

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

«Өндірістік қондырғылардың электр жетегі және автоматтандырылуы»
кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»
Кафедра меңгерушісі

Савитов Т. У. т. ғ. профессор
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« » 20 ж.
(колы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Ортадан төмен сарабанды өкілеттілік
автоматтық реттеу түрлерін үлгілеу.
мамандығы бойынша

Орындаған Шуржабаев Болат Мұраббеулы ЭАТК-12-2
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші Сапахов Асқар Заманбеулы
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Кеңесшілер:

Экономикалық бөлім бойынша :

Э.Ф.К. профессор Жакупов А.А
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« 07 » 06 2016 ж.
(колы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

ата оқытушы Байжанова С.М.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« 06 » 06 2016 ж.
(колы)

Мөлшер бақылаушы:

ата оқытушы Бестерекова А.М.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« 09 » 06 2016 ж.
(колы)

Пікір жазушы:

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« » 20 ж.
(колы)

Алматы 2016

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТИ

Электрэнергетика факультеті
Электрэнергетикасы мамандығы
«Өндірістік қондырғылардың электр жетегі және автоматтандырылуы» кафедрасы

жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Зұлжабаев Болат Мұратбеуов
(аты - жөні)

Жоба тақырыбы Ортадан төлкім сорабының өкілдігін
автоматтала реттеу құрылымын ұйымда
ректордың « » № бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: « » 20 ж.

Жобаға бастапқы деректер (талап етілетін жоба нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Қозғалтқыш түрі 4А112 М2У3 алғашы
Бұл қозғалтқыш сәтті станцияларда
тұрап келеді екі сәтті біреуі - 110 кВт,
екіншісі - 90 кВт;
Сәттілік өкілдік көлемі: $Q = 34 \text{ м}^3/\text{сәт}, 000944 \text{ м}^3/\text{сәт}$
Сәттілік алғашы - $H = 22,7 \text{ м}$;
Ротордың айналу сәтті - $n = 1460 \text{ об/мин}$;
Құрылыс істеу температурасы - $T_{\text{ар}} = 20^\circ\text{C}$;
 $N = 5,5 \text{ кВт}$;

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:

Сәтті қондырғылар-ы жерге жетелерінің
құрылымы таңдауы жерге оның параметрлерін
есептеді. Жерге жетелерінің механикалық
бөлімдерінің құрылымындағы қондырғы
механикалық құрылымын есептеді.
Жерге қозғалтқыш таңдауы жерге
оның құрылымын есептеді. Түрлендіргіштің
және автоматтандыру құрылымын
таңдауы.

Диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	Сортта өсірудің қарқындылығы мен өнімділігін арттыруға бағытталған таңдаушылық және сорттың тұрақтылығын қамтамасыз етуге бағытталған.	22.10.2015	
2.	Сорттың қорғаныш қасиеттері мен ауруларға төзімділігін арттыруға бағытталған.	05.11.2015	
3.	Жылдам өсетін сорттардың өнімділігін арттыруға бағытталған.	17.01.2016	
4.	Жылдам өсетін сорттардың өнімділігін арттыруға бағытталған.	7.02.2016	
5.	Тұрақты өнімділігі және ауруларға төзімділігі арттыруға бағытталған.	15.03.2016	
6.	Сортта өсірудің қарқындылығы мен өнімділігін арттыруға бағытталған.	10.04.2016	
7.	Жылдам өсетін сорттардың өнімділігін арттыруға бағытталған.	18.04.2016	
8.	Технико-экономикалық көрсеткіштері мен өнімділігі арттыруға бағытталған.	10.05.2016	

Тапсырманың берілген уақыты « _____ » _____ 20__ ж.

Кафедра меңгерушісі _____
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жоба жетекшісі _____
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент _____
(қолы) (аты-жөні)

Аңдатпа

Ұсынылып отырған жобада ыстық сумен жабдықтау жүйесінің сорғыш құрылғысын электр жетекпен реттеу әдістері және басқару жүйесін әдістерін талдау келтірілген, ЖТ-АҚ сұлбасы бойынша экономикалық жағынан және де қарапайымдылығы мен сенімділігі жағынан қолайлы түрі таңдап алынды. Ыстық сумен жабдықтау жүйесінің нақты жүктемесіне сәйкес сорғыштың жетектік электр қозғалтқышының қуатының есебі шығарылған. Сонымен бірге, 4А112М2У3 типтегі асинхронды қозғалтқыш таңдап алынды. Оған сәйкес келетін ГСП МИКРОДАТ бағдарламалық контроллер басқарылатын қуаты 30кВт – ға дейінгі РЭН-2-02-УХЛ4 жиілікті түрлендіргіш, таңдап алынды. Matlab 7.0 математикалық пакетінің Simulink бағдарламасы арқылы ЖТ-АҚ сұлбасы бойынша ұсынылған электр жетекке сәйкес келетін виртуальды модель және математикалық модель жетілдірілді.

Аннотация

В представленном проекте был проведен серьезный анализ методов управления и способов регулирования электроприводом насосных установок систем горячего водоснабжения и осуществлен выбор оптимального варианта по схеме ПЧ-АД с точки зрения экономичности, простоты и надежности. Произведён расчёт мощности приводного электродвигателя насоса в соответствии с реальной нагрузкой системы горячего водоснабжения. При этом выбран асинхронный двигатель типа 4А112М2У3 и соответствующий ему преобразователь частоты РЭН-2-02-УХЛ4 мощностью до 30 кВт, управляемый программным контроллером ГСП МИКРОДАТ. Разработана математическая модель и соответствующая ей виртуальная модель предлагаемого электропривода по схеме ПЧ-АД, исследование которой проводилось в среде визуального программирования Simulink математического пакета Matlab 7.0.

Annotation

This project was carried out a serious analysis of the management and control methods of the electric pumping system and hot water systems and was used to select the optimal scheme of BP in terms of economy, simplicity and reliability. Also was calculated the power of the driving motor of the pump according to the actual load of the hot water system. In that occasion was chosen an induction motor 4A112M2U3 and the corresponding frequency converter Ren-2-02- NF4 up to 30 kW, with GSP MIKRODAT program controller. Also was developed a mathematical model and its corresponding virtual model of the proposed scheme of the electric drive-AD, which was researched in a visual program called Simulink of the mathematical package Matlab 7.0.

Кіріспе	10
1 Сорғы станцияларындағы электр жетегін басқаруды талдау және зерттеу тапсырмаларын дұрыс қою	12
1.1 Оператордың технологиялық қағидатының және жұмыс істеу қағидатын сипаттау	12
1.2 Сорғы қондырғылары туралы патентті – ақпаратқа шолу және жалпы мәліметтер	15
1.3 Сорғы қондырғысының жұмыс істеу режимдері	16
1.4 Сорғы қондырғысын реттеу тәсілдері Жиілікті-реттелмелі электр жетегі жайлы жалпы мәліметтер	17
1.5 Скалярлы және векторлық асинхронды қозғалтқышты басқару	18
1.6 Вентильді электрқозғалтқыш базасындағы жетектелген сорғы станциясы. Технологиялық процестерде реттелмелі электр жетегін қолданудың ерекшеліктері.	23
1.7 Автоматтандырылған электр жетегіне, сорғы қондырғысының басқару жүйесіне қойылатын талаптар және электр жетегінің жүйесін таңдауын негіздеу.	24
1.8 Зерттеудің мақсаты мен мәні	26
2 Сорғы қондырғылардың электр жетектерінің жүйесін таңдау және оның параметрлерін есептеу	27
2.1 Жиілік түрлендіргішінің құрылымы	27
2.2 Жиілік реттегішінің жұмыс істеу принципі	27
2.3 Қоректенетін желіге жиілік түрлендіргішінің әсері. Электр энергиясының сапасы	29
2.4 Электр жетегінің механикалық бөлімінің есептеу сұлбасы	31
2.5 Қондырғы механизмдерінің жүктемелерін есептеу	32
2.6 Электр қозғалтқышты таңдау және оның қуатын есептеу	33
2.7 Түрлендіргішті және автоматизация құрылғыларын таңдау	34
3 Сорғы қондырғыларындағы жиілікті-реттелмелі электр жетегін MATLAB ортасында зерттеу	35
3.1 Асинхронды қозғалтқыш үлгісін зерттеу және оның математикалық арақатынасы	35
3.2 MATLAB ортасында асинхронды қозғалтқыштың мүмкіндікті моделі	45
3.3 Орталық сорғы – жиілігі реттелмелі асинхронды қозғалтқыш жүйесінің математикалық сипаттау.	46
3.4 Орталық жүрісті сорғының математикалық моделі сЖТ-АҚ – орталық жүрісті сорғының жүйесін MATLAB программасында модельдеу	49
3.5 ЖТ-АҚ – орталық жүрісті сорғының жүйесін MATLAB программасында модельдеу	50
4 Өмір тіршілігі қауіпсіздігі	54
4.1 Сорғы станциясындағы еңбек жағдайларын талдау	54
4.2 Жасанды жарық бойынша есептеулер	57

4.3	Нөлдеуді есептеу	59
5	Экономикалық бөлім	63
	Сорғы агрегаттарындағы жиілігі реттелмелі электр жетектерін	
5.1	қолданудың техникo – экономикалық негіздемесі	63
5.2	Техникo – экономикалық көрсеткіштерін есептеу	63
5.3	ЖТ-АҚ жүйесін енгізу арқылы экономикалық пайдасын анықтау	67
5.4	Өтелу мерзімін есептеу	68
	Қорытынды	69
	Қолданылған әдебиеттер тізімі	70

КІРІСПЕ

Су және жанармайлы – энергетикалық ресурстарды рационалды қолдану, сол сияқты қоршаған ортаны қорғау су – және жылумен қамтамасыз ету бағыттарын анықтады. Су құбырлы жүйелерін жаңадан жобалау немесе іске қосылған жүйелерді қайта құру тұйық цикл бнегізіндегі ағынсыз су қолдану жүйелерін жиі қарастыратын болды. Сумен қамтамасыз ету жүйелерінің негізгі энергетикалық түйіні болып су құбыры арқылы түрлі сұйықтықтарды тасымалдайтын сорғы станциялары қарастырылады.

Осы дипломдық жүйенің негізгі мақсаты болып ыстық сумен қамтамасыз ететін сорғы қондырғыларының автоматтандырылған электр жетегін жобалау болып табылады.

Жанармайлы – энергетикалық ресурстарды үнемдеуін қаладағы және басқа пунктарда тұрғын, өндіріс және жалпы қолданысты ғимараттарын жылумен қамтамасыз етуін ортalandыру арқылы жасауға болады. Ортalandырылған жылумен қамтамасыз етуді дамытудың негізгі жолдарына: жылыту және технологиялық қажеттіліктерге жұмсалатын рационалды концентрация және ыстық сумен буды өндіруді ортalandыру, ЖЭО және ірі аудандық қазандықтарды салу жатады.

Ауыл шаруашылықты жылумен қамтамасыз ету мемлекеттің энергетика жүйелерінің негізі болып табылады. Жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің тағайындалуы тұтынушыларды қажетті жылумен қамтамасыз ету (қажетті параметрлердегі сумен будың шамасы).

Ортalandырылған жылумен қамтамасыз ету жүйесінде келесі технологиялық процестер өтеді: жылуды өндіру және жіберу, жылу таратқышты тасымалдау және қолдану.

Жылуды өндіру және жіберу жылу дайындағыш жылу көзі құрылғыларында - ЖЭО және қалалық немесе өндірістік қазандықтарында өтеді. Жылу көздерінде органикалық және ядролық жанармайды қолданады. Жылу көздерінің негізгі тағайындалуы – жылу жүйесіне жылуды жіберілу режимдерін үнемді жеткізу, агрегаттардың берікті, үздіксіз және үнемді жұмыс жасауы.

Жылу көзін тұтынушылармен қосып отыратын жылу таратқышты тасымалдау жылу желілері арқылы өтеді. Жылу желілеріне жылу өткізгіштері және олардағы желі станциялары жатады (дроссельді, араластырғыш, басқылаушы). Қалаларды ортalandырылған жылумен қамтамасыз ету ереже бойынша сулы жүйелермен өтеді, онда жылу таратқыш болып су қолданылады.

Жылумен қамтамасыз ететін су жүйелері жабық және ашық болады. Жабық жүйелерде циркуляциянды жылу жүйесіндегі су ереже бойынша жылу тасымалдаушы болып келеді, желіден қолдану үшін алынбайды; ашық жүйелерде жылу таратқыш (су) тұтынушылармен ыстық сумен қамтамасыз етіліп жеке қолданыс үшін алынады.

Жылу көздерінен қалаларды жылумен қамтамасыз ету, ереже бойынша, екі құбырлы жылу жылу жүйелерін қолдану арқылы өтеді.

Жылу жүйелерінің тағайындалуы – сумен жылуды аз шығындау арқасында жылу таратқышты берікті, үздіксіз тасымалдау.

Жылу тасымалдаушыны қолдану (жылуды шығару) тұтынушылардың жылу қабылдағаштарында өтеді: жылу, ыстық сумен қамтамасыз ету және желдету жүйелерінде. Жылуды тұтынушыларға жіберген кезде жылытылатын орта параметрлерін заң бойынша ұстап туру жүзеге асырылады.

Электр энергия құнының жоғарылауына байланысты осы жобаның тақырыбы өзекті болып келеді.

1 Сорғы станцияларындағы электр жетегін басқаруды талдау және зерттеу тапсырмаларын дұрыс қою

1.1 Оператордың технологиялық қаидатының және жұмыс істеу қағидатын сипаттау

Технологиялық қондырғысын сипаттау кезінде осы тип үшін өзгеше кейбір терминдер қолданады:

- Сорғы - энергия күшімен сұйықтықты қозғалтатын гидравликалық машина.

- Сорғы агрегаты (СА) – сорғы, электр жетегінің және ауыстыратын механизмның жиынтығы (муфта, бәсеңдеткіш (редуктор), тегергіш (шкив)).

- Сорғы қондырғысы (СК) – сорғылардың немесе бірнеше сорғы агрегаттарының қажетті жұмыс режимімен қамтамасыз ететін жабдықтар комплексі. Сорғы қондырғысы бір немесе бірнеше агрегаттардан, су құбырларынан, бақылау – өлшегіш аппаратурадан сол сияқты басқару және қорғау аппаратурасынан тұрады.

- Сорғы станциясы (СС) – өзіне бір немесе бірнеше сорғы қондырғыларын және қосымша қосатын құрылыс.

Сорғы қондырғылары су құбырлы, канализациялық, мелиорациялы, жылу құбырларына жіктеледі.

Жылыту сорғы станциялары (жылу бекеттері) тұтынушыларға қажетті параметрлерін жеткізу үшін арналған.

Сорғы қондырғылары жыл сайын Республика бойынша өндірілген электр энергиясының 20% шығындайды. Қазіргі уақытта сорғы қондырғылары көбі ысырапқа жұмыс істейді. Электр энергиясының шығыны 10,15% жетеді, кейде осы көрсеткіш тұтынатын электр энергиясының 20,25% жетеді.

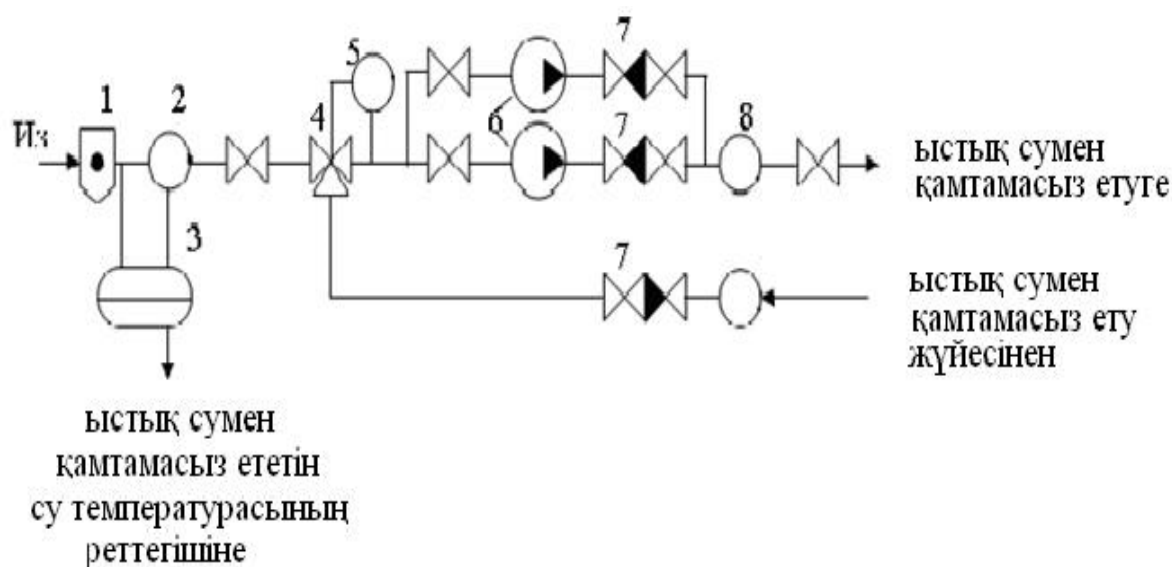
Сорғының жұмыс дөңгелектерінің айналу жиілігінің өзгеруіне негізделген реттеудің экономикалық тәсілдерін қолдану сорғы қондырғыларында электр энергиясының шығынын едәуір қысқартуға әкеледі. Қазіргі сорғы қондырғыларында айналу жиілігін өзгерту автоматтандырылған электр жетегінің көмегімен жасалады.

Ыстық судың шаруашылық қоректену жүйесіне келуі және оның күндік таратылу сипаттамалары біршама емес және ғимараттардағы тұратын адам санына байланысты.

Ашық жылумен қамтамасыз ететін жүйелері тұрғын аудандары мен орталық жылу пунктінің арасында және жылу ғимараттарының арасында төрт құбырлы жылу жүйелері салынады: екі құбыр – беретін және кері – ғимараттардың жылыту жүйесіне жылуды жеткізу үшін, және тағы екі құбыр – жіберетін және циркуляциянды – ыстық сумен жабдықтайтын жүйеге суды жеткізеді. Осындай жылу пунктінің сұлбасы 1.1 – суретте көрсетілген.

Ыстық сумен жабдықтайтын сорғы қондырғысының жұмыс режимі суды тұтыну және қысымды – реттелмелі сумен қамтамасыз ететін құрылыс жүйелерімен анықталады. 1.1 – кестеде ыстық судың таратылуы тәуліктің

сағаттары бойынша шамамен орташа секундағы шығыны 20 л/с және оның жалпы су бұрғыш қалыпсыз коэффициенті $K_{жалп}=1,3$ [1]. Егер су тұтынғыш желісінде реттелетін сыйымдылық болмаса, онда тұтынушыны максимал су тұтыну уақытында сумен қамтамасыз ету үшін сағаттық жібері қондырғысын максимум ретінде алу керек (кесте бойынша 9-дан 10-ға дейін), яғни тәуліктік тұтынудың көлемінен 5,6 % тең деп лау керек.



- 1 – лайшық; 2 – шығыс тетігі; 3 – шығысты құбырда келген және қайтқан кезінде өлшейтін жылусатемпературасының науышы; 4 – су температурасын реттейтін үшжүрісті араластырғыш қақпақша; 5 – су реттегіші; 6 – циркуляционды сорғылар; 7 – қайтарылма бекітпесі; 8 – су өлшегіш.
- 1.1 сурет – Ыстық суды тікелей алатын жылу пунктының сұлбасы

Егер тұтынушылар жүйесіне реттелмелі сыйымдылықты су қысымды ғимаратын қосса, сорғы қондырғысының жалпы жіберуін және қуатын азайтуға болады. Бірақ кейбір жағдайларда реттелмелі сыйымдылықты су қысымды ғимараттар үлкен болуы мүмкін және оның салынуы экономикалық жағынан тиімсіз болады.

Сорғы қондырғыларын сыртқа тебуші сорғылармен жабдықтауы ыстық сумен жабдықтау жүйелерін реттеуіші сыйымдылықсыз қолдануға рұқсат етеді.

Ыстық сумен жабдықтайтын сорғы қондырғыларының жүйесі кіріс коллекторынан тұрады, оған сорғыш желілері арқылы екі сорғы қосылған (K90/20 типті). Сорғылардың қысым желілері қысым коллекторы арқылы қосылған. Екі сорғының бірі – негізгі, екіншісі апаттық. Сорғылардың функциялары периодты түрде ауысып отырады. Тұтынушыларға қосылған сорғы станцияларын су таратқыш қосып отырады.

1.1 кесте – Ыстық судың таратылуы тәуліктің сағаттары бойынша шамамен орташа секундтағы шығыны 20 л/с және оның жалпы су бұрғыш қалыпсыз коэффициенті $K_{жалп}=1,3$ [1].

Тәулік уақыты	Сағаттық шығыны,%	Тәулік уақыты	Сағаттық шығыны,%
0.1	3	12.13	4,7
1.2	2,5	13.14	4,1
2.3	2,5	14.15	4,1
3.4	2,6	15.16	4,4
4.5	3,5	16.17	4,7
5.6	4.1	17.18	4,1
6.7	4,5	18.19	4,5
7...8	4,9	19.20	4,5
8.9	4,9	20.21	4,5
9.10	5,6	21.22	4,8
10.11	4,9	22.23	4,6
11...12	4,7	23.24	3,3

Есеп бойынша ыстық сумен жабдықтайтын жылу пунктындағы осы сорғы қондырғысында К типті сорғыны қолданамыз. (консольды сорғы). К типті сорғылар таза сумен қатар 105°С-қа дейінгі сұйықтықтарды жіберу үшін арналған. 4А типті асинхронды қозғалтқышпен қозғалысқа келтіріледі. Сорғының техникалық сипаттамалары 1.2 кестеде келтірілген.

1.2 кесте - К90/20 типті сорғының техникалық сипаттамасы

Жіберу м ³ /сағ л/с	60	80	100
	16,7	22,2	27,8
Қысым, м	25,7	22,8	18,9
Жұмыс дөңгелегінің айналу жиілігі, айн./мин	2900		
Сорғы қуаты, кВт	5,6	6,3	6,7
Сорғының ПӘК, %	76	79,5	77
Рұқсат етілген вакуумметриялы сору биіктігі, м	5,4	5,3	4,2
Жұмыс дөңгелегінің диаметрі, мм	148		

Автоматты басқару жүйесі қолмен немесе автоматандырылған басқару жүйесі ретінде жұмыс істей алады. Жүйе қолмен басқару режимінде істесе оператор функциясына жүйедегі сұйықтықтың қысымына байланысты сорғыларды коммутациялау болып табылады. Осы режимде жүйедегі сұйықтықтың қысымы датчиктер бойынша бақыланып отырады.

Сұйықтықтың температурасы автоматты түрде орталық жылу пунктында бақыланып отырады деп санаймыз.

Жүйенің автоматты режимде жұмыс істеуі оператор функциясына басқару жүйесінің дұрыстығын бақылау жатады.

1.2 Сорғы қондырғылары туралы патентті – ақпаратқа шолу және жалпы мәліметтер

Электроэнергия сорғы қондырғыларының жұмысы. Қазіргі кезеңде отандық және шетел елінің сорғы қондырғыларының реттеу жүйелерінің жұмыс тәртібі автоматтандырылған реттелмелі электр жетегінің арқасында жүзеге асады. Осындай жүйелерде реттелмелі параметрі болып сұйықтық қысымы саналады. Қазіргі техниканың дамуы берілген қысымды бір қалыпты ұстап тұруға рұқсат береді. Бірақ жоғары дәлдік сорғы агрегатының электр қозғалтқышының үздіксіз айналу жиілігінің өзгерісіне әкеп отырады және осының салдарынан сорғы агрегатының бөлек элементтеріне айнымалылық белгісінің жүктемесі пайда болуына әкеледі (созылғыш муфта, қозғалтқышы бар қоспалы сорғы және т.б.). Сондықтан реттеу жүйесіне жоғары сезімсіздік зонасын қондыру керек, бірақ бұл қысымның тұрақтылығын төмендетеді.

Ыстық сумен қамтамасыз ету жүйесінде реттелмелі электр жетегі ретінде электр жетегінің бір түрін қолдану қарастырылады, соның ішінде: қоздыру қоректері тиристорлы БУ-3509 блоктарынан болатын индукторлық жылжу муфтасы (ИЖМ) және т.б.; ТЖТ, РЖТ-2 SAMI (Stromberg фирмасы) және басқа типті сериялы жиілік өзгерткіштері; ШДУ басқару станцияларының және ТПД-2 өзгерткіштерінің базасындағы АВК сұлбалы электр жетектері; вентильды электрқозғалтқыштар базасындағы ЖТВН, ЖТВС өзгерткіштері бар электр жетектері.

Су бөлгіш қысым желіде ұлғайған кезде сұйықтық қысымы тұрақталады, ал сорғының электр қозғалтқышының айналу жиілігі желінің реттелуі әсерінен азаяды. Су тұтынуы жоғарылаған кезде керісінше сұйықтық қысымы желіде азайып, айналу жиілігі өседі. Құбыр жүйесінде сұйықтық қысым жүйесін тұрақтандырудың негізгі мақсаты қысымды берілген бағанада ұстап тұру.

Су келуінің немесе су қолдануының жоғарылаған жағдайына немесе олардың өшіп және қолдануы азайған жағдайына желідегі сұйықтықты тұрақтандыру жүйесінде бірнеше реттелмейтін сорғылардың қосылуын қарастырған жөн.

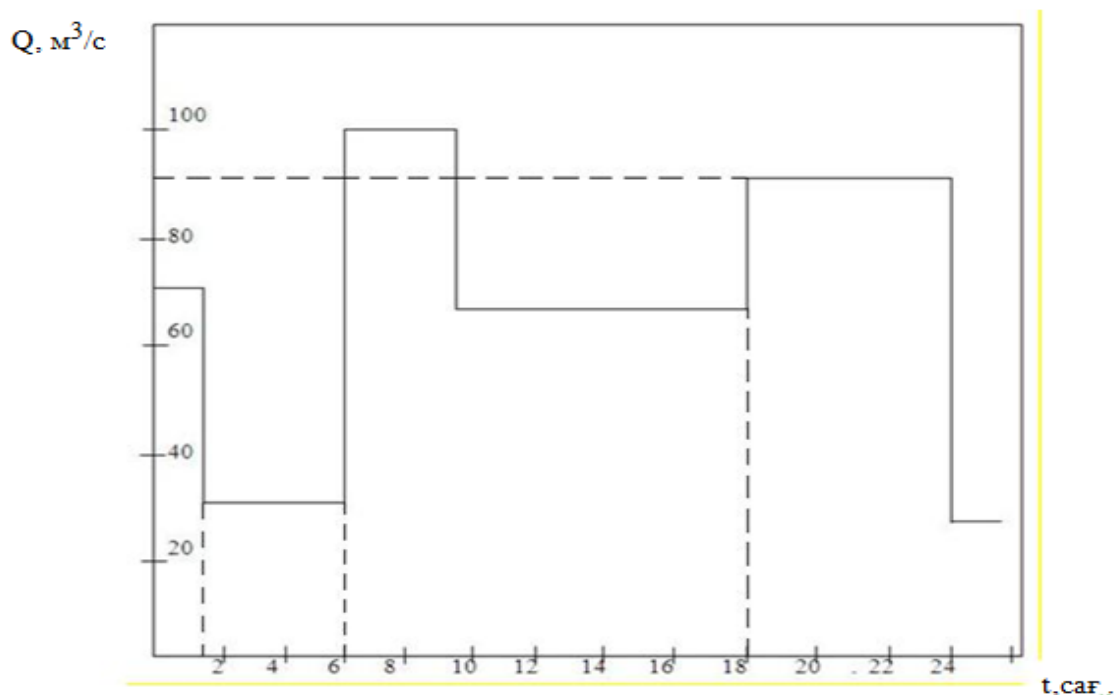
Реттелмелі жетекпен үлкен агрегатты сипаттамалы сорғылар жабдықталуы керек. Бір типті сорғыларды қолданған кезде, реттелмейтін сорғылардың жұмыс дөңгелектерінде өлі аймағының пайда болмауы үшін диаметрлері реттелмелі сорғылардың жұмыс дөңгелектерінің аймағынан аз болуы керек. Диаметрі бірдей болған жағдайда және реттелмелі сорғы максимал жіберу режимі жұмысы кезінде айналу жиілігі жоғары болғанда сипаттамаға сай жоғары қуатты қозғалтқышпен жабдықталуы тиіс.

Айқын артықшылықтарына қарамастан, реттелмелі электр жетегі сорғы қондырғыларында кең қолданыста емес. Қазіргі уақыт талаптарына сәйкес оның кең қолданыста болуы талап етіледі. Жартылай өткізгіш техникаларының дамуы реттелмелі электржетектерін салыстырмалы арзан және сенімді статистикалық базаға сай түрлендіргіштерді құрастыруға әкелді. Бұдан басқа негізгі құндылықтылығын әлемдік энергетикалық дағдарыс көрсетті және оларды рационал түрде жоюға ынталандырды. Нәтижесінде автоматтандырылған реттелмелі электр қозғалтқыштарын зерттеу бойынша, сорғы қондырғыларын әзірлеу және құрастыру жұмыстары кеңейді. Төменде негізгі сипаттамалы қондырғылар көрсетілген.

1.3 Сорғы қондырғысының жұмыс істеу режимдері

Сорғы қондырғысының жұмыс режимі су тұтыну режимдерінің өзгерістеріне байланысты.

Су тұтыну режимдері негізінде тәуліктік, апталық және т.б. кестелеріне сипатталады. 1.2 – суретте кішігірім ауылдық аймақтың тәуліктік су тұтыну кестесі келтірілген.



1.2 сурет – Су тұтыну режимдері негізіндегі тәуліктік кестесі

Су тұтыну кестелері біркелі емес коэффициенттермен сипатталады. Біркелі емес максимал коэффициенттерінің максималы:

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

мұндағы Q_{\max} - максимал су тұтыну дәрежесі.

Q_{op} - су тұтынудың орташа мәні.

Біркелі емес минимал коэффициентті.

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

мұндағы Q_{min} -минималды су тұтыну дәрежесі.

Су тұтынуының ауытқу диапазоны келесі қатынаспен сипатталады

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

сол сияқты, максимал және минимал қысықтар арқылы көрсетіледі

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

Әрбір су беріс жүйесінде өнімсіз шығыстары мен шығындары болады, олардың шамасы көп жағдайда жалпы берістің 15-20% құрайды. Олай болса сорғы қондырғысының берілісі осы шамаға су тұтынуынан көп болу керек.

Тұрақты су тұтыну кезінде қондырғылар бірқалыпты беріліс пен қысыммен жұмыс істейді, олар өзара қатынаспен байланысты.

$$P_{бер} = H \cdot Q \gamma g, \quad (1.5)$$

мұндағы H -қысым, м; Па;

Q – су берілісі;

g – бос түсу жылдамдығы, м/с².

Су тұтынуы көбейген сайын, берілісті көбейтіп отыру керек. Сонымен қатар құбырдағы қысым шығыны көбейеді. Осы шығындарды қалпына келтіру үшін сорғы қондырғысындағы тарқату қысымын көбейту керек. Су тұтынуы азайған кезде, беріліс пен қысым азаюы керек.

1.4 Сорғы қондырғысын реттеу тәсілдері

Реттеу әсері сындарлы-техникалық және оперативті-пайдалану сипатты мүмкін.

Сындарлы-техникалық сипаттарының құбыр желі жүйелеріне әсер ететін келесі сипаттамаларды жатқызуға болады:

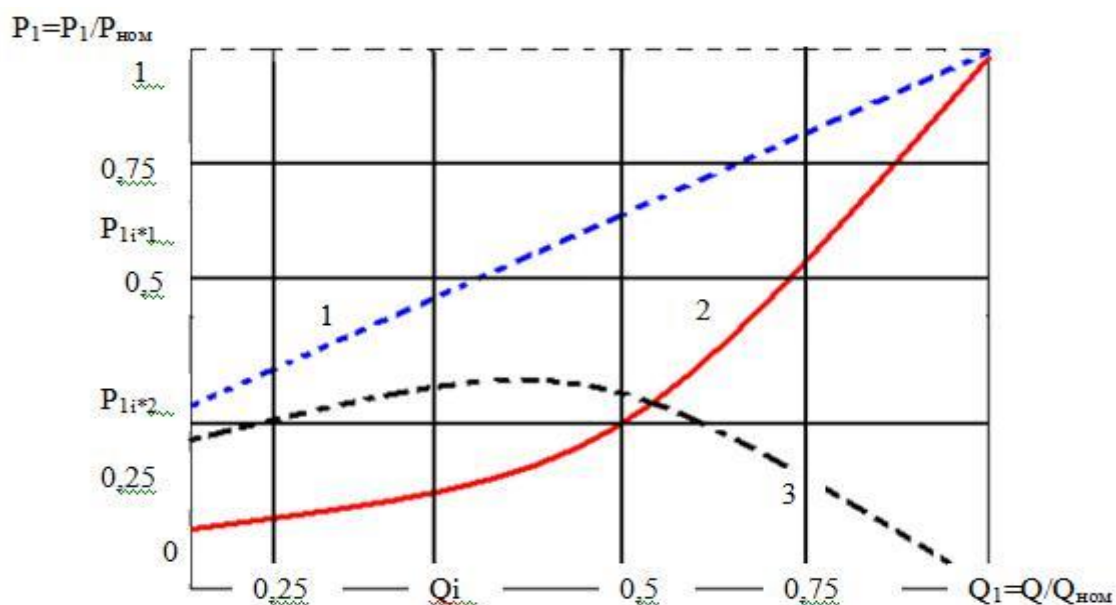
- құбыр желілерінің техникалық тапсырмасына сай геометриялық және технологиялық параметрлерін таңдау;
- сорғы параметрлерін таңдау;
- сорғы дөңгелегін сол мақсатына сай ауыстыру.

Осы шаралардың барлығы жобалау, монтаждау және желі жүйесін жөндеу кезінде орындалады. Олар оператормен күнделікті желі жүйесін қолдану кезінде қолданыла алмайды, сондықтан ары қарай қарастырмаймыз.

Қазіргі уақытта желі жүйесін оперативті реттеудің төрт режимі белгілі:

- сорғыларды тізбектей (паралель) қосу арқылы;
- желі жүйесін дросселдеу тәсілі арқылы;
- сорғы кірісін қайта қосу арқылы реттеу;
- жетекті электр қозғалтқышының айналу жиілігін өзгерту арқылы реттеу.

1.3 суретте реттелмейтін және P_H реттелетін жетек қоректенетін сорғы қуатының қатысы көрсетілген. Графикалық айырмашылықпен анықталатын ΔP қисығы, реттелмелі жетек орнатылған кездегі үнемделген қуатты сипаттайды. N_{C*} статикалық қысымына байланысты үнемделген электр энергиясының шамасы орнатылған қозғалтқыш қуатының 30%-на дейін құрайды.



1 – реттелмейтін сорғылардың тұтынатын қуаты; 2 – реттелмелі сорғылардың тұтынатын қуаты; 3 – реттелмелі жетекті қондырған кездегі үнемделген қуат

1.3 сурет – сорғы тұтынатын қуат қатынастары

1.5 Жиілікті-реттелмелі электр жетегі жайлы жалпы мәліметтер. Скалярлы және векторлық асинхронды қозғалтқышты басқару

1.5.1 Жиілікті реттеу теориясы отызыншы жылдары зерттелгеніне қарамастан, жиілік режимінде асинхронды қозғалтқышты басқару жақын уақытқа дейін үлкен мәселе болатын. Жиілікті-реттелмелі электр жетегінің дамуы жиілік реттегіштерінің жоғары бағасына байланысты тежеленетін. IGBT-транзисторлы күштік сұлбаларының пайда болуы, жоғары өнімді микропроцессорлы басқару жүйелерінің дамуы, Еуропа, АҚШ және Жапония

фирмаларына қазіргі заман жиілік ретегіштерін қол жетімді бағаға сай жасауына ынта етті.

Айналу жиілігін орындағыш механизмдер арқылы реттеу келесі сан түрлі құрылғыларды қолдану арқылы жасауға болады: механикалық вариаторлар, гидравликалық муфталар, статорға немесе роторға қосымша қосылатын резисторлар, жиілікті электр механикалық түрлендіргіштер, статикалық жиілік түрлендіргіштері.

Бірінші төрт қондырғыларды қолдану жоғары сапалы реттеу жылдамдығын қамтамасыз етпейді, үнемсіз, пайдалану және жөндеу кезінде жоғары шығынды қажет етеді. Статикалық жиілік түрлендіргіштері қазіргі уақытта асинхронды жетекті басқару құрылғыларының қатарына жатады.

Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу принципі f_1 кернеу қорегінің жиілігін өзгерту арқылы келесі өрнекпен көрсетуге болады.

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p} \quad (1.6)$$

Осы тәсіл кең диапазонда жылдамдықты бірқалыпты реттеуді қамтамасыз етеді, ал механикалық сипаттамалары жоғары қаттылыққа ие.

Жылдамдықты реттеу асинхронды қозғалтқыштың сырғуын көбейтуімен жөнелтілмейді, сондықтан қуат шығынының шамасы реттеу кезінде үлкен емес.

Асинхронды қозғалтқыштың жоғары энергеикалық көрсеткіштерін – қуат коэффициентін – алу үшін, жиілікпен бірге келтірілген кернеуді өзгертіп отыру қажет.

Кернеу өзгерінің заңы M_c жүктемесінің сипаттамасына байланысты. Кернеу өзгерінің заңы тұрақты болған жағдайда $M_c = \text{const}$, статордағы кернеу жиілікке пропорционал реттелуі керек:

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const}. \quad (1.7)$$

Вентиляторлы сипаттама жүктемесі үшін осы жағдай келесі түрге ие болады:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}. \quad (1.8)$$

Жүктеме моменті кері пропорционал болған кезде:

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \text{const}. \quad (1.9)$$

Осылайша, асинхронды қозғалтқыш білігінің сатысыз айналу жиілігін бірқалыпты реттеу үшін, жиілік түрлендіргіші бір уақытта асинхронды қозғалтқыш статорындағы кернеуі мен жиілігінің реттелуін қамтамасыз ету керек.

Скалярлы басқару кезінде анықталған заң бойынша қозғалтқышқа келтірілген жиілік пен амплитудасын өзгертіп отырады. Қоректендіретін кернеу жиілігін өзгерту қозғалтқыштың максимал және жіберілген моментінің есептелген шамаларынан, қуат коэффициентінің ауытқуына әкеледі. Сондықтан жиілікті өзгерткен кезде кернеу амплитудасында өзгертіп отыруын қажет етеді.

Қазіргі жиілік түрлендіргіштерін скалярлы басқару кезінде қозғалтқыш максимал моментінің $M_{\text{макс}}$ білік кедергісіне қатынасы M_c тұрақты болады. Яғни, жиілік өзгерген кезде кернеу өзгеруі, қозғалтқыштың максимал моментінің өтпелі жүктеме моментіне қатынасы, арқылы болады. Осы қатынас қозғалтқышты аса жүктемелі тәсілі деп аталады.

Аса жүктемелік тұрақтылығы кезінде қозғалтқыш қуатының номинал коэффициенті және ПӘК-і айналу жиілігінің диапазонында өзгермейді.

Асинхронды қозғалтқышты реттеу тәсілдерінің айрықшылығы статордағы кернеу U шамасын статикалық момент кедергілерінің функциясы ретінде өзгертіп отыру қажет.

Осылайша, скалярлы басқару тәсілі қорек кернеуінің жиілікке қатынасы электр қозғалтқышының білігіндегі жүктеме сипаттамасымен анықталады. Тұрақты момент үшін әрқашан $U/f = \text{const}$ қатынасы қолдануы керек. Сонымен қатар кіші жиіліктерде қозғалтқыштың максимал моменті кұлай бастайды. Осыны өтемдеу үшін және жіберу моментін көбейту үшін қорек кернеуінің бағанасын жоғарылату керек.

Максимал айналу моментінің қатынасын кернеумен жиілікке байланысты қолдана отырып, жүктеменің әр түрлі типіне байланысты U және f графиктерін салуға болады.

Скалярлы тәсілдің басты ерекшелігі ретінде бір уақытта электр қозғалтқыштар тобын басқару болып табылады.

Қозғалтқыштың жиілік түрлендіру диапазоны 1:40 болған кезде скалярлы басқару жиілікті-реттелмелі электр жетектеріне жеткілікті.

Векторлы басқару диапазонын көбейтуге, басқару жиілігінің туралауға және электр жетегінің жылдамдығын көбейтуге рұқсат береді. Бұл тәсіл қозғалтқыштың айналу моментін тура басқаруға қол жеткізеді.

Айналу моменті қоздырғыш магнит өрісін тудыратын статор тоғымен анықталады. Моментпен тікелей басқарған кезде амплитудадан бөлек статордағы ток фазасын, яғни ток векторын, өзгертіп отыру қажет. «Векторлы басқару» термині осыған негізделген.

Ток векторын басқару үшін, яғни статордың магнит ағынының күйін, белгілі уақытта ротордың орналасқан күйін білу қажет. Бұл ротор күйінің шығарылмалы құрылғысы арқылы немесе қозғалтқыштың басқа параметрлерін

қолдана отырып ротор орналасқан күйін анықтау арқылы анықталады. Осы параметрлер ретінде статор орамаларындағы ток немесе кернеу қолданылады.

Арзанырағы ретінде кері байланыс жылдамдық датчигы жоқ векторлы басқарылатын жиілігі – реттелмелі электр жетегі саналады, бірақ бұл жағдайда векторлы басқару жиілік түрлендіргішінен үлкен көлемді және жоғары жылдамдықты есептеуді қажет етеді.

Моментпен тікелей аз және нөлге жақын айналу жылдамдығының жұмысына кері байланысы жоқ жиілікті реттелмелі электр жетегі жоқ.

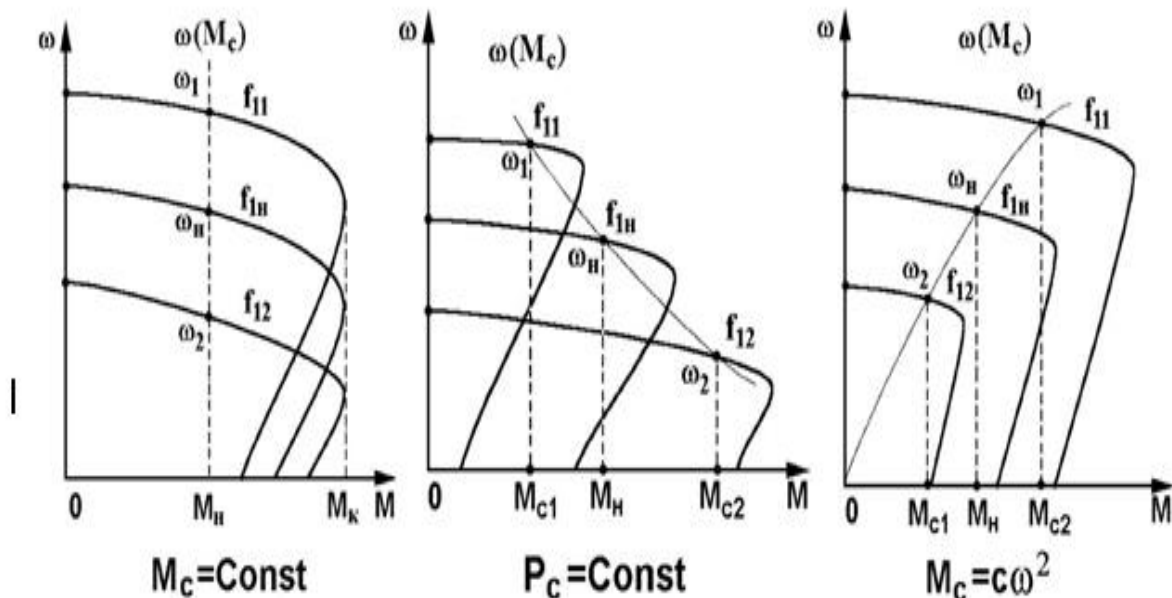
Кері байланысы датчигы бар векторлы басқару диапазоны 1:1000 және одан жоғары, жылдамдық туралығын қамтамасыз ету – жүздік пайыз, ал момент бойынша туралығы-бірлік.

Синхронды жиілікті – реттелмелі жетектерінде асинхронды жиілікті басқару тәсілдері қолданылады.

Жиілік түрлендіргіштің басқару бөлігі сандық микропроцессорларда орындалады және күштік электронды кілттермен басқаруды және көп көлемді қосымша есептерді шығаруды (бақылау, диагностика, қорғау) қамтамасыз етеді. Жиілік түрлендіргішінің шығысында үшфазалы немесе бір фазалы жиілігі және амплитудасы өзгертілетін айнымалы кернеу қалыптасады.

$$U_{шығ} = var, f_{шығ} = var. \quad (1.10)$$

Жиілікті түрлендіргіш жылдамдығы әр түрлі объектілердің басқару түрлері асинхронды қозғалтқыштың сипаттамаларына сай 1.2 – суретте көрсетілген.



1.2 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары

Объектілерді статикалық жүктемемен басқару кезінде момент тұрақты болғанды $M_c = Const$, басқару объектілері, $P_c = Const$ қуат тұрақтылығына байланысты, қорек кернеуі оның жиілігіне пропорционал өзгеріп отырады $U/f = const$. Басқару заңы $U/f = const$ болады, вентиляторлы жүктеме кезінде басқару заңы $U/f^2 = const$. Осы түсінік бойынша реттеу тәсілі $M_c = Const$ механизмдері үшін кең таралған, принцип бойынша функционалды түрлендіргіштерді қолдану осы заңның бәрін іске асыра алады.

Соңғы уақытқа дейін тура тоқты сым созатын білдек жетектері тек тұрақты тоқ қозғалтқыштары базасында жасалатын. Оның себебі берік жиілік түрлендіргіштердің болмауы. Соған қарамастан тиристорлы жүйелі қозғалтқыш түрлендіргішінің (ТТ-Қ) келесі кемшіліктері бар:

- зәкір тоғының өсуі шектелген, электр жетегінің инерция моменті жоғарылығы автоматты реттеу жүйесінің шабандылығын басады;
- жоғары габаритты көрсеткіштер;
- қызмет көрсетудің еңбек сыйымдылығы.

Атап өткен кемшіліктер коллектордың бар болуымен шартталған сәйкесінше коммутация процестері қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыш электр жетегінің жүйесіне негізделген.

Қазіргі уақытта өндірісте ЖТ-АҚ жүйесі бойынша электр жетектерін 35...100кВт қуат диапазонында қолдануға қажетті тәжірибе бар.

Осылайша, ЖТ-АҚ жүйесі диапазоны 1:1000 және одан жоғары, жылдамдық туралығын қамтамасыз ету – жүздік пайыз, ал момент бойынша туралығы-бірлік пайыздары қажетті тура тоқты сым созатын машинасының электр қозғалтқыштар жетегінің жылдамдығын синхрондайды.

1.5.2 Жиілікті электр жетекті сорғы станциялары. Талдықорған қаласындағы №1 сорғы станциясында қысқа тұйықталған 110кВт/сағ асинхронды қозғалтқышы НИИ ХЭМЗ жобалаған ТЖТ түрлендіргіші арқылы қосылған. Электр жетегін басқару жүйесі алдында келтірілген аналогы болып табылады, бірақ дәрежелі түрлендіргіш ретінде ультрадыбысты ЭХОЗ деңгей өлшеуіші қолданылады. Осы қондырғыда жиілікті электр қондырғысын қолдану жылына электр энергиясын 60 мың кВт/сағ үнемдейдә, яғни жалпылағанда 5 %.

Талдықорған қаласының сорғы қондырғыларында ПЧР-2 типті Stromberg фин фирмасының жиілік түрлендіргіштері қолданылады, олардың негізінде қуаты 75-160кВт агрегатты сорғы станциялары 10 автоматты түрлендіру жүйелерінде жұмыс істейді.

Stromberg фирмасының жиілікті түрлендіргіштері – жоғары сенімділікке ие және сорғы агрегаттарына арналған жинақы жабдық болып табылады. Сорғы агрегаттарын бірқалыпты қолдану үшін бір түрлендіргішке рет бойынша қосатын қондарғы қарастырылады.

1.5.3. Сорғы қондырғыларындағы көп жылдамдықты электр қозғалтқыштары. Талдықорған ТЭЦ-теріндегі кейбір циркуляционды сорғы станциялары екі жылдамдықты ДВДА215/64-16-20К маркалы қозғалтқыштарымен тікелей сорғы агрегаттары арқылы жабдықталған. Әрбір

станцияның сорғыларының екеуі осы электр қозғалтқыштарының көмегімен айналады. Қозғалтқыштардың қуаты 1400 кВт, айналу жиілігі 375 және 300 айн/ мин. Осындай сорғы агрегаттарының бар болуы сорғы қондырғысының жұмыс режимін жылу желілерінің жұмыс режиміне икемделуіне көмектеседі. Екі жылдамдықты электр қозғалтқыштары су құбырларының сорғы қондырғыларында да қолданылады.

1.6 Вентильді электр қозғалтқыш базасындағы жетектелген сорғы станциясы. Технологиялық процестерде реттелмелі электр жетегін қолданудың ерекшеліктері

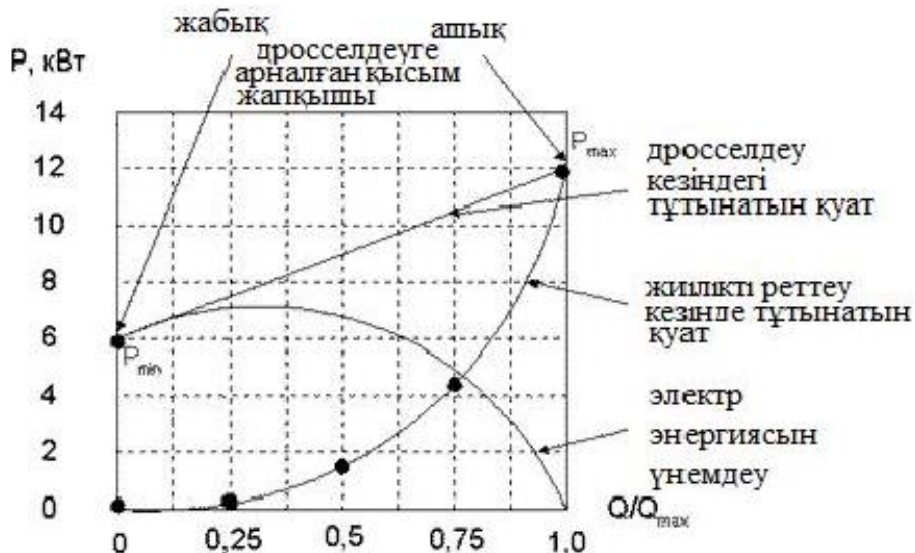
№2 Талдықорған сорғы станциясының ерекшелігіне вентильді электр қозғалтқышын қолдану базасындағы автоматты басқару жүйесі енгізілген. Станцияда қондырылған 30-ФВ-17 маркалы алты сорғыларының біреуі осындай НИИ ХЭМЗ жобалаған ПЧВН түрлендіргішті электр жетегімен жабдықталған. Электр жетегінің қуаты 1600кВт, қозғалтқыш кернеуі 10кВ. Түрлендіргіш қоректендіруші желіге төмендеткіш 4000кВА қуатты трансформатор арқылы, ал қозғалтқыш түрлендіргішке осындай көтеруші трансформатор арқылы қосылған. Түрлендіргіштердің құрамына қоздырушы синхронды электр қозғалтқыш қорек жүйесі арқылы қосылған. Сорғының электр жетегінің басқару жүйесі жоғарыда көрсетілген жүйеге аналогты. Дәреже датчигы ретінде шығысы 0,5 мА әуе қоңырауы және дифманометрі қолданылады. Басқару жүйесіне Р-17 типті ПИ реттеуіші қолданылады. Реттелмелі электр жетегімен бірге автоматты басқару жүйесі қолданылған қуат шамасын сорғыны пайдалану жұмысын, сорғы қондырын қолдану 1200мың кВт*сағ-на шығынын азайтады.

Автоматты басқару жүйесінің жұмысын талдау және орындалған есептеулер аналогты түрлері екінші сорғылы агрегатты жабдық электр энергиясын шамамен екі есеге үнемдеуге болатынын көрсетеді. Станцияда ПӘК-і төмен болатын зоналардағы сорғыны реттеу жұмысын алып тастайтын жабдық тексеруден өтті.

Электр жетегін қолдану энергияны үнемдейді және жүйе мен объектілердің жаңа сапасын алуға көмектеседі. Электр энергиясын үнемдеу технологиялық параметрлерді реттелуі үшін болады. Егер бұл тасымалдаушы немесе конвейер болса, оның жылдамдығын реттеуге болады. Егер бұл сорғы немесе желдеткіш болса оның қысымын ұстап тұрып, өндірістілігін реттеуге болады. Егер бұл білдек болса, оның жіберу жылдамдығын баяулатуға немесе басты қозғалысын реттеуге болады.

Жиілікті түрлендіргіштердің айрықша үнемділігін қолдану жиілікті реттегіштерді сұйықты тасымалдауды қамтамасыз ететін объектілерде қолдануға рұқсат береді. Осы уақытқа дейін реттеудің кең таралған түрі болып қақпақшалар немесе реттеу клапандарын қолдану болса, қазіргі уақытта асинхронды қозғалтқыштың жиілікті реттеу болып келеді. Мысалы, сорғы агрегатының жұмыс дөңгелегі немесе желдеткіш.

Жиіліктік реттеудің жоспары 1.3 суретте келтірілген.



1.3 сурет - Жиліктік реттеудің жоспары

Осылайша дросселеу кезінде қақпақша немесе клапанмен ұсталып тұратын заттар ағыны тиімді жұмыс істемейді. Реттелмелі электр жетегін немесе желдеткішті қолдану қажетті қысым мен шығынды жіберіге рұқсат береді. Бұл электр энергиясын ғана үнемдеп қоймай, сонымен қатар заттарды тасымалдау кезіндегі шығынды азайтуға әкеледі.

1.7 Автоматтандырылған электр жетегіне, сорғы қондырғысының басқару жүйесіне қойылатын талаптар және электр жетегінің жүйесін таңдауын негіздеу

Сорғылар ұзақ жүктеме режимінде қосылу саны аз және жылына жұмыс сағаты көп болатын механизм болып табылады. Жетекті қозғалтқыш білегіндегі жүктемесі тыныш.

Механизм білегіндегі жүктеме желдеткішті сипаттамаға ие, яғни механизмдегі білек кедергісінің статикалық моменті жылдамдық квадратына пропорционал.

Электр жетек жоғары ылғалдылықта пен температура шарттарында дұрыс функционалдау керек, сол сияқты сенімділіктің максимал көрсеткіштеріне ие болу керек. Осындай жағдайларда жиілік реттегішінен қорек алатын қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштарды қолданған жөн. АҚ ҚТР жеңілділігімен, сенімділігімен, контактылы жалғауларының жоқтығымен, арзандылығымен ерекшелінеді, ал жиілік түрлендіргіші АҚ ҚТР-дың жылдамдығын тура реттелуін қамтамасыз етеді.

Осылайша, электр жетегіне қойылатын талаптарды тұжырымдауға болады:

- жылдамдықты реттеу диапазоны – 3:1;
- асқын жүктемелі қабілеттілігі 1,5 кем емес;

- сорғы агрегатының байсалды жіберілуі және берілген жылдамдыққа екпінделуі;

- тежеулігі;

- УХЛ4 климаттық орындалуы;

- IP44 қорғау дәрежесі.

Өндірістік құрылғылардың автоматтандырылуы технологиялық процестерді дәл және тез арада орындайды. Толық автоматизациялау кезінде адамның қатысуы талапты емес, ол тек түзеуші және қараушы болып табылады. Қазіргі уақытта өндірістік құрылғылардың қатаң логикасын программалық басқаруға ауыстыратын микропроцессорлық жүйелері арқылы автоматтандыру дұрыс, сенімділігі мен басқару жүйесінің икемділігін жоғарылату керек.

Автоматтандырылған басқару жүйесінің шарттарын анықтайық:

- сорғы агрегатының байсалды жіберілуі және берілген жылдамдыққа екпінделуі;

- өтпелі шығынына байланысты қажетті қысымды анықтау;

- электр қозғалтқышының айналу жиілігін реттеу арқылы жүйедегі сұйықтық қысымын бір қалыпқа келтіру;

- қажетті шығын бойынша резервті сорғыны қосу және өшіру;

- жұмыс істеп тұрған сорғы істен шыққанда, резервтегі сорғыны іске қосу;

- кернеу қорегі жоғалғаннан кейін сорғы агрегатын автоматты екпінделуі (автоматты түрде қайта қосылуы);

- сорғы агрегаттарын табиғи қозғалтқыштарын жылу жүктемелерінен қорғау;

- жүйеге сұйықты жеткізілуін тұрақтайтын негізгі сорғы агрегатын периодты түрде ауыстырып отыру;

- басқару жүйесі максимал, минимал және апатты шығынды қадағалап отыру керек.

Сорғы қондырғысының жетегі үшін жүйе таңдалады: жиілік түрлендіргіші – қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш.

Шынымен, автоматизация жүйесіне және электр жетегіне қойылатын талаптарға негізделсек, тұрақты токты тиристорлы түзеткішті сорғы құрылғысының қолдануында мәні жоқ, себебі ҚТР және ЖТ ТТҚ асинхронды қозғалтқышымен салыстырғанда келесі кемшіліктері бар:

- щеткалы контактының бар болуы сенімділігін және қарапайымдылығын төмендетеді;

- АҚ ҚТР салыстырғанда ТТҚ-ның қымбаттылығы;

- щеткалы контактыларға қоршаған ортаның жоғары ылғалдылығы кері әсер етеді, сондықтан сорғы қондырғысында арнайы герметикаланған ТТҚ қажет етіледі, ол оның құнын және күрделілігін көбейтеді.

Асинхронды қозғалтқыштың алдында ТТҚ-ның ерекшеліктеріне кең диапозонда жылдамдықты реттеудің жеңілділігі мен туралығы, осы жағдайдағы жақсы статикалық сипаттамалары.

Фазалы роторлы асинхроды қозғалтқыштың электр жетектің жүйесі маңызды болмайды, себебі:

- Фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштың жүйесі жылдамдықты сатылы түрде реттеуі құндылығы жағынан арзан, бірақ роторлы тізбектегі кедергілердің көбеюі оның электр энергиясының жұмсалудың көбейтеді;

- Фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштың жүйесі кедергіні импульсты реттеуі ЖТ-АҚ ҚТР жүйе сипаттамаларына аналогты, бірақ жиілік түрлендіргіші мен импульсты кедергіні реттегіштің бағаларын есептегенде, фазалы роторлы асинхроды қозғалтқышы қысқа тұйықталған роторлы асинхроды қозғалтқыштан қымбатырақ.

Сорғы қондырғыларына синхронды қозғалтқыштардың электр жетегінің жүйесімен қатар фазалы роторлы асинхроды қозғалтқыштар жүйесі де жарайды, бірақ олардың қолданысы қозғалтқыш бағасының қымбат болғанынан құнды болып келеді.

Осылайша қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың жиілік түрлендіргіші жүйесін басқа электр жетек жүйелерінің алдында келесі ерекшеліктерін бөлуге болады: қозғалтқыштың сенімділігі және жеңілділігі; қозғалтқыштағы контактылық жалғаулардың жоқтығы, қозғалтқыштың төмен бағасы, жылдамдықты реттеу салылығы, үнемділігі.

Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың жиілік түрлендіргіш жүйесінің кемшіліктеріне жиілік реттегішінің жоғары бағасы.

Жоғарыда келтірілген түсініктерден сорғы қондырғыларында жетек қозғалтқышы ретінде қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты қолданған жөн, ал қозғалтқышты векторлы басқарылатын жиілік реттегіші арқылы қоректендірген жөн.

1.8 Зерттеудің мақсаты мен мәні

Осы дипломдық жобада келесі тапсырмаларды есептеп зерттеу қажет:

- сорғы станцияларының электр жетек жүйесін таңдап оның параметрлерін есептеу;

- қондырғы механизмдерінің жүктемелерін есептеу;

- электр қозғалтқыштардың қуатын алдын – ала есептеп оны таңдау;

- автоматтандырылған электр жетегіне және сорғы қондырғысының басқару жүйесіне қойылатын талаптарды зерттеу және таңдалған электр жетек жүйесін негіздеу;

- электр жетек, түрлендіргіш және автоматизация қондырғысының элементтерін есептеу;

- MATLAB ортасында жиілікті электр жетек моделін зерттеу.

2 Сорғы қондырғылардың электр жетектерінің жүйесін таңдау және оның параметрлерін есептеу

2.1 Жиілік түрлендіргішінің құрылымы

Қазіргі жиілік түрлендіргіштерінің көбі екі қатарлы түрлендіру сұлбасы бойынша жасалған. Олар келесі негізгі бөлімдерден тұрады: тұрақты ток бөлігі (басқарылмайтын түзеткіш), күштік импульсты инвертор және басқару жүйесі.

Тұрақты ток бөлігі басқарылмайтын түзеткіштен және сүзгіштен тұрады. Қоректендіретін желідегі айнымалы кернеу тұраты ток кернеуіне түрленеді.

Күштік үшфазалы инвертор алты транзисторлы кілттен тұрады. Электр қозғалтқышының әрбір орамы лайықты кілтке оң және теріс түзеткіш шығыстарына қосылады. Инвертор түзетілген кернеуді қажетті жиілікті және амплитудалы үшфазалы айнымалы кернеуге түрлендіреді, ол электр қозғалтқыштағы статор орамасына ұсталады.

Инверторлардың шығыс каскадтарында кілт ретінде IGBT күштік транзисторлары қолданылады. Тиристорлармен салыстырғанда олардың ауыстыру жиілігі жоғары, ол өз кезегінде шығыс сигналын синусоидалды түрде минимал бұрмалаумен өңдейді.

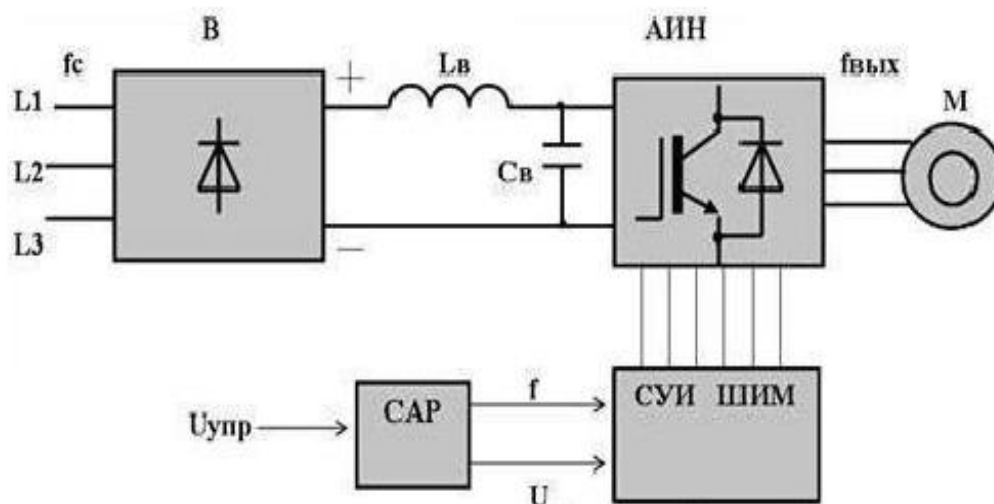
2.2 Жиілік реттегішінің жұмыс істеу принципі

Жиілік түрлендіргіші басқарылмайтын диодты күштік түзеткішінен, автономды инвертордан, КИМ басқару жүйесінен, автоматты реттеу жүйесінен, дроссельден L ш және конденсатор сүзгішінен тұрады (2.1 сурет). Шығыс жиілігін $f_{шығ}$ және кернеуін $U_{шығ}$ реттеу инверторда жоғары жиілікті кең импульсты басқару арқылы өтеді.

Кең импульсты басқару модуляция периодымен сипатталады, оның ішінде электр қозғалтқышының статор орамы түзеткіштің оң және теріс полюстарға кезектесіп қосылады.

Кең импульсты басқару ұзақтылығы период ішінде синусоида заңы бойынша модульденеді. Жоғары тактылы жиілік кезінде ($2...15\text{кГц}$) кең импульсты басқару сүзгіленетін қасиетіне байланысты электр қозғалтқыш орамаларында синусоидалды ток өтеді.

Осылайша шығыс кернеуінің қисығы жоғары жиілікті екіполярлы тізбекті үшбұрыш импульсын көрсетеді (2.2 сурет). Импульстер жиілігі кең импульсты басқару жиілігімен анықталады. Импульстардың ұзақтылығы шығыс жиілігінің периоды синусоида заңы бойынша модульденеді. Шығыс тоғының қисығының формасы (асинхронды қозғалтқышының орамаларындағы ток) синусоидалды болып келеді. Инвертордың шығыс кернеуін реттеуді екі тәсілмен орындаса болады: кіріс кернеуін U_B өзгерту арқылы амплитудалы түрде және $U_B = \text{const}$ болғанда V_1-V_6 вентильдерді ауыстыру программасын өзгерткен кезде кең импульсты (КИМ) түрде.

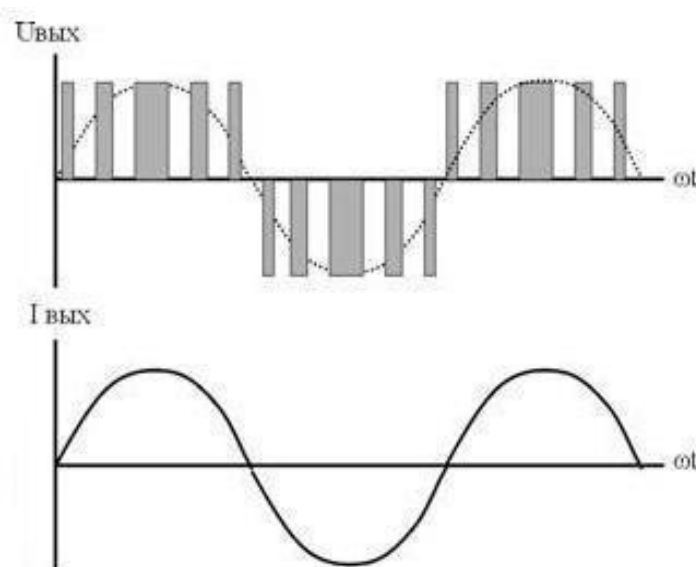


2.1 сурет – Жиілік түрлендіргіші

Екінші тәсіл қазіргі жиілік түрлендіргіштерінің элемент базасының (микропроцессорлар, IGBT-транзисторлар) дамуына байланысты кең қолданыс тапты. Асинхронды қозғалтқыштардың статор орамаларында кең импульсты ток формаларын модуляциялау арқылы синусоидалды формаға жақын болып келеді.

Осындай басқару түрлендіргіштің жоғары ПӘК алуға рұқсат береді және кернеудің амплитудасымен жиілігін аналогты басқарылуына эквивалентті.

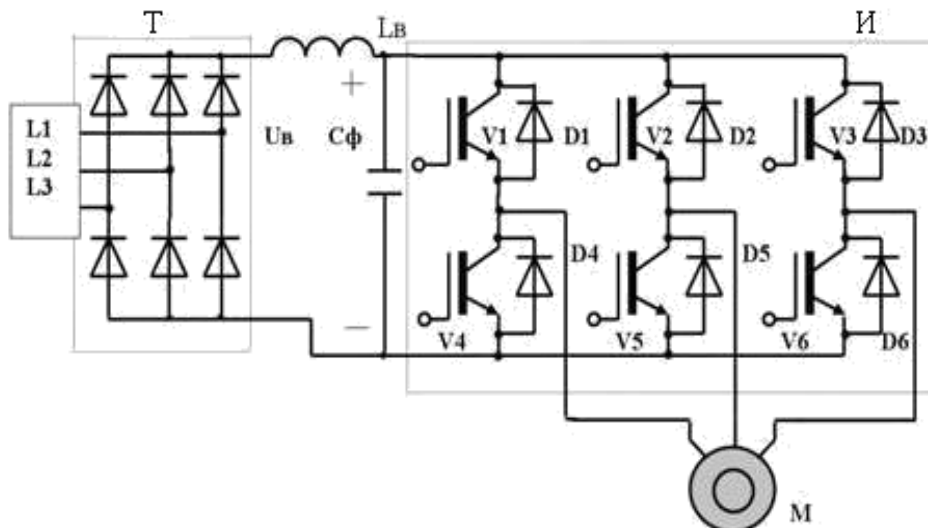
Қазіргі инверторлар толық басқарылатын куштік жартылай өткізгіш аспаптардың GTO – тиристорлары немесе биполярлы оқшауланған IGBT-транзисторлары негізінде орындалады.



2.2 сурет – Шығыс кернеу қисығының формасы

2.3 суретте IGBT-транзисторларындағы автономды инверторларының үшфазалы көпір сұлбасы келтірілген.

Ол кіріс сыйымдылық сүзгісінен C_{ϕ} және $V1-V6$ қарама қарсы параллель қосылған $D1-D6$ кері тоғына қосылған IGBT-транзисторларынан тұрады.



И –үш фазалы көпірлі инвертор; Т –үш фазалы көпірлі түзеткіш; C_{ϕ} – сүзгіш конденсаторы

2.3 сурет - IGBT-транзисторларындағы автономды инверторларының үш фазалы көпірлі сұлбасы

Вентильдердің реттеліп қосылуының арқасында алгоритм бойынша басқару жүйесінің $V1-V6$ берілген, тұрақты кіріс кернеуі $U_{в}$ айнымалы тікбұрышты импульсты шығыс кернеуіне түрленеді. Басқарылатын $V1-V6$ кілттері арқылы асинхронды электр қозғалтқышының құрама актив тоғы, ал диодтар $D1-D6$ арқылы реактив құрама тоғы өтеді.

2.3 Қоректенетін желіге жиілік түрлендіргішінің әсері. Электр энергиясының сапасы

Электр энергия сапасының мәселесіне соңғы бірнеше жыл үлкен көңіл бөлінеді. Электр энергиясы адам өмірінің барлық салаларында қолданылады, спецификалық қасиеттер жиынтығы бар және басқа продукциялардың өндірілуіне тікелей қатысады. Әрбір электр қабылдағыш электр энергиясының анықталған параметрлерде жұмыс істеуге арналған: номиал жиілік, кернеу және т.б., сондықтан дұрыс режимде жұмыс жасалу үшін оның қажетті сапасымен қамтамасыз ету керек. Осылайша электр энергиясының сапасы электр энергиясының біріккен сипаттамаларымен анықталады, кейін электр қабылдағыштары дұрыс жұмыс істеп оларға енгізілген функцияларын орындайды. Электр энергиясының сапасын көтеру мәселесі өндірісте вентильды түрлендіргіштер мен жоғары эффектілі технологиялық

қондырғылар, метал балқытатын доғалы пештер, дәнекерлейтін ұндырғылар және т.б. дами бастағанда маңызды орын алды. Қорытындысында өзара қарама – қайшылықтар пайда болды: үнемді және техникалық жағынан эффективті, адам өмірін жеңілдететін жаңа технологияларды пайдалану электр желілеріндегі электр энергиясының сапасын төмендетеді.

Тұтынушылар мен энергожүйенің зақымын электрмагнитті және технологиялық деп бөле бастады.

Электрмагнитті зақымның негізгі формалары: генерация, электр энергиясын тарату, қабылдау процестерінің электр желісінің элементтерінің көбеюі арқылы сапасының төмендеуі, оқшауламаның ескіруі және электр жабдықтарының жұмыс режимдерінің бұзылуы себебінен жабдықтардың істен шығуы, реле қорғауының, автоматика және байланыстың істен шығуы және жұмыс режимінің бұзылуы.

Электр энергия сапасының нашарлануынан кернеудің ауытқулары пайда болады. Кернеудің ауытқуы электр қозғалтқыштардың жұмысына әсер етеді. Кернеу азайған тұтынатын қуаты өзгермесе қозғалтқыш тоғы көбейген кезде оқшауламаның қызуына әкелетін қозғалтқыштардың қысқыштарының магниттелу реактив қуаты азаяды. Оқшауламаның ескіруі қозғалтқыштың жұмысқа жарамды уақытын азайтады. Кернеудің төмендеуі ол сияқты қозғалтқыштың жіберілу моментін төмендетеді. Кернеудің жоғарылауы қозғалтқыштың реактив қуатын тұтынуы көбейеді, келесіде осы қуатты компенсациялау керек. Кернеу төмендеген кезде қозғалтқыштың жіберу моменті, сол сияқты жіберу моментінің шарттары төмендейді. Кернеудің кері қарай ауытқуы уақыт бойынша өндірістік процестың көбеюіне, кейде өнімнің жарамсыз болуына әкеледі. Барлық электр жабдықтары үшін оңай, бірақ маңызды ережені ескеру керек: электр жабдықтағы кернеудің мәні номинал жұмыс режимінен үстем болса, электр энергиясы артық шығындалады.

Айналма машиналарында кернеу мен тоқ гармоникалары ротор орамаларында, статор тізбегінде, сол сияқты ротор мен статор болатында қосымша электр энергиясының шығындалуына әкеледі. Үстеме эффект пен вихрлік тоқтардың әсерінен статор мен ротор өткізгіштеріндегі шығын омдық кедергілермен анықталатын шығыннан көбірек болады. Гармониканың әсерінен торц зоналарындағы тоқ ағымының көбеюі қосымша шығынға әкеледі. осының бәрі машина температурасының көбеюіне әкеледі. анықталған шарттар бойынша гармоникалардың салынуынан роторда механикалық дірілдің пайда болуына ікеледі.

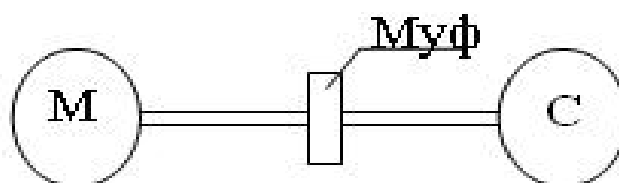
Электрмен жабдықтау жүйе элементтерінен өтетін симметриялы емес тоқ жүктемелері симметриялы емес кернеудің төмендеуіне келтіреді. Осының себебінен шығыстарда симметриялы емес кернеу жүйесі пайда болады. Кернеудің ауытқуы электрлік түрлендіргіш фазасының жүктелуінен белгіленген шамаларынан асып кетуі мүмкін. Осының бәрі оқшауламаның тез ескіруіне, қозғалтқыштың орнатылған қуатының төмендеуіне, оның

өндірістілігіне әсер етеді және келесі актив қуатының жетіспеушілігіне әкеледі.

Сондықтан жалпы қолданысты электрмен жабдықтау жүйелеріндегі электр энергиясының сапасына байланысты халықаралық МЕСТтар мен нормативтер қабылданған. Осы көрсеткіштер электр энергиясының қасиетін сипаттайды (кернеудің ауытқуы, кернеудің өзгеруі және т.б). Осы дипломдық жобада таңдалған жиілік түрлендіргіші жоғарыда айтылған барлық нормалар мен стандарттарға сай болу керек.

2.4 Электр жетегінің механикалық бөлімінің есептеу сұлбасы

2.4 суретте электр жетегінің механикалық бөлімінің кинематикалық сұлбасы көрсетілген.

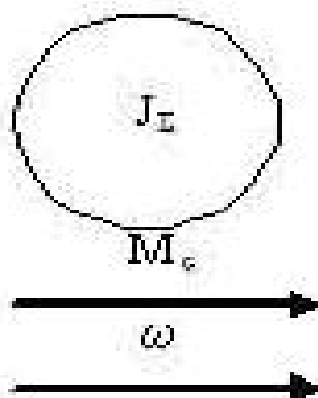


М – қысқа тұйықталған роторлы жетекті асинхронды қозғалтқыш;

С – сыртқа тебуші көлденең консольді сорғы

2.4 сурет– Электр жетегінің кинематикалық сұлбасы

Механикалық жүйенің қатты болуына байланысты біріктіруші муфта мен біліктің қатты қасиеттерін ескермеуге болады. Сонда кинематикалық сұробаның негізінде (2.4 сурет) электр жетегінің механикалық бөлімінің бірмассалы есептеу сұлбасын құрастырамыз (2.5 сурет).



J_{Σ} - электр жетегінің суммарлы инерция моменті; M_{δ} - статистикалық момент;

ω - бұрыштық жылдамдық

2.5 сурет – Электр жетегінің механикалық бөлімінің есептік сұлбасы

2.5 Қондырғы механизмдерінің жүктемелерін есептеу

Арнайы қондырғылар үшін сыртқа тебуші сорғыларды таңдау кезінде бір параметрлердің екіншісіне қатыстылығын ескеріп отыру қажет. Сипаттамаларды тұрғызу кезінде сорғы жіберілуін Q айнымалы тәуелсіз параметр ретінде қабылдаймыз, өйткені ол осы сорғы қондырғысындағы су құбыры жүйесіндегі сұйықтық шығынымен тікелей байланысты. Сорғының басқа параметрлерінің өзгеруі оның жіберуіне байланысы.

Су құбыры жүйесінің статикалық сипаттамалары деп осы шығысты қамтамасыз ететік сұйықтың қысымы (H) мен шығысының қатынасын атаймыз. Ол келесі өрнекпен өрнектеледі:

$$H_c = H_{ct} + R \cdot Q_{ном}, \quad (2.1)$$

мұндағы H_{ct} – қысымның статикалық құрамдас бөлігі, біздің жағдайда нөлге тең,

R – желі кедергісі, тұрақты шама емес,

$R_б = H_{ном}/Q_{ном}^2$ – базалық желі кедергісі.

Желіде су тұтынуы жоқ болған жағдайда, жеклі кедергісі $100R_б$ шамасына тең, себебі осы жағдайда суағар кері су құбыры арқылы өтеді.

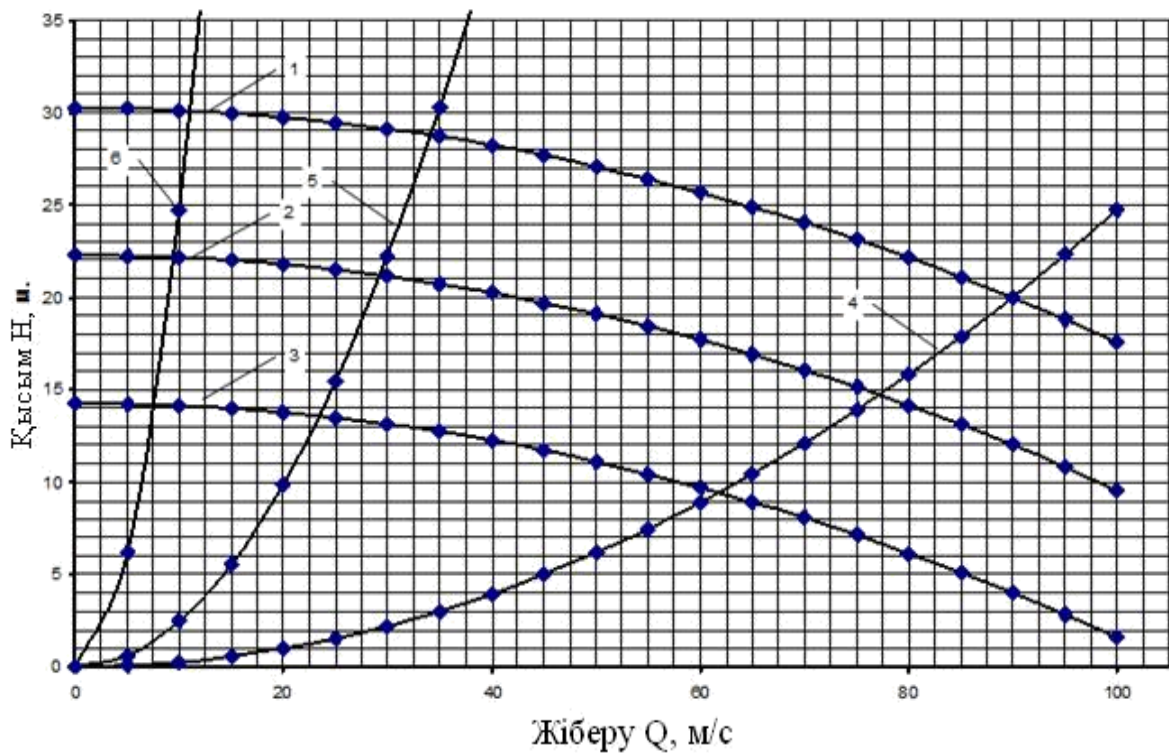
Сорғының статикалық (қысымдық) сипаыттамасы деп жұмыс дөңгелегінің тұрақты жиілігінде n қысым H мен сорғы жіберуінің Q қатынасын айтамыз:

$$H = H_c \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^2 - C \cdot Q^2 \quad (2.2)$$

мұндағы H_0 - қысым, нөлдік жіберуге тең, $H_0 = H_{ном} + C \cdot Q_{ном}^2$, М;
 C – кэффицент, $C = H_1 - H_{ном} / Q_{ном}^2 - Q_1^2$ анықталады, $H_1 = 25,7$ м және $Q_1 = 60$ м³/с – сорғы қондырғыларындағы кейбір сипаттамалар;
 $n_{ном}$ – сорғының қатысты өтпелі және номинал айнымалы жылдамдығы;

$n_{ном} = 2900$ айн./мин; $n = 2489$ айн./мин; $n = 1993$ айн./мин үшін сипаттамаларды құрастырамыз, бұл суды максимал тұтыну кезінде қысымдыды ұстап тұру үшін керек.

2.1 және 2.2 формулаларына сәйкес сорғы (турбомеханизм) мен жүйенің (су құбыры) біріктірілген сипаттамаларын саламыз. Осы сипаттамалар EXCEL'97 программасының көмегімен электронды есептеуіш машина көмегімен есептелген. 2.1 және 2.2. формулаларының есептеулері графикалық түрде 2.6 суретте келтірілген.



- | | |
|--|--|
| 1 - $n=2900$ айн/мин кезіндегі сорғы сипаттамасы | 4 - $R=R6$ кезіндегі желі сипаттамасы |
| 2 - $n=2489$ айн/мин кезіндегі сорғы сипаттамасы | 5 - $R=10R6$ кезіндегі желі сипаттамасы |
| 3 - $n=1993$ айн/мин кезіндегі сорғы сипаттамасы | 6 - $R=100R6$ кезіндегі желі сипаттамасы |

2.6 сурет – Сорғының немесе желінің біріккен статикалық сипаттамалары

2.6 Электр қозғалтқышты таңдау және оның қуатын есептеу

Жобаланып отырған қондырғының электр жетегі ретінде ЖТ-АҚ ҚТР жүйесі бойынша тұрғызылған үшфазалы асинхронды электр жетегін қолданамыз. Расында ЖТ-АҚ жүйелерін қолдану жетек жылдамдығын кең шамада баяу өзгертуге көмек береді. Бұл өз кезегінде сорғы қондырғысындағы тұтынатын электр энергия шамасын азайтуға әкеледі.

Қондырғыны автоматтандыру программаланған котроллерды енгізгеннен кейін орындалады. Котроллердың функциясына жүйедегі қысым бойынша электр жетегіне жұмысты шығару, істен негізгі сорғы шыққан жағдайда негізгі мен апаттық сорғылардың ауыстырылуын қамтамасыз ету, негізгі сорғы істен шыққан кезде қосалқы сорғыны іске қосады, диспетчерлік бөлімге апаттық дабылдарды жіберіп отыру кіреді.

Алдын – ала қозғалтқыштың қуатына есептелген, таңдалған электр жетегінің жүйесіне сай, сорғының техникалық мәліметтеріне сай 4A112M2У3 сериялы қысқа тұйықталған роторлы үшфазалы асинхронды қозғалтқышты таңдаймыз. Номиналды техникалық сипаттамалары төменде көрсетілген [2]:

- номинал қуаты: 7,5 кВт;
- синхронды айналу жиілігі: 3000 айн./мин;
- номинал сырғанауы: 2,6%;
- номинал ПӘК: 87,5%;
- номинал $\cos\varphi = 0,88$;

- $M_{\max}/M_{\text{НОМ}} = 2,2$;
- $M_{\text{П}}/M_{\text{НОМ}} = 2$;
- критикалық сырғанау: 17%;
- жіберу тоғының дәрежесі: $I_{\text{П}}/I_{\text{НОМ}} = 7,5$;
- қозғалтқыштың инерция моменті: $0,01 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

IP44 таңдалған қозғалтқыштың қорғау дәрежесі ішке диаметрі немесе қалыңдығы 2,5мм болатын сымдардың оқшауламасының, құрал – саймандардың түсіп кетуінен, су тәрізді сұйықтықтардың шашылуынан қорғайды.

ІСАО141 салқиндату тәсілі – қабырғалы немесе тегіс жабық машина. Машина білігінде орналасқан сырты желдеткішпен салқиндатылады.

Сорғы жетегіне қажетті қозғалтқыш қуатын анықтайық. [1] бойынша келесі теңдікті аламыз:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{\text{НОМ}} \cdot H_{\text{НОМ}} \cdot k}{1000 \cdot \eta_{\text{НОМ}}} \quad (2.3)$$

2.7 Түрлендіргішті және автоматизация құрылғыларын таңдау

Автоматизация жүйесіне қойылатын талаптарға, таңдалған электр жетегіне және электр қозғалтқышқа сәйкес қозғалтқыштарды қоректендіру үшін РЭН-2-02-УХЛ4 (ЯВИЕ.435321.001) жиілік түрлендіргішін таңдаймыз, ал сорғы қондырғысын басқару үшін ГСП МИКРОДАТ контроллерын қолданамыз.

РЭН-2-02-УХЛ4 жиілік түрлендіргіші қуаты 30кВт-қа дейінгі асинхронды үшфазалы электр қозғалтқышты жиілікті басқару үшін арналған. Түрлендіргішті қолданатын жерлер: тұрғын – коммуналдық шаруашылықтағы су және жылумен жабдықтау сорғы станциялары; энергетика; химиялық өндірісте технологиялық сорғы қондырғылары; машина жасау немесе басқа өндірістік бөліктерінде кері сумен жабдықтау станциялары.

РЭН-2-02-УХЛ4 жиілік түрлендіргіштерінің параметрлері:

- Қоректенетін желінің номинал кернеуі 338010% В, 501% Гц;
- Жетекті қозғалтқыштың номинал кернеуі 3380 В, 50 Гц;
- 7,5 кВт-қа дейінгі жетек қозғалтқышына есептелген түрлендіргіш;
- Жиілікті реттеу диапазоны 2,5 – 50 Гц;
- Номинал режимде 0,9 кем болмайтын түрлендіргіштің ПӘК;
- Түрлендіргіш қуатының коэффициенті - 0,95 кем болмауы керек;
- Жиілік түрлендіргіштері бірқалыпты климаты бар жабық

жылытылатын ғимараттарда жұмыс істеу үшін арналған.

3 Сорғы қондырғыларындағы жиілікті-реттелмелі электр жетегін MATLAB ортасында зерттеу

3.1 Асинхронды қозғалтқыш үлгісін зерттеу және оның математикалық арақатынасы

Асинхронды қозғалтқыш статорының (немесе ротордың) тоқ пен кернеу фазаларын кеңістіктегі вектор ретінде көрсетуге болады, бұл асинхронды қозғалтқыштың жұмыс процесіндегі сандардың азаюын және теңдіктің құрылымын жеңілдетеді.

Жалпы жағдайда үш фазалы орамға үш фазалы кернеу жүйесі әсер етеді:

$$\begin{aligned}U_A &= U_m \sin \omega t, \\U_B &= U_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right), \\U_C &= U_m \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right).\end{aligned}\tag{3.1}$$

Кернеу векторының суммарлық күйін келесі түрде көрсетуге болады:

$$U_\Sigma = U_A + U_B + U_C.\tag{3.2}$$

Егер А, В, С координаталар жүйесінің осін білікке перпендикуляр орналған комплексті затты осімен қосса, онда асинхронды қозғалтқыштың статор орамаларындағы кернеудің кеңістік векторы келесі анықтамамен өрнектеледі:

$$U_S = \frac{2}{3} U_\Sigma = \frac{2}{3} (U_A + a U_B + a^2 U_C),\tag{3.3}$$

мұндағы U_A, U_B, U_C – фазалық кернеулердің лездік мәндері (3.1);
 a – бұрылыс операторы.

$$\begin{aligned}a &= e^{j 2\pi/3} = -1/2 + j\sqrt{3}/2, \\a^2 &= e^{j 4\pi/3} = e^{-j 2\pi/3} = -1/2 - j\sqrt{3}/2.\end{aligned}\tag{3.4}$$

Кеңістік вектор формуласына (3.2) келесі анықтамаларды (3.1) және (3.2) келтіреміз:

$$U_s = \frac{2}{3} \left[U_m \sin \omega t + \left(0,5 + j \frac{\sqrt{3}}{2} U_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \right) + \left(-\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) U_m \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \right]\tag{3.5}$$

Алынған анықтамаларды түрлендіру арқылы келесі қатынастарды аламыз:

$$\sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) = \sin \omega t \cos\left(\frac{2\pi}{3}\right) \pm \cos \omega t \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right); \quad (3.6)$$

$$\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right) = -\frac{1}{2};$$

$$\sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

(3.4) түрлендіруден кейін:

$$U_s = U_m (\sin \omega t - j \cos \omega t) \quad (3.7)$$

Алынған комплексті өрнекте $\sin \omega t = \cos(\pi/2 - \omega t)$ және $\cos \omega t = \sin(\pi/2 - \omega t)$ ауыстыра отырып стандартты тригонометриялық формаға келтіреміз:

$$U_s = U_m [\cos(\pi/2 - \omega t) - j \sin(\pi/2 - \omega t)], \quad (3.8)$$

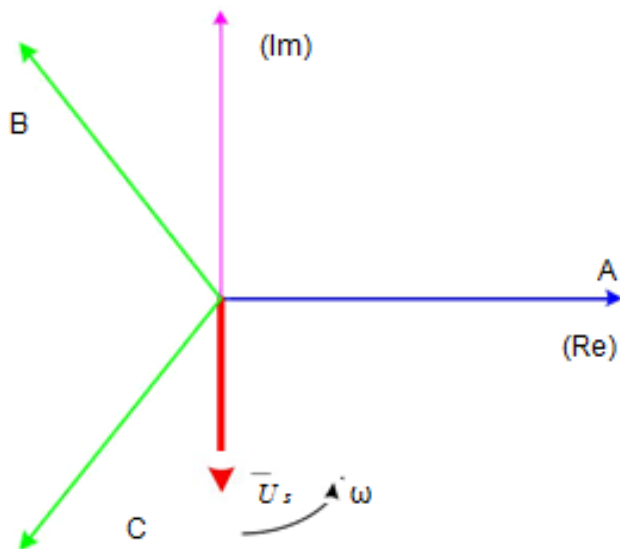
Алынған өрнекті тригонометриялық формасынан көрсеткіш түріне ауыстырамыз:

$$U_s = U_m e^{-j(\pi/2 - \omega t)} = U_m e^{j(\omega t - \pi/2)} \quad (3.9)$$

Бұл амплитуда бойынша тұрақты U_m кеңістік кернеу толқынының оң бағытты ω жиілігінің пайда болуына әкеледі. $t=0$ болған жағдайда кеңістік векторының бастапқы күйі $(-\pi/2)$ бұрышына сәйкес, бұл оның (3.1) формуласына байланысты өзгертін А, В, С осьтерінде айналатын проекциясын алуға мүмкіндік береді.

U_s векторының проекциясы А, В, С фазалық осьтерінің кернеуін лезде анықталады. Аналогты кеңістік векторлары ретінде асинхронды қозғалтқыштың жұмысын суреттеуге барлық кернеулерді қарастыруға болады.

3.1 суретте кернеудің кеңістік векторының геометриялық интерпретациясы көрсетілген, бұл U_m модулі бар (ұзындығы), оң бағытта қозғалатын ω бұрыштық жылдамдығы бар жазықтықтағы комплексті вектор.



3.1 сурет– Кернеудің кеңістік векторы

Үш фазаны екі фазалы жүйеге түрлендіру. Асинхронды немесе синхронды айнымалы тоқ электр жетектерінің нақты жүйесін тұрғызу үшін басқару жүйесіне 3/2 және 2/3 фаза түрлендіргіштерін қосады.

Бірінші (3/2) α , β жүйе координаталарында үшфазалы кернеу жүйесін екі фазалы жүйеге ауыстырады. Есте сақтайтынымыз А, В, С үш осьті координаталық жүйесі екі осьті α , β қозғалмайтын жүйе болып табылады. Кеңістік вектор m – фазалы үш фазалы тоқтар жүйесінің эквиваленттімен бірге екі фазалы жүйені де суреттейді. Математикалық қатынаста екі фазалы жүйеге өту кеңістік векторының жаңа тікбұрышты α , β координаталар жүйесіне эквивалентті. Координаталардың осындай түрлендіруінің физикалық мәні кеңістік векторының мәнімен сипатталатын нақты үш фазалы машинаны эквивалентты екіфазалы модельге ауыстыру. Электр машиналарын математикалық зерттеулерде осындай айнымалылар арқылы статорлы және роторлы тізбектерде дифференциалды теңдеулердің электрлік теңдіктерін жеңілдету ауыстырады.

Түрлендіргіш (3.2) үш U_A , U_B , U_C (3.1) фазалы кернеулерін U_α , U_β екіфазалы кернеулерге (3.2) және (3.3) теңдіктеріне сәйкес түрлендіреді:

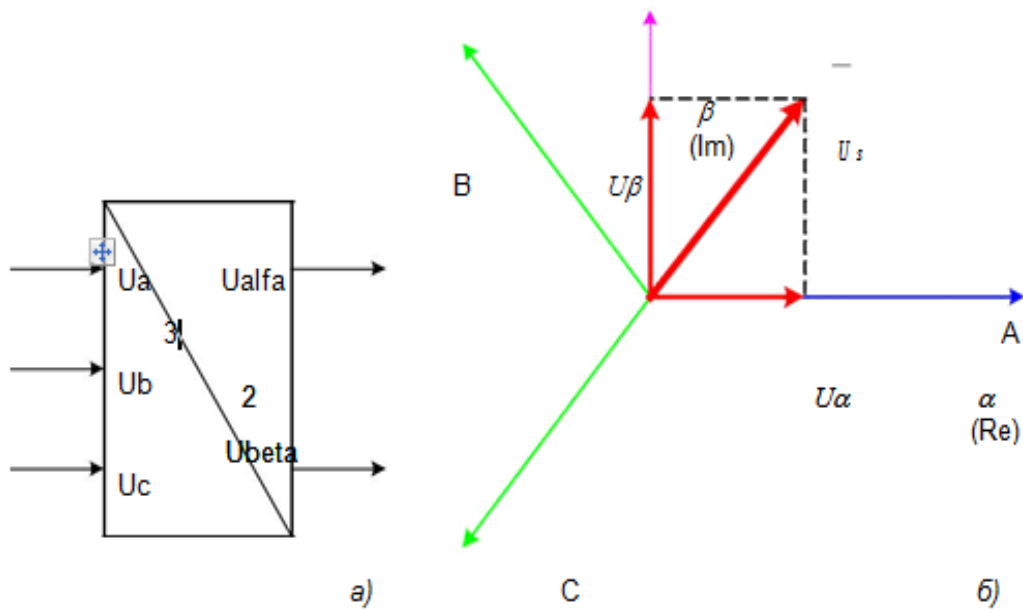
$$U_s = U_\alpha + jU_\beta = \frac{2}{3}(U_A + \alpha U_B + \alpha^2 U_C) = \frac{2}{3} \left[U_A + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) U_B + \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) U_C \right] \quad (3.10)$$

(1.18) түрлендіргеннен кейін:

$$U_\alpha = 2[U_A - (U_B + U_C)/2]/3, \quad (3.11)$$

$$U_\beta = (U_B - U_C)/\sqrt{3}.$$

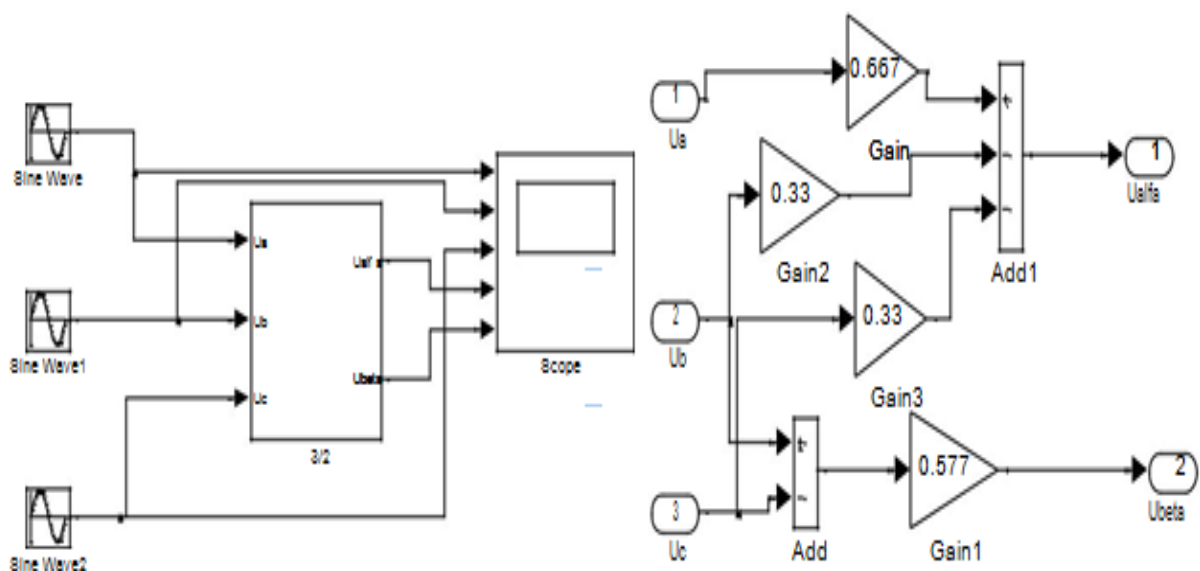
3.2 суретте координаталардың түрленуі көрсетілген.



а) түрлендіргіштің шартты графикалық белгіленуі; б) координаталары
3.2 сурет – Координаталардың түрленуі

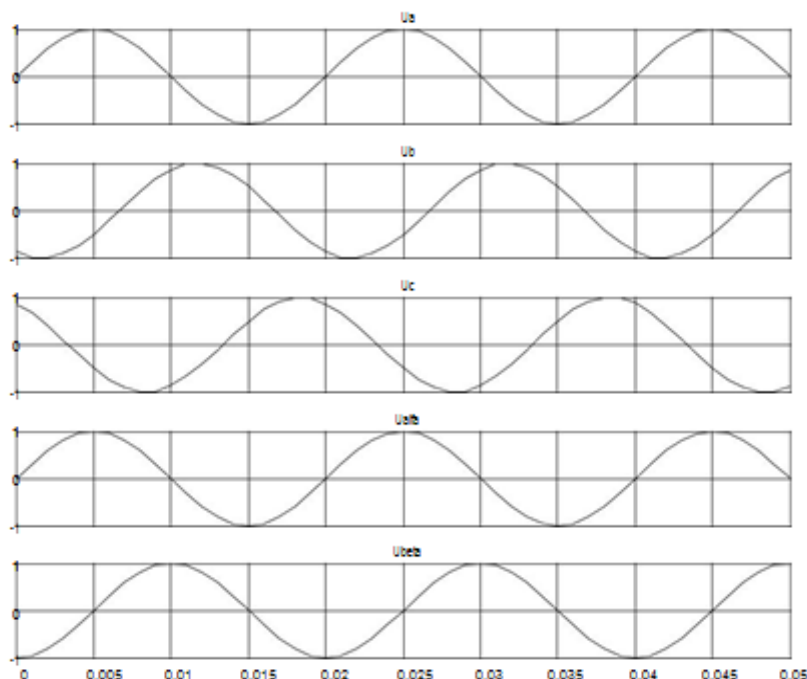
Осымен қатар α тік бұрышты фазалық осі A үшфазалы жүйе осімен біріккенін есте сақтау керек (3.2,б сурет).

3.3 – суретте (3/2) түрлендіргіш моделі Simulink (Matlab) [2] көрсетілген.



3.3 сурет – Түрлендіргіш моделі

3.4– суретте үш фазалы кернеудің екі фазалы кернеуге түрлендіруі координаталарындағы кеңістік кернеу векторы (3.7) теңістігі сипатталатынын түсіну қиын емес. (3.7) бойынша екіфазалы кернеу жүйесінде $U_\alpha = U_m \sin \omega t$ және $U_\beta = -U_m \cos \omega t$ есептелінеді. Модельдегі U_α и U_β кернеу есептеулерінің қорытындысы: кеңістік векторы үш фазалы және эквивалентті екі фазалы жүйелерінде бірдей және $U_s = U_m e^{j(\omega t - \pi/2)}$ өрнектеледі.



3.4 сурет – Үш фазалы кернеу жүйесін екі фазалы жүйеге түрлендіру қорытындылары ($U_m=1\text{В}$, $f=50\text{Гц}$)

3.1.2 Екі фазалы жүйені үш фазалы жүйеге түрлендіру. (2/3) түрлендіргішін жобалау кезінде есте сақтайтыны, U_A, U_B, U_C үш фазалы жүйесінің фазалық векторы А, В, С осьтеріндегі U_s кеңістік векторының проекциясын көрсетеді.

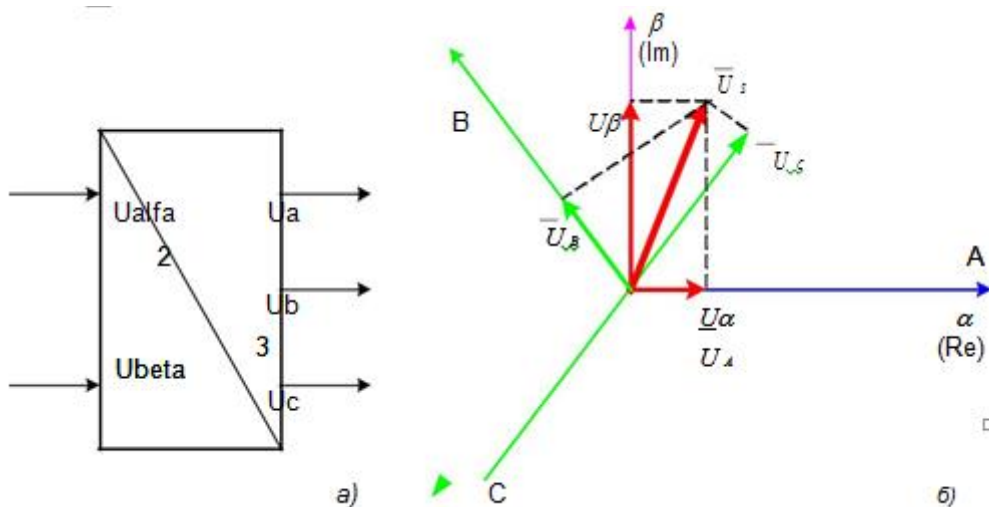
Осыған байланысты, [2] қабылдаймыз:

$$U_A = \text{Re}(U_s) = \text{Re}(U_\alpha + jU_\beta) = U_\alpha,$$

$$U_B = \text{Re}(\alpha \cdot U_s) = \text{Re}\left[\left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(U_\alpha + jU_\beta)\right] = -\frac{1}{2}U_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2}U_\beta,$$

$$U_C = \text{Re}(\alpha^2 \cdot U_s) = \text{Re}\left[\left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(U_\alpha + jU_\beta)\right] = -\frac{1}{2}U_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2}U_\beta.$$

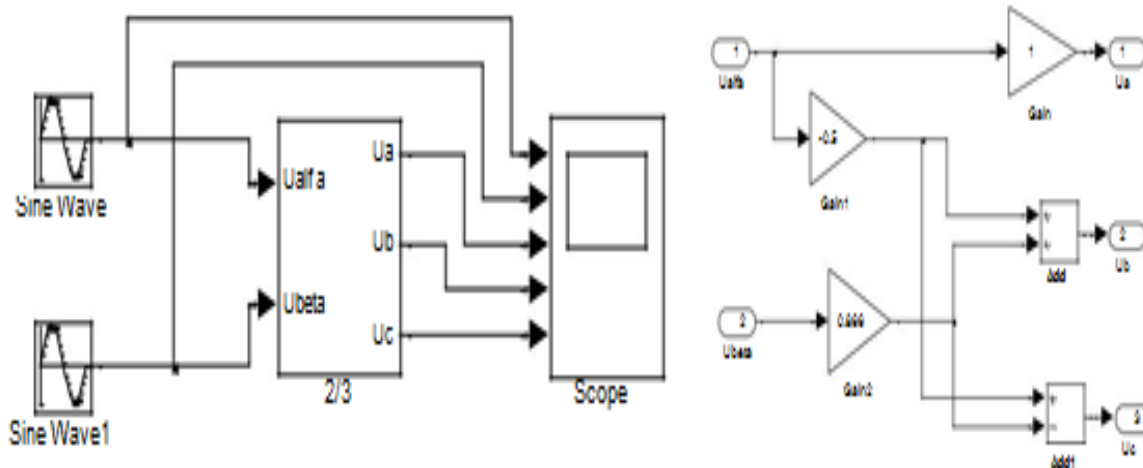
3.5 суретінде U_c кеңістікте векторының еркін жағдайына U_A, U_B, U_C фазалық кернеулерінің лездік жағдайының графикалық процесі көрсетілген.



- а) түрлендіргіштің белгіленген графикалық көрінісі;
- б) координаталрдың түрленуі

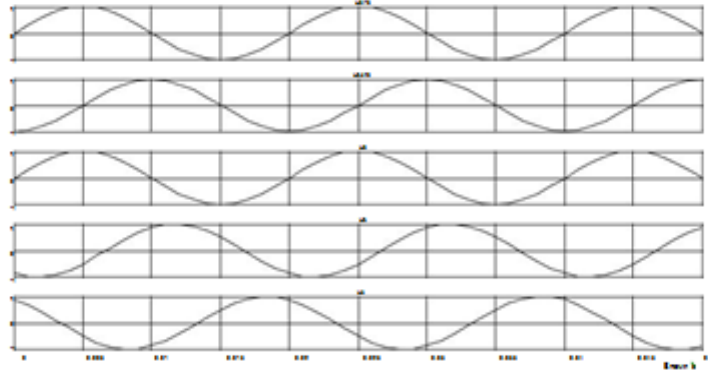
3.5 сурет – Түрлендіргіш жұмысының графикалық интерпритациясы

3.6 суретте көрсетілген (3.10) өрнегі фаза түрлендіргішінің моделін *Matlab*-та [2] жобалау кезінде алынған.



3.6сурет – Ашық жүйелі фазалық түрлендіргіштің моделі

3.7 суретте екі фазалы жүйені үш фазалы жүйеге түрлендірудің кері эквивалентті модельденуі көрсетілген. Сол сияқты амплитуда кернеуі $U_m=1V$ және жиілігі 50Гц. Шығысында фазаларды тура реттейтін үш фазалы кернеу жүйесі.



3.7 сурет – Түрлендіргіш жұмысының моделдеу нәтижелері

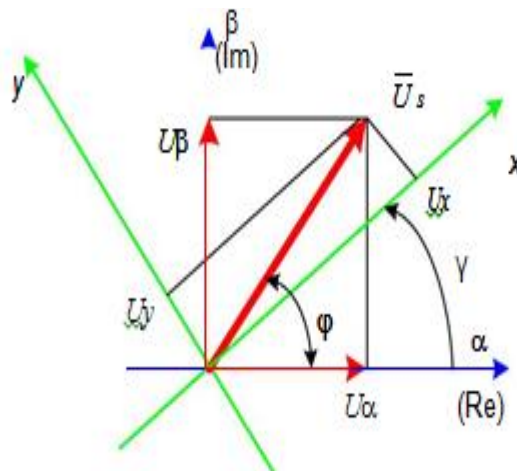
Айналатын координаталар жүйесі. Жалпы жағдайда айналатын координаталар жүйесі қозғалмайтын жүйеге қатысты ω_k ерікті жылдамдығымен қозғалады. Осындай координаталар жүйесінің лездік күйі қозғалмайтын жүйеге қатысты γ бұрышына қатысты координаталар жүйесінің заттық осьтеріне байланысты анықталады. Айналатын жүйедегі кеңістік кернеу векторының жүйесінің күйін γ айналу бағытына қарама – қарсы бұрышына бұру арқылы анықталады. Сондықтан айналатын координаталар жүйесінде кеңістік векторымен U_s және қозғалмайтын U_{sk} арасында келесі қатынастар болады [2]:

$$U_{sk} = U^{-j\gamma} U_s; \quad (3.12)$$

$$U_s = U_{sk} e^{j\gamma} .$$

3.8 суретте координаталардың түрленуінің математикалық негізі түсіндірілген.

Қозғалмайтын координаталар жүйесінде (α, β) кеңістік жүйе



3.8 сурет – Координаталарды түрлендіру

Осы векторды айналатын координаталар жүйесінде (x, y) келесі түрде көрсетуге болады:

$$U_{SK} = U_X + jU_Y = U_m e^{j(\varphi-\gamma)} = U_S e^{-j\gamma} = (U_\alpha + jU_\beta) \cos \gamma - j(U_\alpha + jU_\beta) \sin \gamma = \\ (U_\alpha \cos \gamma + U_\beta \sin \gamma) + j(U_\beta \cos \gamma - U_\alpha \sin \gamma)$$

(3.12) өрнегінен қозғалмайтын координаталар жүйесінен айналатын жүйеге көшу теңдігін аламыз:

$$U_X = U_\alpha \cos \gamma + U_\beta \sin \gamma, \quad U_Y = U_\beta \cos \gamma + U_\alpha \sin \gamma \quad (3.13)$$

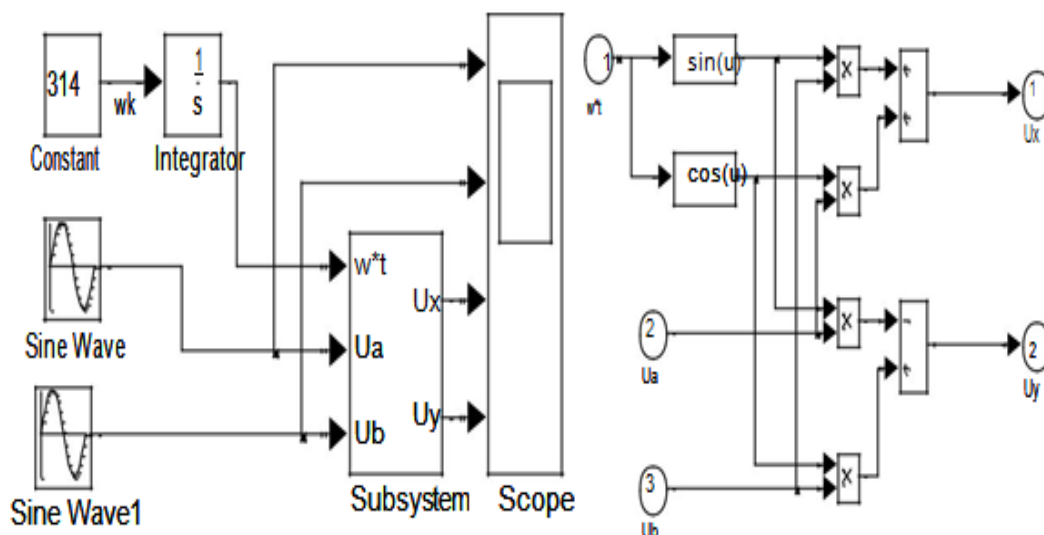
(3.11) өрнегінен аналогты түрде айналатын координаталар жүйесінен қозғалмайтын координата жүйесіне көшу теңдігін аламыз:

$$U_S = U_\alpha + jU_\beta = U_{SK} e^{j\gamma} = (U_X + jU_Y) \cos \gamma + j(U_X + jU_Y) \sin \gamma = (U_X \cos \gamma - U_Y \sin \gamma) + \\ + j(U_Y \cos \gamma + U_X \sin \gamma).$$

Сонда

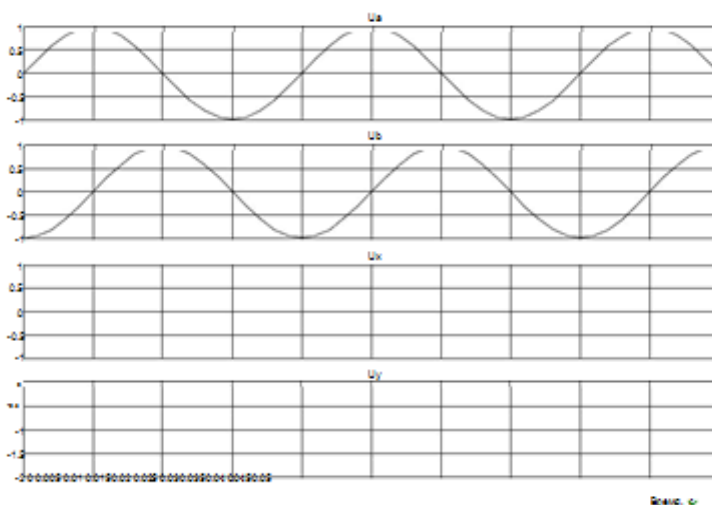
$$U_\alpha = U_X \cos \gamma + U_Y \sin \gamma, \quad U_\beta = U_Y \cos \gamma + U_X \sin \gamma, \quad (3.14)$$

3.9 суретінде (3.13) өрнегімен орындалатын қозғалмайтын координаталар жүйесінің айналатын жүйеге түрлендіру моделі көрсетілген. Модель кірісіне 314 рад/сек синусоидалды кернеу жиілігі және Integrator блогынан өтпелі координаталар осінің бұрылу бұрышы түрінде кеңістік кернеу векторының (α, β) осьтеріндегі проекциялары беріледі. $\gamma = \omega_k t$ бұрышы, мұнда ω_k айналатын жүйе координаталар жиілігі көрсетілген. Айналу жиілігі интегратордың кінрісіне рад/сек константа болып беріледі. Осы жағдайда модель кірісіне жиілігі 314 рад/сек уақыттың синусоидалды функциялары беріледі және айналу координаталарының жиілігі 314 рад/сек болады. U_x, U_y шығыстарында қозғалмайтын векторлары шығыстарында тұрақты шамалармен сипатталатын U_x и U_y қозғалмайтын векторлары пайда болады. 3.9 суретте мазмұны көрсетілген координаталар түрлендіргіші *Subsystem* блогында өткізіледі.



3.9 сурет – Қозғалмайтын координаталар жүйесін айналатын жүйеге ауыстыратын түрлендіргіш моделі

3.10 – суретте модельдеу қорытындылары көрсетілген. Осциллоскоп экранында қозғалмайтын жүйедегі U_a және U_b синусоидалды кернеулері, айналатын жүйеде көрсетілген тұрақты $U_x=0$, $U_y=-1$ кернеулері жоғарыда айтылған болжам бойынша көрсетілген.

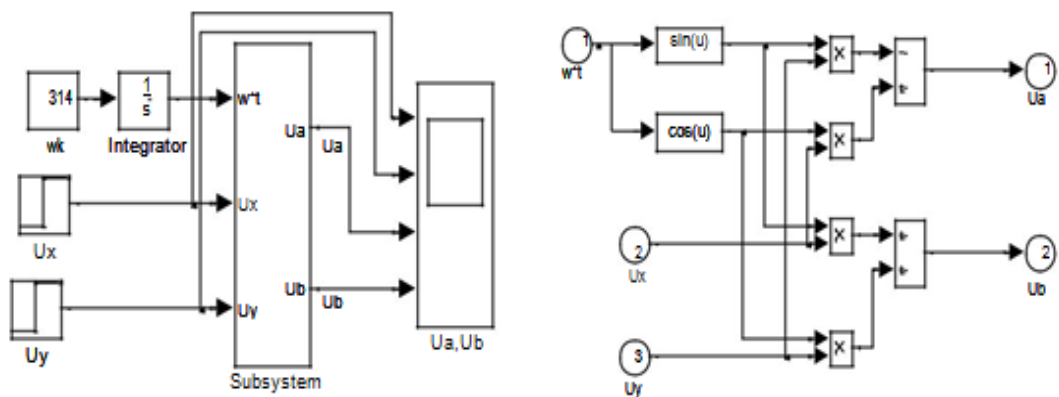


3.10 сурет – Модельдеу қорытындылары

ω_k жиілігінің айналу координатасын кіру кернеуінің жиілігінен үздік берсек, онда түрлендіргіш шығысында $\omega - \omega_k$ әр түрлі жиілікті синусоидалды кернеуі пайда болады. Яғни, жазықтық векторы $\omega - \omega_k$ жиілікті айналатын координаталар жүйесінде айналады.

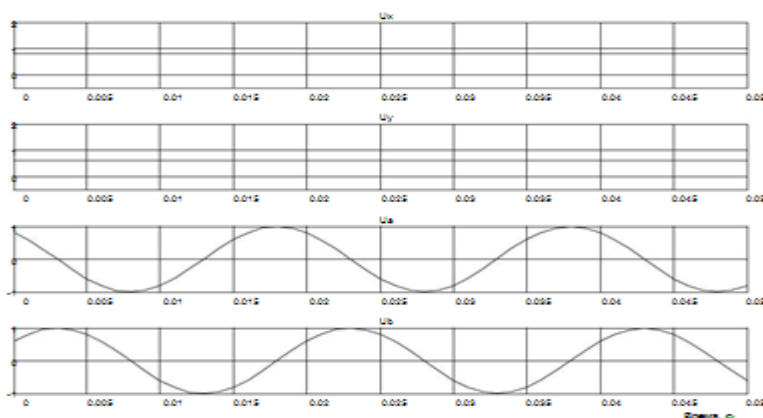
Аналогты модель айналатын координаталар жүйесіндегі айнымалыларды қозғалмайтын координаталар жүйесіне (3.14) [2] өрнектеріне сәйкес түрлендіру үшін құрылады.

3.11 суретте өрнектерге сай (3.14) жүзеге асырылған айналатын координаталар жүйесіндегі айнымалыларды қозғалмайтын координаталар жүйесіне түрлендіретін модель ұсынылған. Модельдің кірісіне (x, y) айналу осьтеріне және өтпелі айналу бұрышы жүйе координаталарына кернеудің жазықтық векторының проекциялары келтірілген. Модельдың шығысында қозғалмайтын жүйе координаталарының (U_a, U_b) жазықтық векторының құрамалары алынады. Түрлендіргіш координаталары Subsystem блогында жүзеге асырылған, оның мазмұны 3.11 суретте көрсетілген.



3.11 сурет –Айналатын координаталардың қозғалмайтын жүйеге түрленетін моделі

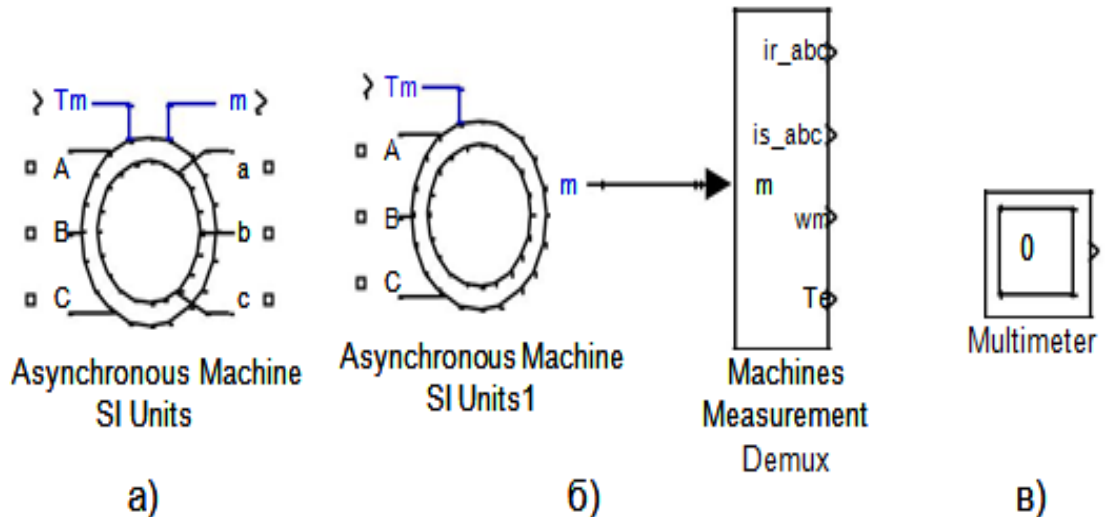
3.12 суретте модельдеудың қорытындылары көрсетілген. U_a, U_b кернеулері осциллоскоп экранында көрінеді. Осы жағдайда интегратордың кірісіне айналу координаталарының жиілігі 314 рад/с беріледі және шығысында 50 Гц синусоидалды кернеу жиілігі алынады.



3.12 сурет – Айналатын координаталардың қозғалмайтын жүйеге түрлену моделінің қорытындысы көрсетілген

3.2 MATLAB ортасында асинхронды қозғалтқыштың мүмкіндікті моделі

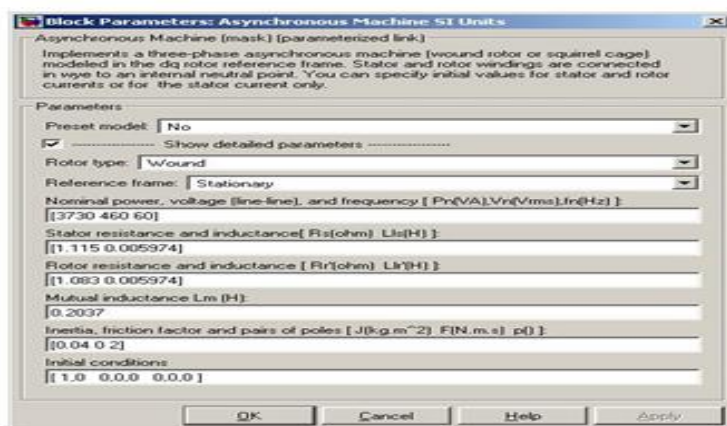
SimPowerSystems кітапханасынан программа бойынша фазалы ротор үшін асинхронды қозғалтқыш моделі беріледі (3.13, а сурет).



а) фазалы роторы бар қозғалтқыштың абсолютті бірлік моделі; б) қысқа тұйықталған қозғалтқыштың моделі; в) өлшегіш құрылғы

3.13 сурет – Асинхронды машинаның мүмкіндік моделі

A, B, C клеммалары үш фазалы кернеуге қосылу үшін арналған, *a, b, c* клеммалары – ротордың шығыс орамалары. *SI Units* модификациялау үшін қозғалтқыш сипаттамалары диалогты терезесі арқылы абсолют бірлік арқылы енгізіледі, ол қозғалтқыш суретіне екі рет басқанда шығады (3.14 сурет).



3.14 сурет – Қозғалтқыштың абсолют бірліктерінің параметрлерін енгізу терезесі

Rotor type жолақшасында екі нұсқа ұсынылады: *Wound* – фазалы роторлы қозғалтқыш және *Squirrel – cage* – қысқа тұйықталған қозғалтқыш

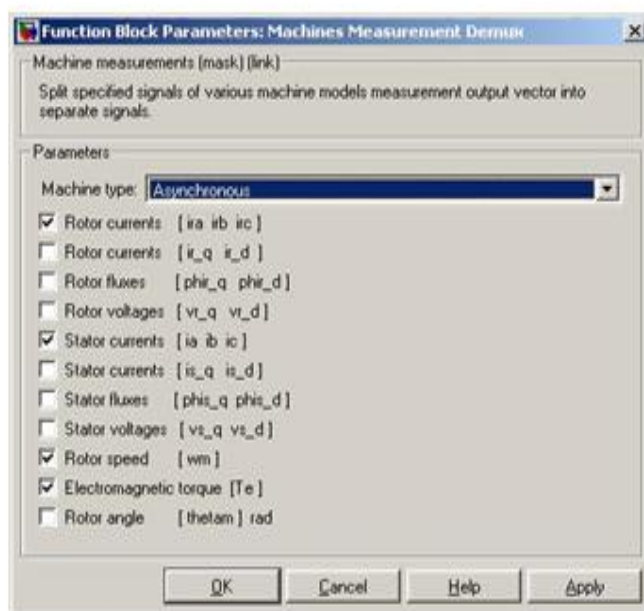
(клеткасы бар). *Reference frame* жолақшасында координаталар жүйесінің үш нұсқасы ұсынылады: *Rotor* – ротормен бірге бір жиілікте айналғыш; *Stationary* – қозғалмайды, біз үшін қажетті; *Synchronous* – желі кернеуімен синхронды түрде айналатын координаталар жүйесі. Асинхронды қозғалтқыштың параметрлерінің абсолют бірліктері келесі жолақшаларына енгізіледі.

Ең жиі қолданылатынын қысқа тұйықталған қозғалтқыш қолданылады (3.13, б сурет). m шығысына *SimPowerSystems* бөліміндегі *Machine* бөлімшесіндегі арнайы *Machines Measurement Demux* демультимплексоры жалғанады.

Осы параметрлер анықтамалар мен каталогтарда келтірілмейді, олар әр түрлі методикалар бойынша есептеледі, себебі бұл алдыңғы тарапта қарастырылған.

T_m кірісіне актив момент жүктемесі Нм бойынша беріледі. Талап бойынша *Simulink* программасының моделінде жұмыс жолақшасында *Multimeter* блогы орнатылу керек (3.13, в сурет).

Айнымалы тоқ машиналарының түрі *Machine type* жолақшасында екі рет тышқанның сол баспасымен басқанда көрінеді (3.15 сурет).

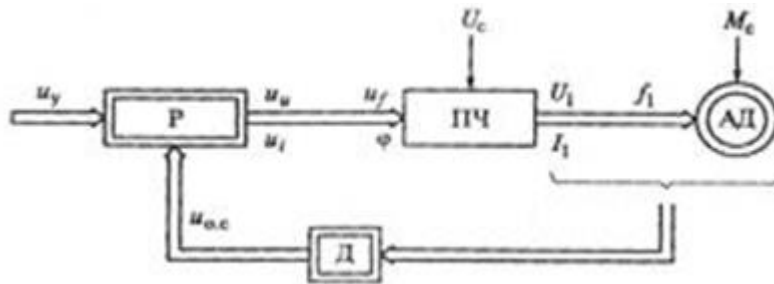


3.15 сурет – Машина түрін және шығыс айнымалыларын таңдау терезесі

3.3 Орталық сорғы – жиілігі реттелмелі асинхронды қозғалтқыш жүйесінің математикалық сипаттау

Орталық сорғыларды басқару технологияларында энергияны үнемдеудің ең эффективті жолы болып реттелмелі электр жетегі болып есептеледі. Қазіргі уақытта жиілігі басқаруы автоматтандырылған реттелмелі асинхронды электр жетегі қолданылады, бұл энергияны үнемдеу мәселесін және сорғы агрегаттарының технологиялық талаптарын шешуге болады [1].

Жиілігі реттелмелі асинхронды электр жетегінің статикалық және динамикалық талаптарының қалыптасуы оның тұйық реттеу жүйелерінің координаталарын да жүзеге асады, оның функционалды сұлбасы 3.16 суретте көрсетілген [2].

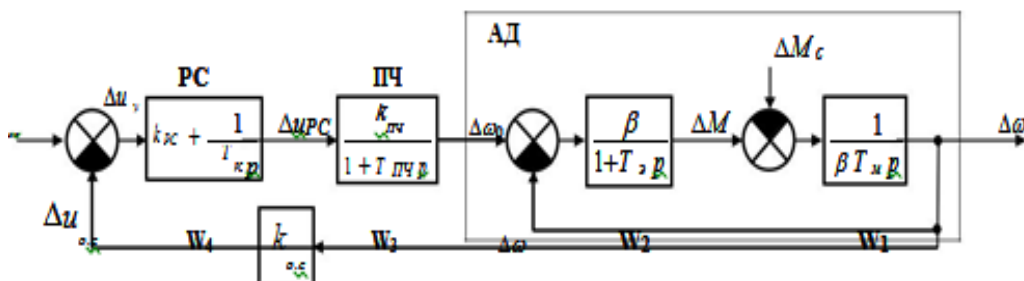


Р – реттегіш; Д – айнымалы электр жетектердің датчигы; ЖТ – жиілікті түрлендіргіш

3.16 сурет – ЖТ- АҚ тұйық жүйесінің функционал сұлбасы

Реттеу жүйесіне жылдамдық бойынша реттеу диапазонын кеңейту үшін жылдамдық бойынша кері байланыс шамасын енгізу қажет. Сондықтан электр жетегінің өтпелі процестерінің математикалық сипаттамалары жылдамдық бойынша кері байланысмен ескеріледі. Жылдамдық бойынша кері байланысы бар ЖТ-АҚ жүйесінің құрамдық сұлбасы келесі түрде көрсетіледі [2]:

3.17 сурет бойынша құрылымдық сұлбасы желілендірілген электр жетегінің жүйесі бойынша сай болу керек.



3.17 сурет – ЖТ-АҚ жылдамдық бойынша кері байланыс жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Сұлбада келесі белгілеулер қабылданған:

β – механикалық сипаттамалардың қаттылық модулі;

$T_э$ – АҚ статор және ротор тізбегінің эквивалентті электр магнитті уақыт тұрақтысы;

$k_{ЖТ}$ – ЖТ берілімдік коэффициент функциясы; $T_{ЖТ}$ – ЖТ басқару тізбегінің уақыт тұрақтысы; T_M – уақыттың электр магниттік тұрақтысы.

W_1 құрылымдық сұлбасының функциясының берілмелі қозғалыс теңдігін келесі түрде жазуға болады:

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta M - \Delta M} = \frac{1}{\beta T_p}, \quad (3.15)$$

немесе

$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{1}{\beta T_M} (\Delta M - \Delta M_c), \quad (3.16)$$

мұндағы $\Delta\omega$ – жылдамдық үстелімділігі; ΔM – моменттің үстелімділігі;
 ΔM_c – жүктеменің статикалық момент үстелімділігі.

W_2 берілмелі функциясына сай келесі қатынастар алынады:

$$\frac{\Delta M}{\Delta\omega_0 - \Delta\omega} = \frac{\beta}{1 + T_p}, \quad (3.17)$$

Оны дифференциал теңдік түрінде көрсетуге болады:

$$T_p \frac{d\Delta M}{dt} + \Delta M = \beta(\Delta\omega_0 - \Delta\omega) \quad (3.18)$$

мұндағы $\Delta\omega_0$ – АҚ электр магнитті өрісінің бұрыштық жылдамдығының үстемділігі.

W_3 берілмелі функциясына сай ЖТ теңдігін жазамыз:

$$T_{ЖТ} \frac{d\Delta\omega_0}{dt} + \Delta\omega_0 = k_{ЖТ} \Delta U_{ЖР}, \quad (3.19)$$

ал ЖР (W_4 берілмелі функциясы) келесі теңдік бойынша көрсетеміз:

$$\Delta U_{ЖР} = k_{ЖР} (\Delta U_{\delta c} - \Delta U_{\kappa\bar{\delta}}) + \int_0^t (\Delta U_{\delta c} - \Delta U_{\kappa\bar{\delta}}) dt, \quad (3.20)$$

Немесе

$$T_{ЖР} \frac{d\Delta U_{ЖР}}{dt} = k_{ЖР} \cdot T_{:ЖР} \frac{d\Delta U_Y}{dt} + \Delta U_{Ж} \quad (3.21)$$

ΔU_Y үстемділігін келесі түрде жазамыз:

$$\Delta U_{Ж} = \Delta U_{\delta c} - k_{\kappa\bar{\delta}} \Delta\omega, \quad (3.22)$$

мұндағы $\Delta U_{\delta c}$ - берілген сигналдың үстемділігі;

$k_{\kappa\bar{\delta}}$ - жылдамдық бойынша кері байланыс коэффициенті.

Осылай орталық жүрісті сорғының жиілігі реттелмелі электр жетегінің математикалық сипатталуы келесі теңдіктер жүйесімен көрсетуге болады:

$$\Delta U_{жс} = \Delta U_{бс} - k_{кб} \Delta \omega. \quad (3.23)$$

3.4 Орталық жүрісті сорғының математикалық моделі

Орталық жүрісті сорғыны басқару объектісі ретінде қарастырайық және орталық жүрісті сорғының математикалық моделі негізінде оның динамикалық және статикалық математикалық сипаттамаларын келтірейік [3].

Сорғының қысымды – шығын сипаттамаларының математикалық сипаттамасы келесі түрде жазылады:

$$H = h_0 * \omega^2 + b * \omega - r_n * q^2, \quad (3.24)$$

мұндағы h_0 – сорғының бос жүрісінің келтірілген қысымы;

b – сорғының қысымы мен жіберілуінің желілік қатыстығын сипаттайтын коэффициенті;

r_n – сорғының ішкі гидравликалық кедергісін сипаттайтын коэффициент.

(3.24) өрнегінде екі бірінші мүше сұйықтықтың жұмыс жөңгелегі арқылы энергияны жіберу процесін анықтайды, ал үшінші мүше өндіру шамасының шаршысына пропорционал орталық жүрісті сорғының жалпы шығынын анықтайды. Осыдан сорғының динамикалық көрсеткіштері және инерциялылығы (3.10) теңдігі бойынша бірінші екі бөлімімен анықталатынын көреміз. Динамикадағы сорғының жүрісін сипаттайтын қатынастықтарды алу үшін $z = h_0 * \omega^2 + b * \omega$ теңдігін орталық жүрісті сорғы сипаттамаларының динамикалық құрамдасы деп есептейміз.

Өтпелі процесті ескере отырып сорғының динамикалық сипаттамасын келесі түрде көрсетуге болады:

$$T_H \frac{dz}{dt} + z = b * \omega + h_0 * \omega^2, \quad (3.25)$$

немесе

$$z = \frac{1}{T_H p + 1} (b * \omega + h_0 * \omega^2). \quad (3.26)$$

ЖТ-АҚ – орталық жүрісті сорғының жылдамдық бойынша кері байланыс жүйесі бір механизмды көрсететінін байқауымыз керек, ол механикалық уақыт тұрақтысына ие, электр қозғалтқыш роторымен және сорғының жұмыс дөңгелегінен құралатын массаға ие болады.

3.5 ЖТ-АҚ – орталық жүрісті сорғының жүйесін MATLAB программасында модельдеу

ЖТ-АҚ – орталық жүрісті сорғының жылдамдық бойынша кері байланыс жүйесі (3.23) және (3.25) өрнектері арқылы математикалық моделі келесі түрге ие болады:

$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{1}{\beta T_M} (\Delta M_0 - \Delta M_C),$$

$$T_{\mathcal{E}} \frac{d\Delta M}{dt} + \Delta M = \beta (\Delta\omega_0 - \Delta\omega),$$

$$T_{ЖТ} = \frac{d\Delta\omega_0}{Dt} + \Delta\omega_0 = k_{ЖТ} \Delta U_{ЖР}, \quad (3.27)$$

$$T_{ЖТ} \frac{d\Delta U_{ЖР}}{dt} = \Delta U_{Ж} - k_{ЖР} T_{ЖР} k_{КБ} \frac{d\Delta\omega}{dt} - k_{ЖР} T_{ЖР} k_{КБ} \Delta\omega.$$

$$T_H \frac{dz}{dt} + z = b \cdot \omega + h \cdot \omega^2,$$

мұндағы T_H – сорғының жұмыс дөңгелегінің өтпелі процестеріндегі уақыт тұрақтысы (электр қозғалтқыштың электр магнитті уақыт тұрақтысына аналог).

ЖТ – АҚ жылдамдық бойынша кері байланыс және орталық жүрісті сорғы жүйелерінің өтпелі процестер динамикасын зерттеу ыңғайлылығы үшін (3.13) өрнегін келесі түрде көрсетеміз.

$$\frac{dx_3}{Dt} = \frac{K_{ЖТ}}{T} - \frac{1}{T_{ЖТ}},$$

(3.28)

$$\frac{dx_4}{dt} = U - \frac{K_{ЖР} T_{ЖР} K_{КБ} dx_1}{T_{ЖР} \cdot dt} - \frac{k_{ЖР} T_{ЖР} K_{КБ}}{T_{ЖР}}.$$

$x_0 - \omega^2$ айнымалының желілендірілген коэффициент .

4A112M2Y3 асинхронды қозғалтқыштары параметрлеріндегі жүйені шешу программасы (3.28):

$$P_{НОМ} = 7,5\text{кВт}; n = 3000 \text{ айн/ммин } \beta = 5,085; T_M = 0,1; T_{\mathcal{E}} = 0,05,$$

ЖТ параметрлері:

$$k_{ЖТ} = 5; T_{ЖТ} = 0,001,$$

Жылдамдықты реттеу параметрлері, кері байланыс коэффициенті:

$$k_{ЖР} = 0,86; T_{ЖР} = 0,35; k_{КБ} = 0,3 ,$$

К90/20 орталық жүрісті сорғы параметрлері бойынша:

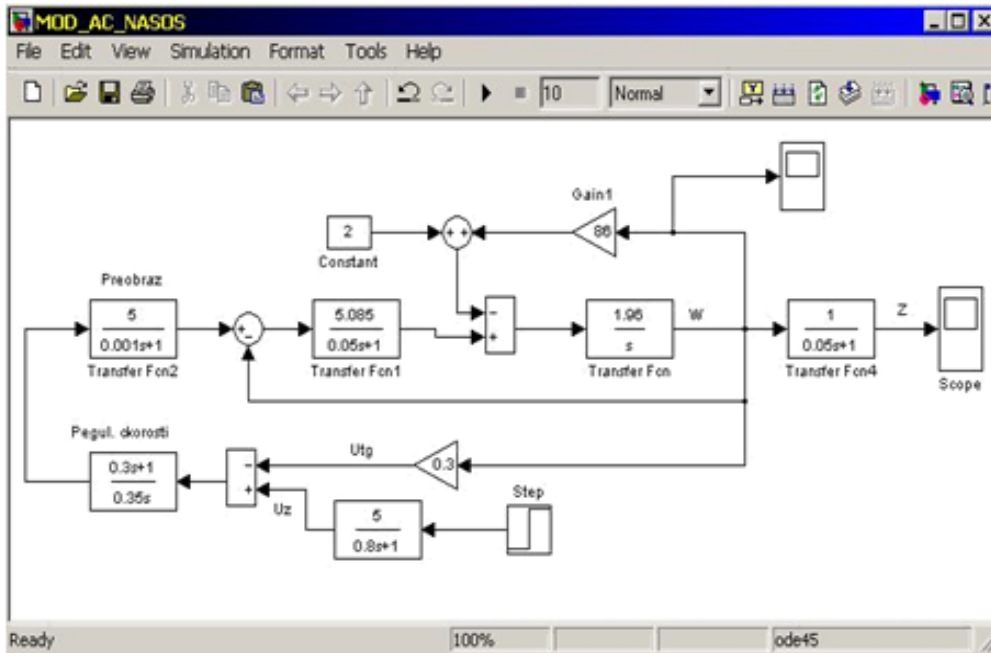
$$b = 0,57; h_0 = 0,1; x_0 = 35; T_H = 0,045,$$

3.18 суретте көрсетілген:

```
function MMN
x0=[0;0;0;0;0];
[T,X]=ode45(@nass,[0 20],x0);
plot(T,X(:,1),'g-');
%plot(T,X(:,5),'k-');
hold on
grid
hold off
function dx=nass(t,x)
dx=zeros(5,1);
dx(1)=1.96*x(2)-78.6*x(1);
dx(2)=101.7*x(3)-101.7*x(1)-20*x(2);
dx(3)=5000*x(4)-1000*x(3);
dx(4)=5*(1-exp(-t/3))-0.74*(1.96*x(2)+0.56*x(1)-
80*x(1)^2)- 0.74*x(1);
dx(5)=140*x(1)-20*x(5);
end
end
```

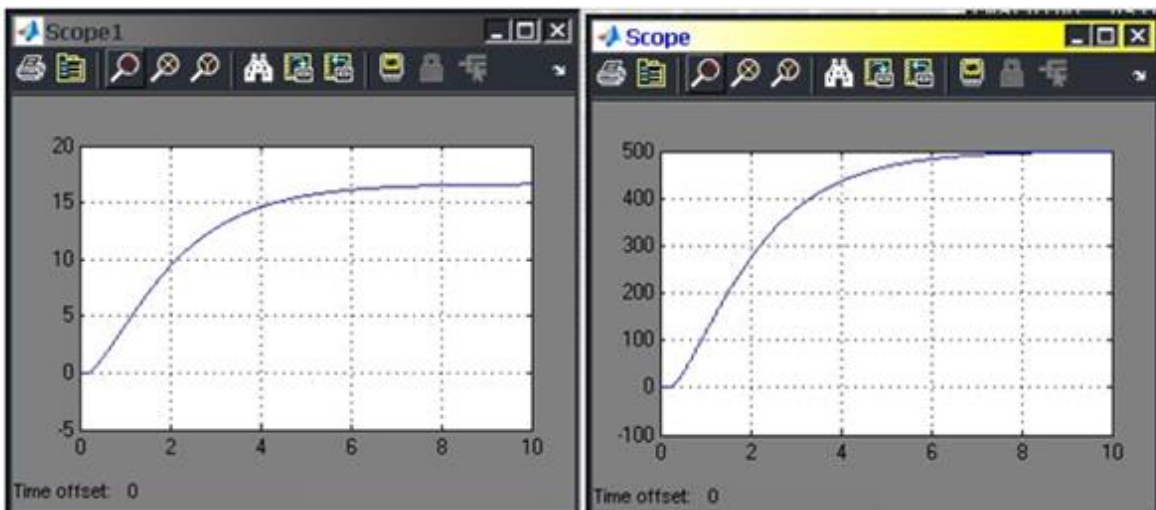
3.18 сурет – 4A112M2Y3 асинхронды қозғалтқыштың шешу жүйесінің программасы

ЖТ-АҚ жүйесінің динамикасы – Орталық жүрісті сорғы 3.19 сурет бойынша көрсетілген құрылымдық сұлбасында зерттеуге болады.



3.19 сурет – ЖТ-АҚ – ОЖС жүйелерінің MATLAB программасындағы құрылымдық сұлбасы

Программада дифференциал теңдіктер (3.28) жүйесін шешу үшін Рунге – Кутта сандық әдісі қолданылады [4]. Модельдеу қортындысы бойынша алынған осциллограммалар 3.20, 3.21 суреттерінде көрсетілген. 3.20 суретте ЖТ-АҚ жүйесінің өтпелі процес жылдамдықтары келтірілген, 3.21 суретте сорғы шығысындағы қысымның өтпелі процесі көрсетілген.



3.22, 3.23- сурет - Осциллограмды көзбен шолу

Осциллограмды көзбен шолу кезінде (3.22, 3.23 сурет) сорғы дөңгелегінің айналу жылдамдығы кері байланысы бар ЖТ-АҚ жылдамдық жүйесінің сипаттамаларына сай келетінін көреміз. Осциллограмды көзбен

шолу кезінде (3.24, 3.26 сурет) қысымның өсу темпы ЖТ-АҚ жүйе жылдамдығының өсуінен жоғары.

4 Өмір тіршілігі қауіпсіздігі

4.1 Сорғы станциясындағы еңбек жағдайларын талдау

Сумен қамтамасыз ету жүйесінің экономикалық көрсеткіштері мен жұмыс сенімділігі көбінесе осы жүйелерді қызмет ететін сорғы станцияларын дұрыс пайдалануына байланысты. Сорғы станциялары дұрыс пайдалану үшін сенімділігіне байланысты қажетті сорғы жабдықтарының қоры болуы керек.

Станцияның ішкі коммуникациялық су құбырларының орналасуы пайдалану, қарау, жөндеу үшін ыңғайлы болуы керек, ал олардың өткізгіштік қасиеті сорғы агрегаттарымен сұйықтықты дұрыс және апаты жұмыс режимдерінде жіберіп отыруы қажет.

Сорғылар және олардың қозғалтқыштары қажетті темір арқауымен, реттегіш құралдармен және бақылау-өлшегіш аппаратурамен жабдықталған болуы керек.

Бұл дипломдық жұмыста ортадан тепкіш сораптың жұмыс істеуіне байланысты өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде екі маңызды факторларды қарадым яғни олар:

1 Токтың адам ағзасына әсері.

2 Жасанды жарықтандыру.

Электр қауіпсіздігі дегеніміз – ол, электромагниттік өрістің, статикалық электрленудің, электрлік доға мен электр тоғының зиянды және қауіпті әсерінен адамдарды қорғауды қамтамасыз ететін ұйымдастырылған және техникалық жұмыстар мен шаралардың жүйесі.

Егер адамның екі нүктесі арасында потенциалдар айырмасы болса, онда адам денесі арқылы электр тоғы жүреді. Адам бір уақытта жанасқан екі нүктелік тоқ тізбегі арасындағы кернеу -жанасу кернеуі деп аталады.

Дене арқылы жүретін электр тоқ адамға жылулық, биологиялық және электролиттік әсер етеді.

Тоқтың жылулық әсері электр энергиясының жылуға айналуында сезіледі және ол терінің, қан тамырларының қызуын тудырады.

Тоқтың биологиялық әсері тоқтың бұлшық еттер арқылы жүруінде оның қысқаруын тудырады.

Тоқтың электролиттік әсері қан құрамының өзгеруіне алып келеді.

Электр тоғына түсіп қалғанда төмендегі зақымдалулар пайда болуы мүмкін:

күйіп қалу, терінің металдануы, электр белгілері, электроофтальмия, электр соққысы, механикалық зақымдалулар.

- Электр күйігі электр тоғының жылулық әсерінде пайда болады. Электр доғасының әсері нәтижесінде пайда болатын күйік өте қауіпті болып табылады, өйткені оның температурасы $+3000-6000^{\circ}\text{C}$ аралығында болады.

- Терінің металдануы электр тоғының әсерінен металдың майда бөлікшелері теріге сіңуі нәтижесінде болады. Соның нәтижесінде терінің электр өтімділігі жоғарылайды, яғни оның кедергісі күрт төмендейді.

Электр белгілері деп, тоқ жүретін бөліктермен тығыз байланыста болғанда, яғни оны қысып ұстағанда теріде сұр немесе ақшыл –сары түсті дақтың қалуын айтамыз.

Электроофтальмия дегенде электр доғасының ультрафиолеттік сәулесі әсерінен көздің сыртқы қабатының зақымдалуын түсінеміз.

Электр соққысы болғанда, адам организмі жалпы зақымданады, яғни нерв және жүрек тамырларының бұзылуы, бұлшық еттерінің тырысуы пайда болады.

Механикалық зақымдалулар адам бұлшық еттерінің тырысуы және де электр тоғының әсерінен төбеден құлау нәтижесінде болады. Электр тоғынан зақымдалу сипаттамасы тоқтың тегі мен мәніне, оның жүріп өту жолына, әсер ету ұзақтығына, адамның жеке физиологиялық ерекшелігіне және оның зақымдалған кезіндегі жағдайына байланысты болады.

Көп жағдайларда тоқтың тегі мен мәні зақымдалу сипаттамасын анықтайды. Өндірістік жиіліктегі (50 Гц) кернеуі 500 В дейінгі айнымалы тоқтағы электр қондырғылары тұрақты тоққа қарағанда өте қауіпті. Бұл адам организмі клеткаларындағы күрделі биологиялық процесстерге байланысты болады. Тоқ жиілігі өскен сайын, зақымдалу қауіпі азаяды.

Тоқтардың мәндеріне байланысты адам организміне әсер етуін былай бөлуге болады: сезінуші, жібермейтін және фибрилляциялық.

Адам айнымалы тоқтың (50 Гц) әсер етуін 0,5 тен 1,5 мА аралығында сезінеді, ал тұрақты тоқта – 5 тен 7 мА дейін. Бұл жағдайда, адамның саусақтары қалтырап, дірілдейді; тұрақты тоқта тері қыза бастайды. Бұл тоқтар бастапқы (пороговый) сезіну тоқтары деп аталады.

Жібермейтін тоқтарда қолдың бұлшық еттерінің тырысуы болады, яғни адам өз еркімен қолын тоқ жүретін бөліктерден ала алмайды. Оның мәндері айнымалы тоқ үшін – 10-15 мА, ал тұрақты тоқ үшін – 50-80 мА. Тоқтың ары қарай өсуі жүрек қан тамырларының зақымдалуына алып келеді. Дем алуы қиындайды және тоқтайды, жүрек жұмысы өзгереді.

Фибрилляциялық тоқ жүрек фибрилляциясын, яғни жүрек тамырларының әлсізденуін, түршігуін және тырысуын пайда етеді. Фибрилляция нәтижесінде жүректен бүркелетін қан қажетті өмір сүру органдарына бармайды және ең бірінші кезекте миы қанмен қамтамасыз ету бұзылады. Қан бармаған адам миы ары кетсе 5-8 минут өмір сүреді, сондықтанда бұл жағдайда зақымдалған адамға тез және өз уақытында алғашқы көмек көрсету керек. Фибрилляция тоғының мәндері –80 нен 5000 мА аралығында болады.

Тоқтың жүру жолы зақымдалу сипатына бір шама әсерін тизізеді. Өте қауіпті жол – жүрек, бас миы және тыныс алу кеудесі арқылы өтетін жол болып табылады. Электр травматизмін талдауда «оң қол – аяқ», «қол – қол» жолдары жиі кездеседі, ал «бас – аяқ», «бас – қол», «аяқ – аяқ» жолдары сирек кездеседі.

Адам организмі арқылы өтетін токтың мәні берілген кернеуге және дене кедергісіне байланысты болады. Кернеу қаншалықты көп болса, соншалықты көп ток адам арқылы өтеді.

Адамның кедергісі тұрақты емес және ол әр түрлі факторлаға байланысты болады.

Электрохирургия – арнайы аппаратпен жоғары жиілікті электр тогын пайдаланып тканьдерді тілу, кесу, күйдіру, бөлуде қолданылатын хирургиялық әдіс. Тканьдерді тілуде пышақ, ине, пластинка тәрізді активтелген электрод пайдаланылады. Электрохирургиялық әдістің ерекшелігі – тілінген тканьдердің қаны тез ұйиды. Асқазан ішек, бауырысіктерін емдеуде де, сондай-ақ көз тері ауруларын емдегенде, косметикалық операциялар жасағанда, тіс, құлақ, мұрын, тамақ ауруларын емдегенде электр қолданылады. Электрохирургияларда қолданылатын жоғары жиіліктегі токтың жай токтан айырмашылығы – ол коллоиды және сұйықортада тканьдерді электромагниттік диссоциацияға ұшыратпайды, ток күші қанша болғанымен нерв жүйесін тітіркендірмейді. Жүрек соққанда организмде болымсыз электр тогы пайда болып, ол адам денесіне жайылады. Денеге жайылған осы электр тогын қағазға жазатын аппаратты электрокардиограф деп атайды. Бұл аппарат жүрек қызметін қисық сызықпен, арасында интервалы бар толқын түрінде қағазға сызады. Осы сызықтарды пайдалана отырып, жүректің ауруын, оның биоэлектрлік құбылысын айқындайды. Электр тогымен емдеу – электр тогын емге және профилактикада пайдалану.

Электрлі органдар – кейбір балықтардың жауыннан қорғану жемін аулау, өзара хабарласу үшін ауық – ауық сондай – ақ су астында жан-жағын бағдаулау үшін үздіксіз электр разрядын шығаратын органы. Электрлі органдар қазіргі балық түрлеріне қарағанда қазба балықтар мен балық тәрізділердің көптеген түріне тән болған.

Ірі балықтардың электр разряды адам үшін де қауіпті.

Электр органдары бар балықтардың бір ерекшелігі электр органдары жоқ балықтарды өлтіріп жіберетін электр қуаты мөлшеріне төзімді келеді.

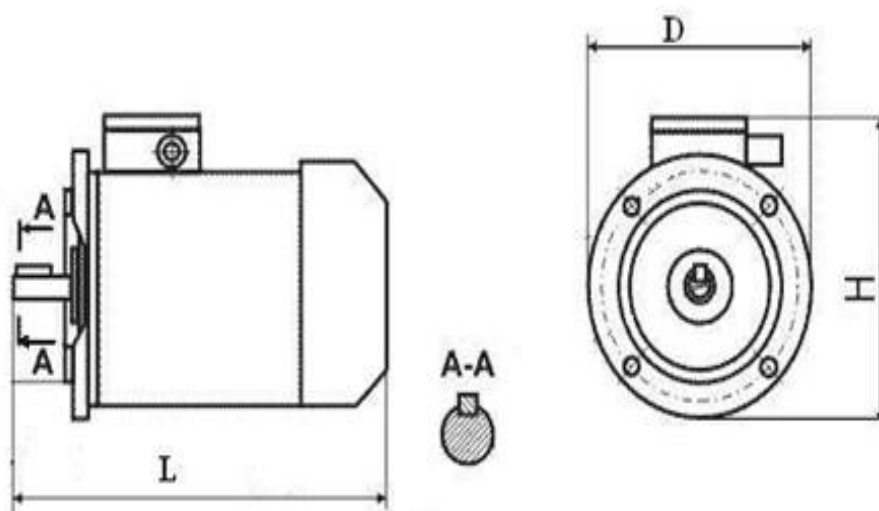
Биологиялық объектілер әртүрлі пішінде болатындықтан, меншікті кедергілерін күрделі есептеулермен табады. Тірі биологиялық объектілерге электрлі өлшеу жүргізудің қиын болу себебі, тірі ағзалардың физикалық параметрлері уақыт өтуіне қарай тұрақты болмайды, өзгеріп отырады. Олар ағзадағы физиологиялық процесстерге байланысты, сондай-ақ олар арқылы өтетін токтың әсерімен де өзгереді. Тұрақты токтың өтуі цитоплазма диссоциясына. Ал бұл жасушаның өлуіне әкеп оқтырады. Сондықтан жасуша электр кедергісін өлшеуде, аз токты қолдану керек.

Жаңадан қосылған сорғы станциялары іске тек олардың қабылдау комиссиясымен жұмыс сапасының жағдайын және жоба бойынша барлық элементтердің сай болуынан кейін қосылады.

Сорғы қондырғысын пайдалану кезінде адамға келесі қауіпті және өндірістік зиян факторлар әсер ету керек:

- Электр тогының соғу мүмкіндігі;
- Айналатын бөлшектердің болуы;
- Дірілдеу деңгейінің жоғарылауы;
- Шу деңгейінің жоғарылауы,
- Табиғи жарықтықтың кемсіздігі.

Сорғы станцияларындағы электр қондырғыларында әкімшілік – техникалық, кезекші, жөндейтін немесе оперативті – жөндеу қызметкерлері қызмет көрсетеді. Кезекші немесе оперативті – жөндеу қызметкерлері қажетті теориялық дайындықтан, жұмыс орнында оқытудан және техникалық ережелерді білу қабілеттігін тексеруден өту керек.



4.3 сурет - 4A112M2U3 типті қозғалтқыш

4.3 кесте – Қозғалтқыш габариттері

Қозғалтқыш	Полюстер	Габариттік өлшемдері (мм)		
түрі	Саны	L	D	H
4A112M2U3	6	630 мм	350 мм	385 мм

Оператор бөлмесінде жұмысқа қажетті жасанды жарық есептеулерін жүргізу қажет. Бұдан басқа электр қозғалтқышпен жұмыс істеу кезінде токпен жаракаттану қауіптілігі бар, сондықтан нөлдеудің есептелерін жүргізу қажет.

4.2 Жасанды жарық бойынша есептеулер

Оператор бөлмесінің параметрлері:

Ұзындығы – 6 метр; Ені – 4 метр;

Биіктігі – 3 метр;

ρ_n - төбенің шағылу коэффициенті, $\rho_n = 70\%$;

ρ_c - қабырғалардың шағылу коэффициенті, $\rho_c = 50\%$;

ρ_p - еденнің шағылу коэффициенті, $\rho_p = 10\%$.

Бөлмеде табиғи жарықтың жоқ болуы себебінен жасанды жарық көзі ретінде трубалы люминисценті шамдарды аламыз, себебі олардың қызу шамдарына қарағанда ерекшеліктері бар.

Пайдалану жағдайларына байланысты ПВЛМ-1х40 шырағын таңдаймыз. Шырақ өлшемдері:

$$a=1325 \text{ мм}; \quad b=90 \text{ мм}; \quad h=160 \text{ мм}.$$

4-4г [17] кестесі бойынша, жұмыс шарттары және объекттің минимал өлшемдеріне байланысты анықтаймыз:

көру жұмыстарының разряды – IVг;

жарықты нормалау жазықтығы және объекттің еденінен биіктігі – Г-0,8;

минимал жарықтық $E=150$ лк; қор коэффициенті $K_3=1,5$.

1. Қолдану коэффициентінің әдісі

$h_c = 0,2$ м – шырақ ілу биіктігі;

$H = 3$ м – ғимарат биіктігі; H_p –

еденмен шыраққа дейінгі биіктік:

$$H_p = H - h_c = 3 - 0,2 = 2,8 \text{ м};$$

$$\Phi_{\text{есеп}} = \frac{E_{\text{min}} \times K_3 \times S \times Z}{N \times \eta}, \quad (4.1)$$

η анықтау үшін ғимарат индексін есептеу қажет:

$$i = \frac{A \times B}{H_p(A+B)} = \frac{6 \times 4}{2,8 \cdot (6+4)} = 0,85; \quad S = 6 \times 4 = 24 \text{ м}^2. \quad (4.2)$$

5-11 [17] кестесі арқылы анықтаймыз:

η - қолдану коэффициенті, $\eta = 0,39\%$;

ρ_n - төбенің шағылу коэффициенті, $\rho_n = 70\%$;

ρ_c - қабырғалардың шағылу коэффициенті, $\rho_c = 50\%$;

ρ_p - еденнің шағылу коэффициенті, $\rho_p = 10\%$.

2. Есептелген қуатын салыстырмалы қуат әдісімен тексеру.

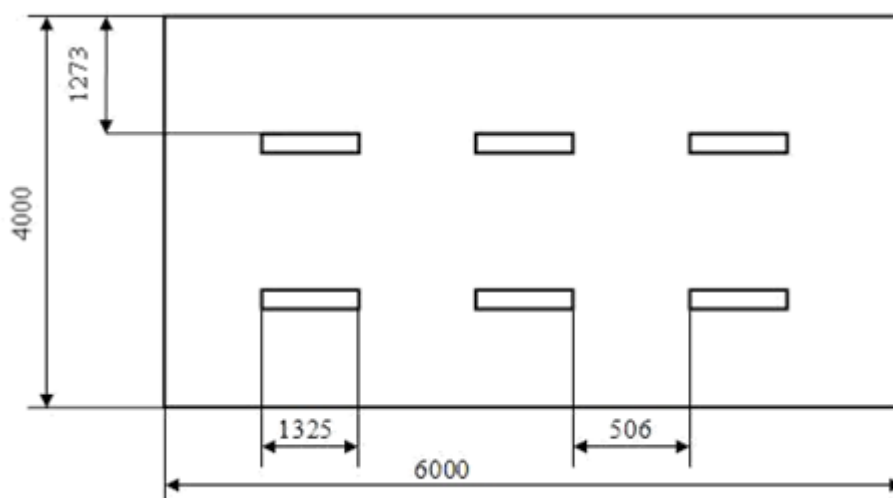
$N = 6$ дана.

$P_{\text{сал}} = 7,4 \text{ Вт/м}^2$ $E = 100$ Лк болған кезде, $K_3 = 1,5/17$, 161 бет, 5-41 кесте; $E = 150$ Лк үшін қайта есептеу.

$$P_{\text{сал}} = 11,1 \text{ Вт/м}^2$$

$$P_1 = \frac{P_{\text{сал}} \times S}{N} = \frac{11,1 \times 24}{6} = 44,4 \text{ Вт}, \quad (4.3)$$

2-12 [17] кестесі бойынша ЛД –40 лампасын таңдаймыз. Шырақтардың орналасуы 4.4 – суретте көрсетілген. Шырақ түрі ПВЛМ-1х40



4.4 сурет – Шырақтардың орналасуы

4.3 Нөлдеуді, есептеу

Есептеу нөлдеудің өшіру қасиетін қамтамасыз ететін шартты тексеруге келеді:

$$J_{\text{КТ}} \geq 3J^{\text{Н}}_{\text{балқ. ендірім}} \geq 1,25J^{\text{Н}}_{\text{авт}}$$

Берілгені:

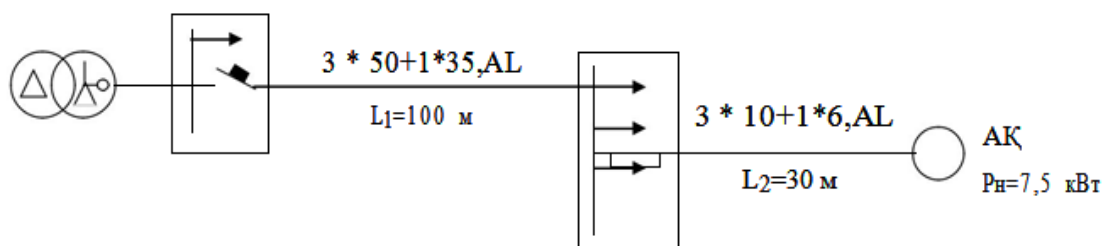
1. Қосалқы станцияты қоректендіретін қуаты 1000кВА трансформатор, жалғануы «үш бұрыш – жұлдыз».

2. Қосалқы станциялан цех кірістеріне созылған кабель: 4 тарамды, $L=100\text{м}$, қимасы $3 \times 50 + 1 \times 35, \text{AL}$

Тұстамадан қозғалтқышқа дейін $L=30\text{м}$, қимасы $3 \times 10 + 1 \times 6, \text{AL}$.

3. Қозғалтқыштың номинал қуаты – 7,5 кВт;

$$\eta = 87,5\%; \cos \varphi = 0,88; J^{\text{жіб}} / J^{\text{НОМ}} = 7,5.$$



4.5 сурет – Ауыстыру сұлбасы

$J_{кз}$ есептеу келесі формула арқылы:

$$J_{кз} = U_{\phi} / (Z_T / 3 + Z_{\Pi}) \quad (4.4)$$

Z_T шамасы трансформатор қуатына, кернеуіне, оның орамаларының өсілу сұлбасына және трансформатордың конструктивті орындалуына байланысты.

Осы жағдайда $Z_T = 0,081$ Ом.

1. Электр қозғалтқыштың қуатын біле отырып электр қозғалтқыштың номинал тоғын есептейміз $I_{Эл.козг}^H$:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{Эл.козг}^H \cdot \cos \varphi / 1000 \text{ кВт}, \quad (4.5)$$

$$I_{Эл.козг}^H = 1000 \cdot P / (\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi) \text{ А}, \quad (4.6)$$

мұнда P – қозғалтқыштың номинал қуаты, кВт;

U_H – номинал кернеу, В;

$\cos \varphi = 0,9$ – тоқтың қай бөлігі актив қуатты алуға, ал қай бөлігі магниттелуге кеткенін көрсететіе қуат коэффициенті

$$I_{Эл.козг}^H = 1000 \cdot \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88} = 14,4 \text{ А}$$

2. R_H және R_{ϕ} актив кедергілерін есептеу үшін, алдын – ала нөлдік және фазалық өткізгіштің материалын, ұзындығын және қимасын таңдау керек. Түсті металдардан жасалған өткізгіштердің кедергісі келесі формуламен анықталады:

$$R = \rho \cdot \ell / S \text{ Ом}, \quad (4.7)$$

мұндағы ρ – өткізгіштің салыстырмалы кедергісі (сым үшін $\rho = 0,018$; алюминий үшін $\rho = 0,028$);

ℓ - өткізгіш ұзындығы, м; S – қимасы, мм².

$$R_{\phi 1} = 0,028 \cdot 100 / 50 = 0,056 \text{ Ом}$$

$$R_{\phi 2} = 0,028 \cdot 30 / 10 = 0,084 \text{ Ом}$$

$$R_{\phi 3} = 0,056 + 0,084 = 0,14 \text{ Ом}$$

$$R_{H1} = 0,028 \cdot 100 / 35 = 0,08 \text{ Ом}$$

$$R_{H2} = 0,028 \cdot 30 / 6 = 0,14 \text{ Ом}$$

$$R_{H3} = 0,08 + 0,14 = 0,22 \text{ Ом}$$

3. Мыс және алюминий өткізгіштері үшін ішкі нөлдік және фазалық өткізгіштердің индуктивті кедергісінің X_{ϕ} және X_0 шамасы үлкен емес және 0,0156 Ом/км шамасына тең, яғни $X_{\phi} = 0,0156 \cdot 0,13 = 0,0020 \text{ Ом}$; $X_0 = 0,0156 \cdot 0,13 = 0,0020 \text{ Ом}$. Есептеулерде сыртқы индуктивті «фаза-нөл» орамасының кедергілерін 0,6 Ом/км тең деп есептейді.

4. 4A112M2Y3 электр қозғалтқышының негізгі техникалық сипаттамалары: $N = 7,5 \text{ кВт}$; $\eta = 87,5\%$;

$$\cos \varphi = 0,88 \cdot I^{жб} / I^{ном} = 7,5 \text{ А}$$

5. $I_{Эл}^H$ біле тура электр қозғалтқыштың жіберу тоғын анықтаймыз:

$$I_{Жб, Эл, козг}^H = 7,5 \cdot I_{Эл, козг}^H = 7,5 \cdot 14,4 = 108 \text{ А}$$

Балқыма ендімесінің номинал тоғын анықтаймыз:

$$I_{H, балк. ендірм.} = I_{Эл, дв}^H / \alpha = 108 / 2,5 = 43,2 \text{ А.}$$

мұндағы α – жұмыс режимінің коэффициенті ($\alpha = 1,6 \dots 2,5$); жиі қосылатын қозғалтқыштар үшін (мысалы, кран үшін) $\alpha = 1,6 \dots 1,8$; іске сирек қосылатын механизмды қозғалтқыштар үшін (тасымалдағыштар, желдеткіштер және т.б.), $\alpha = 2 \dots 2,5$. Біздің жағдайда $\alpha = 2,5$.

6. Қысқа тұйықталу тоғының болжамды шамасын анықтаймыз:

$$I_{КТ} \geq 3 I_{H, балк. ендірм.} = 3 \cdot 43,2 = 129 \text{ А.}$$

Нөлдік өткізгіштегі тоқ тығыздығын есептейміз:

$$\delta = I_{Эл}^H / S = 129 / 100 = 1,29 \text{ А/мм}^2.$$

7. $X_H = 0,6 \text{ Ом/км}$ тең екенін біле тура, «фаза-нөл» орамасының сыртқы индуктив кедергісін анықтаймыз:

$$X_H = 0,6 \cdot 0,13 = 0,078 \text{ Ом.}$$

«Фаза-нөл» орамасының кедергісімен Z_{II} қатар қысқа тұйықталу тоғын анықтаймыз:

$$Z_n = \sqrt{(R_{\Phi} + R_H)^2 + (X_{\Phi} + X_0 + X_H)^2} = \\ = \sqrt{(0,14 + 0,22)^2 + (0,0020 + 0,0020 + 0,078)^2} = 0,369 \text{ Ом};$$

$$I_{KT} = U_{\Phi} / (Z_T / 3 + Z_{II}) = 555,5 \text{ А}.$$

Қорғаудың іске қосылу сенімділік шартын тексереміз:

$$I_{KT} \geq 3I_{H \text{ .балк.ендім.}}; 555,5 \geq 3 \cdot 43,2 \text{ А}; 555,5 > 129 \text{ А};$$

$$I_{K3} \geq 1,25I_{H \text{ .авт.}}$$

Зақымдалған жабдық копусының потенциалы:

$$U_K = I_{K3} \cdot Z_H = 555,5 \cdot 0,22 = 122,14 \text{ В}, \quad (4.8)$$

мұндағы Z_H – кабельдің нөлдік тарамының кедергісі, $Z_H = R_H$, себебі алюминий өткізгішінің ішкі индуктив кедергісі X_H салыстырамыл аз (шамамен 0,0156 Ом/км).

Адам денесінен өтетін тоқ шамасы:

$$I_h = \frac{U_K}{R_h} = \frac{122,14}{1000} = 122,14 \text{ мА}. \quad (4.9)$$

Электр қондырғыларын құру ережелеріне сәйкес осы тоқ шамасы 0,18 және 0,47 с уақыт әсер ететін болса, ұйғарымды болып есептеледі, яғни автоматты ажыратқыштың және сақтандырғыштың іске қосылу уақыты рұқста етілген шамадан аспайды.

5 Экономикалық бөлім

5.1 Сорғы агрегаттарындағы жиілігі реттелмелі электр жетектерін қолданудың техникo – экономикалық негіздемесі

Магистральды тұрғын үйлерді берілген бір қалыпты қысымды сумен қамтамасыз ететін ТОО «Водоканал» асинхронды қозғалтқыш басқару жүйесі ротордың сырғу шамасын реттеу арқылы қысыммен энергияны үнемдеп басқаруы, су желісіндегі қысымның өсуінен немесе төмендеуінен қорғауды қамтамасыз етеді.

Энергияны үнемдейтін технологиялар қатарында соңғы уақытта электр энергиясын тұтынуды төмендететін, автоматизация дәрежесін өсіретін, жабдықтарды пайдалануды оңайлататын және технологиялық процестері сапалы болатын асинхронды қысқа тұйықталған қозғалтқыштар негізіндегі жиілігі реттелмелі электр жетектері және жартылай өткізгіш жиілік түрлендіргіштері кең қолданыста. Қазіргі уақытта станцияларда тұрақты тоқты реттелмелі электр жетегі қолданылады. Тұрақты тоқ қозғалтқыштары коллектор арқасында төмен беріктілікке ие, 40-60 % «бос» жұмыс істейді, соның салдарынан үлкен шығындар болады және пайдалуын асинхронды қозғалтқыштарға қарағанда қымбат.

5.2 Техникo – экономикалық көрсеткіштерін есептеу

5.2.1 Капитал жұмсалымын есептеу Жұмысқа «жиілік түрлендіргіші – асинхронды қозғалтқыш» немесе «ЖТ-АҚ» жүйеге енгізіледі – асинхронды қозғалтқыш комплекті, тиристорлы жиілік түрлендіргіші және жіберілуі реттелетін аппаратура.

Дипломдық жобада келесі аппаратура ұсынылады:

а) Қуаты 7,5кВ асинхронды қозғалтқыш, 4А сериялы, бағасы – 630 600 теңге;

б) Siemens фирмасының жиілік түрлендіргіші, бағасы – 262 800 теңге. Жиынтық капитал жұмсалымы (ЖТ-АҚ жүйесі):

$$\sum K = K_0 + K_m, \quad (5.1)$$

мұнда $K_{ж}$ – жабдықты сатып алуға, оны тасымалдауға жұмсалатын шығын;

$K_{жж}$ – жөндеу жұмсалатын шығын.

$$Ц = Ц_{АҚ} + Ц_{ЖТ}. \quad (5.2)$$

мұнда $Ц_{АҚ}$ – асинхронды қозғалтқыш бағасы;

$Ц_{ЖТ}$ – жиілік түрлендіргішінің бағасы.

$$Ц = 630600 + 362800 = 993\,400 \text{ теңге.}$$

«Жиілік түрлендіргіші – асинхронды қозғалтқыш» жүйесін тасымалдауға жұмсалатын шығын осы жүйе бағасының 10% тең деп санаймыз. «ЖТ – АҚ» жүйесіне тән баға:

$$K_{\text{ж}} = 0,1Ц + Ц = 0,1 \cdot 993400 + 993400 = 1093840 \text{ теңге.}$$

Жөндеу жұмыстарына жұмсалатын шығын шамамен жабдық бағасының 7% деп есептейміз:

$$K_{\text{жж}} = 0,07Ц = 0,07 \cdot 993400 = 83\,608 \text{ теңге.} \quad (5.3)$$

Сонда жиынтық капитал жұмсалымы:

$$\sum K = 1093840 + 83608 = 1397448 \text{ теңге.}$$

5.2.2 Жылдық ағымдағы пайдалану шығындарын есептеу Пайдалануға жұмсалатын жылдық ағымды шығындар:

$$И = И_{\text{ЕТҚ}} + И_{\text{ӘС}} + И_{\text{М}} + И_{\text{Э}} + И_{\text{А}} + И_{\text{Н}}, \quad (5.4)$$

мұндағы $И_{\text{ЕТҚ}}$ – еңбек ақысын төлеу қоры (негізгі және қосымша жалақы);

$И_{\text{ӘС}}$ – әлеуметтік салық (11%);

$И_{\text{М}}$ – материалдық шығындар және қосалқы бөлшеутер (қаржы жұмсалымының 0,5%);

$И_{\text{Э}}$ – өндірістік қажеттіліктерне кететін электр энергиясы;

$И_{\text{А}}$ – амортизациялық аударым (сала бойынша амортизациялық аударым нормасы 5-10%);

$И_{\text{Н}}$ – үстеме шығыстар.

Әдетте бұл барлық қалған шығындардың 15% құрайды.

Сорғы станциясы тәулік бойы үш ауысымда жұмыс істейді, операторларда үш ауысым бойынша жұмыс істейді, шебер жабдық істен шыққан жағдайда немесе аптасына 1 рет жабдықты тексеруге келеді.

Жалақыны анықтау үшін 5.1 кестеде қызмет көрсететін қызметкерлердің орташа айлығы келтірілген.

5.1 кесте – Қызмет көрсететін қызметкерлердің жалақысы

СҚС қызметкерлері	Саны	1 жұмысшының лауазымдық жалақысы, тг	1 жұмысшының жылдық жалақысы, тг
Шебер	1	90 000	1 080 000
Оператор	6	110 000	7 940 000
Барлығы	7		9 020 000

Еңбек ақысын төлеу қоры:

$$I_{\text{ЕТҚ}} = 9\,020\,000 \text{ теңге.}$$

Әлеуметтік салық ұсталымы:

$$I_{\text{ӘС}} = (I_{\text{ЕТҚ}} - I_{\text{ЕТҚ}} \cdot 10\%) \cdot 11\%, \quad (5.5)$$

мұндағы 10% - зейнетақы төлемі.

$$I_{\text{ӘС}} = (9\,020\,000 - 9\,020\,000 \cdot 10\%) \cdot 11\% = 974\,160 \text{ теңге.}$$

Аударымдармен бірге есептелетін жалпы жалақы:

$$I_{\text{жалп}} = 9\,020\,000 + 974\,160 = 9\,994\,160 \text{ теңге.}$$

Материалдық шығындар мен қосалқы бөлшектерге жұмсалатын ұсталымдар (қаржы жұмсалымының 0,5%):

$$I_{\text{М}} = K \cdot 0,005 = 1397448 \cdot 0,005 = 6987,24 \text{ теңге.}$$

ЖТ-АҚ жүйесіне жұмсалатын шығындармен қоса электр энергиясына жұмсалатын жылдық шығындарды анықтау:

$$I_{\text{Э}} = W \cdot I_{\text{уэ}} \cdot N, \quad (5.6)$$

мұндағы W – ЖТ-АҚ электр энергиясын жылдық тұтынуы;

$I_{\text{уэ}}$ – электр энергиясының тарифы, $I_{\text{уэ}} = 16$ теңге/кВт·с;

N – қозғалтқыштардың саны (осы жағдайда $N=1$).

Электр энергиясының шығыны:

$$\Delta W = \Delta P_C \cdot T_z = 1,36 \cdot 1404 = 1909,44$$

мұндағы ΔP_C – қарастырылып отырған электр жетек элементінің актив қуатының орташа шығыны;

T_T – жылдық жұмыс уақыты ($T_M - 10\% T_M$).

Актив қуатының орташа шығыны:

$$\Delta P_C = \Delta P_m \cdot \tau = 1,76 \cdot 0,77 = 1,36 \text{ кВт},$$

мұндағы ΔP_m – актив қуатының максимал ;

τ – максимум шығындарды қолдану уақытының

қатынасы.

$$\tau = 0,7 \cdot \frac{T_m}{T_T}$$

мұндағы T_M – максимум шығындарды қолдану уақытының жылдық саны, аптасына 6 сағаттан 5 күн:

$$T_M = 5 \cdot 6 \cdot 52 = 1560 \text{ сағ/жыл},$$

Актив қуатының максимал шығынын анықтаймыз:

$$\Delta P_m = \Delta P_{БЖ} + \Delta P_{НЖ} \cdot K_3^2 = 0,99 + 1,2 \cdot 0,8^2 = 1,76 \text{ кВт}, \quad (5.7)$$

мұндағы $\Delta P_{БЖ}$ - бос жүріс шығыны:

$$\Delta P_{БЖ} = 0,55 \cdot \Delta P_H = 0,55 + 1,8 = 0,99 \text{ кВт}, \quad (5.8)$$

$\Delta P_{НЖ}$ - номинал жүктеме шығыны:

$$\Delta P_{БЖ} = 0,67 \cdot \Delta P_H = 0,67 + 1,8 = 1,2 \text{ кВт}, \quad (5.9)$$

K_3 - жүктеме коэффициенті, $\hat{E}_3 = 0,8$

$$\Delta P_H = P_H \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot K_3 = 30 \cdot \frac{1 - 0,93}{0,93} \cdot 0,8 = 1,8 \text{ кВт}. \quad (5.10)$$

Электр энергиясының жылдық тұтынуы:

$$W = T_m \cdot P_n = 1560 \cdot 15 = 23400 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{жыл}.$$

Электр энергиясын тұтыну және шығын:

$$W_n = W + \Delta W = 23400 + 1909,44 = 25309,44 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{жыл},$$

$$I_{\text{э}} = W \cdot I_{\text{уэ}} \cdot N = 25309,44 \cdot 16 \cdot 1 = 404951 \text{ теңге}.$$

Амортизация ұсталымы:

$$I_A = \sum K \cdot 0,05 = 1397448 \cdot 0,05 = 69872,4 \text{ теңге}.$$

Қосымша шығындар ұсталымы:

$$I_H = 0,15 \cdot (I_{EA} + I_C + I_M + I_{\text{э}} + I_A).$$

Жылдық ағымдық пайдалану ұсталымдарын анықтаймыз:

$$\begin{aligned} I_H &= I_{ET} + I_C + I_M + I_{\text{э}} + I_A + I_H = \\ &= 9840000 + 974160 + 6987 + 404951 + 69872 + 169439565 = 12990366 \text{ теңге} \end{aligned}$$

5.3 ЖТ-АҚ жүйесін енгізу арқылы экономикалық пайдасын анықтау

НПС электр жетегін жаңаландыру электр энергиясын үнемдеу үшін, қызмет көрсететін қызметкерлердің санын азайту үшін жасалады, яғни еңбек ақысын төлеу қоры азаяды, микропроцессорлы басқарылатын жиілігі реттелмелі электр жетегін енгізгеннен кейін оған қызмет көрсететін бір шебер және операторлар санын бірге дейін азайтуға болады.

«ЖТ-АҚ» жүйесін енгізгенге дейінгі және кейінгі еңбек ақысын төлеу қорын салыстырайық.

«ЖТ-АҚ» шеберінің және 6 оператордың жалақысы 5.1 – кестеде көрсетілген.

Шебердің жылдық жалақысын $I_{ШЖ1}$ жаңаландырудан кейін есептейік, шебердің орташа айлық жалақысы шамамен 100 000 теңге (30% жоғарылады):

$$I_{ШЖ1} = 12 \cdot I_{\text{ШЖ1}} = 12 \cdot 100\,000 = 1\,200\,000 \text{ теңге.} \quad (5.11)$$

Операторлардың саны 1-ге дейін азайғанына байланысты және оның орташа айлық жалақысы 120 000 теңге болса (30% жоғарылады), онда жылдық жалақысы $I_{ОЖ1}$:

$$I_{ОЖ1} = 12 \cdot I_{\text{ОЖ1}} = 12 \cdot 120\,000 = 1\,440\,000 \text{ теңге.} \quad (5.12)$$

Жаңаландырудан кейін еңбек ақысын төлеу қоры :

$$И_{ЕТҚ1} = И_{ОЖ1} + И_{ШЖ1} = 1\,200\,000 + 1\,440\,000 = 2\,640\,000 \text{ теңге.} \quad (5.13)$$

Еңбек ақысын төлеу қорының үнемдеуі:

$$И_{ЕТҚ} = И_{ЕТҚ} - И_{ЕТҚ1} = 9\,994\,160 - 2\,640\,000 = 7\,200\,160 \text{ теңге/жыл.} \quad (5.14)$$

Микропроцессорлы басқармалы сорғы қондырғысының электр жетегін реттеуі үшін қолдану электр энергиясын 12-15% үнемдейді.

«ЖТ-АҚ» жүйесін сорғы станциясына жаңаландырудан кейін жылдық электр энергиясының үнемдеуін есептейміз:

$$И_{Э} = И_{Э} \cdot 0,15 = 404\,951 \cdot 0,15 = 60\,742,65 \text{ теңге/жыл.}$$

Жалпы айтқанда реттелмелі электр жетегінің жаңаландырудан кейінгі үнемдеуін келесі формула арқылы анықтаймыз:

$$\Sigma ЭК = \Delta И_{ЕТ} + \Delta И_{Э}, \quad (5.15)$$

$$\Sigma ЭК = 7200160 + 60742,65 = 7260742,7 \text{ теңге/ жыл.}$$

5.4 Өтелу мерзімін есептеу

Өтелу мерзімі – инвестицияға жұмсалған шығындарды, инвестицияның генерацияланған пайдасы жабу үшін өтетін уақыт периоды. Жоба 1 397 444 теңге инвестицияны қажет етеді және осы инвестициялар жылына 7 260 742,7 теңге болып қайтарылады, сонда уақыт өтелімін 2 ай деп есептесек болады. Сонымен ақшаның уақыт құндылығы есепке алынбайды. Бұл көрсеткішті таза пайда түсімімен жобаның әр периоды бойынша тізбектей анықталады.

Өтелу мерзімі келесі түрде анықталады:

$$T = K / \Sigma ЭК, \quad (5.16)$$

$$T = 1397448 / 7260742,7 = 0,19 \text{ жыл} \approx 2,3 \text{ ай.}$$

Қорытынды

Дипломдық жобаның тапсырмасына байланысты сорғы қондырғысының автоматты басқару жүйесі мен электр жетегі жобаланған.

Басқару жүйесі судың қысымын қажетті дәрежеде ұстап тұруға және гидравликалық, пневматикалық соққылардың пайда болуына жол бермейді. Температура және түрлілік қысым датчиктері шығындалып отқан қысымды есептеп, осы жүйені үнемді жасайды.

Реттелмелі жетекті қолдану қозғалтқыштың жарамдылық уақытын көбейтеді және суды жіберуді реттеп отырады, сонымен қатар артық шығынсыз қажетті электр энергиясы жұмсалады. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш және комплекті жиілік түрлендіргіші қолданылады.

Біздің жобаның ерекшелігіне сорғы қондырғыларын жаңаландыруын негізгі жабдықтарды ауыстырмай жасауға болады. Жүйе екі сатылы басқарылымда жұмыс істей алады.

Төменгі сатысы (жобаланған) сорғы қондырғысның жабдықтарын басқару және су құбыр желісінің параметрлерінің бақылауын қамтамасыз етеді.

Жоғарғы сатысы осы қондырғыны бақылау үшін арналған, басқару кезінде оперативті кірісуді және жыл бойы су беру процестерінің жүрісі жайында ақпаратты құжаттайды. Жоғарғы саты персоналды ЭСМ негізінде және мониторда процестің өті барысын көрсетіп, параметрлердің берілуін қамтамасыз етеді. Жоғарғы саты төменгі сатының бірнеше жүйесінің жұмыстарын қамтамасыз етеді.

Ұсынылып отырған автоматтандырылған басқару жүйесін өндірісте және тұрғын – тұрмыстық мекемелерде қолдану кезінде негізгі үнемділік эффектісіне төменде көрсетілген пунктар арқылы жетеді:

Энергияны таратушы шығынының төмендеуі;

Сумен қамтамасыз ету сапасының жоғарылауы.

MATLAB 7.0 программа пакетіндегі қолданбалы SIMULINK программасының көмегімен сорғы қондырғыларының негізгі жүйесінің динамикалық сипаттамаларын зерттеу нәтижесінде ұснылған электр жетек жүйесінің жұмысқа жарамдылығы және су құбыр желісіндегі қысымның реттелуі тексерілді.

Жұмыс нәтижелері жоба тапсырмасын қанағаттандырады. Осылайша дипломдық жобаның негізгі мақсаты орындалды.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

- 1 Республикалық программа “ Энергосбережение”. - Мн.: Полюмя, 1995.
- 2 Карасев Б.И. Насосные и воздухоудвные станции. - Мн.: ВШ, 1990.
- 3 Витальев В.П., Фаликов В.С. Автоматизация тепловых пунктов: Справочное пособие. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 4 Бару А.Ю., Эпштейн И.И. Преобразователи частоты для насосных станций // Водоснабжение и санитарная техника, 1986, №3.
- 5 Гинзбург Я.Н., Лезнов Б.С. Внедрение автоматизированных систем регулируемого электропривода в насосные установки // Автоматизация и управление системами водоснабжения и водоотведения, 1986.
- 6 Лезнов Б.С. Экономичное регулирование режимов работы насосных станций / Водоснабжение и санитарная техника, 1983.
- 7 Лезнов Б.С., Чебанов В.Б., Чурганов А.В. Регулирование режимов работы насосной установки // Водоснабжение и санитарная техника, 1985, №4.
- 8 Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
- 9 Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под. ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
- 10 Автоматизированный электропривод / Под. ред. Н.Ф. Ильинского, М.Г. Юнькова. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
- 11 Федоров О.В., Карпович Э.Л. Основы технико-экономического выбора электропривода промышленных установок: Монография. - Нижний Новгород: изд-во НГУ, 1991.
- 12 Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1980.
- 13 Бедфорд Б., Хофт Р. Теория автономных инверторов, перевод с англ. под. ред. И.В. Антика. - М., Энергия, 1969.
- 14 Фираго Б.И. Учебно-методическое пособие к курсовому проектированию по теории электропривода для студ. спец.21.05. - Мн.: БГПА, 1993.
- 15 Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. - Л.: Энергоатомиздат, 1982.
- 16 Справочник по проектированию систем и электрооборудования / Под. ред. Ю.Г. Барвбина и др. - М.: Энергоатомиздат, 1991.
- 17 Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР - 6-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
- 18 Безопасность жизнедеятельности. Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. 7-е изд., стер. — М.: Высшая школа, 2007.