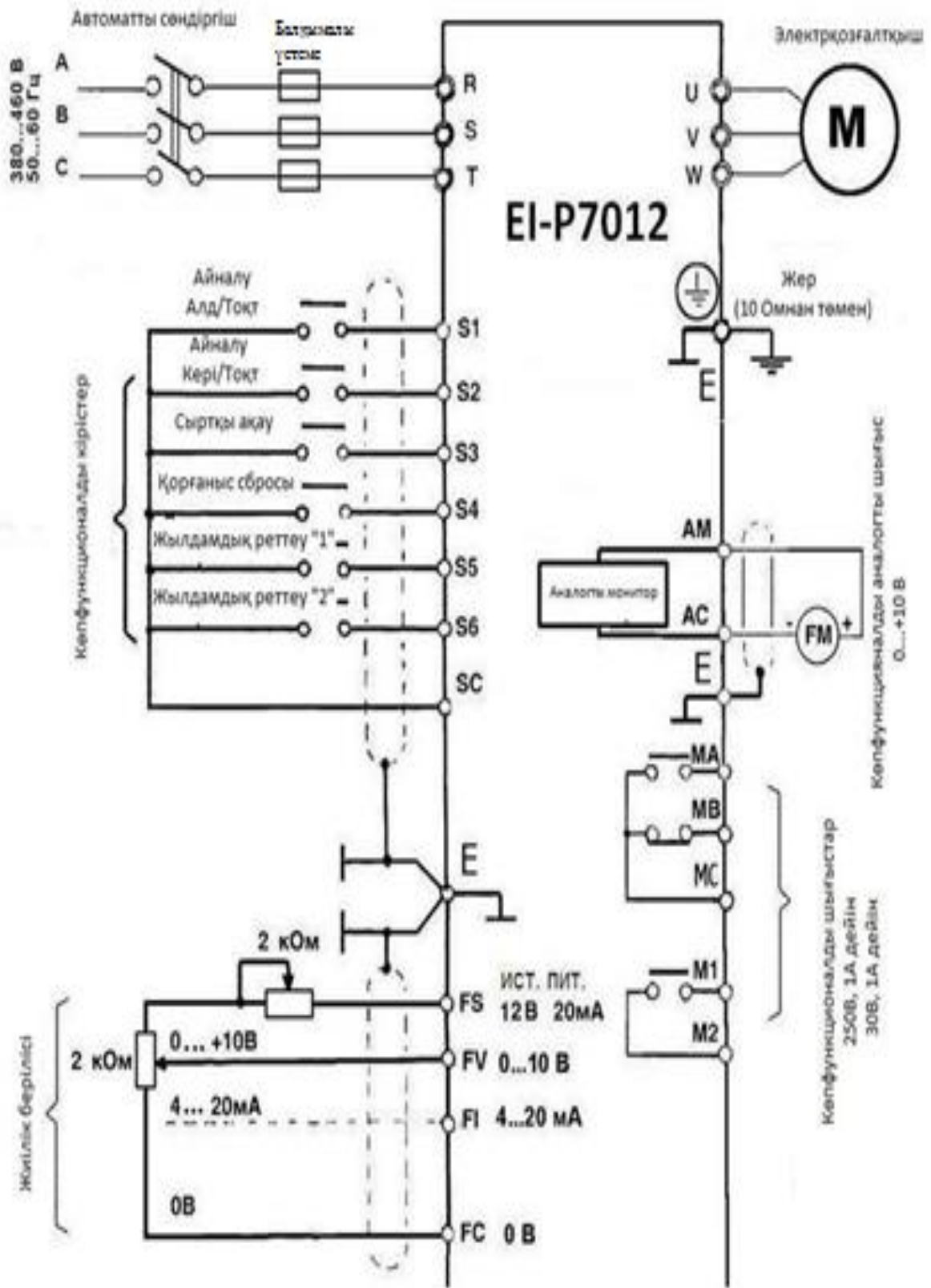
Таңдалған жиіліктік түрлендіргіштің техникалық параметрлері толық қуаты жағынан да, ток бойынша да, кернеуі жағынан да қолданылатын сорғыштың электр жетегінде қолдануға болатындығын көрсетеді, талаптар мен шарттарды толық қанағаттандырады.

*Желілік дроссельдерді таңдау.* Желілік тұтқалар келесі функцияларды орындайды:

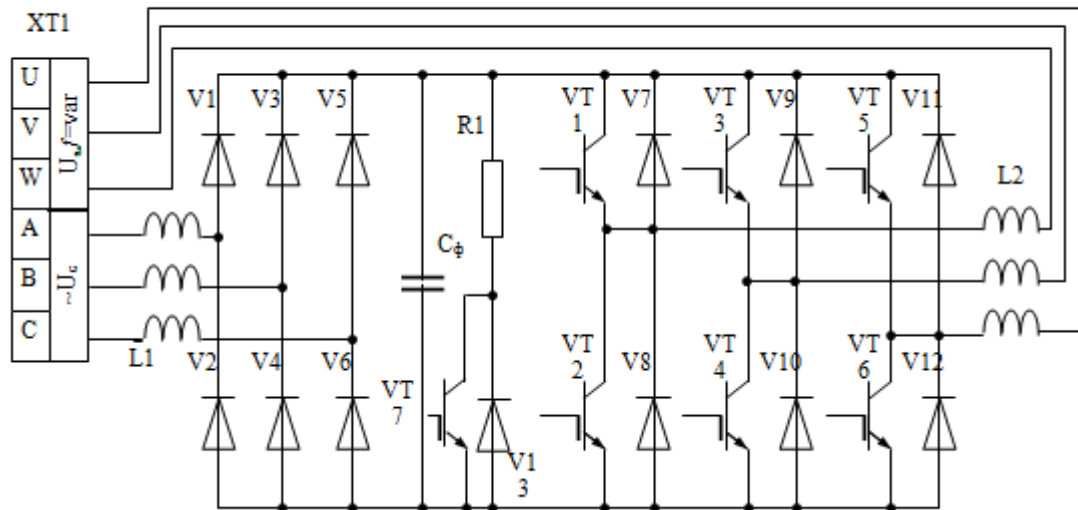
- желіден тұтынылатын сыйымдылық зарядының амплитудасының шектеулері;

- ақаулық токтардың шектелуі;

- ағымдық тұтынудың гармоникалық компоненттерін жақсарту.



2.5 сурет - EI-P7012 типті жиіліктік түрлендіргіштің электрлік қосылу сұлбасы



2.6 сурет –Түрлендіргіштің күш тізбегінің негізгі сұлбасы

Түрлендіргіштің номинал қуатына байланысты LR3-40-3/63 типті желілік дроссельдер таңдаймыз: номиналды ток – 63 А, индуктивтілігі – 0,35 мГн, түрлендіргіштің қуаты – 30 кВт.

*Автоматты ажыратқышты таңдау.* Ажыратқыштар - қайталанатын әрекеттің қорғаныс құрылғысы және клапан түрлендіргіштерін қысқа тұйықталудан және кернеуден қорғауға арналған.

Жиілік түрлендіргіші үшін номиналды тогы 63 А болатын ВА63 сериялы ажыратқышты таңдаймыз.

*Радиожиилікті сүзгілерді таңдау.* Электромагниттік үйлесімділікті (ЭМЖ) қамтамасыз ету үшін ДКҚ қуат көзіне кіретін радиожиилікті сүзгілерді (бұдан әрі - РФ-сүзгілерді) пайдалану ұсынылады.

Толық тогы 60 А жиілік түрлендіргіші үшін біз 400 В кернеуге және 100 А токқа есептелген 100TDS84C радиожииліктік сүзгіні таңдаймыз.

*Шығыс сүзгілерін таңдау.* Мотор тізбегінің басқару сапасын және қызмет ету мерзімін жақсарту үшін шығысында мотор тұндырғыштарын,  $dU / dt$  тұншықтырғыштарды және синтетикалық сүзгілерді пайдалану ұсынылады.

Жиіліктік түрлендіргіш үшін номиналды тогы 80 А FLC-080 типті шығыстық сүзгіні таңдауға болады.

*Тежеу резисторының қуаты мен кедергісін есептеу.* Тежеу резисторы қозғалтқышты тежеу немесе оның жылдамдығын тез төмендету үшін қолданылады. Тежеу кезінде электрқозғалтқыш генератор режимінде жұмыс істейтіндіктен электр энергиясын түрлендіргішке береді. Тұрақты токтың байланысын шектеу үшін электр энергиясын жылуға түрлендіретін тежеу резисторлары қолданылады.

Тежеу резисторының жүктеме циклына байланысты кедергісін есептеу мына әдістеме бойынша жүргізіледі.

Алдымен тежеу моментінің ең көп мөлшерін  $M_{B,max}$  есептейді. Бұл момент  $n_1$  бастапқы тежелу жылдамдығына,  $n_2$  соңғы тежелу жылдамдығына,

$t_B$  қалаған баяулау уақытына және жүйесінің инерциясының жалпы моментіне  $J$  тәуелді. Тежеу моменті: номиналды моменттің 125% болады.

Қабылданған тежеу моментін бойынша тежеу уақытын есептейді:

$$t_B = \frac{2 \cdot \pi \cdot J \cdot n}{60 \cdot M_{B.MAX}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,19 \cdot 1450}{60 \cdot 142} = 0,42 \quad (2.21)$$

$$ED = \frac{(t_B)}{T} = \frac{0,42}{10} = 0,042 = 4,2\% \quad (2.22)$$

Тежеу максималды қуатын анықтайды:

$$P_{B.MAX} = \frac{M_{B.MAX} \cdot (n_1 - n_2)}{9,55} = \frac{142 \cdot 1450}{9,55} = 21,6 \text{ кВт}. \quad (2.23)$$

Электрлік тежеу қуатын анықтаймыз:

$$P_{el} = P_{B.MAX} - k \cdot P_{mol} = 21,6 - 0,15 \cdot 22 = 18,3 \text{ кВт} \quad (2.24)$$

Анықтамалық әдебиеттен  $f_k = 9$  коэффициентін таңдаймыз.

Тежелудің номиналды қуаты:

$$P_{elНОМ} = \frac{P_{el}}{f_k} = \frac{18,3}{9} = 2,03 \text{ кВт} \quad (2.25)$$

Берілген жүктеме циклі үшін тежеу резисторының максималды рұқсат етілген кедергісін анықтаймыз

$$R_{B \text{ max}} \leq \frac{U_B^2}{P_{el}} = \frac{380^2}{18,3 \cdot 10^3} = 7,9 \text{ Ом} \quad (2.26)$$

Таңдалған жиілік түрлендіргіші үшін мәні 10 Ом тең тежеу кедергісі ұсынылады.

### 3 Электрқозғалтқыштың табиғи және жасанды механикалық сипаттамаларын тұрғызу

#### 3.1. Электрқозғалтқыштың табиғи механикалық және электр механикалық сипаттамаларын есептеу

«Жиіліктік түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш (ЖТ-АҚ)» жүйесіне қойылатын талаптарын орындау үшін қозғалтқыштың статикалық сипаттамаларын есептеуге тура келеді.

Статикалық сипаттамалар - табиғи және жасанды механикалық пен электрмеханикалық сипаттамалары жатады [6,15].

Механикалық сипаттама қозғалтқыштың бұрыштық айналу жылдамдығының моментке тәуелділігін ( $\omega=f(M)$ ) көрсетеді.

Электрмеханикалық сипаттамалар бұрыштық айналу жылдамдығының статор тогына (немесе ротор тогына) тәуелділігін ( $\omega=f(I_1)$ ) көрсетеді.

Қозғалтқыштың механикалық және электрмеханикалық сипаттамаларын тұрғызу үшін  $j_{s4}$  орынбасу сұлбасының параметрлерін пайдаланады.

*Табиғи сипаттамалар деп* кернеудің және жиіліктің номинал мәндері кезінде алынған сипаттамаларды айтады:  $f_1 = f_{1H}$ ,  $U_1 = U_{1H}$ .

$R_2'$ ,  $R_1$  и  $X_K$  есептік мәндері арқылы шектік сырғанауды есептейді:

$$S_K = \frac{C_1 R_2'}{\pm \sqrt{R_1^2 + X_{KH}^2}} = \frac{1,018 \cdot 0,1122}{\sqrt{0,219^2 + 1,067^2}} = 0,104, \quad (3.1)$$

мұндағы

$$C_1 = 1 + (I_0 / (2 \cdot k_i \cdot I_{1H})) = 1 + \frac{10,091}{2 \cdot 6,5 \cdot 41,15} = 1,018 \quad (3.2)$$

Бос жүріс тогын  $I_0$  есептейміз:

$$I_0(f_1) = \frac{U_1(f_1)}{\sqrt{R_0^2 + (X_0 + X_\mu)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}} = \frac{220}{\sqrt{0,215^2 + (0,419 + 21,38)^2 \cdot (1)^2}} = 10,091, \quad (3.3)$$

мұндағы  $U_1(f_1) = 220V$  -асинхронды қозғалтқыш статорының орамындағы фазалық кернеу ( $f_1 = 50$  Гц кезінде);

$\frac{f_1}{f_{1H}} = 1$  - қоректендеруші кернеудің жиілігінің номиналды жиілікпен салыстырмалы мәні.

Электрмеханикалық сипаттама ротордың келтірілген тогының сырғанауға тәуелділігімен байланысты анықталады:

$$I_2'(s, f_1) = \frac{U_1(f_1)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + \left(X_{KH} \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}}\right)^2}} = \frac{220}{\sqrt{\left(0,219 + \frac{0,1122}{s}\right)^2 + (1,067 \cdot 1)^2 + \left(\frac{0,219 \cdot 0,1122}{s \cdot 21,38 \cdot 1}\right)^2}} \quad (3.4)$$

Сырғанаудың әртүрлі мәндерін қоя отырып, оған сәйкес токтың мәні есептелінеді. Ал  $\omega = \omega_0(1 - s)$  формуласының көмегімен оған сәйкес бұрыштық жылдамдығынтабады. Бұл мәндер 3.1 кестеде келтірілген.

Статордыңтогына сырғанауға тәуелділігі мына формула бойынша өрнектелінеді:

$$I_1(s, f_1) = \sqrt{I_0^2(f_1) + I_2'^2(s, f_1) + 2 \cdot I_0(f_1) \cdot I_2'(s, f_1) \cdot \sin \varphi_2(s, f_1)}, \quad (3.5)$$

мұндағы

$$\sin \varphi_2(s, f_1) = \frac{X_{KH} \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + \left(X_{KH} \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}} = \frac{1,067 \cdot 1}{\sqrt{\left(0,219 + \frac{0,1122}{0,104}\right)^2 + (1,067 \cdot 1)^2}} = 0,378 \quad (3.6)$$

(3.3), (3.4), (3.5) және (3.6) формулаларын пайдаланып, табиғи электрмеханикалық сипаттамаларын есептейміз. Есептеу нәтижелері 3.1-кестеде келтірілген.

3.1 кесте– Есептеудің нәтижелері

S	0	0,02	0,104	0,25	0,4	0,6	0,8	1
$\sin \psi_2$	0	0,18	0,635	0,85	0,91	0,935	0,95	0,955
$I_2(s), A$	0	37,1	130,94	174,8	186,7	192,7	195,4	196,94
$I_1(s), A$	0	40,16	137,56	183,5	195,9	202,2	205,0	206,6
$\omega$	157	153,86	140,67	117,8	94,2	62,8	31,4	0

Есептеу нәтижелері бойынша тұрғызылған табиғи электрмеханикалық сипаттамалар 3.1 суретте келтірілген.

Сорғыштың механикалық сипаттамасы мына формула бойынша анықталады:

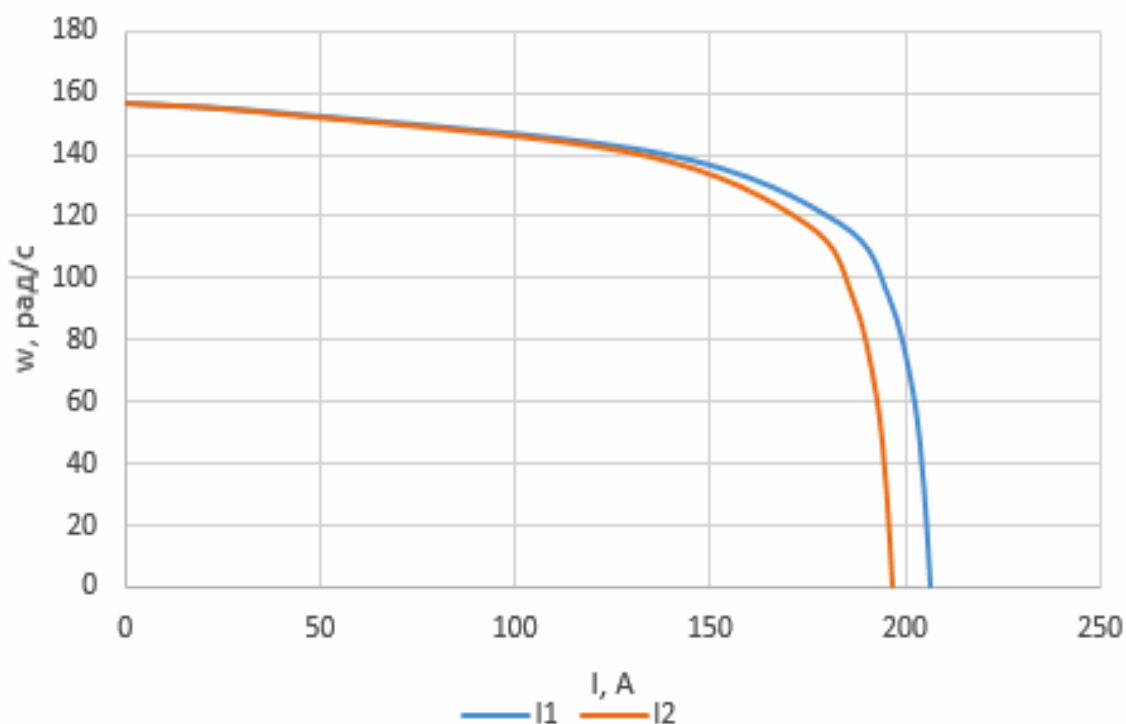
$$M_c = M_n \cdot 0,05 + M_n \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 \quad (3.7)$$

Сырғанауды 0 ден 1 ге дейін өзгерткенде, яғни  $\omega$  мәні өзгергенде,  $M_c$  мәні де өзгереді. Есептеулер жүргізу арқылы сорғыштың табиғи сипаттамасы  $M_c = f(\omega)$  тұрғызу үшін керек мәндер 3.2 кестеде келтірілген.



3.2 кесте -  $M_C=f(\omega)$  тәуелділігін есептеу нәтижелері

S	0	0,02	0,104	0.25	0.4	0.6	0.8	1
$\omega$ , рад/с	157	153,86	140,67	117,8	94,2	62,8	31,4	0
$M_C$ , Нм	150,13	144,47	121,93	87,6	58,6	30,0	12,9	7,15



3.1 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың табиғи электромеханикалық сипаттамалары

Қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасын сырғанаудың және кернеудің жиілігінің айнымалы мәндерінде мына формула бойынша анықтайды:

$$M = \frac{3U_{1\phi}^2 R_2'}{\omega_0 s_j \left[ X_{KH}^2 f_{1*}^2 + \left( R_1 + \frac{R_2'}{s_j} \right)^2 + \left( \frac{R_1 R_2'}{s_j X_{\mu H} f_{1*}} \right)^2 \right]} \quad (3.8)$$

Қозғалтқыштың шектік (максимал) моментін есептейміз:

$$M_{ш} = \frac{3 \cdot U_{1\phi}^2}{2 \cdot \omega_0 \left( R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{KH}^2} \right)} = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 157 \cdot \left( 0,219 + \sqrt{0,219^2 + 1,067^2} \right)} = 410,8 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.9)$$

мұндағы  $\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{2} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 50}{2} = 157 \text{ с}^{-1}$  -синхронды бұрыштық жылдамдық;

$U_{1\phi}$ - асинхронды қозғалтқыштың статорының орамдарының фазалық кернеуі.

Табиғи механикалық сипаттаманы Клосс формуласы бойынша анықталады:

$$M = \frac{M_{ш}(2+q)}{\frac{s}{s_{ш}} + \frac{s_{ш}}{s} + q}, \quad (3.10)$$

мұндағы

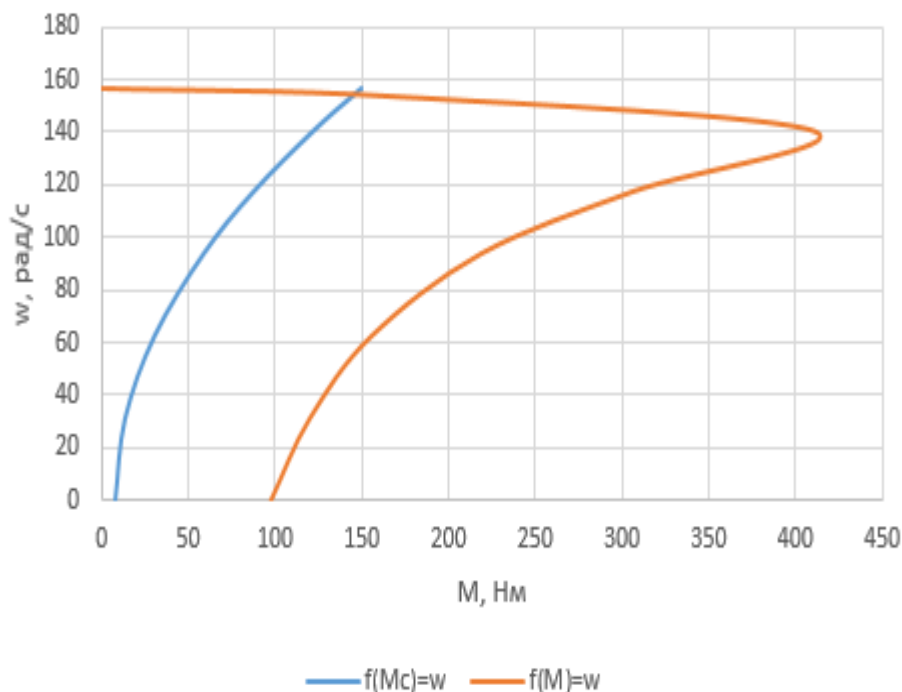
$$q = \frac{R_1}{R_2} \cdot 2 \cdot s_{ш} = \frac{0,219}{0,1122} \cdot 2 \cdot 0,104 = 0,406. \quad (3.11)$$

Сырғанаудың  $S_{мәнін}$  0-ден 1-ге дейін өзгерте отырып, моменттің мәндерін анықтаймыз. Есептеу нәтижелері 3.3 кестеде келтірілген.

3.3 кесте –  $\omega, = f(M)$  тәуелділігін есептеу нәтижелері

s	0	0,02	0,104	0,25	0,4	0,6	0,8	1
$\omega$ , рад/с	157	153,86	140,67	117,8	94,2	62,8	31,4	0
M, Нм	0	170,46	410,8	306,4	219,0	155,7	120,1	97,6

3.2 суретте асинхронды қозғалтқыш үшін табиғи механикалық сипаттама және сорғыштың механикалық сипаттамасы келтірілген.



- 1- қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасы;  
2 – сорғыштың механикалық сипаттамасы.

3.2 сурет –Қозғалтқыш пен сорғыштың механикалық сипаттамалары

Табиғи сипаттаманың жұмыстық бөлігі ( $|M| \leq |M_H|$ ) жоғары қатаңдыққа ие. Оның жылдамдықтың модулі тұрақты дерлік, ал сипаттаманың  $M_H < M < M_{ш}$  бөлігінде жылдамдық азаяды және  $\omega = \omega_{ш}$  тең болады. Қозғалтқыштық режиміне  $s=1$  мен  $s=0$  дейінгі аралықтағы сырғанау сай келеді.

Егер  $\omega > \omega_0$  ( $s < 0$ ), болса, онда қозғалтқыш генераторлық режимге көшеді.

### 3.2 Электрқозғалтқыштың жасанды механикалық сипаттамаларын тұрғызу

Жасанды механикалық сипаттамалар қозғалтқышқа берілетін кернеудің мәні мен жиілігі номиналдық мәндерінен өзгеше болғанда жағдайда тұрғызылады [6,15].

Магнит ағыны жиілікке кері пропорционалдық заңдылықпен өзгеретіндігі белгілі.  $U = \text{const}$  болған кезде жиілікті азайтсақ, онда магнит ағыны көбейеді, осыған сәйкес машинаның болатының қанығуы артады. Бұл жағдай токтың күрт көбеюіне, оның әсерінен қозғалтқыштың қызуын тудырады. Жиілік көбейген жағдайда магнит ағыны азаяды, осыған байланысты момент те азаяды. Сондықтан жиілікті өзгерткен кезде бір мезгілде кернеуді де өзгертілуі керек.

Кернеу мен жиіліктің өзгеру заңы жүктеменің моментінің сипатына сәйкес қабылданады.

Сорғыштың жылдамдығын реттеу диапазоны аса үлкен емес және максималды моменттің жоғары еселігін қамтамасыз етуді талап етпейді. Сондықтан реттеу заңы ретінде  $U_1/f_1 = \text{const}$  немесе  $U_1/f^2 = \text{const}$  заңдары таңдауға болады. Бірақ соңғы заңды жүзеге асырылуы күрделі, бірақ кернеуді қосымша төмендету есебінен желіден пайдаланылатын энергияны азайтуға мүмкіндік береді. Сорғыштың жүктемесі желдеткіштік жүктемелер қатарына жататындықтан біз жобада  $\frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}$  заңын таңдаймыз, өйткені ол энергия тұтыну бойынша едәуір үнемді.

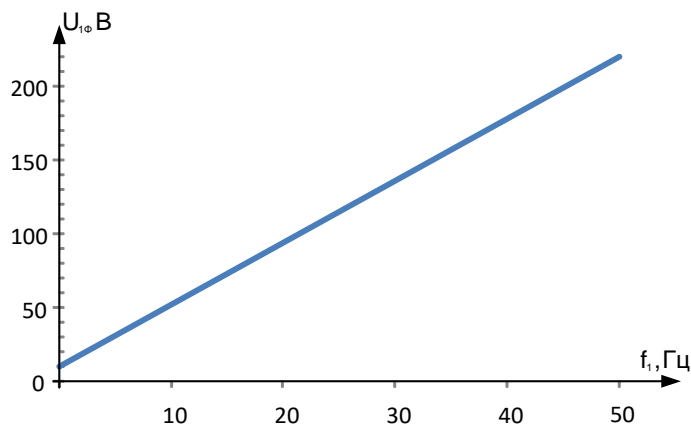
Вольт-жиілікті сипаттамасы  $\frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}$  реттеу заңы кезінде мына формуламен бойынша анықтайды:

$$U_1(f_1) = U_{1фн} \cdot \left( \frac{f_1}{f_{1н}} \right)^2 \quad (3.12)$$

Іске қосу моментің жоғарылату үшін кіші жиіліктерде вольт-жиілік сипаттамасының бастапқы аймағын өзгертеміз, мұндай жағдайда заң мынадай түрде жазылады:

$$U_1(f_1) = 10 + (U_{1\text{фн}} - 10) \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1\text{н}}}\right)^2 \quad (3.13)$$

Вольт-жиіліктік сипаттаманың бейнесі 3.3 суретте көрсетілген.



3.3 сурет – Реттеу заңы кезіндегі түрлендіргіштің вольт-жиіліктік сипаттамасы

« $\frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}$ » реттеу заңында кезінде механикалық сипаттама мына формуламен есептеледі:

$$M(s, f_1) = \frac{3 \cdot U_1^2(f_1) \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \cdot s \cdot \left[ \left( X_{\text{кн}} \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \right)^2 + \left( R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left( \frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}}} \right)^2 \right]} \quad (3.14)$$

$$M(s, f_1) = \frac{3 \cdot U_1^2(f_1) \cdot 0,1122}{157 \cdot \frac{f_1}{50} \cdot s \cdot \left[ \left( 1,067 \cdot \frac{f_1}{50} \right)^2 + \left( 0,219 + \frac{0,1122}{s} \right)^2 + \left( \frac{0,219 \cdot 0,1122}{s \cdot 21,38 \cdot \frac{f_1}{50}} \right)^2 \right]} \quad (3.15)$$

мұндағы

$$U_1(f_1) = 10 + (U_{1\text{фн}} - 10) \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1\text{н}}}\right)^2 = 10 + (220 - 10) \cdot \left(\frac{f_1}{50}\right)^2 \quad (3.16)$$

Жиілік  $f_1=30$  Гц тең және қоректендіруші кернеу  $U_{1,f=30}=10+(220-10) \cdot (30/50)^2=85,6$  В тең болғанда және сырғанау өзгергенде момент мына өрнек арқылы анықталады:

$$M_{30} = \frac{3 \cdot 85,6^2 \cdot 0,1885}{157 \cdot \frac{30}{50} \cdot s \cdot \left[ \left( 1,666 \cdot \frac{30}{50} \right)^2 + \left( 0,354 + \frac{0,1885}{s} \right)^2 + \left( \frac{0,354 \cdot 0,1885}{s \cdot 30,16 \cdot \frac{30}{50}} \right)^2 \right]}$$

$$s_{k30} = \pm \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + [(X_1 + X_2) \cdot f]^2}} = \frac{0,1122}{\sqrt{0,219^2 + (1,067 \cdot 0,6)^2}} = 0,166.$$

$$s_{k20} = \pm \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + [(X_1 + X_2) \cdot f]^2}} = \frac{0,1122}{\sqrt{0,219^2 + (1,067 \cdot 0,4)^2}} = 0,234.$$

$$s_{k10} = \pm \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + [(X_1 + X_2) \cdot f]^2}} = \frac{0,1122}{\sqrt{0,219^2 + (1,067 \cdot 0,2)^2}} = 0,367.$$

Жиілік  $f_1=20$  Гц болғанда және кернеу  $U_{1,f=20}=10+(220-10) \cdot (20/50)^2=43,6$  В болғанда, сырғанау өзгергенде момент мына өрнек бойынша анықтаймыз:

$$M_{30} = \frac{3 \cdot 43,6^2 \cdot 0,1122}{157 \cdot \frac{20}{50} \cdot s \cdot \left[ \left( 1,067 \cdot \frac{20}{50} \right)^2 + \left( 0,219 + \frac{0,1122}{s} \right)^2 + \left( \frac{0,219 \cdot 0,1122}{s \cdot 21,38 \cdot \frac{20}{50}} \right)^2 \right]}$$

Жиілік  $f_1=10$  Гц болғанда және кернеу  $U_{1,f=20}=10+(220-10) \cdot (10/50)^2=18,4$  В тең болғанда сырғанауға байланысты моментті мына өрнек бойынша есептейміз:

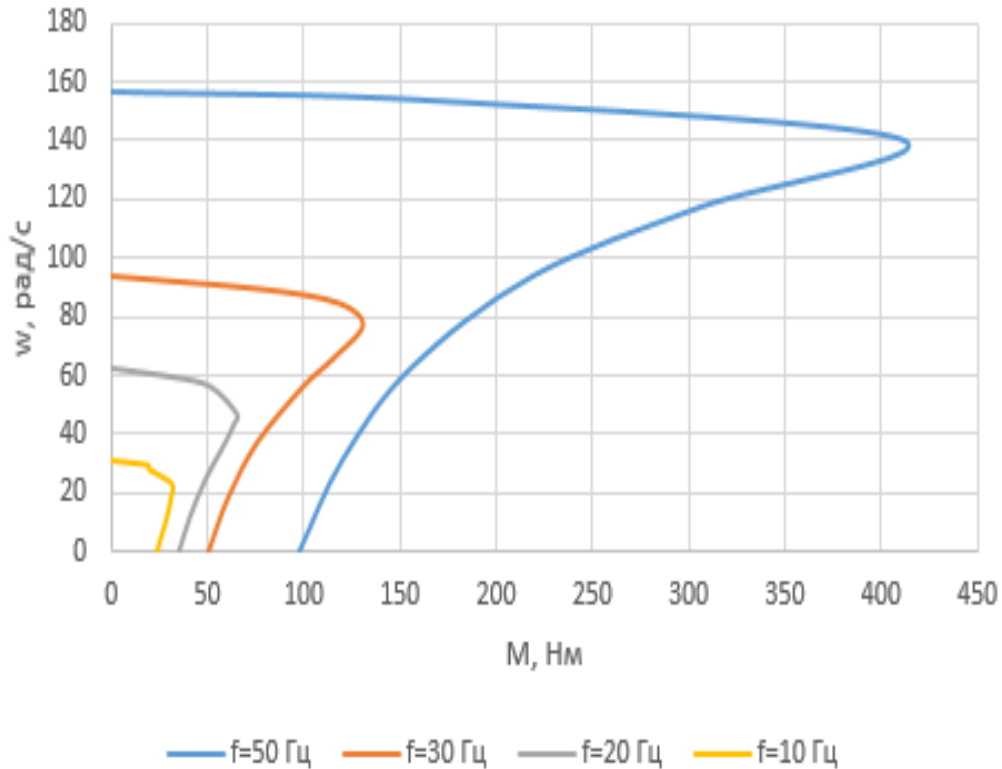
$$M_{30} = \frac{3 \cdot 18,4^2 \cdot 0,1122}{157 \cdot \frac{10}{50} \cdot s \cdot \left[ \left( 1,067 \cdot \frac{10}{50} \right)^2 + \left( 0,219 + \frac{0,1122}{s} \right)^2 + \left( \frac{0,219 \cdot 0,1122}{s \cdot 21,38 \cdot \frac{10}{50}} \right)^2 \right]}$$

Өртүрлі жиіліктер үшін есептеу нәтижелері 3.4 кестеде, ал сипаттамалар 3.4 суретте келтірілген.

3.4 кесте - Өртүрлі жиіліктер үшін есептеу нәтижелері

$f_{1н}=50$ Гц	s	0	0,05	0,1	0,166	0,3	0,4	0,6	0,8	1
	$\omega$ ,рад/с	94,2	89,5	84,8	77,4	65,9	56,5	37,7	18,8	<b>0</b>
$f_{1н}=30$ Гц	M,Нм	0	80,84	118,6	130,3	114,6	99,3	75,9	60,7	50,4
	s	0	0,05	0,1	0,234	0,3	0,4	0,6	0,8	1
$f_{1н}=50$ Гц	$\omega$ ,рад/с	62,8	59,7	56,5	47,1	44,0	37,68	25,2	12,56	<b>0</b>

$f_{11}=20\text{Гц}$	$M, \text{Нм}$	0	32,6	51,4	65,0	63,6	59,0	48,9	40,9	34,9
$f_{11}=50\text{Гц}$	$s$	0	0,05	0,1	0,367	0,4	0,6	0,8	0,9	1
$f_{11}=10\text{Гц}$	$\omega, \text{рад/с}$	31,4	29,8	28,3	23,55	19,15	12,56	6,28	3,14	0
	$M, \text{Нм}$	0	18,85	19,6	30,8	30,7	28,7	26,0	24,6	23,4



3.4 сурет - Электрқозғалтқыштың жасанды механикалық сипаттамалары

*Электр жетегінің энергетикалық көрсеткіштерін есептеу*

Номиналды режим кезіндегі толық қуат анықтаймыз:

$$\Delta P_H = P_H \left( \frac{1}{\eta_H} - 1 \right) = 22000 \cdot \left( \frac{1}{0.9} - 1 \right) = 2444,4 \text{ Вт}. \quad (3.17)$$

Қуат шығынының айнымалы құраушысын анықтаймыз:

$$\Delta P_{V.H} = M_H (\omega_0 - \omega_H) \cdot \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right) = 142,98 \cdot (157 - 153,86) \cdot \left( 1 + \frac{0,219}{0,1122} \right) = 1325,3 \text{ Вт} \quad (3.18)$$

Қуат шығынының тұрақты құраушысын анықтаймыз:

$$\Delta P_{CH} = \Delta P_H - \Delta P_{V.H} = 2444,4 - 1325,3 = 1119,13 \text{ Вт}. \quad (3.19)$$

Қуаттың шығының коэффициенті анықтаймыз:

$$a = \frac{\Delta P_{CH}}{\Delta P_{VH}} = \frac{1119,13}{1325,3} = 0,844. \quad (3.20)$$

Энергияның пайдалы мөлшерін (механикалық жұмыс) анықтаймыз:

$$A_2 = M_C \cdot \omega_C \cdot t_C = 142,98 \cdot 153,86 \cdot 1 = 21998,9, \quad (3.21)$$

мұндағы  $\omega_C$ ,  $t_C$  – бұрыштық жылдамдық және уақыт.

Энергия шығынының тұрақты құраушысы

$$\Delta A_C \approx \Delta P_{CH} \cdot \left( \frac{\omega_C}{\omega_H} \right)^2 \cdot t_C = 1119,13 \cdot \left( \frac{153,86}{157} \right)^2 \cdot 1 = 1074,8. \quad (3.22)$$

Тұрақталған режим кезіндегі ротордың келтірілген фазалық тогы:

$$I_2' = \frac{U_{1\phi}}{\sqrt{\left( R_1 + \frac{R_2'}{S_C} \right)^2 + (X_K)^2}} = \frac{220}{\sqrt{\left( 0,219 + \frac{0,1122}{0,02} \right)^2 + (1,067)^2}} = 37,12 \text{ A}. \quad (3.23)$$

Энергия шығынының айнымалы құраушысы

$$\Delta A_V = 3 \cdot [I_0^2 \cdot R_1 + (I_2')^2 \cdot (\sigma \cdot R_1 + R_2')] \cdot t_C \quad (3.24)$$

мұндағы  $\sigma$  – түзету коэффициенті

$$\sigma = 1 + \frac{2 \cdot I_0 \cdot X_K}{U_1} = 1 + \frac{2 \cdot 10,09 \cdot 1,067}{220} = 1,097; \quad (3.25)$$

$$\Delta A_V = 3 \cdot [10,09^2 \cdot 0,219 + 37,13^2 \cdot (1,09 \cdot 0,219 + 0,1122)] \cdot 1 = 1525,35.$$

Желіден тұтынылатын энергия анықтаймыз

$$A_1 = A_2 + \Delta A_C + \Delta A_V = 21998,9 + 1074,8 + 1525,35 = 24599,05. \quad (3.26)$$

Бір цикл ішінде реактивті қуаттың тұтынуылуын есептейміз:

$$\sum A_P = \sum_{i=1}^n 3 [I_0^2 \cdot (X_1 + X_{\mu}) + (I_2')^2 \cdot (X_1 + X_2')] \cdot t_{c,i} \quad (3.27)$$

мұндағы  $n$  – тұрақталған режим саны;

$X_\mu$  – қозғалтқыштың магниттеуші контурдың индуктивті кедергісі.

$$\Delta A_p = 3 \cdot [10,09^2 \cdot 21,38 + 37,13^2 \cdot 1,067] \cdot 1 = 10942,99.$$

Электрқозғалтқыштың энергетикалық (орташа мән) ПӘК:

$$\eta_\partial = \frac{\sum A_2}{\sum A_1} \cdot 100\% = \frac{21998,9}{24599,05} \cdot 100\% = 89,4\%, \quad (3.28)$$

мұндағы  $\sum A_2$  – кезеңдегі пайдалы энергияның жиынтық мөлшері;

$\sum A_1$  – кезеңдегі желіден тұтынылатын толық қуат;

Электрқозғалтқыштың энергетикалық орташа қуат коэффициенті:

$$\cos \varphi_\partial = \frac{\sum A_1}{\sqrt{(\sum A_1)^2 + (\sum A_p)^2}} = \frac{24599,05}{\sqrt{24599,05^2 + 10942,99^2}} = 0,913. \quad (3.29)$$

ПӘК пен қуат коэффициентінің есептік мәндері қозғалтқыштың каталогта келтірілген мәндерімен сәйкес келетіндігін көреміз.



## 4 Сорғыштың электр жетегінің құрылымдық сұлбасын құру және динамикалық режимдерді зерттеу

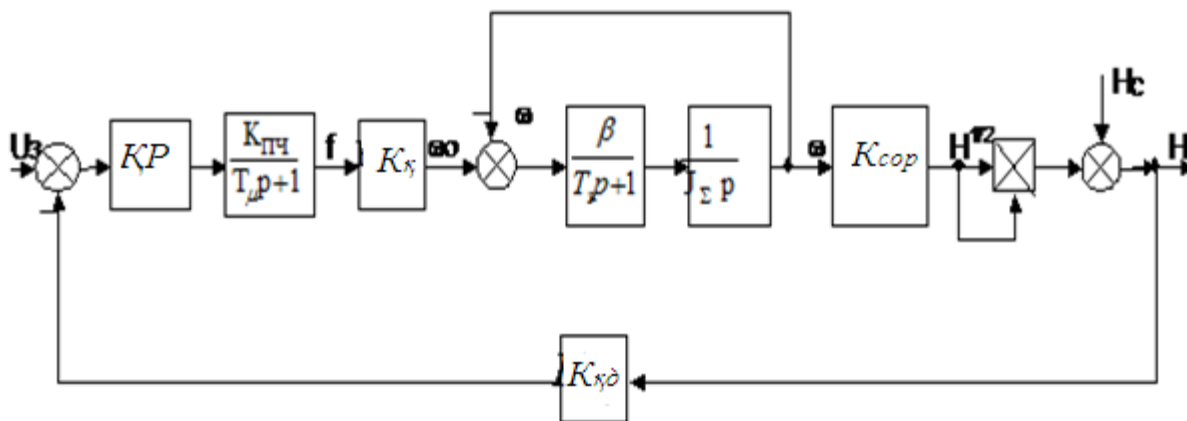
### 4.1 Реттелетін электр жетек жүйесінің құрылымдық сұлбасын құру

«Жиіліктік түрлендіргіш- асинхронды қозғалтқыш »жүйесіне қойылатын талаптар орындау оның элементтерінің статикалық сипаттамаларын және динамикалық қасиеттерін зерттей отырып, қажетті режимдерді қалыптастыру арқылы жүзеге асырылады [7].

Электр жетегінің динамикалық қасиеттері басқарушы мен қоздырушы әсерлер әрекет еткен кездегі өтпелі үрдістер арқылы анықталады . Реттегіштер қолдану арқылы қажетті статикалық сипаттамалар таңдалады.

ТЖТ-АҚ жүйесінің динамикалық сипаттамаларын анықтауды оның құрылымдық сұлбасын құрудан бастау керек. Жүйенің құрамына кіретін элементтердің әрқайсысын динамикалық буындар ретінде қарастырылады да, олардың беріліс функциялары анықталады, онан кейін құрылымдық сұлба құрылады [7].

Жобаланатын жүйе бір ғана сыртқы контуры (қысым контуры) бар бір контурлы жүйе болып табылады. Сорғыш қондырғының автоматтандырылған электр жетегінің жүйесінің құрылымдық сұлбасы 4.1 суретте көрсетілген.



4.1 сурет - Сорғыш қондырғының автоматтандырылған электр жетегінің жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Сұлбадағы белгілер:

$K_P$  – қысым реттегіш;

$K_{кд}$  – қысымның кері байланыс коэффициенті;

$K_к$  – қозғалтқыштың беріліс коэффициенті.

Қозғалтқыштың беріліс коэффициентін анықтаймыз:

$$K_к = \frac{2\pi}{p} = \frac{2 \cdot 3,14}{2} = 3,14 \quad (4.1)$$

Қысым бойынша кері байланыс коэффициенті мына өрнек арқылы есептелінеді:

$$K_{к\theta} = \frac{U_3}{H_H}. \quad (4.2)$$

#### 4.2 Асинхронды қозғалтқыштың математикалық моделі және құрылымдық сұлбасы

Асинхронды электр жетегінің құрылымдық сұлбасын құру үшін алдымен асинхронды қозғалтқыштың толық дифференциалдық теңдеулерін жазамыз.

Асинхронды қозғалтқыштың толық дифференциалдық теңдеулері мына түрде өрнектеледі [15]:

$$\left. \begin{aligned} U_{1u} &= i_{1u}R_1 + \frac{d\psi_u}{dt} - \omega_k\psi_{1\theta} \\ U_{1v} &= i_{1\theta}R_1 + \frac{d\psi_\theta}{dt} - \omega_k\psi_{1u} \\ 0 &= i_{2u}R_2 + \frac{d\psi_{2u}}{dt} - (\omega_k - \omega_{\text{эп}})\psi_{2\theta} \\ 0 &= i_{2\theta}R_2 + \frac{d\psi_{2\theta}}{dt} - (\omega_k - \omega_{\text{эп}})\psi_{2u} \\ M &= p_n L_{12}(i_{1\theta}i_{2u} - i_{1u}i'_{2\theta}) \\ \psi_{1u} &= L_1 i_{1u} + L_{12} i_{2u} \\ \psi_{1\theta} &= L_1 i_{1\theta} + L_{12} i_{2\theta} \\ \psi_{2u} &= L_2 i_{2u} + L_{12} i_{1u} \\ \psi_{2\theta} &= L_2 i_{2\theta} + L_{12} i_{1\theta} \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

Екі фазалы асинхронды қозғалтқыштың  $u$  мен  $v$  өстеріндегі математикалық моделі келесі түрде жазылады:

$$\left.
\begin{aligned}
\omega_k &= 0; \\
\bar{U}_1 &= \bar{i}_1 R_1 + \frac{d\bar{\psi}_1}{dt}; \\
0 &= \bar{i}_2 R_2 + \frac{d\bar{\psi}_2}{dt} - j\omega_{эл} \bar{\psi}_2; \\
\bar{M} &= p_n L_{12} \text{Im}(\bar{i}_1 * \bar{i}_2^*) = p_n L_{12} (i_{1\beta} i_{2\alpha} - i_{1\alpha} i_{2\beta}),
\end{aligned}
\right\} \quad (4.4)$$

$i_v, i_u$  – токтың құраушылары;

$\psi_v, \psi_u$  – ағын ілінісуі;

$R_1$  – статор кедергісі;

$M$  – қозғалтқыштың электромагниттік моменті ;

$L_1, L_2$  – статор мен ротордың фазалаырың индуктивтілігі;

$L_{12}$  – өзаралық индуктивтілігі;

$U_1$  – статордағы кернеуі.

Бұл модельдегі айнымалылар статор тогының жиілігімен өзгереді.

Екі фазалы асинхронды қозғалтқыштың  $\alpha$  мен  $\beta$  өстеріндегі математикалық моделі мына түрде жазылады:

$$\left.
\begin{aligned}
\frac{di_{1\alpha}}{dt} &= K_1(U_{1\alpha} - i_{1\alpha}R_1) + K_3i'_{2\alpha} + K_2e_{1\beta}; \\
\frac{di_{1\beta}}{dt} &= K_1(U_{1\beta} - i_{1\beta}R_1) + K_3i'_{2\beta} - K_2e_{1\alpha}; \\
\frac{di'_{2\alpha}}{dt} &= -K_2(U_{1\alpha} - i_{1\alpha}R_1) - K_5i'_{2\alpha} - K_4e_{1\beta}; \\
\frac{di'_{2\beta}}{dt} &= -K_2(U_{1\beta} - i_{1\beta}R_1) - K_5i'_{2\beta} - K_4e_{1\alpha}; \\
\frac{d\omega}{dt} &= \frac{1}{J}(M - |M_c|\text{sign}\omega); \\
M &= K_6(i_{\beta}i'_{2\alpha} - i_{1\alpha}i'_{2\beta}); \\
e_{1\alpha} &= \omega_{эл}(L_2i'_{2\alpha} + L_{12}i_{1\alpha}); \\
e_{1\beta} &= \omega_{эл}(L_2i'_{2\beta} + L_{12}i_{1\beta}); \\
\omega_{эл} &= p_n\omega,
\end{aligned}
\right\} \quad (4.5)$$

мұндағы

$$\begin{aligned}
K_1 &= \frac{L_2}{L_1L_2 - L_{12}^2}; \\
K_2 &= \frac{L_{12}}{L_1L_2 - L_{12}^2}; \\
K_3 &= K_2R'_2;
\end{aligned}$$

$$K_4 = \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2};$$

$$K_5 = K_4 R'_2;$$

$$K_6 = \frac{3}{2} p_n L_{12};$$

$$U_{1\alpha} = U_{1m} \cos[\phi_{эл}(t)];$$

$$U_{1\beta} = U_{1m} \sin[\phi_{эл}(t)];$$

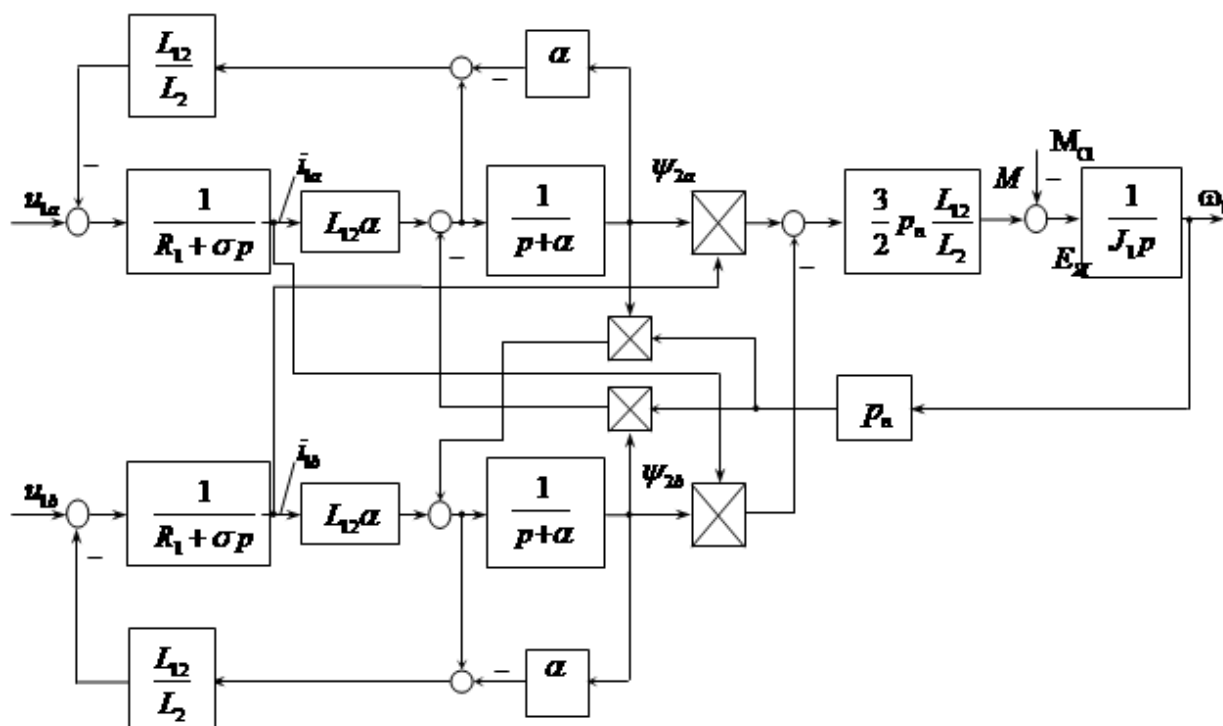
$$\phi_{эл} = 2\pi f_{1ном} \int \alpha(t) dt;$$

$$\alpha(t) = \frac{f_1(t)}{f_{1ном}},$$

мұндағы  $M$ ,  $M_c$  – қозғалтқыш моменті және сорғыштың кедергісінің статикалық моменті.

$J_\Sigma$  - механизм инерциясының суммарлық моменті.

$\alpha$  мен  $\beta$  өстеріне байланысты құрастырылған математикалық моделі негізіндегі екі фазалы асинхрондық қозғалтқыштың құрылымдық сұлба 4.2 суретте келтірілген.



4.2 сурет - Екі фазалы асинхрондық қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы

Жоғарыда көрсетілген қозғалтқыштың құрылымдық сұлбаның параметрлерін есептейміз.

Статордың индуктивтілігін табамыз:

$$L_1 = \frac{X_1 + X\mu}{2\pi f} = \frac{0,427 + 21,38}{314} = 0,069 \text{ Гн.}$$

Ротордың индуктивтілігін табамыз:

$$L_2 = \frac{X_2 + X\mu}{2\pi f} = \frac{0,64 + 21,38}{314} = 0,07 \text{ Гн.}$$

Өзіндік индукциясын табамыз:

$$L_{12} = \frac{21,38}{314} = 0,068 \text{ Гн.}$$

Статор тізбегінің эквивалентті индуктивтілігін және беріліс коэффициенттерін табамыз [15]:

$$L_3 = L_1 - \frac{L_{12}^2}{L_2} = 0,069 - \frac{0,068^2}{0,07} = 0,0029 \text{ Гн;}$$

$$K_1 = \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0,07}{0,069 \cdot 0,07 - 0,068^2} = 339,8 \frac{1}{\text{Гн}};$$

$$K_2 = \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0,068}{0,069 \cdot 0,07 - 0,068^2} = 330,1 \frac{1}{\text{Гн}};$$

$$K_3 = K_2 R_2 = 330,1 \cdot 0,1122 = 37,04 \frac{1}{\text{Гн}};$$

$$K_4 = \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \frac{0,069}{0,069 \cdot 0,07 - 0,068^2} = 334,9 \frac{1}{\text{Гн}};$$

$$K_5 = K_4 R_2 = 334,9 \cdot 0,1122 = 37,6 \frac{1}{\text{Гн}};$$

$$K_6 = \frac{3}{2} \cdot P_n L_{12} = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 0,068 = 0,204 \text{ Ом;}$$

$$R_3 = R_1 + R_2 \left( \frac{L_{12}^2}{L_2^2} \right) = 0,219 + 0,1122 \cdot \frac{0,068^2}{0,069^2} = 0,33 \text{ Ом;}$$

$$T_3 = \frac{L_3}{R_3} = \frac{0,0029}{0,33} = 0,00878 \text{ с;}$$

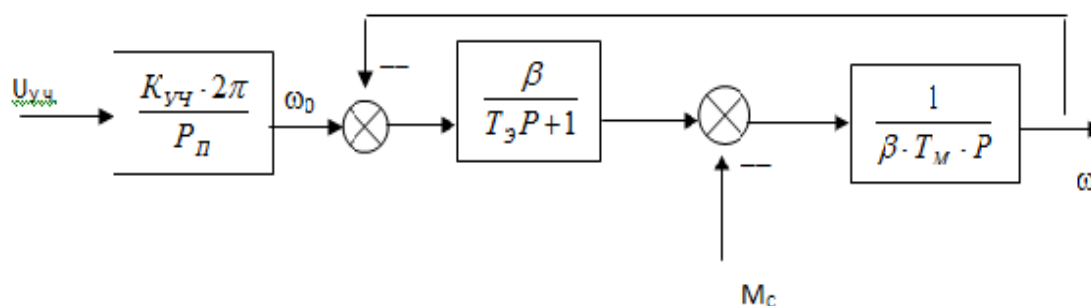
$$\Psi_1 = \frac{E_S \cdot \text{НОМ}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{НОМ}}} = \frac{217}{314} = 0,69 \text{ Вб.}$$

### 4.3 «Жиіліктік түрлендіргіш-асинхрондық қозғалтқыш» жүйесінің құрылымдық сұлбасы және оның параметрлерін есептеу

«ЖТ-АҚ» жүйесінің құрылымдық сұлбасы 4.3 суретте көрсетілген. Ол асинхрондық қозғалтқыш пен жиіліктік түрлендіргіштің динамикалық буындарының беріліс функцияларынан тұрады.

$$W_{\text{ПЧ}} = \frac{\omega_0(P)}{U_{\text{УЧ}}(P)} = \frac{K_{\text{УЧ}} \cdot 2\pi}{P_{\Pi}}, \quad (4.6)$$

мұндағы  $U_{\text{УЧ}}, K_{\text{УЧ}}$  – жиілікті басқару кернеуі және түрлендіргіштің күшейту коэффициенті.



4.3 сурет-«ЖТ-АҚ» жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Құрылымдық сұлбаның параметрлерін келесі формула бойынша есептейді:

$$\beta = \frac{2 \cdot M_K}{\omega_{\text{ОН}} \cdot S_K} \cong \frac{M_H}{\omega_{\text{ОН}} - \omega_H} = \frac{142}{157 - 153,86} = 45,22 \quad (4.7)$$

Уақыттың электрмагниттік тұрақтысын есептейміз:

$$T_{\text{э}} = \frac{1}{314 \cdot S_K} = \frac{1}{314 \cdot 0,14} = 0,0227 \quad (4.8)$$

Уақыттың механикалық тұрақтысын есептейміз:

$$T_M = J \frac{\omega_0}{M_{\text{max}}} = 0,19 \cdot \frac{157}{328,85} = 0,091 \quad (4.9)$$

#### 4.4 MatLab бағдарламасында электр жетектің виртуалды моделін құру және өтпелі үрдістерді зерттеу

MatLab жүйесі кең таралған, автоматтандырылған математикалық есептеулердің заманауи жүйесі болып табылады және электр жетегінің жүйесін зерттеуге кеңінен қолданылады [16].

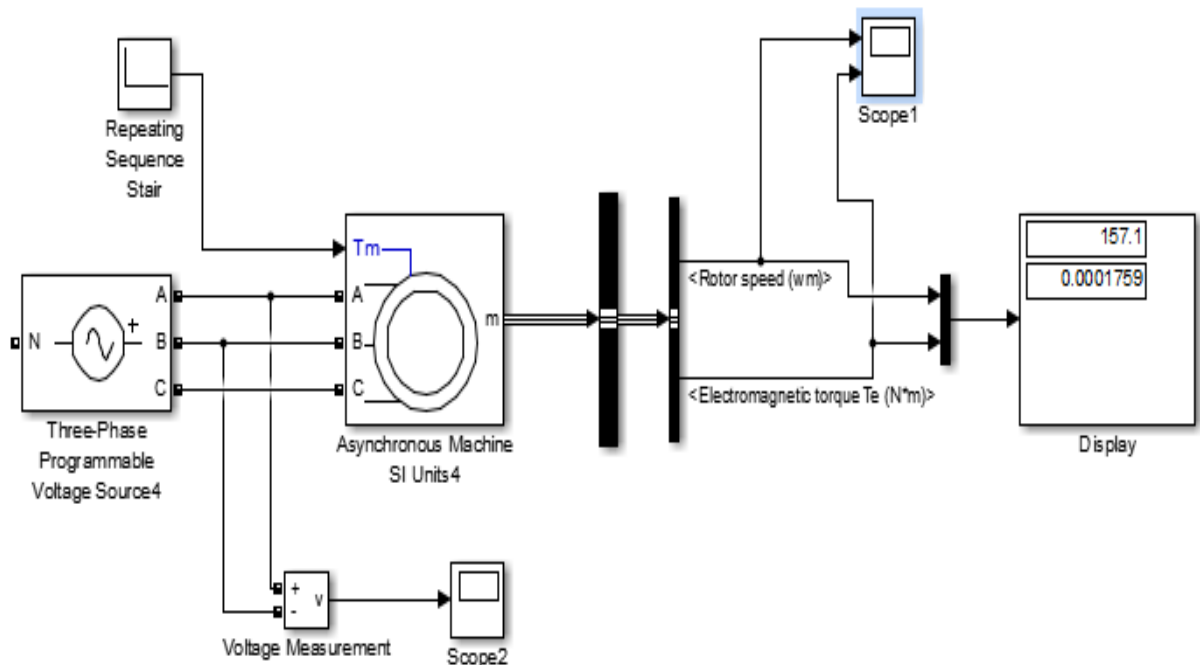
Simulink және Power System Blockset сияқты кеңейтілген пакеттер - электромеханикалық жүйелерді зерттеу кезінде өзінің қосымшаларымен бірге негізгі құрал ретінде есептелінеді және әртүрлі практикалық мәселерді шешуге қолданылады.

Simulink кітапханасы - виртуалды нысандарының жиынтығы болып табылады.

Электр қозғалтқышты зерттеу үшін алдымен ендіру терезесіне оның параметрлерін қою керек.

Зерттелетін виртуалдық моделге мынадай элементтер кіреді (4.4 сурет):

- Asynchronous Machine SI Unit - АИР 180 S4У3 қозғалтқышына сәйкес келетін асинхронды қозғалтқыштың дайын моделі
- 3-Phase Programmable Voltage Source – үш фазалы синусоидальды кернеу көзі;
- Three-Phase V-I Measurement – желідегі тоқ пен кернеуді өлшеу үшін қолданылатын үшфазалы мультиметр болып табылады;



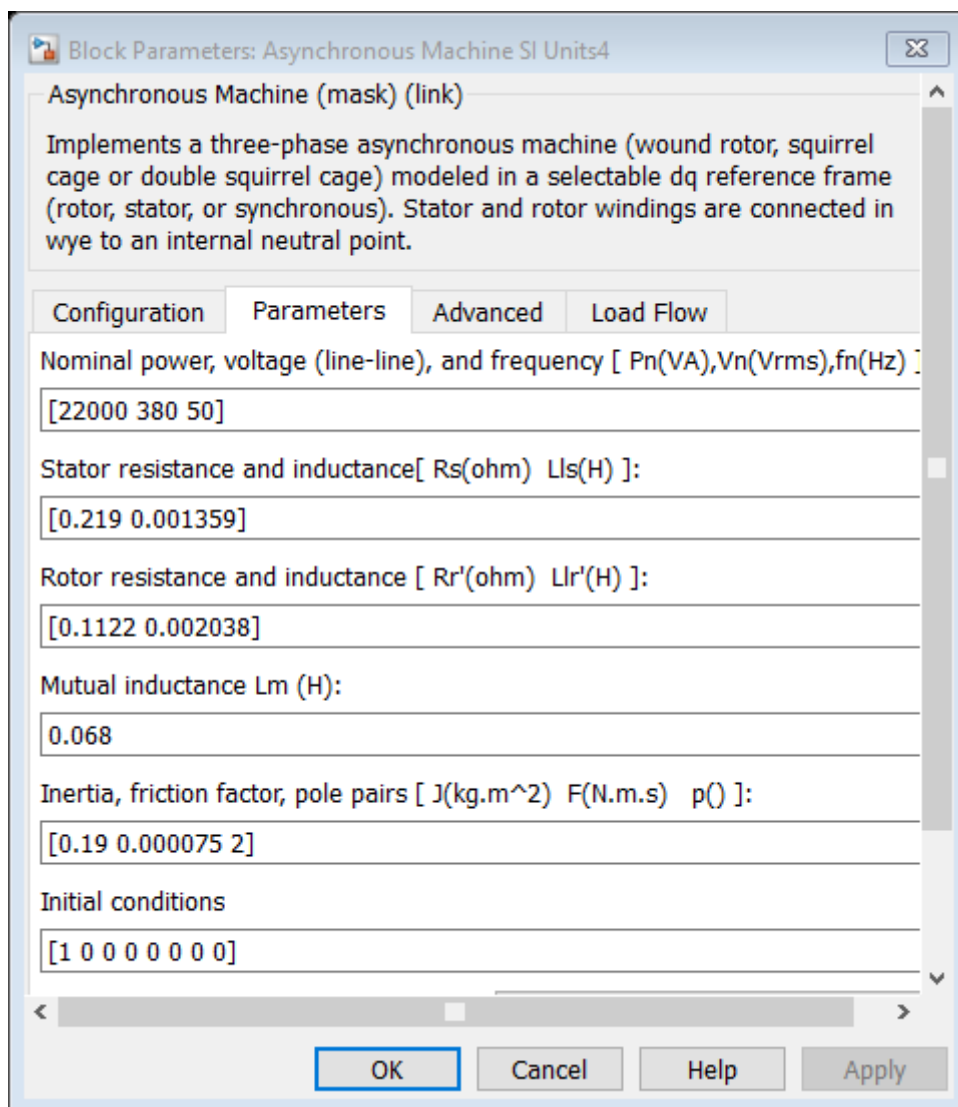
4.4 сурет - MatLab 6.5 бағдарламалық пакетінде жасалған қозғалтқыштың виртуалды моделі

- 2 элементтік Score – біліктегі момент пен қозғалтқыштың роторының айналу жиілігінің уақытқа тәуелді өзгеруін және, сонымен қатар, желідегі ток пен кернеудің графигін көруге мүмкіндік беретін осциллограф;

- 2 элементтік Display – параметрлердің тұрақталған мәнін білуге арналған аспап;

- Timer – белгілі бір уақыт сәттерінде қозғалтқыш білігіне жүктеме беруді және ол жүктемені алып тастауды жүзеге асыратын элемент.

Ендіру терезесіне таңдалған қозғалтқыштың номиналдық құжаттық параметрлерін ендіреміз (4.5 сурет).

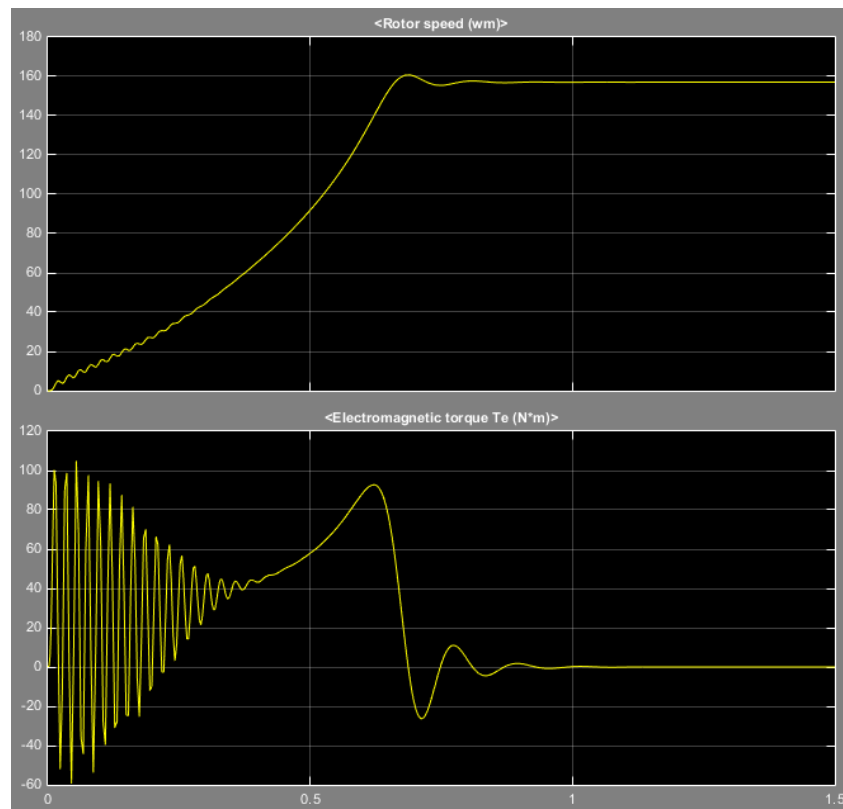


4.5 сурет - Ендіру терезесіне қозғалтқыштың құжаттық параметрлерін ендіру

Қозғалтқышты іске қосу режимімін үш түрлі жиілікте, яғни  $f_1=50$  Гц,  $f_2=30$  Гц,  $f_3=15$  Гц болған кезде қарастырамыз.

4.6 суретте электрқозғалтқышының  $f=50$  Гц  $U_n = 220$  В және жүктемесіз қосылған кезінде жылдамдық мен моменттің өтпелі сипаттамасы көрсетілген.





4.6 сурет – Жүктеме қосылмаған және  $f=50$  Гц  $U_{\phi}=220$  В кезіндегі өтпелі сипаттама

Өтпелі үрдістің ұзақтығы  $t_n=0,5$  с тең. Тұрақталған режимде қозғалтқыштың айналу жылдамдығы:  $w_h=157$  рад/с тең.

4.7 суретте  $f=50$  Гц, 30 Гц, 20 Гц, 15 Гц жиіліктер кезінде жүктемесіз қосылған қозғалтқыштың айналу жылдамдығы мен моментінің өзгеру динамикасы көрсетілген.

$f=30$  Гц жиілікте өтпелі процесс уақыты  $t_n=0,55$  с құрады. Орныққан режимінде қозғалтқыштың айналу жылдамдығы:  $w_h=95$  рад/с тең.

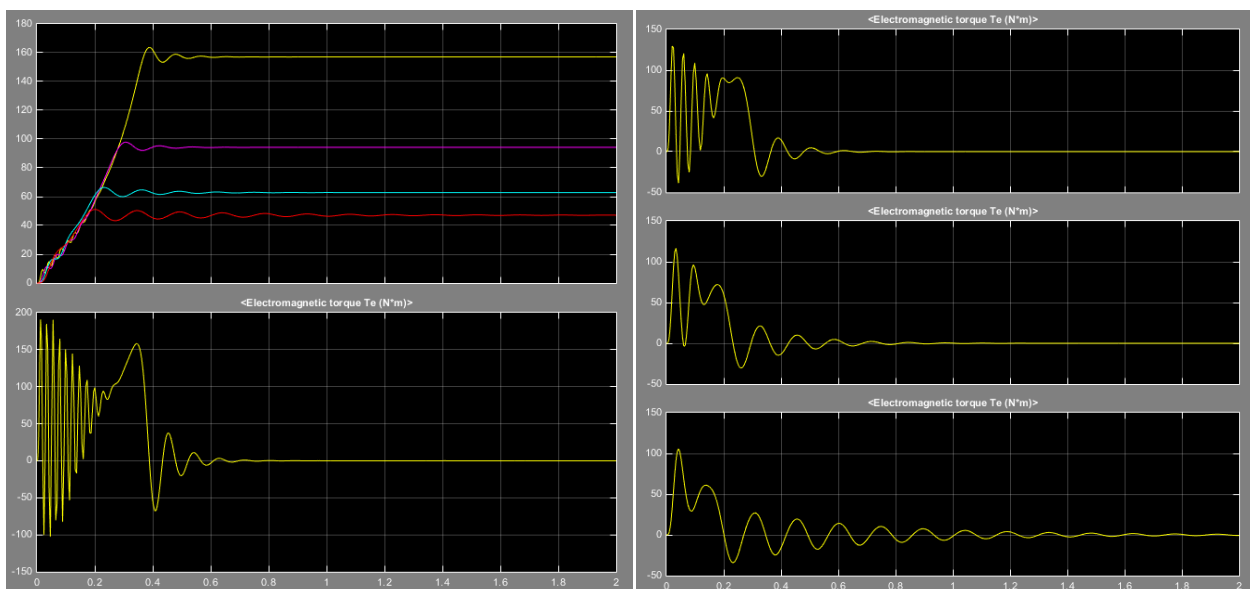
$f=20$  Гц жиілікте өтпелі процесс уақыты  $t_n=0,58$  с құрады. Орныққан режимінде қозғалтқыштың айналу жылдамдығы:  $w_h=64$  рад/с тең.

$f=15$  Гц жиілікте өтпелі процесс уақыты  $t_n=0,8$  с құрады. Орныққан режимінде қозғалтқыштың айналу жылдамдығы:  $w_h=47$  рад/с тең.

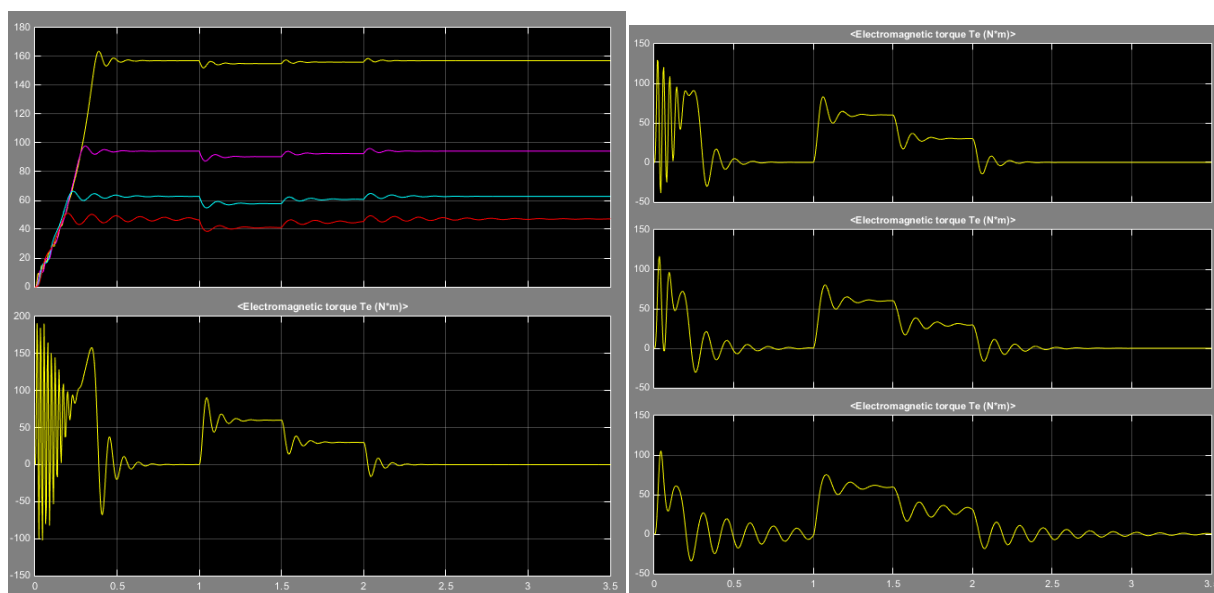
4.8 суретте  $f=50$  Гц, 30 Гц, 20 Гц, 15 Гц жиіліктер кезіндеі степ тұрған қозғалтқышқа  $M=60$  Нм жүктеме түсіріліп, әрбір 0,5 с сайын жүктемені 30 Нм азайтып отырған кездегі өтпелі үрдіс сипатталған.

$f=50$  Гц жиілікте жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу ұзақтығы  $t_n=0,2$  с құрап, айналу жылдамдығы  $w_h=155$  рад/с құрады. Жүктеме толық алынғаннан кейін айналу жылдамдығы  $w_h=157$  рад/с тең болды.

$f=30$  Гц жиілікте жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу уақыты  $t_n=0,3$  с құрап, айналу жылдамдығы  $w_h=90$  рад/с құрады. Жүктеме толық алынғаннан кейінгі өтпелі процесс уақыты  $t_n=0,3$  с құрап, айналу жылдамдығы  $w_h=95$  рад/с тең болды.



4.7 сурет -  $f=50$  Гц,  $30$  Гц,  $20$  Гц,  $15$  Гц жиіліктер кезінде жүктемесіз қосылған қозғалтқыштың айналу жылдамдығы мен моментінің өзгеру динамикасы



4.8 сурет -  $f=50$  Гц,  $30$  Гц,  $20$  Гц,  $15$  Гц жиіліктер кезіндегі істеп тұрған қозғалтқышқа  $M=60$  Нм жүктеме түсіріліп, әрбір  $0,5$  с сайын жүктемені  $30$  Нм азайтып отырған кездегі өтпелі үрдіс сипаты

$f=20$  Гц жиілікте жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу ұзақтығы  $t_n=0,25$  с құрап, айналу жылдамдығы  $\omega_n=61$  рад/с құрады. Жүктеме толық алынғаннан кейін айналу жылдамдығы  $\omega_n=64$  рад/с тең болды.

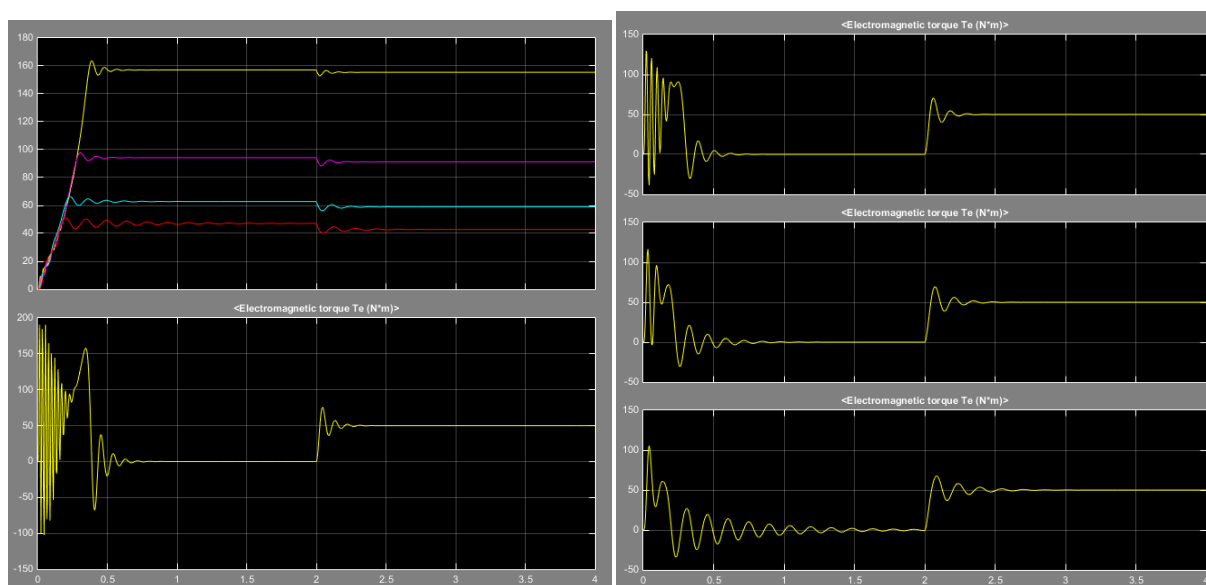
$f=15$  Гц жиілікте жүктеме берілген кездетұрақталған режимгекөшу уақыты  $t_n=0,45$  с құрап, айналу жылдамдығы  $\omega_n=45$  рад/с құрады. Жүктеме толық алынғаннан кейін айналу жылдамдығы  $\omega_n=47$  рад/с тең болды.

4.9 суретте  $f=50$  Гц, 30 Гц, 20 Гц, 15 Гц жиіліктер кезінде істеп тұрған қозғалтқышқа  $M=50$  Нм жүктеме берген кездегі өтпелі үрдіс сипатталған.  $f=50$  Гц жиілікте  $M=50$  Нм жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу ұзақтығы  $t_n=0,20$  с құрап, айналу жылдамдығы  $\omega_h=155,8$  рад/с құрады.

$f=30$  Гц жиілікте  $M=50$  Нм жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу ұзақтығы  $t_n=0,25$  с құрап, айналу жылдамдығы  $\omega_h=89$  рад/с құрады.

$f=20$  Гц жиілікте  $M=50$  Нм жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу ұзақтығы  $t_n=0,35$  с құрап, айналу жылдамдығы  $\omega_h=58$  рад/с құрады.

$f=15$  Гц жиілікте  $M=50$  Нм жүктеме берілген кезде тұрақталған режимге көшу ұзақтығы  $t_n=0,5$  с құрап, айналу жылдамдығы  $\omega_h=42$  рад/с құрады.



4.9 суретте  $f=50$  Гц, 30 Гц, 20 Гц, 15 Гц жиіліктер кезінде істеп тұрған қозғалтқышқа  $M=50$  Нм жүктеме берген кездегі өтпелі үрдіс сипаты

Виртуалды моделде жүргізілген зерттеулер әртүрлі режимдер кезіндегі өтпелі үрдістердің талдауға мүмкіндік беретіндігін және электр жетекке қойылатын талаптарды (артық реттеу 5% аспайды) қанағаттандыратындығын көрсетті.

## **5 Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімі**

Бүгінгі күні әр түрлі бағалаулар бойынша барлық өндірілетін электр энергиясын әлемдік тұтынудың 20-25% - на дейін сорғы жабдықтарына келеді. Сорғыларды пайдалану шығындарының 85% - ға дейін электр энергиясына шығындар құрайды.

ТКШ ұйымдары үшін энергия тұтынуды төмендету басым міндет болып табылатындықтан, су құбыры канализациялық шаруашылықтың экономикалық тиімділігі тұтастай алғанда сорғы жабдығын пайдаланумен тікелей байланысты.

Елді мекендер мен өндірістік объектілердің сумен жабдықтау және кәріз жүйелерінде жалпы энергия тұтынуда 90% - дан астамын табиғи, ауыз су, өндірістік және сарқынды суларға, реагенттер мен ауаны беруге арналған сорғы жүйелері құрайды. Электр, газ және мұнай бағасының тез өсуіне байланысты барлық елдерде сумен жабдықтау және кәріз жүйелерінің, сондай-ақ олардың элементтерінің энергетикалық тиімділігін арттыру мәселелері өткір тұр.

Қазіргі уақытта қалыптасқан тәжірибе сорғы жабдықтарын тиімсіз пайдалану туралы куәландырады. Сумен жабдықтау объектілерін жаңғырту немесе сорғы жабдығын ауыстыру кезінде басты мақсаттардың бірі болып табылатын энергия тұтынуды төмендету ең алдымен оңтайлы энергия тұтыну режимінде жұмыс істейтін жүйе мен сорғылардың келісілген жұмысын қамтамасыз ету жолымен шешіледі.

Менің дипломдық жұмысымның тақырыбы сүт фермасының сумен жабдықтау жүйесіне арналған сорғы қондырғысының электржетегін жаңғырту проблемасын қозғайды.

### **5.1 Еңбектің талдау шарттары**

Еңбек процесінде адамға өндірістік ортаның әртүрлі факторлары әсер етеді, олар жиынтығында еңбек жағдайының жай-күйін анықтайды және топтар бойынша бөлінеді: техникалық, эргономикалық, санитарлық-гигиеналық, ұйымдастырушылық, психофизиологиялық, әлеуметтік, табиғи-климаттық, экономикалық.

Еңбек жағдайлары еңбек өнімділігі мен нәтижелеріне, қызметкерлердің денсаулық жағдайына әсер етеді. Қолайлы жағдайлар жалпы, адамның көңіл-күйін жақсартады, жоғары өнімділікке алғышарттар жасайды және керісінше, нашар жағдайлар еңбек қарқындылығы мен сапасын төмендетеді, өндірістік жаракаттану мен аурулардың туындауына ықпал етеді.

Бұл жағдайда, электр стансасында келесі зиянды факторлар әсер етуі мүмкін: жоғары діріл; шудың жоғары деңгейі; табиғи жарықтың жетіспеушілігі; микроклимат.

Фермада өткізілген ауыл шаруашылығы жұмысшыларының еңбек жағдайларын талдау келесі жағымсыз факторларды анықтады. Өткен

жылдары болған қолайлы әлеуметтік-тұрмыстық жағдайлардың бұзылуы өндірістік ахуалға қолайсыз әсер етті. Соңғы бес жылда фермада жұмыс істейтін себезгі бөлмелері мен демалыс бөлмелері жарамсыз болып, желдету жүйесі жарамсыз болып қалды. Соңғы уақытқа дейін фермада электр жабдықтарын апаттық жұмыс режимінен қорғаудың техникалық құралдары, сондай-ақ электр тогының зақымдануынан қорғау құралдары іс жүзінде болмаған. Шаруашылықтың ауыр қаржылық жағдайына байланысты жұмысшылар арнайы киіммен және жеке қорғаныс құралдарымен жеткілікті қамтамасыз етілмеген. Әсіресе ауыр жағдайларда мал азығын тарататын жұмысшылар және бұзау орындарында жұмысшылар бар. Еңбекке ақы төлеудің төмендігі салдарынан еңбек және атқару тәртібі төмен.

Еңбек қорғау және өндірістік санитария нормаларына сәйкес, қызметкерлердің денсаулығына теріс әсер ететін факторлар қауіпті және зиянды болып бөлінеді.

#### 5.1 кесте – Фермадағы жұмыс кезіндегі қауіпті және зиянды факторлар

№ n/n	Фактордың категориясы және факторы	Әрекет ету орны	Салдары
1	Тізбектегі жоғарғы кернеу тұйықталған кезде адам арқылы өтеді	Жарықтандырушы, күштік щиттер 0,38 кВ	Электрмен зақымдану
2	Қауіпті электрлік доға	Щит 0,4 кВ	Күйіктер
3	Қауіпті қондырғының қозғалатын бөліктері	Электр жетектері	Механикалық зақымдану
4	Зиянды төмендетілген температура, ылғалдық, ауа	Ферма ғимараты	Организімнің қатты суықтап қалуы
5	Зиянды: жұмыс орнының жеткілісіз жарықтандырылуы	Ферма ғимараты	Травматизмнің қауіптілігі, шаршау
6	Шаң тозаң, қатты өртенетін материалдар	Жем беру цехы	Өрт

Сорғы қондырғылары шу көзі болып табылады.

Жұмыс орындарындағы октавалық жиілік жолақтарындағы және дыбыс деңгейлеріндегі қысым шуының рұқсат етілген деңгейлері 6.2-кестеде келтірілген.

Шудың рұқсат етілген деңгейін қамтамасыз ету үшін келесі қауіпсіздік шаралары қолданылады:

- шуға қауіпсіз техниканы әзірлеу;

- ұжымдық қорғану құралдары мен әдістерін қолдану;
- жеке қорғану құралдарын қолдану.

5.2 кесте - Октавалық жолақтардағы дыбыс қысымының рұқсат етілген деңгейлері

Жұмыс орны	Дыбыстық қысымның деңгейі дБ,								Дыбыс деңгейі, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Тұрақты жұмыс орны	95	87	22	78	75	73	71	69	80

Сорғы стансасының үй - жайларының жарықтандырылуы жүргізілетін жұмыс түріне сәйкес болуы тиіс: басқару пульті бар үй - жайда-орташа дәлдіктегі көру жұмысында, ал басқа үй-жайларда-дәлдігі аз үй-жайларда. Сонымен, орташа дәлдіктегі көру жұмыстарына арналған жасанды жарықтандыру 400 лк, ал аз дәлдіктегі көру жұмысына арналған 150 лк құрайды.

Электржабдықтарға және технологиялық желілерге қызмет көрсету бойынша жұмыстарды орындау кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін қажетті іс-шаралар тізімін әзірлейміз.

Ферманың қызметкерлеріне техника қауіпсіздігі жөніндегі нұсқаулық

1. Машиналарда немесе механизмдермен жұмыс істеуге қондырғылардың құрылғысы мен жұмыс принципін білетін, қауіпсіз жұмыс ережелерін оқыған және жұмыс орнындағы қауіпсіздік техникасы бойынша нұсқамадан өткен адамдар жіберіледі.

2. Электр қондырғыларына қызмет көрсетуге электр қауіпсіздігі бойынша 2 - ден төмен емес біліктілік тобы бар және жұмыс орнында электр қауіпсіздігі бойынша нұсқамадан өткен жұмысшылар жіберіледі.

3. Электр қондырғыларын жұмысқа қосар алдында жерге тұйықтау өткізгіштерінің жарамдылығына және олардың жерге тұйықтағышпен тиісінше қосылғанына көз жеткізу керек.

4. Жабдықтар мен механизмдерді жөндеу және қызмет көрсету жөніндегі жұмыстар электр желісінен толық ажыратылғаннан кейін ғана жүргізілуі тиіс.

5. Электр жабдықтарын жөндеу және қызмет көрсету бойынша жұмыстарды екі жұмысшы тобы жүргізеді, оның біреуі 3-тен төмен емес электр қауіпсіздігі бойынша рұқсат тобы болады.

## **5.2 Электр жетекті пайдаланғанда техника қауіпсіздік ережелерін сақтау**

Электр қауіпсіздік мәселесінің дұрыс шешілуі адамның электр энергияны әртүрлі жағдайларда қауіпсіз қолдануымен қамтамасыз етіледі.

Электр қондырғылардың транспорттағы және транспорттық құрылыстағы біршама белігі шаң - тозаң, дымқыл және ылғал атмосфералық шықтың әсерлеріне ұшырайтын қолайсыз жағдайларда жұмыс істейтінін ескеруіміз қажет. Аталған жағдайлар адамдарды электр тогымен зақымдану қауіпінің дәрежесін жоғарлатады. Сондықтан, электр тогын түрлендіру, тұтыну және электр жабдықтаулармен байланысты жұмыстардың жүргізілуі электр қауіпсіздік ережелерін нақтырақ білуді қажет етеді.

Электрмен зақымданудың пайда болуының негізгі себептері:

-кернеуі бар (жалаңаш сымдар, лампалы патрондардың қысқыштары және т.б.) ток өткізгіш желіге жанасуы;

-оқшаулама зақымдануы кезіндегі кернеу астында қалған электр қондырғысының және электр тораптарының конструктивті бөліктеріне жанасуы (мысалы, корпусқа тұйықталған электр қозғалтқыш корпусына жанасуы т.б.);

-жерге тұйықталған жерге жақын орналасуы (мысалы, жерде жатқан немесе жерге жанасқан үзілген сымға жақын); кездейсоқ кернеу астында қалған металл заттарға жанасуы (мысалы, потенциал пайда болған ғимараттағы дымқыл қабырғалары).

Электр тогымен зақымданудың ерекшеліктері бар:

- қауіп төнген жағдайда адам сезім мүшелерімен (көру, есту, сезу) алдын - ала анықтай алатын, сыртқы көрсеткіштердің жоқтығы;

- электр зақымданудың нәтижелері көп жағдайларда еңбекке қабілетсіз болып қалуы;

- адамның ток өткізгіш бөліктерінен болатын қауіп (6-10 мА өлшеміндегі жиілікті тогы бұлшықеттердің қарқынды түйілуін қоздыруы мүмкін).

Электр тогы ағза арқылы өткенде, келесі әсерлері бар:

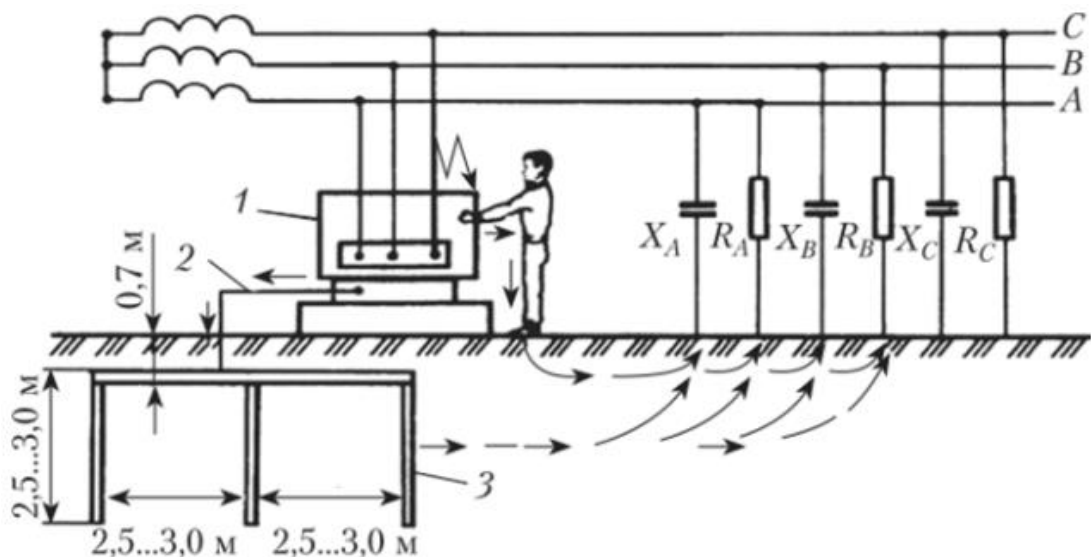
- термиялық (күйіктер, қан тамырларының қызуы мен зақымдануы);

- электролиттік (қан құрамының бұзылуы мен шіруі, адам ағзасының жасушасының жарылуы);

- биологиялық (ағзадағы биоэлектрлік процесстердің бұзылуы салдарынан жүрек және өкпе бұлшық етінің еріксіз түйілуімен қатар жүретін, ішкі биоэлектрлік процесстердің бұзылуы, тірі ағзалардың козуы мен тітіркенулері);

- механикалық (сүйектер, қан тамырлары мен жүйкелердің жарылуы).

Электр қондырғыларды қолданудағы аталған немесе одан өзгеше техникалық құралдар түрлерін қолдану қажеттілігі, электр қондырғыларды орнату ережелерінде және тұтынушылармен электр қондырғыларды қолдану ережелерінде көрсетілген. Соған қарамастан, қауіпсіздікті қамтамасыз ету жобалау кезеңінде талқыланады; МЕСТ 2.119-73 талабына сай, эскиз жоба кезеңінде қауіпсіздікті қамтамасыз ететін жобаланытын объектінің бағдарламасы жасалып шығарылуы қажет.



1-электр қондырғысы; 2-жерлендіруші өткізгіш; 3-жерлендіруші  
5.1 сурет – Электр қондырғыны қауіпсіз жерге тұйықтау

### 5.3 Өрт қауіпсіздігі

Техникалық қызметтерде қолданылатын құрылғылардың әртүрлі жағдаймен бұзылуынан, әртүрлі элементтердің қызуынан, электрлік ұшқындармен доғаның әсерінен өрт пайда болуы мүмкін. Өрт қауіпсіздігі бойынша өндіріс В деңгейіне жатады.

Өрт қауіпсіздігі үшін оқшауланған электрлік сымдарды қолдану қажет және басқару құрылғылары қорғалған түрде жасалуы керек. Қондырғылар тұрған жерде жанатын заттардың мөлшері мүмкіншілігінше аз болуы қажет және өртке төзімділік шаралары қатаң қадағаланып, сақталуы қажет.

Өрттен сақтайтын құрылғыларды қолданып және өрт туралы хабарландыратын құрылғыларды қолданып, өрт қорғанысын ұйымдастыру қажет. Өрт қауіпсіздігінде маңызды шаралар бірі ұйымдастыру шарасы болып табылады. Оларға ұйымдастыру шаралары, жұмысшылар мен қызметшілерді өрт қауіпсіздігіне үйрету шаралары жатады.

Өрттің пайда болуын алдын алу үшін барлық жұмыскерлер өрт қауіпсіздігі ережелері мен қауіпсіздіктің нұсқалармен танысуы қажет. Жұмыскерлер ішінен өрт қауіпсіздігіне жауапты адамдар тағайындалуы қажет. Өрт болған жағдайда жұмыскерлерді қауіпсіз жерге шығыру қажет.

Қоршаулар мен қабырғалар өртке төзімді болуы керек. Өртті сөндіру құрылғысы ұнтақ, аэрозоль және көмір қышқыл түріндегі өрт сөндіргіштермен жабдықталған. Өрт болған жағдайда ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 типті өрт сөндіргіштерін қолданған ыңғайлы, себебі олардың көмегімен өрт сөндірушілер келгенге дейін өрт ошағын залалсыздандыруға болады.



### 5.3 кесте - Ғимаратты жылжымалы өрт сөндіргіштермен жабдықтау нормалары

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

Кесте бойынша:

Әр түрлі класстағы өрттерді сөндіру үшін ұнтақты өрт сөндіргіштер тиісті зарядтарға ие болуы тиіс: А класы үшін - ABC(E) ұнтағы; В, С және (E) класстары үшін - BC(E) немесе ABC(E) және D класы үшін - D.

Ғимараттың өрт қауіпсіздігі келесі өртке қарсы іс-шаралармен қамтамасыз етіледі:

- статикалық зарядтарды алу үшін, барлық металл құрылымдарды жерге қосу;

- найзағайдан қорғау құрылғысымен;

- ЖҚБ қорғаныстық ажырату құрылғыларын қолдану.

Өрт гидранттары мен өрт крандары, сондай-ақ су құбырының зақымдалған учаскелерін ажыратуға арналған ысырмалар, әдетте, ғимараттың бұзылуы кезінде білмейтін аумақта орналасуы керек.

Сыртқы өрт сөндіруге арналған судың есептік шығыны 20,4 л/с құрайды. Трансформаторлық қосалқы станция мен ТҚ-В жерге қосу құрылғысы 6 және 0,4 кВ кернеулерге арналған жалпы қабылданған.

Жерге қосу құрылғысы жер деңгейінен 0,7 м тереңдікте төселетін, бір-бірімен 4x40мм болат жолақпен байланысқан, ұзындығы 3 м 50x50x5 бұрыштық болаттан жасалған тік электродтардан орындалады. Қосалқы станция және ТҚ-бкВ үй-жайларында жерге тұйықтау магистралі ретінде барлық тіректік құрылымдар қолданылады, олар тұйіскен жерлері мен бүйірлерінде өзара және жерге тұйықтау құрылғысымен 4x25мм Болат жолақпен жалғалуы тиіс.

Трансформаторлық қосалқы станциядағы БЖҚК ұяшықтарын, ТКТҚ шкафтарын жерге қосу оларды тіректік металл құрылымдарына

дәнекерлеумен жүзеге асырылады. Электр қозғалтқыштардың корпустары, қалқандардың, шкафтардың қаңқалары, кабельдік құрылымдар жерге тұйықтау желісіне теңестіру үшін, жерге тұйықтау желісімен ғимаратқа кіретін құбырларға қосылады.

#### 5.4 Суды тазартатын аппаратқа есептеме жүргізу

Мал шаруашылығы фермаларының жұмыс істеу процесінде органикалық және органикалық емес заттардан тұратын сарқынды сулар пайда болады. Бұл ағындар қоршаған ортаға айтарлықтай қауіп төндіреді, санитарлық-эпидемиологиялық жағдайға теріс әсер етеді, сондықтан қолданылып жүрген талаптар мен нормаларға сәйкес, төгу алдында міндетті түрде тазартылуы тиіс. Ферма канализациясынан ағынды сулар кәріз сорғы станциясына түседі, одан бірінші кезекте механикалық тазалауға арнайы резервуарлар-құм бөлгіштерге жіберіледі, онда қатты қосуларды ажыратады.

Гидроциклондар артықшылығы шағын өлшемдер, жұмыс тиімділігі, күрделі емес конструкция және аппараттарды бір үлкен кешенге біріктіру мүмкіндігі болып табылады.

Өндірістік ағынды суларды тазалау үшін, ашық гидроциклонның геометриялық өлшемдерін есептеу. Ағынды суларды қатты қоспалардан тазарту үшін, ортадан тепкіш күштердің әсер ету жолында ашық және арынды гидроциклондар қолданылады. Ашық гидроциклондар ағынды сулардан ірі қатты бөлшектерді тұндыру жылдамдығы 0,02 м/с бөлу үшін қолданылады. Өнімділігі ашық гидроциклондардың артықшылықтары-үлкен өнімділік және 0,5 кПа аспайтын арынды аз жоғалту.

#### 5.4 кесте - Берілгендері

Есептеуге бірлгендер	
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,0524
$C_{ВХ}, \text{ кг}/\text{м}^3$	1,21
$\rho_{ч}, \text{ кг}/\text{м}^3$	8350
$\rho_{ж}, \text{ кг}/\text{м}^3$	1000
$d_{ч}, \text{ м}$	0,00012
$K$	1,21
$\mu_{ж}, \text{ Па} \cdot \text{ с} (\text{ Н} \cdot \text{ с}/\text{ м}^2)$	0,00102

Ашық гидроциклонның қималық ауданы келесі формуламен анықталады:

$$S = \frac{Q}{q}, \quad (5.1)$$

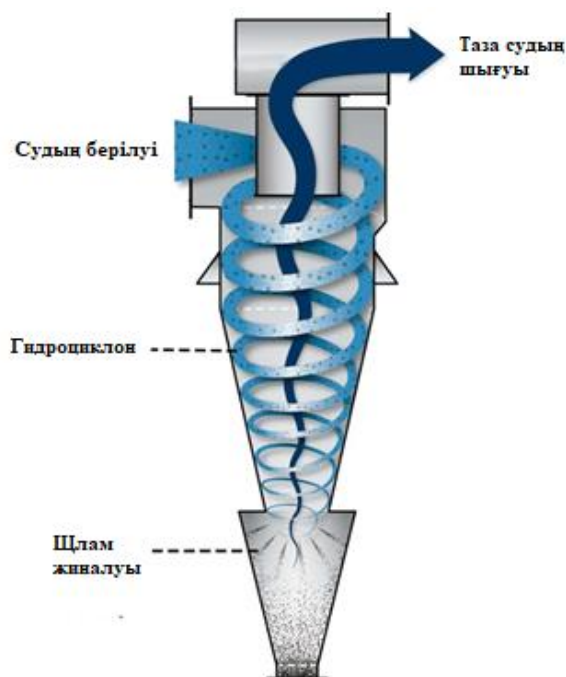
$$S = \frac{0,0524}{0,244} = 0,214.$$

бұл жердегі  $S$  - ашық гидроциклонның қималық ауданы,  $m^2$ ;  
 $Q$  – аорты услады макси-моды шины,  $m^3/c$ ;  
 $q$  – гидроциклонның меншікті гидравликалық жүктемесі,  $m^3/(m^2c)$ ,

$$q = 3,6 \cdot K \cdot W_0, \quad (5.2)$$

$$q = 3,6 \cdot 1,21 \cdot 0,056 = 0,244.$$

мұндағы  $K$ -бөлінетін бөлшектердің пішіні мен бетінің жай-күйін сипаттайтын коэффициент);



5.2 сурет – Гидроциклонның жалпы көрінісі

$W_0$ -сұйықтықта қатты бөлшектердің тұндыру жылдамдығы,  $m/c$ :

$$W = \frac{9,8 \cdot d_{ч} \cdot \rho_{ж} \cdot \rho_{ч}}{\mu_{ж}}, \quad (5.3)$$

$$W = \frac{9,8 \cdot 0,00012 \cdot 8350 \cdot 1000}{18} = 0,056.$$

мұндағы  $g = 9,81$  – құлаудың үдеуі,  $m/c^2$ ;

$d_{\text{ч}}$  – қатты бөлшектердің диаметрі, м;  
 $\rho_{\text{ч}}$  – бөлшектердің тығыздығы, кг/м;  
 $\rho_{\text{ж}}$  – сұйықтың тығыздығы, кг/м;  
 $\mu_{\text{ж}}$  - сұйықтың динамикалық тұтқырлығы, Па·с ( $\text{Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ ).  
 Гидроциклонның диаметрі:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}, \quad (5.3)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,214}{3,14}} = 0,519.$$

мұндағы  $D$  – ашық гидроциклонның диаметрі, м;  
 $S$  – ашық гидроциклонның қималық ауданы, м.  
 Егер  $D > 10$  монда арынды циклондар қолданылады.  
 Есептеулерге сүйеніп арынды гидроциклон қолданамыз.

Гидроциклонның негізгі геометриялық өлшемдері:  
 - кіріс келте құбыр диаметрі, м:

$$d_{\text{ex}} = 0,1 \cdot D, \quad (5.4)$$

$$d_{\text{ex}} = 0,1 \cdot 0,519 = 0,0519.$$

- гидроциклон конусының бұрышы  $\alpha = 60^\circ$ ;  
 - гидроциклонның цилиндрлік бөлігінің биіктігі, м,

$$H_1 = D = 0,519.$$

Ашық гидроциклон шығысындағы ағынды судағы қатты бөлшектердің концентрациясы мынадай формула бойынша анықталады:

$$C_{\text{св}} = \frac{A \cdot q}{H_1}, \quad (5.5)$$

$$C_{\text{св}} = \frac{0,033 \cdot 0,244}{0,519} = 0,015.$$

мұнда  $A$  - қатты бөлшектердің коагуляциялық қабілетін сипаттайтын коэффициент:

$A = 0,033$  - қатты бөлшектердің коагуляциясы процесі болған кезде;

$A = 0,075$  - коагуляциясыз (есептерде қабылдау);

$q$  - гидроциклонның меншікті гидравликалық жүктемесі,  $\text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;

$H_1$  - гидроциклонның цилиндрлік бөлігінің биіктігі, м.

Гидроциклонда шөгетін шлам мөлшері мынадай формула бойынша анықталады:

$$P = (C_{BX} - C_{ВЫХ}) \cdot Q \cdot \tau, \quad (5.6)$$

$$P = (1,21 - 0,015) \cdot 0,0524 \cdot 3600 = 225,42$$

мұндағы  $P$  - гидроциклондағы шөгінділердің саны, кг;

$C_{к\text{ир}}$  - гидроциклонға кіре берістегі ағынды судағы қатты бөлшектердің концентрациясы, кг/м<sup>3</sup> (задана);

$C_{шығ}$  - гидроциклон шығысындағы ағынды судағы қатты бөлшектердің концентрациясы, кг/м<sup>3</sup>;

$Q$  - ағынды сулардың максималды шығыны, м<sup>3</sup>/с;

$\tau$  – гидроциклонның жұмыс уақыты, 1 час = 3600 с.

## 6 Электрқозғалтқыштың тиімді жүйесін техника-экономикалық бөлімде дәлелдеу

Сорғы қондырғысының автоматтандырылған электр жетегінің жүйесін таңдап, салыстырмалы түрде қазіргі қолданылатын электр қозғалтқышты, жобалатын электр қозғалтқыш пен талдау анализ жүргіземіз.

Экономикалық баға ең төменгі шығыстарға негізделіп жатыр: бастапқы шығындар, электр энергиясына кететін шығындарға, жөндеу және қолдану кезіндегі шығындар. Сорғы қондырғысының электр жетегінің жүйесінің салыстырмалы мәліметтері кесте 6.1 де берілген.

6.1 кесте - Салыстырылатын жүйе мәліметтері

Сорғы қондырғысының мәліметі	Базалық нұсқа	Жобаланатын нұсқа
Сорғының саны	2	2
Қуаты	110 кВт,	44,13 кВт,
Жетек қозғалтқышының түрі	АД-КЗР	АД-КЗР
Жиілік түрлендіргіші	N750B-700H Типті	N700V-900HF типті

### 6.1 Капиталдық салымды есептеу

Капиталды қаржы жұмсауды есептейміз. Капиталды қаржы жұмсауды мына формула бойынша есептеймі (6.1):

$$K = K_{\text{ЭК.К}} + K_{\text{ЖТ.К}} + K_{\text{ав.КК}} + K_{\text{б.КК}} \quad (6.1)$$

мұндағы,  $K_{\text{ЭК.К}}$  – электрқозғалтқыштың құны;

$K_{\text{ЖТ.К}}$  – жиілік түрлендіргіштің құны;

$K_{\text{ав.КК}}$  – автоматика құрылғыларының құны;

$K_{\text{б.КК}}$  – басқа қондырғылардың құны.

Сорғы қондырғысының күрделі қаржы жұмсаудың есебі, базалық нұсқадағы (реттелмейтін электр жетегі) және жобалатын нұсқадағы («ЖТ-АҚ жүйесінің электр жетектің жылдамдығы реттелетін») күрделі қаржы жұмсауды салыстыруды кесте 8.2 түрінде көрсетеміз:

Бірінші нұсқа үшін капиталды қаржы жұмсау есептелуі:

$$K_1 = K_{\text{ЭК.К}} + K_{\text{ЖТ.К}} + K_{\text{ав.КК}} + K_{\text{б.КК}} = 275000 + 412500 + 142000 + 55000 = 884500 \text{тг}; (6.2)$$

Екінші нұсқа үшін капиталды қаржы жұмсау есептелуі:

$$K_2 = K_{\text{ЭК.К}} + K_{\text{ЖТ.К}} + K_{\text{АВ.КК}} + K_{\text{Б.КК}} = 275000 + 61000 + 81000 + 27500 = 444500 \text{тг}; \quad (6.3)$$

6.2 кесте - Сорғы қондырғысының базалық және жобаланатын нұсқа үшін капиталды қаржы жұмсаудың есебінің салыстыруы

Атауы	Базалық нұсқа		Жобалатын нұсқа	
	Баға мың. теңге	Құны мың . теңге	Баға мың. теңге	Құны мың. теңге
Электрқозғалтқыш	137500	275000	137500	275000
Жиілік түрлендіргіш	412500	412500	61000	61000
Автоматика құрылғылары(КК)	142000	142000	81000	81000
Басқа қондырғылар (дроссел және т.б.)	-	55000	-	27500
Жалпы қосындысы		884500		444500

*Жылдық пайдалану шығындарын анықтау*

Жылдық пайдалану шығыстары- электр жетегі және оның жұмыстық мехазниміне кететін шығындардың қосындысы, бұларға механизмнің пайдалану кезіндегі өзіндік құны жатады.

Жылдық пайдалану шығыны былай анықталынады:

$$C = C_{\text{ЭЭ.К}} + C_a + C_{\text{Ж.Ш}}, \quad (6.4)$$

мұндағы,  $C_{\text{ЭЭ.К}}$  – тұтынатын электрэнергияның құны;

$C_a$  – амортизациялық аударым;

$C_{\text{Ж.Ш}}$  –электрлік бөлімдегі қондырғының пайдалану кезіндегі жылдық шығындары.

Бір жылда тұтынатын энергияны анықтаймыз:

Базалық нұсқа үшін:

$$\mathcal{E}_{\text{ж1}} = \frac{P_{\text{Т.К}} \cdot T_{\text{жыл}}}{\eta_n}, \quad (6.5)$$

мұндағы,  $P_{\text{Т.К}}$  – қондырғының тұтынатын қуаты;

$\eta_{\text{НОМ}}$  – қондырғының номиналды ПӘК-ті, %;

$T_{\text{ЖЫЛ}}$  – бір жыл ішіндегі жұмыс сағатының саны, сағ.

$T_{\text{ЖЫЛ}} = 8760$  сағ.

$$\mathcal{E}_{ж1} = \frac{110 \cdot 8760}{0,95} = 1204500 \text{ кВт}\cdot\text{сағ} \quad (6.6)$$

Жобаланатын нұсқа үшін:

$$\mathcal{E}_{ж2} = \frac{44,13 \cdot 8760}{0,92} = 420194 \text{ кВт}\cdot\text{сағ} \quad (6.7)$$

Осыдан базалық нұсқа үшін шығындар:

$$C_{э1} = \mathcal{E}_{ж1} \cdot C_{кoc} + P_{бер} \cdot C_{нег}, \quad (6.8)$$

$C_{нег}$  – негізгі тарифтік құны,  $C_{нег} = 26673,4$  теңге /кВт·сағ;

$C_{кoc}$  – қосымша тарифтік құны,  $C_{кoc} = 247,8$  теңге/кВт·сағ.

$$C_{э1} = 1204450 \cdot 247,8 + 110 \cdot 26673,4 = 30140917 \text{ мың.тенге}; \quad (6.9)$$

Жобаланатын нұсқа үшін:

$$C_{э2} = 420194 \cdot 247,8 + 44,13 \cdot 26673,4 = 105301170 \text{ ;мын.тенге} \quad (6.10)$$

Амортизациялық аударым электр жетектің сметалық құнының 8 %-ын құрайды. Онда бірінші нұсқа үшін:

$$C_{A1} = 0,08 \cdot K_1 = 0,08 \cdot 884500 = 70760 \text{ мын.тенге}, \quad (6.11)$$

$$C_{A2} = 0,08 \cdot K_2 = 0,08 \cdot 444500 = 35560 \text{ мын.тенге}.$$

Асинхронды қозғалтқыш үшін жөндеу циклының жоспарланған ұзақтығы:

$$T_{жосп} = T_{табл.к} \cdot \beta_K \cdot \beta_C, \quad (6.12)$$

мұндағы,  $T_{табл.к}$  – қозғалтқыш үшін жөндеу циклының ұзақтығы,  $T_{табл.к} = 15$  жыл;

$\beta_p$  – қондырғының жұмыс сметасымен анықтау коэффициенті,  $\beta_K = 0,65$ ;

$\beta_0$  – қондырғының негізгі категориясына қатысты машинаның жөндеу циклын ескеретін коэффициент  $\beta_C = 0,75$ .

$$T_{табл.к} = 15 \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 7,3 \text{ жыл}. \quad (6.13)$$

Жиілік түрлендіргіш үшін:



$$T_{жосп.тырл} = T_{Табл.мр.} \cdot \beta_0, \quad (6.14)$$

Энергетикалық қондырғының атқарымы , асинхраонды қозғалтқыш үшін екі жөндеу жұмыстарының арасы күнтізбелік уақытпен ай түрінде көрсетілген. Жөндеу аралық кезеңінің ұзақтығы:

$$t_{ap} = t_{ai} \cdot \beta_k \cdot \beta_c, \quad (6.15)$$

мұндағы,  $t_{ai} = 12$  ай- жөндеу аралық кезеңнің кестелік шамасы.

$$t_{ap} = 12 \cdot 0,75 \cdot 0,65 = 5,85 \text{ ай.}$$

Алынған өлшем бойынша бір жыл ішіндегі ағымдағы және капиталды жөндеу жұмыстарының санын есептеуге болады. Капиталды жөндеу жұмыстарының саны келесідей:

$$M_{к.ж} = \frac{1}{T_{табл.к}} = \frac{1}{7,3} = 0,14; \quad (6.16)$$

Бір жылдағы ағымдағы жөндеу жұмыстары сәйкесінше анықталады:

$$M_{Т.р.АК} = 1,6 = 2; \quad (6.17)$$

Бір жылға тапсырылған жөндеу жұмыстар саны, сонымен қатар еңбек сыйымдылығының тапсырылған нормасы бойынша жылдық жөндеу жұмыстарының еңбек сыйымдылығы анықталады.

Электр машинаның жылдық еңбек сыйымдылығы келесі формуламен есептеледі:

$$T_{к.р.АК} = M_{к.р.АК} \cdot H_{к.р.АК} \cdot K_{\omega}, \quad (6.18)$$

мұндағы,  $H_{к.р.АК}$  –қозғалтқыш үшін капиталды жөндеу жұмыстарының еңбек сыйымдылық нормасы,  $H_{к.р.АК} = 12,5$  адам/сағат;

$K_{\omega}$  – түзету коэффициенті, электр қозғалтқыштың айналу жиілігін ескеретін,  $K_{П.р} = 1$ ;

$n = 2$  - бір типті машинаның немесе аппараттардың саны, дана.

$$T_{к.р.АК} = 0,14 \cdot 12,5 \cdot 2 = 3,5 \text{ адам/сағат .} \quad (6.19)$$

Ағымдағы жөндеу жұмыстардың сәйкес типі үшін еңбек сыйымдылығын капиталды жөндеу жұмыстарының еңбек сыйымдылығы секілді анықтаймыз.

$$T_{к.р.АК} = 1,6 \cdot 1,5 \cdot 2 = 4,8 \text{ адам/сағат}; \quad (6.20)$$

### 6.3 кесте - Жылдық пайдалану шығындарының есебі және салыстыруы

Атауы және бірлік өлшемі	Белгіленуі	Базалық нұсқа	Жобаланатын нұсқа
Амортизациялық аударымдар, мың тг	$C_a$	70760	35560
Бір жыл ішінде тұтынылатын	$\Delta_T$	1204500	420194
Электрэнергияның құны, мың. тг.	$C_{\text{ээ}}$	3010478	1053011
Жөндеу жұмысының жоспарлы ұзақтығы, жыл	$T_{\text{ж осп}}$	7	7
Жөндеу аралық циклдің жоспарлы ұзақтығы, ай.	$T_{\text{ж осп}}$	4	6
1 жылдағы күрделі жөндеу жұмыстары	$M_k$	0,2	0,14
1 жылдағы ағымдық жұмыстардың саны	$M_T$	3	1,6
Күрделі жөндеу жұмыстарының	$T_{\text{кр}}$	5	3,5
Ағымдық жөндеу жұмыстарының е.сыйымдылығы	$T_{\text{тр}}$	8	4,8
Техникалық қызмет көрсету еңбек сыйымдылығы	$T_{\text{то}}$	25,2	25,2
Т.қ.к және жұмыстары-ң жалпы қосындысы	$T$	38,2	33,5

Пайдаланылмалы қондырғының белгілі жылдық еңбек сыйымдылығы, жөндеу жүргізетін жұмысшысының қойылатын тарифтік құнын ескерсек, сонымен қатар сәйкес салығын, осыдан жөндеу жүргізетін жұмысшының бір жылдық еңбек ақысына кететін шығынды анықтауға :

Базалық нұсқа үшін:

$$C_{\text{ж1}} = C_{\text{мар}} \cdot C_{\text{бер}} \cdot T_{\Sigma 1} \quad (6.23)$$

мұндағы,  $C_{\text{мар}}$  – жөндеу жүргізетін жұмысшының сағаттық тарифтік құны(4-ші разряд бойынша)  $C_{\text{мар}} = 2750$  теңге/сағ;

$C_{\text{бер}}$  – еңбек ақы беруге байланысты салықты төлеген кезде шығынды анықтау коэффициенті:

9,5% - социалды сақтандыруға аударым;

10% - зейнетақы қорына аударым;

25% - сыйақыға аударым;

10% - қосымша жалақы төлеуге аударым.

$T_{\Sigma}$  – пайдаланылмалы қондырғының еңбек сыйымдылық соммасы.

$$C_{\text{Ж1}}=2750 \cdot (0,095+0,1+0,25+0,1) \cdot 38,2=57252 \text{ мың теңге,} \quad (6.24)$$

Жобаланатын нұсқа үшін:

$$C_{\text{Ж2}} = C_{\text{тар}} \cdot C_{\text{бер}} \cdot T_{\Sigma 2} \quad (6.25)$$

$$C_{\text{Ж2}}=2750 \cdot (0,095+0,1+0,25+0,1) \cdot 33,5 = 50208,1 \text{ мың теңге.}$$

Жөндеу жұмыстары мен қызмет көрсету үшін материал бағасы жөндеу жұмысшыларының негізгі жалақысынан салықты ескермей 100% - ға тең деп аламыз.

Базалық нұсқа үшін:

$$C_{\text{МАТ1}} = C_{\text{тар}} \cdot T_{\Sigma 1} = 2750 \cdot 38,2 = 105050 \text{ мың теңге,} \quad (6.26)$$

Жобаланатын нұсқа үшін:

$$C_{\text{МАТ2}} = C_{\text{тар}} \cdot T_{\Sigma 2} = 2750 \cdot 33,5 = 92125 \text{ мың теңге,} \quad (6.27)$$

Цехтық шығын салықты ескермей негізгі жалақының 100% деп аламыз:

$$C_{\text{Ц1}}=C_{\text{МАТ1}}=105050 \text{ мың теңге,} \quad (6.28)$$

$$C_{\text{Ц2}}=C_{\text{МАТ2}}=92125 \text{ мың теңге.}$$

Жалпы зауыттық шығын салықты ескермей негізгі жалақының 50% деп аламыз:

$$C_{\text{Ж1}}=0,5 \cdot C_{\text{Ц1}}=0,5 \cdot 105050=52525 \text{ мың теңге,} \quad (6.29)$$

$$C_{\text{Ж2}}=0,5 \cdot C_{\text{Ц2}}=0,5 \cdot 92125=46062,5 \text{ мың теңге.}$$

Осылай қондырғының пайдаланылмалы электрлік бөлігінің жылдық шығынын есептеу мен екі нұсқа үшін жылдық пайдаланылмалы шығындарды анықтау үшін керекті өлшемдерді таптық.

$$C_{\text{пайд}}=C_{\text{Ж1}}+C_{\text{МАТ}}+C_{\text{Ц}}+C_{\text{Ж}}+C_{\text{Э}}+C_{\text{А}}, \quad (6.30)$$

$C_{\text{пайд1}}=57252+105050+105050+52525+3010478+70760=4038115$ мың теңге,  
 $C_{\text{пайд2}}=50208,1+92125+92125+46062,5+1053011+35560=1369118$ мың теңге.

Қабылданған шешімнің экономикалық пайдалылығына талдау жүргізу үшін келтірілген шығын тәсілін қолданамыз:

$$З = E_H \cdot K + C_{\text{пайд}} \Sigma \quad (6.31)$$

$E_H = 0,15$  – дамыған мемлекеттер үшін ЮНИД ұсынысына сәйкес;

$\Pi_1 = 0,15 \cdot 4038115 = 605717,5$  мың теңге

$\Pi_2 = 0,15 \cdot 1369118 = 205367,7$ мың теңге

Экономикалық тиімділік есептейік:

$$\mathcal{E} = \Pi_1 - \Pi_2 = 605717,5 - 205367,7 = 400349,8 \text{ мың теңге.} \quad (6.32)$$

## 6.2 Техника-экономикалық көрсеткіштері

Сорғы қондырғысының базалық және экономикалық нұсқадағы техника-экономикалық көрсеткіштерін салыстыру үшін кесте 6.4 құрамыз.

6.4 кесте - Салыстырылатын жүйелер үшін техника-экономикалық көрсеткіштер

Атауы	Белгіленуі	Базалық нұсқа	Жобаланған Нұсқа
Қозғалтқыштың номиналды қуаты, кВт	$P_n$	110	44,13
Қозғалтқыштың номиналды ПӘК, %	$\eta_{\text{н.коз}}$	95	92
Түрлендіргіштің номиналды ПӘК, %	$\eta_{\text{н.тур}}$	-	90
Капиталды салым, мың теңге	$K$	884500	444500
Амортизациялық аударым, мың теңге	$C_a$	70760	35560
Тұтынылған электр энергия бағасы, мың теңге	$C_{\mathcal{E}}$	3010478	1053011
Жөндеу жұмысшыларының жалақысы, мың теңге	$C_{\text{ж}}$	452708,35	77671,44
ЭЖ жөндеуге кететін материалдар құны, мың теңге	$C_{\text{мат}}$	105050	92125
Цехтық шығындар, мың теңге	$C_{\text{ц}}$	105050	92125
Жалпы зауыттық шығындар, мың теңге	$C_{\text{жз}}$	52525	46062,5
Жылдық пайдаланылмалы шығындар, мың теңге	$C_{\text{пайд}}$	4038115	1369118
Келтірілген шығындар, мың теңге	$\Pi$	605717,5	205367,7
Экономикалық тиімділік, мың теңге	$\mathcal{E}$	400349,8	

## Қорытынды

Сүт фермасын сумен қамтамасыз ету жүйесінің сорғыш қондырғысының электржетегін жетілдіру қарастырылған. Сорғыштардың арналымы, түрлері, құрылысы, жұмыс режимдерінешолу жасалып, олардың электр жетектеріне және басқару жүйелеріне қойылатын талаптар айқындалған.

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

Тапсырмаға сәйкес сорғыш таңдалып, оның жетегіне қажет қозғалтқыштың есептік қуаты анықталып, каталог бойынша қуаты 22 кВт қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдалды. Қозғалтқыштың есептік параметрлері анықталды, Г-тәріздес орынбасу сұлбасының параметрлері есептелді. Есептеу нәтижелері бойынша оның табиғи механикалық және электрмеханикалық сипаттамалары тұрғызылды.Реттеу заңы  $\frac{U}{f^2} = const$  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. Сорғыш қондырғының құрылымдық сұлбасы құрастырылды. Асинхронды қозғалтқыш пен жиіліктік түрлендіргіштің математикалық моделдері қарастырылып, олардың параметрлері есептелді. Электржетектің динамикалық сипаттамаларын талдау үшін MATLAB 6.5 бағдарламалық пакетінде оның виртуалды моделі жасалынды және момент пен жылдамдықтың өтпелі үрдіс кезінде өзгеру динамикасы көрсетілді.

Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде сорғы агрегаттарының қолдану, электр қауіпсіздігіне, өрт қауіпсіздігіне ережелерін қарастырылып, жұмысшылардың еңбек орнына талдау жасалды. Суларды гидроциклон аппараттары арқылы тазартылатындықтан осы аппаратқа есептеме жасалды.

Экономикалық есептеу нәтижелерін талдау реттелмейтін электр жетектің кемшілігі электр энергиясының көп көлемін тұтынатын көрсетті. Капиталды салымдарды және экономикалық шығындарды салыстыру жиілікті құрылғысы бар электр жетегі экономикалық тиімді екендігін көрсетті.

## 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 Мустафин М.А., Мустафин Е.М. Энергосберегающие системы электропривода центробежных насосных агрегатов.-Алматы, 2009.-248с.
- 4 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
- 5 Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – Москва, Academia 2006. – 265 с.
- 6 Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008г.
- 7 Шеховцев В.И. Расчет и проектирование ОУ электроустановок промышленных механизмов, - Москва, 2010г.
- 8 Насосы К-150-125-250. [Электронный ресурс] – Режим доступа: electronpro.ru/nasos- k150-125-25, свободный.
- 9 Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. –М: Энергоатомиздат, 1985 г – 560с.
- 10 Герман – Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. СПб.: Корона принт. 2001 – 320с.
- 11 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.
- 12 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.