ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Маханов Азамат Успанович

Шахтаны желдету станциясы, желдеткіштің өнімділігін автоматты реттеу жүйесін жасау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

5В070200 - Автоматтандыру және басқару

БЕКІТЕМІН
Кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.д-ры., профессор
_____Б.А. Сүлейменов
«30» 04 2019 ж.

Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Маханов Азамат Успанович
Жұмыстың тақырыбы: «Шахтаны желдету станциясы, желдеткіштің өнімділігін автоматты реттеу жүйесін жасау»
Университеттің «14» 11 2018 жылғы ғылыми кеңесінің № 442 шешімімен бекітілген.
Орындалған жұмыстың өткізу мерзім «__» мамыр 2019 ж.
Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері:дипломалды практикасындағы жиналған мәліметтер.
Түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диплом жұмысының мазмұны:
а) кіріспе;
б) технологиялық бөлім, арнайы бөлім;
в) экономикалық бөлім, еңбек қорғау бөлімі;
Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген): автоматтық сұлбасы, қағидалық сұлбасы, құрылымдық сұлбасы.
Ұсынылған негізгі әдебиеттер:
1. Карасев Б.И. Насосные и воздуходувные станции. - Мн.: ВШ, 1990.
2. Силовая Интеллектуальная Электроника. №2. 2005. Панкратов В.В. Тенденции развития общепромышленных электроприводов переменного тока на основе современных устройств силовой электроники.
3. Витальев В.П., Фаликов В.С. Автоматизация тепловых пунктов: Справочное пособие. - М.: Энергоатомиздат, 1989.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ
Кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. докторы, профессор
_____ Б.А. Сүлейменов
«30» 04 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

«Шахтаны желдету станциясы, желдеткіштің өнімділігін автоматты реттеу жүйесін жасау»

5В070200 - Автоматтандыру және басқару мамандығы

Орындаған Маханов А.У.
Ғылыми жетекші техн. ғыл.
кандидаты, ассистент профессор
_____ Сәрсенбаев Н.С.
«30» 04 2019 ж.

Алматы 2019

Дипломдық жұмысты даярлау

КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, Кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Технологиялықбөлім	14. 01 – 25. 01. 19.	
Арнайыбөлім	12. 03 – 18. 03. 19	

Аяқталған дипломдық жұмыстың және оларға
қатысты диплом жұмысқа бөлімдерінің кеңесшілері мен нормалық
бақылаушының қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, Ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Қауіпсіздік және еңбекті қорғау бөлімі	Сәрсенбаев Н.С техн.ғыл.кандидаты, ассистент профессор	04. 05. 2019ж	
Нормалық бақылаушы	Искакова А.М. техн.ғыл.магистрі, лектор	04. 05. 2019 ж	

Ғылымижетекшісі _____ Сәрсенбаев Н.С

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы _____ Маханов А.У.

Күні «4» мамыр 2019 ж.

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился (-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой появления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Маханов А.У.

Название: «Шахтаны желдету станциясы, желдеткіштің өнімділігін автоматты реттеу жүйесін жасау»

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 51,5

Коэффициент подобия 2: 22,0
Тревога: 25

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой/начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе не обладают признаками плагиата, но из чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование: Заключение научного руководителя согласен

Дата

Подпись заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения в отношении работы:

Автор: Маханов А.У.

Название: «Шахтаны желдету станциясы, желдеткіштің өнімділігін автоматты реттеу жүйесін жасау»

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 51,5

Коэффициент подобия 2: 22,0

Тревога: 25

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе не обладают признаками плагиата, но из чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем,не допускаю работу к защите.

Обоснование: Қозғалтқыштың құрылысындағы элементтер "Ротор", "Статор" сызуға де плагиат деп есептеуге тұр. Сонымен 1,5 – 2 % ауытқу шамасы бол дұрыс.

Дата 13.06.2019ж.

Подпись Научного руководителя

Raport podobieństwa

Uczelnia:	Satbayev University
Tytuł:	Шахтаны желдету станциясы желдеткішінің өнімділігін автоматты реттеу жүйесін жасау
Autor:	Маханов А.
Promotor:	Куаныш Абжапаров
Data Raportu Podobieństwa:	2019-05-08 06:46:50
Współczynnik podobieństwa 1:	51,5%
Współczynnik podobieństwa 2:	22,0%
Długość frazy dla Współczynnika Podobieństwa 2:	25
Liczba słów:	6 582
Liczba znaków:	58 094
Adresy stron pominiętych przy sprawdzaniu:	
Liczba wykonanych sprawdzeń pracy dyplomowej:	31

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу Университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты
«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Шахтаны желдету станциясы, желдеткіштің өнімділігін автоматты реттеу жүйесін жасау
жобаның (жұмыстың) аталуы
Маханов Азамат Успанович
(білім алушының Т.А.Ә.)
5В070200-Автоматтандыру және басқару
(мамандық шифрі мен аталуы)

Дипломдық жұмыста шахтаны желдету станциясының өнімділігін реттеудің жаңа сұлбалық шешімі жасалған. Электржетекті фазалы роторлы асинхронды вентильді каскад сұлбаларымен қосу арқылы жасаудың бірнеше жетістіктері бар. Мұндай сұлбамен жасалған электржетектің энергетикалық көрсеткіштері механизмнің өнімділігін реттеудің барлық диапазонында жоғары болады.

Оның себебі каскадты схемамен жалғанған электржетекте қозғалтқыштардың роторлық тізбектеріндегі сырғанау энергиясы тиімді пайдаланылады.

Жобада қарастырылып отырған автоматты басқару жүйесінің MATLAB ортасындағы компьютнрлік моделі жасалған соның негізінде жүйедегі өтпелі процесстер зерттелген.

Қауіпсіздік және еңбекті қорғау бөлімінде қорғасын өндірісіндегі балқыту цехының зиянды әсерлерінен сақтандырылу және жұмысшылардың еңбек қауіпсіздігі қарастырылған.

Дипломдық жоба Қазақстан Республикасының жоғарғы оқу орындарына қойылатын талаптарды қанағаттандырады.

Дипломдық жұмысты орындау кезінде автор алдына қойған тапсырмаларды уақытысында, тиянақты орындады.

Дипломдық жұмысты қорғауға жіберуге болады, авторы Маханов А.У. 5В070200 (автоматтандыру және басқару) мамандығының бакалаврына лайықты деп білемін.

Ғылыми жетекші
ассистент-профессор, техн.ғыл.канд.
(лауазым, ғыл. дәрежесі, атағы,)
_____Сарсенбаев Н.С.
(қолы)
«06» мамыр 2019ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста шахтаны желдету станциясының өнімділігін автоматты реттеу жүйесі қарастырылған. Желдеткіштердің өнімділігін вентильді каскад схемасымен жалғанған асинхронды электр жетегі қолданылған. Дипломдық жұмыста ұсынылып отырған электржетек статикалық режимде зерттеліп, қозғалтқыштардың жылдамдығын реттеудің заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік беретін аналитикалық теңдіктер алынған. Осы теңдіктер негізінде электржетектің статикалық сипаттамалары тұрғызылған.

Вентильді каскад схемасымен жалғанған асинхронды электр жетегін компьютерлік моделдеу арқылы өтпелі процесстер сипаттамалары алынған.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа включает в себя систему автоматического управления вентиляцией шахты. Для вентиляции используется асинхронный электропривод с вентилируемым каскадным контуром. В дипломе предложен статический электропривод, изучены статические и аналитические уравнения, позволяющие определить законы регулирования скоростей двигателей. На основе этих уравнений строятся статические характеристики электропривода.

Характеристики переходных процессов получены путем компьютерного моделирования асинхронного электропривода, связанного с каскадной схемой.

ANNOTATION

Thesis includes the automatic ventilation control system of the mine. For ventilation, an asynchronous electric drive with a ventilated cascade circuit is used. The diploma proposed a static electric drive, studied static and analytical equations to determine the laws governing the speeds of engines. Based on these equations, static characteristics of the electric drive are built.

Transient characteristics are obtained by computer simulation of an asynchronous electric drive associated with a cascade valve circuit.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ 10
1 ШАХТАЛЫҚ ЖЕЛДЕТКІШ СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ӨНІМДІЛІГІН РЕТТЕУ ЖӘНЕ АВТОМАТТАНДЫРУ 11
2 ЖЕЛДЕТКІШ ТӘРІЗДІ МЕХАНИЗМДЕРДІҢ ӨНІМДІЛІГІН РЕТТЕУ 15
2.1 Тірегінде желдеткіш тәрізді моменті бар механизмдердің өнімділігін реттеу 15
2.2 Сырғанау энергиясын қолданатын вентильді моменті бар механизмдер 17
3 ЕСЕПТЕУ БӨЛІМІ 22
3.1 Вентильді машиналық және вентильді каскады бар автоматтандырылған электржетегі 22
3.2 Асинхронды вентильді каскад сұлбасы бойынша жасалған электржетек 25
3.3 Асинхронды вентильді каскадтың жұмыс принципі 29
3.4 Асинхронды вентильді каскадтың механикалық сипаттамалары 32
3.5 Сұлбаның элементтерін таңдау және есептеу 33
4 ЖЕЛДЕТКІШТІҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЭЛЕКТРЖЕТЕГІН МОДЕЛДЕУ 44
4.1 Simulink ортасында жұмыс жасау және модельдеудің негізгі принциптері 44
4.2 Электр жетегін MATLAB ортасында модельдеу 44
4.3 Ротор тізбегі арқылы басқарылатын асинхронды электр жетегінің математикалық моделі 54
5. ЕҢБЕК ҚОРҒАУ 57
5.1 Қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың анализі 57
5.2 Сақтау шаралары 57
5.2.1 Ұйымдастыру шаралары 57
5.2.2 Техникалық шаралар 58
5.3 Жерге қосудың есептелінуі 61
5.4 Шудан қорғану 64
5.5 Электр қауіпсіздікпен қамтамасыз ету 65
5.6 Табиғи және жасанды жарықты ұйымдастыру 65
5.7 Электрмагниттік сәулелендіру 65
5.8 Өрт қауіпсіздігі 66
ҚОРЫТЫНДЫ
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

18 Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с., ил.

19 Черных И.В. Компьютерное моделирование электротехнических устройств. – СПб.: КОРОНА принт, 2010. –180 с., ил.

20 Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 654 с.

21 Д. Уалиев, Н.С. Сарсенбаев, А. Чабаев. Энергосберегающая система автоматизированного управления тягодутьевыми механизмами котельных установок. // Труды Международных Сатпаевских чтений «РОЛЬ И МЕСТО МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ В РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ «КАЗАХСТАН-2050», посвященных 80-летию КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2014, 1 том, С .242-246.

22 Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР - 6-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985.

23 Безопасность жизнедеятельности. Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. 7-е изд., стер. — М.: Высшая школа, 2007.

КІРІСПЕ

Дипломдық жұмыста шахтаны желдету станциясының өнімділігін автоматты реттеу жүйесі қарастырылған. Желдеткіштердің өнімділігін вентильді каскад схемасымен жалғанған асинхронды электр жетегі қолданылған. Бұл жүйелердің ерекшелігі, олар қуаты орта немесе жоғары боатын желдеткіш механизмдерге арналған және олардың өнімділігін эгнергетикалық көрсеткіштері бойынша тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Желдеткіштердің өнімділігін реттеу олардың ағынының өзгеруіне байланысты. Әдетте, желдеткіштің ағыны үш түрлі әдіспен реттеледі: дроссельдеу, осьтік бағыттауыш аппаратпен және желдеткіш білігінің айналу жылдамдығындағын өзгерту арқылы.

Желдеткіштің ағынының ең төменгі коэффициентіне есептелген (реттелу тереңдігі) 1-ден 0,95-ке дейінгі арақатынаста желдеткіштің ағынын бағыттаушы аппарат арқылы реттеуге болады. Одан төменірек аралықта бағыттаушы аппаратты пайдалану үнемді емес.

Осьтік бағыттаушы аппаратты пайдалану реттеу аралығы 1-ден 0,5-ке дейінгі тереңдікте болғанда орынды.

Ең жақсы нәтижелер беретін және тәжірибеде жиі қолданылатын, реттеудің кез келген тереңдігінде қуат тиімділігін қамтамасыз ететін әдіс білік айналу жиілігін өзгерту арқылы алынады. Бұдан басқа, осы түрдегі реттеу толықтай автоматтандырылуы мүмкін.

Жиілік түрлендіргіш көмегімен электр тогының жиілігінің өзгертуге байланысты біліктің айналу жиілігін реттеу ең тиімді болып табылады және оны пайдалану мейлінше тиімді болып табылады және оларды қолдану мысалдарының артуы анықталды. Іс жүзінде, техникалық іске асудың қарапайымдылығына байланысты қозғалтқышқа тұрақты жиілікте (50 Гц) қолданылатын кернеуді өзгерту арқылы желдеткіш білігінің айналдыру жиілігін параметрлік реттеу қолданылады. Дегенмен, желдеткіштің параметрлерін автоматты басқарудың бұл әдісі классикалық жиіліктік бақылауға қарағанда үнемді болып табылады.

Желдеткіштің айналу жылдамдығын трансформаторларды қолданып немесе тиристор кернеуінің реттейтін құралдарын пайдалану арқылы кернеуді өзгерту арқылы реттеуге болады.

Желдеткіштер өнеркәсіптік үй-жайларды, сорғыш газдарды желдету, электр пештерінің камераларына ауаны немесе газды беру және белгілі бір шектерде температураны ұстап тұруға арналған.

1 Шахталық желдеткіш станциялардың өнімділігін реттеу және автоматтандыру

Желдету желісінде желдеткіштердің жұмысын басқарудың бірнеше жолы бар:

1) жұмыс қалақшаларының орналасу бұрышын өзгерту;

2) қалақтарды (қылшықтарды) бағыттаушылардың орнату бұрышын өзгерту;

3) желінің аэродинамикалық қозғалысының өзгеруі (шегеру);

4) қозғалтқыштың айналу жылдамдығын өзгерту;

5) қадамдардың санын қысқарту;

6) жұмыс қалақшаларының бір бөлігін алып тастау.

Желдеткіштер осьтік немесе центрифугалы болуы мүмкін.

Ортадан тепкіш және осьтік желдеткіштер ауа қуысының конструкциясына және қозғалтқыштың қалақшаларының орналасуымен ерекшеленеді.

Центрифугальды ауа қуысында бұл қуыстың сыртында ЭД орналасқан жерде «ирек» түрінде жасалады және осьтік - ЭД ауа ағыны арқылы салқындатуды қамтамасыз ететін ауа қуысына орналасқан.

Центрифугалаушы желдеткіштің дөңгелегі (1) корпустың эксцентрикасында орналасады, ол бастың қысымын арттырады.

Осьтік желдеткіштің дөңгелегі (1) пішінде пропеллерге немесе пропеллерге ұқсайды, ол розетка арқылы ауа шығынын (ағынын) жасайды.

Центрифугалық желдеткіштер түрлі желдету жүйелерінің негізгі элементі болып табылады.

Олар өндірістің технологиялық үдерісін (газ көлемін жұмыс көлемінде) және жұмыс жағдайымен қамтамасыз етеді (кондиционерлер, жалпы сатылатын желдету жүйесі).

Желдету жүйелері режимді өзгерту сигналдарын автоматтандыруға және басқару схемаларына ауысу арқылы қызметкерлердің қатысуынсыз жауап беруге жеткілікті.

Бұл техникалық қызмет көрсету персоналына қондырғыларды мерзімді мониторингілеу және кәдімгі техникалық қызмет көрсету міндеттерін қысқартуға мүмкіндік береді.

Қозғалысқа әсер етуі тиіс қондырғыларды реттеудің негізгі параметрі қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығы. Реттеу процесі желдеткіштің шығыс бөлігіндегі ауа (газ) мөлшерінің өзгеруіне дейін азаяды.

Бұл топтың тетіктері үшін үздіксіз жұмыс тән, сондықтан олардың электр жетектері, әдетте, сирек кездесетін старттармен қайтымсыз. Үздіксіз көлік механизмдерінен айырмашылығы, компрессорлар мен желдеткіштер шағын бастапқы статикалық сәттерге ие - атаулы 20-25% дейін. Осы топтың механизмдері орнатылған өндірістің мақсаты, мүмкіндіктері мен сипатына байланысты, ауа (газ) параметрлерінің белгіленген мәндерден ауытқуы немесе өнімділігі кең ауқымда бақылауға болатын болса, олар шағын немесе тұрақты жұмыс істеуін талап етуі мүмкін.

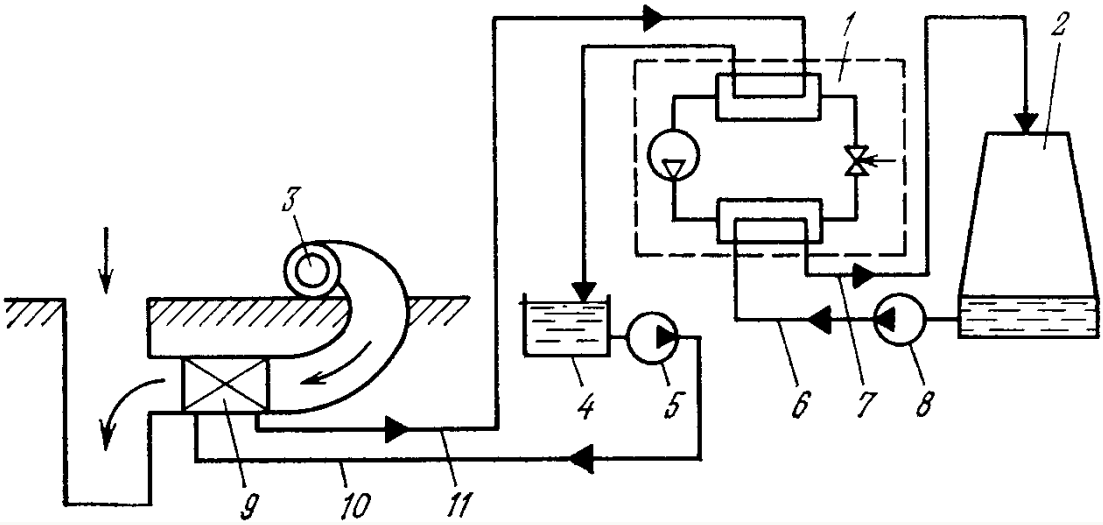
Шеберханалардың желдету қондырғылары мен ең көп кері компрессорлар үшін жетекші қозғалтқыштардың бұрыштық жылдамдығын бақылау талап етілмейді. Мұнда осында синхронды қозғалтқыштар мен синхронды қозғалтқыштар бар. 50-100 кВт-тан астам қуаты бар, синхронды қозғалтқышы бар жетек, әдетте, индукциялық қозғалтқышы бар жетекке қарағанда, әлдеқайда үнемді болады. Синхронды қозғалтқыштар пайдалану күрделі және асинхронды қозғалтқыштарға қарағанда қымбат болғанымен, оларды бір уақытта кәсіпорынның қуаттық коэффициентін жақсарту үшін қолдану қажет.

Желдеткіш қондырғы жер асты жұмыстарының жүйесінде ауа алмасуын қамтамасыз ету үшін қолданылады. Негізгі желдету қондырғылары барлық жұмыстарды желдету және тұйықталған забойларды ішінара (жергілікті) желдету үшін арналады. Желдеткіш шахтаға ауаны үрлеу немесе одан ауаны шығаруға арналуы мүмкін.

Желдеткіш қондырғыларын қолмен басқару заманауи талаптарға сәйкес келмейді. Ол сапаны бақылаудың және автоматты басқарудың қажетті деңгейін қамтамасыз етпейді.

Жер асты шахталарды салқындату қондырғыларының схемалары үлкен әртүрлілікке ие және салқындату қондырғылары станциясының орналасқан жеріне, конденсация жылуын жою әдісіне, бір немесе басқа жабдықтардың болуы және т.б. айырмашылықтары болуы мүмкін.

Негізгі желдеткіш желдеткіштерді автоматизациялау үшін толық автоматтандыру жабдықтары шығарылады. Автоматтандырудың принципиалдық блоктық диаграммасы 1.2-суретте көрсетілген. Қазіргі заманғы автоматтандыру құрылғысы UKVG, ERVGP-2, UKAV-2 негізгі желдеткіш желдеткіштері үшін оңтайлы желдеткіш параметрлерін қолдау үшін сервистік персоналдың үнемі жұмыс істемейтінін және желдеткіштің жұмыс режимін бақылаусыз желдеткіштің орнатылуын қамтамасыз етеді.



1 - компрессорлық салқындату агрегаты; 2 - градирня; 3 – негізгі үрлеу желдеткіші; 4 – салқындатқыш резервуар; 5,8 – насостар; 6,7 – жылу конденсациясын шығару құбыры; 9 – ауа салқындатқыш; 10,11 – салқындатқыш құбыры

1.1 Сурет – Жер асты шахтасын салқындатудың технологиялық схемасы

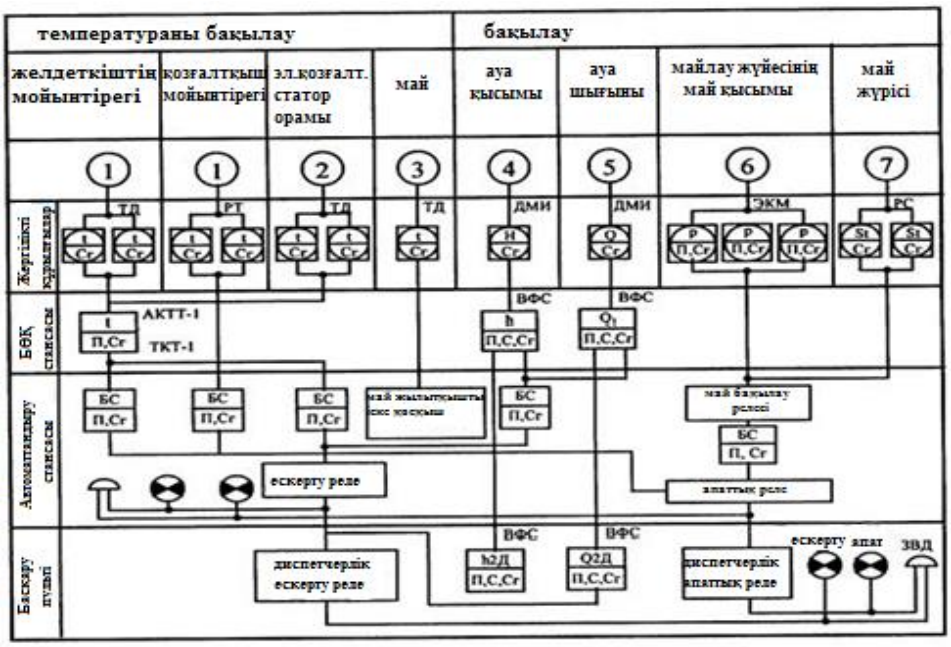
Донгипроглмэмаш институттары Харьков электромеханикалық зауытымен бірге әзірленген UKAV-2 білікшелерінің стандартталған автоматикасы құрал-жабдықтары жаппай шығарылады.

UKAV-2 қондырғысы синхронды (асинхронды) жоғары және төмен кернеу қозғалтқыштарынан электр жетегі бар бір немесе екі осьтік (бұрылмайтын немесе реверсивті) немесе центрифугалық желдеткіштермен (бір жақты немесе екі жақты сору), сондай-ақ кері айналдыратын желдеткіштердің екі қозғалтқышты айналмалы электр жетегін автоматтандыруға арналған.

Кеніштің өнеркәсіптік алаңынан қашықтан басқару үшін UKAV-2 жабдығымен бірге, жеткілікті ақпарат сыйымдылығы бар, мысалы, TKU-2, кез келген қашықтан басқару жабдықтарын пайдалануға болады.

UKAV-2 қондырғысы синхронды (асинхронды) жоғары және төмен кернеу қозғалтқыштарынан электр жетегі бар бір немесе екі осьтік (бұрылмайтын немесе реверсивті) немесе центрифугалық желдеткіштермен (бір жақты немесе екі жақты сору), сондай-ақ кері айналдыратын желдеткіштердің екі бағытқа да айналтын электр жетегін автоматтандыруға арналған.

Қолданыстағы шахталарда жабдықтарды автоматтандыруға арналған аппараттар пайдаланылды. Сондай-ақ, UKAV-2 негізгі қозғалтқыштардың 1.1-кестеде көрсетілген негізгі желдеткіш қондырғыларының қозғалтқыштары қосалқы механизмдерін бақылауды және желдеткіштердің электромагниттік тежегіштерін бақылауды қамтамасыз етеді.



1.2 Сурет – Негізгі желдету желдеткішін автоматтандырудың құрылымдық схемасы

Электр жетектерінің кернеуі 10000, 6000, 380 және 220 В, басқару схемасы -220 В болады. UKAV-2 қондырғысы қалыпты жағдайға дайындалған және қалыпты және суық климатта , яғни «4» санатындағы, қоршаған орта температурасы 5-тен + 35 ° С-ға дейін аралықта жұмыс істеуге арналған.

1.1 Кесте – Желдету құрылғыларының қосымша механизмдерінің электрқозғалтқыштарының техникалық берілгендері

Механизм	Қозғалтқыш қуаты, кВт	Желдеткішке сәйкес келетін механизмдер саны
Қатарларды ауыстырғыш лебедка	7,5	1
Бағыттауыш аппарат	1,1	1
Түзеткіш аппарат	2,5	1
Қоздыру электрқозғалтқышы	7,5	1
Машиналық залды үрлеуге арналған желдеткіш	11,3	2
Май сорғысы	1,1	1
Май қыздырғыш	1,1	1

2 Желдеткіш тәрізді механизмдердің өнімділігін реттеу

2.1 Тірегінде желдеткіш тәрізді моменті бар механизмдердің өнімділігін реттеу

Механизмдердің өнімділігін реттеудің рационалды әдістерінің бірі айналу жылдамдығының өнімділігін реттеу. Расында да егер насостың айналу жылдамдығы төмендегенде берілген магистральдағы жұмыс кезінде өнімділік те төмендейді.

Көбінесе тірегінде вентильді моменті бар механизмдер үшін асинхронды қозғалтқышты электржетектер қолданылады. Оларды екі топқа бөлген ыңғайлы: бірінші сырғанау энергиясы жылу түрінде қозғалтқышқа және қосымша кедергілерді реттеуге беріледі; ал екіншісі негізгі қозғалтқыш жетегінің сырғанау энергиясы желіге немесе түрлендіргіш машиналардың негізгі тірегіне қарай ұмтылады. Бірінші топқа асинхронды қозғалтқыш параметрлі әдісі бар жылдамдықты реттеу жетегін ротордың шынжырындағы кедергіні реттеу, екі қозғалтқышты жетек сұлбаларын жатқызуға болады; ал екіншісіне каскадты қосу сұлбалары жатады.

Электржетектің экономдылығын бағалау кезінде ең алдымен механизмнің өнімділігін реттеу кезінде болатын қуат шығынын бағалау керек. Электржетектердің бірінші тобы үшін келесі негізде көрсетуге болады.

Вентильді сипаттамасы бар механизмдердің жұмысы үшін қозғалтқыштың тірегіндегі қуат жылдамдықтың кубына пропорционалды

$$P_2 = P_{2H}\left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^2, \qquad (2.1)$$

мұндағы $P, \omega -$ номиналды режимде жұмыс істеу кезіндегі сәйкесінше механизмнің қуаты және айналу жылдамдығы.

Электромагнитті қуатты ескере отырып:

$$P_{12} = \frac{P_2}{1-s} = P_2\frac{\omega_0}{\omega}, \qquad (2.2)$$

табатынымыз:

$$P_{12} = P_{2H}\left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^3 \cdot \frac{\omega_0}{\omega} = P_{2H}\frac{\omega_0}{\omega_H}\left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^2. \qquad (2.3)$$

Егер болаттағы және механикалық шығындарды ескермесек, онда роторлы шынжырда жылдамдықты реттеу кезіндегі шығын келесі теңдіктен табылады

$$\Delta P = P_{12} - P_2 = P_{2H}\frac{\omega_0}{\omega_H}\left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^2 - P_{2H}\left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^3. \qquad (2.4)$$

Осы теңдік негізінде жылдамдықты реттеу кезінде ротор тізбегіндегі шығынның максималды биіктігін анықтау оңай

$$\frac{d(\Delta P)}{d\omega} = P_{2H}\frac{\omega_0}{\omega_H{}^3}2\omega - P_{2H}\frac{3\omega^2}{\omega^3} = 0; \qquad (2.5)$$

$$\frac{P_{2H}\omega}{\omega_H{}^3}(2\omega_0 - 3\omega) = 0; \quad \omega = \frac{2}{3}\omega_0, \qquad (2.6)$$

осыдан:

$$\Delta P_{макс} = P_{2H}\frac{1}{\omega_H{}^3}\cdot\frac{4}{9}\omega_0{}^3 - P_{2H}\frac{8}{27}\cdot\frac{\omega_0{}^3}{\omega_H{}^3} = \frac{4}{27}P_{2H}\left(\frac{\omega_0}{\omega_H}\right)^3 \qquad (2.7)$$

Сонымен бірінші топтағы электржетектер үшін реттеу кезіндегі роторлы шынжырдағы энергияның максималды шығыны 15-17 процент тіректегі номиналды қуатты құрайды және 67 процентке тең синхронды орны бар.

Вентильді моменті бар механизмдердің өнімділігін реттеу графигі көрсетілген, 1-қисық қозғалыссыз магистраль жұмысына сәйкес келеді, ал 2-қисық қиылысқан қозғалыстың кішіреюіне байланысты магистраль жұмысына сәйкес келеді. Қысым өзгерісі мынаған тең болады: $\Delta H = H_2{}^I - H_2$. $H_2{}^I$ және H_2 нүктелері үшін бірдей өнімділік кезінде қуат келесі теңдік арқылы анықталады

$$P_2{}^I = cQ_2H_2{}^I; \qquad (2.8)$$

$$P_2 = cQ_2H_2. \qquad (2.9)$$

Келтірілген теңдіктердегі Р қуаты пайдалы қозғалысты енгізу кезінде реттеу өнімділігінің сапасын ПӘК бағалауы мүмкін,

$$\eta_1 = \frac{P_2}{P_2{}^I} = \frac{H_2}{H_2{}^I} = \frac{H_2}{H_2 + \Delta H}. \qquad (2.10)$$

Қозғалыспен реттеу көріп отырғанымыздай экономды емес. Реттеудің мұндай әдісі кішкене диапазон кезінде қуаты бірнеше киловатт болатын қондырғыларда қолданылады.

Асинхронды жетектің екінші тобында шығын сырғанау энергиясын машина ПӘК-мен анықталады. Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реостатты реттеу кезінде 67 процент бос жүріс жылдамдығында шығынның максималды мәні 15-17 процентті құрайды.

Электржетектің жұмысын бағалау кезінде жылдамдығы төмен реттеу сипаттамасының жұмыс уақыты да үлкен роль атқарады. Бұл жағдайдағы дылдамдықты бағалау үшін реттеу циклінің пайдалы әсер коэффициентін қолданған жөн

$$\eta = \frac{\sum_{1}^{m} P_2 t}{\sum_{1}^{m} (P_2 + \Delta P) t} \qquad (2.11)$$

мұндағы m – реттеу қадамдарының саны;

t – берілген қадамдағы қозғалтқыштың жұмыс уақыты.

Вентильді моменті бар механизмдердің өнімділігін реттеудің экономдылығы туралы сұраққа 6-6-суретіндегі графиктен жауап алуға болады. Графиктен қозғалыспен реттеу ең экономды әдіс екенін көруге болады, ал асинхронды қозғалтқышты және ротор шынжырында реостатты реттелуі бар электржетектер өте экономды.

2.2 Сырғанау энергиясын қолданатын вентильді моменті бар механизмдер

Асинхронды электржетектің жүйесі. Тіректегі вентильді сипаттамадағы моменті бар орта және үлкен өнімді қондырғыларда жылдамдықты реттеу кезінде сырғанау шығыны сезінерлік биіктікті құрайды. Сонымен қатар реттеу аппаратурасы қуаты және габариттері бойынша қолдануға келмейтін болып қалады. Жоғарыда айтылған факторлар орта және жоғары өнімді қондырғылардың каскадты сұлбаға көшуін анықтайды.

Каскадты сұлбаның негізгі қозғалтқыш жетегі болып, контакты сақинасы бар асинхронды қозғалтқыш саналады. Сырғанау энергиясы қозғалтқыштан бір якорьлі түрлендіргіш, тұрақты токты машинасы бар синхронды машина, вентильді түрлендіргіш, айнымалы токтың коллекторлы машиналары ретінде қолданылатын түрлендіргішке қарай бағытталады. Сырғанау энергиясы түрлендіргіштен желіге немесе негізгі қозғалтқыштың тірегіне қарай бағытталады.

Асинхронды қозғалтқыштың сырғанау энергиясын қолдану принципіне байланысты каскадтар екі топқа бөлінеді: электромеханикалық және электрлік. Бірінші каскадтарға сырғанау энергиясы электромашиналық немесе статикалық түрлендіргіш көмегімен асинхронды қозғалтқыштың тірегімен байланысқан қосымша электрлік машинаға беріледі. Бұл топтағы каскадтарда асинхронды қозғалтқыштың ротор сақиналарымен электрлік байланысы бар. Электрлік каскадтарда асинхроды қозалтқыштың сырғанау энергиясы электрмашиналық немесе статикалық түрлендіргіш арқылы айнымалы ток желісіне беріледі. Бұл топтағы каскадтарда тек қана асинхронды қозғалтқыштың ротор сақинасы мен түрлендіргіште электрлік байланысы бар. Электромеханикалық каскад

өндірістік механизмдегі тірек моменті асинхронды қозғалтқышпен байланысты сипатталады. Каскадты қосу сұлбасы қазіргі кезде аэродинамикалық трубаларда, газ магистральдарында электржетектерін қолдану үшін, әртүрлі сынау станцияларында көп қолданыс тапты. Сонымен айта кететін жайт машиналық каскадтарды көп деңгейде жартыөткізгіштік базада орындалатын статикалық түрлендіргіші бар каскадтармен ауыстырылады.

Білігінде вентиляторлы моменті бар әртүрлі механизмдер үшін электржетектің каскадты жүйесін орнату үшін келесі есептер шешілуі керек: реттеудің берілген диапазоны кезінде жылдамдықты реттеу және каскадтың механикалық сипаттамаларының әдістерін таңдау; машина қуатын немесе каскадты статикалық түрлендіргіштің қуат габаритін анықтау; каскадтардың технико-экономикалық варианттарын және электржетектерді басқа жүйелермен салыстыру.

Негізгі асинхронды қозғалтқыш каскадының механикалық сипаттама анализі жүргізілуі мүмкін, егер қозғалтқыштың ротор орамының бір фазасы көрсетілген. Осы сұлбалар $R, E^{I}{}_{доб}$ немесе $E^{11}{}_{доб}$ биіктігін өзгерту арқылы роторлы шынжырдағы токты реттеуге мүмкіндік береді, сонымен қатар асинхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығын да реттеуге болады. ЭҚК ретінде айнымалы және тұрақты ток электрлік машиналары немесе статикалық түрлендіргіштер атқарады.

Ротор тогын және қозғалтқыштың айналу жылдамдығын экономды реттеуге мүмкіндік береді.

Кедергіден R бөлінетін энергия қажетсіз жұмсалады, ал $E^{1}{}_{доб}$ немесе $E^{11}{}_{доб}$ эқк пайдалы жұмыс жасауға жұмсалады.

Каскадты қондырғыларда асинхронды қозғалтқыш роторының шынжырыеа қосымша эқк қосу, оның айналу жылдамдығын реттеу үшін қажет. ЭҚК ретінде электрлік машина немесе энергияны статикалық түрлендіргіш атқарады. Активті энергия түрлендіргіші бар асинхронды қозғалтқыштың ротор тізбегі бейнеленген. Бұл түрлендіргіште $\dot{U}_{вх}$ және $\dot{I}_2$ векторлар бағыты бойынша сәйкес келеді. Сондықтан түрлендіргіштің эквиваленттік активті кедергісін енгізуге болады, ол мынаған тең:

$$R_{экв} = \frac{\dot{U}_{вх}}{\dot{I}_2} \qquad (2.12)$$

$R_{экв}$ оң мәні қолданысқа, ал теріс мәні түрлендіргішпен активті энергияны генерирлеуге сәйкес келеді.

Айтылғанды ескере отырып, ротор тогын келесі формуламен анықтауға болады

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_ф}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2^{\,1} + R^1{}_{экв}}{s}\right)^2 + x_k^{\,2}}} \qquad (2.13)$$

мұндағы $\dot{U}_ф$ – қозғалтқыштың статорына енгізілген желінің фазаық кернеуі.

Асинхронды машинаның элекромагниттік моменті ротордың және сырғанаудағы активті энергия $\Delta P_{эл2}$ шығынымен анықталады:

$$M = \frac{\Delta P_{эл2}}{\omega_0 s} \qquad (2.14)$$

Екі теңдікті ескере отырып,

$$\Delta P_{эл2} = 3I_2^{12}\left(r_2^1 + R_{экв}^1\right) \qquad (2.15)$$

осыдан:

$$M = \frac{3U_ф^2\left(\frac{r_2^1 + R_{экв}^1}{s}\right)}{\left[\left(r_1 + \frac{r_2^1 + R_{экв}^1}{s}\right)^2 + x_k^2\right]\omega_0} \qquad (2.16)$$

Асинхронды машинаның моменті $\frac{r_2^1 + R_{экв}^1}{s}$ қатынасына және тұйықталу сұлбаларының басқа параметрлеріне тәуелді, бірақ жеке ротор шынжырының активті кедергісіне байланысты емес. Сондықтан механикалық сипаттаманы еске түсіретін $M = f\left(\frac{s}{r_2^1 + R_{экв}^1}\right)$ тәуелділігін тұрғызсақ, онда ол тек ротор шынжырының активті кедергісімен анықталмайды. $\frac{s}{r_2^1 + R_{экв}^1}$ қатынасының анықталған мәнімен момент үлкен мәнге жетеді (критикалық момент). Егер $R_{экв}^1$ биіктігі өзгерсе, онда критикалық моментке сәйкес келетін сырғанау биіктігі де өзгереді. Бірақ M_{kp} мәні өзгеріссіз алады, яғни ол тек $\frac{s}{r_2^1 + R_{экв}^1}$ қатынасымен анықталады. Сөйтіп активті энергия түрлендіргіші мен асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу кезінде, реттеу сипаттамаларында ротор шынжырындағы критикалық момент тұрақты болып қалады. $R_{экв}$ биіктігі сызықты емес, яғни I_2 тогына тәуелді екенін байқасақ, онда критикалық момент

тұрақты деген ұғым айтылмайды, өйткені онда $R_{экв} = const$ шарты қолданылған жоқ.

Максимал моменттің тұрақтылығы туралы ұғым ротор шынжырына активті энергия түрлендіргіші қосылғаншарттан алынады. Егер осы энергияның түрлендірілу шарты орындалмаса, яғни $E_{доб1}$ және $E_н$ вектор аргументтері бірдей болмаса, онда критикалық моменттің тұрақтылығы туралы ұғым орындалмайды.

Кейбір каскадты қондырғыларда ротор шынжырына қосылған энергия түрлендіргіш реактивті қуаттың биіктігін реттеуге және қондырғының қуат коэффициентін өзгертуге мүмкіндік береді. Мысалы, бір якорьлы каскад түрлендіргішінде, түрлендіргіштің қоздыру тогын реттеу арылы жүзеге асады.

Активті энергия түрлендіргішіне сәйкес асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу кезінде реттеу сипаттамаларындағы критикалық момент бірдей. Сондықтан электрикалық каскадты кейде тұрақты момент каскады деп те атайды.

Каскадты қосу сұлбасындағы асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу энергия түрлендіргіштің қосымша эқк мәнімен анықталады. Синхрондыға жақын қозғалтқыштың айналу жылдамдығы кезінде қосымша эқк мәні аз. Бұл жағдайда асинхронды қозғалтқыш механикалық сипаттамада жұмыс істейді. Қосымша эқк-ті көбейткенде, қозғалтқыштың жылдамдығы азаяды.

Расында да асинхронды қозғалтқыш жылдамдыққа байланысты емес орнатылған режимде жұмыс істесін. $E_{доб}$ көбейтейік. Қозғалтқыш роторының тогы азаяды, өйткені ол мына теңдікпен анықталады

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_2 s - \dot{E}_{доб}}{z_2} \qquad (2.17)$$

Ротор тогының азаюы қозғалтқыш моментінің азаюын анықтайды, мұндай жағдай оның жылдамдығының төмендеуіне және сырғанаудың көбеюіне әкеліп соғады, сонымен қатар ротор эқк $E_2 s$ төмендейді. (2.17) теңдігіндегі сәйкестік соңғының ротор тогының, яғни асинхронды қозғалтқыш моментінің және жалпы алғанда, барлық каскад моментінің өсуіне әкеледі. Момент өзінің орнатылған мәніне жеткен кезде, баяулату тоқтатылады, және электржетек қайтадан орнатылған режимде, бірақ жылдамдықтың төмен мәнінде жұмыс істейді. Электромеханикалық каскадтың реттеу сипаттамаларында критикалық момент мәні қалай өзгеретінін қарастырайық. Каскадтың жалпы моменті асинхронды қозғалтқыш және тұрақты токты қосымша машинаның момент қосындысына тең:

$$M_{каск} = M_{ад} + M_{МП} \qquad (2.18)$$

Асинхронды қозғалтқыштың максимал моменті жоғарыда көрсетілгендей активті қуат түрлендіргішін реттеу кезінде өзгермейді.Электромагнитті қуатпен анықталатын қосымша қозғалтқыш моменті:

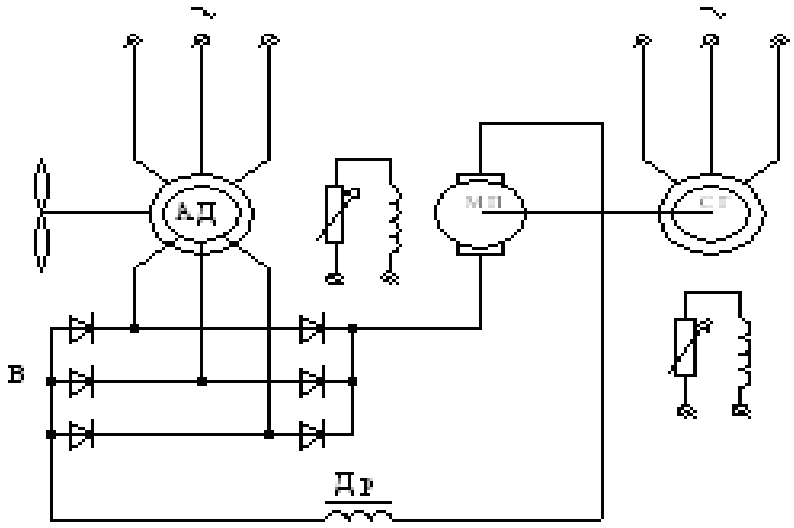
$$P_{ЭММП} = E_{доб} I_2 \qquad (2.19)$$

жылдамдық төмендегенде, көбейеді, яғни бұл жағдайда $E_{доб}$ мәні де өседі. Сондықтан реттеу сипаттамаларындағы электромеханикалық каскадтың критикалық моменті бұл сипаттама синронды жылдамдықта төмендеген сайын тез көбейеді. Электромеханикалық каскадтың сипаттамалары көрсетілген. Бұл суретте реттеу сипаттамаларындағы критикалық момент көбейген кезде, осы моментке сәйкес келетін жылдамдық төмендейді. Мұндай сипаттамалар қуаты тұрақты болатын жылдамдық реттелуі бар электржетектерге сәйкес келеді. Сондықтан, кейде электромеханикалық каскадты тұрақты қуатты каскад деп атайды.

3 Есептеу бөлімі

3.1 Вентильді машиналық және вентильді каскады бар автоматтандырылған электржетегі

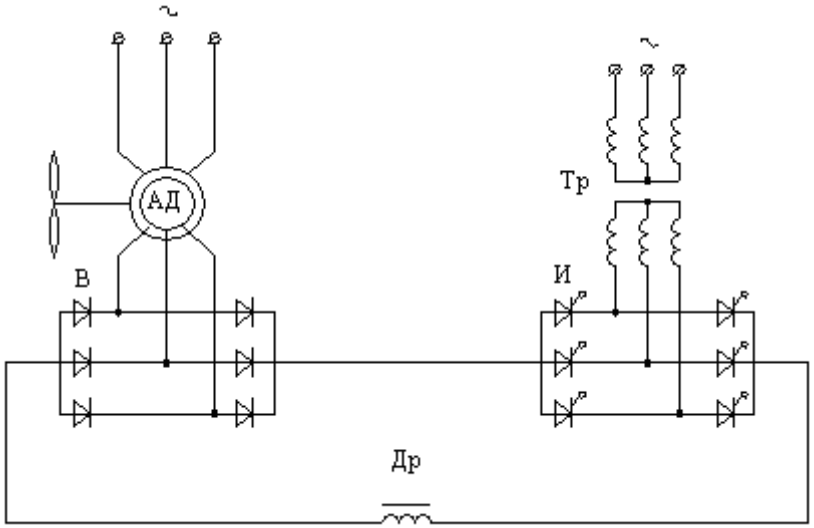
Вентильді қондырғылардың автоматтандырылған электржетегінде вентильді каскадтар көп қолданыс табуда. Роторлы шынжырға айналмалы машиналық түрлендіргіштің орнына ионды немесе жартылай өткізгішті вентильдерден құралған статикалық түрлендіргіш қосылса, оның кең мүмкіншіліктерін көруге болады. Соңғы кезде жартылайөткізгішті техниканың дамуына байланысты вентильді-машиналық және вентильді-каскадтар кең тараған. Мұндай каскадтарда асинхронды қозғалтқыштың ротор шынжырындағы сырғанау энергиясы басқарылмайтын және басқарылатын вентильден құралған статикалық жартылайөткізгіштік немесе энергияны ионды түрлендіргішке келіп түседі.



3.1 Сурет – Вентильді-машиналық каскадтың электрмеханикалық және электрлік сұлбасы

Егер түрлендіргіштен кейін энергия электрикалық машинаға түссе, онда сәйкес каскадтар вентильді-машиналы деп аталады. Егер энергия статикалық түрлендіргішпен қоректенуші желіге берілсе, онда каскадтар вентильді деп аталады. Вентильді-машиналық каскадтар тұрақты қуат сұлбасында қалай құралса, тұрақты моментте де солай құралады, ал вентильді каскадтар тек тұрақты момент сұлбасымен ғана құралады, яғни оларда көмекші электрикалық машиналар болмайды. Жоғарыдағы 3.1–суретінде электромеханикалық, ал 3.2 суретінде электрикалық вентильді-машиналық каскадтар сұлбалары көрсетілген. Асинхронды қозғалтқыштың ротор шынжырында басқарылмайтын вентильдер қосылған. Түзетілген кернеу МП тұрақты ток машинасының якоріне келіп түседі. Механикалыққа түрлендірілген МП сырғанау энергиясы 3.1 суретіндегі сұлбада каскад білігіне

беріледі, ал 3.1,б суретінде синхронды генератор СГ көмегімен электрикалыққа түрленеді және қоректенуші желіге қайта оралады. Жоғарыдағы 3.1,а суретіндегі іске қосылуы келесі тізбекте орындалады. Басында реостатты іске қосу АД орындалады. Сосын ротор шынжырлары АД түзеткішке және якорге МП қосылады, нәтижесінде МП қозады. Төмендегі 3.1,б суретіндегі каскадты іске қосу кезінде біріншіден жұмысқа агрегат МП-СГ, сосын реостатты іске қосылу АД орындалады.



3.2 Сурет – Асинхронды- вентильді каскадтың құрылымдық сұлбасы

Электромеханикалық және электрлі вентильді – машиналық каскадтардың МП әртүрлі қоздыру тогы кезіндегі механикалық сипаттамалар келтірілген. Жылдамдықты реттеу қоздыру тогының өзгерсімен іске асады. Қоздыру тогы нольге тең кезінде айналу жылдамдығы АД минималды және синхронды жылдамдықтың жартысынан төмен емес. Қазіргі кезде көбінесе асинхронды вентильді каскадтар тез дамып келеді. Осындай каскадтың қарапайым сұлбасы 3.2–суретте келтірілген. Қозғалыс принципі бойынша бұл каскад 3.1–суретте келтірілген. Қозғалыс принципі бойынша бұл каскад 3.1–суретіндегі сұлбаға аналогты. 3.1–суретіндегі сұлбада машиналыұ агрегат МП-СГ трансформатор $Т_р$ және инвертордан И құралған энергияны статикалыққа түрлендіретін түрлендіргішпен ауыстырылған. 3.2–суретіндегі каскад тұрақты момент каскадын ұсынады. Оның механикалық сипаттамалары келтірілгендерге аналогты. Жылдамдықты реттеу бұрышты өзгертумен іске асады. Каскадты қондырғылардың көмекші машиналарының қуатын таңдау сұрағына қысқаша тоқталайық. Ротор шынжырына қосылған түрлендіргіштің электрикалық қуаты асинхронды қозғалтқыштың сақиналарындағы ротор тогындағы кернеу туындыларымен анықталады. Кернеудің көбі берілген реттеу диапазонындағы сырқанаудың максималды мәнімен анықталады және ол тең $E_{2к}s_{мак}$, ал ток ротор шынжырындағы номиналды токқа тең $I_{2н}$. Осыдан түрлендіргіштің электрикалық қуаты мынаған тең

$$P_{пр} = \sqrt{3}E_{2k}I_{2H}s_{макс}. \quad (3.1)$$

Асинхронды қозғалтқыштың электрикалық қуаты:

$$P_{Н} = \sqrt{3}E_{2k}I_{2H}. \quad (3.2)$$

сонда:

$$P_{пр} = P_{Н}s_{макс}. \quad (3.3)$$

Тұрақты қуат каскадын қарастырайық. Бұл каскадтың механикалық қуаты барлық реттеу сипаттамаларында бірдей. Қоздыру тогы МП үлкен жылдамдық кезінде нольге тең болғанда, каскадтың механикалық қуаты тек қана асинхронды қозғалтқышпен анықталады және $M_н\omega_0(1-s_н)$ тең. Жылдамдық төмендегенде, өоздыру тогы МП номиналды мәнге тең болған кезде, каскадтың механикалық сипаттамасы АД қуатымен қалай анықталса, МП де солай анықталады. Каскадтың механикалық қуаты төмен және жоғары жылдамдық кезінде бірдей екенін ескере отырып, келесіні жазуға болады

$$M_{Н}\omega_0(1-s_{Н}) = M_{Н}(1-s_{макс})\omega_0 + M_{НМП}(1-s_{макс})\omega_0. \quad (3.4)$$

осыдан:

$$M_{нМП} = M_{н}\frac{s_{макс}-s_{н}}{1-s_{макс}}. \quad (3.5)$$

Жоғарыдағы (3.4) және (3.5) теңдіктерінен МП номиналды жылдамдықты табуға болады

$$\omega_{нМП} = \frac{P_{нМП}}{M_{нМП}} = \frac{M_{н}\omega_0(1-s_{н})s_{макс}}{M_{н}\frac{s_{макс}-s_{н}}{1-s_{макс}}} = \omega_0(1-s_{макс})\frac{(1-s_{н})s_{макс}}{s_{макс}-s_{н}}. \quad (3.6)$$

$s_н \approx 0$ тең екенін ескере отырып, мынаны аламыз:

$$\omega_{нМП} = \omega_0(1-s_{макс}). \quad (3.7)$$

Тұрақты қуаты бар каскад үшін номиналды жылдамжық МП реттеу диапазонының төмен жылдамдығына тең, ал тұрақты токты машинаның габариттерін анықтайтын МП номиналды моменті реттеу диапазонының өсуімен көбейеді. $S_{макс}$ сырғанау төмен жылдамдыққа сәйкес кезінде бірлікке

ұмтылады, тұрақты ток машинасының номиналды моменті асинхронды қозғалтқыштың номиналды моментінен айтарлықтай жоғары болады, оны 6-30 теңдігінен көруге болады.

Егер жылдамдық номиналдының жартысына тең болса, онда сырғанау $s_{\max} = 0{,}5$, ал (3.4) теңдігімен анықталатын номиналды момент МП, АД номиналды моментіне тең болады екен, Сондықтан тұрақты қуат каскадыныңреттеу диапазоны әдетте 2:1 жоғарыны таңдамайды.

Тұрақты момент каскадтары үшін түрлендіргіш қуаты (3.3) теңдігімен анықталады. Вентильді-машиналы каскад үшін бұл қуат тұрақты ток машинасынікі, ал вентильді каскад үшін трансформатор қуаты болып табылады. МП машинасының габариттері бұл жағдайдаа реттеу диапазонының төмен жылдамдығымен анықталмайды, сондықтан ол тұрақты қуат каскадынан аз болады. Тұрақты ток машинасында келтірілген синхронды генератор қуаты статикалық момент $M_c = const$ кезінде МП қуаиына тең, ал вентиляторлық күш кезінде $(0{,}15 - 0{,}17)P_H$ тең сырғанаудың максимум шығыны таңдалуы мүмкін.

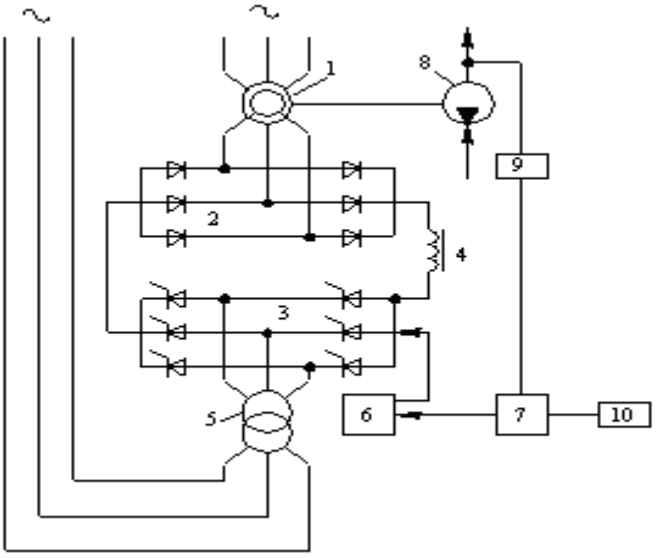
Вентиляторлық күш кезінде ротордағы токтың көп бөлігі жоғары жылдамдықта орын алады, ал ротордың сақиналарындағы кернеудің көбісі төмен жылдамдықта алынады. Сондықтан өз араларында жалпы білік және синхронды генератормен біріктірілген МП бір машинаның орнына екеуін қолданады. Ротор тогының үлкен мәні кезінде жоғары жылдамдықта бұл машиналардың якорь тығындары паралельді жалғанады. Осындай жалғанулар тұрақты ток машинасының жалпы орнатылған қуатын төмендетуге мүмкіндік береді.

3.2 Асинхронды вентильді каскад сұлбасы бойынша жасалған электржетек

Бұл электржетекте электрқозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу фазалық роторлы асинхронды электрқозғалтқыштың ротор орамына енгізілген ЭҚК өзгертумен іске асады. Ротордың сырғанау энергиясы басқарылмайтын түзеткіш және басқарылатын инвертор деген екі элементтен тұратын АВК түрлендіргіші арқылы қоректенуші электр желісіне рекуперируеится. Сонымен қатар жетектің құрамына келісілген трансформатор, басқару станциясы және тегістегіш дроссель кіреді. Электржетектің сұлбасы 3.3–суретте келтірілген.

Қозғалтқыш режимінде жұмыс істеу барысында синхронды жылдамдықтан төмен кезде асинхронды қозғалтқыштың ротор тогы түзетіледі, содан кейін инверторлы режимде жұмыс істейтін басқарылатын тиристорлар көмегімен желі жиіліктің айнымалы тогына түрленеді. Сонымен қатар ротордың түзеткіш кернеуінің әсерімен жүретін трансформатордың бірінші орамындағы ток желі кернеуімен қарсы фазада орналасқан.

Түзетілген кернеудің мәнін нольден ротор кернеуінің номиналды мәніне дейін өзгерте отырып, электр қозғалтқыштың номиналды мәннен нольге дейінгі толық диапазонда айналу жиілігін реттеуге болады. Бірақ ол үшін түрлендіргіш пен ротордың кернеуінің номиналды мәндері бір-біріне тең болуы керек. Бұл жағдайда электрқозғалтқыштың роторлық кернеуі үлкен мәндерді қажет етеді. Сонымен қатар ортаға тепкіш насостардың қажет етілетін айналу жиілігінің реттеу диапазонының қатынасы аз. Мұндай жағдайда берілген диапазонда айналу жиілігін реттеуді АВК сұлбасы бойынша орындаған жөн, ал жіберу тиристорында роторды реттеудің жұмыстық диапазонына дейін айдау.



1- фазалық роторлы электрқозғалтқыш; 2- басқарылмайтын түзеткіш; 3-басқарылатын инвертор; 4-тегістегіш дроссель; 5-келісілген трансформатор; 6- импульсті-фазалық басқару жүйесі (ИФБЖ); 7- технологиялық реттегіш; 8- насос; 9-технологиялық датчик; 10-таратқыш.

3.3 Сурет – АВК сұлбасы бойынша насостың реттелетін электржетегі

Ротор өзіне қажетті айналу жиілігін алып және АВК түрлендіргішінің номиналды кернеуінен оның кернеуі азайғаннан кейін басқару станцияларының контактілері жіберу жіберу резисторлерін өшіріп, электрқозғалтқыштың роторына жиіліктік түрлендіргішті қосады. Әрі қарай реттеу АВК түрлендіргішінің түзетілген кернеуін өзгерту арқылы жүзеге асады.

АВК сұлбасы бойынша жасалған электржетек насосты қондырғыларда қолданудың өзіндік ерекшелігі бар:

– каскадта насосты агрегатқа берілетін қуаттың барлығы түрленбейді. Тек электржетектің номиналды қуатының 15% көп емес сырғанаудың рекуперируемый қуаты ғана түрленеді;

– АВК түрлендіргішінің қуаты электржетектің жылдамдық бойынша реттеу тереңдігіне байланысты.

– АВК сұлбасы бойынша жасалған электржетектің кемшілігі элементтері тұтас қондырылмайды, объектке жеке-жеке әкелінеді.

АВК сұлбасы бойынша жасалған электр жетек үшін негізгі қондырғылар келесі ретпен орындалады:

– қысымның номиналды берілісі кезінде насос білігіндегі қуат анықталады;

– каталогтан номиналды қуаты қолданатын насос қуатынан 5–15% көп болатын фазалық роторлы электрқозғалтқыш алынады;

– электрқозғалтқыштың номиналды айналу жиілігі насостың номиналды айналу жиілігіне сәйкес келуі керек;

– электржетектің каталогынан таңдалынған $U_{н,р,}$ кернеу және $I_{н,р,}$ тогының номиналды параметрлері анықталады.

Қажетті статикалық қысымның минималды мәнін бере отырып, насосты қондырғыдағы электржетектің мүмкін болатын максималды сырғанауын есептеуге болады:

$$s_{макс} = 1 - \sqrt{\frac{H_П^*}{H_ф}} . \qquad (3.8)$$

Табылған $s_{макс}$ мәні үшін электрқозғалтқыштың ротор сақиналарындағы мүмкін болатын максималды кернеу анықталады:

$$U_р = U_{н,р,} s_{макс} . \qquad (3.9)$$

$U_р$ кернеуінің мәні бойынша түзеткіштің қоректенетін номиналды сызықты кернеуі мына шарт бойынша таңдап алынады:

$$U_{н.а.} \geq U_р . \qquad (3.10)$$

АВК түрлендіргіш агрегатының номиналды тогы анықталады:

$$I_{н.а.} \geq I_{н.р.} . \qquad (3.11)$$

АВК түрлендіргішін таңдағаннан кейін келісу трансформаторын таңдау керек. Олар егер қоректенуші желінің номиналды кернеуі АВК түрлендіргішінің номиналды кернеуінен ерекшеленсе ғана қажет етіледі.

Отандық АВК электржетектеріндегі түрлендіргіштің номиналды кернеуі 0,4 кВ тең, сондықтан келісу трансформаторлары жоғары вольтті электрқозғалтқыштарында қарастырылады.

Трансформатордың қажет етілетін қуаты, $кВ \cdot А$

$$s_{TP} = 1{,}1\sqrt{3}U_{2T}I_{н.р.}, \qquad (3.12)$$

мұндағы U_{2T} – трансформатордың екінші орамындағы номиналды сызықты кернеу, $кВ$;

$I_{н.р.}$ – ротор тогы.

Трансформаторлардың саны түрлендіргіштер түріне сәйкес алынады. Біринверторлы түрлендіргіштер үшін – бір трансформатор, ал екіинверторлы түрлендіргіштер үшін – екі трансформатор. Трансформаторлар типі орналасқан орнына байланысты алынады: ашық ауада майлы трансформаторлар, ал насосты станцияларда құрғақ трансформаторлар орналастырылады.

Басқару станциясы айналу жиілігі бойынша қажет етілетін реттеу диапазонына байланысты қозғалтқыштың номиналды тогы бойынша алынады. Реттеу диапазоны насостың минималды айналу жиілігімен анықталады:

$$D = \frac{n_{мин}}{n_{ном}} = 1 - s_{макс}. \qquad (3.13)$$

Әдетте су жүйесінде насостар 1:2 диапазонда жұмыс істейді, яғни 0,5 сырғанаудан көп емес. Көп жағдайда максималды сырғанау 0,25÷0,3 көп емес. Станцияның номиналды тогы ротор тогынан көп немесе тең болуы керек $I_{н.ст.} \geq I_{н.р.}$.

Қазіргі уақытта асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеудің үш әдісі бар: қозғалтқыштың статорына келетін кернеу мәнін өзгерту арқылы, қоректенуші кернеудің жиілігін өзгерту және қосымша ЭҚК енгізу арқылы.

Каскадтық сұлба дегенімізфазалық роторлы асинхронды қозғалтқыштың басқа электрикалық машинамен немесе статикалық түрлендіргішпен қосылуы.

Вентильді каскад термині асинхронды қозғалтқыштың вентильді немесе вентильді–машиналық түрлендіргішпен каскадты қосылуын түсіндіреді.

Каскадты сұлбаларда асинхронды қозғалтқыш міндетті түрде желіге қосылады. Сондықтан түрлендіргіш асинхронды қозғалтқыштың магнит ағыны түзілуі үшін реактивті қуат циркуляциясын болдырмауы керек. Асинхронды қозғалтқыштың магнит ағыны статор тізбегінде ауысып отыратын реактивті қуат нәтижесінде түзіліп отырады.

Каскадты сұлбаларда асинхронды қозғалтқыштың ротор тізбегіне қосылған түрлендіргіш реттеу диапазонына пропорционалды қуатқа ғана сүйенеді.

Вентильді каскад аз шығынды болып келеді, өйткені онда асинхронды машина қолданатын энергияның жартысы ғана түрленеді.

Вентильді каскадта басқа сұлбалардағы сияқты асинхронды қозғалтқыш жылдамдығы ротор тізбегіне қосымша ЭҚК енгізу арқылы жүзеге асады.

Қосымша ЭҚК енгізу қозғалтқыштың жылдамдық, момент және реактивті қуат мәнін реттеуге мүмкіндік береді. ЭҚК активті құраушысы $E_{доб.а}$ ротордың айналу жылдамдығына әсерін тигізеді.

Қозғалтқыштың бос жүріс режимі кезінде ЭҚК активті құраушысы $E_{доб,а}$ ЭҚК роторының векторына тең және қарама–қарсы, яғни

$$E_{доб,а} = E_2 = E_{2H} \times s = E_{2H} \times \left(1 - \frac{\omega}{\omega_0}\right), \qquad (3.14)$$

мұндағы E_{2H} – ротордың $s = 1$ кезіндегі фазалық ЭҚК;

s – асинхронды қозғалтқыштың сырғанауы;

ω_0 – асинхронды қозғалтқыштың бұрыш жылдамдығы;

ω – асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығы.

Келтірілген теңдіктен бос жүріс жылдамдығы анықталады:

$$\omega_{xx} = \omega_0 \cdot \left(1 - \frac{E_{доб,а}}{E_{2H}}\right), \qquad (3.15)$$

$E_{доб,а}$ мәнін реттеу арқылы асинхронды қозғалтқыштың бос жүріс жылдамдығын өзгертуге болады. Егер $E_{доб,а} < E_2$ болса, онда асинхронды қозғалтқыш $\omega < \omega_0$ режим кезінде жұмыс істейді. Егер $E_{доб,а} > E_2$ болса, онда асинхронды қозғалтқыш синхронды жылдамдықтан төмен немесе қозғалтқыш режиміндегі синхронды жылдамдықтан жоғары болған кезде генераторлық сырғанаудағы қозғалтқыштық режимде жұмыс істейді. Егер $E_{доб.а} = E_2$ және қосымша ЭҚК кейбір реактивті құраушысы болса, онда момент асинхронды компенсатор режимінде жұмыс істейді.

Осындай каскадты сұлбалардың кемшілігіне басқару жүйесін орындаудың қиыншылығы жатады. Сондықтан роторда жиілікті түрлендіргіші бар вентильді каскад аз қолданады. Уақыт аралық ток тізбегі бар вентильді каскад сұлбасы көп қолданыс тапты. Бұл сұлбаның негізгі артықшылығы қарапайым вентильді түрлендіргіші бар болуында.Өндірістік қондырғыларда осы уақытқа дейін осы сұлба қолданылуда.

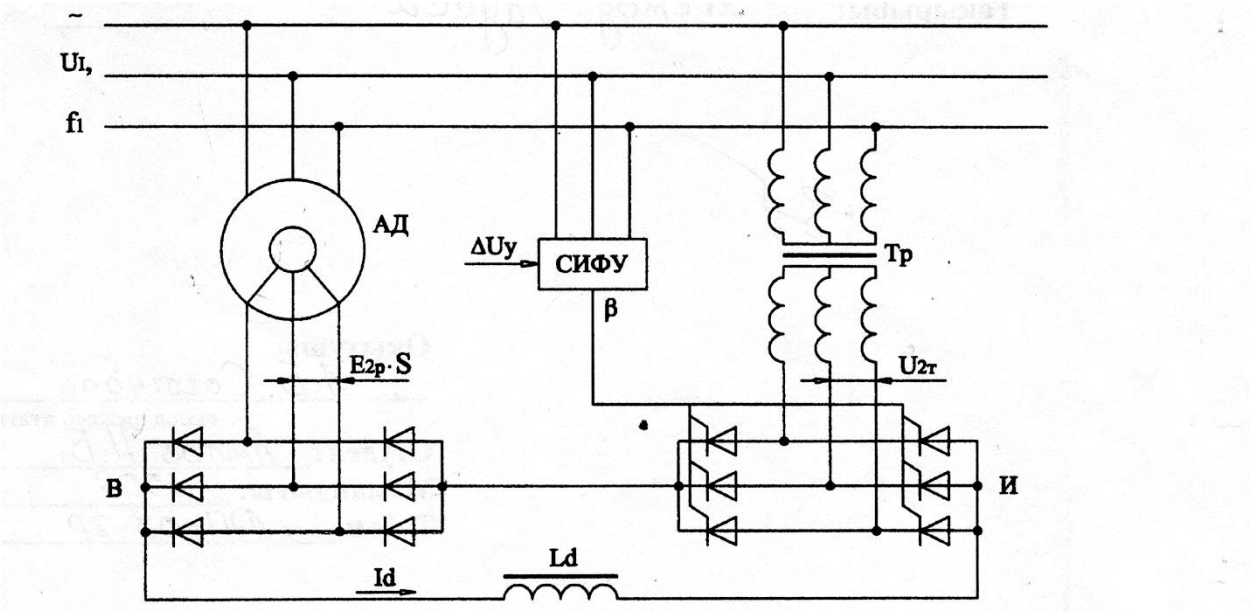
Асинхронды вентильді каскад (АВК) реттелетін электржетек жүйесі ретінде халықшаруашылығында көп қолданыс тапты.

3.3 Асинхронды вентильді каскадтың жұмыс принципі

Асинхронды вентильді каскад үшін қосымша ЭҚК көзі ретінде вентильді түрлендіргіш (инвертор) қолданылады.

Асинхронды вентильді каскад сұлбасы келесі элементтерден фазалық роторлы асинхронды қозғалтқыш, вентильді түрлендіргіш В (түзеткіш) және

вентильді түрлендіргіш И (инвертор), келісу трансформаторынан T_p, импульсті фазалық басқару жүйесінен (СИФУ) және түзетілген ток L_d тізбегіндегі тегістеу реакторына тұрады.



3.4 Сурет – АВК функционалдық сұлбасы

Ротор тізбегіне енетін қосымша ЭҚК мәнінің өзгеруі инвертор вентильдерінің басқару бұрышын β өзгерту арқылы жүзеге асады:

$$E_{доб.а} = E_{du} = E_{dии} \cdot \cos\beta, \qquad (3.16)$$

мұндағы $E_{dии} = \frac{3\times\sqrt{2}}{\pi} \times E_{2T} = 1.35 \times U_{2T}$ – инвертордың көпірлік сұлбасы үшін максималды түзетілген ЭҚК;

U_{2T} – трансформатордың екінші орамындағы кернеудің сызықтық мәні;

β – инверторлық топтың басқару бұрышы.

Қосымша ЭҚК векторы әрқашанда ротор тогына қарсы бағытталған және ротор ЭҚК кейбір бұрышына ығысқан.

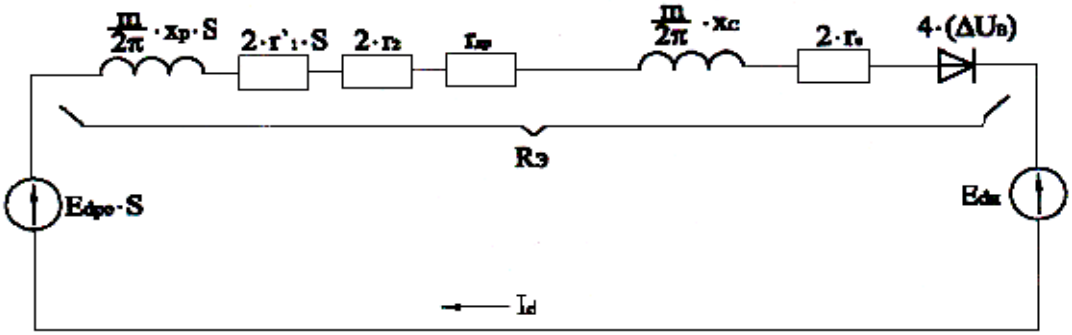
АВК қозғалыс принципін былай айтып кетуге болады. Асинхронды

қозғалтқыштың қозғалтқыш режимде синхронды жылдамдықтан аз айналуы кезінде асинхронды қозғалтқыштың ротор тогы В вентильдер тобымен түзетіледі. Вентильді каскадтың орын басу сұлбасында кернеудің төмендеуінен $(4\times\Delta U_B = 3\div 4E)$ мынаны аламыз:

$$E_{dp0} \times S = E_{du0} \times \cos\beta + I_d \times R_э \qquad (3.17)$$

немесе:

$$I_d = \frac{E_{dp0} \times s - E_{du0} \times \cos\beta}{R_э}, \qquad (3.18)$$



3.5 Сурет – АВК роторының түзетілген ток тізбегінің орын басу сұлбасы

мұндағы E_{dp0} – $s = 1$ сырғанау кезіндегі түрлендіргіштің ротор тобындағы түзеткіштің шығыстық кернеуі;

I_d – ротордың түзетілген тогы;

$R_э$ – келесі формуламен анықталатын түзетілген ток.

тізбегіндегі эквивалентті кедергі:

$$R_э = 3 \times \frac{X_c}{\pi} + 2 \times r_c + r_{др} + 2 \times r_2 + \left(3 \times \frac{X_p}{\pi} + 2 \times r_1'\right) \times S, \qquad (3.19)$$

мұндағы r_1' – қозғалтқыштың статорындағы роторға келтірілген активті кедергі;

r_2 – қозғалтқыштың ротор фазасындағы активті кедергі;

X_c, r_c – токпен қамтамасыз ететін реактордың фазасының индуктивті және активті кедергісі;

X_p – $X_p = X_2 + X_1'$ арқылы анықталатын роторға келтірілген асинхронды қозғалтқыш фазасының индуктивті кедергісі;

X_2, X_1' – ротор орамына келтірілген статордың фазасының индуктивті кедергісі.

Жоғарыдағы (3.19) теңдіктен мынаны аламыз:

$$S = \frac{E_{du0} \times \cos\beta + I_d \times R_э}{E_{dp0}}, \qquad (3.20)$$

немесе:

$$\omega = \omega_0 \times \left(1 - \frac{E_{du0} \times \cos\beta + I_d \times R_э}{E_{du0}}\right), \qquad (3.21)$$

Жоғарыдағы (3.21) теңдіктен көріп отырғанымыздай E_{du} өзгерту арқылы асинхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығын реттеуге болады. Егер $E_{du} = E_{dp0}$ болса, онда ротор тізбегіндегі ток нольге тең және қозғалыссыз күйде болады. E_{du} азайтқан кезде ротор тогы, момент көбейеді және және жетек айналу жылдамдығыне дейін жетеді.

Қарсы ЭҚК ниверторын көбейткенде қозғалтқыштың тогы және моменті азайып, қозғалтқыш жылдамдығы төмендейді. Жылдамдықтың төмендеуі кезінде ротордың түзетілген кернеуі көбейеді. Қозғалтқыштың тогы және моменті жетектәің қозғалтқыштық моменті M кедергігің статикалық моментіне M_c тең болғанша көбейеді.

3.4 Асинхронды вентильді каскадтың механикалық сипаттамалары

Жоғарыдағы теңдіктен түзетілген ротор тогы мынаған тең

$$I_d = \frac{(E_{du0} \times S - E_{du})}{R_э}, \qquad (3.22)$$

Жоғарыдағы (3.22) теңдіктен жетектің бос жүріс режиміне сәйкес келетін сырғанаудың шектік мәні $S = S_{0xx}$ тең және $E_{du} = 0$ кезінде ротор тобының тогы нольге тең болады.

$$S_{0xx} = \frac{E_{du}}{E_{dpo}} = \frac{E_{du0} \times \cos\beta}{E_{dpo}}, \qquad (3.23)$$

Сонымен қатар инвертормен басқару бұрышын өзгерту арқылы АВК жасанды сипаттамасында бос жүріс жылдамдығын өзгертуге болады.

$$\omega_{0xx} = \omega_0 \times (1 - S_{0xx}) = \omega_0 \times \left(1 - \frac{E_{du0} \times \cos\beta}{E_{dp0}}\right), \qquad (3.24)$$

Қозғалтқыштың электрмагнит моментін ротор тізбегіне берілетін электрмагниттік қуат $P_э$ бойынша анықтауға болады.

$$M = \frac{P_э}{\omega_0} \approx \frac{E_{dp0} \times I_d - \left(3 \times \frac{X_p}{\pi}\right) \times I_d^2}{\omega_0}, \qquad (3.25)$$

Жоғарыдағы (3.22) теңдікті (3.23) теңдікті ескере отырып, мына түрге келтіреміз:

$$I_d = \frac{E_{dp0} \times (S - S_{0xx})}{R_э}, \qquad (3.26)$$

Жоғарыдағы (3.26) теңдікті (3.25) теңдікке қоя отырып, асинхронды вентильді каскадтың механикалық сипаттамасының теңдігін аламыз:

$$\mathrm{M} = \frac{6 \cdot \mathrm{E}^2{}_{2н}}{\omega_0} \left\{ \frac{\mathrm{s} - \mathrm{s}_0}{R_{экв}} - \left[\frac{3 \cdot \mathrm{x}_р \cdot (\mathrm{s} - \mathrm{s}_0)^2}{R^2{}_{экв} \cdot \pi} \right] \right\}, \qquad (3.27)$$

3.5 Сұлбаның элементтерін таңдау және есептеу

Қозғалтқыштық режимдегі асинхронды вентильді каскад сұлбасында ротор тогы үшфазалы көпірлік түзеткіш көмегімен түзетіледі және түзетілген ток тізбегіне қосымша ЭҚК енгізіледі. АВК үшін қосымша ЭҚК көзі ретінде вентильді түрлендіргіш – инвертор қолданылады.

Қозғалтқыштың таңдалған параметрлері 3.1-кестеде келтірілген.

Кестеде қозғалтқыштың орын басу сұлбасының параметрлері қатысты бірліктермен берілген және бұл параметрлерді абсолютті мәнге аудару үшін, оны коэффициенттің номиналды мәніне көбейту керек, мысалы,

$$\mathrm{r}_1 = \mathrm{r}_1' \cdot \mathrm{Z}_\mathrm{H},$$

3.1 Кесте – Қозғалтқыштың параметрлері

Эл.қозғалт. типі	$P_{2\,ном}$, Вт	Энергетикалық көрсеткіш		$I_{2\,ном}$ А	U_2 В	Механикалық көрсеткіштер			Орын басу сұлбасының параметрлері (қат.бір.)				
		КПД ,%	cos φ			m_k	$s_{2\,ном}$, %	s_k, %	X_0	R'_1	X'_1	R''_2	X''_2
4АНК250М6 У3	55	90,5	0,90	170	200	3,0	2,3	19,6	3,3	0,017	0,061	0,025	0,073

және т.с.с., мұнда $Z_н = \frac{U_{нфаз}}{I_{нфаз}}$; $U_{нфаз}$ – статордың номиналды фазалық кернеуі, ал статордың номиналды фазалық тогы келесідей анықталады:

$$I_{нфаз} = \frac{P_2}{3 \cdot U_{нфаз} \cdot \eta \cdot \cos\varphi}, \qquad (3.28)$$

мұндағы P_2 – қозғалтқыш тірегіндегі электрикалық машина қуаты.

Анықтамада келтірілген электрикалық машина параметрлері келесідей белгіленген:

η – пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК);
$\cos\varphi$ – қуат коэффициенті;
x_0 – магниттелу тізбегінің индуктивті кедергісі;
r_1' – статор орамындағы активті кедергі;
x_1' – статор орамындағы индуктивті кедергі;
r_2'' – ротор орамындағы активті кедергі;
x_2'' – ротор орамындағы индуктивті кедергі;
$s_{ном}$ – номиналды сырғанау;
$s_{кр}$ – максималды сырғанау;
J – инерция моменті, $кг \cdot м^2$.

Клосс формуласы бойынша қарапайым асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасын тұрғызайық

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}}. \qquad (3.29)$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2*3.14*50}{2} = 157(рад/с)$$

немесе:

$$n = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{60*157}{2*3.14} = 1500(айн/мин)$$

мұндағы f – желі жиілігі;

p – жұп полюстер саны.

Орын басу сұлбасының параметрлерін аталған бірліктерге келтірейік

$$x_{\mu}^{'} = x_{\mu} * z_{ном} = 3{,}3 \cdot 1{,}9 = 6{,}27(Ом)$$

$$r_1^{'} = r_1 * z_{ном} = 0{,}017 \cdot 1{,}9 = 0{,}032(Ом)$$

$$x_1^{'} = x_1 * z_{ном} = 0{,}061 \cdot 1{,}9 = 0{,}115(Ом)$$

$$r_2^{'} = r_2 * z_{ном} = 0.025 \cdot 1{,}9 = 0{,}047(Ом)$$

$$x_2^{'} = x_2 * z_{ном} = 0{,}073 \cdot 1{,}9 = 0{,}13(Ом)$$

мұндағы $z_{ном} = \frac{U_{фном}}{I_{фном}} = \frac{220}{100{,}75} = 1{,}9(ОМ)$

$$I_{фном} = \frac{55000}{3 \cdot 220 \cdot 0{,}91 \cdot 0{,}90} = 100{,}75A$$

Құжатқа байланысты номиналды момент келесі теңдікпен анықталады

$$M_{ном} = \frac{9550 \cdot P_м}{n_1(1-0{,}023)} = \frac{9550 \cdot 55}{1465} = 358{,}5Н \cdot м$$

Қозғалтқыштың максималды моменті былай анықталады

$$M_{\max} = m_k \cdot M_{ном} = 3 \cdot 358{,}5 = 1075{,}5Н \cdot м; \qquad (3.30)$$

мұнда $m_к$ =3 – моменттер қысқалылығы.

UD вентильді түрлендіргіш сырғанау жиілігі бар басқарылмайтын және ротор тогын түзету үшін арналған. Сосын US инвертор көмегімен түзетілген ток жиілігі желі жиілігіне тең айнымалы токқа түрленеді. Түзетілген токты тегістеу үшін дроссель LD қосылған.

Каскадтың қозғалыс принципі келесіде. Түзетілген ротор тогының тізбегіне US инвертор көмегімен қосымша ЭҚК енгізіледі.

Түзеткіштің шығысында ЭҚК мәні ротор кернеуіне байланысты болады

$$E_d = k_{CX} \cdot E_{2H} \cdot \cos\beta, \qquad (3.31)$$

мұндағы E_{2H} – ротор орамындағы сырғанау $s = 1$ кезіндегі сызықтық кернеу;

k_{CX} – түзету сұлбасының коэффициенті, $k_{CX} = 0{,}815$;

β – тиристордың ашылу бұрышы.

Практикалық есептеулер үшін басқару сұлбасын өңдеу және механикалық сипаттамалар теңдігін шешу барысында қозғалтқыш моментінің түзетілген ток параметрлерінің тізбегіне тәуелділігін сипаттайтын келесі теңдікті көрсетуге болады

$$M = \frac{6 \cdot E^2_{2н}}{\omega_0} \left\{ \frac{s - s_0}{R_{экв}} - \left[\frac{3 \cdot x_р \cdot (s - s_0)^2}{R^2_{экв} \cdot \pi} \right] \right\}, \qquad (3.32)$$

мұндағы $R_{экв}$ – қозғалтқыштың және түрлендіргіштің техникалық көрсеткіштеріне байланысты түзетілген ток тізбегінің эквивалентті кедергісі.

$R_{экв}$ – мәні түрлендіргіштің сұлбасына байланысты

$$R_{экв} = 3 \cdot \frac{x_с}{\pi} + 2 \cdot r_c + r_{др} + 2 \cdot r_2 + \left(3 \cdot \frac{x_p}{\pi} + 2 \cdot r_1' \right) \cdot s \qquad (3.33)$$

мұндағы $r_1' = r/K^2_{тд}$ –ротор орамына келтірілген статор орамының активті кедергісі,

$K_{тд} = \frac{U_{1н}}{U_{2н}} = \frac{380}{200} = 1{,}9$, мұнда $U_{2н} = E_{2н}$,

$x_р = x_1' + x_2$ – ротор орамына келтірілген қозғалтқыш фазасының индуктивті кедергісі;

ω_0 – желінің бұрыштық жиілігі $(рад/сек)$;

x_1', x_2 – сәйкесінше ротор орамына келтірілген статор фазасының және ротор фазасының индуктивті кедергісі;

x_c, r_c – токпен қамтамасыз ететін реактор фазасының активті және индуктивті кедергісі.

Эквивалентті кедергінің сырғанауға тәуелділігінің нәтижесі 3.2 кестеде көрсетілген.

3.2 Кесте – Эквивалентті кедергінің сырғанауға тәуелділігінің нәтижелері

s	0	0,03	0,19	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$R_{экв}$	0,076	0,08	0,11	0,13	0,152	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26

Жоғарыда келтірілген механикалық сипаттама теңдігінен

$s_0 = \frac{E_{du}}{E_{dpo}} = \frac{E_{du0} \cdot \cos\beta}{E_{dp0}}$, яғни $U_2 = E_{2í}$ трансформатордың екінші орамынджағы сызықты кернеу қозғалмайтын ротор орамындағы сызықты кернеуге тең $E_{du0} = 1.35 \cdot U_2$ және $E_{dp0} = 1.35 \cdot E_{2í}$, сонда $s_0 \equiv \cos\beta$ – инверторлық топтың тиристорлер басқару бұрышына тура пропорционалды бос жүріс фиктивті сырғанауы.

Асинхронды вентильді каскадтың механикалық сипаттамасын инверторлық топтағы тиристорлер басқару бұрышына әртүрлі мәндер беру арқылы құрамыз.

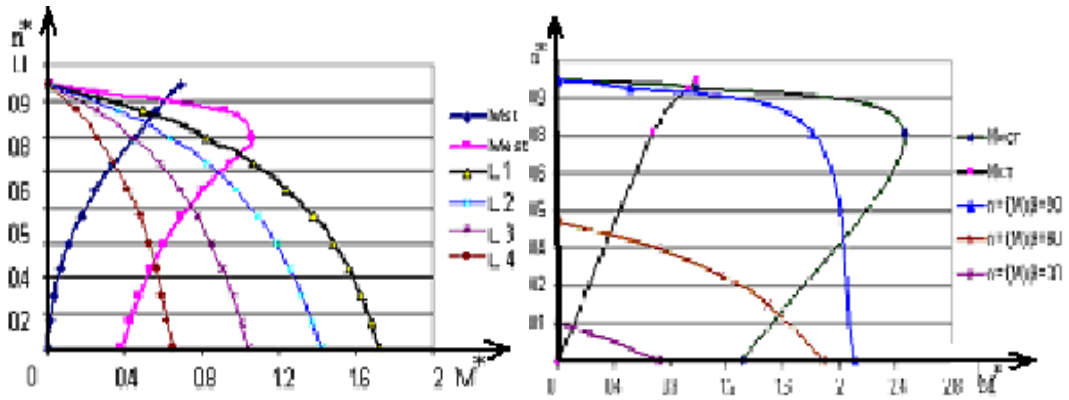
Есептеу нәтижелері 3.3, 3.4 және 3.5 кестеде және 3.5 суретте көрсетілген.

3.3 Кесте – Басқару бұрышы β=90°, s_0 =0

s	0	0,03	0,19	1
M, Н*м	0	255,8	906,87	1051,9

3.4 Кесте – Басқару бұрышы β=60°, s_0 =0,5

s	0,5	0,6	0,7	0,8	1
M, Н*м	0	351,8	580,4	747,3	943



3.6 Сурет – АВК сұлбасы бойынша электржетектің механикалық сипаттамасы

Түзеткіш элементтерін таңдау және есептеу үшін мына параметрлер қолданылады E_{2H}, I_{2H}, s_{max}.

Вентильдер екі параметрлері бойынша таңдалынады (диодтар, тиристорлер) :

1) кернеудің максималды кері мәнімен

$$U_{П} = K_{3U} \cdot \sqrt{2} \cdot E_{2H} = 1.5 \cdot 1.4 \cdot 250 = 525B$$

мұндағы $K_{3U} = (1{,}3 \div 1{,}5)$ – желідегі кернеудің жоғарлауын ескеретін қор коэффициенті.

2) Ұзақ рұқсат етілетін ток мәні бойынша

Ток бойынша қоры бар вентильдер тогы, $K_{3U} = (1{,}3 \div 1{,}5)$

$$I_{д.доп} = K_{3i} \cdot K_{cx} \cdot K_{ox} \cdot I_{CP} \qquad (3.34)$$

мұндағы K_{cx} – сұлба коэффициенті, $K_{cx} = 0{,}815$ – үшфазалы нольдік сұлба үшін $K_{cx} = 2{,}34$ – үшфазалы көпірлік сұлба үшін.

Көпірде орнатылған вентильдің орташа тогы

$$I_{CP} = I_{d\max} / K_d, \; K_d = 3, \qquad (3.35)$$

ал түзетілген максималды ток

$$I_{d\max} = I_{2\max} / K_{I2} \qquad (3.36)$$

мұндағы $I_{2max} = 2 \cdot I_{2H}$ – максималды ток;

$K_{I2} = 0{,}817$ – үшфазалы көпірлік сұлба;

$K_{I2} = 0{,}577$ – үшфазалы нольдік сұлба үшін.

$U_П$ және $I_{д.доп}$ мәндері бойынша вентильді таңдаймыз.

Трансформатордың қуаты мына теңдікпен өрнектеледі

$$S_{ТР} = \frac{P_{ДВ} \cdot s_{\max}}{0{,}965 \cdot \eta_{ДВ}} = \frac{55 \cdot 0{,}3}{0{,}96 \cdot 0{,}92} = 26{,}04 кВт,$$

яғни, максималды сырғанауға пропорционалды қозғалтқыш қуатының жартысын құрайды.

Ротор орамының нольдік нүктелерін шығару қиын болғандықтан ротор тізбегіндегі түзеткішті үшфазалы көпірлік сұлба бойынша таңдаймыз.

Каскадты сұлбалардың негізгі ерекшеліктері басқару қуаты сырғанаудың максималды моментіне пропорционалды, яғни ротор тізбегіндегі статикалық түрлендіргіштің қуаты реттеу диапазонына пропорционалды қуатпен алынады

$$P_{ПР} \geq P_S$$

мұндағы $P_s = P_1 \cdot s_{max} = 55 \cdot 0.3 = 25 кВт$,

Қозғалтқыштың ротор тізбегіндегі түрлендіргіш құрылғы ретінде түрлендіргіш қуаты 30кВ тең ЖАҚ «ЭЛЕКТРОТЕКС» сериясы ПЧ-04 түрлендіргішін аламыз.

ПЧ-04 сериясы желіге фильтр арқылы қосылады. Желілік блоктың типіне байланысты энергия берілісі қоректенуші желіден тұрақты ток тізбегіне беріледі немесе екі бағытта да беріліуі мүмкін. Кернеудің 500В мәні кезінде қуаттар диапазоны — 5,5 кВт - 315 кВт дейін. ПЧ-04 сериясындағы түрлендіргіш жиілігінің орындалуы Р00-IР20.

Түрлендіргіштің техникалық мәліметтері 6–кестеде көрсетілген

3.5 Кесте – Түрлендіргіштің техникалық мәліметтері

Түрлендіргіштің типтік аталуы	Активті шығыстық қуат, кВт	Номиналды шығыстық ток, А
ПЧ-ТТПТ-63-380-50-05чкВ-УХЛ4*	30,0	63,0

Каскадты басқару жүйесіндегі асинхронды қозғалтқыштың беріліс функциясын 3.7,а-суреті арқылы анықтайық. 3.7,а-суретіндегі асинхронды қозғалтқыштың басқару жүйесі бірініш реттік қозғалтқыш дизель болып саналатын автономды мобильді қондырғыларда қолданылуы мүмкін.

Түзеткіштің көпірлік сұлбасы кезіндегі қозғалтқыштың келтірілген индуктивтілігі мынаған тең

$$L_d = 2x_d / \omega_{1H}$$

мұндағы x_d – қозғалмайтын роторға келтірілген қозғалтқыш фазасының индуктивті кедергісі, $x_d = (L'_{1\delta} + L_{2\delta})\omega_{1H}$;

ω_{1H} – желі кернеуінің номиналды бұрыштық жиілігі.

Үшфазалы көпірлік түзеткіш үшін ротор тізбегіндегі қозғалтқыштың келтірілген R_d кедергісі мына теңдікпен өрнектеледі

$$R_d = \frac{3x_d s}{\pi} + 2(R_2 + R'_1)s$$

мұндағы $3x_d s / \pi$ – эквивалентті кедергі;

R_2 – ротор фазасының кедергісі;

$R'_1 s$ – ротор тізбегіне келтірілген статор кедергісі.

R_d кедергісі айнымалы мәнді және қозғалтқыштың сырғанауына тәуелді. Сонымен қатар R_d түзеткіштің тогына да байланысты болып келеді, бірақ динамиканы зерттеу кезінде оны ескермеуге болады.

Тұрақты ток тізбегіндегі тегістегіш дроссельді ескере отырып, инвертор кедергісін келесі формуламени анықтауға болады

$$R_u = \frac{3x_T}{\pi} + 2(R_T + R_{др})$$

мұндағы x_T – трансформатор фазасының индуктивті кедергісі;

R_T – трансформатор фазасының активті кедергісі;

$R_{др}$ – дроссельдің активті кедергісі.

R_u кедергісі тұрақты болып келеді. Тұрақты ток тізбегіне келтірілген ротор тізбегінің суммалық эквивалентті кедергісі мынаған тең

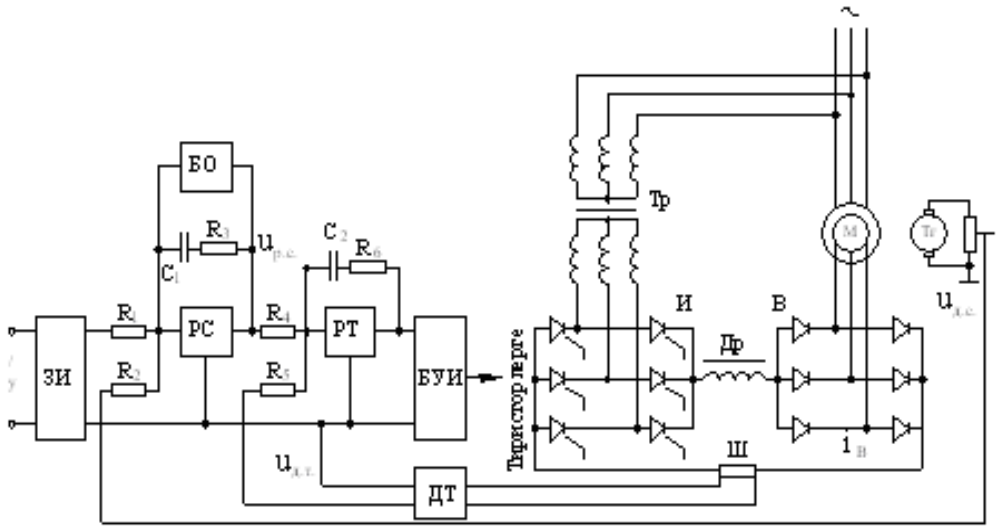
$$R_{р.ц.} = R_d + R_u$$

Ротор тізбегінің эквивалентті индуктивтілігі тұрақты болып келеді және мына формуламен есептелінеді

$$L_{р.ц.} = L_d + L_u = \frac{2x_d}{\omega_{1H}} + L_{др} + \frac{2x_T}{\omega_{1H}}$$

мұндағы $L_{др}$ – дроссельдің индуктивтілігі

Асинхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығыни тек қана тұрақты ток машинасындағы қоздыру тогын (МПТ), немесе тек қана синхронды генератордағы (СГ) немесе бір уақытта екі машинаның (МПТ және СГ) әртүрлі заңы бойынша өзгерту арқылы іске асады.



3.8 Сурет – Асинхронды электржетек жылдамдығы бар екі контурлы автоматты басқару жүйесінің сұлбасы

Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу өте тиімді, өйткені сырғанау энергиясы жоғалмайды. Жүйеде кернеудің аз төмендейтін күштік жарты өткізгішті түзеткіштер қолданылады

$$(1+T_B p)\Delta i_{B1} = k_B \Delta U_{B1} \tag{3.37}$$

$$\Delta E_{МПТ} = k\Delta i_{B1} \tag{3.38}$$

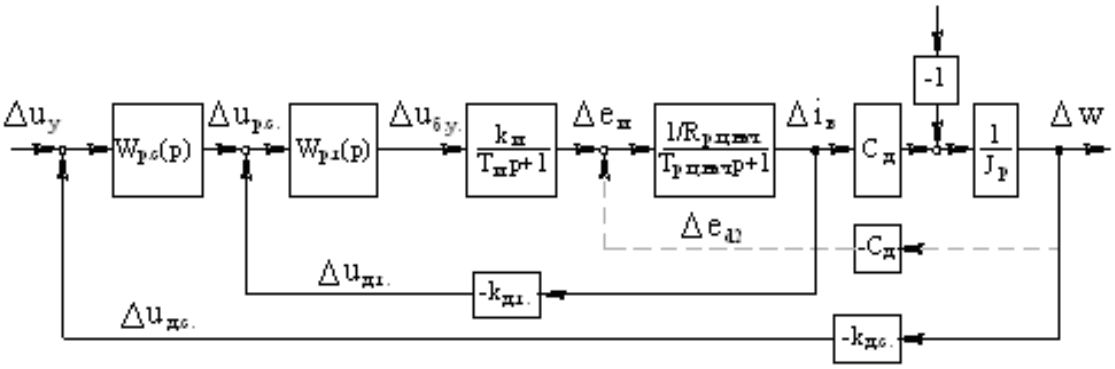
мұндағы ΔU_{B1} – МПТ қоздыру орамындағы кернеудің өзгерісі;

Δi_{B1} – МПТ қоздыру тогының өзгеруі;

$\Delta E_{МПТ}$ – МПТ якорь қысқышындағы кернеу өзгерісі;

$T_B = \dfrac{L_B}{r_B}$ – МПТ қоздыру орамындағы уақыт тұрақтысы;

$k_B = \dfrac{1}{r_B}$; $k = arctg\alpha$ – бұрыштық коэффициент.



3.9 Сурет – Қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы

Жоғарыдағы (3.38) теңдікті (3.37) теңдікке қоя отырып және $\Delta E_{МПТ} = \Delta y_1$ асинхронды қозғалтқыштың басқару параметрлері екенін ескере отырып, МПТ теңдігін аламыз

$$(1+T_B p)\Delta y_1 = k_{МПТ}\Delta U_{B1} \tag{3.39}$$

мұндағы $k_{МПТ} = k_B k -$ кернеу бойынша МПТ күшейту коэффициенті.

Статор қысқышындағы кернеу өзгерісімен СГ қоздыру орамындағы кернеу өзгерісін сәйкестіріп, мынаны аламыз

$$(1+T_{СГ}p)\Delta U = k_{СГ}\Delta U_{B2} \tag{3.40}$$

мұндағы $T_{СГ} = T_0 \dfrac{x'_{dc}x_{qc} + r_c^2}{x_{dc}x_{qc} + r_c^2}$;

$T_0 -$ бос жүріс кезіндегі СГ қоздыру орамындағы уақыт тұрақтысы;

$x_{dc} = x_d + x_{a.d}$; $x'_{dc} = x'_d + x_{a.d}$; $x_{qc} = x_q + x_{a.d}$; $r_c = r_0 + r_{a.d}$;

$x_d, x'_d, x_q, r_0 -$ сәйкесінше СГ статорының реактивті және активті кедергісі;

$x_{a.d}, r_{a.d} -$ сәйкесінше асинхронды қозғалтқыштың реактивті және активті кедергісі;

$$k_{СГ} = k_B \frac{\sqrt{\left(x_{qc}^2 + r_c^2\right)\left(x_{a.d}^2 + r_{a.d}^2\right)}}{x_{dc}x_{qc} + r_c^2} \tag{3.41}$$

мұндағы $k_B = \dfrac{E_{d0}}{U_{B2}} -$ бос жүріс және номиналды айналу жылдамдығы кезіндегі кернеу бойынша СГ күшейту коэффициенті;

E_{d0} – СГ бос жүріс кезіндегі ЭҚК;

$U_{B2} - E_{d0}$ – алу кезіндегі СГ қоздыру орамындағы кернеу.

Асинхронды қозғалтқыштың Δy_1 және Δy_2 екі басқару параметрлерінің бір уақыттағы қозғалысы (3.36) теңдікке сәйкес келесі түрде жазылады

$$(1+Tp)\Delta\omega = k_1\Delta y_1 + k_2\Delta y_2 \tag{3.42}$$

Жоғарыдағы (3.39) және (3.40) біріктірілген шешімі асинхронды қозғалтқыштың тұрақты ток машинасына раналған беріліс функциясын алады

$$W_1(p) = \frac{\Delta\omega}{\Delta U_{B1}} = \frac{k_1 k_{МПТ}}{(1+Tp)(1+T_B p)} \tag{3.43}$$

Келесі техникалық берілгендерді қанағаттандыратын қадағалау жүйесінің электржетегін есептеу керек. Анықтамадан МТК – 12–6 қозғалтқыш типін келесі параметрлер арқылы таңдаймыз $P_H = 55кВт$, $s_H = 2{,}3\%$, $\cos\varphi = 0{,}90$, $M_k / M_H = 3$, $GD^2_{ДВ} = 0{,}29кг \cdot м^2$, $n = 1500айн/мин$, $U_H = 380В$, $n_H = 455айн/мин$.

Қозғалтқыштың номиналды моменті

$$M_H = 975\frac{P_H}{n_H} = 975\frac{55}{455} = 358{,}5Н \cdot м$$

Қозғалтқыштың ротор тізбегіне $M_П = M_к = 2{,}5 \cdot M_H = 896{,}25$ кезіндегі қосымша ЭҚК енгізіледі. Статордағы кернеудің өзгерісіне момент бойынша қозғалтқыштың сезімталдылық коэффициенті шамамен былай анықталады

$$k_d = \left(\frac{dM_d}{du}\right)_0 = \frac{M_П}{U_H} = \frac{896{,}25}{380} = 2{,}35$$

Соңғы нәтиже шамамен келеді, өйткені қадағалау жүйесінің қозғалтқышы кернеудің аз мәнінде жұмыс істейді. Қозғалтқыштың күшейту коэффициенті

$$k_2 = \frac{k_d s_H n_c}{M_H} = \frac{2{,}35 \cdot 0{,}23 \cdot 1500}{358{,}5} = 2{,}26$$

Қозғалтқыштың уақыт тұрақтысы сәйкесінше мына теңдікпен анықталады

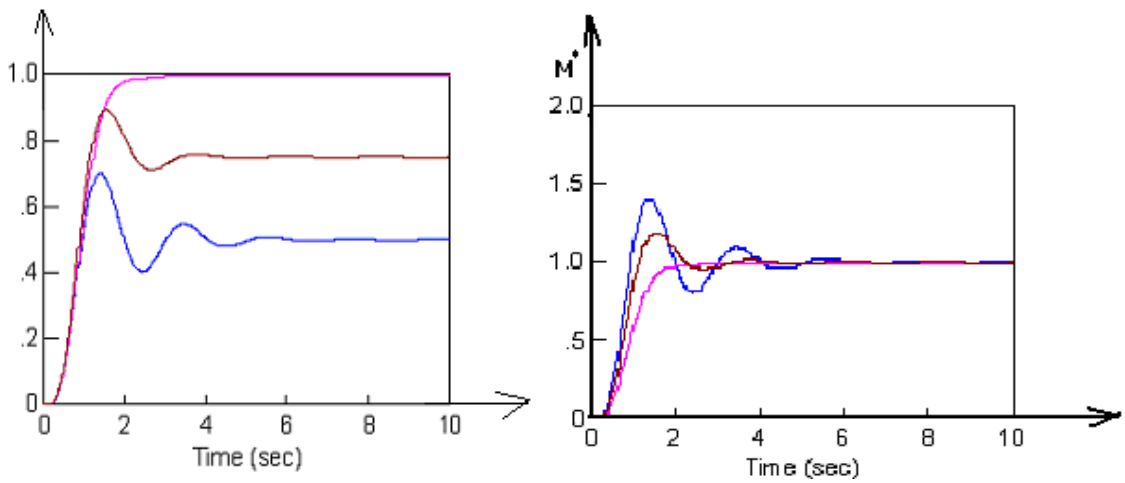
$$T_2 = \frac{GD^2_{ПР} s_H n}{375 M_H} = \frac{1{,}07 \cdot 0{,}23 \cdot 1500}{375 \cdot 358{,}5} = 0{,}0027сек;$$

$$GD^2_{ПР} = GD^2_d + GD^2_{мех} = 0{,}27 + 0{,}8 = 1{,}07.$$

Қозғалтқыштың беріліс функциясы мына түрде жазылады

$$W_2(p) = \frac{2{,}26}{0{,}0027p + 1}$$

Нәтижесі келесі суретте көрсетілген.



3.10 Сурет – Өтпелі процестің сипаттамасы

Айнымалы ток электржетегінің автоматтандырылу жүйесі қасиетінің динамикалық анализі сызықтандыруға жақындату арқылы іске асады. Бұл

шарт көбінесе резонанстық күшейткіштерде қолданылады. Тасушы жиілікте жұмыс істейтін жүйенің динамикалық сипаттамасын қысқарту үшін әдетте тахометрикалық кері байланыс немесе тізбектелген корректрлеуші құрылғылар қолданылады. Автоматтандырылған электржетек жүйесінің параметрлерін есептеу және таңдау үшін қазіргі уақытта көптеген модельдеу әдістері қолданылады. Модельдеудің екі түрі кең тараған, олар физикалық және математикалық. Физикалық модель зерттеліп отырған автоматтандырылған электржетек жүйесінде қандай математикалық көрініс болса, сондай түрде болады. Ол жүйенің зерттеліп отырған жүйенің әрбір элементі негізінде, бірақ кішірейтілген модель түрінде құрылады. Физикалық модельдеу үлкен көрнектілігімен ерекшелінеді. Кемшілігі ретінде электрмеханикалық реттеу жүйесінің және басқарудың физикалық көшірмесін жасау қиыншылық туғызады.

Математикалық модель жүйеде жүріп жатқан процестің тек математикалық жазылуын көрсетеді. Модельдеу құрылғылары сонымен қатар есептеу машинасы және оптималды басқару заңын анықтау үшін автоматтандыру жүйесіндегі электржетек құрылғыларында қолданылады.

4 Желдеткіштің автоматтандырылған электржетегін моделдеу

4.1 Simulink ортасында жұмыс жасау және модельдеудің негізгі принциптері

SimPowerSystems кітапханасының блоктары нақты электротехникалық құрылғыларды моделдеуге арналған Simulink қосымшасының негізгі бір бөлімі болып табылады.

SimPowerSystems кітапханасы құрамына пассивті және активті электротехникалық элементтер, ток көздері, электрмашиналары, трансформаторлар, электр энергиясын тасымалдаушы желілер және тағы басқа құрылғылар кіреді. Сонымен қатар қуатты электрониканың қуатты құрылғыларын және оларды басқару блоктарын модельдеуге арналған бөлімдерде бар.

Simulink пен SimPowerSystems қосымшаларының арнайы мүмкіншіліктерін пайдаланып әртүрлі құрылғылардың, жүйелердің жұмысын нақты уақыт аралығында зерттеуге, талдауға болады. Нақты жағдайда пайдаланушы айнымалы ток жүйелерінің қалыптасқан жұмыс режимін, желі учаскесінің толық кедергісін есептеуге, жиіліктік сипаттамаларды алуға, тұрақтылқты талдауға және ток пен кернеудің гармоникалық анализин жасауға болады.

SimPowerSystems қосымшасының негізгі артықшылығы иммитациялық модельдеу әдістерін қолдана отырып күрделі электротехникалық жүйелерді модельдеуге болады. Мысалы электрэнергиясын жартылайөткізгішті түрлендіргіштің қуатты бөлігін SimPowerSystems блоктарының көмегімен, ал басқару блогын Simulink блоктары көмегімен модельдеуге болады, мұндай жолмен модельдеу схематехникалық моделдеу пакттеріне қарағанда модельдеуді қарапайымдандырады, модельдеу уақытын қысқартадыжәне оны зерттеу мүмкіндіктерін кеңйтеді [18].

4.2 Электр жетегін MATLAB ортасында модельдеу

Электржетегі – электрмашинасынан онымен механикалық жолмен байланысқан жұмыс механизмінен, жартылай өткізгішті элементтер негізінде жасалған түрлендіргіштен және оны басқаратын басқару блолгынан құралатын электромеханикалық жүйе болып табалады.

Электржетектері бірнеше түрге бөлінеді:

- қозғалыс түріне байланысты- айналмалы немесе сызықты қозғалыс жасайтын электржетктер;
- қозғалыс бағытына байланысты – реверсивті, реверсивті емес;
- электрлік параметрлерге байланысты – тұрақты ток элетржетегі және айнымалы ток электржетегі; -

- жұмыс жасау принципіне байланысты – қозғалмалы бөлігі үздіксіз қозғалыс жасайтын үздіксіз электржетегі және қозғалмалы бөлігі дискретті қозғалыс жасайтын дискретті электржетегі.

Электрмашиналары мен жұмыс механизмі сандарының арақатынасына байланысты - бір электрмашинасының көмегімен бірнеше жұмыс мехенизмдерін жұмысқа келретін топтасқан электржетегі, бір электрмашинасының көмегімен бір жұмыс механизмін қозғалысқа келтіретін жеке электржетегі.

Электржетектерінің ішінде ең жетілдірілген түрі – негізгі параметрлері автоматты түрде реттелетін автоматтандырылған электржетегі.

Дипломдық жобада қарастырылып отрыған элетржетегі айнымалы ток қозғалтқыштары негізінде жасалған екіқозғалтқышты автоматтандырылған электржетегі болып табылатын күрделі электрмеханикалық жүйе болып табалады.

Асинхронды вентильді каска және екіжақтан қоректенетін машина негізіндегі екіқозғалтқышты элктржетегін компьтерлік моделдеу алгоритмі келесідей

- электржетегінің негізгі элементтерін таңдау және параметрлерін есептеу;
- басқарылатын түзетккіштің иммитациялық моделін құру;
- инвертордың иммитациялық моделін құру;
- асинхронды вентильді каскад негізіндегі электржетегін моделдеу;
- асинхронды вентильді каскад және екіжақтан қоректенетін машина негізінде жаслған екіқозғалтқышты электр жетегін моделдеу.

Үш фазалы көпірлік схемамен қосылған басқарылмалы түзеткіштің MATLAB ортасындағы моделі 4.1 суретте көрсетілген.

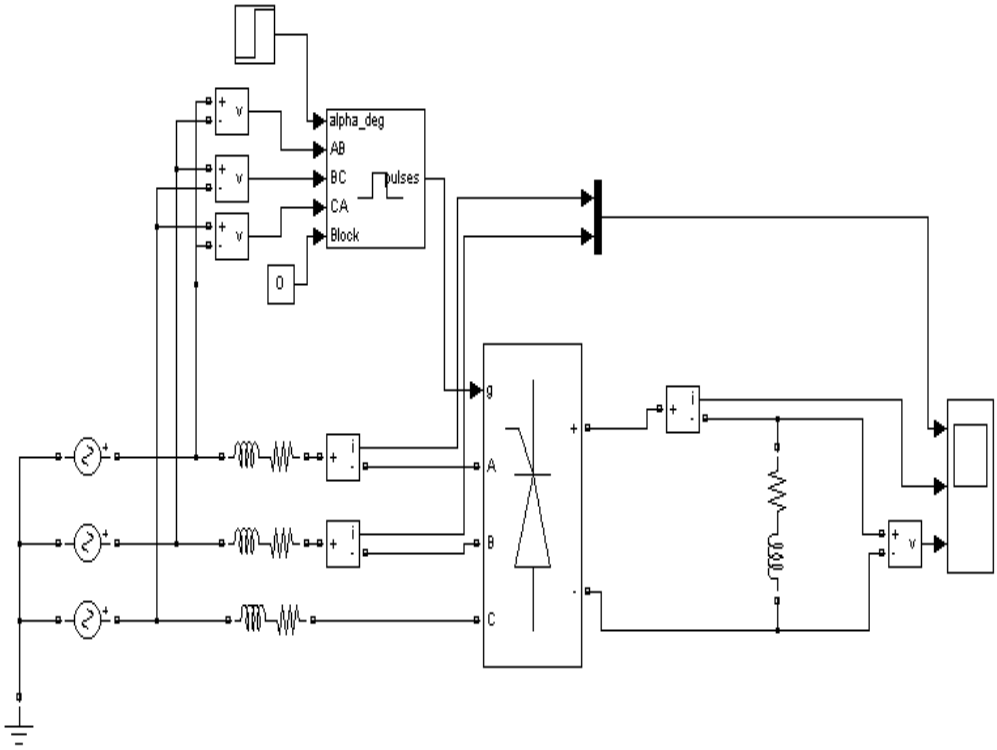
Түзеткіш моделінде SimPowerSystems кітапханасының блоктары айнымалы ток кернеуі, тиристорлы көпірлік схема, басқару блогы, RLC – тізбегі, кернеу мен ток өлшегіштерімен қатар, Simulink қосымшасының да блоктары осциллограф, сатылы сигнал блогы, сумматор блогы кездеседі.

Жүктемедегі қуаттың ілездік мәні ток пен кернеуге пропорционал сигналдардың көбейтіндісі арқылы анықталады. Схемада активті кедергі мен индуктивтілік элементтер MATLAB ортасындағы халықаралық стандартқа сәйкес белгіленген [18] .

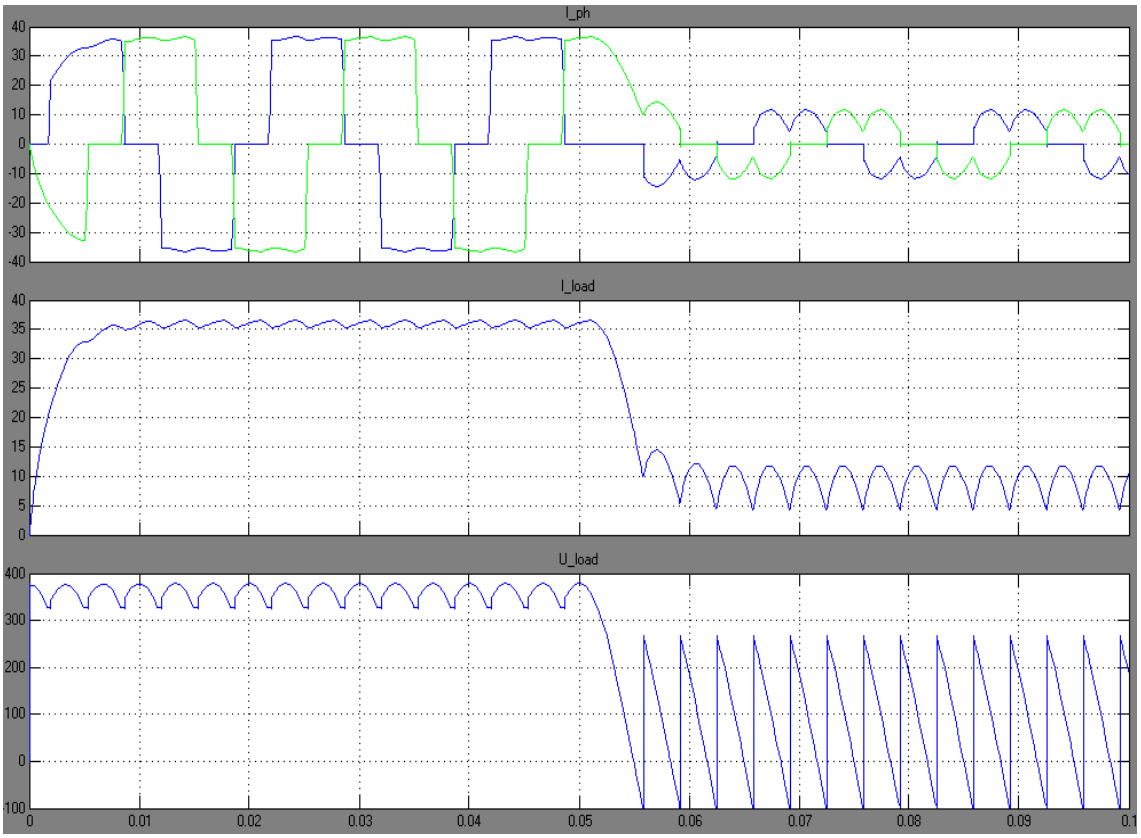
Басқарылмалы түзеткіштің шығысындағы түзетілген электр энергиясы жүктеме ретінде қарастырылған активті-индуктивті кедергіге беріледі.

Басқарылмалы түзеткіш кірісіндегі тоқ және шығысындағы ток пен кернеу қисықтары 2.11-суретте көрсетілген, суреттен тиристорлардың - ашалу бұрышын өзгерткен кезде, сәйкесінше түзеткіштің кірісіндегі тоқ, түзетілген ток пен кернеудің мәндері де өзгеретінін көруге болады [18] .

Электрмашиналары мен жұмыс механизмі сандарының арақатынасына байланысты - бір электрмашинасының көмегімен бірнеше жұмыс мехенизмдерін жұмысқа келретін топтасқан электржетегі, бір электрмашинасының көмегімен бір жұмыс механизмін қозғалысқа келтіретін жеке электржетегі.



4.1 Сурет – Басқарылатын түзеткіштің MATLAB ортасындағы моделі

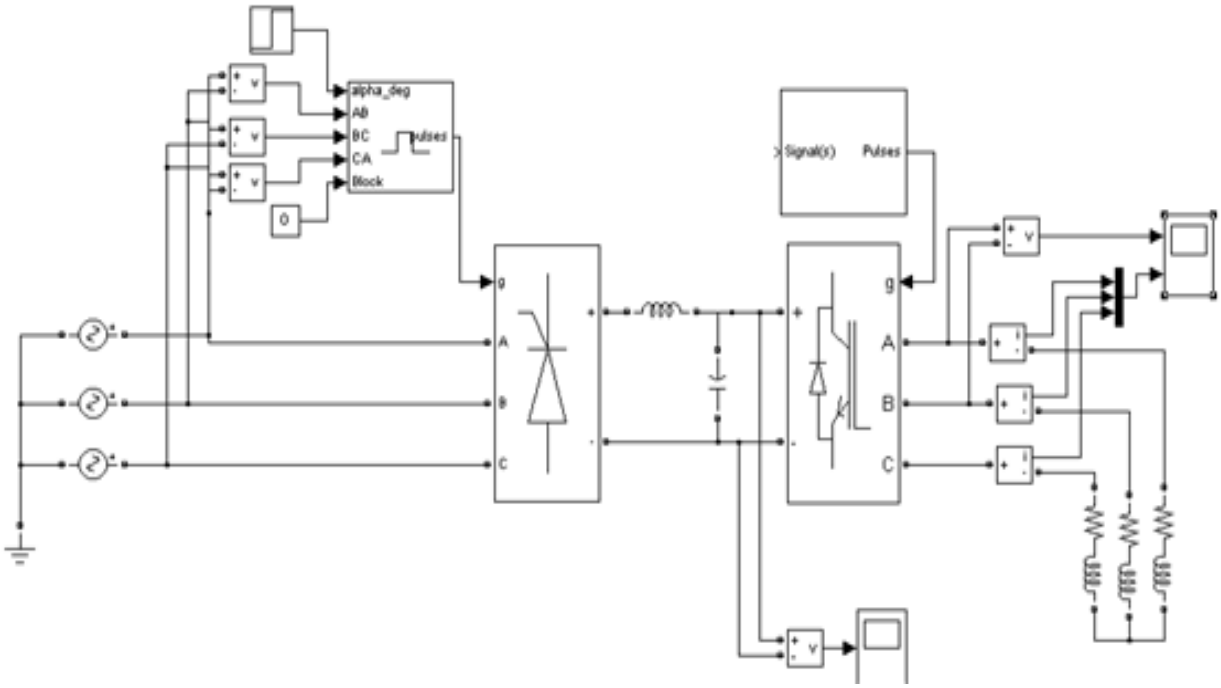


4.2 Сурет – Басқарылатын түзеткіш моделінің нәтижелері

Қарастырылып отырған екі қозғалтқышты электржетегінің негізгі элементтерінің бірі екіжақтан қоректенетін схемамен жалғанған екінші қозғалтқыштыі ротор тізбегіндегі инвертор болып табылады.

Схемада инветрор үшфазалы көпірлік схемада жасалған және ол жартылай өткішгішті элементтер IGBT транзисторлар негізінде құралған, оның негізгі қызметі бірінші қозғалтқыштың ротор тізбегіндегі басқарылатын түзеткіш шығысындағы түзетілген ток пен кернеуді жиілігі мне амплитудасы басқарылмалы айнымалы токқа түрлендіру. Инвертордың иммитациялық моделі 4.3 суретте көрсетілген, ал моделдеу нәтижелері 4.4 және 4.5 суреттерде көрсетілген.

Инветрордың жүктемесі ретінде активті-индуктивті кедергі қарастырылған.

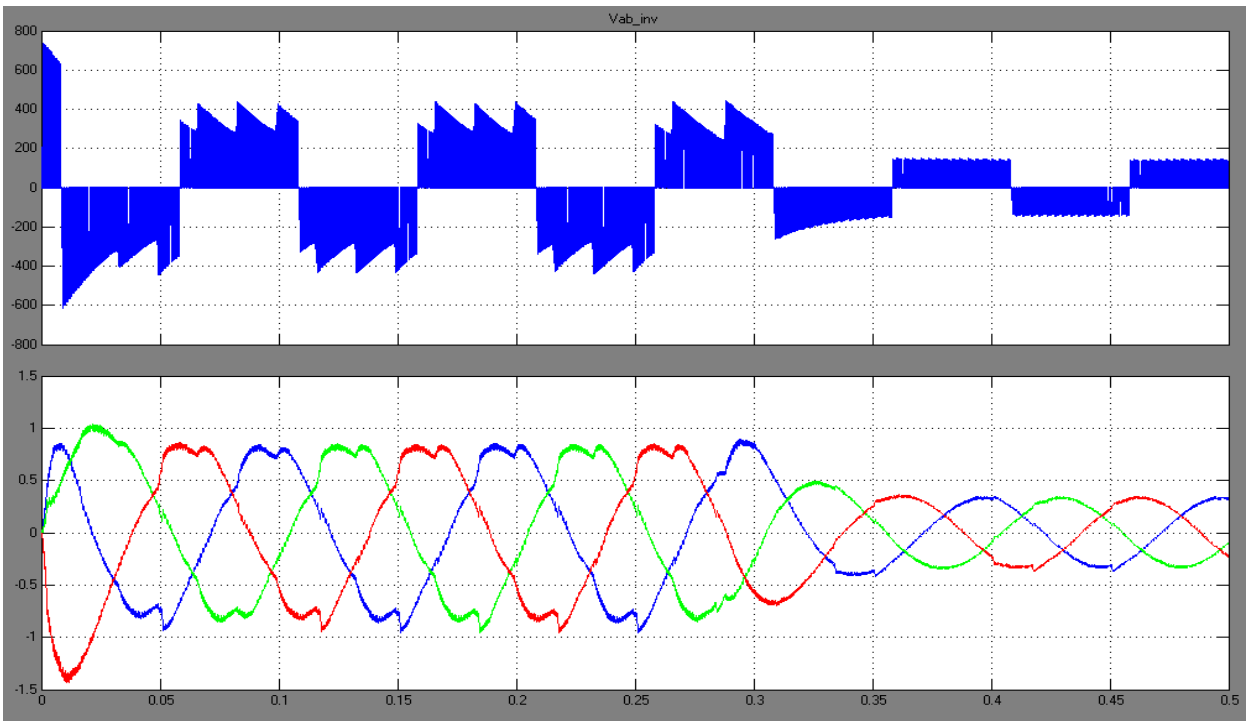


4.3 Сурет – Басқарылатын түзеткіш – инвертор схемасының MATLAB ортасындағы моделі

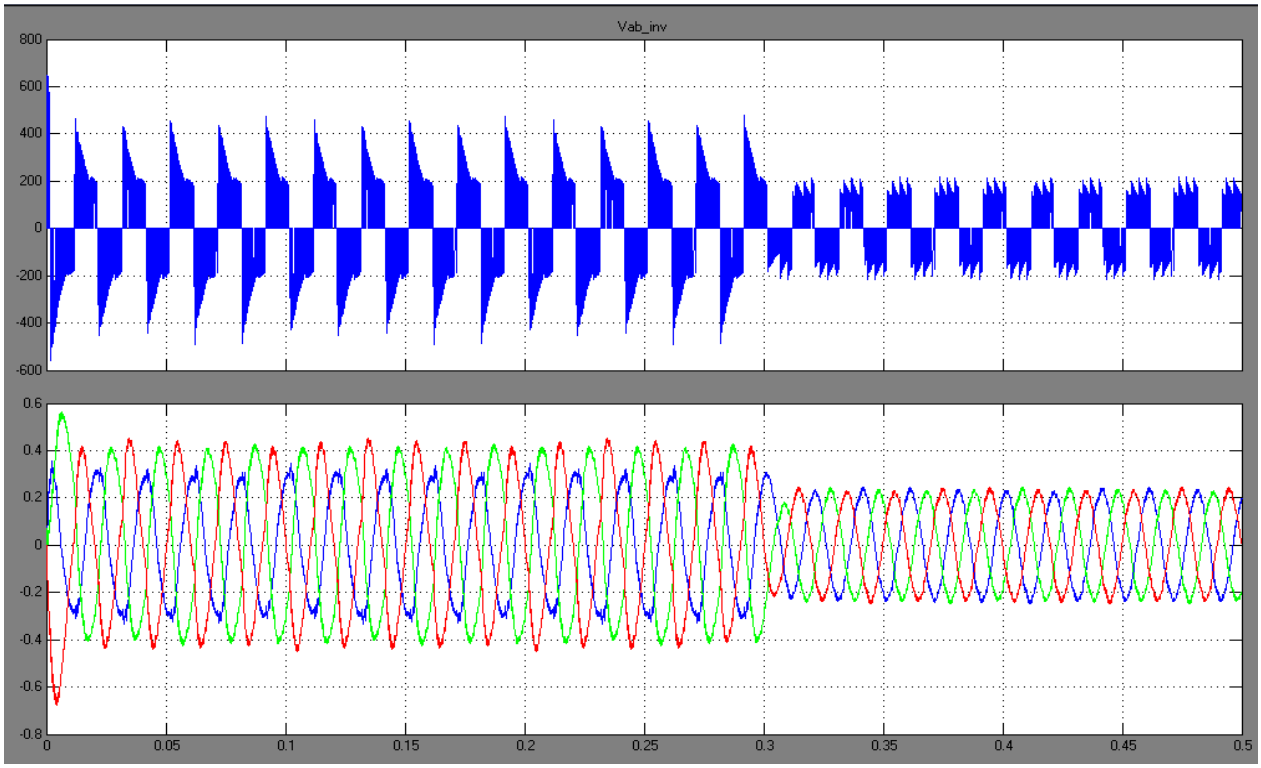
Инвертордың негізгі атқаратын қызметі шығысында жиілігі мен амплитудасы белгілі бір заңдылықпен реттелетін айнымалы ток кернеуін қалыптастыру.

Бұл талаптарды тұрақты ток көзінен қоректенетін транзисторлы түрлендіргіштер қанағаттандыра алады. Мұндай түрлендіргіштер автономды кернеу инверторы деп аталады.

Модельдеу нәтижелерінен көрініп тұрғандай түзеткіш тобындағы тиристорладың ашылу бұрышының өзгеруіне байланысты реттелетін ток пен кернеу инвертор арқылы жиілігі мен амплитудасы өзгертіліп екіжақтан қоректенетін машинаның ротор орамдарына беріледі.



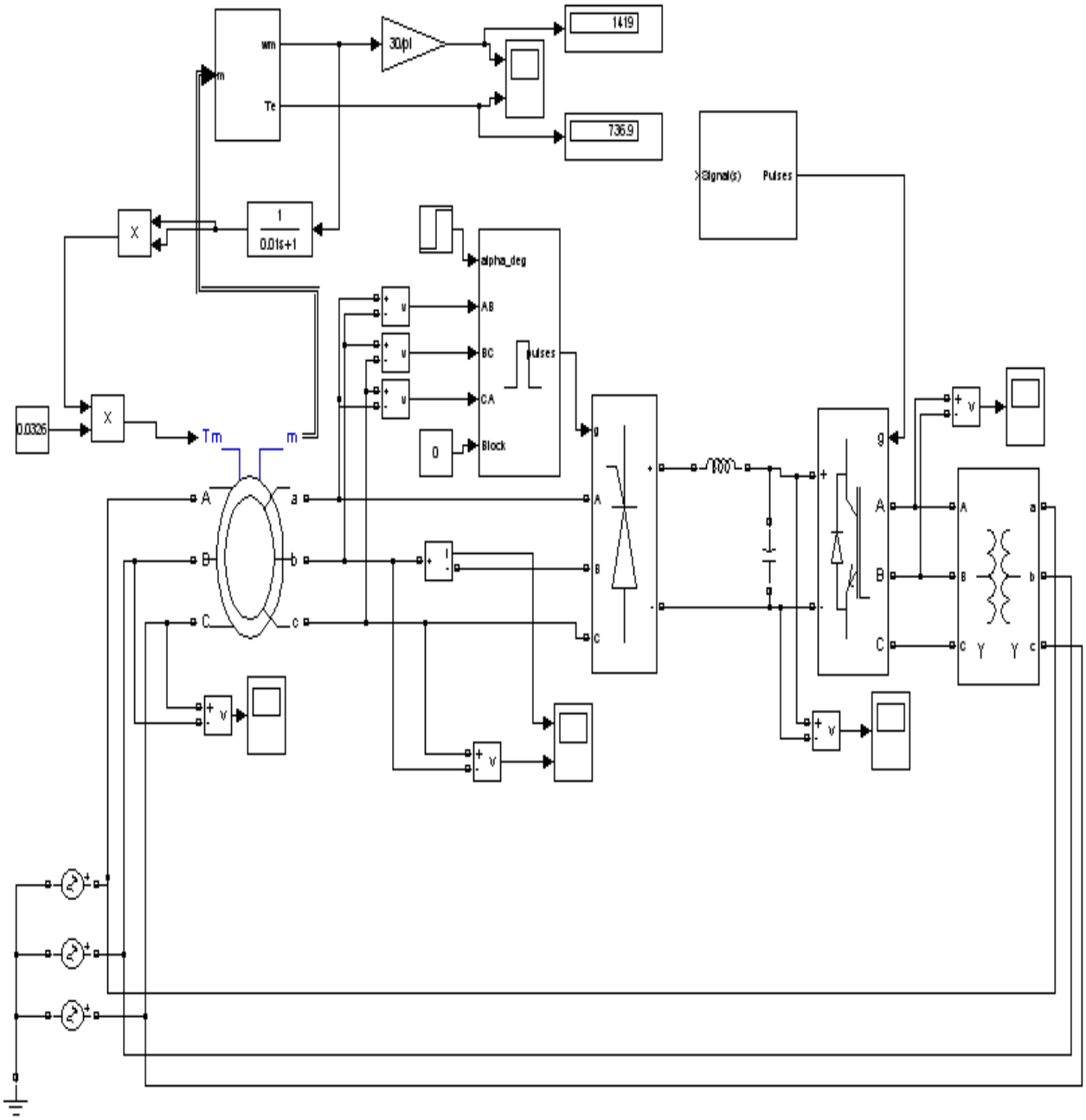
4.4 Сурет – Басқарылатын түзеткіш – инвертор схемасының шығысындағы кернеу мен ток қисықтары



4.5 Сурет – Басқарылатын түзеткіш – инвертор схемасының шығысындағы кернеу мен ток қисықтары

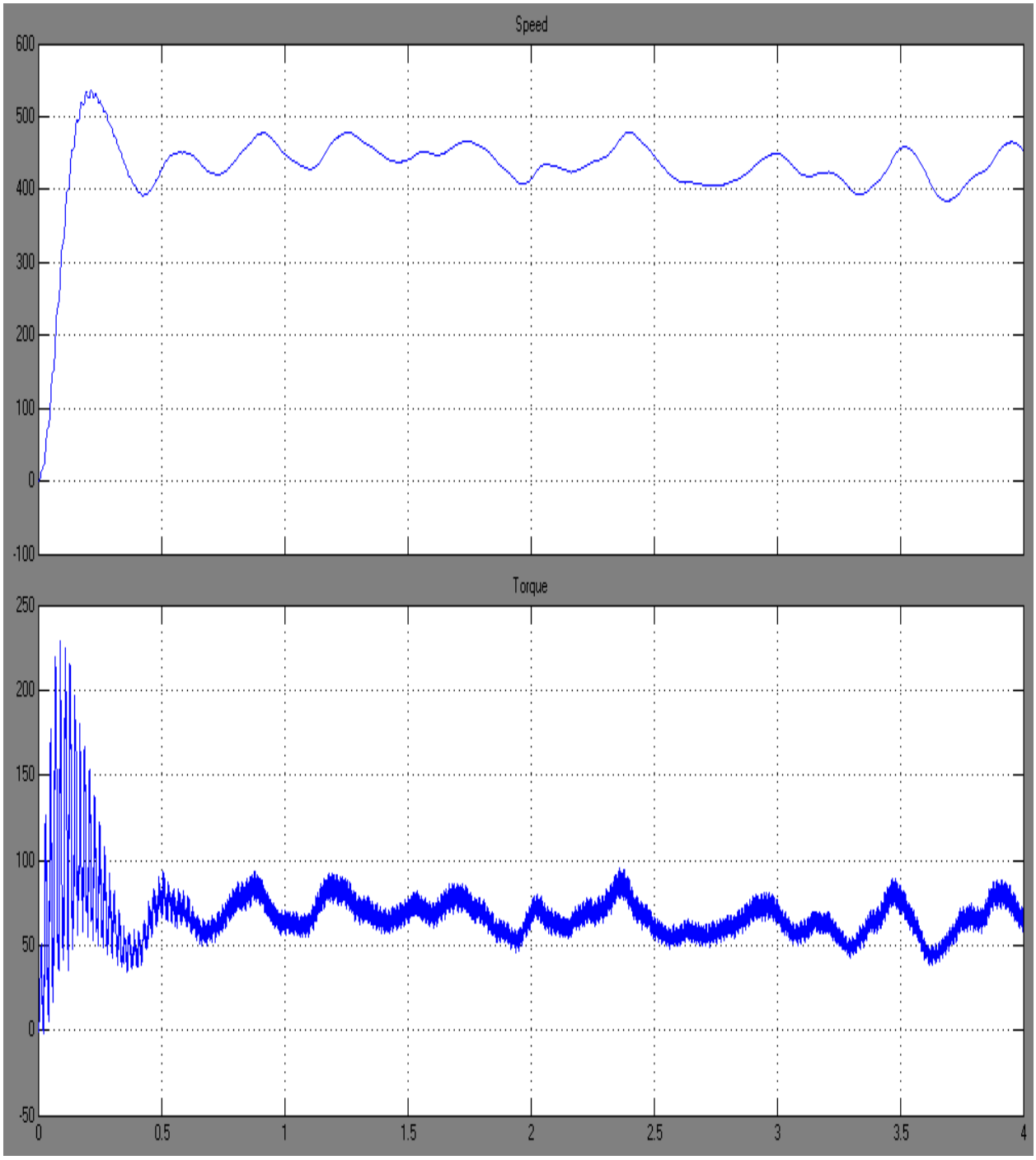
Суреттерде көретініңіздей түзеткіш және инвертор сұлбаларында оларды басқару ретінде синхронды импульс генераторлары қолданылады. Мысалы, түзеткіш үшін бұл блокқа әр фазадағы кернеу мәндері жайлы синхронизациялау мәліметтері, және тиристорлардың ашылу бұрышы жайлы мәліметтері түседі. Осы мәліметтерге сәйкес синхронды импульс генераторлары тиристорларға басқару импульстарын беріп, түзеткішті реттеп реттеп отырады.

Вентильді каскад схемасымен жұмыс жасайтын бірінші асинхронды қозғалтқыштың моделі 4.6 суретте келтірілгендей болады

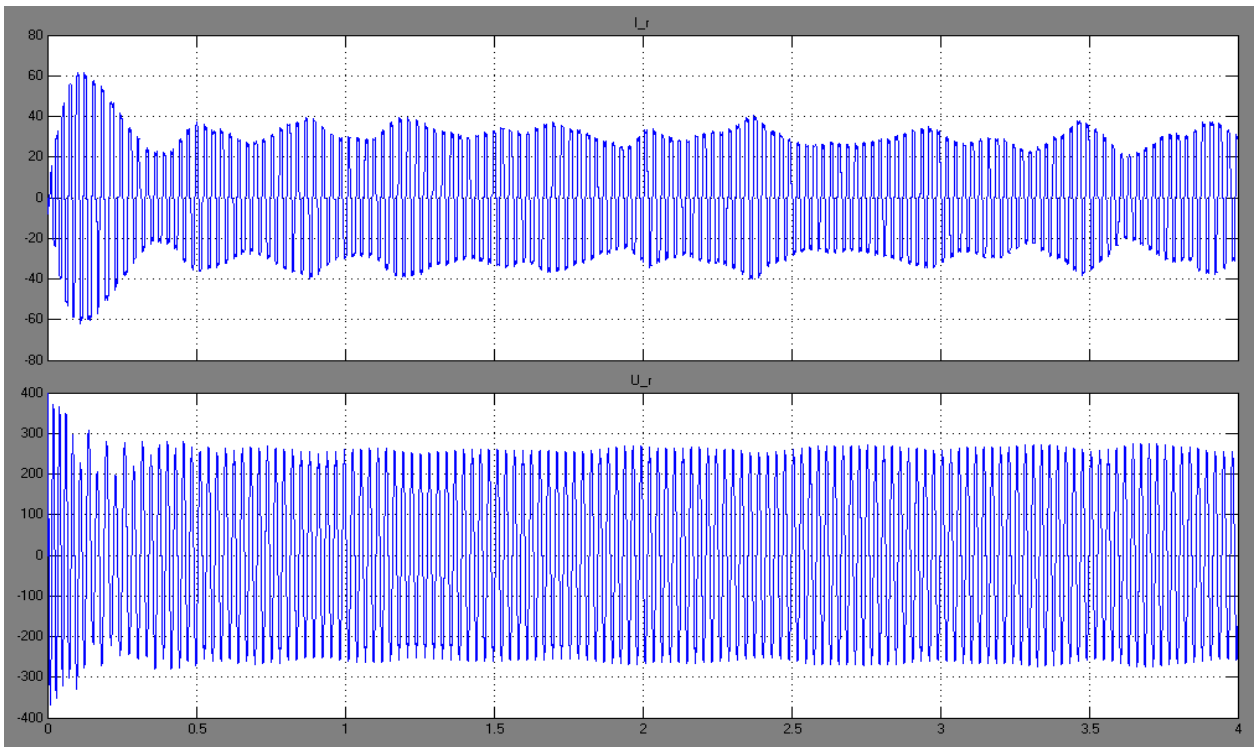


4.6 Сурет – Асинхронды вентильді каскад схемасымен жасалған электржетегінің MATLAB ортасындағы моделі

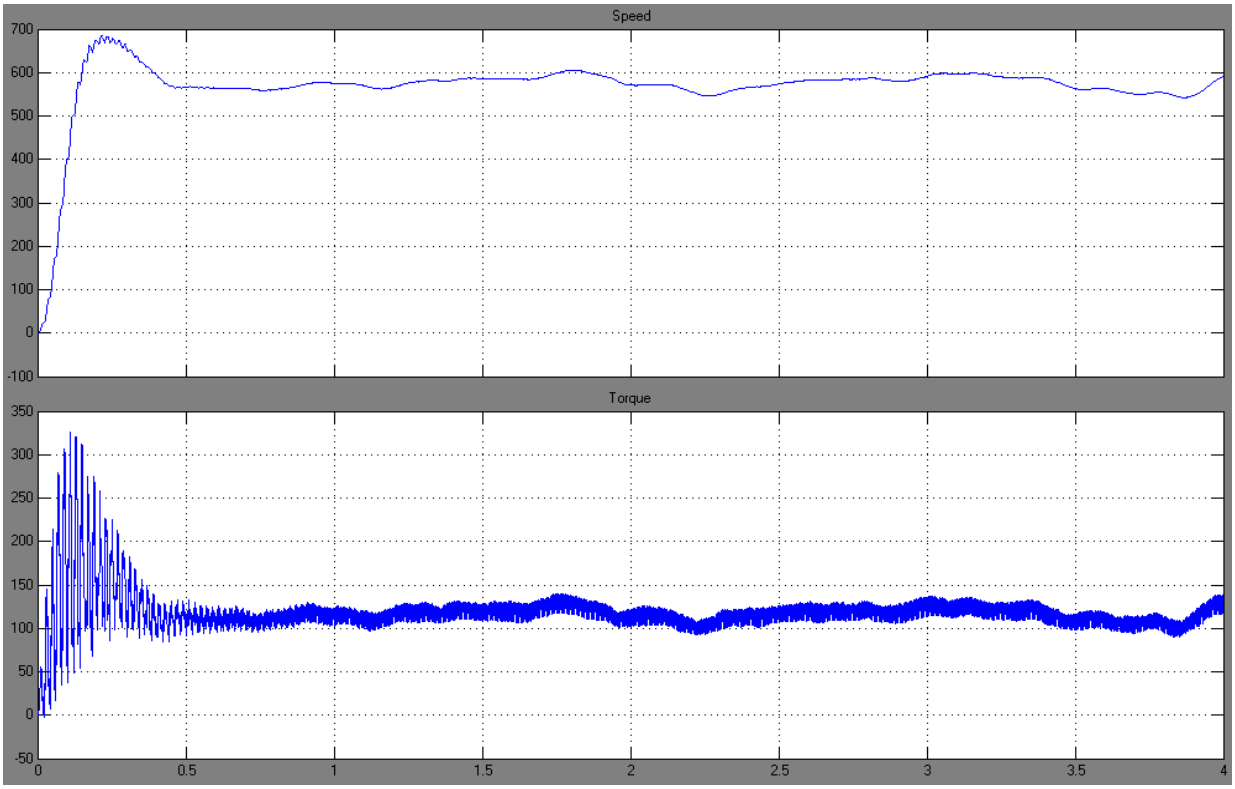
Түзеткіштік топ тиристорларының (β) - ашылу бұрышының шамасы әртүрлі болған кезіндегі асинхронды – вентильді каскад схемасымен жұмыс жасайтын бірінші қозғалтқыштың реттеу сипаттамалары 4.7 және 4.12 суреттерде көрсетілген.



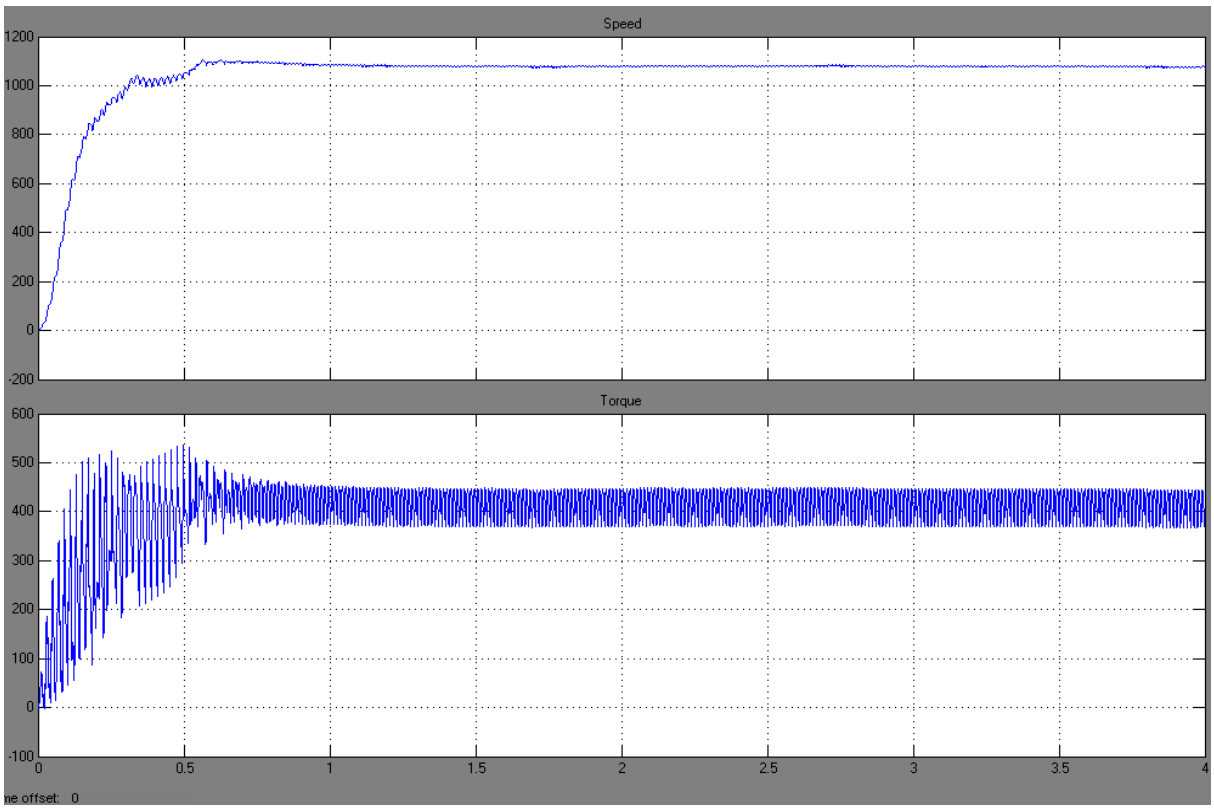
4.7 Сурет – Басқару бұрышы $\beta = 15^0$ болғанда қозғалтқыштың айналу жилігі мен айналдыру моменті қисықтары



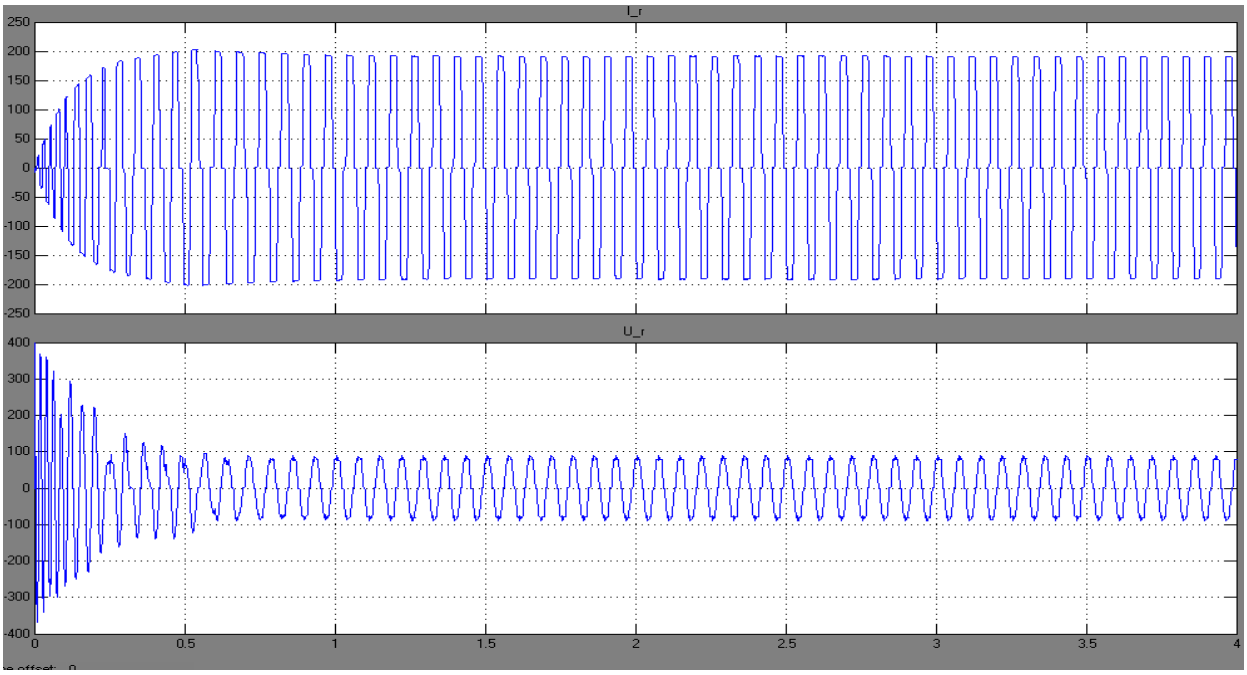
4.8 Сурет – Басқару бұрышы $\beta = 15^0$ болғанда қозғалтқыштың ротор орамдарындағы ток пен кернеу қисықтары



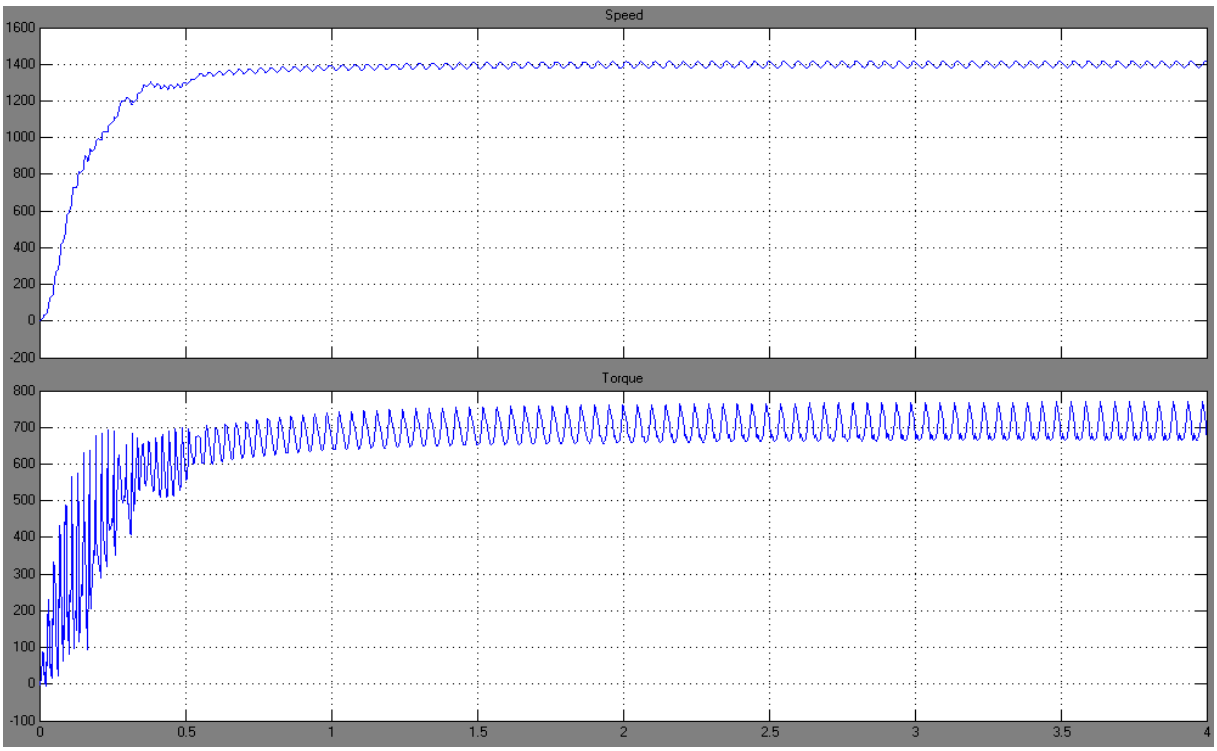
4.9 Сурет.– Басқару бұрышы $\beta = 30^0$ болғанда қозғалтқыштың айналу жилігі мен айналдыру моменті қисықтары



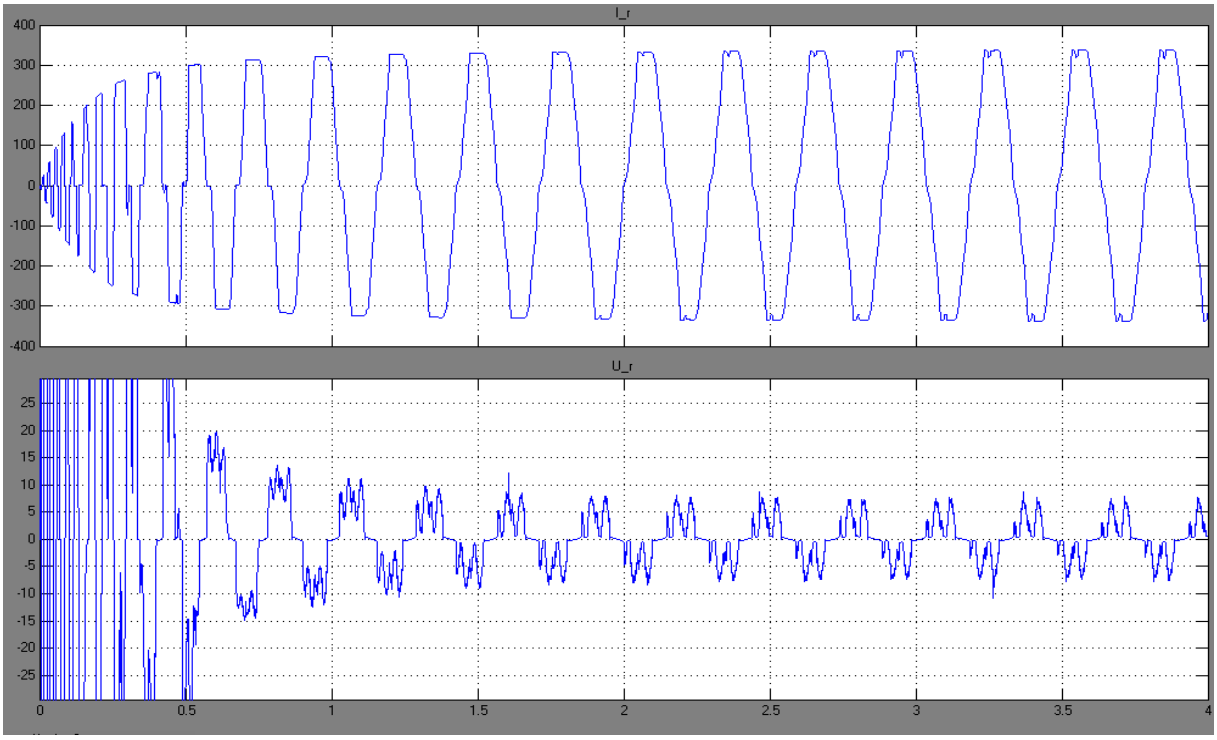
4.10 Сурет.– Басқару бұрышы $\beta = 60^0$ болғанда қозғалтқыштың айналу жилігі мен айналдыру моменті қисықтары



4.11 Сурет – Басқару бұрышы $\beta = 60^0$ болғанда қозғалтқыштың ротор орамдарындағы ток пен кернеу қисықтары



4.12 Сурет – Басқару бұрышы $\beta = 90^0$ болғанда қозғалтқыштың айналу жилігі мен айналдыру моменті қисықтары



4.13 Сурет – Басқару бұрышы $\beta = 90^0$ болғанда қозғалтқыштың ротор орамдарындағы ток пен кернеу қисықтары.

4.3 Ротор тізбегі арқылы басқарылатын асинхронды электр жетегінің математикалық моделі

Асинхронды қозғалтқышты ротор тізбегіндегі қосымша ЭҚК арқылы басқарудың динамикалық және структуралық схемасы [7] әдебиететте қарастырылған. Алайда бұндай жүйенің электромагнитті процесстерді зерттеу барысында асинхронды қозғалтқыш пен тиристорлы түрлендіргіштердің бірге жұмыс істеу ерекшеліктерін ескерген жөн.

Мысалы тұрақты тоқ электр жетектеріндегі тиристорлы түрлендіргіштерде инвертордың кернеуіне үздіксіз аппроксимация жасауға болады. «Асинхронды қозғалтқыш – түзеткіш – инвертор» тізбегеінің параметрлерін тұрақты тоқ тізбегіне келтіру қолайлы. Осындай жағдай үшін электромагнитті тізбек сұлбасы 4.14-суретте көрсетілген.

Ротор тізбегіндегі ЭҚК тұрақты тоқ тізбегіне сұлба коэффициентіне ($k_{сх}$) көбейту арқылы келтіріледі

$$e_{d2} = k_c \cdot E_{2H} \cdot s \qquad (4.1)$$

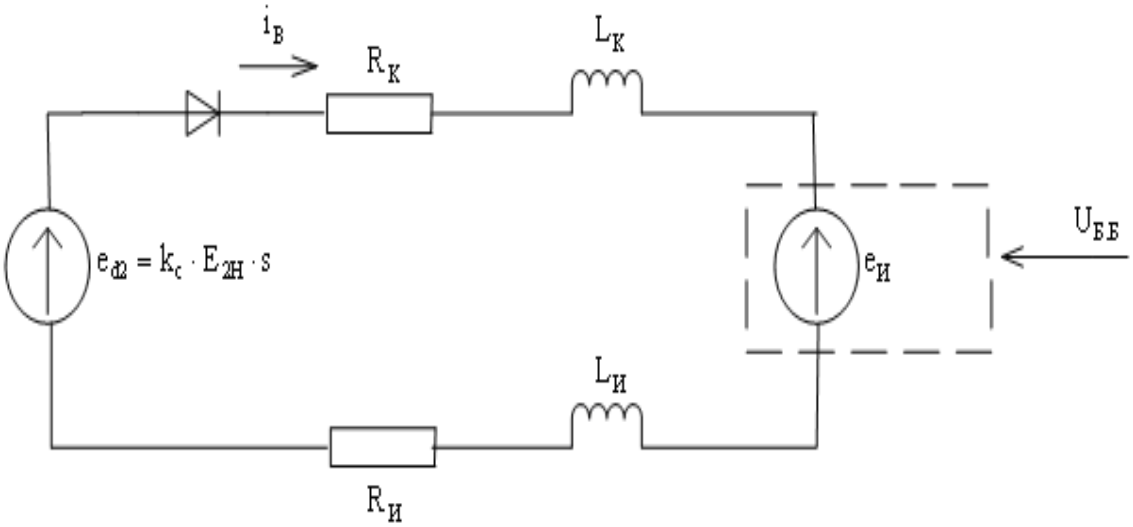
Электромагнитті моменттің ротор тізбегінденгі тоқтан тәуелділігін келесі теңдеуден көруге болады

$$M \approx \frac{k_{сх} \cdot p_n \cdot E_{2H}}{\omega_H} \cdot i_в = c_д \cdot i_в \qquad (4.2)$$

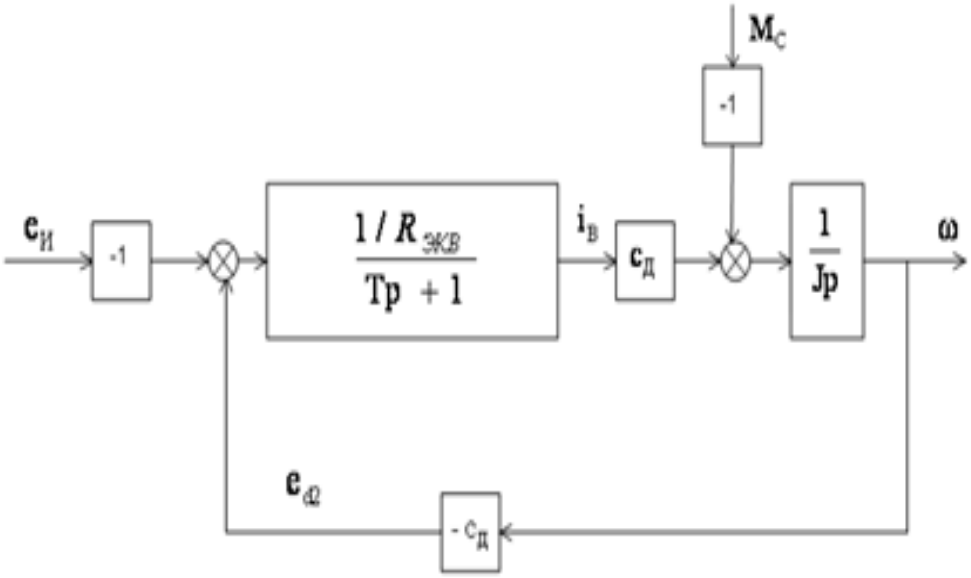
мұндағы p_n - қозғалтқыштың полюстер саны;

ω_H -электр желісініндегі кернеудің номинал бұрыштық жылдамдығы;

$c_д$ -АВК сұлбасында қозғалтқыш тұрақтысы.

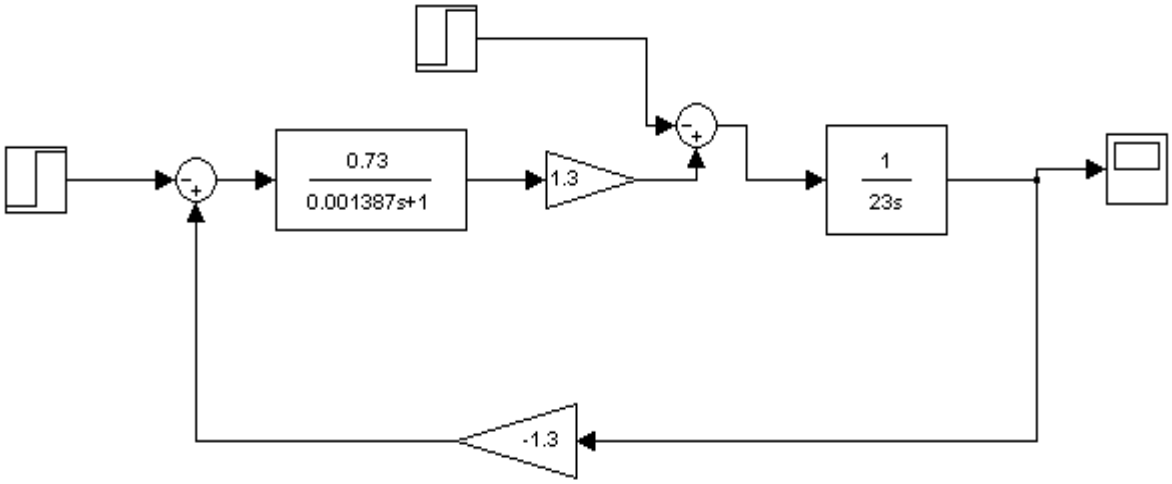


4.14 Сурет – «Асинхронды қозғалтқыш – түзеткіш – инвертор» кетірілген электромагнитті тізбек сұлбасы



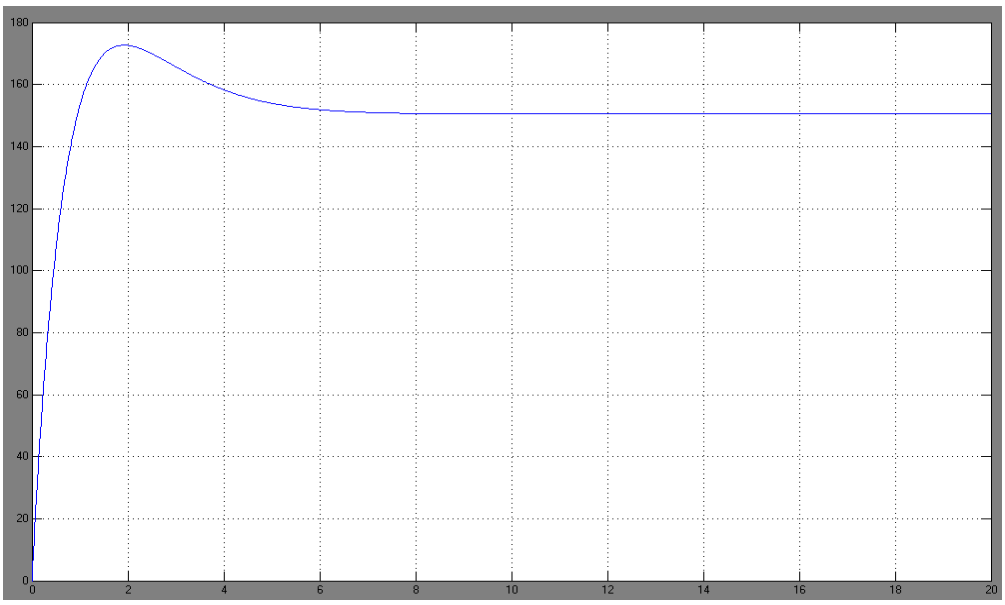
4.15 Сурет – Жүйенің жұмыс нүктесінде сызықтандырылған құрылымдық сұлбасы

Жоғарыда жүйеміздің жұмыс нүктесінде сызықтандырылған динамикалық құрылымдық сұлбасы келтірілген. Бұл суреттегі $T = \frac{L_{экв}}{R_{экв}}$ - электр жетектің тізбегіндегі электромагнитті уақыт тұрақтысы.



4.16 Сурет – Жүйенің жұмыс нүктесінде сызықтандырылған Matlab ортасндағы құрылымдық сұлбасы

Өзіміздің қарастырып жатқан қозғалтқышымыздың мәндерін қйоып, Matlab ортасында құрылымдық сұлбаны жинайық. Оның нәтижелері келесі суреттерде көрсетілген.



4.17 Сурет. Ротор тізбегіндегі ЭҚК-ға қатысты жылдамдықтың өтпелі сипаттамасы.

5 Еңбек қорғау

5.1 Қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың анализі

Бұл дипломдық жұмыста ұзақ мерзімге жұмыс істейтін екіжақтан қоректенетін машиналар негізінде жасалған екі қозғалтқышты электржетегінде қозғалтқыштарының келісімді айналу жылдамдығын қамтамасыз ететін құрылғы қарастырылып отыр.

Еңбекті қорғау және техникалық қауіпсіздік шаралары тұрғысынан қарағанда келесідей қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың пайда болу мүмкіндігі бар:

1) электрлі жарақаттарды алу мүмкіндігі;
2) механикалық жарақаттарды алу мүмкіндігі;
3) шу;
4) шаң-тозаң (адам денсаулығына қауіпті заттар);
5) құрылғыны жеткілікті жарықтандыру;
6) электрмагниттік сәулелендіру;
7) өрт қауіпсіздігі.

5.2 Сақтау шаралары

Еңбек қауіпсіздігі мен зиянсыздығын қамтамасыз ететін сақтау шаралары: ұйымдастыру және техникалық деп бөлінеді.

5.2.1 Ұйымдастыру шаралары

Мұнай айдау станциясының автоматтандыру жүйесіне кіретін есептеу орталығы, жобалау бөлімі болып табылады.

Еңбек қорғау жұмысын басқару, ұйымдастыру, сонымен қатар оның жағдайына жауапкершілік, магистралды мұнай құбырының бас директорына және бас инженеріне, ал жобалау бөлімінде - кәсіпшілік бастығына жүктеледі. Еңбек қорғауды ұйымдастыру үшін орталық пункт басқармасында еңбек қорғау бөлмесі; еңбек қорғау инженері, ал жобалау бөлімінде – еңбек қорғау бұрышы.

Қауіпсіздендіру техника нұсқауынан өткен адамдар ғана, жұмысқа жіберіледі. Жобалау бөлімінде нұсқаулардың келесі түрлері қарастырылады:

1) енгізілген нұсқау жұмысшыларды қауіпсіздік техникасының жалпы қағидаларымен, өндірістік санитариямен, негізгі заңдылықтар және ішкі жұмыс тәртібінің қағидаларымен таныстыру мақсатында жүргізіледі. Бұл нұсқауды еңбек қорғау инженері оның мамандығына, квалификациясына, стажына, білімі немесе қызмет орнына тәуелсіз жұмысқа қабылданғандардың барлығымен 2 сағат шамасында жүргізеді;

2) нұсқау жұмыс орнында нақты мамандықтар үшін қазіргі еңбек қорғау нұсқауларымен таныстыру мақсатында жүргізіледі. Ол әр жұмысшымен жеке түрде қауіпсіздік әдістерді көрсетумен жүргізіледі;

3) күнделікті нұскау өндірісте қауіпті жұмыс алдында жүргізіледі;

4) қайталау нұсқауы квалификациясына тәуелсіз барлық жұмысшылармен жүргізіледі. Бұл нұсқау жарты жылда бір рет жеке немесе топпен бірге жүргізіледі;

5) жобалаусыз нұсқау қауіпсіздік техникасының нұсқауы өзгерген кезде, жабдық немесе технологиялық үрдістерді ауыстырған кезде жүргізіледі.

Жұмысшы қауіпсіздік техникасын бұзғанда жүргізіледі.

Еңбек қорғау заңдылықтарын сақтау Мемлекеттік қадағалаудың техникалық инспекторы, мемлекеттік санитарлық инспекция және жергілікті комитет профсоюзының инспекторлары жүргізеді.

Есептеу орталығында (Е.О.) ай сайын Е.Қ. туралы журналдар тарату,

лекция жүргізу, қауіпсіздік техникасы қағидасының бұзылуы туралы ақпаратты қағаздар шығарылуы қарастырылады.

Ұйымдастыру шаралары еңбек қауіпсіздігі мен зиянсыздығы бойынша

толық кешенін құрайды. Барлық жұмыстар еңбекті қорғау және техника қауіпсіздігі ережелерінің нормаларына сәйкес негізде орындалады.Бұл ережелер мен нормалар негізінде, сақтау басқармасы кәсіпорынның еңбекті қорғау бөлімімен бірге, жұмыстың орындалу үшін байдаланылатын барлық мамандықтар мен барлық жабдықтар түріне, еңбекті қорғау бойынша нұсқама жасалынады.

Жаңадан қабылданған барлық адамдар үшін еңбекті қорғау бөлімінің қызметкерлерімен кіріспе нұсқама жүргізіледі. Жаңадан қабылданғандардың жұмыс орындарында және де өзге кәсіпорын бөлімдерінен, және өзге цехтардан ауысып келген жұмыскерлермен цех әкімшілігі бастапқы нұсқама жүргізеді. Периодты түрде алты айда бір рет барлық жұмыскерлерімен қайталау нұсқама жүргізіледі.

Еңбекті қорғау жағдайына жалпы жауапкершілікті, кәсіпорын директірі мойнына алады.. Ал жұмысшы орындарындағы еңбекті қорғау жұмысы, цех бастықтары мен бас мамандарының жаупкершілігінде болады.

Еңбекті қорғау, техникалық қауіпсіздік жағдайларын еңбекті қорғау,техникалық және санитарлық инспекциялары бақылайды.

Бұл бөлімде жұмыс істейтін жұмыскерлер мүшелерін еңбек ұжымының

кеңесімен қоғамдық бақылау жүргізетін еңбекті қорғаудың қоғамдық инспекторы тағайындалады.

5.2.2 Техникалық шаралар

Өндіріс үрдісінде пайда болатын жарақаттың негізгі түрі электрлік жарақаттар болып табылады, сондықтан электр қауіпсіздігі бойынша шараларға аса көңіл бөлу қажет.Электр тоғы адам денесінен өткен кезде оған өте күрделі әсерінен тигізеді. Бұл термиялық, электролиттік және

биологиялық әсерлер. Солардың ішінде тірі организмдерге лайықты биологиялық әсер ең күрделі болып саналады. Осы әсерлердің кез-келгені электрлік жарақаттануға әкеліп соғады.

Электрлік жарақаттану деп - электр тоқ немесе электрлік доға әсерінен болатын организмның жарақаттануын түсіну кере. Электрлік жарақаттану жергілікті электрлік жарақаттану және электрлік соққы деп екіге бөлінеді.

Жергілікті электрлік жарақаттануға:

1) электрлік күйік (жанасу орнында электр тоғы әсерінің жылулық нәтижесі);
2) электрлік таңба (ток әсері негізінде болатын терінің спецификациялық зақымдануы),электрлік доға әсерінен балқыған метал үйіршіктерімен терінің металлизациялануы;
3) ээлектрофтальмия (электрлік доғаның ультрақызыл сәулелерінің әсерінен болатын адам көзінің сыртқы қабатының зақымдануы);
4) тоқ әсерінен бұлшықеттерінің еріксіз сығылу әсерінен болатын (терінің жыртылуы, буындардың шығуы,сүйек сынуы), механикалық жарақаттану жатады.

Ереже бойынша, көбінесе электрлік жарақаттар төменде келтірілген жағдайлар нәтижесінде пайда болады:

1) жабдықтың тоқ жүретін бөліктеріне төменгі кедергісі бар заттармен тікелей жанасу себебінен;
2) жабдықтың тоқ жүретін бөліктеріне корпустағы фазалардың тұйықталу нәтижесінде кернеу болғанда жанасу себебінен.

Осы екі себеп адамға ток өтіп кету жағдайына алып келуі мүмкін. Өйткені өндірісте жоғары кернеулі тоқ көзі және қуты күшті жабдық қолданылады, сондықтан адамға тоқ өткен кезде ол салмақты түрде жарақат алуы мүмкін, тіпті өліп кетуі мүмкін.

Жабдықтың тоқ жүретін бөліктерінен адамды тоқ соғудан сақтау ушін, жабдықтың барлық тоқ жүретін бөліктері сенімді түрде изоляциялануы қажет, яғни барлық сымдары изоляциямен, сымның барлық қосылыстары мен бөлінулері муфтамен, қаптағыштарымен жабылуы тиіс. Міндетті түрде изоляция жағдайына бақылау жүргізіледі, жұмысшы ауысу (смена) аралығында визуалды бақылаумен және периодты түрде үш айда бір рет изоляция кедергісін өлшеу жүргізіледі.

Кабель сымдарын тасу орамдары олармен кенеттен жанасу себебінен сақтану үшін аяқ баспайтын жерлерде болуы тиіс.Қысқаша тұйықталу тоқтарының электр тораптарынан сақтау үшін электромагнитті немесе жылу басқыштарына автоматты іске қосқыш жабдықтары ұсынылады.

Автоматты өшіруді іске қосқыштың номиналды тоғы I_H=500 А-ді үшеумен жабдықталған, өшіруді іске қосқыштың уақыты t=0.3÷0.5с, басқыштың типіне тәуелді. Жабдыұтың тоқ өткізуші бөліктерінен жанасу себебінен, ток өту себебінен және құрылыс конструкциясының сақтау үшін нөлге келтіру жүйесін пайдалану ұсынылады.

Нөлге келтіру жүйелері терең тұйықталған нейтралды 1000 В дейінгі кернеумен үш фазалы тораптар қолданылады. Нөлге келтіру жүйесімен жұмыс

істеу принципі, қорапта тұйықталған фазалы, бірфазалы қысқа тұйықталуға келтіріледі. Мұнда тізбекте мәні автоматты іске қосқыштағы номиналды токтан асатын қысқа тұйықталу тоғы құрылады. Мұның нәтижесінде максималды рұқсат етілетін сақталу жүргізіледі.

Электрлі жабдықпен жұмыс істеу кезінде, және сақтау шараларын қолдану қажет. Үздіксіз тасымалдау тізбегінің асинхронды машиналар негізінде жасалған екіқозғалтқышты электржетегінде қозғалтқыштар ұдайы қозғалышта болатын бөліктері адамдарға механикалық жарақаттар келтіру қаупі бар. Адамдар жабдықтың қозғалмалы және жылжымалы бөліктерімен әсерлескен кезінде пайда болу мүмкін механикалық жарақаттардан қорғау үшін, барлық күшті жабдықтарды жұмыс орындарын жеке бөліктерінде қою керек. Жұмыс орнының бұл бөліктері адамдардан биіктігі 1,4 м қоршаумен қоршалуы керек.

Электроқозғалтқыштарының қорғау дәрежесі халықаралық (IP-international Protection) стандартқа сай келеді. Қорабының ішіне саусақ немесе 0,08 м ұзын заттар кіруіне және 0,025 м артық қатты заттар түсінен қорғалған. Қорабының ішінде диаметрі немесе жуандығы 0,012 м артық емес қатты заттар түсуінен қорғалған.

Қауіпті аймаққа кіруге арналған қақпаларымен, қауіпті жағдай болған кезде электр жабдықтарының ток көздеріне кернеуді беруді тоқтататын, яғни жабдылатын құлыптармен жабдықталуы тиіс. Қоршау ескерту белгілерімен жабдықталуы тиіс.

Сонымен бірге жабдық, қауіпсіз шектен шығу, құрылғының істен шығу, агрегаттар мен түіндердің өздігінше істен шығуы сияқты, жұмыстың жұмыс емес режимдерінің алдын алатын сақтаушы және блоктаушы құрылғылармен жабдықталған. Жеке сақтану үшін, жабдықпен жұмыс істеу кезінде адамдарды сақтайтын берік материалдардан тігілген арнайы киімдерді кию ұсынылады.

Ұзақ мерзімге жұмыс істейтін асинхронды машиналар негізінде жасалған екіқозғалтқышты элетржетегіндегі қозғалтқыштар жұмыс істеген кезде, шу дәрежесі мемлекеттік стандарт бойынша рұқсат етілген аралықта қозғалтқыштардың шу дәрежесі 90 дБ, ал тиристролы түрлендіргішпен асинхронды қозғалтқыштардың шу дәрежесі 83 дБ-ден аспайды. Ұзақ мерзімге жұмыс істейтін асинхронды машиналар негізінде жасалған екіқозғалтқышты электржетегіндегі қозғалтқыштар жұмыс істеген кезде шаң-тозаң, адам денсаулығына қауіпті заттар ұшқынынан сақтау

Қондырғының айласын жарықтандыру үшін тәуліктің жарық уақытында табиғи жарықты қолданып, ал қаранғы уақытта жасанды жарықты қолданып, ал қаранғы уақытта жасанды жарықты қолдану ұсынылады. Табиғи жарықтандыру коэффициентінің мәні 1,5 кем болмауы керек.

Табиғи жарықтандыру үшін бір жақты бүйір жарықтандыру, терезелерден түсетін жарықты қолдану ұсынылады. Қондырғының қозғалтқыштарының әрбіреуіне, тиристорлы жиілік түрлендіргішіне және түзеткішке жеке электр шамшырақтарымен жарықтандырылады.

5.3 Жерге қосудың есептелінуі

Есебімізге қажетті шамалар:

1) энергоқұрылғының сипаттамасы;
2) құрылғының типі, негізгі құраушылардың түрі, жұмысшы кернеу;
3) құрылғының типі, негізгі құраушылардың түрі, жұмысшы кернеу;
4) жоспарланған жергеқосқыш электродтарының мөлшері және де жерге қағылу тереңдігі;
5) табиғи жерге қосқыштарының мәндері: тікелей өлшеу нәтижесінде алынған ғимараттар кедергісі; егер қандай да бір себептермен ғимараттың табиғи жергеқосқыштарының кедергісін өлшеу мүмкіншілігін болмаса, онда жергеқосқыштың есептеулерімен анықтайтын мағлұматтар болуы керек;
6) жергеқосқыш орнатылатын жердің салыстырмалы кедергісінің өлшеулері туралы және сол өлшеулер жүргізген кездегі ауа райы туралы мағлұматтар және айматтық климаттық сипаттамалары тиіс.

Жергеқосқыш құрылғының кедергісін R_H анықтау:

1) кернеуі <1000 В электроқұрылғылары үшін $R_H \leq 0.4$ Ом. 100 кВт трансформатор көмегімен және одан да кіші жергеқосқыш құрылғысы болса 10 Ом артық болмауы тиіс;

2) 1000 В және одан да жоғары электроқұрылғылар үшін ұлкен жергеқосқышты токтарды (жерге берілетін ток $I_ж$=500 А) $R_H \leq 0.5$ Ом;

3) егер жергеқосқыш құрылғысы 1000 В дейін және одан да жоғары кернеулі құрылғылар үшін бір мезетте қолданылатын болса, онда R_H=125 / $I_ж$, 1000 В дейінгі құрылғыларға көрсетілген R_H–нен үлкен болмауы тиіс (4 немесе 10 Ом);

4) кернеуі 1000 В-тан жоғары, бірақ 10 Ом-нан жоғары бомайтын жерге тоғы аз болатын ($I_ж$>500 А) $R_H \leq 250 / I_ж$.

Жоғарыда айтылғандарды ескерсек $R_H \leq 125$ шамасында, өйткені құрылғымыз 1000 В-тан жоғары. Жердің салыстырмалы кедергісін анықтауды қарастырайық. 10 кВт жағындағы қысқа тұйықталу тоғын келесі өрнек бойынша табамыз

$$I_ж = U \cdot \frac{(35 \cdot l_k + l_a)}{350} \qquad (5.1)$$

$$I_ж = U \cdot \frac{(35 \cdot 1 + 1)}{350} = 0{,}039 \text{ А} \qquad (5.2)$$

Климаттық жағдайларға байланысты төменде келтірілген 5.1 кесте бойынша климаттық зонаның мезгілдік коэффициентін анықтаймыз. Біздің жағдайымыз үшін үшінші климаттық зонаны аламыз.

Жердің салыстырмалы кедергісінің мәнін анықтаймыз

$$\rho_т = \rho_{сал} \cdot \varphi_т$$

$$\rho_к = \rho_{сал} \cdot \varphi_к$$

мұндағы $\rho_т$,$\rho_к$- сәйкесінше тік және көлденең электродтар үшін жердің есептеу кедергісі;

$\varphi_т$,$\varphi_к$ – мезгілдік коэфициентте, жыл ішінде жер кедергісінің мүмкін блатын жоғарлауын ескеретін және сәйкесәнше тік және көлденең электродтар үшін өлшеген кездегі жердің жаңдайы;

$\rho_{сал}$ – жердің салыстырмалы кедергісі;

Жердің салыстырмалы кедергісінің мәнін 5.3 кестесінен аламыз

$$\rho_{сал}=130\cdot м$$

Төмендегі 5.3 кестеден мезгілдік коэффициентті ескере отырып жердің салыстырмалы кедергісінің мәнін анықтаймыз

$$\varphi_т=1,6;\ \varphi_к=3.$$

Сонда $\rho_т=130\cdot 1,5=195\cdot м$

$$\rho_к=130\cdot 3=390\cdot м$$

5.2 Кесте – Біртекті жер үшін мезгілдік коэфициенттері

Климаттық зона	Жердің жағдайы		
	орташа	жоғарланған	төмен
Тік			
I	1,9	1,7	1,5
II	1,7	1,5	1,3
III	1,5	1,3	1,2
I	1,3	1,1	1,0
Көлденең			
I	9,3	5,5	4,1
II	5,9	3,5	2,6
III	4,2	2,5	2,0
I	2,5	1,5	1,1

Төмендегі 5.3 кестеде әртүрлі жерлердің слыстырмалы электрлік кедергілерінің жуық шамалары келтірілген, Ом·м.

Жергеқосқыш ретінде қолданылатын фундамент кедергісі кесте бойынша мынаған тең

$$К_ф=15\ Ом$$

Формула бойынша фундамент кедергісін былай табамыз

$$R_ф=\sqrt{0,43\cdot 15cth}(\sqrt{0,43\cdot 15\cdot 12,2200}\cdot 10^{-3}/10^{-3}/12-1)=2,54cth0,406$$

5.3 Кесте – Жердің салыстырмалы электрлік кедергілері

Жер	Мүмкін болатын тербелу аралықтары	Жердің 10-20 % ылғалдылығында
Саз	8-70	40
Топырақ	40-150	100
Құм	400-700	700
Саз-құм	150-40	300

Котангенстің гиперболалық мәнін былай анықтаймыз

$$cth0{,}406 = \frac{1^{0{,}406} + 1^{-0{,}406}}{1^{0{,}406} - 1^{-0{,}406}} = 2{,}66$$

Сонда $R_ф$=2,54·2,6=6,6 Ом

Табиғи жерге қосқыштардың ағынды ток кедергілерін анықтауды қарастырайық

$$R_{таб} = \frac{4 \cdot 6.6}{6.6 - 4} = 10{,}15 \text{ Ом}$$

Бір тік электродтың кедергісі мынаған тең болады

$$R_{тік.эл} = \frac{195}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 3}(\ln\frac{2{,}3}{0{,}5} + \frac{1}{2}\ln\frac{9{,}2+3}{9{,}2-3}) = 53{,}06 \text{ Ом}$$

Қажетті минималды электродтар саны былай есептелінеді

$$N = \frac{53{,}06}{10{,}15} = 5{,}23$$

N=5,23-ке тең болған кехде және тік электродтар арасындағы арақашықтығының ұзындығына қатынасына арқылы қажетті электродтар ұзындығыны

$$L_k = 6 \cdot 2 \cdot 3 = 36 \text{ м}$$

Көлбеу электродының кедергісі

$$R_{тік.эл} = \frac{390}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 36} \cdot \ln\frac{36^2}{0{,}01 \cdot 0{,}8} = 20{,}7 \text{ Ом}$$

Кестелер бойынша тік электродтар мен көлденең электродтардың пайдалану коэффициенттерін анықтаймыз

$$\eta_Т = 0{,}73, \quad \eta_к = 0{,}48$$

сонда табиғи жергеқосқыш кедергісін $R_{таб}$ келесі өрнекпен табуға болады

$$R_{таб} = \frac{20{,}7 \cdot 53{,}06}{6 \cdot 20{,}7 + 53{,}06 \cdot 0{,}48} = 9{,}46 \text{ Ом}$$

$$\frac{1}{R_ш} \le \frac{1}{R_Н} - \frac{1}{R_{таб}}$$

табиғи жергеқосқышты есептейік:

$$R_{таб} = \frac{9,46 \cdot 6,6}{9,46 + 6,6} = 3,89 \ \pi \ 4$$

демек, қойылған талаптарды қанағаттандырады.

5.4 Шудан қорғану

Өндіріс ғимаратындағы шуды азайту үшін әртүрлі әдістер қолданылады; шуды, оны тудырғыш көзінде азайту; дауысты жұту мен дауысты бәсеңдету; шуды тұтындырғыш қондырғы; СИЗ-ді қолдану.

Механикалық шуды азайту үшін жабдыққа өз уақытын жөндеу жұмысын жүргізу, соққы үрдістерді соққысызға ауыстыру, ықтиарсыз май жағуды қолдану қажет.

Оператор бөлмесінде шудың көздеріне дисплейлік және баспа құрылғылары жатады. Дыбыстың қысым деңгейі (қызмет атқаратын және нормотивті) 5.5–кестесінде көрсетілген.

Адам ағзасына зиянды әсерлер тек есту мүшесінің зақымдануын ғана емес, сонымен бірге жүйке жүйесінің қызметіне кері әсерімен сипатталады. Шудың адам ағзасына ұзақ уақыт бойы әсерінің нәтижесінде, келесі төмендегідей дерттерге шалдығуына әкеліп соғады: жүрек қағыс ритмінің бұзылуы, қан қысымының өзгеруі, есте сақтау қабілетінің нашарлауы. Шу деңгейін төмендету үшін, дыбыс жұтқыш қаптама беттер, жеке қорғаныс құралдарын қолдану арқылы жүзеге асырылады.

5.4 Кесте – Дыбыстың қысым деңгейі

	Белсенді жиілік диопозонындағы (Гц) дыбыс қысымының деңгейі(ДБ)							
Нақты барлары	63	125	250	500	1000	2000	4000	
		75	60	54	60	51	60	40
Нормативті	91	80	77	73	70	68	66	64

Аэродинамиқалық шудың төмендеуін тындырғыш қондырғысымен дыбыс бәсендету конструкциясының аэродинамикасын азайту арқылы жетуге болады.

Электр магнитті шулар электрлі машиналардағы конструктивті өзгертулермен төмендетеді.

5.5 Электр қауіпсіздікпен қамтамасыз ету

Электроэнергия өндірісте өте кең тараған және аса кең қолданатын энергияның түрі болып табылады. Сондықтан электрқауіпсіздікпен қамтамасыз етуге өте көп уақыт бөлінеді, горизонталь және вертикаль ұзындығымен санын анықтау (шиналардың дәнекерленуі), жіберілген кедергінің жерге қосылу көлемінің ережелерін белгілеу, сонымен қатар жіберілетін кернеудің қадамы мен жұғысуы.

Жерге қосылған құрылғы өлшемі 30х80 метр болатын тіктөртбұрышты көрсетеді. Тік өзектің орнына диаметрі 30 мм, ұзындығы 3 метр болатын болат, ал горизонталь дәнекерлеу үшін диаметрі 30 мм болатын құбырды қолданамыз.

Генераторлармен трансформаторлардың 100 кВт қуатында жерге қосылған құрылғыға жабдықтың сырты 1000 В дейін кернеу қосылады, яғни оның кедергісін 4 Ом жоғарлатпау керек.

5.6 Табиғи және жасанды жарықты ұйымдастыру

Қанағаттанбаушы жарық жұмыс жүргізуді қиындатады, жұмысқабілеттілікті және еңбек өнімділігін төмендетуге әкеледі, көздің әлсіреуіне және шаршағандығына ұшыратады, техникалық адамдардың және оператордың жұмыстағы қабілеттілігіне әкеп соғады. Еңбек жағдайын болдыру үшін мағыналы мән – жұмыстық орнының рационалдық жарықтануы болып табылады, объектінің кіші өлшемінің аз дәлдіктің айырымы 1 ден 5мм-ге дейін тең.

Күндіз ғимараттағы жарық табиғи болғанын, және сондай-ақ кешкі және түнгі уақыттағы ауысым-тәулік графигі бойынша жүргізілген жарық – ол жасанды.

Операторлық нүкте 6 данадан 3 қабаттарға люменесцентті лампамен жарық құрылғысы қарастырылған. ЛБ-80 түріндегі лампа.

Жасанды жарықтану жүйесіне жалпы талаптар СНиП. II-А.9-71-ге енгізіледі. Жасанды жарық. Жобалау мөлшері.

5.7 Электрмагниттік сәулелендіру

Иондық сәулелендіру электрмагниттік (фотонды) және корпускулярлы болып бөлінеді. Электрмагниттік сәулелендіруге гамма-сәулелендіру және рентгендік сәулелендіру жатады. Корпускулярлы сәулелендіру тыныштық массасының ағындар бөлігін көрсетеді. Ионды сәулемен байланыс адам үшін өте қауіпті. Бірақ қауіпсіздік шараларын қолдану және ескеру кезінде радиоактивті заттарды қолддану айтарлықтай қауіп төндірмейді. Ионды сәулелердің адам ағзасына әсері жұту дозасына сонымен қатар энергияның зарядддталған бөліктерінің кеңістікте таралуына да байланысты. Бұл

сәулелендіру қызметшіге көп әсерін береді. Электрмагниттік сәлелендірудің ұзақ уақыттық әсері жүректің және жүйке жүйесі жұмысының бұзылуына әкеліп соғады. Эндокриндік жүйенің және қанның құрамы бұзылуы әбден мүмкін.

5.8 Өрт қауіпсіздігі

Техникалық қызмет үшін қолданылатын сипаттардың әр түрлі бұзылуынан, элементтерінің қызуына, электрлік ұшқындармен доғаның әсерінен өрт пайда болуы мүмкін. Өрт қауіпсіздігі бойынша өндіріс В категориясына жатады.

Өрт қауіпсіздігі мақсатында қорғалған электрлік сымдарды қолдану қажет және де басқару құрылғылары қорғалған болып жасалуы керек. Қондырғылар тұрған жерде жанатын заттардың мөлшерін мүмкіншілігінше азайтып және өртке төзімділік шаралармен қатаң қадағалап сақтау қажет.

Өрттен сақтайтын құлақтандырғыш құрылғыларды қолданып және өрт туралы хабарландыру құрылғыларын қолдану, өрт қорғанысын ұйымдастыру қажет. Өрт қаіпсіздігінде маңызды рольді ұйымдастыру шаралары алады. Оларға, яғни ұйымдастыру шаралары жұмысшылар мен қызметшілерді өрт қауіпсіздігіне үйрету қажеттігі жатады.

Өрт пайда болуының алдын алу үшін барлық жұмыскерлер өрт қауіпсіздігі ережелері мен қауіпсіздігі бойынша нұсқалармен танысу қажет.Жұмыскерлер ішінен өрт қауіпсіздігіне жауапты адам тағаындалуы қажет.Өрт пайда болып қалған жағдайда жұмыскерлерді эвакуация жоспары жасалуы тиіс. Газды, түтінді және жылу түтініндегі датчиктері бар өрт құлақтандырғыш жүйесімен жабдықталуы тиіс.

Қоршаулар мен қабырғалар өртке берікті дәрежеге ие болу тиіс. Өртті сқндіру үшін құрылғы ұнтақ, аэрозоль және көмірқышқыл түріндегі өрт сөндіргіштермен жабдықталған. Өрт болған жағдайда ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 типті өрт сөндіргіштерін қолданған ыңғайлы, өйткені олалдың көмегімен өрт сөндірушілер келгенге дейін өрт ошағын залалсыздандыруға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Желдеткіштердің өнімділігін реттеудің бірнеше әдістері бар, олардың ішіндегі техника–экономикалық жағынан ең тиімдісі электржетегінің көмегімен реттеу болып табылады.

Дипломдық жобада ортадан тепкіш желдеткіштің өнімділігін реттеудің жаңа сұлбалық шешімі жасалған. Электржетекті фазалы роторлы асинхронды вентильді каскад сұлбаларымен қосу арқылы жасаудың бірнеше жетістіктері бар. Мұндай сұлбамен жасалған электржетектің энергетикалық көрсеткіштері механизмнің өнімділігін реттеудің барлық диапазонында жоғары болады. Оның себебі каскадты схемамен жалғанған электржетекте қозғалтқыштардың роторлық тізбектеріндегі сырғанау энергиясы тиімді пайдаланылады.

Дипломдық жобада ұсынылып отырған электржетек статикалық режимде зерттеліп, қозғалтқыштардың жылдамдығын реттеудің заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік беретін аналитикалық теңдіктер алынған. Осы теңдіктер негізінде электржетектің статикалық сипаттамалары тұрғызылған. Электржетектің энергетикалық көрсеткіштерінің жоғары болатындығы есептеулер негізінде дәлелденіп энергетикалық диаграммалар арқылы көрсетілген.

Сонымен қатар ұсынылып отырған электржетектің математикалық моделі жасалып, өтпелі процесстердің жүру уақытына ротор орамдарының параметрлері қалай әсер ететіндігі зерттелген.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Карасев Б.И. Насосные и воздуходувные станции. - Мн.: ВШ, 1990.

2 Силовая Интеллектуальная Электроника. №2. 2005. Панкратов В.В. Тенденции развития общепромышленных электроприводов переменного тока на основе современных устройств силовой электроники.

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.

7Лезнов 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 Терёхин В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 320 с.