

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Нурболатова Балерке Бауыржанқызы

Сорғы станциясының өнімділігін реттеудің автоматты жүйесін жасау және зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В070200 – Автоматтандыру және басқару

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

ф-м.ғыл.канд.,

қауымдастырылған профессор

Н.У. Алдияров

« 05 » 2022ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Сорғы станциясының өнімділігін реттеудің автоматты жүйесін жасау және зерттеу

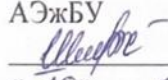
5B070200 – Автоматтандыру және басқару


Орындаған:

Нурболатова Б.Б.

Пікір беруші
PhD докторы,
кафедра меңгерушісі,
АЭЖБУ

Жетекші
Техника ғылымдарының
кандидаты,

 Шыныбай Ж.
« 10 » 05 2022 ж.

 Н.С. Сарсенбаев
« 10 » 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

5B070200 – Автоматтандыру және басқару

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Ф-м. ҒЫЛ. канд.,

қауымдастырылған профессор

Н.У Алдияров

«» 2022ж.



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Нурболатова Балерке Бауыржанқызы

Тақырыбы; Сорғы станциясының өнімділігін реттеудің автоматты жүйесін жасау және зерттеу

Университет ректорының “4” қаңтар 2022ж. №489-П/б бұйрығымен бекітілген Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «3» маусым 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Сорғы станциясының автоматты басқару жүйесі, Сорғы станциясы, мақсаты мен түрлеріне талдау жасау.

2) Сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін реттеу әдістері.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Сорғы станциясының автоматтандырылған құрылымы.

б) Сорғының электр жетегіне жиілік түрлендіргішті қосу.

в) Сорғыны автоматты басқарудың оңтайлы алгоритімін құру.

г) Сорғы станциясының техникалық сипаттамаларын есептеу

д) Сорғы станциясындағы қысымды автоматты реттейтін электрожетекті matlab fuzzy logic in simulink ортасында моделдеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1) Модернизация объектов городского водоснабжения и водоотведения. АкваТерм. 2015, N 1, с. 46-48, 2 ил.. Рус.



Дипломдық жұмысты (жоба) дайындау

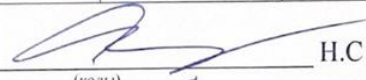
КЕСТЕСІ


Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Сорғы станциясының автоматты басқару жүйесі	24.01.2022	
Сорғы станциясының өнімділігін арттыру, Сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін реттеу әдістері	30.02.2022	
Сорғы станциясының техникалық сипаттамаларын есептеу	25.03.2022	
Сорғы станциясындағы қысымды автоматты реттейтін электрожетекті Matlab Fuzzy logic in simulink ортасында моделдеу	25.04.2022	

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жоба) қойған

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Есептік бөлім	Н.С.Сарсенбаев Техника ғылымдарының кандидаты, Ассистент-профессор	10.05.22	
Нормалық бақылаушы	А.М. Исакова Лектор	10.05.22	

Ғылыми жетекшісі  Н.С. Сарсенбаев
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Нурболатова Б.Б.
(қолы)

Күні «17» қаңтар 2021 ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста сорғы станциясы және оны автоматты реттегіштерге шолу жасалынды және зерттеледі. Сорғы станциясының техникалық сипаттамалары есептелінді. Сорғы станциясы жұмыс режимдерін реттеу әдістері қарастырылып сорғыны автоматты басқарудың оңтайлы алгоритімі құрылды.

Matlab simulink ортасында fuzzy logic (анық емес логика) әдісін қолданып сорғы станциясындағы қысымды автоматты реттейтін электрожетектің модель құрылды, сонмен қатар алынған нәтижеге талдау жасалынды.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе сделан и изучен обзор насосной станции и ее автоматических рециркуляторов. Рассчитаны технические характеристики насосной станции. Рассмотрены методы регулирования режимов работы насосной станции и разработан оптимальный алгоритм автоматического управления насосом.

В среде Matlab simulink создана модель электропривода с автоматической регулировкой давления в насосной станции методом fuzzy logic (нечеткая логика), а также проведен анализ полученного результата.

In this thesis, an overview of the pumping station and its automatic recirculators is made and studied. The technical characteristics of the pumping station are calculated. The methods of regulating the operating modes of the pumping station are considered and an optimal algorithm for automatic pump control is developed.

In the Matlab simulink environment, a model of an electric drive with automatic pressure control in a pumping station was created using fuzzy logic, and an analysis of the result was carried out.

МАЗМҰНЫ

КІРСІПЕ	9
1 СОРҒЫ СТАНЦИЯСЫНЫҢ АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ	10
1.1 Сорғы станциясы, мақсаты мен түрлері	10
1.2 Сорғы станциясыны және жұмыс істеу принципі	11
1.3 Сорғы станцияларының технологиялық схемасы	12
1.4 Сорғы қондырғылары	13
1.5 Сорғы станциясының сипаттамасы	14
1.6 Сорғы станциясын автоматты басқару жүйесінің негізгі функциялары	16
1.7 Сорғы станциясының автоматтандырылған құрылымы	17
1.8 Сорғы жүйесінің ең жақсы тиімділігі саласындағы электр жетектерін басқару	18
2 СОРҒЫ СТАНЦИЯСЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ	20
2.1 Сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін реттеу әдістері	20
2.2 Сорғының электр жетегіне жиілік түрлендіргішті қосу	21
2.3 Сорғыны басқару	23
2.4 Сорғыны автоматты басқарудың оңтайлы алгоритімін құру	27
2.5 Сумен жабдықтау жүйесін анықтау	34
2.6 Сорғының техникалық сипаттамалары	36
2.7 Сорғы станциясындағы реттеуші датчик релесінің жұмыс принципі	37
3 ЕСЕПТЕУ БӨЛІМІ	39
3.1 Сорғы станциясының техникалық сипаттамаларын есептеу	39
3.2 Сорғы станциясының электржетегінің элементтерін таңдауды есептеу	40
4 СОРҒЫ СТАНЦИЯСЫНДАҒЫ ҚЫСЫМДЫ АВТОМАТТЫ РЕТТЕЙТІН ЭЛЕКТРОЖЕТЕКТІ МАТЛАВ БАҒДАРЛАМАСЫНДА SIMULINK ПАКЕТІНДЕГІ FUZZY LOGIC ОРТАСЫНДА МОДЕЛДЕУ	52
4.1 Анық емес логикалық (Fuzzy Logic) басқару жобасы	52
4.1 Сорғы станциясының басқару жүйесін модельдеу	54
ҚОРЫТЫНДЫ	58
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘБЕБИЕТТЕР	59
ҚЫСҚАРҒАН СӨЗДЕР	61

КІРСІПЕ

Бұл дипломдық жұмыста сорғы станциясы және орнату түрлері қарастырылады, зерттеледі. Қазіргі таңда еліміз сорғы станциялары жүйесінің түрлері көп. Сорғы станциялары өнеркәсіпте және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығында кеңінен қолданылады[1-2]. Олар функциялардың алуан түрлілігімен, бірлескен жұмыс кезінде сорғыларды қосу схемасымен, реттелетін параметрлермен, сенімділік категориясымен және басқа көрсеткіштермен сипатталады[3].

Дипломдық жұмыста зерттеу тақырыбының **өзектілігі** қазақстан энергияны үнемдеу проблемасының ауырлығына және сумен жабдықтау жүйелеріндегі энергияны үнемдеу міндеттеріне байланысты. Нысандарды оңтайлы сумен қамтамасыз ету, сумен жабдықтау жүйесінің үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету үшін сорғы станцияларын автоматтандыруды енгізу белсенді түрде жүзеге асырылуда.

Сорғыс станцияларының сипатталған артықшылықтарға қарамастан, бірқатар кемшіліктері бар. Көп жағдайда қажетсіз пайдалану шығындары. Бірінші көтеру сорғыларының шамадан тыс жұмысына байланысты туындайды. Бұл жағдай сорғы қондырғысының электр жетегін қуаттандыру үшін электр энергиясының шамадан тыс тұтынылуы, сорғы мен құбыр жүйесінің бөлшектерінің мерзімінен бұрын тозуына, судың толып кетуіне байланысты табиғи ресурстардың ысырап етуге әкелуі [4-5]. Сорғылар параллель қосылған кезде олар жалпы қысымға қарсы әрекет етеді. Бұл жағдайда жалпы шығын барлық сорғылардың шығындарынан тұрады. Сорғылар қатарға қосылған кезде, жүйенің электр қуатын тұтыну шамасыда төмендейді.

Бұл **жұмыстың мақсаты** – осы кемшіліктерді жойып, электр энергиясын үнемді тұтынуды қамтамасыз ететін сорғы станциясын басқару жүйесін құру мақсатында келесі **негізгі тапсырмалар** орындалды. Сорғылардың электр жетектерін қоректендіретін жиілік түрлендіргіш жүйесін қолдану және техникалық сипаттамасына есептеулер жүргізу. Сорғы станциясының өнімділігін арттыру, сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін реттеу әдістеріне талдау жасап, сорғы станциясындағы қысымды автоматты реттейтін электрожетектің Fuzzy Logic (анық емес логика) негізделген әдісті қолданған кезде энергияны аз тұтыну және тұтынушыға қажетті су ағынын жеткізу критерийі бойынша оңтайлы командалар жиынтығын құру. Анық емес логика реттеуші классикалық реттегіштермен салыстырғанда өтпелі процестердің жоғары сапа көрсеткіштерін қамтамасыз етеді [6]. fuzzy logic-пен басқарудың үлкен артықшылықтары оның сандық іске асыруға бағдарлануын қамтуы керек[30].

1 СОРҒЫ СТАНЦИЯСЫНЫҢ АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

1.1 Сорғы станциясы, мақсаты мен түрлері

Сорғы станциялары (СС) - бұл электр энергиясын сұйық ағынның механикалық энергиясына түрлендіру және осы түрлендіру процесін басқару жүзеге асырылатын құрылымдар мен жабдықтардың күрделі электрогидравликалық техникалық кешені. СС негізгі мақсаты қамтамасыз ету болып табылады [1-3]:

- қалыпты және авариялық жағдайлар үшін сұйықтықты берудің талап етілетін кестесі;

- салуға, жарактандыруға және пайдалануға ең аз шығындар;

- қажетті сенімділік дәрежесі және, демек, белгілі бір үздіксіз жұмыс дәрежесі;

- құрамына кіретін объектілердің технологиялық маңыздылығына сәйкес келетін;

- пайдаланудың қарапайымдылығы (автоматика мен телемеханиканы кеңінен қолдану);

- үнемі өзгеріп отыратын көлемдерде, сұйықтықты тұтыну режимдерінде және тұтынушылар құрамының өзгеруінде пайдалану

Сорғы станциялары өнеркәсіпте және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығында кеңінен қолданылады. Олар функциялардың алуан түрлілігімен, бірлескен жұмыс кезінде сорғыларды қосу схемасымен, реттелетін параметрлермен, сенімділік категориясымен және басқа көрсеткіштермен сипатталады.

Мақсатына байланысты СС келесі түрлерін ажыратуға болады: елді мекендер мен өнеркәсіптік кәсіпорындарды шаруашылық-ауыз сумен жабдықтау; өнеркәсіптік кәсіпорындарды айналмалы сумен жабдықтау; кәріз; жылумен жабдықтау жүйелері; дренаж; өртке қарсы сумен жабдықтау; мелиорация; мұнай айдау және т. б.

Сорғыларды біріктіру әдісіне сәйкес сорғылардың жеке жұмысымен және сорғылардың бірлескен жұмысымен Қосылған құн салығы (ҚҚС) бөлуге болады. Бірінші жағдай сорғылардың төмен қуаттылығы және жұмыс сенімділігіне қойылатын төмен талаптары бар СС - ге тән. Бұл, мысалы, күшейткіш сорғыларға тән. Бірлесіп жұмыс істейтін сорғылар СС барлық түрлерінде кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, талап етілетін технологиялық көрсеткіштерді қамтамасыз ету үшін қондырғыларды параллель, дәйекті және аралас қосуда қолданылады. СС көптеген түрлерінде қолданылатын сорғылардың параллель қосылуы. Жүйелі қосылыс жүйеде жеткілікті жоғары қысым жасау қажет болған жағдайларда, мысалы, тұтқыр ерітінділерді (мұнай және т.б.) тасымалдау кезінде қолданылады[2].

Негізгі реттелетін параметрге сәйкес СС қысымды реттейтін станцияларға және беруді реттейтін станцияларға бөлуге болады. Технологиялық объектіге тасымалданатын сұйықтықтың жеткізілуін

қамтамасыз етудің сенімділігіне қойылатын талаптарға сәйкес СС 1, 2 немесе 3-ші санатқа жатқызылуы мүмкін.

Жоғарыда қарастырылған СС түрлерінің ішінде елді мекендердің, өнеркәсіптік кәсіпорындардың сумен жабдықтау және су бұру жүйелерінде, өндірістік объектілердің технологиялық кешендерінің айналмалы сумен жабдықтау жүйелерінде, соның ішінде түсті металлургия кәсіпорындарында және мұнай өңдеу зауыттарында қолданылатын сорғылардың параллель қосылысы бар СС басым қолданылды [3-8].

1.2 Сорғы станциясыны және жұмыс істеу принципі

Сорғы станциясы- бұл сұйықтықты айдауға байланысты барлық мәселелерді барынша азайтуға арналған барлық қажетті сорғы жабдықтарын (сорғы, гидроаккумулятор, автоматика, манометр, металл тордағы шланг, тексеру клапаны) қамтитын инженерлік құрылым.

Сорғы станциясы мен қарапайым сорғылардың айырмашылығы;

- сумен жабдықтау процесі автоматтандырылған;

- сорғы станциясы гидравликалық жүйеде қысымды жоғарылатады, бұл сумен қамтамасыз ету қажет болған жағдайда өте маңызды, мысалы, үйді де, үйді де бір уақытта;

- сорғы станциясы резервуарда су қорын жасайды, оны электр қуаты өшірілген жағдайда да пайдалануға болады.

Сорғы станцияларын пайдалану сумен қамтамасыз ету көзі ретінде ашық су қоймаларын да, ұңғымаларды да пайдаланғанда бірдей тиімді болады. Сорғы станциясы әмбебап сорғы жабдығы бола отырып, әртүрлі салаларда қолдануды тапты.

Сәйкес барлық сорғылар екі топқа бөлінеді:

- көлемді сорғылар;

- динамикалық сорғылар.

Көлемді сорғы-бұл сұйық орта камераның көлемінің мезгіл-мезгіл өзгеруіне байланысты қозғалатын сорғы, ол кезекпен сорғының кірісі мен шығысымен байланысады.

Динамикалық сорғы-сұйық орта сорғының кірісі мен шығысымен үнемі байланысатын камерада оған күш әсерінен қозғалатын сорғы.

Сорғы станциясының жұмыс істеу принципі мынада: ең алдымен электр жетегі қосылады және айналу моментін жұмыс дөңгелегіне береді және процесті келесі ретпен бастайды. Дөңгелек орталықтан тепкіш күш жасайды, су сорылып шығыс құбырына көтеріледі. Одан ол гидроаккумуляторға түседі, ал дәлірек айтсақ, резервуардың ішіндегі резеңке алмұртқа түседі. Резервуардағы ауа мембранаға қысым жасайды. Қозғалтқыш өшіріледі, өйткені суды сорғымен сорып алудың қажеті жоқ. Су күшпен шығарылып, су құбыры арқылы қоршау нүктесіне өтеді (бұл кран). Алмұрт сумен толтырылып, қысымның рұқсат етілген көрсеткіші болған кезде қозғалтқыш қосылмайды. Судың бір бөлігі кеткеннен кейін (оны үйде қолданған кезде)

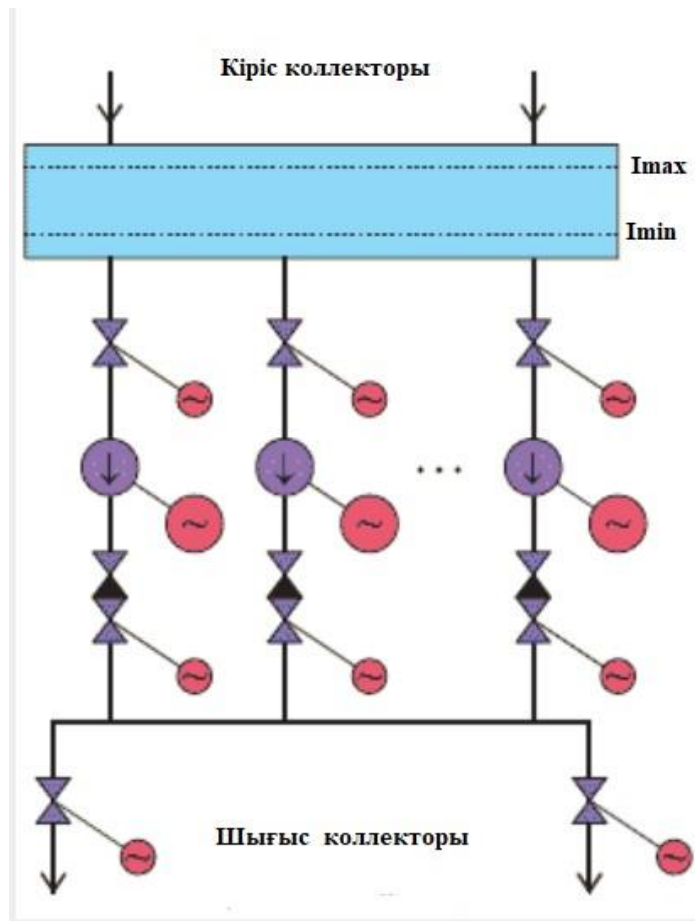
қысым төмендейді. Оның критикалық минимумымен қозғалтқыш автоматты түрде қосылады. Ал жұмыс циклі қайтадан қайталаынады. Бұл жағдайда қысым көрсеткіштері кіріктірілген релемен басқарылады. Ол моторды қосу/өшіру үшін жауап береді. Қысым көрсеткіштері манометрде көрсетіледі [9].

1.3 Сорғы станцияларының технологиялық схемасы

1.1 Суретте- типтік СС-нің технологиялық схемасы көрсетілген. Сұйықтық СС кіріс коллекторына түседі және резервуарда жиналады. Кіріс резервуарынан ол сорғылармен сорылады, СС шығыс коллекторына және одан әрі магистральдық құбырға жіберіледі, ол жерден ол тұтынушыларға таратылады немесе келесі СС кірісіне түседі. Сорғыны құбырдан бөлу үшін сорғының кіріс және қысым құбырларына орналастырылған клапандар қолданылады. Сонымен қатар, сорғының Шығыс құбырына сорғы арқылы сұйықтықтың кері ағуына жол бермейтін тексеру клапаны орнатылады. Сорғылар мен ысырмалардың электр жетектері ретінде электр қозғалтқыштары қолданылады. Оң жағында 1 Кесте- орналастырылған, онда СС объектілерінің әрқайсысы үшін бақыланатын параметрлер тізімі берілген. Бұл тізім СС мақсатына және сорғы қондырғыларының қуатына байланысты өзгеруі мүмкін.

1.1 Кесте - СС объектілерінің әрқайсысы үшін бақыланатын параметрлер тізімі

Нысанды атау	Параметрлерді бақылау
Кіріс құбыры	Q
Кіріс резервуары	I
Ысырма	I_{max}, I_{min}
Аспапты ысырма	I
Насос	
Насос қоғалытқышы	I_{tur}
Кері клапан	---
Ысырма	I_{max}, I_{min}
Аспапты ысырма	I
Қысымды құбыр	P, Q
Ысырма	I_{max}, I_{min}
Аспапты ысырма	I



1.1 Сурет - Типтік сорғы станциясының технологиялық сұлбасы

1.4 Сорғы қондырғылары

НС негізгі энергетикалық элементі бір немесе бірнеше сорғылардан, құбырлардың сору және айдау жүйелерінен, бекіту арматурасынан, электр жетегінен, сондай-ақ қондырғының технологиялық параметрлерінің датчиктерінен тұратын сорғы қондырғысы болып табылады. СС-де негізгі қуат жабдықтары ретінде көлемді немесе динамикалық сорғылар қолданылады.

Көлемді сорғылар сығылу нәтижесінде қозғалатын сұйықтықтың қысымы жоғарылаған кезде ығысу принципі бойынша жұмыс істейді. Оларға өзара әрекеттесетін (диафрагмалық, поршеньдік) және роторлы (осьтік поршеньдік және радиалды поршеньдік, Шибер, тісті, бұрандалы және т.б.) сорғылар жатады.

Динамикалық сорғылар қозғалатын ортаға әсер ету принципі бойынша жұмыс істейді. Оларға пышақ (центрифугалық, осьтік) супер зарядтағыштар және үйкеліс супер зарядтағыштар (құйынды, диск, сия және т.б.) жатады. Орталықтан тепкіш типтегі сорғылар басым қолданылады[10].

1.5 Сорғы станциясының сипаттамасы

СС негізгі сипаттамалары-Шығыс берілісі мен сұйықтық қысымының уақыт пен кіріс берілісіне, сондай-ақ бірқатар бұзушы әсерлерге тәуелділігі. Бұл тәуелділіктер СС жұмыс режимінің өзгеруін көрсетеді.

СС сипаттамаларын талдау оның математикалық моделі негізінде жүзеге асырылады [9]. Жалпы жағдайда параллель қосылған m сорғылары үшін жүйенің теңдеулері келесідей болады:

Резервуардағы сұйықтық деңгейінің өзгеру динамикасы;

$$S \frac{dx}{dt} = Q_{BX\Sigma} - Q_{BЫX\Sigma} - Q_y(P_{BЫX}) \quad (1.1)$$

I және S -резервуардағы сұйықтық бетінің деңгейі мен ауданы тиісінше; $Q_{BX\Sigma}$ және $Q_{BЫX\Sigma}$ - тиісінше СС кіру және шығу кезіндегі сұйықтықтың нәтижелік берілуі; $Q_y(P_{BЫX})$ - $P_{BЫX}$ шығу қысымынан функцияға берілетін ағып кетулердің берілуі;

СС шығуындағы сұйықтықты беру балансы:

$$A \times Q = 0 \quad (1.2)$$

Мұндағы, $A = [1 \ 1 \ \dots \ 1 \ -1 \ -1]$ түйіндік вектор өлшемі $M+2$ жол; $Q = [Q_{ЦН1} \ Q_{ЦН2} \ \dots \ Q_{ЦН3} \ Q_{BX\Sigma}]^T$ СС векторс шығысында қосылған барлық элементтерді беру бағаны.

Параллель жұмыс істейтін сорғылардың шығуындағы қысым теңдігінің шарты:

$$B \times P = 0 \quad (1.3)$$

Мұндағы B -өлшемі $m \times m - 1$ контурлы матрица; $P = [\Delta P_{ЦН1} \ \Delta P_{ЦН2} \ \dots \ \Delta P_{ЦНm}]^T$ - вектор-сорғы-ысырма жүйесінің қысым айырмашылықтарының бағаны; 0 — нөлдік вектор-өлшемі $M-1$ баған. B матрицасының келесі түрде болады:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & -1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (1.4)$$

Сериялы қосылған Сорғы мен клапандағы қысымның айырмашылығы X_{zi} сорғысының айналу жиілігін реттеуді және x_{zi} клапанының күйін Өзгертуді ескеретін тәуелділікпен анықталады:

$$\Delta P_{Цни} = \Delta P_{Цни}(Q_{Цни}, \omega_{Цни}) - \Delta P_{zi}(Q_{Цни}, X_{zi}), \quad (1.5)$$

Баланс арын сұйықтықтың СС шығуы:

$$P_{ВХ}(I) + \Delta P_{цнi} = P_{ВЫХ} = P_{СТ} + P_{Г}(Q_{ВХ\Sigma}) \quad (1.6)$$

Мұндағы $P_{ВХ}(I)$ — кіріс резервуарындағы сұйықтық деңгейіне тәуелді сорғылардың кіруіндегі қысым; $P_{СТ}$ және $P_{Г}(Q_{ВХ\Sigma})$ — тиісінше гидравликалық желідегі қысымның статикалық қарсы қысымы және динамикалық төмендеуі.

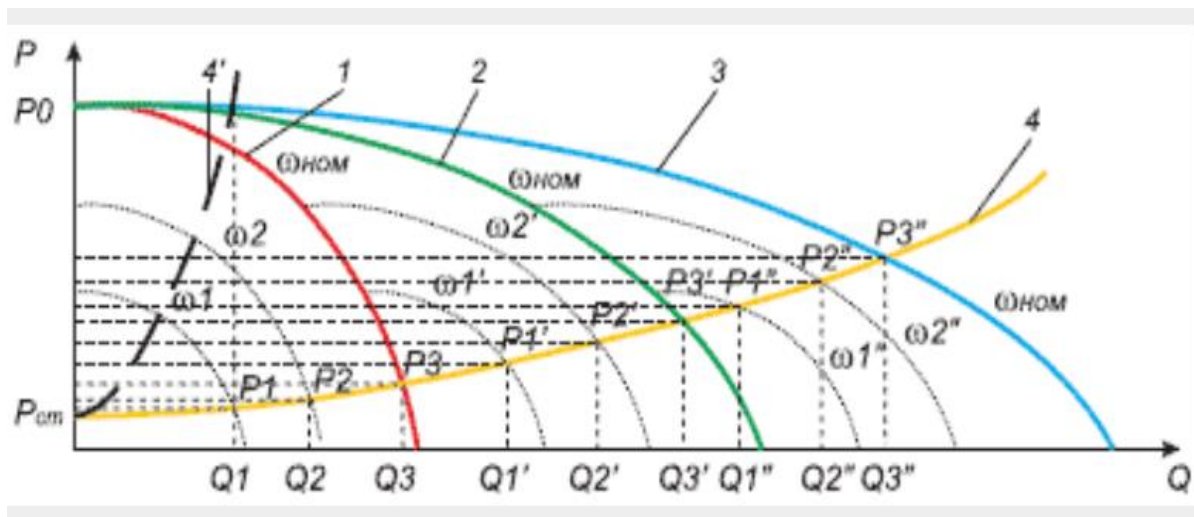
Берілген теңдеулер жүйесін шешкен кезде әр сорғы арқылы беру бағытын қосымша талдау қажет. Сорғы арқылы берудің теріс мәнін алған кезде ондағы гидравликалық процестерді сипаттайтын теңдеулер қарастырудан алынып тасталады және m жүйесінің тәртібі бірлікке азаяды.

СС басқарудың ұтымды алгоритмін алу үшін сорғы жабдықтарының гидравликалық жұмыс режимін талдау қажет. Параллель жұмыс істейтін үш сорғы жағдайында сұйықтықтың шығыны мен қысымының тепе-теңдігі теңдеулер жүйесі (1-6) негізінде математикалық модельмен сипатталады.

2 Суретте- сорғының жүйесінің параметрлерін өзгертудің сапалық сипатын көрсетеді, онда сорғылардың бірінің доңғалағының айналу жиілігі реттеледі. Сорғылар 1 типті сипаттамаларға ие, ал магистраль 4 типті сипаттамаға ие. Беру мен қысымды арттыру мынадай тәртіппен жүргізіледі. Бастапқы кезеңде жұмысқа жиілік реттелетін электр жетегі бар бір сорғы қосылады. $Q1$ берілуін қамтамасыз ету үшін оның жылдамдығы $\omega1$ мәніне дейін артады. Жеткізу мен қысымның одан әрі өсуі сәйкесінше $Q3$ және $P3$ мәндеріне дейін мүмкін. Егер берілістің одан әрі артуын қамтамасыз ету қажет болса, онда бірінші сорғының электр жетегінің қуаты жиілік түрлендіргіштің шығысынан желіге ауысады, ал екінші сорғының электр жетегі жиілік түрлендіргіштің шығысына ауысады және айналу жиілігі қажетті мәнге дейін артады. Мысалы, $Q2'$ және $P2'$ берілісі мен қысымын қамтамасыз ету үшін сәйкесінше екінші сорғының айналу жиілігін $\omega2'$ мәніне дейін арттыру керек. Осылайша, 1 және 2 сипаттамалары арасында жасалған аймақтағы СС параметрлерін реттеу қамтамасыз етіледі. Беру мен қысымды $Q3'$ және $P3'$ -тен жоғары мәндерге дейін одан әрі арттыру қажет болған жағдайда екінші сорғының электр жетегінің қуаты жиілік түрлендіргішінің шығысынан желіге ауысады және жұмысқа жиіліктік-реттелетін электр жетегімен басқарылатын үшінші сорғы енгізіледі. Бұл жағдайда реттеу 2 және 3 сипаттамалары арасында жасалған аймақта жүреді [11].

Беру мен қысымның төмендеуімен сорғылардың электр жетектерінің айналу жиілігін ауыстыру және реттеу кері тәртіпте жүреді.

Сорғы қондырғысының жұмыс режимін реттеудің қарастырылған әдісі реттелетін параметрлердің $Q1$ -ден $Q3''$ - ге дейінгі мәндерінің және 4-тен 4' - ке дейінгі желінің сипаттамаларының өзгеруінің кең диапазонында сұйықтықтың берілуі мен қысымының тегіс және үздіксіз өзгеруін қамтамасыз етеді.



1.2 Сурет- Сорғы станциясының жұмыс режимін аралас реттеу

1.6 Сорғы станциясын автоматты басқару жүйесінің негізгі функциялары

Құрылыс кодексінің талаптарына сәйкес, барлық мақсаттағы сорғы станциялары, әдетте, тұрақты кезекшілерсіз басқарумен жобалануы керек: автоматты - технологиялық параметрлерге байланысты (бақтердегі су деңгейі, қысым немесе желідегі су ағыны); қашықтан (телемеханикалық) – басқару нүктесінен; жергілікті – бақылау пунктіне немесе қызмет көрсетуші персонал тұрақты болатын пунктке қажетті сигналдарды берумен мерзімді түрде келетін персоналды қамтиды.

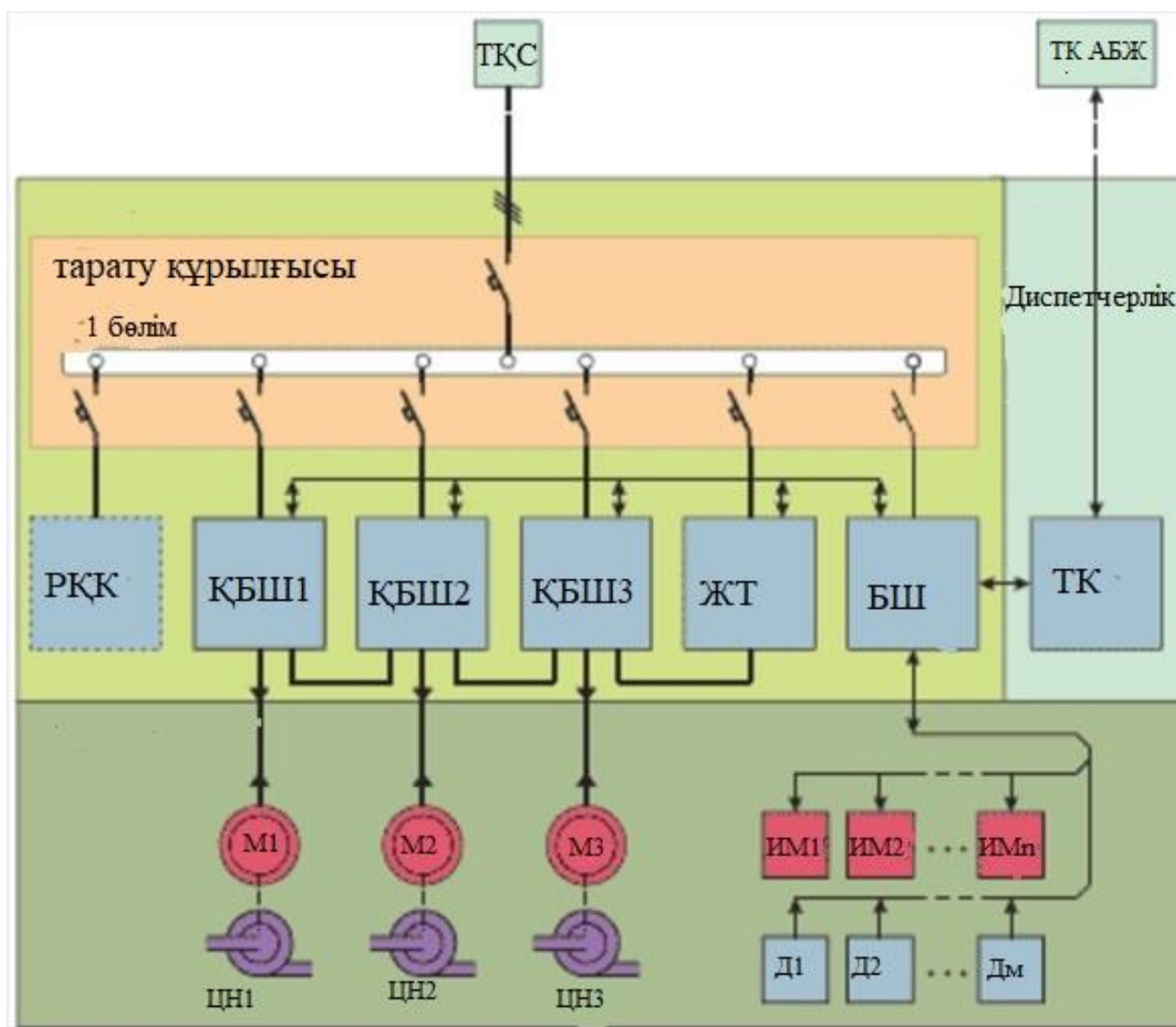
Реттелетін электр жетегін басқару, негізінен, желінің диктаторлық нүктелеріндегі қысымға, желіге берілетін су шығынына, резервуарлардағы су деңгейіне байланысты автоматты түрде жүргізілуі керек.

СС қысымды өткізгіштердегі және әрбір сорғы қондырғысындағы қысымды, қысымды өткізгіштердегі су шығынын өлшеуді, сонымен қатар дренаждық шұңқырлардағы және вакуумдық қазандықтағы су деңгейін, қондырғылардың мойынтіректерінің температурасын (қажет болған жағдайда) бақылауды қамтамасыз етуі керек. су басудың авариялық деңгейі (машина бөлмесінде судың пайда болуы). Электр жетектерінің іргетас деңгейіндегі зал). Сорғы қондырғысының қуаты 100 кВт және одан жоғары болған кезде, 3% -дан аспайтын қателікпен ПӘК-ді кезеңді түрде анықтауды қамтамасыз ету қажет.

Автоматты немесе қашықтан (телемеханикалық) басқару кезінде жергілікті басқару да қамтамасыз етілуі керек. Сорғы станциялары келесі қосалқы процестерді автоматтандыруды қамтамасыз етуі керек: уақыт немесе деңгей айырмашылығы бойынша реттелетін, берілген бағдарлама бойынша айналмалы экрандарды жуу, шұңқырдағы су деңгейіне сәйкес дренаждық суды сору, ауа температурасына сәйкес электр жылыту.

1.7 Сорғы станциясының автоматтандырылған құрылымы

Жиілікпен басқарылатын электр жетегі бар автоматтандырылған СС жеңілдетілген құрылымдық схемасы 1.3-суретте көрсетілген. СС электрмен жабдықтау ТП трансформаторлық қосалқы станциясынан жүзеге асырылады. Электр энергиясы қуатты электр жабдықтары қосылған тарату құрылғысының тарату құрылғысына беріледі. Тұтынылған электр энергиясын есепке алатын бастапқы құрылғылар да осында орналасқан.



1.3 Сурет - Автоматтандырылған сорғы станциясының құрылымдық сұлбасы

Күштік электр жабдықтары СС коммутаторында орналасқан. Оның құрамында: қуатты басқару шкафтары ҚБШ, жиілік түрлендіргіші ЖТ және қажет болған жағдайда реактивті қуат компенсаторы РҚК. Қуатты басқару шкафында коммутациялық құрылғы бар, оның көмегімен орталықтан тепкіш сорғының М электр жетегінің М қорек көзі не түрлендіргіштің шығысына, не тарату құрылғысы бөліміне ауыстырылады[15].

Күшті электр жабдықтары СС коммутаторында орналасқан. Оның құрамында: қуатты басқару шкафтары ҚБШ, жиілік түрлендіргіші ЖТ және қажет болған жағдайда реактивті қуат компенсаторы РҚК. Қуатты басқару шкафында коммутациялық құрылғы бар, оның көмегімен орталықтан тепкіш сораптың М электр жетегінің М қорек көзі не түрлендіргіштің шығысына, не тарату құрылғысы бөліміне ауыстырылады.

СС негізгі және қосалқы жабдықтары СС турбиналық залында орналасқан. Негізгі жабдыққа ЦН1–ЦН3 сорғылары, М1–М3 электр жетектері жатады. Көмекші жабдыққа мыналар кіреді: дренаж, өрт, вакуумдық сорғылар; клапандар; жанкүйерлер; жылытқыштар және басқа жабдықтар. Ол ІМ1-ІМn жетектерімен басқарылады.

Реттелетін параметрлердің мәндері туралы ақпарат алу үшін Д1–ДМ сенсорлары қолданылады. Басқару сигналдары және СС жабдығынан өлшеу сигналдары басқару шкафына жиналады. Мұнда олар технологиялық контроллеріне қосылған бір жалпы ақпараттық байланыс желісіне біріктіріледі.

ТК АБЖ мен СС басқару және ақпарат алмасудың жалпы алгоритмін жүзеге асырады. ТК бағдарламалық жасақтама деңгейінде іске асырылған бірқатар функционалды блоктарды қамтиды:

1.8 Сорғы жүйесінің ең жақсы тиімділігі саласындағы электр жетектерін басқару

Зерттеу нәтижелері бойынша сорғылар бүкіл әлемде өндірілетін электр энергиясының кем дегенде 10% тұтынады [18]. Электр электроникасының дамуы арқасында қазіргі сорғы жүйелерінің тиімділігі артты. Алайда, бүгінде өндірілетін энергияның едәуір бөлігін тұтынатын сорғы жабдықтары әлі де технологиялық жаңғыртуды қажет етеді.

Қуатты бағдарламаланатын контроллерлерді дамыту икемді басқару алгоритмдерін қолдану, деректерді жинау және сигналдарды өңдеу арқылы сорғы станцияларының тиімділігін арттыруға күш салуға мүмкіндік береді.

Электр қозғалтқыштарымен жұмыс істейтін сорғылардың тиімділігін арттыру үшін әртүрлі әдістер мен шешімдер қолданылады. Сорғы жүйелерінің тиімділігін арттыру энергияны тұтыну мен техникалық қызмет көрсету шығындарын үнемдеуге көмектеседі. Сонымен қатар, өмірлік циклдің ұзақтығы сорғыны пайдалану кезіндегі тиімділік деңгейіне байланысты.

Айнымалы жылдамдықты жетектер (АЖЖ) негізінде салынған заманауи жабдық сорғы станцияларының тиімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Айнымалы жылдамдықтағы сорғы дроссельдік сорғыға қарағанда өзінің артықшылықтарын көрсетті, ол қарапайым және қымбат емес іске асырылуына байланысты электрлік құрылғылар мен сандық сигнал процессорларын жасамас бұрын кеңінен қолданылды. Дроссельдеу жүйесімен салыстырғанда АЖЖ-нің басты артықшылығы айдау қабаттасуы нәтижесінде

құбыр жүйесіндегі қуаттың таралуын жою. Дегенмен, АЖЖ арқылы басқарылатын сорғы ең жақсы тиімділік аймағынан тыс номиналды емес жылдамдықпен жұмыс істеуге мәжбүр болған кезде қиындықтар туындайды. Мұндай жағдайларда бүкіл сорғы қондырғысының тиімділігі төмендейді. Төмендеу әсіресе номиналды жылдамдықтан төмен жылдамдық диапазонында күрт болады [19]. Мұндай проблема көпсорғылық жүйелерде жобалау сатысында шамадан тыс төмен өлшемдердің немесе құбыр жүйесінің кейбір ақауларынан туындауы мүмкін, не қалыптан тыс сұраныс жағдайларының нәтижесінде пайда болуы мүмкін [20].

Әдетте басқару жүйесі сорғылар АЖЖ арқылы жұмыс істейтін дәстүрлі сорғы станцияларында сұраныс өзгерген кезде тұрақты жабдықтауды қамтамасыз ету үшін айналу жылдамдығын реттейді. Жабдықты қажетті деңгейде ұстап тұру үшін сорғылар қосылып, өшірілуде. Мұндай жүйелердегі жылдамдықтың ауытқуы сорғыны ең жақсы тиімділік тыс жұмыс істеуге әкелуі мүмкін [21].

Бұл дипломдық жұмыста АЖЖ -мен жұмыс істейтін орталықтан тепкіш сорғылардан тұратын сорғы жүйелеріне назар аударылады. Сорғы жүйелерінде жұмыс істейтін центрифугалық сорғылардың тиімділігін арттырудың жаңа әдісі ұсынылды. Бұл тәсіл қосымша сорғыларды Қоспас немесе өшірмес бұрын сорғылардың болашақ жұмысын бағалауға негізделген. Қосу және өшіру алдында сипаттамаларды салыстыру артық сорғылардың жұмысына байланысты сорғының төмен өнімділігін болдырмауға көмектеседі. Сонымен қатар, жұмыс істейтін сорғылар санының өзгеруі нәтижесінде болашақ тиімділікті болжау әдісі талқылануда.

Бірнеше сорғы жүйесі бір үлкен сорғыдан тұратын жүйеге қарағанда келесі артықшылықтарды ұсынады: брондауды тоқтату. Бір немесе бірнеше сорғы істен шыққан жағдайда да қамтамасыз етілуі мүмкін. Бір немесе бірнеше сорғылардың істен шығуы жүйенің жұмысына әсер етуі мүмкін, бірақ бүкіл сорғы станциясының бұзылуына әкелмейді. Қосалқы бөлшектер мен агрегаттарды сақтауға байланысты шығындарды азайту. Икемділік. Қажетті қысым жұмыс істейтін сорғылардың санын өзгерту арқылы қамтамасыз етілуі мүмкін, бұл бір үлкен сорғыны қолданумен салыстырғанда ең жақсы тиімділік аймағына жақын жұмыс істеу мүмкіндігін арттырады.

2 СОРҒЫ СТАНЦИЯСЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

2.1 Сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін реттеу әдістері

Жұмыс жағдайлары өзгерген кезде берілген жұмыс режимін қамтамасыз ету үшін сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін реттеу қажет. Бұл тапсырманы екі бағытқа бөлуге болады: сорғылардың гидравликалық режимдерін реттеу және СС жабдықтарының энергия тиімділігін реттеу.

Орталықтан тепкіш сорғы қондырғылары үшін сұйықтық пен қысымның берілуін реттеудің келесі әдістері қолданылады:

- құбырды дроссельдеу;
- сұйықтық ағынының бір бөлігін сорғының шығыс келте құбырынан кіріс құбырына қайта жіберу;
- сорғыларды ажырату немесе қосу (сатылы реттеу);
- сорғының жұмыс доңғалағының жылдамдығын өзгерту.

Құбырды дроссельдеу-бұл қысым мен сұйықтықты басқарудың өте кең таралған тәсілі. Бұл жағдайда реттеуші элемент сорғының қысым құбырында орналасқан және оның қозғалысына байланысты құбырдың көлденең қимасын өзгертетін Шибер, дроссель-клапан, Ысырма, диафрагма және т.б. түріндегі механикалық құрылғы болып табылады [12].

Реттеудің осы әдісін жүзеге асырудың қарапайымдылығына қарамастан, оның бірқатар кемшіліктері бар. Олардың бірі, әсіресе беруді терең реттеу кезінде, СС пәк төмендеуі болып табылады. Бұл реттеуші құрылғының қосымша кедергісін жеңуге жұмсалған энергия жылу шығындарына айналатындығына байланысты, бұл осы тәсілдің төмен энергия тиімділігін анықтайды. Сонымен қатар, клапанды жапқан кезде сорғының шығысындағы қысымның жоғарылауы тығыздағыштар мен құлыптау құрылғыларының қызмет ету мерзімінің қысқаруына, сондай-ақ буындар мен жарықтар арқылы сұйықтықтың ағып кетуіне әкеледі. Бұл әдістің тағы бір кемшілігі-сорғы қондырғысының берілуін немесе қысымын азайту бағытында бір аймақты реттеу мүмкіндігі.

Қысымды қайта іске қосу арқылы реттеу сұйықтық ағынының бір бөлігін сорғының шығысынан оның кірісіне ысырмасы бар бұрғыш арқылы шығаруға негізделген. Сонымен қатар, бос шеңбердегі сұйықтық айналымына жұмсалған энергия пайдалы жұмыс жасамайды, бұл қондырғының тиімділігін төмендетеді, әсіресе терең реттеумен. Алдыңғы әдіс сияқты, СС беру тек төмендеу бағытында реттеледі.

Сорғы станциясының қоректенуін кезең-кезеңмен реттеу сорғыны немесе сорғылар тобын қосу немесе ажырату арқылы жүзеге асырылады. Бұл әдіс басқарудың қарапайымдылығымен сипатталады, өйткені ол қосымша басқару құрылғыларын қажет етпейді. Дегенмен, ол сұйықтық шығыны өзгерген кезде қысымды үздіксіз және сапалы ұстауға мүмкіндік бермейді және сорғы қозғалытқышының жиі іске қосылуын тудырады, бұл жабдықтың қызмет ету мерзімін қысқартады және СС берудегі ауытқуларды тегістеу үшін аралық сақтау резервуарының құрылысын талап етеді. . Сонымен қатар, электр

жетектері оңтайлы режимде жұмыс істемейді, бұл да бүкіл СС тиімділігін төмендетеді.

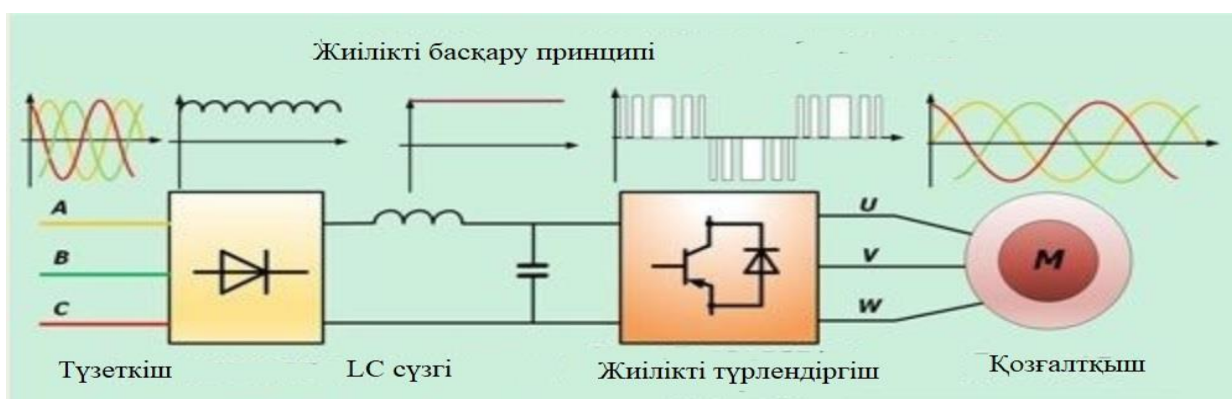
Сорғы қондырғысының жұмыс дәңгелегінің айналу жылдамдығын өзгерту алдыңғы нұсқаларға қарағанда аз энергиямен сорғы станциясының жұмысын үздіксіз бақылауға мүмкіндік береді [13]. Дегенмен, ол басқару жабдығына, әсіресе қуаттылығы орташадан жоғары қондырғылар үшін көп инвестицияны қажет етеді және жабдықтау желісімен электромагниттік үйлесімділіктің нашарлауына әкеледі. Дегенмен, басқарылатын электр жетектерінің құнының төмендеуі бұл әдісті ең перспективалы етеді.

Бірнеше бақылау әдістерінің комбинациясы да мүмкін. Кеңінен қолданылатын басқару нұсқаларының бірі жиілікпен басқарылатын электр жетегінің көмегімен қол жеткізілетін сорғы қондырғысының жұмыс дәңгелегінің айналу жиілігінің өзгеруімен қадамдық басқарудың комбинациясы. Ұсыныстарға сәйкес, 2–3 жұмыс блогынан тұратын топтағы бір сорғы қондырғысы реттелетін электр жетегімен жабдықталуы керек.

СС жабдығының энергия тиімділігін реттеу үшін олардың бірлескен жұмысы кезінде сорғылардың жұмысының оңтайлы энергия тұтыну режимін таңдау керек. Бұл мәселені шешу жолдарының бірі әдебиеттерде берілген [14].

2.2 Сорғының электр жетегіне жиілік түрлендіргішті қосу

Сумен жабдықтау жүйелерін автоматтандыруда сорғы жабдықтарында электр жетегіне жиілік түрлендіргішті қосу сумен жабдықтау желісін пайдалану құнын төмендетеді, суды тұтынуды оңтайландырады, резервуарлардың көлемін азайтады.



2.1 Сурет- Насос қозғалтқышын жиіліктік басқару жүйесінің басқару функциялары

Сумен қамтамасыз ету қысым мен деңгей бойынша реттеледі. Жылыту жүйелері сонымен қатар салқындатқыштың немесе бөлмедегі ауаның температурасына негізделген кері байланыс тізбегін пайдаланады.

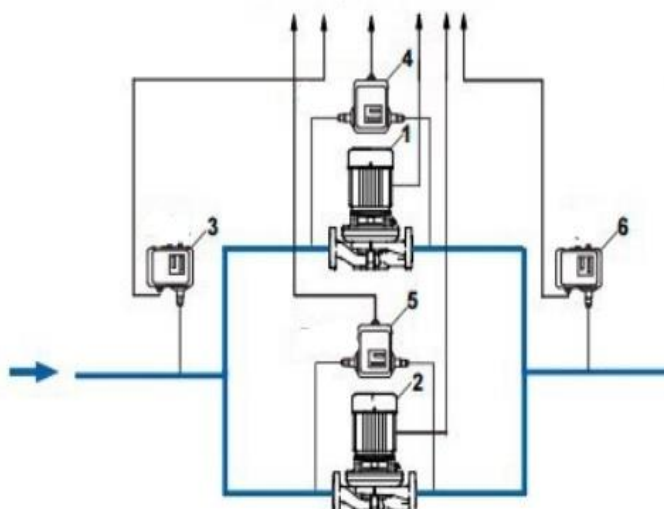
Жиілік түрлендіргіштер негізіндегі сорғы жабдығын басқару жүйелерінің функциялары.

Сорғы станцияларының жұмысын автоматтандыру үшін жиілікті түрлендіргіштерге негізделген схемалар жиі қолданылады. Жиіліктерді басқару релелік тізбектердің кемшіліктерінен айырылған. Жиілік түрлендіргіші бар автоматтандырылған схемалар мыналарды қамтамасыз етеді:

Жетек қозғалтқыштарын қысқа тұйықталудан, фазалық ақаулардан, қызып кетуден, шамадан тыс жүктемелерден, кернеудің төмендеуінен қорғау.

Сорғы қондырғыларын «құрғақ жұмыс» жағдайында тоқтату, ағын жолының зақымдалуы және т.б.

Қысымның төмендеуі немесе жоғарылауы кезінде өнімділіктің біркелкі өзгеруі. Жиілік түрлендіргіші сумен жабдықтау немесе жылыту жүйесінің бірнеше параметрлері бойынша жабдықтауды реттеу режимінде де жұмыс істей алады.



1 Негізгі сорғы, 2 Күту режиміндегі сорғы, 3 Құрғақ жүгіруден қорғау релесі, 4 Негізгі сорғы дифференциалды қысым релесі, 5 Әр түрлі сорғы дифференциалды қысым релесі

2.2 Сурет- Насостың жұмыс істеу принципі

Ақаулық сигнализациясы. Сумен жабдықтау жүйесінің элементтерінің бұзылуы немесе қалыпты жұмыс режимдері болған жағдайда экранда ақаулық туралы хабарлама көрсетіледі. Частотниктердің көптеген үлгілерінде апаттық сигнал «құрғақ контактілер» арқылы қамтамасыз етіледі және хабар қолдау көрсетілетін сымды және сымсыз байланыс протоколдары арқылы қашықтан басқару орталықтарына жіберіледі.

Жиілік түрлендіргіштер қарапайым автономды сумен жабдықтау жүйелерін автоматтандыру үшін де, көп сорғылары бар қуатты станцияларды да қолданады.

Ең қарапайым насостың электр жетегін басқару схемасы қалқымалы релеге негізделген магниттік стартерге. Деңгей жоғарылағанда, реле контактілері жабылады, магниттік стартер катушқасына қуат беріледі. Сорғы

қондырғысының электр қозғалтқышы іске қосылады. Сұйықтық деңгейі төмендеген кезде реле магниттік стартердің басқару тізбегін ашады.

Мұндай схема сорғыларды қолмен және автоматты түрде қосуды, каскадты басқаруды, жұмыс режимдерін көрсетуді және айдалатын сұйықтық жоғалған кезде сорғы қондырғыларын тоқтатуды қамтамасыз етеді.

2.3 Сорғыны басқару

Басқару жүйесі кері байланысты өлшейді (әдетте құбырдың белгілі бір бөлігіндегі су қысымы). Шығу қысымын белгіленген мәнге сәйкес келтіру үшін басқару жүйесі:

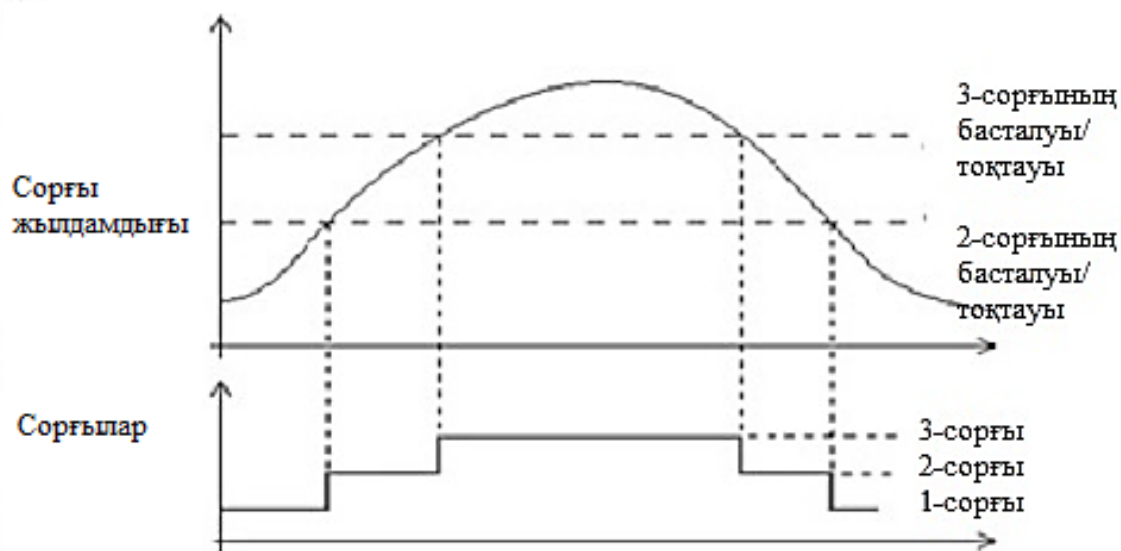
-сорғының айналу жылдамдығын реттеңіз

-қондырғыларды қосу және өшіру арқылы жұмыс істеп тұрған сорғылар санын өзгерту арқылы ағынға әсер ете алады.

Сорғының айналу жылдамдығын реттеу PID реттеу принципіне негізделген. Мұнда PID контроллері үшін орнату нүктесі оператор орнатқан қажетті қысым болып табылады. Кері байланыс - бұл сорғы жүйесінің шығысындағы қысым сенсорынан алынған су қысымы. PID контроллері жүйенің шығысындағы орнатылған нүкте мен нақты қысым арасындағы айырмашылықты өтеу үшін ең жақсы тиімді жылдамдығына сілтеме береді. PID контроллері сорғы жүйесін басқаратын контроллердің ішінде бағдарламалық модуль ретінде жүзеге асырылады[23].

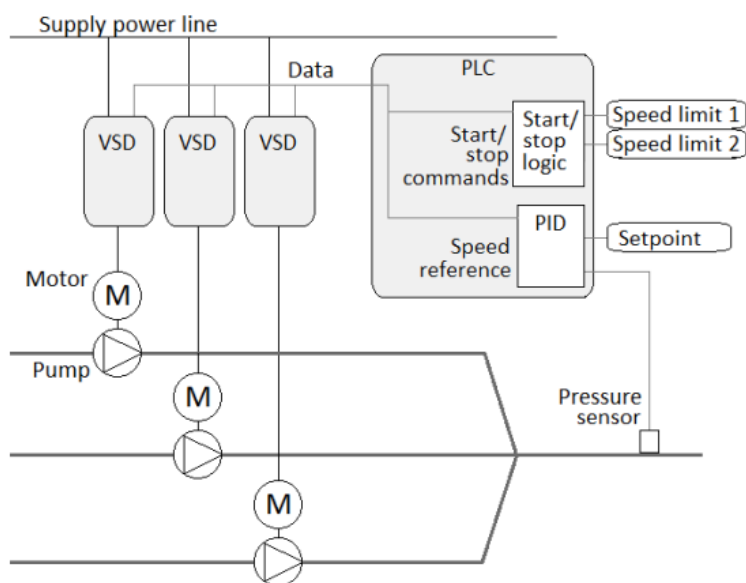
Қосымша өнімділік икемділігі жүйеде жұмыс істейтін сорғылардың санын көбейту немесе азайту арқылы қол жеткізіледі. Жұмыс істейтін сорғылардың санын өзгерту туралы шешім, әдетте, PID реттегіші шығаратын нақты бақылау жылдамдығы белгіленген шектен асқан кезде қабылданады.

Егер сорғылардың бақылау жылдамдығы едәуір жоғарыласа, бұл жұмыс істейтін сорғылардың белгілі бір саны жеткілікті тұтынуды қамтамасыз ете алмайтындығын білдіреді. Осылайша, шекті еңсергеннен кейін келесі сорғы қосылады. Егер сорғылардың басқару жылдамдығы айтарлықтай төмендесе, бұл сорғылардың белгіленген саны тым көп тұтынуды қамтамасыз етеді. Сондықтан жұмыс істейтін сорғылардың санын азайтуға болады. Шекті еңсерген кезде келесі сорғы өшеді. Жұмыс істейтін сорғылардың санын басқарудың бұл принципі 2.1-суретте көрсетілген.



2.1 сурет- Жұмыс істейтін сорғылардың санын жылдамдыққа қарай реттеу принципі

Әрбір сорғыны жеке АЖЖ басқаратын көп сорғысымен басқару өнеркәсіптік байланыс жабдықтарын пайдалануды талап етеді. Жетекші желілік құрылғының хабарламаларында іске қосу және тоқтату пәрмендері, сондай-ақ сорғы үшін жылдамдық сілтемелері болуы мүмкін. Мұнда барлық сорғылар бірдей жылдамдықпен жұмыс істейді. Бұл параллельді сорғы жүйелерінде жиі кездесетін тәжірибе, бұл ағынды қайта өңдеуді болдырмайды. Әрбір сорғы жүйесі шекті жылдамдықта, асинхронды қозғалтқышы және сорғыдан тұрады. PLC желінің жетекші құрылғысы ретінде PID контроллерін іске қосады және өшіру және қосу командаларын жасайды. Сипатталған көп сорғы жүйесінің құрылымы 2.2 Суретте- көрсетілген.



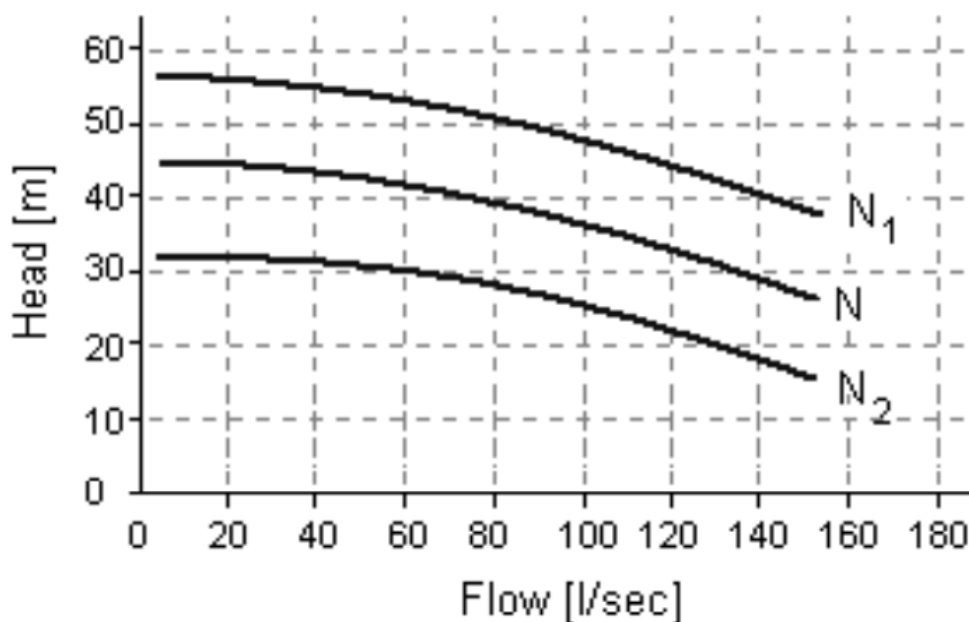
2.2 Сурет- Типтік көп сорғы жүйесінің құрылымы

Сорғылар параллель қосылған кезде олар жалпы қысымға қарсы әрекет етеді. Бұл жағдайда жалпы шығын барлық сорғылардың шығындарынан тұрады. Сорғылар қатарға қосылған кезде, жүйенің шығуындағы жалпы қысым әр жеке сорғы шығаратын қысымдардың қосындысы болып табылады.

Бірнеше сорғылармен жұмыс істеу әр сорғының жеке сипаттамаларына байланысты. Жалпы қысым жеке қысымдардың қарапайым қосындысы бола алмайды, әсіресе сорғылардың сипаттамалары бірдей болмаған жағдайда.

Шекті мәнге жету үшін барлық сорғылар АЖЖ-мен жетекші құрылғының жылдамдық тапсырмасына сәйкес жұмыс істей алады [23]. Алайда, кейбір қосымшаларда бір сорғыштан басқа барлық сорғылар тұрақты жылдамдықта жұмыс істейді, ал сорғылардың бірі айнымалы жылдамдықта жұмыс істейді, осылайша ағынды реттейді.

Сорғылардың сипаттамалары сорғы қисықтары деп аталатын диаграммаларда келтірілген. Өндірушілер жеткізетін бұл схемалар сорғының әр моделі үшін жеке болып табылады. Сорғының негізгі сипаттамасы-ағын мен ағынның қисығы, ол ағынның (уақыт бірлігіне ауысатын сұйықтық мөлшері) мен қысымның (сорғы қамтамасыз ететін қысым өлшемі) арасындағы қатынасты көрсетеді. Барлық центрифугалық сорғылар үшін ағынның жылдамдығы қысымның жоғарылауымен төмендейді (2.3 Сурет). Номиналды емес жұмыс кезінде тиімділік төмендейтінін ескере отырып, 2.3-суретте көрсетілген жылдамдығы үшін тиімділік қисықтарын салуға болады. Басты ағынның графигіне орнатылған тиімділік қисығының проекциясы тиімділік картасын береді [24].



2.3 Сурет- орталықтан тепкіш сорғы қисықтары (N номиналды айналу жиілігі, $N_1 > N > N_2$)

Бірнеше сипаттамалық қисықтар әртүрлі айналу жылдамдығындағы сорғының жұмысын білдіреді.

Сорғы жылдамдығының өзгеруі ағынның жылдамдығына және қысымға әсер етеді. Сипаттамалық қисықтар жақындық заңдарына сәйкес [18] келесідей өзгереді:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.1)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad (2.2)$$

Мұндағы Q – шығыны, m^3/c ,

N – сорғы жылдамдығы, айн/мин,

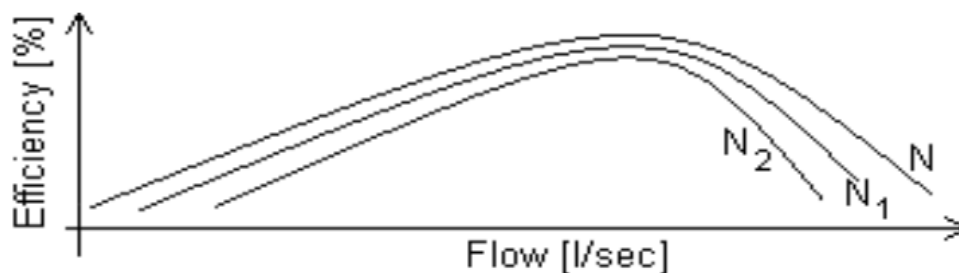
H – сорғының нақты қысымы, м.

1 индексі бастапқы күйді білдіреді, ал 2 индексі келесі күйді білдіреді.

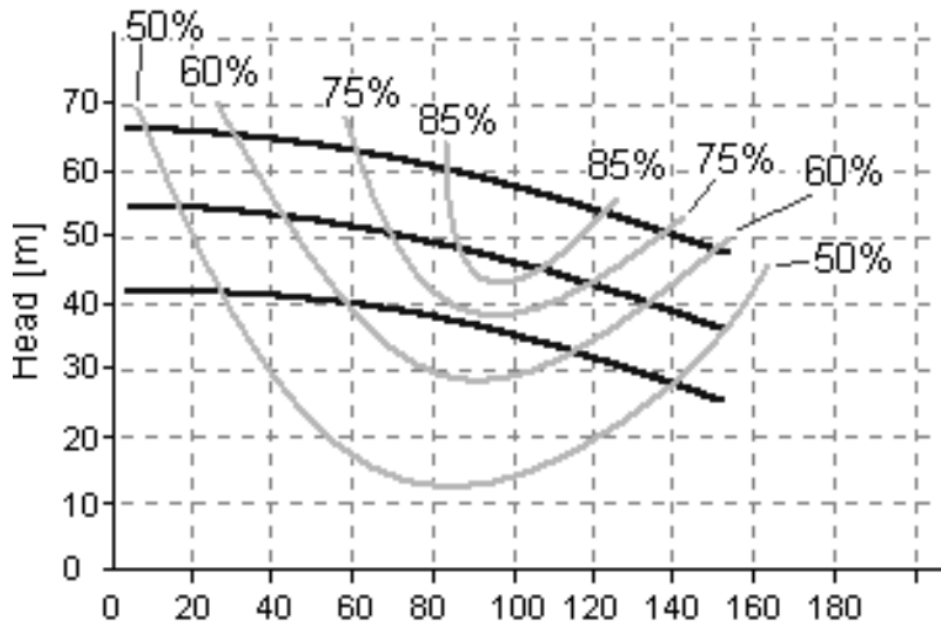
Жүйенің кедергі қисығы (немесе жүйелік қисық) құбыр жүйесінің кедергісін білдіреді және тұтынушыларға байланысты. Жүйенің қисығының жалпы пішіні мен көлбеуі нақты қолдануға байланысты және сорғының техникалық сипаттамаларында көрсетілмеген. Тұтынушы немесе құбыр құрылымы өзгерген кезде ол өзгереді. Кедергі жоғары болған кезде жүйенің қисығы солға қарай ұмтылады; қарсылық төмендеген кезде оңға қарай ұмтылады. Қысым қисығының жүйе қисығымен қиылысу нүктесі сорғының жұмыс нүктесін.

Сорғының шығатын клапаны жабылған кезде, берілген қысым максимумда, ал ағын нөлдік нүктеде болады.

Сорғының мөлшері мен түрі жүйенің қисық сипаттамаларының негізінде таңдалады. Жүйенің қисық сызығындағы жұмыс нүктесінің орнын білу сорғының сипаттамалық қисық сызығын жүйенің қисық сызығымен біріктіру арқылы сорғының жеткілікті қысым мен ағынды қамтамасыз ете алатындығын анықтауға көмектеседі. Сорғының тағы бір маңызды сипаттамасы-оның тиімділік қисығы. сорғыға арналған біреуі 2.4-суретте көрсетілген. Тиімділік қисығы шыңына жететін нүкте ең жақсы тиімділік нүктесі деп аталады.



2.4 Сурет - Номиналды жылдамдық кезіндегі тиімділік қисығы (N – номиналды жылдамдықта, N_1 , N_2 -номиналды емес жылдамдықта)



2.5 Сурет- Тиімділік картасы: қысым мен тиімділік қисықтары

Суреттерді біріктіру арқылы. 2.3, 2.4 және 2.5 және бірнеше жылдамдық қисығы, нақты сорғының ПӘК және тиімділік картасы арасындағы байланысты бақылай отырып, шекті мәнді құрайтын номиналды жылдамдықтағы тиімділікті көрсететін нәтиже қисығын алуға болады.

2.4 Сорғыны автоматты басқарудың оңтайлы алгоритімін құру

Орталықтан тепкіш сорғылардың жұмыс параметрлері әдетте сорғының сипаттамалық қисықтарымен сипатталады, олар тиімділік, білік қуаты және номиналды жылдамдықта тұтыну кезінде пайда болатын қысым арасындағы байланысты білдіреді (Карассик, 1998). Біріншісі-сорғының өнімділігі (сорғының (HQ) қисығы).

$$H(Q) = H_0 - C_1 Q - C_2 Q^2 \quad (2.3)$$

Бұл Q ағынын жалпы H қысымымен байланыстырады, мұндағы H_0 -сорғының бос ағыны, ал C_1, C_2 - қысым коэффициенттері.

Бұл сипаттамалық қисықтарды сорғы өндірушісі сорғы құжаттамасының бөлігі ретінде ұсынады. Қысым сорғыдағы жалпы қысым айырмашылығымен ұсынылған. HQ графикалық панеліндегі жұмыс нүктесінің орналасуы құбыр сорғысының кедергісіне де байланысты. Құбырдың кедергісі жүйенің сипаттамасымен сипатталады

$$H(Q) = H_s + C_s Q^2 \quad (2.4)$$

H_s белгілі бір бос жүйелік қысыммен және C_s жүйесінің қысым коэффициенті.

Ең жоғары тиімділікпен жұмыс істейтін сорғымен қамтамасыз етілетін жұмыс нүктесі-ең жақсы тиімділік нүктесі. Дизайнына, мөлшеріне және қолдану саласына байланысты центрифугалық сорғының тиімділігі әр түрлі болады[23].

Орталықтан тепкіш сорғының тиімділігі жұмыс нүктесінің орналасуымен және өңделетін сұйықтықтың кіріс қуаты мен тығыздығының мәндерімен көрінеді.

$$\eta_{\text{сорғы}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{P_{\text{сорғы іші}}} \quad (2.5)$$

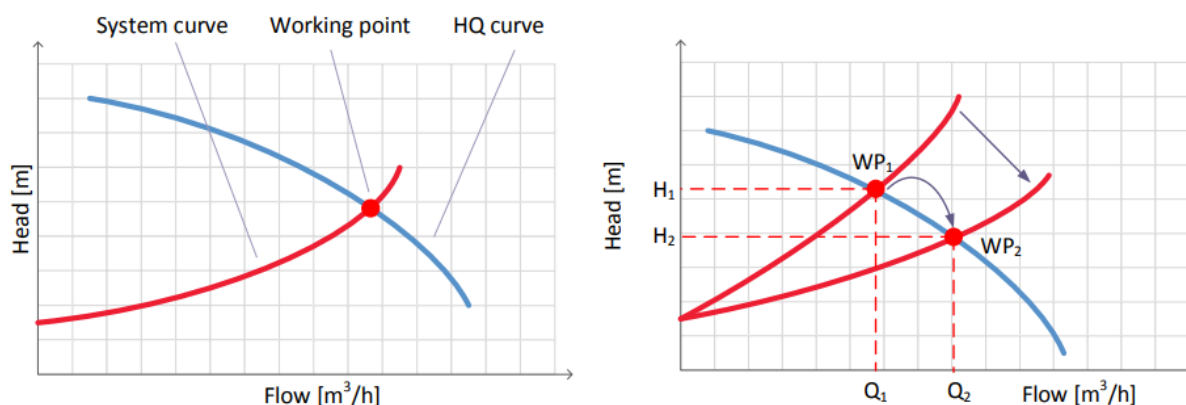
Мұндағы ρ -сұйықтықтың тығыздығы, g -ауырлық үдеуі, ал $P_{\text{сорғы іші}}$ -сорғының кіріс қуаты.

Сорғының жұмысын бағалаудың маңызды параметрлерінің бірі оның e_s энергия шығыны болып табылады. Ол ағынның көлеміне (электрлік) кіріс қуатын білдіреді және оны келесідей білдіруге болады.

$$E_s = \frac{P_m}{Q} \quad (2.6)$$

Бұл параметр ағынды басқарудың әртүрлі әдістерінде энергия тиімділігін анықтау үшін өте пайдалы (Eurorump, 2004). Қорытынды-бұл сорғы жүйесінің кірісіндегі электр қуаты.

2.6 Суретте- көрсетілгендей. Сорғының жұмыс нүктесі (WP) сипаттамалық HQ қисығы мен жүйенің қисығының қиылысында орналасқан. Біріншісі оның жұмысын көрсету үшін сорғының физикалық сипаттамасымен анықталады. Екіншісі негізінен құбырдың физикалық сипаттамасымен анықталады. Осы сипаттамалардың қиылысы жүйенің ағымдағы күйін көрсетеді және оның жұмыс нүктесін білдіреді.



2.6 Сурет - Тұрақты күйдегі жұмыс нүктесінің орналасуы (а) құбыр өткізгіштігі жоғарылаған жағдайда

Жүйе қисығының пішіні әртүрлі айналу жылдамдығындағы центрифугалық сорғының жұмысына тікелей әсер етеді. Жүйелік қисық екі компоненттен тұрады: динамикалық H_{din} басы және статикалық TH_{st} басы. Бұл сипаттама HQ графигіндегі параболалық қисық сызық ретінде көрсетілген. Статикалық бастың компоненті жүйенің қисығының жазықтығын анықтайды. Егер статикалық қысымның таралуы жоғары болса, қысымды басқару Қосымшаларының жылдамдығын басқару мүмкіндігі төмендейді, өйткені HQ қисығының айтарлықтай ығысуы қысымның салыстырмалы түрде аз өзгеруіне әкеледі.

Идеал жағдайда, сорғы өзінің шекті мәніне дейін жұмыс істейді, жүйенің қисық сызығының негізгі компоненті-динамикалық қысым. Егер сорғы АЖЖ жұмыс істесе, жылдамдық өзгерсе де, олшекті мәнге жақын болады. Жүйелік құбыр айтарлықтай статикалық қысым жасаған жағдайда, айналу жылдамдығы өзгерген кезде сорғының жұмыс нүктесі төменгі тиімділік аймағына ауысуы мүмкін.

Жұмыс нүктесінің орналасуы жүйенің өзгеретін параметрлеріне байланысты өзгеруі мүмкін. Бұл екі өлшемде өзгеруі мүмкін:

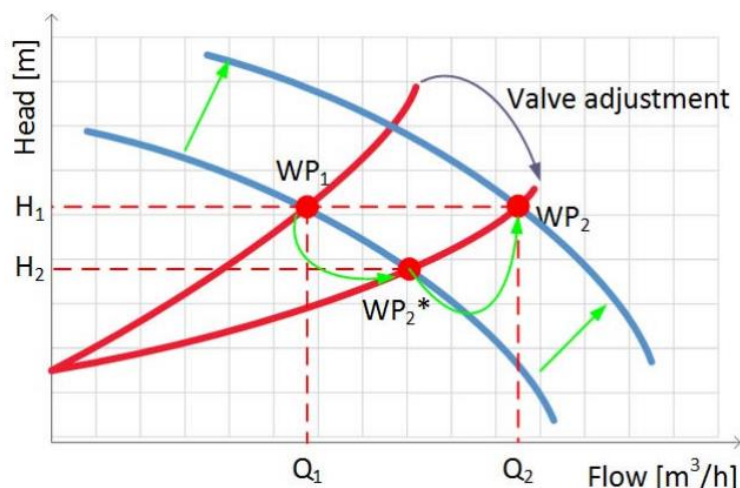
а. құбырдың өткізгіштігі өзгерген кезде HQ қисығы бойымен

В. сорғының айналу жиілігі өзгерген кезде жүйенің қисығы бойымен

2.6а суретте Құбырдың ашылу жылдамдығы артады, нәтижесінде ағынның жылдамдығы $Q1$ мәнінен $Q2$ мәніне дейін артады. Ашылу жылдамдығының артуы жүйенің қисығын төмен және оңға жылжыту арқылы көрсетіледі. Жұмыс нүктесі жүйенің қисық сызығымен бірге сырғанайды. Құбырдың ашылу жылдамдығы төмендеген жағдайда, жүйенің қисығы h осіне жоғары және солға қарай ауытқып, жұмыс нүктесін HQ қисығы бойымен солға сырғытуға мәжбүр етеді. Құбырдың ашылу жылдамдығының немесе өткізгіштігінің ауытқуы сұраныстың немесе процестің өзгеруіне байланысты болуы мүмкін.

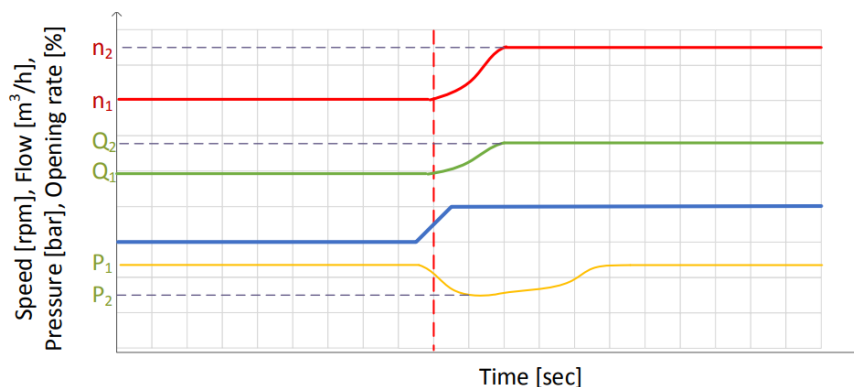
2.6(b) Суретте- көрсетілген қысымды тұрақты деңгейде ұстап тұру. жұмыс нүктесі $H1$ деңгейіне ауысуы керек. Бұл HQ қисығының сорғының айналу жылдамдығына сәйкес жоғары және төмен сырғу қабілетіне байланысты мүмкін. Бұл жағдайда басқару блогы құбырдың ашылу жылдамдығының жоғарылауына, ағынның жоғарылауына және қысымның төмендеуіне жауап беру үшін сорғының жылдамдығын арттыруы керек. Бұл басқару блогының реакциясы қысымның төмендеуін тексеріп, өсіп келе жатқан сұранысты қанағаттандыру үшін қосымша ағынды қамтамасыз етуі керек.

Жылдамдықтың төмендеуі реттеу қисығының төмен және солға жылжуына әкелуі мүмкін. Жылдамдықтың жоғарылауы реттеу қисық сызығын жоғары және оңға жылжытады. 2.7-суретте көрсетілген құбырдың ашылу жылдамдығы жоғарылаған жағдайда жүйеде тұрақты қысымды ұстап тұру үшін HQ қисығының жылжуын көрсетеді.



2.7 Сурет- Сорғының жылдамдығы артады, бұл HQ қисығының жоғары және оң жаққа жылжуына әкеледі. WP_2 -өтпелі нүкте

2.6 Суретте- көрсетілген жаңа сұраныс енді сорғының айналу жылдамдығын арттыру арқылы қысымның төмендеуінсіз орындалуда. Уақыт доменінде бұл процесті сипаттауға болады.



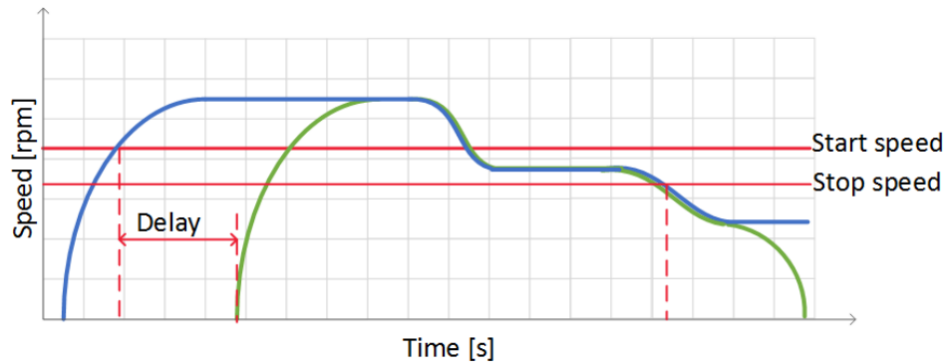
Жылдамдық [айн/мин]	—	Шығыс [$m^3/сағ$],	—
Қысым [бар]	—	Ашу коэффициенті [%]	—

2.8 Сурет- Құбыр жүйесінің өткізгіштігінің артуымен айдау параметрлерінің динамикасы

Әдетте, қолданыстағы сорғы жүйесін басқару қосымшаларында және кіріктірілген құралдарда бағдарламаланатын PID контроллері жылдамдықты реттеуге жауап береді. Мұндай қосымшаларда PID реттегіші бақыланатын параметрдің (қысым немесе ағын) ауытқуын өтеу үшін сорғы жылдамдығын реттейді. Бұл HQ қисығын HQ графикалық тақтасы бойымен сырғытып, сорғының жұмыс нүктесін анықтайды.

Сорғы жүйесінің өнімділігін арттыру қажет болған кезде, Бірақ АЖЖ табиғи шектеулеріне байланысты жылдамдықты арттыру мүмкін болмаса, жұмыс істейтін сорғылардың саны біртіндеп артады. Басқаша айтқанда,

қосымша сорғы (немесе бірнеше сорғы) іске қосылады. Айта кету керек, сорғыны басқаруға арналған бағдарламалық қосымшалардың көпшілігінде тоқтатудың бастапқы өлшемі сорғының жылдамдығын арттыру болып табылады. *Danfoss Aqua* сияқты кейбір қосымшаларда ағынның қысымы мен олардың басқару мәндері арасындағы өсіп келе жатқан айырмашылық аралық өлшем ретінде қабылдануы мүмкін. Іс жүзінде тұрған позиция 2.9-суретте көрсетілгендей көрінеді.



2.9 Сурет- Жұмыс істейтін сорғылардың санын арттыру. Жұмыс қосымшасы-ACQ810 жиілік түрлендіргішіне негізделген АВВ сорғыны басқару бағдарламасы. Диаграмма VSD ABB Drive Studio бақылау құралы арқылы сақталады

2.9 суреттен- тұру жылдамдығы пайдаланушы анықтаған Бастау жылдамдығы шегінен аса бастағанда орын алатынын көруге болады. Іске қосу жылдамдығының шегінен асып кету мен қосымша сорғыны іске қосу арасындағы уақыт кідірісі жүйенің кенеттен ауытқуы жағдайында жүйені тұрақсыз орналастырудан сақтайды.

Салыстырмалы бірліктердегі жиіліктегі реттелетін орталықтан тепкіш сорғы қондырғыларының гидравликалық сипаттамалары 3-дәрежелі жуықтайтын көпмүшелермен сипатталады.

$$H^*(Q^*) = a_0^* \cdot a_i^2 - a_1^* a_i \cdot Q^* + a_2 \cdot Q^{*2} - a_3^* \cdot Q^{*3} \quad (2.7)$$

$$\eta^*(Q^*) = b_1^* \cdot \frac{1}{a_i} \cdot Q^* - b_2^* \cdot \frac{1}{a_i^2} \cdot Q^{*2} - b_3^* \cdot \frac{1}{a_i^3} \cdot Q^{*3} \quad (2.8)$$

Мұндағы a_1^* , i -сорғының роторының салыстырмалы жылдамдығы; H – сорғы қондырғысының қысымы; Q^* – a_1 сорғы қондырғысының ағыны; $a_0^*, a_1^* a_2^*, a_3^*$ ротордың номиналды айналу жиілігі кезінде сорғының айдау сипаттамасының жуықтау коэффициенттері; $b_1^* b_2^*, b_3^*$ ротордың номиналды айналу жиілігі кезінде сорғының жуықтау пәк коэффициенттері [24].

2.1 Кесте- Жуықтау коэффициенттерінің мәндері келтірілген

Аты	Мән	Аты	Мән
a_0^*	1,118	b_1^*	1,359
a_1^*	0,007	b_2^*	0,054
a_2^*	0,042	b_3^*	0,304
a_3^*	0,154	---	

Параллель қосылған сорғы қондырғыларының тобы үшін салыстырмалы қондырғылардағы орташа тиімділік өрнекке сәйкес анықталады[25]:

$$\eta^*(Q_\Sigma^*) = \frac{Q_\Sigma^*}{\sum_{i=1}^n Q_i^*/\eta_i^*} \quad (2.9)$$

Мұндағы Q_i^* , η_i^* – сәйкесінше i - жалпы қабылдау коллекторындағы қысымның ағымдағы мәні бойынша сорғы қондырғысына сәйкес мән; Q_Σ^* – сорғылар тобының жалпы шығыны.

Бұл орталықтан тепкіш сорғы агрегаттарының орташа тиімділігі, мақсатты функция ретінде қабылдауға және келесі шарттарға негізделген эволюциялық алгоритмді қолдана отырып оңтайландыруға болады:

$$\begin{aligned} a_i &= var; \\ 0 &\leq a_i \leq a_{max}; \\ \sum_{i=1}^n Q_i^* &= Q_\Sigma^*; \\ Q_i^* &\geq 0; \\ H_i^*(Q_i^*) &= H_s^* \end{aligned} \quad (2.10)$$

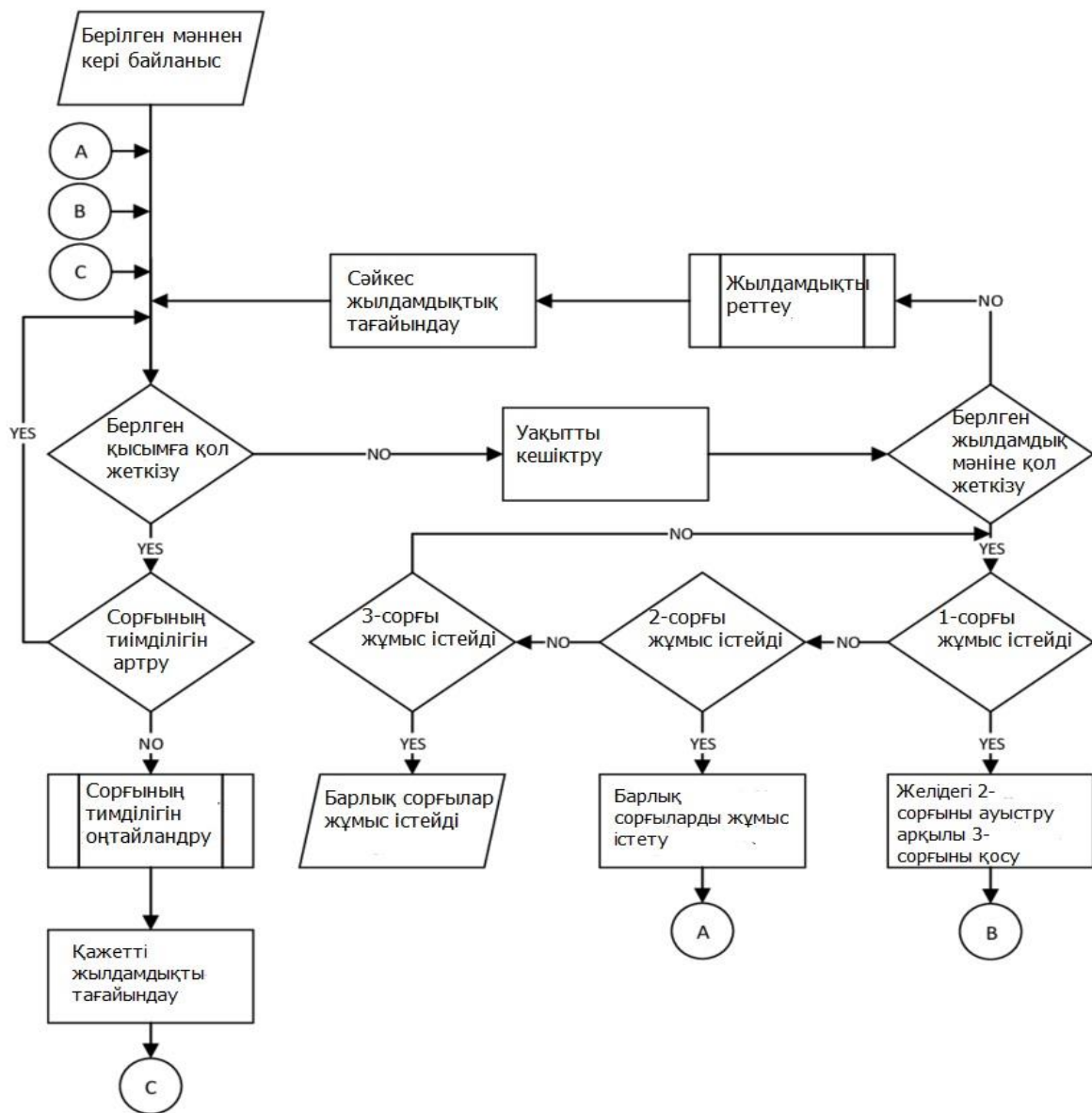
- қысымның ағымдағы мәні қысым датчигінен кері байланысқа байланысты сорғы қондырғыларының жалпы коллекторында анықталады;

- әрбір сорғы агрегатының жалпы шығысы мен шығысының шамасы жоғары қысымды жалпы коллектордан шығатын желілерде, сондай-ақ сорғы агрегаттарының кері клапандары мен қабылдау коллекторының арасындағы аралықтарда Шығыс датчиктерін орнату арқылы анықталады;

- қысымның ағымдағы мәні жалпы қабылдау коллекторында да, әр сорғы қондырғысының шығысында да орнатылған Қысым датчиктерінің көмегімен анықталады. Бұл факт құбырдағы қысымды дәл бақылауға және реттеуге мүмкіндік береді.

- қысымның ағымдағы мәні берілген H_s^* қысым мәнімен сәйкес келеді, өйткені автоматты қысымды басқару жүйесі жұмыс істеді деп болжанады. Содан кейін сорғы агрегаттарының жүктемесі $\eta^*(Q_\Sigma^*) \rightarrow \infty$ бөліктер жағдайына сәйкес қайта бөлінеді.

Автоматты қысымды басқару жүйесі 2 Суретте- көрсетілген алгоритмге сәйкес жұмыс істейді.



2.10 Сурет- Сорғы станциясындағы қысымды автоматты реттеу жүйесінің жұмыс алгоритмі

Бұл алгоритм реттелетін сорғы қондырғысы, сондай-ақ бірнеше реттелетін қондырғы болсада, басқару процесін жүргізуге мүмкіндік береді. Егер бір реттелетін сорғы қондырғысы болса, сорғы қондырғыларын қайта бөлу процесі жүрмейді, бірақ олар жиілік түрлендіргішінен электр желісіне ауысады. Алайда, көп жағдайда бір реттелетін сорғы қондырғысының энергиясын оңтайлы пайдалануға қол жеткізу үшін бұл жеткіліксіз.

Әзірленген алгоритм сорғы қондырғысының қысымын автоматты түрде басқарудың жабық жүйесін бағынышты реттеумен және параметрлерді кейіннен түзетумен жүзеге асыру ықтимал. Бағыныңқы реттеу жүйесі жалпы жағдайда бақыланатын саны айнымалылардың санына немесе компенсацияланатын үлкен жүйелік уақыт тұрақтыларының санына тең бірқатар тізбектерден тұрады, ал әрбір ішкі басқару тізбегі келесі сыртқы контурға бағынады.

Бұл бағыныштылық кез-келген ішкі контурдың реттелетін айнымалысының берілген мәні сыртқы контурдың реттеушісінің шығыс сигналымен анықталатындығында, нәтижесінде барлық ішкі тізбектер жүйенің шығыс мәндерін басқару міндетіне бағынады. Әрбір контур ауытқуды реттеу принципіне негізделген және реттелетін айнымалымен оның реттегішімен қатаң теріс кері байланысқа ие. немесе басқару объектісіне әрбір сыртқы контур, ішкі контур немесе бірнеше ішкі контур кіреді. Сорғы қондырғысының автоматты қысымды басқару жүйесі қысымды басқару тізбегін және тиісті реттегіштері бар жылдамдықты басқару тізбегін қамтиды. Екінші тізбек-бұл электр қозғалтқышының жылдамдығын реттеу тізбегі. Негізгі басқару тізбегі-бұл құбыр желісінің белгілі бір нүктесінде сорғы қондырғысы жасаған қысымды басқару тізбегі болып табылады. Сорғы қондырғысын іске қосу кезінде берілген қысым мәні мен құбырдың осы нүктесіндегі ағымдағы қысым мәні арасында айтарлықтай айырмашылық болатындығын ескеру қажет. Бұл айырмашылық қысым қатесінің сигналы болып табылады, ол тиісті түзетуден кейін жылдамдық реттегішіне тірек сигналы ретінде беріледі және кернеу мен жиілік түрлендіргішінің жиілігін басқару арналары арқылы дұрыс емес анықтамалық сигналдың пайда болуына әкеледі.

Өлшеу құралдарының санын көбейту сорғы қондырғыларының тобы үшін нақты басқару алгоритмін жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, тексеру клапандары мен жалпы қабылдау коллекторы арасында шығын өлшегіштерді орнату топтағы әрбір параллель қосылған центрифугалық сорғы қондырғысының шығыны туралы нақты мәліметтер алуға мүмкіндік береді. Бұл факт белгілі жуықтау көпмүшелері жағдайында әр сорғы қондырғысының тиімділігін анықтауға мүмкіндік береді.

Сорғы қондырғыларының жылдамдық диапазонының жоғарғы шегін арттыру топтың келесі сорғы қондырғысының параллель жұмысын қажет етпестен энергия шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Бұл артықшылық, әсіресе номиналды айналу жиілігіне орнатылған жұмыс істейтін сорғы қажетті қысымды ұстап тұра алмайтын шектес жағдайларда байқалады, бірақ келесі сорғы қондырғысын қосу соңғысының төмен тиімділігіне байланысты экономикалық тұрғыдан тиімсіз.

Орталықтан тепкіш сорғы қондырғыларын басқарудың әзірленген алгоритмі әр реттелетін сорғы қондырғысының жұмыс ағымының диапазонында жұмыс істеуін қамтамасыз етеді, бұл сорғы станциясының тиімділігін арттыруға және энергияны едәуір үнемдеуге әкеледі.

2.5 Сумен жабдықтау жүйесін анықтау

СС техникалық жабдықтарын таңдауда сумен жабдықтау көзінің су көзінен ең алыс ара қашықтық метрмен орнатудың болжамды орнына дейінгі тік қашықтық анықталуы тис. Сонымен қатар, осы қашықтықтың маусымдық ауытқуларын және судың көзі төмен түсіп кететіндіктен динамикалық деп

атаған жөн. Бұл қашықтықты неғұрлым дәл анықтау керек, оның өзіндік есептеу дәлдігі болады, өйткені қысымның жоғалуының тік компоненті әдетте ең үлкен болады.

Су көзінен ең алыс араластырғышқа дейінгі көлденең қашықтық, құбырды төсеудің болжамды бағыты негізінде есептелген. Бұл қашықтықты дәл өлшеуге болмайды, плюс немесе минус бір метрдің дәлдігі толығымен жоғалады. Сорғыны немесе сорғы станциясын орнатудың болжамды орны тиісінше, тік қашықтықты бойынша анықтаған жөн.

Құбырлар жүйесінде қолдануға арналған диаметрлер мен материалдар. Олар әдетте пластикалық құбырларды пайдаланады және олардың барлығында бірдей кедір-бұдыр көрсеткіштері бар, сондықтан, жалпы алғанда, тек болжанған құбырлардың диаметрлері мен олардың ұзындығы маңызды. Сумен жабдықтауды есептеудің кең таралған формуласы: көлденең құбырдың 10 метрі тігінен 1 метрге тең болжанады.

«Жергілікті кедергілер» деп аталатын бұрыштар, тістер, крандар және жүйенің басқа элементтерінің санын анықтаған жөн. Бірақ бұл өте қиын. Сондықтан, біздің өзара келісіміміз бойынша мұның бәрін 10 пайыздық қысыммен алмастырамыз.

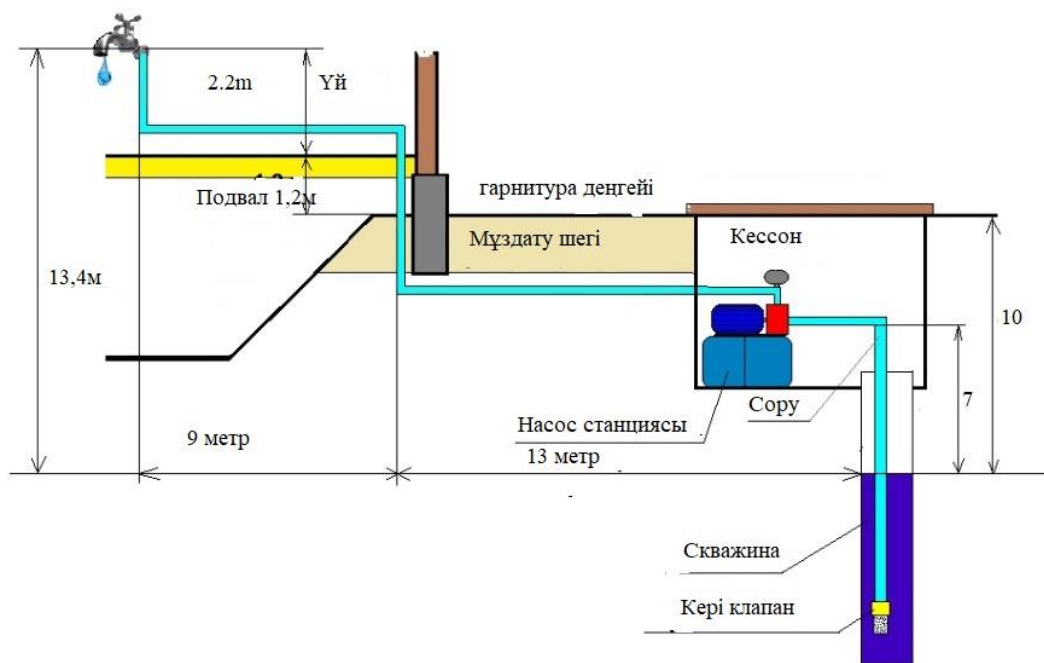
Төменде арнайы бағдарлама арқылы есептелген құбырдың диаметріне және тұтынушылардың санына байланысты ұзындығы 10 метр көлденең пластикалық құбырдағы бас жоғалтуды кестеде құрастырдық.

2 Кесте- Құбырдың ішкі диаметріне және тұтынушылардың санына байланысты ұзындығы 10 метр пластикалық құбырдың көлденең учаскесінде су бағанының метріндегі бас шығыны

Құбырдың ішкі диаметрі	12 мм	16 мм	20 мм	26 мм
1 тұтынушы (ағын жылдамдығы 0,2 л/с немесе 12 л/мин)	4,05	1,0	0,35	0,1
2 тұтынушы (ағын жылдамдығы 0,4 л/с немесе 24 л/мин)	14,09	3,49	1,16	0,33
3 тұтынушы (ағын жылдамдығы 0,6 л/с немесе 36 л/мин)	29,49	7,23	2,52	0,7

Кесте мына формуланы көрсетеді: көлденең құбырдың 10 метрі тік құбырдың 1 метріне тең, тек ішкі диаметрі 16 мм болатын құбырға сәйкес келеді (бұл металл пластик немесе сыртқы диаметрі 20 мм полипропилен). бір

тұтынушыға. Сондай-ақ, қолданыстағы жүйенің бөліктерін үлкенірек диаметрлі құбырлармен алмастыру арқылы тұтастай алғанда жүйенің құбырларының кедергісін азайтуға болады, араластырғыштардың шығысындағы қысымды арттыратынын айта кеткен жөн.



2.11 Сурет- Сумен жабдықтау жүйесі

2.6 Сорғының техникалық сипаттамалары

Ең бастысы-сорғының берілуінің Q-N сипаттамасы деп аталатын оның қысымына тәуелділігі. Қуат шығыны мен тиімділігі сорғыны сатып алудың мақсаты болып табылатын Q және N қысымын құру үшін сорғының жұмысының салдары болып табылады.

Сорғылардың техникалық сипаттамалары сынақ жүргізу кезінде алынады. Сорғыны сынау кезінде сұйықтық жабық циклды аяқтайды. Сорғымен резервуардан алынған сұйықтық шығын өлшегіші мен дроссельдік клапаны бар құбыр бөлігінен тұратын қысымды желіге беріледі, содан кейін қайтадан резервуарға оралады.

Бұл жағдайда сорғыдағы сұйықтықтың барлық энергиясы негізінен дроссель клапанында сіңеді. Ысырманы жабу және ашу арқылы сорғының берілуін нөлден бастап белгілі бір максималды мәнге дейін өзгертуге болады. Бір тәжірибе ішінде сорғының айналу саны тұрақты болып қалады.

Дроссель клапанының әртүрлі саңылауларында өлшеулер жүргізіледі: ағын, қысым, сорғы разрядының жұмыс қысымы, сору қысымы, сұйықтық температурасы және сорғы тұтынатын қуат.

Сорғының негізгі параметрлері:

- Q сорғыны беру (сорғының өнімділігі) - бұл сорғыны бір уақытта соратын сұйықтық мөлшері. Q әрпімен белгіленеді, сағатына текше метрмен ($m^3/сағ$) немесе сағатына литрмен ($л/сағ$) өлшенеді.

- сорғының қысымы-бұл сорылатын сұйықтықтың сорғысы арқылы берілетін нақты механикалық жұмыс. Басқаша айтқанда, қысым-бұл сорғы сұйықтықты көтере алатын су бағанының биіктігі. Сорғының қысымы h әрпімен белгіленеді, су бағанының метрімен өлшенеді (m).

- қуат - уақыт бірлігінде сорғыдағы бүкіл ағынмен алынған энергияның жалпы ұлғаюы. N әрпімен белгіленген. Киловаттпен өлшенген ($kВт$).

- сорғының тиімділігі (тиімділігі) – бұл пайдалы қуаттың сорғы тұтынатын қуатқа қатынасы. Тиімділік-бұл өлшемсіз шама.

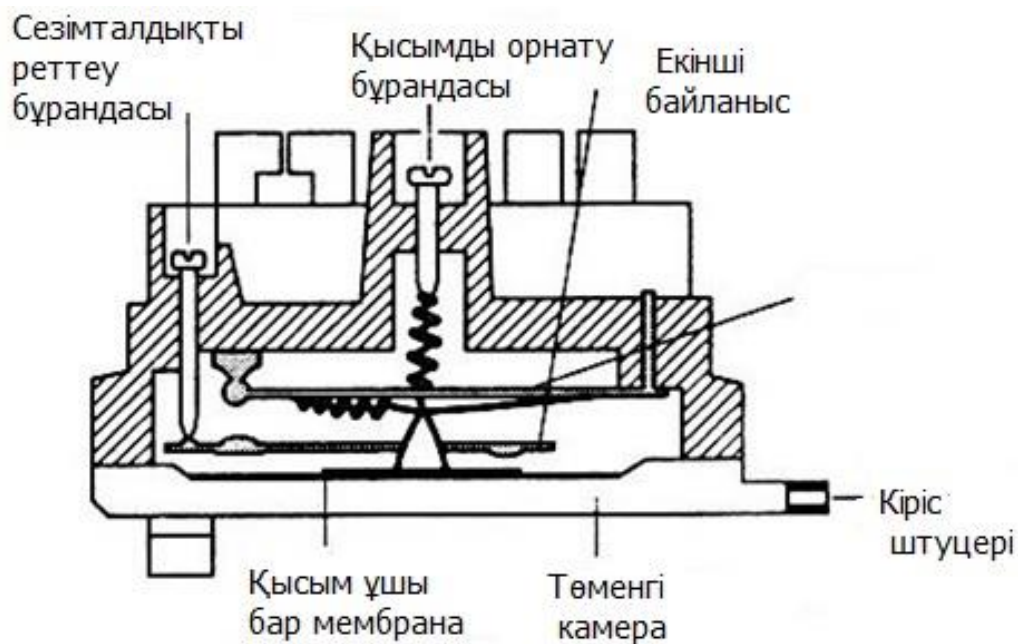
Беруді өлшеу көбінесе өлшеуіш дроссельдік шайбамен немесе саптамамен аспаптың алдындағы және одан кейінгі қысым айырмашылығының шамасы бойынша жүзеге асырылады; қысым айырмасы дифференциалды манометрмен өлшенеді.

2.7 Сорғы станциясындағы реттеуші датчик релесінің жұмыс принципі

Механикалық датчик ауытқу мембранасы әсер ететін элементтер-бұл жабу немесе ашу кезінде сорғы жабдықтарын қосатын және өшіретін контактілер немесе реле. Электрондық қысым датчигі сәл өзгеше принцип бойынша жұмыс істейді. Мұндай құрылғыдағы мембрананың деформациясы электрлік аналогтық сигналға айналады, ол күшейтіледі, цифрландырылады және құбырдың жұмысын автоматты түрде реттеу блогына түседі.

Контактілі деп аталатын механикалық қысым датчиктері электронды датчиктерге қарағанда жиі қолданылады. Бұл мұндай құрылғының дизайнының қарапайымдылығымен де, оның қол жетімді құнымен де түсіндіріледі. Атап айтқанда, тұрмыстық типтегі жылыту және сумен жабдықтау жүйелерінде су қысымының механикалық датчиктерін орнату үнемі жүзеге асырылады.

Механикалық датчиктің дизайны: 1) оның көмегімен құрылғыны құбыр элементтеріне қосу жүзеге асырылатын келте құбыр; 2) мембрана; 3) байланыс тобы; 4) әр түрлі диаметрдегі екі серіппе, ол арқылы құрылғы жұмыс істеуі керек ең жоғары және минималды қысым деңгейі орнатылады



2.12 Сурет- Сорғы станциясындағы қысымды реттеуші датчик құрылымы

Механикалық типтегі датчиктер орнатылған үлкен диаметрлі серіппе құбырдағы су қысымының деңгейін анықтайды, онда құрылғы жұмыс істейді және беру сорғысын өшіреді. Екінші көктем сенсордың төменгі шегіне жауап береді, дәлірек айтсақ, Шығыс кезінде сенсор қосу үшін жұмыс істейтін және құбырға су беретін сорғыны іске қосатын мәндер ауқымы.

Механикалық датчиктер дизайны екі серіппенің де сығылу дәрежесін реттеуге мүмкіндік береді. Үлкен диаметрлі серіппені қысу кезінде құрылғы жұмыс істейтін су қысымының мәні артады. Егер сіз кіші диаметрлі серіппені қатты қыссаңыз, онда жұмыс деңгейлері арасындағы қысым айырмасы артады.

3 ЕСЕПТЕУ БӨЛІМІ

3.1 Сорғы станциясының техникалық сипаттамаларын есептеу

Сантехникалық жүйенің гидравликалық есебін құру.

- тереңдігі 18 метр құдық бар, оның су көзі жер бетінен 10 метрден аспайтын тереңдікте орналасқан.

- сорғы немесе сорғы станциясы ұңғыманың үстінде тереңдігі 2,5 метр кессонға орналастырылуы керек.

- құдықтан үйге дейін 13 метр.

- үйдің ішінде құбырды төсеу трассасы бойынша болжамды көлденең қашықтық 9 метрді құрайды.

- есептелген тік қашықтықтар: еденнен араластырғышқа дейін - 1,1 метр, еденнен душ шүмегіне дейін - 2,2 метр, жер деңгейінен еденге дейін - 1,2 метр.

- сорғыны сору кезінде ұсынылатын құбыр: сыртқы диаметрі 26 мм және ұзындығы 10 метр болатын металл пластик. қысым бойынша: сорғыдан үйге дейін - сыртқы диаметрі 25 мм, ұзындығы 18 метр полиэтилен, үйдегі сымдар - сыртқы диаметрі 20 мм, ұзындығы 9 метр полипропилен.

- бір уақытта екі тұтынушының пайдаланады деп есептеу керек.

Алдымен, осы ақпаратты ретімен алайық. Су айнасынан ең алыс тұтынушыға (душ шүмегіне) дейінгі жалпы тік қашықтық мынаған тең болады:

$$10 \text{ м} + 1.2 \text{ м} + 2.2 \text{ м} = 13.4 \text{ метр}$$

Сорғыдан су бетіне дейінгі тік қашықтық:

$$10 \text{ м} - 2.5 \text{ м} = 7.5 \text{ метр}$$

Бізге, шын мәнінде, құбырлардың ұзындығын анықтау үшін ғана көлденең қашықтық қажет және бізде бұл ақпарат бар. Есептеу кезінде ескеру қажет сору құбырының ұзындығы су бетінен сорғыға дейінгі қашықтық, яғни. 7,5 метр. Негізінде, сорғы бұл есептегіштерді өңдеуге қабілетті болуы керек, бірақ қолайлы сорғыны іздемес бұрын бұл санды есте сақтау және тексеру керек.

Біз қазірдің өзінде 13,4 метр болатын тік қысымның жалпы жоғалуын анықтадық. Енді құбырлар арқылы судың қозғалысына байланысты қысымның жоғалуын табамыз. Сыртқы диаметрі 26 мм металл пластикалық құбырдың ішкі диаметрі 20 мм, ішкі диаметрі полиэтилен құбырымен бірдей, оны кессоннан үйге дейін төсеу керек, сондықтан:

$$18/10 * 1.16 = 2.088 \text{ м}$$

Бұл үйге апаратын полиэтилен құбырындағы қысымның жоғалуы. Бұл диаметрден, 20 мм-ден және екі тұтынушыдан қысымның жоғалуын ескерместен, сол кестеден алып, біз қалаған құбырдың ұзындығы үшін қысымның жоғалуын таптым, кестеде 10 метр ұзындыққа арналған қысымның жоғалуы көрсетілген.

Алайда, сорғының тұрақтылығын бағалау үшін сорғыдағы құбырдың кедергісін табу керек:

$$7.5/10 * 1.16 = 0,87 \text{ метр}$$

Сорғыштағы қысымның жалпы жоғалуы тең болады:

$$0.87 + 7.5 = 8.37 \text{ метр}$$

Бұл өте жақын 9 метр, сорғының максималды мүмкін сору тереңдігі. Сондықтан кессонның тереңдігін кем дегенде 3 метрге дейін ұлғайту немесе сыртқы эжекторы бар сорғы станциясын қолданған жөн, бұл әлдеқайда қымбат. Тағы бір нұсқа - сору құбырының диаметрін 32 мм-ге дейін арттыру, содан кейін құбырдың жалпы кедергісі төмендейді. *Неғұрлым сенімді нұсқаны таңдайық*: сору құбырының диаметрін ұлғайтып, оны сыртқы диаметрі 32 мм (ішкі, тиісінше 26 мм) металл пластикке ауыстырыңыз және кессонды жарты метрге «төмендетіңіз». Су көтерілуінің жалпы биіктігі мүлдем өзгермейді. Біз сорғыны суға жақындатамыз.

$$7/10 * 0.33 = 0.231 \text{ метр немесе } 7.0 + 0.231 = 7.231 \text{ метр}$$

Бұл қазірдің өзінде қолайлы және қажетті сорғыны іздеуде ешқандай проблемалар болмайды. Сыртқы диаметрі 20 мм болатын полипропилен құбырының ішкі диаметрі 16 мм, ал ондағы қысымның жоғалуы:

$$9/10 * 3.49 = 3.141 \text{ метр}$$

Енді біз есептегендердің бәрін қосамыз:

$$13.4 + 2.09 + 0.23 + 3.14 = 18.86 \text{ метр}$$

Бұған біз жергілікті қарсылықтардан айырылу үшін бұрын келісілген он пайызды қосамыз:

$$18,86 + 10\% = 20,75 \text{ метра.}$$

Бірақ бұл сорғыны жеңу керек қысым, сондықтан су араластырғыштан құйылады. Су краннан қысыммен шығуы үшін оған "Бос бас" деп аталатын қосу керек. Стандарттарға сәйкес, ол кем дегенде 3 метр болуы керек, практикалық себептерге сүйене отырып, үлкен санды, әрине, ақылға қонымды шектерде, мысалы, 15 метр есептеу керек. Бұл біз қосатын әртүрлі жабдықтардағы қарсылықты жеңуге жеткілікті: қазандық, кір жуғыш машина және ыдыс жуғыш машина және т. б.

Осылайша, біз сорғының қажетті сипаттамаларын аламыз:

$$20,75 + 15 = 35,75, \text{ яғни шамамен } 36 \text{ метр,}$$

$$\text{Бірақ кем дегенде } 20,75 + 3 = 23,75, \text{ яғни шамамен } 24 \text{ метр.}$$

Осы Талдауларға негізделе отырып біз таңдаған сорғы қысымы, сорғы бізге минутына 24 литр немесе сағатына 1,44 текше метр беруі керек.

Естеріңізге сала кетейін, бұл сорғының тақтайшасында жазылған сипаттамалар емес, сорғы осы қысым мен ағын жылдамдығында шынымен беруі керек сипаттамалар.

3.2 Сорғы станциясының электржетегінің элементтерін таңдауды есептеу

Автоматандырылған электржетегі жиілік түрлендіргіш–асинхронды қозғалтқыш схемасында құралған, қозғалтқышты басқару схемасының негізгі элементі жиілік түрлендіргіш (ЖТ).

Сорғының электржетегін құрудың маңызды бір бөлігі сорғы қозғалытқышының қуатын таңдау болып табылады, себебі қозғалтқыш электрэнергиясын механикалыққа түрлендіретін негізгі құрылғы болып табылады, сондықтан оны дұрыс таңдау жүйенің жалпы технока-экономикалық көрсеткіштеріне әсер етеді[12].

Сорғы қозғалтқыш қуатын таңдаудың негізгі алғышарты қажетті момент, яғни механизм білігіне берілетін момент, қажетті айналу жиілігі болып табылады.

Есептеулерді қарапайымдандыру үшін бұл шамалар технологиялық процесс талаптарына сәйкес белгілі деп есептейміз, яғни тапсырмаға сәйкес қозғалтқыш білігіне түсетін жүктеменің өзгері заңдылығы белгілі және төмендегі өрнекке сәйкес анықталады деп есептейміз:

$$M_{cm} = k\omega^q$$

Сорғы қозғалытқышының түрі және оның айналу жиілігін реттеу әдісі алдын-ала белгілі деп есептеп, белгілі қатынас бойынша қажетті қуаттың мәнәң анықтаймыз:

$$P_{эkv} = \frac{M_{cm} \cdot n}{9575}, \text{ (кВт)}$$

мұндағы $n = \frac{30\omega}{\pi}$ - қажетті айналу жиілігі, айн/мин.

Берілген шарттарға сәйкес қозғалтқыш айналу жиілігінің кез-келген мәні кезінде қалыптасқан режимде ($M=M_{cm}$) жұмыс жасайды деп есептеп, сорғы қозғалытқышының түрін және қуатын қажетті жүктеме моменті мен бұрыштық айналу жылдамдығына M_{cm} , ω мәндеріне сәйкес келсі шартты $P_{дв} \geq P_{эkv}$ қанағаттандыратындай етіп таңдап аламыз[12].

Сорғы қозғалытқышының есептік қуаты белгілі болғансоң каталогтан қуаты есептік қуаттан жоғары болып тбылатын қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдаймыз.

Таңдап алынған сорғы қозғалытқышының негізгі параметрлері 2.1-кестеде көрсетілгендей болады.

Сорғы қозғалытқышының қуатын және түрін шамалап таңдап алғаннан кейін, таңдап алынған сорғы қозғалытқышының асқын жүктемені көтере алу қабілеттілігін тексереміз.

2.1 Кесте - Асинхронды сорғы қозғалытқышының параметрлері[10]

Параметрлердің аты	Электр қозғалтқыш
--------------------	-------------------

Номинальдік қуат, P _н	кВт
Номинальдік кенеу (фазалық), U _н	В
Номинальдік (фазалық) ток, I _н	А
Номинальдік жылдамдық, η	айн/мин
Номинальдік момент, M _н	Н*м.
Инерция моменті, J	кг·м ²
Полюстер жұбының саны, 2р	
Номинальдік жиілік, f _н	Гц
Статордың активтік кедергісі, r _s	Ом
Ротордың активтік кедергісі, r _r	Ом
Статордың шашырау индуктивтігі, l _{δs}	Гн
Ротордың шашырау индуктивтігі, l _{δr}	Гн
Статор мен ротордың өзара индуктивтігі, L _m	Гн

Асқын жүктемеге қабілеттілігі сорғы қозғалытқышының төмендегі шартты қанағаттандыра алатындығына тексеру арқылы жүргізіледі:

Қозғалтқыштыі мометі $M_{ном} \geq \frac{M_{max}}{\lambda}$ немесе $M_{ном} \geq k_3 M_{ct}$, мұндағы k_3 - момент бойынша ескеру коэффициенті (есептеулер үшін $k_3=1,4$) [12].

Егер тексеру шарты қанағаттандылмайтын болса, онда қуаты үлкенріек басқа қозғалтқыш таңдап алу керек және осыған дейін жүргізілген есептеулер мен тексерулерді жаңадан таңдап алынған қозғалтқыш үшін қайталау қажет.

Қозғалтқыш қуатын таңдап алғаннан кейін және оның асқын жүктемеге қабілеттілігін тексергеннен кейін сорғы қозғалытқышының өзіндік механикалық сипаттамасын $M(s)$ немесе $n(M_{ct})$ тәуелділіктерін салу керек.

Жиілік түрлендіргішін таңдау электрқозғалтқышының $P_{ном}$, (кВт) номиналь қуаты, $I_{ном}(A)$ тогы және жылдамдықты реттеу диапазоны $D = \frac{\omega_{max}}{\omega_{min}}$ параметрлері арқылы жүргізіледі, бұрыштық жылдамдықтың ең жоғары және кіші мәндері сорғы қозғалытқышының жасанды механикалық сипаттамаларынан алынады.

Жиілік түрлендіргіштің қуаты мына теңдіктерден анықталады:

$$P_{ПЧ} \geq P_{ct} = M_{ct} \omega \text{ немесе } P_{ПЧ max} \geq M_{max} \omega.$$

$$\text{Жиілік түрлендіргішінің тогы: } I_{ПЧ} \geq \frac{M_{max} I_{ном}}{M_{ном} \lambda_i},$$

мұндағы λ_i - токлардың еселік мәні (шамамен $\lambda_i = 2 \div 3$ аралығында).

Жиілік түрлендіргіш ток көзіне трансформатор арқылы қосылады, трансформатордың қуаты: $P_{тр} \geq P_{ПЧ}$.

Электржетегін іске қосушы құрылғы ретінде автоматты іске қосқыш таңдап алынады, автоматты іске қосқыштың жартылай өткізгішті ажыратқышы бар. Ажыратқыштың номиналь тогы $I_{ном.р} \geq I_{ном.дв}$, яғни ол сорғы қозғалытқышының тогын өткізе алу керек.

Асинхронды электр қозғалтқышымыз бірқалыпты жұмыс жасау үшін басты ескеретін шарт- қозғалтқыштағы магнит ағыны тұрақты болуы қажет.

Егер статорға берілетін кернеудің мәні $U_1 = 4.44 * f_1 * \omega_1 * k_{obl} * \Phi_0$

болса, онда $\Phi_0 = \frac{U_1}{kf_1} = const$ болуы қажет.

Жүктеменің сипатына байланысты жоғарыдағы шарт орындалу үшін кернеу мен жиілік бір-біріне пропорционал түрде өзгереді[12].

Жүктеменің түрлері:

1) Момент тұрақты.($M=const$)

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = const$$

жүктеменің бұл түріне мысал ретінде конвеерді келтіруге болады.

2) Қуат тұрақты.($P=const$)

$$P = M * \omega = const \Rightarrow \frac{U_1}{f_1} = const$$

Жүктеменің бұл түріне мысал ретінде әр түрлі көтеру механизмдерін келтіруге болады.

3) Вентиляторлық сипатты жүктеме.

$$\frac{U_1}{f_1^2} = const$$

Жүктеменің бұл түріне мысал ретінде желдеткіштерді, насостарды келтіруге болады.

Біздің жағдайда $m = 0$ болғандықтан тұрақты момент сипатты жүктеме болады.

Асинхронды сорғы қозғалытқышының электромагнитті момент теңдеуі[12]:

$$M = \frac{m_1 * U_1^2 * r_2'}{\omega_1 * s[(r_1 + c_1 * r_2' / s)^2 + (x_1 + c_1 * x_2')^2]}$$

Мұндағы статор орамдарына берілетін U_1 кернеуінің өзгеру заңдылығы жүктемеге сәйкес:

$$U_1 = U_{ном} * \frac{f_1^2}{f_{ном}^2} \text{ болады;}$$

$c_1 = 1 + \frac{x_1}{x_\mu}$ - орынбасу сұлбасының дәлділеу коэффициенті;

Жоғарыда келтірілген машинаның электромагнитті моменті теңдеуі бойынша $U_1 = const; f_1 = const$ болғандағы моменттің сырғанауға тәуелділігін $M=f(s)$ зерттейік. Осы зерттеудің нәтижесінде тұрғызылған сипаттамаларды механикалық сипаттама деп атайды.

Механикалық сипаттаманы тұрғызу үшін сырғанауды нольден бірге дейін өзгертіп отырамыз ($s = 0 \div 1$). Бұл жерде номинал және критикалық сырғанауларды ескеру қажет.

Сырғанауды былай анықтауға болады:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

Сырғанаудың мақсатты шамасын анықтайтын формула:

$$s_{кр} = \frac{r_2'}{x_1 + c_1 * x_2'}$$

Жоғарыда келтірілген формулалар бойынша әртүлі жүкткеме сәйкес келетін, жиіліктік реттелетін асинхронды сорғы қозғалытқышының механикалық сипаттамалары.

2.5 Жиіліктік реттелетін асинхронды сорғы қозғалытқышының өзіндік және жасанды сипаттамаларын есептеу және салу

Өзіндік механикалық сипаттаманы салу асинхронды сорғы қозғалытқышының механикалық сипаттамасының теңдеуін номиналь режим үшін есептейміз, яғни қозғалтқышқа берілетін кенрнеу мен оның жиілігі стандарт мәнеге тең және сорғы қозғалытқышының білігіне берілетін жүктеме моменті де номиналт мәнеге тең дп есептеледі.

Сорғы қозғалытқышының параметрлері анықтамалық материалдардан алынады және таңдап алынған сорғы қозғалытқышының негізгі параметрлерін кестеге енгізіп қою керек.

Механикалық сипаттама теңдеуі сорғы қозғалытқышының ауыстыру схемасының параметрлері арқылы мына түрде жазылады:

$$M = \frac{p \cdot m_1 \cdot U_1^2 \cdot \frac{r_2'}{s}}{\omega \cdot [(r_1 + c_1 \cdot \frac{r_2'}{s})^2 + (x_1 + c_1 \cdot x_2')^2]}, \quad (3.1)$$

Асинхронды электр қозғалтқышымыздың магнит ағынының бұрыш жылдамдығын табамыз:

$$\omega = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2 * 3.14 * 50}{3} = 104.5 (\text{rad} / \text{c})$$

мұндағы f - электр желісінен берілетін кернеудің номиналь жиілігі;

p - полюстер саны;

Айналу жылдамдығы:

$$n = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{60 * 104.5}{2 * 3.14} = 1000 (\text{айн} / \text{мин})$$

Бұдан $M = k * w^m$ заңдылығы бойынша жүктеме моментті тауып аламыз:

$$M = k * w^m = 17.5 * 314^0 = 17.5 (\text{H} * \text{м})$$

Демек біздің қозғалтқышымыз тудыратын момент осы жүктеме моментіне жуық мәнге тең болуы керек. M электромагнитті момент электромагнитті қуатқа пропорционал болғандықтан, табылған моментке байланысты асинхронды электр қозғалтқышымыздың жуық қуатын есептейміз. Ол мына формуламен анықталады:

$$M_{эл} = \frac{P_{эл}}{\omega} = \frac{9550 * P_{эл}}{\omega}$$

Өз мәндерімізді жоғарыдағы формулаға қоямыз:

$$M_{эл} = \frac{9550 * P_{эл}}{\omega} \Rightarrow P_{эл} = \frac{M_{эл} * n}{9550} = \frac{17.5 * 3000}{9550} = 5.49 (\text{кВт})$$

Енді бізге асинхронды электр қозғалтқышымыздың айналу жылдамдығы мен қуаты белгілі.

Осы параметрлерге сәйкес қозғалтқышты таңдаймыз. Таңдап алынған асинхронды сорғы қозғалтқышының параметрлері 2.2- кестеде көрсетілген

2.2 Кесте – Электр қозғалтқышының техникалық көрсеткіштері

Эл. қозғалтқыш типі	2 _{ном} Вт	Энергетикалық көрсеткіштері		I _{ном}	Сұлбасының параметрлері(с.б.)					
		I _{ср}	cos φ		μ	' ₁	' ₁	'' ₂	'' ₂	
УЗ 4А18012	2	2	0,875	0,91	0,032	,8	,05 0	,05 4	,036	,11

Кестеде келтірілген параметрлер мыналар болып табылады:

η – пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК),

$\cos\varphi$ – қуат коэффициенті,

X_0 – магниттелу тізбегінің индуктивті кедергісі, салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.),

R_1 – статор орамының активті кедергісі, салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.),

X_1 – статор орамының индуктивті кедергісі, салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.),

R'_2 – ротордың орамының активті кедергісі, салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.),

X'_2 – ротор орамының индуктивті кедергісі, салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.),

$S_{ном}$ – номиналды сырғанау,

$S_{кр}$ – шекті сырғанау,

J_p – ротордың инерция моменті.

Каталогта келтірілген ауыстыру схемасының параметрлері салыстырмалы бірлікте берілген, ал сипаттаманы есептеу және салу үшін бұл параметрлерді өлшем бірлікті шамаларға ауыстыру қажет, ол үшін каталогтық мәндерді Z_1 ауыстыру коэффициентіне көбейту қажет, онда:

$$r_1 = R'_1 \cdot Z_1$$

$$x_0 = X_0 \cdot Z_1$$

$$x_1 = X'_1 \cdot Z_1$$

$$x'_2 = X''_2 \cdot Z_1$$

$$r'_2 = R''_2 \cdot Z_1$$

$$\text{мұндағы } Z_n = \frac{U_{\text{нфаз}}}{I_{\text{нфаз}}}.$$

$U_{\text{нфаз}}$ – статордың номиналды фазалы кернеуі.

Статордың номиналды фазалық тогы келесідегідей есептеледі:

$$I_{\text{нфаз}} = \frac{P_2}{3 \cdot U_{\text{нфаз}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi},$$

мұндағы P_2 – қозғалтқыш білігіне берілетін пайдалы қуат (Вт).

Сырғанаудың мәнін $0 \div 1$ аралығында өзгерте отырып $M(s)$ немесе $n(M_{cm})$ тәуелділіктерін саламыз.

Қозғалтқыш қоректеніп тұрған ток көзі кернеуінің мәні 10-15% төмендеп кеткен кезінде оның жүктемеге беріктілігін тексеру үшін, ток көзі кернеу мәні $U'_1 = 0.85U_{\text{ном}}$ болғандағы сипаттаманы салу керек.

Егер статикалық момент графигі мен сорғы қозғалытқышының $U'_1 = 0.85U_{\text{ном}}$ болғандағы сипаттамасының қиылысу нүктесі сорғы қозғалытқышының жұмысжасау учаскесінде орналаспаса, онда қуаты жоғары басқа қозғалтқыш таңдап алу керек және кейінгі есептеулердің барлығы жаңадан таңдап алынған қозғалтқыш үшін жүргізілуі тиіс.

Ток көзі жиілігінің әртүрлі мәндеріне сәйкес келетін жасанды сипаттамаларда жоғарыда келтірілген механикалық сипаттама теңдігі арқылы есептелініп салынады.

Жасанды сипаттамаларды салу үшін ток көзі кернеуі мен жиілігі арасындағы қатынасты білу керек, яғни сорғы қозғалытқышының асқын жүктемеге қабілеттілігін сақтау мақсатында ток жиілігі өзгергенде кернеуді басқару заңдылығын білу керек.

Бұл шамаларды абсолюттік шамаға келтіру үшін осы мәндерді $Z_{\text{ном}}$ келтіру коэффициентіне көбейтеміз.

Оның мәні келесі формуламен анықталады:

$$Z_{\text{ном}} = \frac{U_{\text{фном}}}{I_{\text{фном}}}$$

Бұл жердегі $U_{\text{фном}}$ - электр желісіндегі фазалық кернеуі; $I_{\text{фном}}$ - статордың номинал фазалық тоғы:

$$I_{\text{фном}} = \frac{P}{3 \cdot U_{\text{фном}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}}$$

мұндағы P - электр қозғалтқыш қуаты;

η - электр сорғы қозғалытқышының ПӘК-і;

$\cos \varphi_{ном}$ - электр сорғы қозғалытқышының қуаттық коэффициенті.

$$I_{\hat{\omega}} = \frac{5500}{3 * 220 * 0.875 * 0.91} = 42.466(\hat{A})$$

$$z_{\hat{\omega}} = \frac{220}{42.466} = 5.02$$

Активті және реактивті (индуктивті) кедергілерді абсолюттік шамаларына келтіреміз:

$$x_{\mu} = z_{\hat{\omega}} * x'_{\mu} = 5.02 * 3.8 = 17.876(\hat{H})$$

$$r_1 = z_{\hat{\omega}} * r'_1 = 1.051(\hat{H})$$

$$r'_2 = z_{\hat{\omega}} * r''_1 = 0.72072(\hat{H})$$

$$x_1 = z_{\hat{\omega}} * x'_1 = 1.13508(\hat{H})$$

$$x'_2 = z_{\hat{\omega}} * x''_2 = 2.3122(\hat{H})$$

мұндағы x_{μ} - магниттік тізбектің индуктивтілік кедергісі;

r_1 - статор орамындағы активті кедергі;

r'_2 - ротордағы активті кедергі;

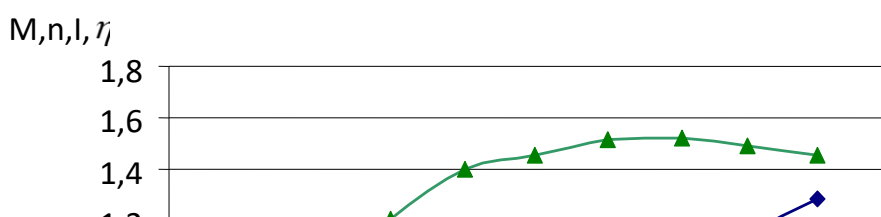
x_1 - статордағы индуктивті кедергі;

x'_2 - ротордағы индуктивті кедергі.

Электржетектерінің қасиеттерін көрсететін негізгі сипаттамалары оның жұмыстық сипаттамалары болып табылады.

Жұмыстық сипаттамалар дегеніміз айналдырқ моментінің, айналу жиілігінің, статор орамдарындағы токтың және пайдалы әсер коэффициентінің пайдалы қуатқа тәуелділігі болып табылады.

Жиіліктік басқарылатын асинхронды қозғалтқышытың жұмыстық сипаттамалары төмендегі 2.4- суретте көрсетілген.



2.4 Сурет – Жұмыстық сипаттамалар

Жоғарыда келтірілген асинхронды машинаның электромагнитті момент теңдеуі және критикалық момент теңдеулерін түрлендіре отырып максималды момент теңдеуін табуға болады:

$$M_{\text{макс}} = \frac{m_1 * U_1^2}{2 * \omega_1 * c_1 (x_1 + c_1 * x_2')}$$

Осы теңдеуден асинхронды машинаның электромагнитті моменті статор орамына берілетін U_1 кернеуінің квадратына пропорционал екенін көруге болады ($M \equiv U_1^2$). U_1 сырғанауға тәуелсіз.

U_1 кернеуі сорғы қозғалытқышының максимал моментіне және асыра жүктелу қабілетіне әсер етеді, өйткені:

$$\lambda = \frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}}$$

Егер біздің кернеуіміз 15% пайызға түссе, яғни $U_1 = 0.85 \cdot U_{\text{ном}}$, онда қозғалтқышымыздың моменті $M'_{\text{макс}} = 0.85^2 \cdot M_{\text{макс}} = 0.7226 \cdot M_{\text{макс}}$ болады.

Бұл кезде сорғы қозғалытқышының асыра жүктеуі қаншалықты түскенін көрейік:

$$\lambda' = \frac{M'_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}} = \frac{0.7226 * 48,62}{17,85} \approx 1.97$$

Жалпы жағдайда $\lambda \geq 1.5$ болуы керек ($3 \geq \lambda \geq 1.5$). Демек біздің қозғалтқышымыз асыра жүктеулерге төзімді.

Кернеуді басқару заңдылығы тапсырмаға сәйкес анықталады және төмендегі заңдылықтардың бірі болып табылуы мүмкін.

Егер жүктеме моменті $M_{cm} = const$ сипатта болса, онда кернеуді бақару заңдылығы мына өрнекпен анықталады:

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U'_1}{f'_1} = const$$

Егер жүктеме моменті $M_{cm} = \omega^2$, яғни желдеткіш тәрізді сипатта болса, онда кернеуді бақару заңдылығы мына өрнекпен анықталады:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \frac{U'_1}{f_1'^2} = const$$

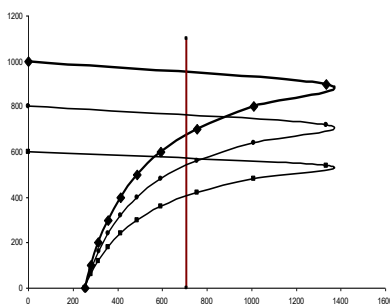
Егер жүктеме моменті $M_{cm} = \frac{P_{Mex}}{\omega} = const$ сипатта болса, онда кернеуді бақару заңдылығы мына өрнекпен анықталады:

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \frac{U'_1}{\sqrt{f'_1}} = const$$

Жиіліктік реттелетін асинхронды сорғы қозғалытқышының жүктеме моменті $M_{cm} = const$ сипатта болса, онда кернеуді бақару заңдылығы мына өрнекпен анықталады:

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U'_1}{f'_1} = const$$

Кернеуді басқарудың осы заңына сәйкес келетін механикалық сипаттамасының кескіні 2.5 –суретте көрсетілген.

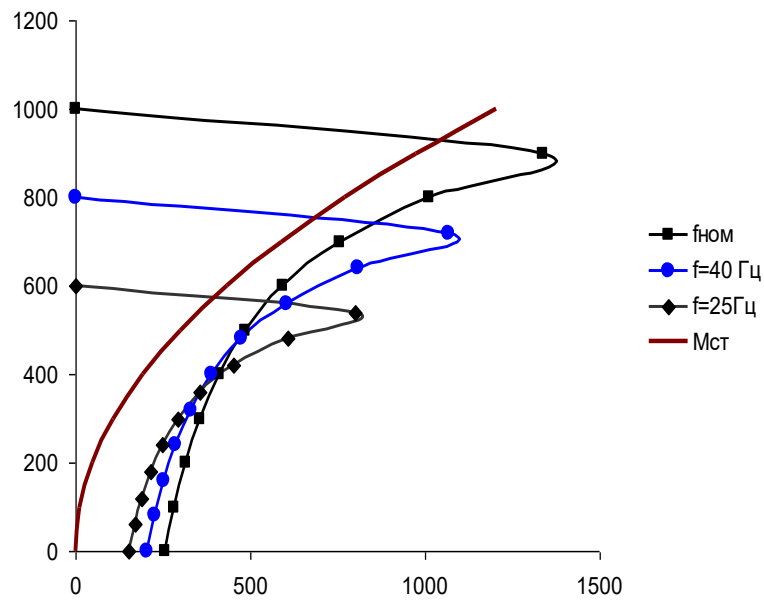


2.5 Сурет - Жүктеме моментін $M_{cm} = const$ сәйкес келетін механикалық сипаттама

Егер жүктеме моменті $M_{cm} = \omega^2$, яғни желдеткіш тәрізді сипатта болса, онда кернеуді бақару заңдылығы мына өрнекпен анықталады [12]:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \frac{U'_1}{f_1'^2} = const$$

Кернеуді басқарудың осы заңына сәйкес келетін механикалық сипаттамасының кескіні 2.6 –суретте көрсетілген.



2.6 Сурет - Жүктеме моменті $M_{cm} = \omega^2$ сәйкес келетін механикалық сипаттма.

4 СОРҒЫ СТАНЦИЯСЫНДАҒЫ ҚЫСЫМДЫ АВТОМАТТЫ РЕТТЕЙТІН ЭЛЕКТРОЖЕТЕКТІ MATLAB БАҒДАРЛАМАСЫНДА SIMULINK ПАКЕТІНДЕГІ FUZZY LOGIC ОРТАСЫНДА МОДЕЛДЕУ

4.1 Анық емес логикалық (Fuzzy Logic) басқару жобасы

Fuzzy Logic Toolbox™ бағдарламалық құралы Simulink бағдарламасында анық емес қорытындылар жүйесін имитациялауға арналған блоктарды қамтамасыз етеді. Бұл жуықтауларды (пайдалы сигнал) әрі қарай анық емес басқару жүйелері теориясына негізделген сорғы қондырғысын басқару жүйесін әзірлеуде қолдануға болады [26]. Fuzzy Logic тәсілін қолдану негізделген, кейде күрделі жүйенің әрекетін сипаттау қажет болған кезде және басқа параметрлердің немесе қоршаған орта параметрлерінің мәндеріне негізделген жүйенің кейбір параметрлерінің мәндерін анықтауға мүмкіндік болған кезде ғана қолдануға болады.

Әзірленген анық емес контроллердің (нечеткий контроллер) негізінде сорғы станциясының басқару жүйесін модельдеу жүргізілді. Мұндай жүйенің моделі 3.1 суретте- көрсетілген. Басқару жүйесінің кіріс параметрлері ағымдағы ағын, желідегі қысым және таңдалған уақытының (жаз немесе қыс) сигналы болып табылады. шығу параметрлері: жиілік түрлендіргішіне берілетін басқару сигналы, ықтимал төтенше жағдайлар кезіндегі төтенше қысым және ағымдағы сигналмен салыстыру үшін толқын түрлендіруімен алынған алдыңғы мәндер. Сорғы станциясын басқаруда fuzzy logic екі негізгі тұжырымдамасын пайдалана отырып сипаттауға болады: лингвистикалық айнымалы Р және термин лингвистикалық айнымалы Т. Анық емес логиканың ықтималдығы жүйені сипаттайтын параметрлердің біріне сәйкес келеді, мысалы, ағын, қысым және т.б. Өлшенген параметр мәнінде айнымалының нақты мәні пайда болады. Лингвистикалық айнымалы аймақты құрайтын әртүрлі мағыналардың жиынтығы "анық емес" мәні бар айнымалы болып табылады және жүйе параметрлерінің бір тән күйін сипаттайтын сөйлеммен анықталады.

Басқару процесін fuzzy logic негізделген әдісті қолданған кезде энергияны аз тұтыну және тұтынушыға қажетті су ағынын жеткізу критерийі бойынша оңтайлы командалар жиынтығын құру мүмкіндігі бар. Анық емес реттеуші классикалық реттегіштермен салыстырғанда өтпелі процестердің жоғары сапа көрсеткіштерін қамтамасыз етеді [27-28]. fuzzy logic-пен басқарудың үлкен артықшылықтары оның сандық іске асыруға бағдарлануын қамтуы керек. Мұндай жүйелер өте үлкен икемділікке және өтпелі процестің жақсы сапасына, реттеу кезінде аз уақытты алатын ерекшеліктерге ие.

Сорғы станциясының өнімділігі біз қазір су ағынының сипаттамасымен толқын түрлендіруден алынған су ағынының алдыңғы мәнімен анықталады, ол сорғы станциясының шығысындағы шығын өлшегішпен өлшенеді.

Анық емес логикалық басқарудың кіреберісінде үш айнымалы бар, оның ішінде "өте төмен", "төмен", "орташа", "жоғары" және "өте жоғары" мәндерін алатын "суды тұтыну айырмашылығы" болуы керек. Әрине, қазіргі уақытта

суды тұтынудың айырмашылығы неғұрлым көп болса, өнімділік соғұрлым жоғары болуы керек. Екінші лингвистикалық айнымалы желідегі «тұтынудың өзгеру жылдамдығын» анықтады, оған "өте жоғары" төмен", "өте төмен", "орташа", "жоғары" және "өте жоғары" деген лингвистикалық мағына берілді. Тұтыну өзгерісінің жоғары жылдамдығы сорғы станциясының жоғары өнімділігін талап етеді. Сорғы қондырғысы жасаған су ағыны желідегі тұтыну шығындарының сәйкес өзгеру жылдамдығына жақындаған кезде сорғы станциясының жылдамдығы төмендейді[29-30]. Шығу айнымалысы жиілік түрлендіргішіне берілетін біртұтас сигнал болып табылады. Оған келесі терминдер тағайындалды: «өте төмен», «төмен», «орташа төмен», «ортадан төмен», «орташа», «ортадан жоғары», «орташа жоғары», «жоғары» және «өте жоғары» (4.1-кесте) көрсетілген.

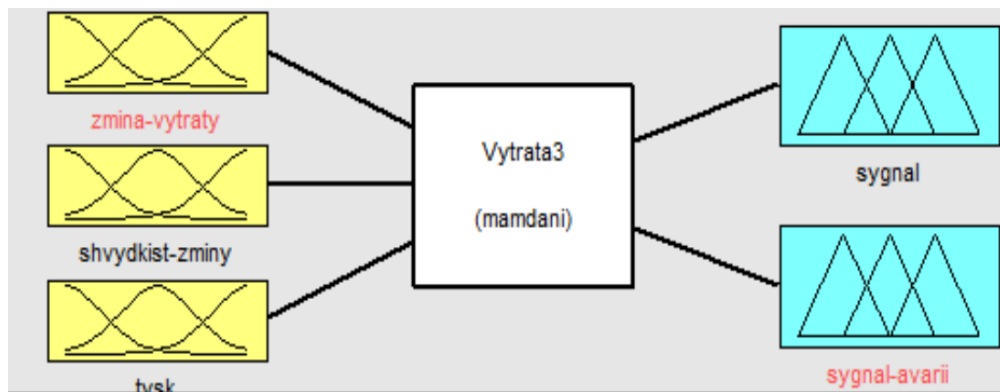
4.1 Кесте- Fuzzy Logic басқару жүйесінің айнымалылары арасындағы байланыс.

Тұтынудың өзгеру қарқыны	Суды тұтынудың айырмашылығы				
	Өте төмен	Төмен	Орташа	Жоғары	Өте жоғары
Өте төмен	Өте төмен	Төмен	Қалыпты төмен	Орташадан төмен	Орташа
Төмен	Төмен	Қалыпты төмен	Орташадан төмен	Орташа	Орташадан жоғары
Орташа	Қалыпты төмен	Орташадан төмен	Орташа	Орташадан жоғары	Қалыптыдан жоғары
Жоғары	Орташадан төмен	Орташа	Орташадан жоғары	Қалыптыдан жоғары	Жоғары
Өте жоғары	Орташа	Орташадан жоғары	Қалыптыдан жоғары	Жоғары	Өте жоғары

Қалалық сумен жабдықтау желісіндегі қысым күрт төмендеген жағдайда, оны тұтыну нормаларына сәйкес есептелген тұтыну қамтамасыз етілгенде, төтенше жағдайдың пайда болу ықтималдығы, яғни құбырлардың жарылуы туралы сигнал пайда болады.

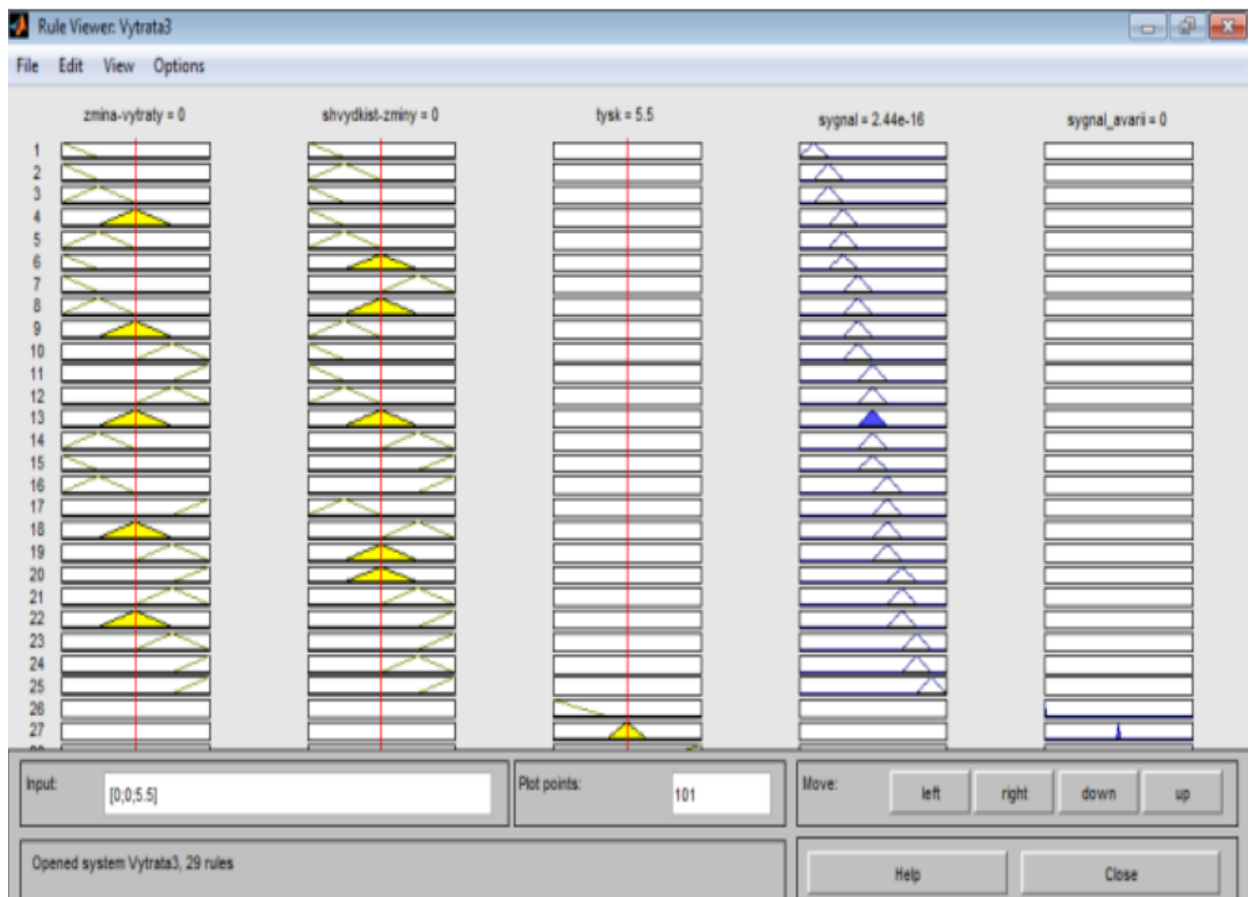
Fuzzy controller MATLAB ортасында жобалық модульді қолдана отырып, Mamdani түрін, ережелер шеңберін, айнымалылар мен терминдерді қолдана отырып, zmina-vitality (тұтынудың өзгеруі), shvydkist-zminy (тұтынудың өзгеру жылдамдығы) және tusk (қысым) атауларын бере отырып, өзгертілген кіріс айнымалыларына арналған.сигнал) және сигнал-апат (дабыл)

3.1 Суретте көрсетілген.



4.1 Сурет- fuzzy controller-ының жетілдірілген моделі

Мүшелік функция редакторын қолдана отырып, zmina-vitality және shvydkist-zminy айнымалыларына үшбұрышты пішіндегі бес термин қолданылады, ал tysk айнымалысы үш терминмен енгізілді, содан кейін олар аталды. Шығыс айнымалылары үшін тиістілік функциясы орнатылды. Лингвистикалық айнымалы сигналды бағалау үшін үшбұрышты мүшелік функциялардың 9 мүшесі және sygnal-avarii – d3 мүшесі қолданылады.

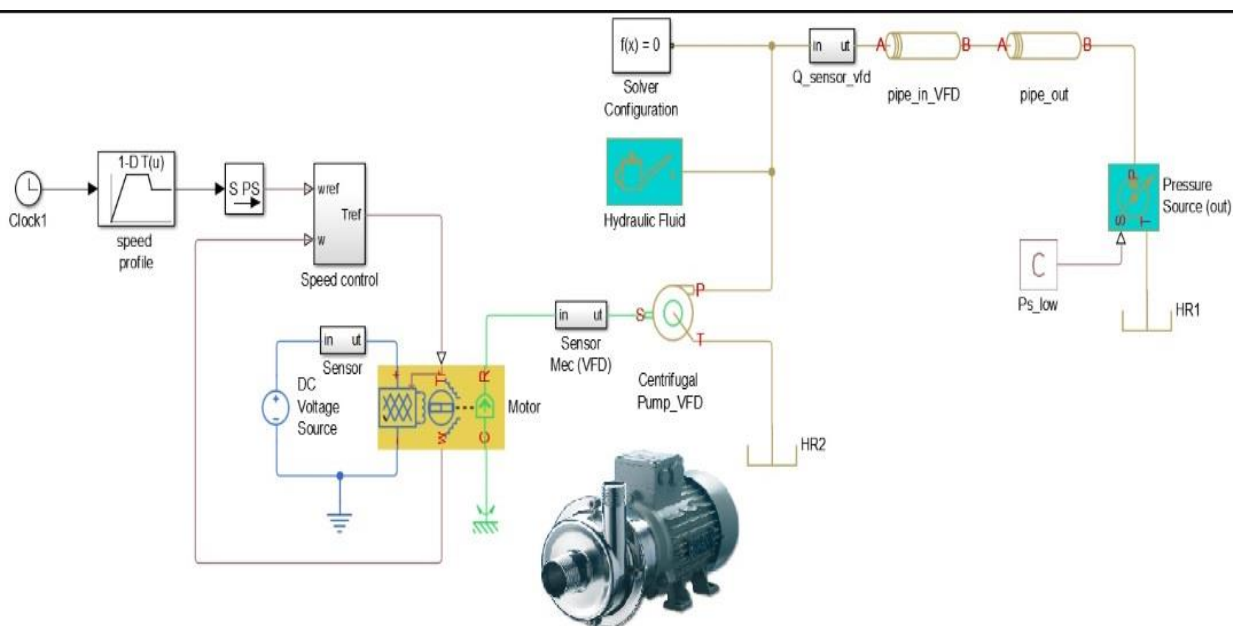


4.2 Сурет- Ережелерді қарау терезесінде fuzzy логиканың шығуын визуализациялау

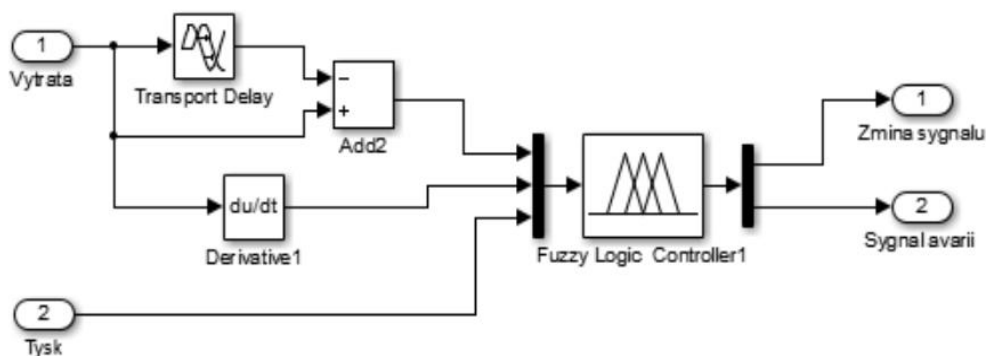
4.1 Сорғы станциясының басқару жүйесін модельдеу

Әзірленген анық емес контроллердің негізінде сорғы станциясының басқару жүйесін модельдеу жүргізілді. Мұндай жүйенің моделі 3.3-суретте көрсетілген. Басқару жүйесінің кіріс параметрлері ағымдағы ағын, желідегі қысым және жылдың таңдалған уақытының (жаз немесе қыс) сигналы болып табылады. Шығу параметрлері: жиілік түрлендіргішіне берілетін басқару сигналы, ықтимал төтенше жағдайлар кезіндегі төтенше қысым және ағымдағы сигналмен салыстыру үшін толқын түрлендіруімен алынған алдыңғы мәндер.

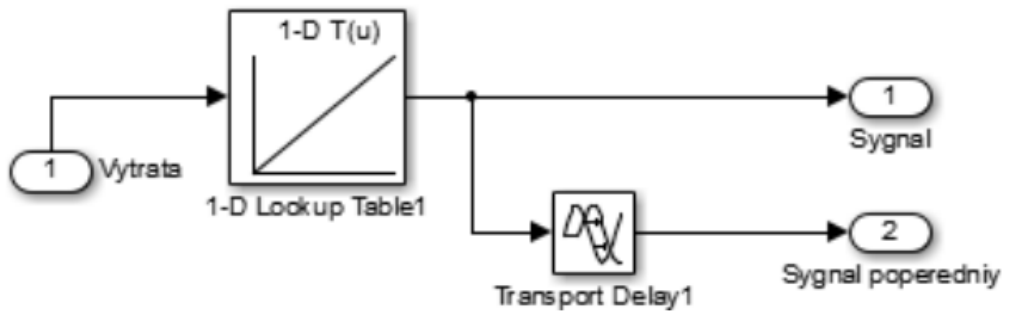
Potochna vytrata (Ағынды қалдықтар) деп аталатын ішкі жүйе құрылды. Ағымдағы тұтыну уақытты және 1-D іздеу кестесін модельдейтін Ramp блоктарымен анықталады, мұнда әр уақыт мәні суды тұтынудың белгілі бір мәніне сәйкес келеді.



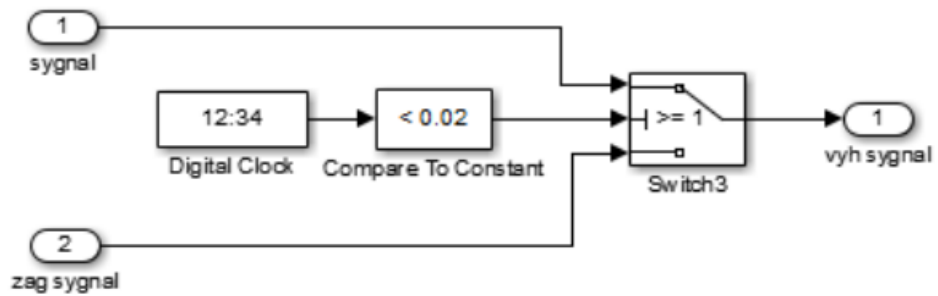
4.4 Сурет- СС негізгі басқару жүйесі моделі



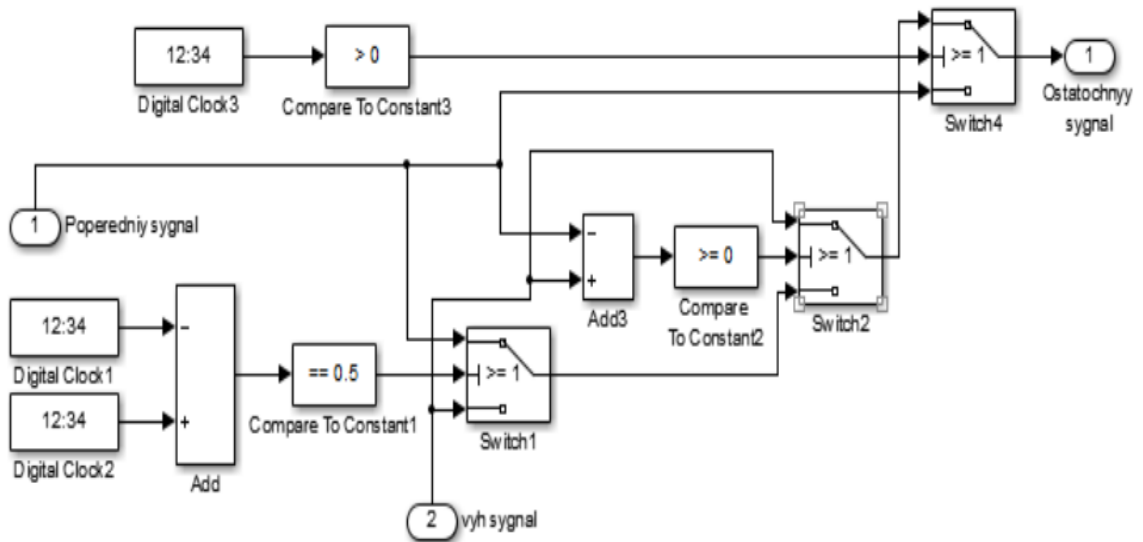
4.5 Сурет-«Fuzzy regulator» ішкі жүйесі



4.6 Сурет- «Pochatkove» ішкі жүйесі

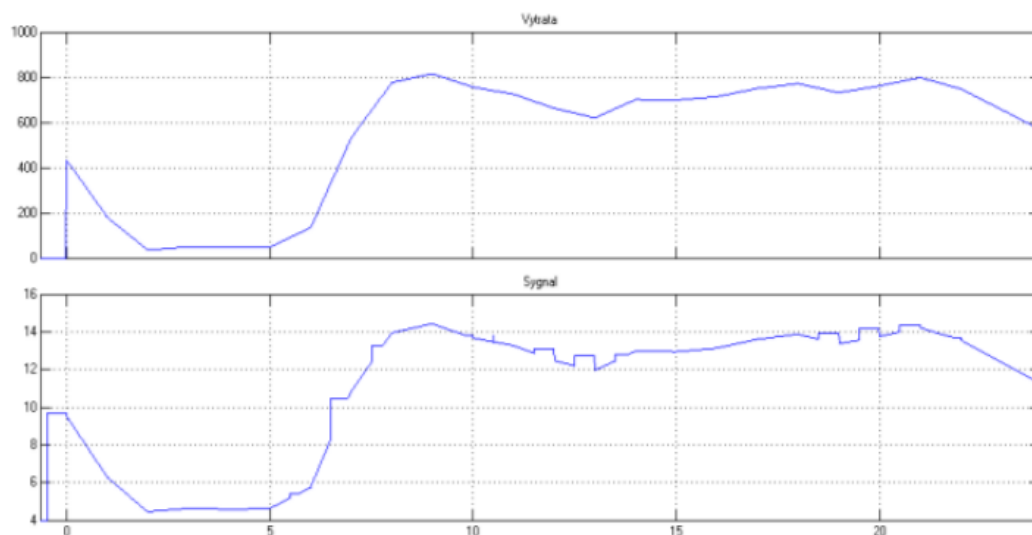


4.7 Сурет- «Zatrymka peremyuk» ішкі жүйесі



4.8 Сурет- Сигналдың нәтижесін анықтаудың ішкі жүйесі

Модельдеуден кейін біз келесі графиканы алдық



4.9 Сурет- Ағымдағы су ағынының графиктері және соңғы бақылау сигналы

Fuzzy Logic-мен сорғы станциясын автоматты басқару жүйесін модельдеуді нәтижесі тұтынушылардың сұраныстары бойынша күнделікті су беруді реттеу процесінің жоғары сапасын растайды.

Суды сағаттық тұтыну деректеріне сүйене отырып, біз оны жүйелеп, осы сигналдың толқындық түрлендірулерін жасадық. Әрі қарай біз Fuzzy Logic жүйесін пайдалан отырып сорғы станциясындағы апатты жағдайларды және электр энергиясын шамадан тыс тұтынуды болдырмауға мүмкіндік ала алдық, сонымен қатар процестердің тиімділігін арттыруға, сумен жабдықтау сенімділігін және материалдық және энергетикалық ресурстарды ұтымды пайдалануда оңтайлы нәтижеге қол жеткізе аламыз.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста 1-бөлімде сорғы станциясы және орнату түрлері, автоматты реттегіштерге шолу жасалынды және зерттеледі. Сорғы станциялары өнеркәсіпте және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығында кеңінен қолданылады. Олар функциялардың алуан түрлілігімен бірлескен жұмыс кезінде сорғыларды қосу схемасы, реттелетін параметрлермен, сенімділік категориясы сипатталады. 2-бөлімде нысандарды оңтайлы сумен қамтамасыз ету, сумен жабдықтау жүйесінің үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету үшін сорғы станцияларын автоматтандырудың оңтайлы әдістері зерттелі. 3-бөлімде 3. Matlab fuzzy logic in simulink ортасында сорғы станциясындағы қысымды автоматты реттейтін электрожетектің модельі құрылып нәтижеге талдау жасалынды.

Сорғы станциясындағы сорғыларының шамадан тыс жұмысына байланысты туындайтын артық шығындар, сорғы қондырғысының электр жетегін қуаттандыру үшін электр энергиясының шамадан тыс тұтынылуының алдын алу, сорғы мен құбыр жүйесінің бөлшектерінің мерзімінен бұрын тозуын болдырмау, судың толып кетуіне байланысты табиғи ресурстардың ысырап етуге әкелуін жою, т.б.

Бұл жұмыстың мақсаты – осы кемшіліктерді жойып, электр энергиясын үнемді тұтынуды қамтамасыз ететін сорғы станциясын басқару жүйесін құру мақсатында сорғылардың электр жетектерін қоректендіретін жиілік түрлендіргіш жүйесін қолданып оны басқаруға fuzzy logic әдісін пайдаландық.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘБЕБИЕТТЕР

- 1 Kitaev, D.N.; Kotlyarov, O.I.; Monahov, A.I. Experimental investigations of liquid cooling in pipelines in the absence of motion. *Young Sci.* 2017, 21, 131–133.
- 2 Лобачев П. В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат. 2011.
- 3 СНиП 2.04.02-84: Насосные станции. Электрооборудование, технологический контроль, автоматизация и системы управления.
- 4 Попкович Г. С., Гордеев М. А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. М.: Высш. шк. 2005.
- 5 Справочник электроэнергетики предприятий цветной металлургии / Под ред. М. Я. Басалыгина, В. С. Копырина. М.: Металлургия. 2002.
- 6 Бородацкий Е. Г. Разработка системы управления взаимосвязанным электроприводом центробежных турбомеханизмов станции перекачки жидкости. Автореф. дис. канд. техн. наук. Омск. 2002.
- 7 Ковалев В. З., Мельников В. Ю., Бородацкий Е. Г. Энергосберегающие алгоритмы управления взаимосвязанным электроприводом центробежных турбомеханизмов. Омск: ОмГТУ. 2000.
- 8 Копырин В. С., Бородацкий Е. Г., Ткачук А. А. Асинхронный частотный электропривод как регулирующий орган насосной станции системы водооборота глиноземного производства. Труды двенадцатой науч.-техн. конф. «Электроприводы переменного тока». Екатеринбург: УГТУ, 2001.
- 9 Бородацкий Е. Г., Бородацкая В. В., Копырин В. С. Математическая модель насосной станции системы водооборота глиноземного производства. Материалы международной науч.-техн. конф. «Наука и новые технологии в энергетике». Павлодар: ПГУ. 2002.
- 10 Бакута В. П., Копырин В. С., Бородацкий Е. Г., Ткачук А. А. Модернизация электроприводов технологической фекальной насосной станции Саратовского НПЗ. Материалы научно-практического семинара «Энергосберегающие техника и технологии». Екатеринбург: Уральские Выставки. 2002.
- 11 Мальцев А. Н., Хватов О. С., Тихомиров В. А. Техническая актуальность автоматизации канализационных станций на базе преобразователя частоты и программируемого логического контроллера. *Вестн. ВГАВТ.* 2015, N 42, с. 268-275. Рус.; рез. англ.]
- 12 Canada. *Can. Geotech. J.* 1994, 31, 491–501. [CrossRef]
- 13 Terekhov, L.; Akimov, D.O.; Akimova, V.; Yu, M. *Water Supply and Sanitation in Northern Climatic Conditions*; FESURT: Khabarovsk, Russia, 2008; p. 124.
- 14 Сотников Д. В. методика повышения энергетической эффективности насосных станций. *вестн. бгту.* 2015, n 3, с. 182-183. Рус..
- 15 Reeve, H.E. *A Study of the Thermal Field Surrounding Buried District Heating Pipes*. Master's Thesis, University Ottawa, ON, Canada, 1997.
- 16 Majny, S.B.; Terekhov, L.D.; Zaborshchikova, N.P. Technique of determination the minimum laying depth of the initial site of sewer pipelines in severe climatic conditions. *Bull. Civ. Eng.* 2016, 3, 116–122.

17 Саломеев В. П., Абдуллаев Ф. Ш. Реконструкция и модернизация сооружений водоотведения. *Естеств. и техн. науки.* 2014, N 7, с. 119-124. Рус.; рез. англ.

18 Модернизация объектов городского водоснабжения и водоотведения.

АкваТерм. 2015, N 1, с. 46-48, 2 ил.. Рус.

19 Меркушев Д. А. Энергоэффективное насосное оборудование для систем ППД. *Инж. практи.* 2015, N 6-7, с. 100-105. Рус

20 Zheng, G.; Huang, Q. Energy optimization study of rural deep well two-stage water supply pumping station. *IEEE Trans. Control Syst. Technol.* 2016, 24, 1308–1316. [CrossRef]

21 Мясников А. Н. Горизонтальные насосные системы Шлюмберже в России. *Инж. практи.* 2015, N 6-7, с. 86-92. Рус

22 Лысова О. А., Фрайштетер В. П., Смирнов А. Ю., Антонов Б. О. Исследование и анализ удельного расхода электроэнергии на перекачку нефти насосами с разным количеством регулируемых электроприводов. *Изв. вузов. Горн.ж.* 2016, N 1, с. 101-106. Рус

23 Gorunov, A.N.; Onishenko, G.B. Regulated electrodrive for pump set of the first rise water supply station. *ISPEU Bull.* 2012, 6, 131–134.

24 Likhodedov, A.D. Improve Energy Efficiency and Operational Reliability of the Electric Drive in Supply System: Dis. Cand. Tech. Sciences; Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 2015; p. 211.

25 Palkin, G.; Suvorov, I.; Gorbunov, R. Evaluation of ways to improve the energy efficiency of sites of first rise supply water systems with storage tank by laboratory modeling. In *Proceedings of the 2018 International Ural Conference on Green Energy (UralCon)*, Chelyabinsk, Russia, 4–6 October 2018; pp. 227–234. [CrossRef]

26 Palkin, G.A.; Suvorov, I.F. Improving the fault tolerance of the water supply system by controlling the pumping units. In *Collection of Scientific Articles of the I All-Russian Scientific Conference: Information Technologies in Modeling and Management: Approaches, Methods, Solutions*; Kachalin, A.V., Ed.; Tolyatti Publisher: Tolyatti, Samara Oblast, Russia, 2017; p. 656.

27 Ovchinnikova, A.P. The automatic pump control system for maintaining water level in the tank. *Youth Mod. Inf. Technol.* 2016, 1, 255–257.

28 И.Ф. Цисарь. *MATLAB Simulink. Компьютерное моделирование электроники.* М.: Солон-Пресс, 2018.-256с.

29 В.Ф. Худяков, В.А. Хабузов *Моделирование источников вторичного электропитания в среде MATLAB 7.x: учебное пособие.* СПб.: ГУАП, 2008, 382

ҚЫСҚАРҒАН СӨЗДЕР

РҚК - реактивті қуат компенсаторы

ҚБШ - қуатты басқару шкафтары

ЖТ - жиілік түрлендіргіші

СС-Сорғы станциясы

ПӘК- Пайдалы әсер коэффициенті

БШ-Басқару шкаф

АБЖ- Автоматтандырылған басқару жүйесі

ТҚ- тарату құрылғысы

ТҚС - трансформаторлық қосалқы станция

ТК – технологиялық контроллерге

ТК АБЖ- технологиялық кешеннің автоматтандырылған басқару жүйесі