ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ және ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жоба

Биржанова Айымжан Сабитжановна

5В070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Тақырыбына: Асинхронды қозғалтқышты жиіліктік реттеу жүйесін жобалау және зерттеу

Дипломдық жұмыс реттелмелі электржетегін жиілік түрлендірігіш-асинхронды қозғалтқыш жүйесінде жасауға арналған.

Басқарылатын электржетегінің жаңа схемалық шешімін жасаудың негізгі мақсаты өндіріс орындарындағы көптеген реттелмейтін электржетектерінің орнына техника-экономикалық көрсеткіштері жоғары, реттеу схемасы күрделі емес, өзіндік құны салыстырмалы түрде арзан электр жетегін ұсыну.

Өндіріс орындарында кеңінен қолданылатын механизмдер турбомеханизмдер болып табылады, яғни елімізде өндірілетін барлық электр энергиясының 30 % - жуығы осындай механизмдермен пайдаланылады. Сондықтан мұндай механизмдерді ретелетін электржетегімен қамтамасыз етудің маңызы зор

Дипломдық жұмыста бүкіл мәселелер қарастырылған деп есептей отырып, _жо_ және толық деп бағалап, оны орындаушы Биржанова А.С 5В070200 «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша бакалавр лауазымына лайықты деп санаймын.

Жоба жетекшісі
техн.ғыл.канд., ассистент-профессор
_____ Сарсенбаев Н.С.
(қолтаңбасы)
«____» _____ 2022ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ және ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

СЫН – ПІКІР

Дипломдық жоба

Биржанова Айымжан Сабитжановна

5В070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Тақырыбына: Асинхронды қозғалтқышты жиіліктік реттеу жүйесін жобалау және зерттеу

Орындалды:

а) графикалық бөлім __ бет;

б) түсініктеме жазбасы __ бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Дипломдық жұмыс реттелмелі электржетегін жиілік түрлендірігіш-асинхронды қозғалтқыш жүйесінде жасауға арналған.

Басқарылатын электржетегінің жаңа схемалық шешімін жасаудың негізгі мақсаты өндіріс орындарындағы көптеген реттелмейтін электржетектерінің орнына техника-экономикалық көрсеткіштері жоғары, реттеу схемасы күрделі емес, өзіндік құны салыстырмалы түрде арзан электр жетегін ұсыну.

Өндіріс орындарында кеңінен қолданылатын механизмдер турбомеханизмдер болып табылады, яғни елімізде өндірілетін барлық электр энергиясының 30 % - жуығы осындай механизмдермен пайдаланылады. Сондықтан мұндай механизмдерді ретелетін электржетегімен қамтамасыз етудің маңызы зор

ЖОБАНЫ БАҒАЛАУ

Жалпы дипломдық жобаны 10 деп бағалауға, ал студент Биржанова Айымжанды автоматтандыру және басқару мамандығы бойынша техника және технология саласының бакалавры квалификациясын беруге лайық деп тануға болады.

Сын – пікір беруші
доктор PhD, ЭМиЭП"
кафедра меңгерушісі, АЭжБУ
_____ Ж. Шыныбай
(қолтаңбасы)

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Биржанова А.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Асинхронды қозғалтқышты жиіліктік басқару жүйесін жобалау және зерттеу

Научный руководитель: Нурлан Сарсенбаев

Коэффициент Подобия 1: 12.7

Коэффициент Подобия 2: 9.7

Микропробелы: 7

Знаки из здругих алфавитов: 20

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☑ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☑ Обоснование:

Дата

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Биржанова А.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Асинхронды қозғалтқышты жиіліктік басқару жүйесін жобалау және зерттеу

Научный руководитель: Нурлан Сарсенбаев

Коэффициент Подобия 1: 12.7

Коэффициент Подобия 2: 9.7

Микропробелы: 7

Знаки из здругих алфавитов: 20

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☑ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☑ Обоснование:

Дата *Заведующий кафедрой*

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Биржанова Айымжан Сабитжановна

Асинхронды қозғалтқышты жиіліктік зерттеу жүйесін жобалау және зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В070200 – Автоматтандыру және басқару

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ
Кафедра меңгерушісі,
ф.м.ғ.к., қауым. профессор
_____ Н.У Алдияров
«__» мамыр 2022ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

«Асинхронды қозғалтқышты жиіліктік зерттеу жүйесін жобалау және зерттеу»

5В070200 – Автоматтандыру және басқару

Орындаған: Биржанова А.С

Пікір беруші
доктор PhD,"ЭМиЭП"
кафедра меңгерушісі
АЭжБУ
_____ Ж. Шыныбай
«11» 05 2022 ж.

Техника ғылымдарының
кандидаты,
ассистент-профессор
_____ Н.С Сарсенбаев
«11» 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

5В070200 – Автоматтандыру және басқару

БЕКІТЕМІН
Кафедра меңгерушісі,
ф.м.ғ.к., қауым. профессор
_____ Н.У Алдияров
«__» мамыр 2022ж.

Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: *Биржанова Айымжан Сабитжановна*
Тақырыбы: *Асинхронды қозғалтқышты жиіліктік зерттеу жүйесін жобалау және зерттеу*
Университет ректорының *“ ” __ 20 ж. № бұйрығымен бекітілген*
Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі « » ____2022 ж.
Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:
1) *Асинхронды қозғалтқышты автоматты басқару жүйесі,жиіліктік зерттеу жүйесі*
2)Жиіліктік зерттеу жүйесін жобалау және зерттеу.
Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:
а) *Жиіліктік реттелетін электржетектің қолданылуы*
б) Электржетегінің қалыптасқан жұмыс режимдерін зерттеу
в)Жиіліктік әдісі арқылы асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу
г) Қозғалтқыштың негізгі сипаттамаларын есептеу
д) Жиіліктік реттелетін электржетегін модельдеу
Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс) :
Сызбалық материалдар 14 слайдпен көрсетілген
Ұсынылатын негізгі әдебиет :

1)Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. - М.: Энергия, 1969. - 544

2) Сандлер А.С. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей.–М.-Л.:Энергия,1966.-320

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Жиіліктік реттелетін электржетектің қолданылуы	20.01.2022	
Электржетегінің қалыптасқан жұмыс режимдерін зерттеу	15.02.2022	
Негізгі сипаттамаларды және көрсеткіштерді есептеу	18.03.2022	
Жиіліктік реттелетін электржетегін модельдеу	10.04.2022	

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

қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні,тегі, ғылыми дәрежесі,атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Есептік бөлім	Сарсенбав Н.С техника ғылымдарының кандидаты,ассистент-профессор	11.05.2022	
Технологиякалық бөлім	Сарсенбав Н.С техника ғылымдарының кандидаты,ассистен	11.05.2022	
Нормалық бақылаушы	Искакова А.М т.ғ.м. лектор	11.05.2022	

Ғылыми жетекші _____ Н.С Сарсенбаев
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Биржанова А.С
(қолы)

Күні «25» қаңтар 2022

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс реттелмелі электржетегін жиілік түрлендірігіш-асинхронды қозғалтқыш жүйесінде жасауға арналған.

Басқарылатын электржетегінің жаңа схемалық шешімін жасаудың негізгі мақсаты өндіріс орындарындағы көптеген реттелмейтін электржетектерінің орнына техника-экономикалық көрсеткіштері жоғары, реттеу схемасы күрделі емес, өзіндік құны салыстырмалы түрде арзан электр жетегін ұсыну.

Өндіріс орындарында кеңінен қолданылатын механизмдер турбомеханизмдер болып табылады, яғни елімізде өндірілетін барлық электр энергиясының 30 % - жуығы осындай механизмдермен пайдаланылады. Сондықтан мұндай механизмдерді ретелетін электржетегімен қамтамасыз етудің маңызы зор[1].

Дипломдық жобада ұсынылып отырған электржетегі жан-жақты зерттеліп, оны қолданудың тиімділігі атап көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте разработаны регулируемый электропривод по системе преобразователь частоты- асинхронный двигатель.

Наиболее широко применяемыми в промышленности механизмами являются турбокомпрессоры, т.е. около 30% всей электроэнергии, вырабатываемой в стране, используется такими механизмами. Поэтому важно снабжать такие механизмы регулируемым электроприводом.

Дипломный проект представляет собой комплексное исследование предлагаемого электропривода и подчеркивает эффективность его использования. Даны инженерные методы расчета основных характеристик частоно регулируемолго электрпривода[1].

Доказано, что предложенная система электропривода является оптимальным по технико-экономическим показателям для многих механизмов.

ANNOTATION

In the graduation project, an adjustable electric drive was developed using the frequency converter - asynchronous motor system.

The most widely used mechanisms in industry are turbochargers, i.e. about 30% of all electricity generated in the country is used by such mechanisms. Therefore, it is important to supply such mechanisms with an adjustable electric drive.

The diploma project is a comprehensive study of the proposed electric drive and emphasizes the effectiveness of its use. Engineering methods for calculating the main characteristics of a frequently adjustable electric drive are given.

It is proved that the proposed electric drive system is optimal in terms of technical and economic indicators for many mechanisms.

КІРІСПЕ

Айнымалы ток машиналарының математикалық теориясының дамуы, жартылай өткізгіштер негізіндегі түрлендіргіштердің жасалуы, басқарудың қазіргі заманғы жабдықтарының қолданылуы реттелмелі электржетегінің негізгі түрі болып табылатын асинхронды электржетегінің жоғары сенімді және сапалы түрлерін жасауға мүмкіндік берді.

Электржетегі саласындағы әдебиеттер мен матераилдарға шолу көрсетіп отырғандай 2002 жылы еуропа нарқында сатылған реттелмелі электржетектердің 68 % - асинхронды электржетектер, 15 %- тұрақты ток электржетектері, 17 % - механикалық және гидровликалық жетектер құраған. Өндіріске енгізілетін реттелмелі асинхронды электржетектерінің басымдылығы болашақта да сақталып қалады, себебі қуаты 100 кВт дейінгі шығарылатын асинхронды қозғалтқыштар тұрақты ток қозғалтқыштарынан 40-50 есе көп.

Жұмыстың өзектілігі өндірістік процесстердің сапасына деген технологиялық талаптардың жоғарлауы, өндірістің әртүрлі салаларына реттелетін электржетегін енгізуді талап ету[1].

Жұмыстың мақсаты: жиіліктік реттелетін асинхронды машина негізінде жасалған реттелмелі электржетегін қолдану мәселелері және мұндай электр жетектерін қолдану кезіндегі энерго үнемдеу мәселелері қарастыру болып табылады.

Реттелмелі электржетектерінің кеңінен қолданылуы қазіргі заманғы электржетегі электр энергиясын механикалыққа түрлендіретін өндірістің тек қана қуатты элементі емес, сонымен қатар технологиялық процесстерді басқарушы құрылғы ретіндеде қарастырылады, себебі өндірістік процесстердің сапасы көптеген жағдайда реттелмелі электржетегін басқару жүйесімен атқарылады.

Энергия тасымалдауышыларға деген бағаның өсуіне байланысты, атап айтсақ электрэнергиясына деген және электр өндірушілердің мүмкіншіліктерінің шектеулулігіне байланысты энегия үнемдеу, энергия пайдалануды азайту қазіргі кезде маңызды рөлге ие болып отыр.

Энергия үнемдеу қазіргі заманғы теникалық саясаттың басты бір бағыттары болып табылады. Бұл негізгі энергоресуртардың қалпына қайтып

келмейтіндігіне, оларды өндірудің барған сайын қымбаттауымен, глобальді экологиялық проблемалармен тығыз байланысты.

Энергия үнемдеу энергия өндіргіштрдің қуатын жоғарлатуыдың ең қарапайым және арзан әдісі болып табылады, себебі 1 кВт энергия үнемдеуге жұмсалатын шығын осы 1 кВт қаутты өндіруге кетткен шығыннан 4-5 есе аз болып табылады [1].

Дипломдық жобаға берілген тапсырмалар: жиілік түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш жүйесінің қалыптасқан жұмыс режимдерін зерттеу.Қозғалтқыштың негізгі сипаттамаларын есептеу және құру.Сонымен қатар жиіліктік реттелетін электржетегін модельдеу болып табылады.

Негізгі шығындар (90 % дейін) энергия тұтыну сферасына тиесілі. Электржетектер барлық өндірілетін электр энергиясының 70 % жуығын тұтынатын болғандықтан, технологиялық процеестерді басқару үшін реттелмелі электр жетектерін өндіріске кеңінен енгізу арқылы электр энергиясын үнемдеуде айтарлықтай көрсеткіштерге қол жеткізуге болады.

Осыған байланысты қуаты орта және үлкен механизмдердің, сонымен қатар жылдамдығын кең аралықта реттеуді қажет етпейтін механизмдер үшін каскадты схемамен жасалатын реттелмелі электржетектерін енгізу тек технологиялық тапсырмаларды шешіп қана қоймай энергия үнемдеу проблемаларын да оң шешуге мүмкіндік береді[2].

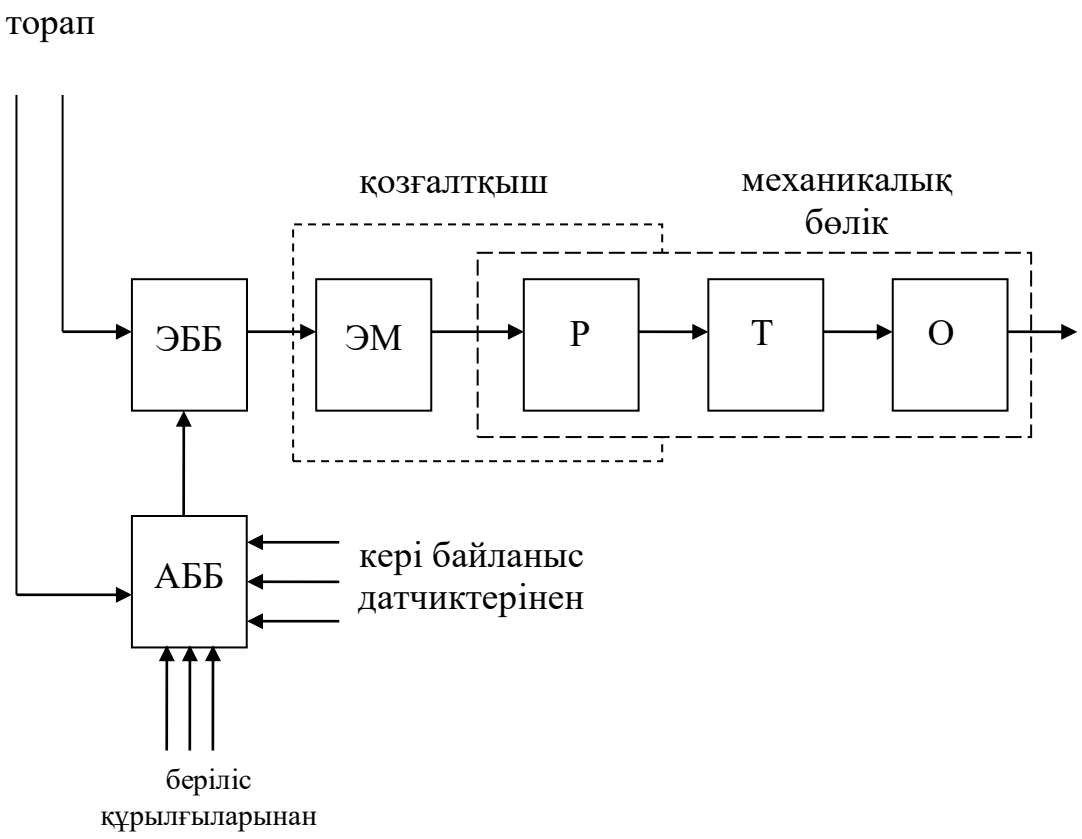
1 ЖИІЛІКТІК РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТРЖЕТЕКТІҢ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Өндірілетін электр энергиясының 70 % айнымалы ток электр-жетектерімен тұтынылады.

Әртүлі жұмыс механизмдерінің электржетектегі ретінде қолданылатын айнымалы ток қозғалтқыштарының кеңінен таралуы салыстырмалы түрде олардың құрылысының қарапайымдылығымен, сенімділігімен және өзіндік құнының қымбат еместігімен түсіндіріледі[1].

Жұмыс механизмдерін қозғалысқа келтіретін және олардың технологиялық процесстерін басқаратын электромеханикалық құрылғы электржетегі деп аталады.

Электржетегі структуралық схемасы төменде 1.1-суретте көрсетілгендей біртұтас электрмеханикалық жүйе болып табылады[1].



Ток көзінен тұтынылатын электр энергиясы электрмеханикалық түрлендіргіш арқылы (ЭМТ) механикалық энергияға түрленеді. Механикалық энергия роторға (Р) беріледі, оның аздаған бөлігі кинетикалық энергия қорын көбейтуге және қозғалмалы бөліктегі механикалық шығындарға жұмсалады. Механикалық энергияның қалған бөлігі тасымалдаушы механизм (ТМ) арқылы орындаушы механизмге (ОМ) ары қарай жұмыс органына беріледі[1].

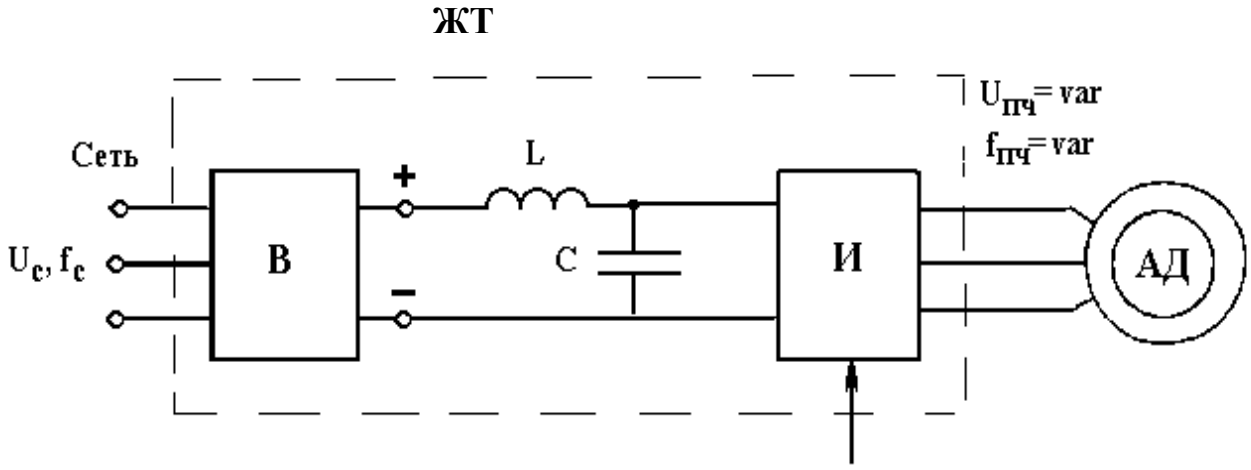
Қазіргі заманғы электржетектеріндегі энергетикалық басқару бөлігі (ЭББ) электр энергиясының басқарылмалы түрлендіргіші болып табылады, ол электржетегінің талаптарына сай кернеуді амплитудасы, жиіліг бойынша немесе токты түрлендіргіш.

Ақпараттық басқару бөлігі (АББ) қажетті жұмыс режиміне, жүйенің қасиеттеріне және технолгиялық процесстердің орындалуына негізделген ақпараттар нәтижесінде энергияның түрлену процессін басқарады[2].

Қуатты жартылай өткізгіштік және микропроцессорлық техниканың дамуымен байланысты жүктеме түріне толық сәйкес келетін, қажетті параметрлермен қаматамасыз ететін электржетектерін жиілік арқылы реттеуге мүмкіндік беретін құрылғыларды жасау мүмкіншілігі пайда болды.

Бұл өз кезегінде технологиялық жүйелер мен электр желілерінде күрделі өтпелі процесстерсіз кез-келген процессті нақты әрі тиімді реттеуге мүмкіндік берді.

Жиіліктік реттелетін электржетегінің құрамды элементтері олардың таралуы мен жұмыс жасау принципі 1.2- суретте көрсетілген.



Басқару

1.2 Сурет - Жиіліктік реттелетін электржетегінің құрамды элементтері

Ток көзінен тұтынылатын өндірістік жиіліктегі (~ U, = f) айнымалы ток кернеуі түзеткіштің (В) кірісіне беріледі[1].

Түзетілген кернеудің пульсациясын тегістеу үшін түзеткіштің шығысына L-C элементтерден құралатын филтр орналастырылған.

Түзетіліп тегістелген кернеу (= U) басқарылатын ток инверторының (И) кірісіне беріледі.

Инвертор шығысында электр жетегіне қойылған талапқа қажетті амплитудасы, жиілігі және фазасы бойынша өзгермелі айнымалы ток кернеуі қалыптасады.

Реттеуді қажет ететін технологиялық жүйе параметрі датчиктер арқылы өлшеніп басқару блогына беріледі[2].

Жиіліктік реттелетін электржетегін өндірістіің әртүлі салаларына енгізу:

1) құрылғы мен жүйенің жұмыс жасау сенімділігін арттырады.
2) Өндірілетін өнім сапасының жақсаруына ықпал етеді.
3) Өндірісті толығымен автоматтандыруға мүмкіндік береді.
4) Ресурстар мен ток көзінен тұтынылатын энергияны үнемдеуге мүмкіндік береді.

Өндіріске енгізілген реттелмелі электр жетектеріне жасалған шолулар көрсетіп отырғандай, реттелмелі электржетегін халық шаруашылығының барлық салаларында жаппай енгізудің есебінен энергия үнемдеуде үлкен потенциалдық мүмкіндіктердің барын көрсетеді[2].

Жиіліктік реттелмелі электржетектерін қолдануды қажет ететін объектілер өндіріс пен өнеркәсіптің барлық салаларында кездеседі, солардың ішінде ең маңыздылары мыналар болып табылады:

1) қоректенуші сорғыштар (насостар), тарту-үрлегіш механизмдер, тораптық сорғыштар (насостар);
2) жылу тораптарының насосты станциялары;
3) қалалық комуналдық шаруашылықтың ыстық және суық сумен қамтамасыздандыру жүйелерінің насосты қондырғылары;
4) магистральді газқұбырларының газды ауамен суыту жүйелері;
5) мұнай өндірісінің бұрғалаушы құрылғылары;

6) тау –кен байыту комбинаторының компрессорлық станциялары;
7) желдеткіштер;
8) диірмендер мен дробилкалардың электржнтектерінде;
9) цилюлоза – қағаз комбинаттарының технологилық жүйелері және т.б.

2 ЖИІЛІК ТҮРЛЕНДІРГІШ-АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚАЛЫПТАСҚАН ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІ

2.1 Жалпы мағлұматтар

Асинхрондық машиналардың конструктивтік ерекшеліктеріне байланысты, тұрақты тоқ машиналарына тән кемшіліктерге тап болмайды. Атап айтқанда қысқа тұйықталған асинхрондық қозғалтқышта (АҚ) коллектор мен щетканың болмауы тұрақты тоқ машиналарына қарағанда едәуір көлемде шекті біріңғай қуаттылықты, салмақты-көлемді көрсеткіштерді, аса жоғары қабілеттілігін және моменттің өзгеру жылдамдығын, аса жоғары айналу жылдамдығын анықтауға болады[3].

Белгілі болғандай, АҚ артықшылығы толық көлемде жиіліктік басқару барысында іске асырылады, ал мұның өзі өндірістің барлық салаларында үнемі реттеліп отыратын тұрақты тоқ электржетегін жиліктік-реттелетін асинхрондық электржетегімен ығыстырлатындығына әкеп соғады.

Қазіргі уақытта, өнідірілетін электроэнергиясының жартысы дерлік айнымалы тоғының реттелмейтін қозғалтқыштарымен тұтынылады, олардың ішінде едәуір бөлігін асинхронды қозғалтқыштар (АҚ) құрайды[3].

Қуатты АҚ жылдамдығын реттеу, тікелей қосу режимін болдырмау – жұмысшы механизмдерінің өндірістік факторын тиімді жоғарлатуға, эксплуатациялық шығынды төмендетуге, электроэнергияның үнемделуіне алып келеді.

Қуатты жоғарғывольтті электржетегінің жұмысшы механизмдеріне мыналар жатады: тау-кен және металлургия өндірісінің көтергіштері, желдеткіштер, насостар, газ үрлегіштер, тау-кен, металлургиялық, химиялық өндірісінің, атомдық энергетикасының компрессорлары.

Сериялық өндірістік күшті қуатты жартылай өткізгіштік құрылдарды жасап шығару және игеру нәтижесінде жоғарғы вольтті АҚ орамдарын қоректендіру үшін, кең тұрғыдан жоғарғы вольтті түрленгіштердің қолданылу мүмкіндігі пайда болды. Сонымен, жылдамдығы бойынша реттелетін қуатты жоғарғы вольттіжетегін құру мүмкіндігі пайда болды.

Жиіліктік-реттелетін электржетекте АҚ энергетикалық көрсеткіштері, механикалық және динамикалық сипаттамалары келесідей анықталады: қабылданған жиіліктік басқару заңымен, жиліктік басқару әдісімен, электржетектің автоматтық реттеу жүйесінің (АРЖ) алгоритмдік және аппараттық іске асыруымен[3].

Төменгі вольттік элеткржетектер үшін АРЖ едәуір мөлшерде өңдеп

шығарылған және зерттелген құрылымына қарамастан, оларды жоғарғы вольтті элеткржетектер үшін қолдану мүмкін емес болып табылады.

Бұл элеткржетектердің ерекшелігімен байланысты, атап айтқанда:

- элеткржетектердің параметрлерін тікелей өлшеу күрделілігімен;

- элеткржетектердің жоғарғы энергетикасына қойылатын талаптардан туындайтын қоректенетін тоқтардың ең төменгі асимметриялық шарттарымен;

- жақсартылған энергетикалық шарттардан, шығыстағы қуаттың ұлғаюын реттейтін қасиеттері мен әдістерінен туындайтын, жиіліктің екісекциялық түрлендіргішінен қоректенетін, үш фазалы екі орамды АҚ қолданылуымен[4].

Жоғарыда аталған ерекшеліктерден басқа, айта кететін бір жай – жоғарғы вольтті АҚ едәуір бөлігі айналымның жоғарғы жылдамдылығына есептелген (3000 айн/мин және жоғары), ал мұның өзі АҚ валында айналыстағы датчиктерді қолдану мүмкіндігіне жол бермейді.

Сонымен, келтірілген заңдардың, әдістердің, асинхрондық электрлікжетектердің техникалық құрылымдарын жиліктік басқару анализдерінің негізінде келесідей қорытынды жасауға болады:

1) Валда жиіленген қосу-тоқтату режимдерімен, тұрақты кедергі моменттерімен жұмыс жасайтын қуатты жоғарғы вольтті электржетектері үшін, ең жоғарғы шамадан артық ерекшелігімен айқындалатын және қозғалтқыштың ең жоғарғы динамикалық қасиеттерін қамтамасыз ететін ротордың тұрақты ағымдық тіркелуімен жиліктік басқару заңын қолдану жөн болып келеді.

2) Валда кедергінің желдеткіш моменттерімен жұмыс жасайтын қуатты жоғарғы вольтті электржетектер үшін, өзінің жоғарғы энергетикалық көрсетікштері мен техникалық іске асырылуының қарапайымдылығына қарай, минималды жоғалу бойынша жиліктік басқару заңын қолданған жөн.

3) Жиліктік басқарудың басқа әдістерімен салыстырғанда, өз артықшылықтарының негізінде, атап айтқанда: техникалық іске асырылуының қарапайымдылығын (векторлық әдістермен салыстырғанда) және ең жақсы динамикалық, статистикалық көрсеткіштерін (амплитудалық әдістермен салыстырғанда) алып қарағанда, жиліктік басқарудың квазивекторлық әдісін қолданған жөн[4].

4) Электржетектің қуаттылығын жоғарлату үшін және бір мезгілде энергетикалық көрсеткіштерді жоғарлату үшін, 30 эл.градусқа фазалық жылжумен тоқтың (кернеудің) екі үш фазалық түрлендіргіш жиіліктен қоректенетін, үш фазалық статорлық оралымның арасындағы кеңістіктік қозғалысымен үш фазалық екі оралымды қозғалтқыштар қолданылады.

Қазіргі уақытта асинхрондық электржетектерін жиліктік басақру үшін қолданатын техникалық құрылымдар жоғарғы вольтті электржетекке

қойылатын талаптарға толық көлемде жауап бермейді және оған келесідей кемшіліктер тән:

1) Қолдану аясында шектеулі төменгі жылдамдықтағы электр-жетектерінің болуы, сериялықты өзгерту немесе арнайы машинаны жасап шығару қажеттілігі, валды механикалық бөлу үшін арнайы құралдарды қолдану, шаң-тозаңды және агрессиялық ортада қолдану мүмкін еместігі – валда және машианың ішінде датчиктердің болуымен ұштасады;

2) Күрделі техникалық құрылымдардың болуына негізделетін тех-никалық іске асырудың жоғарғы күрделілігі: векторлық фильтрдің, фазоайналдырғыштардың, функционалды түрлендіргіштердің, жиіліктің сол сәттегі коррекциялық блоктардың толығымен түрлнеуі[4];

3) Жоғарғы вольтті гальваникалық байланысты шешімді жүзеге асыратын жоғарғы сапалы датчиктердің болуы;

4) Жоғарғы сенімділіктің болмауы, ал бұл валда және машианың ішінде датчиктердің болуымен, АРЖ блоктарын техникалық іске асырылуының жоғары күрделігімен, жоғарғы вольтті гальваникалық шешімді жүзеге асыратын датчиктермен ұштасады[4].

2.2 Электржетегінің қалыптасқан жұмыс режимдерін зерттеу

Электржетегі айнымалы ток көзіне қосылған (380 В, 50 Гц.) жиілік түрлендіргіш –асинхронды қозғалтқыш жүйесі болып табылады.

Электржетегі схемасында апатты жағдайларды қозғалтқышты жылдам тоқтатушы тежеу әдісі қарастырылған.

Бұл электржетегінде жұмыс механизімінің статикалық моменті біліктің айналу жиілігі өзгергенде өзгеріп отырады. Жұмыс механизімінің жұмыс режимі айналу жиілігінің кезкелген мәні үшін ұзақуақытты (S1) болып табылады[4].

Қозғалтқышты іске қосу, реверстеу және тежеу бос жүріс режимінде жүргізіледі, яғни ($0.15M_{cm}$).

Жалпы қолданысқа ие асинхронды машиналар коллекторсыз және коллекторлы болып бөлінеді. Коллекторсыз асинхронды машиналар қозғалтқыш ретінде екі жағдайда қолданылады:

1) Қысқаша тұйықталған роторлы қолданылуы.

2) Фазалы роторлы қолданылуы.

Коллекторсыз қозғалтқыштардың қарапайымдылығы, жоғары сенімділігі, бағасының арзан болуы, ПӘК-інің жоғарылығы арқасында бұрын тұрақты

токпен қамтамасыз етілген өндіріс аймағында кең көлемде қолданысқа түсуіне себепкер болды. Асинхронды қозғалтқыштардың кемшіліктері: магниттеу индуктивтілік тогын қоректенгендіктен $\cos\varphi$ қуат коэффициенті нашарлауы; реттеу коэффициенттерінің аз қанағаттандыруы; іске қосу сипаттамаларының нашар болуы(қысқаша тұйықталған роторлы қозғалтқыштарда)[4].

Егер үш фазалы машинаның стоторына үш фазалы ток жүргізсе, онда машинада n_1 жылдамдықпен айналатын магнит өрісі пайда болады:

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

Егер статордға қысқаша тұйықталған роторды орналастырғанда асинхронды машинаның статор және ротор орамдарының арасында тек магниттік байланыс болады.

Асинхронды машинада өтетін электромагнитті процестер трансформатордікіне ұқсас, бірақ трансформатордағы екінші ретті орам бос ауа қуысында өзгеріссіз болады, ал асинхронды машинада ол n жылдамдықпен айналады.

Егер $n = n_1$ болса, онда жылдамдықтар бір бағытта болғандықтан статор мен ротор арасындағы электромагниттік байланыс болмайды, яғни ЭҚК нөлге тең болады. Сондықтан асинхронды машинаның статоры және роторы арасындағы байланыстың, яғни оның жұмысының міндетті түрдегі шарты болып n_1 және n жылдамдықтарының айырмасы болып табылады:

$$S = \frac{(n_1 - n)}{n_1},$$

қатынасын асинхронды машинаның сырғуы деп атаймыз.

Айнымалы жылдамдықты жатық реттейтін тәсіл жиіліктік тәсіл болып келеді. Жылдамдықты осы тәсілмен өзгерту статордың айнымалы магнит өрісінің синхронды жылдамдығының өрнегінен көрінеді:

$$\omega_1 = \frac{2\pi f}{p}$$

бұдан ω_1 статор орамдарына жүргізілген f кернеу жиілігіне тура пропорционалды екенін көруге болады. Жиілік өзгергенде кернеуді де өзгету қажет. $U \approx cf\Phi_m$, яғни егер кернеу сол қалпында болып, жиілікті өзгерткенде машинаның магнит өрісі өзгереді. Егер f -ті төмендетсек Φ_m өседі. Ал ол өз кезегінде қозғауыштың істен шығуына себепкер болады[5].

Жиіліктік тәсіл айналу жылдамдығын номинальдіден төмен және жоғары

етіп қабылдауға мүмкіндік береді.

Кез-келген жиілікке сәйкес келетін қозғалтқыштың механикалық сипаттамасына өзгеріссіз $\lambda_M = \frac{M_{\max}}{M_н}$ қозғалтқыштың асыра жүктеу шартынан жиіліктік басқару кезіндегі жиілік пен кернеу арасындағы қатынасты ұстап тұру керек.

Статордың орамдарындағы активті кедергіні ескермесек:

$$M = \frac{AU_1^2}{f^2}$$

мұндағы А-пропорционалдық коэффициент.

Сонда:

$$\frac{M_{\max}}{M_н} = \frac{AU_1^2}{f^2 M_н} = const$$

бұдан f_ν жиілігінде кернеу мен жиілік арасында номиналь мәнге тең кедергі моменті өзгеріссіз күйде болғанда келесі арақатынас орындалуы қажет:

$$\frac{U_{1\nu}}{U_{1н}} = \frac{f_\nu}{f_н}$$

Қозғалтқышты басқаруға арналған жиіліктік түзеткіштер электромашиналы және вентильді болады.

Вентильді түзеткіштердің массасы және габариті аз, ПӘК-і жоғары болады және тез жұмыс істей алады[5].

2.3 Жиіліктік әдісі арқылы асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу

Айнымалы ток қозғалтқыштарының айналу жиілігін ток көзі жиілігін өзгерту арқылы реттеу әдісі синхронды жылдамдық теңдігінен көрінеді:

$$\omega_c = \frac{2\pi f}{p}.$$

Жиіліктік реттеу әдісінің ерекшелігі ток көзінің жиілігін өзгерту мен қатар кернеудің де шамасын өзгертіп отыру қажет, яғни $U_1 \equiv kf_1\Phi$ болғандықтан ток жиілігі өзгерген кезде кернеудің шамасы өзгеріссіз қалатын болса қозғалтқыштың магнит ағыны өзгеріске ұшырайды. Сондай-ақ қозғалтқыш білігіне түсетін жүктеме тұрақты болатын болса магнит ағыны ротор тогын

анықтаушы болып табылады, яғни $M = kI_2 \Phi cos\varphi_2$.

Сондықтан ток жиілігі мен кернеу арасындағы қатынасты анықтау үшін қозғалтқыштың асқын жүктемеге қабілеттілігін ескеру қажет ол төмендегі өрнек бойынша анықталады[5]:

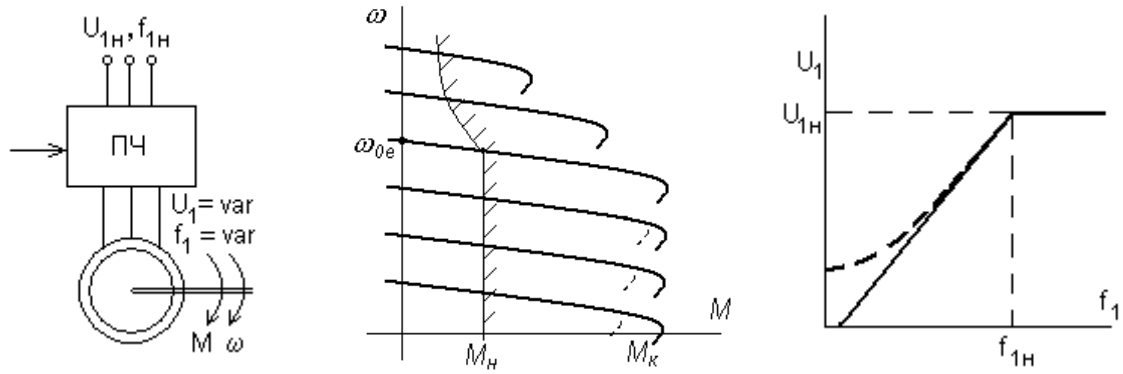
$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_c} = const.$$

Қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштар электржетегінде кеңінен қолданылады және соңғы уақытқа дейін негізінен жылдамдығы реттелмейтін электржетегі қолданылып келді себебі статор орамдарына берілетін кернеу жиілігін өзгерту күрделі мәселе болып табылды. Қәзіргі уақытта электрониканың жетістіктеріне сәйкес жиіліктік реттелетін асинхронды электржетегі басқарылатын электржетегінің негізгі түрі болып табылады 2.1-сурет, а суретте көрсетілген[5].

Синхронды айналу жиілігінің теңдігінен $\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p}$, ω_0 ток жиілігіне f_1 тура пропорционал екенін көреміз. Қозғалтқыштың магнит ағынын тұрақты ұстап тұру үшін f_1 жиілігін өзгерту мен қатар кернеудің амплитудасын да өзгерту қажет, мысалы $\Phi \approx \frac{U_1}{4{,}44 f_1 w_1 k_{об}} \equiv \frac{U_1}{f_1}$ теңдікті ескерсек, онда $E_1 \approx U_1$

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_{1н}}{f_{1н}} = const.$$

Егер $U_1 = U_{1н}$ болған жағдайда ток жиілігін жоғарлататын болсақ, онда жоғарыдағы теңдікке сәйкес магнит ағыны төмендейді[5].



а) б) в)

а – қуатты бөлігі; б – механикалық сипаттамалары; в – кернеудің жиілікке тәуелділігі.

2.1 Сурет – Жиіліктік реттелетін асинхронды электржетегінің схемасы

Егер R_1, ескермесек, яғни $E_1 \approx U_1$, деп есептесек, онда момент $\frac{U_1}{f_1}$ қатынасына пропорционал, ал төңкерме сырғанау (критическое скольжение) $s_к$ жиілікке кері пропорционал болады.

Жиіліктік реттеу әдісі кезінде $E_1=U_1$ деп есептеген кездегі механикалық сипаттамалар 2.1,б – суретте көрсетілген.

Суреттен статор кедергісінің сипаттамаға әсер ететінін көріге болады 2.1,б-суреттегі пунктир сызықтар, ол әсіресе қуаты аз қозғалтқыштарға мықты әсер етеді, сондықтан бұл әсерді теңгеру үшін төмен жиіліктер кезінде кернеуді айтарлықтай жоғарлатады 2.1,в- суретте көрсетілген.

Жиіліктік реттеу әдәсінің ерекшеліктері төмендегідей:

1) реттеу екі зоналы – негізгіден төмен қарай ($U_1/f_1 \approx const$) болғанда және негізгіден жоғары қараай ($U_1=U_{1н}$, $f_1>f_{1н}$) болғанда;

2) кері байланыссыз жүйеде реттеу диапазоны (8-10):1, жылдамдықтың тұрақтылығы -жоғары;

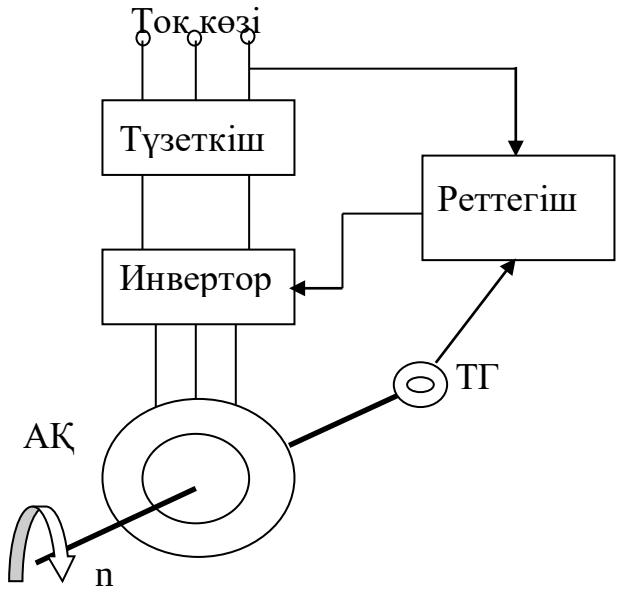
3) реттеу бірқалыпты;

4) негізгіден төмен қарай реттеу кезінде жүктеме моменті $M=M_н$, негізгіден жоғары қарай реттеу кезінде $P = P_н$ болады ($Ф < Ф_н$);

5) реттеу әдісі экономикалық жағынан тиімді себебі энергия құр шығынға ұшырайтын элементтер жоқ;

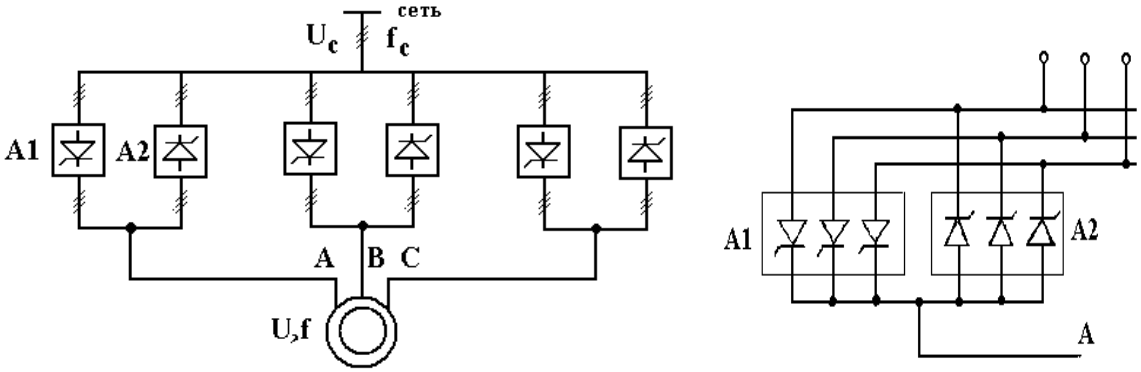
6) Реттеу әдісін іске асыру үшін - қоғалтқышқа берілетін кернеудің жиілігі мен амплитудасын басқаруға арналған құрылғы жиілік түрлендіргішін (ЖТ) қажет етеді. Мұндай құрылғылар қазіргі кезде кеңінен өндірілуде және олардың өзіндік бағасыда қымбат емес -1000 USD/кВт.

Жиілік түрлендіргіштерінің басым бөлігінің құрылыстары ұқсас болып келеді 2.2- суретте: айнымалы ток көзі – басқарылмайтын түзеткіш *В*- тұрақты ток тізбегі – фильтр ретінде қарастырылатын конденсатор *LC*- жолақты импулсті модуляцияланатын ШИМ (широтно-импульсной модуляцией) автономды инвертор *И* және жиілігі $f=var$ мен амплитудасы өзгермелі $U=var$ кернеу берілетін асинхронды қозғалтқыш, инверторды басқару *ББ* – басқару блогының көмегімен жүргізіледі[5].

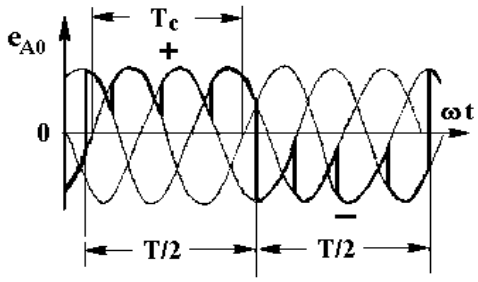


2.2 Сурет-Жиілік түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш автоматтандырылған электржетегінің қуатты бөлігі

Жоғарыда аталған жиілік түрлендіргіш тұрақты ток звеносы бар деп аталады, сонымен қатар айнымалы токты тікелей жиілігі мен амплитудасы реттелетін басқа айнымалы токқа түрлендіретін жиілік түрлендіргіштер қолданылады олар тікелей байланысты жиілік түрлендіргіш (ТБЖТ) деп аталады.2.3,а және 2.3,б -суреттерде көрсетілген.



а) б)



в)

2.3 Сурет – Тікелей байланысқан жиілік түрлендіргішінің схемалары

Қозғалтқыштың әрбір фазасы тиристорлар негізінде жасалған қарсы-параллель қосылған басқарылмалы түзеткіштердің екі комплектісімен жабдықталған 2.3,б–суретте көрсетілген. Түзеткіштерді басқара отырып қозғалтқыштың әрбір фазасында айнымалы токтың оң жарты периодында тиристорлардың бір тобы, ал теріс жарты периодында екінші тобы арқылы кереумен қамтамасыз етуге болады. Шығыс кернеуінің периоды *T*, сәйкесінше *f=1/T* жиілігі тиристорлардың қосылу уақытысына байланысты болатындығын 3в –суреттен көруге болады[6].

Шығыс кернеуінің амплитудасы тиристорларды басқару бұрышына тәуелді екенін 2.3,в –суреттен көруге болады.

Тікелей байланысты жиілік түрлендіргіштерді циклоконвертор деп те атайды, олардың негізгі ерекшеліктері мыналар: схемалық қарапайымдылығы, қуатты екі жақты өткізе алу қабілеттілігі және қуатты бөлікте энергия шығынының аздығы. Кемшіліктері ретінде шығыс жиілігінің жоғары мәнінің шектулілігі, ток көзін жоғары гармоникалармен ластайтындығы[6].

3 НЕГІЗГІ СИПАТТАМАЛАРДЫ ЖӘНЕ КӨРСЕТКІШТЕРДІ ЕСЕПТЕУ

3.1 Бастапқы деректер және жобалау тапсырмасы

Көрсетілген шарттарға сәйкес электр жетегі жиілік түрлендіргішінің асинхронды қозғалтқышының (ЖТ-АҚ) элементтерін есептеңіз және таңдаңыз[6]:

1) автоматты жүйе білікке жүктеме өзгерген кезде асинхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығын басқару үшін қолданылады;

2) білікке статикалық момент қойылады - Мст, N * м;

3) пропорционалдық коэффициенті - k = 0,015;

4) жүктеменің өзгеру сипаты - q = 2,5;

5) механизмнің инерция моменті $J_{мех} = 2,5 * J_{дв}$, кг *м^2;

6) қозғалтқыш білігінің айналуының бұрыштық жылдамдығы - $\omega = 104,6667$ айн/мин.

7) Механизмнің тиімділігі. = 0,75%

3.2 Қозғалтқыш қуатын таңдау

Қозғалтқыштың қуатын таңдау кезінде негізгі бастапқы деректер механизм білігіне қолданылуы керек қажетті моменттері, механизмнің жұмыс органының қажетті жылдамдықтары мен үдеулері болып табылады[7].

Сондықтан белгілі формулаға сәйкес мен қозғалтқыштың баламалы қуатын анықтаймын:

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

мұнда $n = \frac{30\omega}{\pi}$ - қозғалтқыш жылдамдығы, айн/мин және

$$M_{ст} = k\omega^q.$$

Қозғалтқышты шарттарға сәйкес $P_{дв} \geq P_{экв}$ тікелей таңдаймын, каталогқа сәйкес ең жақын қуаттылығы жоғары роторлы роторлы асинхронды қозғалтқышты таңдаймын[7].

Шамадан тыс жүктемені тексеру үшін мен шартқа сәйкес тексеремін:

Қозғалтқыштың қажетті моменті $M_{ном} \geq \frac{M_{\max}}{\lambda}$ немесе $M_{ном} \geq к_з M_{ст}$ мұндағы $к_з$- – моменттің қауіпсіздік коэффициенті (есептеу үшін $к_з=1,4$ қабылдаймыз), λ - ағымдағы қатынас (есептеу үшін $\lambda=3$ қабылдаймыз).

Егер тексеру шарты орындалмаса, мен қуаттылығы жоғары басқа қозғалтқышты таңдаймын.

Есептік көрсеткіштер -

Статистикалық моменті, Мст [Нм]: 1681.2

Эквивалентті айналым, n [об/мин]: 1000

Полюстердің жұптарының саны, p: 3

Баламалы қуат, Рэкв [кВт]: 175.4905

3.3 ЖТ-АҚ жүйесінде жылдамдықты басқару

Жиілікті өзгерту кезінде АҚ және СҚ айнымалы ток қозғалтқыштарының жылдамдығын басқару мүмкіндігі тікелей өрнектен туындайды:

$$\omega_c = \frac{2\pi f}{p}.$$

Жиілікті реттеу кезінде қозғалтқышты беретін кернеудің мәндерін де өзгерту қажет. Бұл қуат көзінің тұрақты кернеуі U_1 және оның жиілігін реттеу кезінде АҚ магниттік ағыны өзгеретініне байланысты, өйткені $U_1 \equiv kf_1\Phi$. Біліктегі тұрақты жүктемедегі магнит ағыны ротор тогының мәнін анықтайды, өйткені $M = kI_2\Phi cos\varphi_2$ [7].

АҚ статорына берілетін жиілік пен кернеу арасындағы қатынасты таңдағанда, шамадан тыс жүктеме қабілеттілігін сақтау шартынан шығады:

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_c} = const$$

$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p}$-дан ω_0 шығатындай, f_1 жиілігіне пропорционал және берілген машина үшін басқа шамаларға тәуелді емес. Сонымен бірге f_1 мәнін өзгерткен кезде кернеу амплитудасына назар аудару керек: f_1 азайған кезде магнит ағынын белгілі бір деңгейде ұстау үшін, мысалы, номиналды деңгейде,

$\Phi \approx \dfrac{U_1}{4{,}44 f_1 w_1 k_{об}} \equiv \dfrac{U_1}{f_1}$ сәйкес келесідей өзгерту керек $E_1 \approx U_1$:

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_{1н}}{f_{1н}} = const .$$

$U_1=U_{1н}$ кезінде номиналдыдан жиіліктің жоғарылауымен ағын сәйкес $\Phi \approx \dfrac{U_1}{4{,}44 f_1 w_1 k_{об}} \equiv \dfrac{U_1}{f_1}$ азаяды.

Егер R_1, ескерілмесе, яғни. $E_1 \approx U_1$, деп есептесек, критикалық момент $\dfrac{U_1}{f_1}$, пропорционал, ал сыни қарау $s_к$ f_1-ге кері пропорционал.

Бұрын енгізілген көрсеткіштер бойынша жылдамдықты реттеу:

1) екі аймақты реттеу – негізгі жылдамдықтан төмен($U_1/f_1 \approx const$) және жоғары ($U_1=U_{1н}$, $f_1>f_{1н}$);

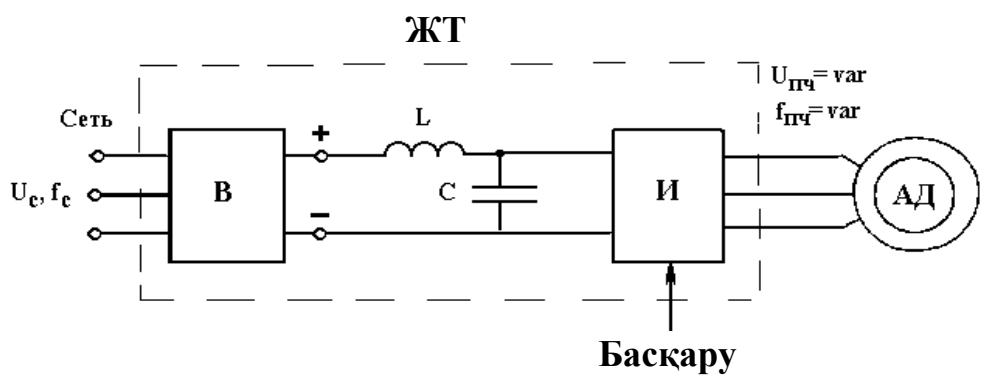
2) ретегіш диапазоны – ашық құрылымда: Жылдамдық тұрақтылығы – жоғары;

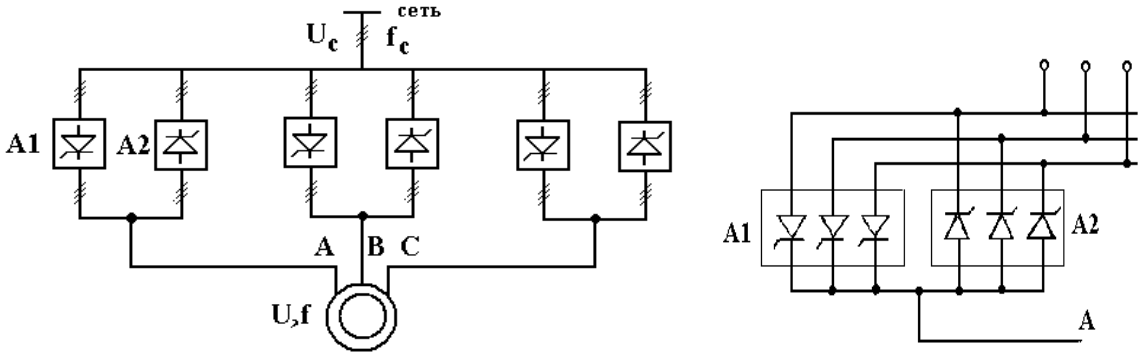
3) біркелкі реттеу;

4) рұқсат етілген жүктеме - $M=M_н$ негізгі жылдамдықтан төмен реттеу кезінде ($\Phi \approx const$), $P = P_н$, жоғары қарай реттеу кезінде ($\Phi < \Phi_н$);

5) Әдіс жұмыс кезінде үнемді - қосымша элементтер жоқ, энергияның шығыны[7].

6) Әдіс жиілік түрлендіргішін (ЖТ) пайдалануды талап етеді – шығыс кернеуінің жиілігі мен амплитудасын басқаратын құрылғы.





3.1 Сурет - Тікелей қосылған жиілік түрлендіргішінің (а) және (б) схемалары және кернеу диаграммасы (в)

3.4 Қозғалтқыштың негізгі сипаттамаларын есептеу және құру

Механикалық сипаттаманы формула бойынша есептеймін:

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

Кестеден асинхронды қозғалтқыштың келесі параметрлерін аламын:
Мұндағы

η тиімділік коэффициенті (ПӘК)

$\cos\varphi$ - қуат коэффициенті,

R_1 - статор орамасының белсенді кедергісі,

x_1 - статор орамасының индуктивті кедергісі,

R_2'' - ротор орамасының белсенді кедергісі,

x_2'' - ротор орамасының индуктивті кедергісі,

J_p – ротордың инерция моменті, кг*м^2.

Есептейміз:

$$r_1 = R_1^{'} \cdot z_1$$
$$x_0 = x_0 \cdot z_1$$
$$x_1 = x_1^{'} \cdot z_1$$
$$x_2' = x_2^{''} \cdot z_1$$
$$r_2' = R_2'' \cdot z_1$$

мұнда $Z_1 = \frac{U_{нфаз}}{I_{нфаз}}$, $U_{нфаз}$ – статордың номиналды фазалық кернеуі, В.

Статордың номиналды фазалық тогы өрнекпен анықталады:

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

Мұнда P_2 – қозғалтқыш білігінің қуаты (Вт).

Табиғи механикалық сипаттамасы *M(s)* и *n(M$_{ст}$)* 0 ... 1 диапазонында s мәнін өзгерту арқылы таңдалған қозғалтқыштың құрамы[8].

Қозғалтқыш ерекшелігі:

Қозғалтқыш түрі (каталог бойынша): А355М6УЗ

Қозғалтқыш қуаты, Рдв [кВт]: 200

Қозғалтқыш инерция моменті, Jдв [А/мм2]: 4.1000

Тиімділік және cos(fi): 0.9400 0.9000

Қысқа тұйықталудың және магниттелудің индуктивті кедергілері, хк/хм: 0.1500 3.6000

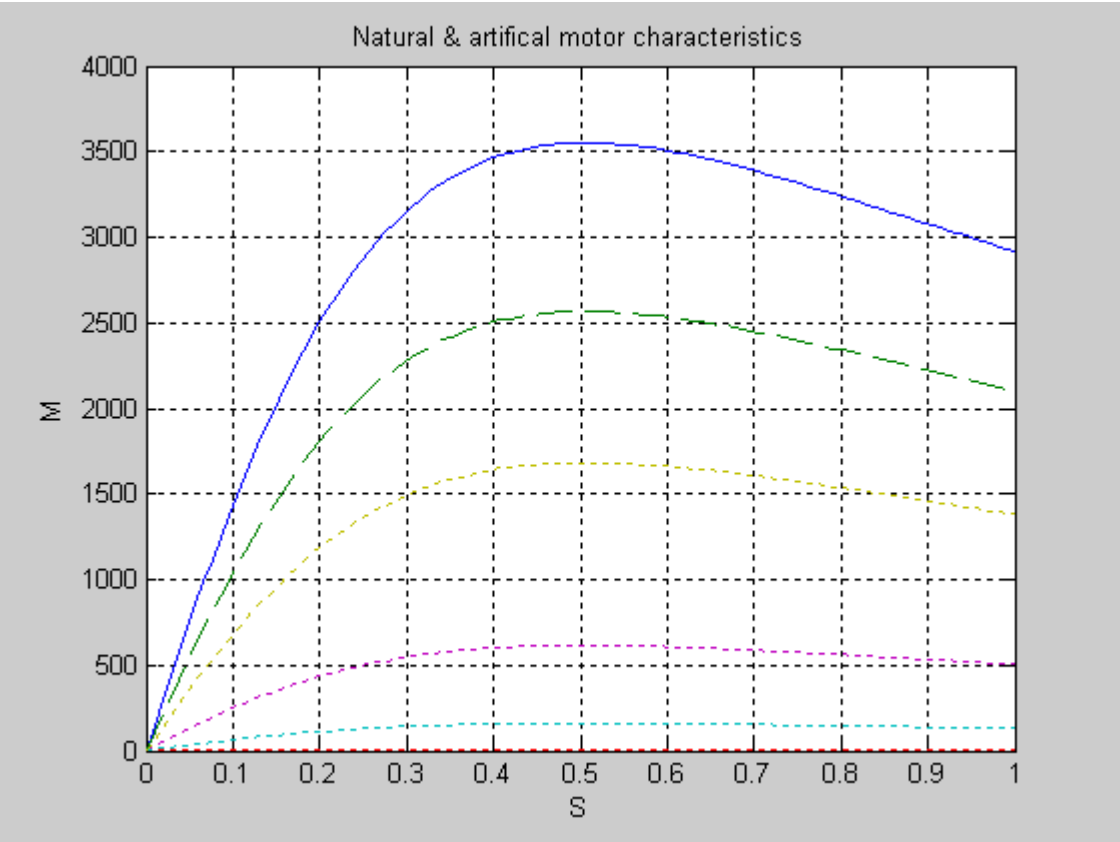
Статор мен ротордың кедергісі, R1/R2 [Ом]: 0.0180 0.1400

Статор мен ротордың индуктивті кедергілері, X1/X2 [Ом]:0.1300

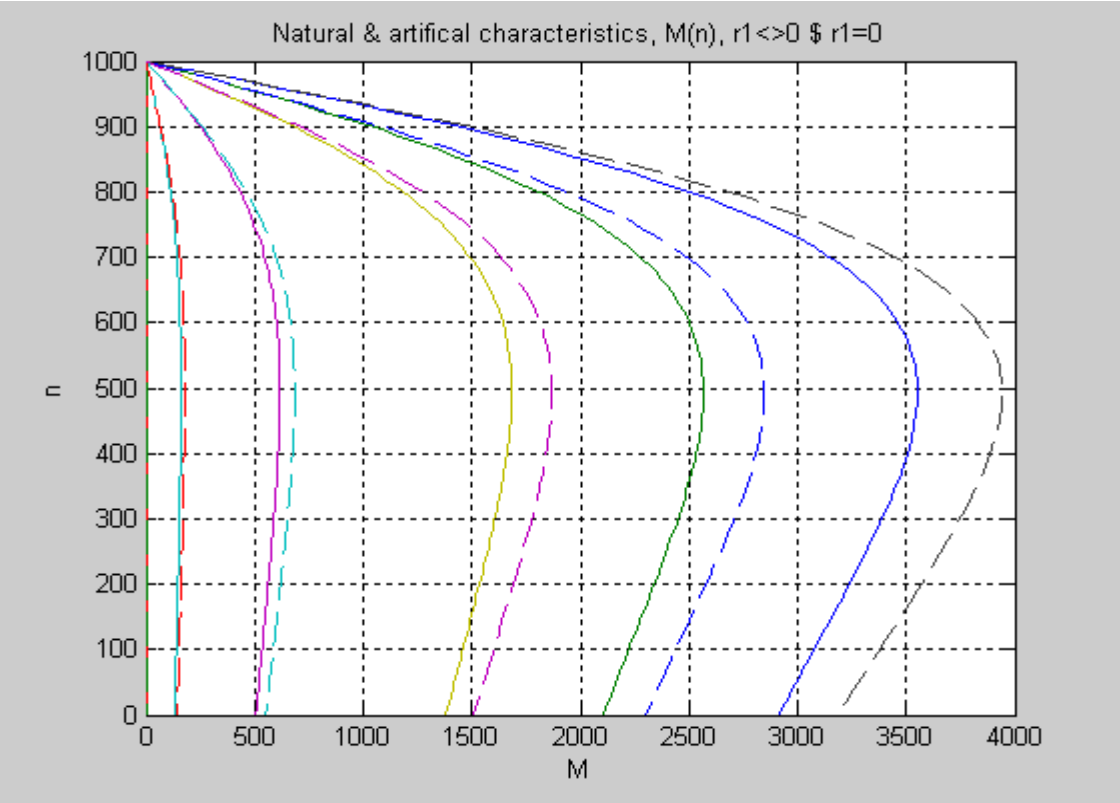
Номиналды момент, Мн [Нm]: 1373.7

Реттеу коэффициенті, D [min/max]: 0.0947

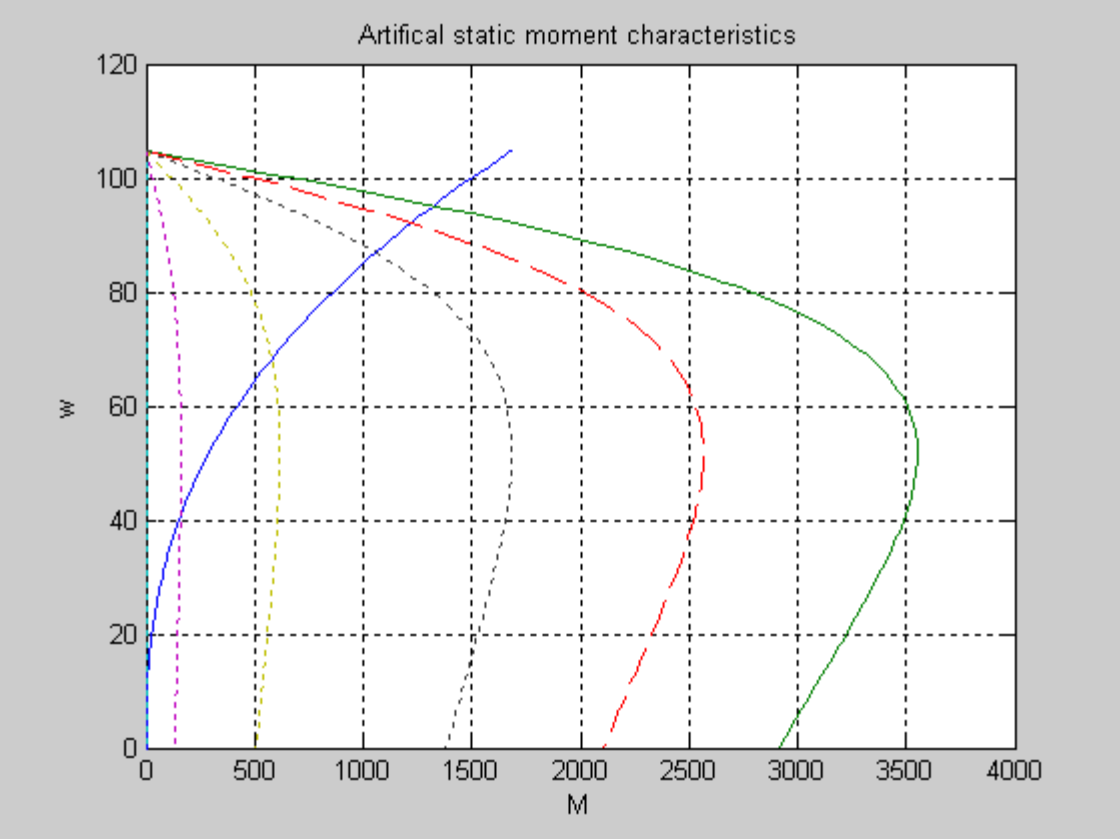
Реттеу диапазоны, w [min - max]: 9 95



3.2 Сурет - Механикалық сипаттама



3.3 Сурет - r1=0 және r1<>0 болатын айналу моментіне байланысты айналу жылдамдығының механикалық сипаттамасы



3.4 Сурет - Статистикалық момент және айналу моментіне қарсы жылдамдықтың механикалық сипаттамасы

Қосымша деректер
Номиналды фазалық кернеу, Uнф [В]: 220
Номиналды фазалық ток, Iнф [А]: 358.1918
Коэффициенті: Z1: 0.6142
максималды табиғи момент, Mmax [Нм]: 3.5515e+003
максималды табиғи айналым, wmax [айн/мин]: 51.8349

3.5 ЖТ-АҚ жүйесінің жасанды сипаттамаларын есептеу және құру

Таңдалған қозғалтқышты қоректендіру кернеуі 10-15% төмендеген кезде шамадан тыс жүктеу мүмкіндігін тексеру үшін яғни $U_1' = 0.85U_{1ном}$ жасанды сипаттаманы саламын[8].

Өздеріңіз білетіндей, егер білікке статикалық момент келесі сипатқа $M_{ст} = \omega^q$ ие болса, яғни жүктеменің желдеткіш сипатымен, жиіліктің өзгеруімен

кернеуді басқару заңы өрнекпен $\frac{U_1}{f^{q_1}} = \frac{U_1'}{f_1^{q/}} = const$ анықталады.

Әрі қарай, жиілікпен басқарылатын асинхронды қозғалтқыштың жасанды механикалық сипаттамасын келесі жиілік мәндерінде тұрғызамын: $f_1' = 10 Гц$; $f_1'' = 25 Гц$; $f_1''' = 35 Гц$; $f_1'''' = 45 Гц$. Графикті салу кезінде осы талаптардың барлығы орындалды.

3.6 ЖТ-АҚ жүйесінің қуат тізбегінің элементтерін таңдау

Жиілік түрлендіргіш – бір жиіліктегі айнымалы токты (кернеуді) басқа жиіліктегі айнымалы токқа (кернеуге) түрлендіруге арналған құрылғы.

Қазіргі уақытта тиристорлар негізіндегі жиілік түрлендіргіштері шығыс кернеуі 3-10 кВ және одан жоғары жүздеген киловатттан ондаған мегаваттқа дейінгі қуат диапазонында жоғары вольтты жетекте басым орынды алады. Дегенмен, олардың бір кВт шығыс қуатының бағасы жоғары вольтты түрлендіргіштер класында ең жоғары болып табылады[8].

Тиристор жартылай басқарылатын құрылғы болып табылады: оны қосу үшін басқару шығысына қысқа импульс беру жеткілікті, бірақ оны өшіру үшін оған кері кернеуді беру керек немесе қосылатын токты нөлге дейін азайту керек. Бұл тиристорлық жиілік түрлендіргішінде күрделі және ауыр басқару жүйесін қажет етеді.

Жиілік түрлендіргіші номиналды қуат $P_{ном,}$ *(кВт)* және номиналды қозғалтқыш тогы $I_{ном,}$*(А)*, сондай-ақ жиілік диапазоны негізінде таңдалғандықтан, мен жиілік түрлендіргішті қажетті түрлендіргіш қуатының жағдайына қарай таңдаймын: $P_{ПЧ} \geq P_{ст} = M_{ст}\omega$ немесе $P_{ПЧ\max} \geq M_{\max}\omega$; сондай-ақ түрлендіргіштің қажетті тогы $I_{ПЧ} \geq \frac{M_{\max} I_{ном}}{M_{ном}\lambda_i}$, мұндағы λ_i-токтардың көптігі.

ЭП коммутациялық құрылғы ретінде мен автоматты ажыратқышты таңдаймын, онда шамадан тыс жүктеме токтарында жұмыс істейтін жартылай өткізгішті босату бар. Шығарудың номиналды тогы $I_{ном.р} \geq I_{ном.дв}$,.,.

Жиілік түрлендіргіштің қажетті деректері

мин көрінетін қуат, Р_пч >= 1.7596e+005

мин максималды қуат, Рпч_max >= 3.7172e+005

мин түрлендіргіш ток, I_пч >= 178.7116

Осы параметрлерге сәйкес мен EI-P7002 (300H) жиілік түрлендіргішін таңдаймын, максималды шығыс қуаты 220 кВт.

Түрлендіргіштің шығыс сипаттамалары:

Түрлендіргіштің жалпы қуаты – 300 кВ×А

Номиналды шығыс тогы - 450 А
Максималды шығыс кернеуі - 380 В
Номиналды шығыс жиілігі - 50 Гц

3.7 ЖТ-АҚ жүйесіндегі өтпелі процестер

Өтпелі процестер – жетектің бір тұрақты күйден екінші стационарлық күйге ауысуындағы, уақыт бойынша болатын процестер. Оның негізгі теңдеуі:

$$M = M_{ст} + M$$

Өтпелі кезеңдердің ықтимал себептері:

- $M_{ст}$ өзгерту;
- M өзгерту, яғни іске қосу, тежеу, кері айналдыру, жылдамдықты реттеу, жетектің кез келген параметрін өзгерту.

Қозғалтқышты іске қосу және тежеу кезіндегі статикалық жүктеме моменті $M=0,15M_{ст}$.

Қабылдау – жиіліктің өзгеру жылдамдығы $\varepsilon = 5\frac{Гц}{с}$ және . $J_{мех} = 2,5J_{дв}$ - қозғалтқыш білігіне азайған инерция моменті, іске қосу кезіндегі жылдамдықты есептеймін[8]:

$$\omega_n(t) = \varepsilon(t - T_{ном}(1 - e^{\frac{-t}{T_{ном}}}))$$

мұнда $T_{ном} = \frac{J_{экв}\omega_{ном}}{M_{ном}}$ - номиналды моментке байланысты электромеханикалық уақыт тұрақтысы.

Содан кейін формуланы пайдаланып іске қосқаннан кейін дискінің тұрақты жылдамдығын бірінші рет есептеймін:

$$\omega_n(t_1) = \omega_{ном} - (\omega_{ном} - \omega_n(t_{пуск}))e^{\frac{-t_1+tn}{T_{ном}}} .$$

Тоқтау кезіндегі жылдамдықты есептеу формула бойынша жүргізіледі:

$$\omega_{ост}(t) = \omega_{ном} - \varepsilon(t - T_{ном}(1 - e^{\frac{-t}{T_{ном}}})) .$$

Сондай-ақ мен екінші рет тоқтаған кезде жылдамдықты есептеймін:

$$\omega_{ост}(t_1) = (\omega_{ост}(t_{ост}) - \omega_{ном})e^{\frac{-t_1+toос}{T_{ном}}}$$

Асинхронды қозғалтқыштың іске қосу моменті:

$$M_n(t) = M_{ст} + J_{экв}\varepsilon(t - T_{ном}(1 - e^{\frac{-t}{T_{ном}}})) .$$

Номиналды жылдамдыққа жеткеннен кейін асинхронды қозғалтқышты іске қосу моменті:

$$M_n(t_1) = M_{ст} + (M_n(t_{пуск}) - M_{ст})e^{\frac{-t_1+t_{пуск}}{T_{ном}}}$$

Тоқтау моменті:

$$M_{ост}(t) = M_{ст} - J_{экв}\varepsilon(t - T_{ном}(1 - e^{\frac{-t}{T_{ном}}})) .$$

Жылдамдық нөлдік деңгейге жеткенде, асинхронды қозғалтқышты тоқтату кезіндегі момент:

$$M_{ост}(t_1) = M_{ст} + (M_{ост}(t_{ост}) - M_{ст})e^{\frac{-t_1+t_{ост}}{T_{ном}}} ,$$

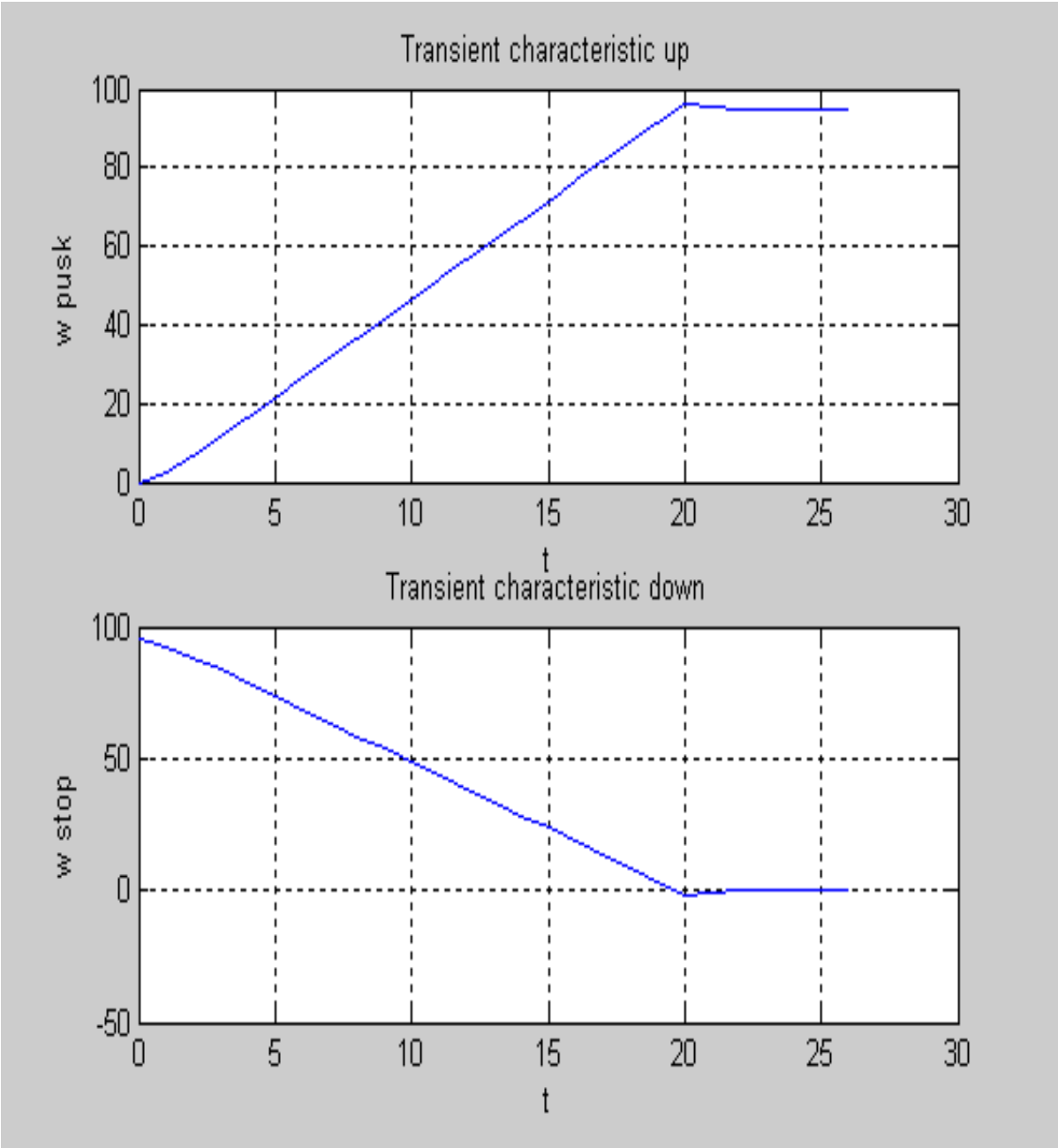
Барлық есептеулерде мен алатын жалпы уақыт 5 секунд.

Өтпелі сипаттамалар

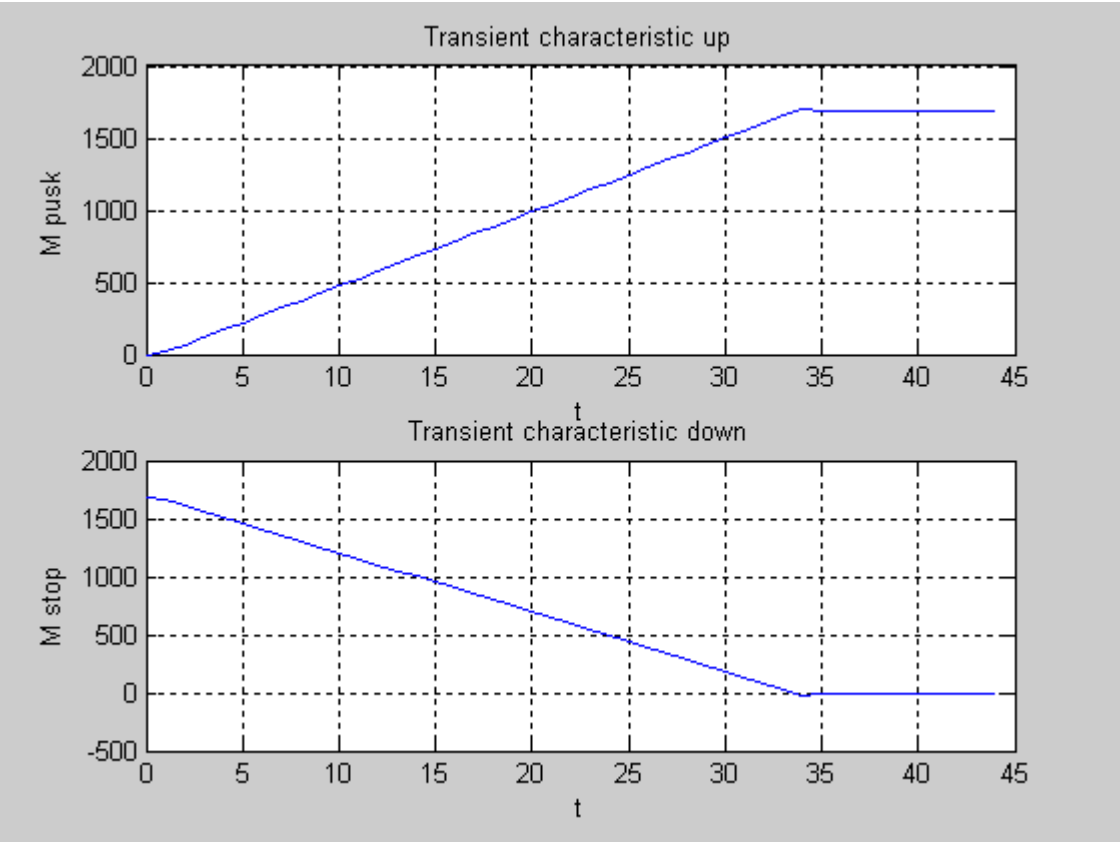
Номиналды уақыт тұрақтысы, Tn: 0.7089

t_жіберу (w) t_іске қосу (M) : 20 34

t_тоқтау (w) t_тоқтау(M) : 20 34



3.5 Сурет - Айналу жылдамдығының қадамдық реакциясы



3.6 Сурет - Момент қадамының реакциясы.

3.8 Жиіліктік реттелетін асинхронды электржетегінің энергетикалық көрсеткіштері

Жиіліктік реттелмелі асинхронды электржетектері өндірістің көптеген салаларында кеңінен қолданылады[8].

Қажетті сипаттамаларды алу үшін және айналу жиілігн өзгертумен қатар жоғары энергетикалық көрсеткіштерге қол жеткізу үшін статорторамдарына берілетін кернеуді де белгілі бір заңмен өзгерту қажет.

Жиіліктік реттеу заңдары жалпы алғанда екіге бөлінеді.

Бірінші топқа қозғалтқыш қоректенетін ток көзі кернеуі мен ток көзі жиілігін байланыстыратын тәуелділіктер U/f=const, U/f^2=const, $U/\sqrt{f}$ =const.

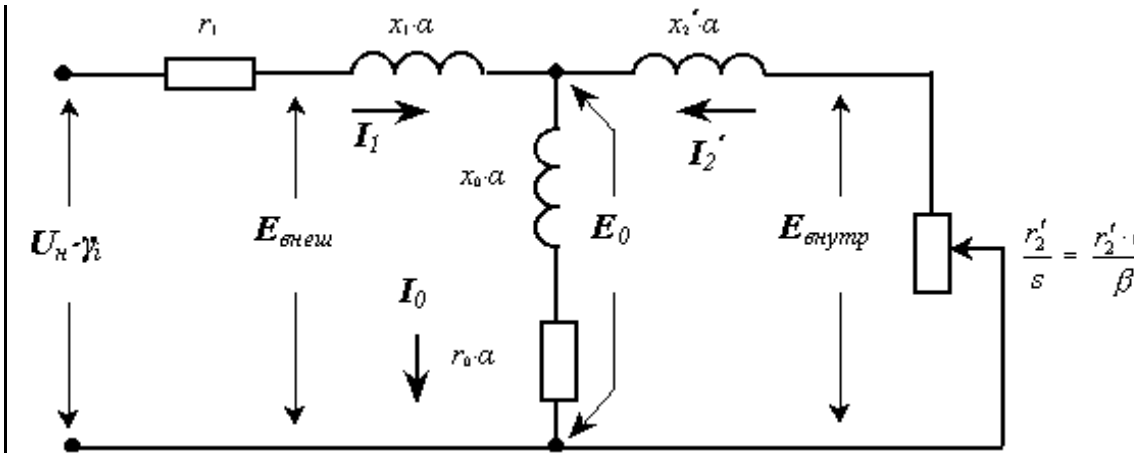
Екінші топқа сәйкес келетін заңдылықтар электрмашинасының магнит ағындары тоғысының тұрақтылығын қамтамасыз ететін заңдылықтар $E_{внеш}$ /f = const; E/f= const; $E_{внут}$ /f= const.

Әсересе соңғы заңдылықтар қолдану арқылы жақсы көрсеткіштереге қол жеткізуге болады. Бұл заңдармен реттеу кезінде электржетегін статикалық және

динамикалық режимдерде басқарудың сапасы жоғары болады.

Энергетикалық праметрлердің басқару заңдарына байланысын зерттеу үшін, оларды кернеу мен жиіліктің өзгерууіне тәуелді коэффициенттер арқылы математикалық байланысын анықтау қажет[9].

Бұл математикалық байланыстарды 3.7-суретте көрсетілген эквивалентті ауыстыру схемасын анализдеу арқылы табуға болады. Бұл ауыстыру схемасына сәйкес статор мен ротор орамдарының параметрлері а = $f1/f1_{Н}$ қатынасына пропорционал өзгереді деп қабылданып алынды, қозғалтқышқа берілетін кернеуді γ = U1 / UN –қатынасы арқылы ескереміз және болат өзекшедегі шығындарды r_0=0 нолге тең деп аламыз.



3.7 Сурет - Эквивалентті ауыстыру схемасы.

Бірінші топқа сәйкес келетін басқару заңдары кезінде кернеу мен жиілікті өзара тәуелді басқару мына қатынастармен ескеріледі:

γ =α болғанда U/f = const, γ =α^2 болғанда U/f2 = const

Есептеулерді қарапайымдандыру үшін индуктивті және активті кедергілердің арақатынасын ескеретін келесі коэффициенттерді қолданамыз:

$$\tau_1 = \frac{x_1}{x_0},\ \tau_2 = \frac{x_2'}{x_0},\ b = r_1(1+\tau_2),\ c = x_1 + x_2'(1+\tau_1) = x_2' + x_1(1+\tau_2),$$

$$d = \frac{r_1}{x_0},\ d_1 = \frac{r_0}{x_0},\ e = 1+\tau_1,\ m = x_1 + x_2',$$

Ауыстыру схемасына бірінші топтағы басқару заңдарына сәйкес статордың тогы мына формуламен анықталады:

$$I_1 = U_н \gamma \frac{r_0 + \frac{r_2}{\beta} + j(x_0 + x_2^{'})}{(r_1 + jx_1\alpha)(r_0 + jx_0 + \frac{r_2^{'}}{\beta} + jx_2^{'}) + (\frac{r_2}{\beta} + jx_2^{'})(\alpha r_0 + j\alpha x_0)},$$

немесе жоғарыдағы коэффициенттерді пайдаланып:

$$I_1 = U_н \gamma \frac{d_1 + \frac{r_2}{\beta}\frac{1}{x_0} + j(1 + \tau_2)}{d(r_0 + \frac{r_2}{\beta}) + \alpha d_1 \frac{r_2}{\beta} - \alpha c + j(b + e\alpha \frac{r_2^{'}}{\beta} + \alpha d_1(x_1 + x_2^{'}))},$$

Осы секілді басқада токтарды анықтауға болады:

$$I_2 = U_н \gamma \frac{d_1 + j}{d(r_0 + \frac{r_2^{'}}{\beta}) + \alpha d_1 \frac{r_2}{\beta} - \alpha c + j(b + e\alpha \frac{r_2}{\beta} + \alpha d_1(x_1 + x_2^{'}))},$$

$$I_0 = U_н \gamma \frac{\frac{r_2}{\beta}\frac{1}{x_0} + j\frac{x_2}{x_0}}{d(r_0 + \frac{r_2^{'}}{\beta}) + \alpha d_1 \frac{r_2}{\beta} - \alpha c + j(b + e\alpha \frac{r_2}{\beta} + \alpha d_1(x_1 + x_2^{'}))}.$$

Түрлендірулерден кейін токтың әсерлік мәні үшін мына теңдік дұрыс болып табылады:

$$I_1 = U_н \gamma \frac{\sqrt{(1 + \tau_2)^2 + d_1^2 + 2\frac{r_2}{\beta}\frac{1}{x_0}d_1 + (\frac{r_2}{\beta}\frac{1}{x_0})^2}}{idem},$$

$$I_2 = U_н \gamma \frac{\sqrt{1 + d_1^2}}{idem}, \quad I_0 = U_н \gamma \frac{\frac{\tau_1}{x_1}\sqrt{x_2^{'} + (\frac{r_2}{\beta})^2}}{idem},$$

мұндағы

$$idem = \sqrt{\left[b^2 + d^2 r_0^2 + 2\alpha r_1 r_0 \tau_2^2 + \alpha^2 (c^2 + d_1^2 m^2)\right] + \left[d^2 + 2\alpha d_1 d + \alpha^2 (e^2 + d_1^2)\right]\frac{r_2^{'2}}{\beta^2} + \left[2d^2 r_0 + 2\alpha r_1 (1 + d_1^2) + 2\alpha^2 \tau_1 x_1 d_1\right]\frac{r_2^{'}}{\beta}}$$

Бірінші ретті ток өрнегін және оның активті құраушысын пайдаланып $\cos\varphi 1 = I_{1a}/I_1$ қуаттық коэффициентті анықтаймыз:

$$\cos\varphi_1 = \frac{\frac{r_2^{'}}{x_0\beta}\left[(d + \alpha d_1)\frac{r_2^{'}}{\beta} - (\alpha c - r_0 d - d d_1 x_0 - \alpha d_1^2 x_0)\right] + (1 + \tau_2)\left[b + \alpha d_1 m + e\alpha\frac{r_2^{'}}{\beta}\right] + d_1(d r_0 - c d)}{idem\sqrt{(1 + \tau_2)^2 + d_1^2 + 2\frac{r_2^{'}}{x_0\beta} d_1 + \left(\frac{r_2^{'}}{x_0\beta}\right)}}$$

Жоғарыда келтірілген теңдіктер әртүрлі басқару заңдары кезіндегі шығындар мен пайдалы әсер коэффициентін анықтауға мүмкіндік береді.

Статор орамдарындағы электрлік шығындар:

$$\Delta P_{з1} = m_1 r_1 I_1^2 = m_1 r_1 U_н^2 \gamma^2 \frac{(1 + \tau_2)^2 + d_1^2 + 2\frac{r_2}{\beta}\frac{1}{x_0} d_1 + (\frac{r_2}{\beta}\frac{1}{x_0})^2}{idem^2}$$

Ротор орамдарындағы электрлік шығындар:

$$\Delta P_{з2} = m_1 r_2^{'} I_2^{'2} = m_1 r_2^{'} U_н^2 \gamma^2$$

Болат өзекшедегі шығындар:

$$\Delta P_{ст} = m_1 r_0 I_0^2 = m_1 r_0 U_н^2 \gamma^2 \frac{(\frac{\eta}{x_1})^2 x_2^{'} + (\frac{\eta}{x_1})^2}{idem^2}$$

қосымша шығындар:

$$\Delta P_{косылу} = 0{,}005 P_1$$

Механикалық шығындар ротордың бұрыштық жылдамдығына 3/2 дәрежемен пропорциональ байланыста болады деп саналады:

$$\Delta P_{мек} = \alpha^{3/2} P_{трн}$$

мұндағы $P_{трн}$ – номиналь жүктеме кезіндегі механикалық шығындар.

Пайдалы әсер коэффициенті:

$$\eta = 1 - \frac{\sum P}{P_1}, \ \sum P = \Delta P_{з1} + \Delta P_{з2} + \Delta P_{ст} + \Delta P_{косылу} + \Delta P_{мех}$$

Түрлендірулерден соң:

$$\eta = 0{,}995 - \frac{m_1 U_н^2 \gamma^2 \left[\begin{array}{l} \gamma_1 (1+\tau_2)^2 + \gamma_1 d_1^2 + \gamma_1 \dfrac{2\gamma_2^{'} \tau_1}{\beta x_1} d_1 + (\gamma_1 + \gamma_0)\left(\dfrac{\gamma_2^{'} \tau_1}{\beta x_1}\right) + \\ + \gamma_2^{'}(1 + d_1^2) + \dfrac{x_2^{'} \gamma_0}{x_0^2} \end{array} \right] + \alpha^{3/2} P_{трн} idem^2}{m_1 U_н^2 \gamma^2 \left[\begin{array}{l} \dfrac{\gamma_2^{'}}{x_0 \beta}\left[(d + \alpha d_1)\dfrac{\gamma_2^{'}}{\beta} - (\alpha c - \gamma_0 d - d d_1 x_0 - \alpha d_1^2 x_0) \right] + \\ + (1+\tau_2)\left[b + \alpha d_1 m + e\alpha \dfrac{\gamma_2^{'}}{\beta} \right] + d_1 (d\gamma_0 - e\alpha) \end{array} \right]}$$

Жоғарыда атап өтілгендей екінші топ заңдары ЭҚК тұрақтылығымен сипатталады.

Екінші топ заңдары үшін энергетикалық көрсеткіштер теңдеулерін 3.7-суреттегі ауыстыру схемасы арқылы алынады.

Статордың магнит ағынының тоғысуын *Евнеш/f* тұрақты ұстап тұру жағдайын қарастырамыз, бұл кезде статор тогы мына түрде анықталады:

$$I_1 = U_н \gamma \frac{r_0 + \dfrac{r_2^{'}}{\beta} + j(x_0 + x_2^{'})}{j x_1 \alpha (r_0 + j x_0 + \dfrac{r_2^{'}}{\beta} + j x_2^{'}) + (\dfrac{r_2^{'}}{\beta} + j x_2^{'})(\alpha r_0 + j\alpha x_0)}$$

Бұл кезде схема кірісіндегі кернеу қарастырылып отырған ЭҚК статор орамдарындағы шығын шамасына жоғары болуы керек:

$$U_{кір} = U_н\gamma + I_1 r_1 = U_н\gamma\left[1 + r_1 \frac{r_0 + \frac{r_2^{'}}{\beta} + j(x_0 + x_2^{'})}{jx_1\alpha(r_0 + jx_0 + \frac{r_2^{'}}{\beta} + jx_2^{'}) + (\frac{r_2^{'}}{\beta} + jx_2^{'})(\alpha r_0 + j\alpha x_0)}\right]$$

Бұл шаманы анықтау үшін мына коэффициентті енгіземіз:

$$\gamma_1 = \frac{U_{кір}}{U_н} = \gamma\left[1 + r_1 \cdot \frac{r_0 + \frac{r_2^{'}}{\beta} + j(x_0 + x_2^{'})}{jx_1\alpha(r_0 + jx_0 + \frac{r_2^{'}}{\beta} + jx_2^{'}) + (\frac{r_2^{'}}{\beta} + jx_2^{'})(\alpha r_0 + j\alpha x_0)}\right]$$

Әрі қарай осы коэффициенттің орнына мына шаманы пайдаланамыз:

$$|\gamma_1| = \gamma\sqrt{\frac{(\frac{r_0 r_2}{S} + r_1(r_0 + r_2^{'}/\beta) - x_1\alpha(x_0 + x_2^{'}) - x_2^{'}x_0\alpha)^2 + \left(x_1\alpha(r_0 + r_2^{'}/\beta) + \frac{x_0 r_2^{'}}{S} + r_0 x_2^{'}\alpha + r_1(x_0 + x_2^{'})\right)^2}{(\frac{r_0 r_2^{'}}{S} - x_1\alpha(x_0 + x_2^{'}) - x_2^{'}x_0\alpha)^2 + \left(x_1\alpha(r_0 + r_2^{'}/\beta) + \frac{x_0 r_2^{'}}{S} + r_0 x_2^{'}\alpha\right)^2}}$$

Осы секілді қалған коэффициенттерді де анықтаймыз:

$$|\gamma_2| = \gamma \cdot idem2 \qquad |\gamma_3| = \gamma \cdot idem2 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{x_2^{'}S}{r_2^{'}}\right)^2}$$

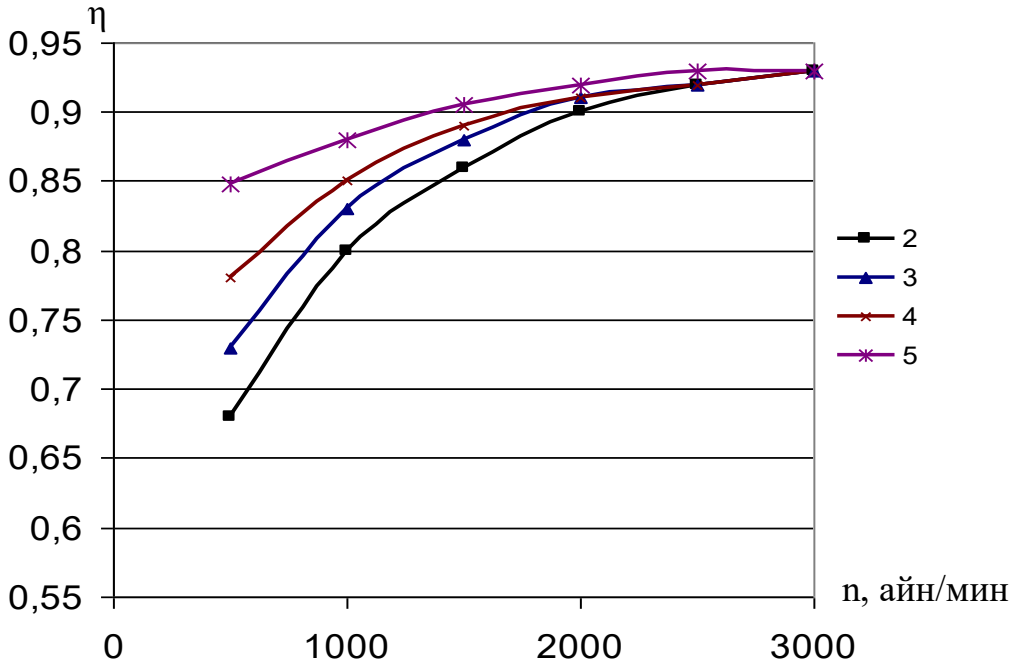
$$idem2 = \sqrt{\frac{\left(\frac{r_0 r_2^{'}}{S} + r_1(r_0 + r_2^{'}/\beta) - x_1\alpha(x_0 + x_2^{'}) - x_2^{'}x_0\alpha\right)^2 + \left(x_1\alpha(r_0 + r_2^{'}/\beta) + \frac{x_0 r_2^{'} + r_0 x_2^{'}\alpha + r_1(x_0 + x_2^{'})}{}\right)^2}{\left(\frac{r_0 r_2^{'}}{S} - x_2^{'}x_0\alpha\right)^2 + \left(\frac{x_0 r_2^{'}}{S} + r_0 x_2^{'}\alpha\right)^2}}$$

Алынған η және cosφ2 өрнектер осы шамалардың басқару заңдарына тәуелділігін анықтауға мүмкіндік береді.

Алынған өрнектердің дұрыстығын тексеру үшін АМУ160L2У3 ($P_Н$=18,5 кВт) типті асинхронды қозғалтқышының энергетикалық көрсеткіштері зерттелінді[9].

Әртүрлі басқару заңдары кезінде алынған есептеу нәтижелері 3.8 және 3.9-суреттерде көрсетілген.

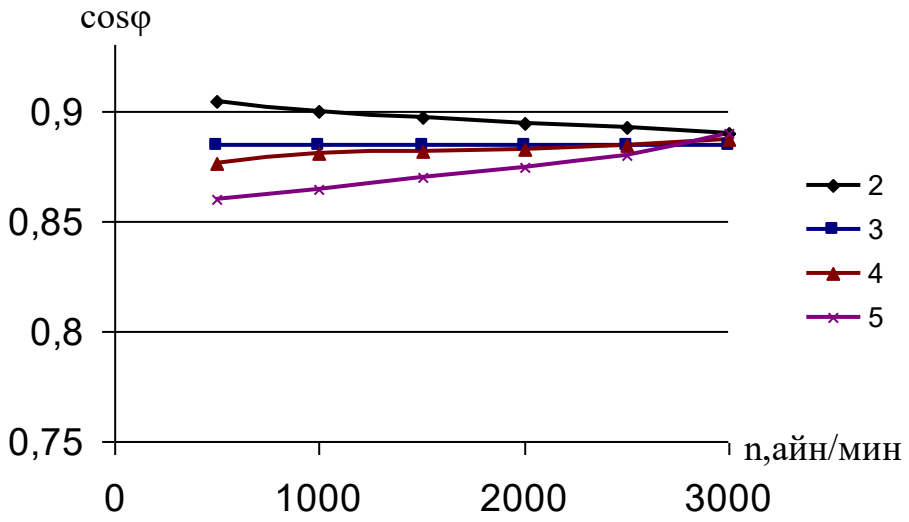
Алынған нәтижелерге қарап мынадай қортындылар шығаруға болады, яғни екінші топ заңдарын қолданып электржетегін басқару кезінде статикалық және динамикалық режимдерді басқарып қана қоймай, сонымен қатар электр жетегі жүйесінің энергетикалық көрсеткіштерін жоғары деңгейде қамтамасыз етуге болады[9].



2 - *U/f = const*;3 - *Eвнеш /f = const*;

4 - *E/f= const*; 5 - *Eвнут /f= const*.

3.8 Сурет – Пайдалы әсер коэффициентінің басқару заңдарына байланыстылығы



2 - *U/f = const*; 3 - *Eвнеш /f = const*;

4 - *E/f= const*; 5 - *Eвнут /f= const*.

3.9 Сурет – cosφ басқару заңдарына байланыстылығы

4 ЖИІЛІКТІК РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТРЖЕТЕГІН МОДЕЛЬДЕУ

4.1 Жүйені математикалық сипаттау

Айнымалы жиіліктің қоректену желісі барысында АҚ математикалық сипаттау негізінде электрлік машинаның жалпы теориясы жатыр.

АҚ математикалық сипаттау үшін негіз болып фазалық координаттарда құрастырылған теңдеулер табылады. АҚ ерекшелігі болып ротордың статорға қатысты бұрылу бұрышының функциясында жүйелік түрде өзгеретін өзіндік және өзара индукциялық коэффициентімен магниттік байланысты тізбегінің жиынтығы табылады. Машинаның магниттік жүйенің қанығу деңгейіне байланысты, бұл коэффициенттер барлық орамдағы тоқтардан да тәуелді болуы мүмкін. Теңдеулер жалпыландырылған машина үшін екі фазалы немесе координаталы үш фазалы жүйесінде құрастырылуы мүмкін. Фазалық координаттарда теңдеулерді жазу барысында айнымалы коэффициенттермен жоғарғы тәртіптегі әртүрлі теңдеулер жүйесіне ие болады (координаттардың үш аралық жүйесінде теңдеу саны 14 – тең). АҚ болыпжатқан электромеханикалық процестерді зерттеу мақсатында бұл жүйені қолдану мүмкін емес, себебі ол

айнымалы коэффициенттің болуымен, ауырлығымен, бір сызықты блмауымен байланысты. Теңдеулердің бастапқы жүйесін бұдан әрі жеңілдету және түрлендіруі келесі жалпы әдіске негізделеді. Бірақ фазалық координаттардағы теңдеулер жалпыландырылған вектор арқылы көрініс тапқан теңдеулерге өзгереді, тоқтар, кернеулер, ағымдық жалғасулар, айналу жылдамдығы, жиілік, моменттер, активті, индуктивті кедергі үшін салыстырмалы бірліктер жүйесі енгізіледі. Салыстырмалы бірліктер жүйесін енгізу теңдеулердің түрлерін жеңілдетеді, ал нәтижелі векторлар арқылы айнымалылардың өрненгі дифференциялады теңдеулердің түрлеріне алып келеді, ал мұнда қанықпаған машинаның дифференциялды теңдеу коэффициенті тұрақты шама болып табылады. Қаныққан машиналар үшін осы коэффициенттің шамаларын машинаның магниттік жағдайына тәуелділігін енгізу қажет[10].

Аталған түрлендіргіштерден кейін тұрақты коэффициенттермен алтыншы реттегі дифференциялды теңдеулердің жүйесіне ие болады, ал бұл АҚ сипатталуын айтарлықтай жеңілдетеді және АҚ ағатын электромеханикалық процесстерді зерттеу үшін осы жүйені пайдалануға мүмкіндік береді. Алынған теңдеулер жүйесін бұдан әрі түрлендіру теңдеулерге, координаттардың әртүрлі жүйесіне (шешілетін тапсырманың мақсатына қарй) кіретін векторлардың аудармасына тап болады.

АҚ математикалық сипаттамасы барысында идеалды АҚ сәйкес келетін бірқатар жолдар беріледі:

- фазалық орамдар симетриялық, біркелкі, ротордың айналымындағы ауа қуысы бірдей;
- болаттағы жоғалтулар ескерілмейді, сондай-ақ қатар магниттік қозғалыс күштерінің және жұмыс ағымының гармониктері ескерілмейді;
- АҚ параметрлері тұрақты және АҚ орамдарындағы тоқтарға байланысты емес;
- қоректентін тоқтардың (кернеудің) симметриялық.

Координат жүйесінде салыстырмалы бірліктер жүйесін қолданатын қандайда бір жылдамдықпен $\omega_к$ айналатын идеалды үшфазалы қысқа тұйықталған АҚ үшін теңдеулер жүйесі келесі түрде:

$$\left.\begin{aligned}
&\overline{U}_s = \overline{I}_r \cdot r_s + p \cdot \overline{\Psi}_s + j \cdot \omega_k \cdot \overline{\Psi}_s \\
&0 = \overline{I}_r \cdot r_r + p \cdot \overline{\Psi}_r + j \cdot (\omega_k - \omega) \cdot \overline{\Psi}_r \\
&\overline{\Psi}_s = \overline{I}_s \cdot (L_m + l_{\sigma s}) + \overline{I}_r \cdot L_m \\
&\overline{\Psi}_r = \overline{I}_r \cdot (L_m + l_{\sigma r}) + \overline{I}_s \cdot L_m \\
&\mu = L_m / L_r \cdot I_m \cdot [\overline{\Psi}_r^* \times \overline{I}_s] \\
&\mu - \mu_c = J \cdot p \cdot \omega
\end{aligned}\right\}$$

мұндағы: $\overline{U}_s, \overline{I}_s, \overline{\Psi}_s$ - жалпыландырылған векторлар, сәйкесінше, кернеудің, тоқтың, статордың ағымдық тоғысуының;

$\overline{I}_k, \overline{\Psi}_r$ - жалпыландырылған векторлар, сәйкесінше, тоқтың және ротордың ағымдық тоғысуының;

r_s, r_r - статордың және ротордың активтік кедергілері;

L_m – статордың және ротордың өзара индуктивтігі;

$l_{\sigma s}, l_{\sigma r}$ - статордың және ротордың индуктивтік шашырауы;

$\mu, \mu_{\tilde{n}}$ - АҚ валындағы электромагниттік момент және кедергі моменті;

J – АҚ роторының инерция моменті;

ω - АҚ роторының бұрыштық айналу жылдамдығы;

p – уақыт бойынша дифференциялдық символ.

Асинхронды қозғалтқыштың тұрақталған жұмыс режиміне (формуладағы барлық туындылар нольге тең) 1-суретте көрсетілген АҚ Т-типті ауыстыру схемасы сәйкес, мұндағы I_μ - АҚ магниттену тоғы; ω_1 – қорек көзінің жиілігі.

АҚ математикалық бейнелеуде саластырмалы бірліктер жүйесі алынған, жүйенің базалық шамасы келесідей:

Дипломдық жобаның мақсаты – автономды тоқ инверторының базасында әртүрлі басқару заңдары кезінде жоғары деңгейлі бағдарламаны жетілдіру, үшфазалы қозғалтқыштың асинхронды электрожетекті автоматты реттеу жүйесін (АРЖ) зерттеу[10].

Қойылған мақсаттарды нақтылау кезінде келесі есептер анықталды. Жоғары вольтті электрожетекке қатысты белгілі басқару заңдарына сараптама жүргізу және сараптама негізінде жетілдірілетін (АРЖ) үшін жоғары вольтты электрожетектің рационалды заңдарын және жиілікті басқару әдістерін анықтау.

Үшфазалы бірорамды жоғары вольтты электрожетекті автоматты реттеу жүйесін жоғарывольтты электрожетекті АРЖ қойылатын келесі талаптар

бойынша синтездеу.

Кедергінің тұрақты момент жіберу-тежеу режимінде жұмыс жасайтын электрожетек үшін интенсивті динамикалық режимде электрожетектің жұмысын қамтамасыз ететін ротордың ағындар тоғысуын тұрақты ұстау заңын басқаруды жүзеге асыру.

Валда және машинаның ішінде датчиктердің саны минимал болуы қажет.

Жоғары вольтты гальваникалық развязкасы бар датчиктердің саны минимал болуы қажет.

Үшфазалы екіорамды қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқышты басқаруды жүзеге асыру.

$$\begin{cases} I_\sigma = \sqrt{2} \cdot I, & \text{- базалық тоқ;} \\ U_\delta = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot U_H & \text{- базалық кернеу;} \\ \omega_{\delta p} = 2 \cdot \pi \cdot f,/z & \text{- базалық жылдамдық;} \\ \omega_\delta & \text{- базалық жиілік;} \\ T_\delta & \text{- базалық уақыт;} \\ M_\delta = \frac{I, \cdot U, \cdot z \cdot \sqrt{3}}{\omega_\delta} & \text{- базалық момент;} \\ L_\delta = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{U,}{\omega_\delta} & \text{- базалық индуктивтік;} \\ \Psi_\delta = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{U,}{\omega_\delta} & \text{- базалық ағымдық жалғасу;} \\ R_\delta = \frac{U_\delta}{I_\delta} & \text{- базалық кедергі;} \\ H_\delta = M_\delta \cdot z/\omega_\delta^2 & \text{- базалық инерция моменті.} \end{cases}$$

АРЖ жүзеге асыруда минималды техникалық күрделілігін қамтамасыз ету.

Жүзеге асырылған АРЖ электрожетек құрамында статикалық және динамикалық жұмыс режимдерінде зерттеу.

4.2 Қолданылатын автоматизация құралдарына сараптама

Қазіргі кездегі асинхронды электрожетекті жиіліктік басқару үшін арналған

техникалық құрылғылар толығымен қуатты жоғарывольтты электрожетекке қойылатын талаптарды орындай алмайды және оларға келесідей кемшіліктер тән:

1) Төмен жылдамдықты электрожетектердің қолдану аймағының тарлығы, арнайы машинаны жасау немесе серийлы машинаны өзгерту қажеттілігі, валдарды өзара механикалық қосатын арнайы құралдарың қолданылуы, шаңдалған және агрессивті орталарда қолданудың мүмкінсіздігі вал мен машинаның ішінде датчиктердің болуымен байланысты;

2) Техникалық күрделіліктің жоғары жүзеге асырылуы күрделі техникалық құралдардың болуымен байланысты: координатты түрлендіру, векторлық фильтрлер, фаза айналдырғыштар, функционалды түрлендіргіштер, жиілік лездік шамасын түзететін блоктар;

3) Жоғары вольтты гальваникалық ажырауды жүзеге асыратын бар датчиктердің саны көп болуы;

4) Вал мен машинаның ішінде датчиктердің болуы, АРЖ блоктарын жоғары техникалық күрделіліктің жүзеге асырылуы, гальваникалық развязкасын жүзеге асыратын датчиктердің болуы сенімділіктің төмен болуына әкеп соғады[10].

4.3 Автоматты басқару жүйесін негіздеу

Асинхронды қозғалтқышты жиілікті басқару кезінде келесі заңдар кең қолданылады: статордың ағындық тоғысуын тұрақты ұстау (Y_1=const), машинаның бас ағынын тұрақты ұстау (Y_0=const), ротордың ағындық жалғасуын потокосцепленияымын тұрақты ұстау (Y_2=const), ағын жалғасудың ағындық жалғасуын потокосцепленияның шамасы жүктеме моменттінің шамасына тәуелділігін реттеу(Y_1, Y_0, Y_2) =f(M)).

Бірінші заң статордың ЭҚК-нің өрістің бұрыштық жиілігіне қатынасын тұрақты ұстау кезінде жүзеге асырылады. Бұл заңнан негізгі кемшілігі – жоғары жиіліктер кезінде қозғалтқыштың асқын жүктеме қабілетінің төмен болуы. Бұл статордың индуктивтілік кедергісінің жоғарлауына, яғни жүктемені жоғарлатқан кезде статор мен ротордың арасындағы бос ауа қуысында ағындық тоғысуының төмендеуіне әкеп соғады[10].

Бас ағынды тұрақты ұстау қозғалтқыштың асқын жүктеме қабілетін жоғарлатады, бірақ басқару жүйесінің аппараттық асыруын қиындатады және не машинаның конструкциясын өзгертуін, не арнайы датчиктерді орнатуын қажет етеді.

Ротордың ағындық тоғысуын тұрақты ұстау кезінде қозғалтқыштың моментінің максимум мәні болмайды, бірақ жүктемені көбейту бас магнитті ағынды көбейтеді. Бұл магнитті тізбектердің қанығуына әкеледі, осыдан ротордың ағындық тоғысуын тұрақты ұстаудың мүмкінсіздігіне әкеп соғады.

Ағындық тоағысуын тұрақты ұстау заңдарының жалпы кемшілігі: сенімділіктің төмен болуы, қозғалтқыштың ішіне датчиктердің орналастырылуы, номинал моменттен жоғары асқын момент кезінде қозғалтқыштың жұмыс жасауда стальде болатын шығындар әр түрлі жұмыс режимдері кезінде номиналды потокосцепленияны тұрақты ұстап тұрумен байланысты.

Қозғалтқыштың ЭҚК айтарлықтай көбейту - статордың (ротордың) магнитті ағынын жүктеме моментінің (сырғанау) шамасына тәуелділігін реттеу арқылы болады. Мұндай басқарудың кемшілігі жетектің динамикалық сипаттамаларының төмен болуымен анықталады. Бұл өз кезегінде ротордың уақыт тұрақтысының жоғары шамасымен байланысты, осыдан машинаның магнитті ағыны қандайда бір кешігумен қалпына келеді және басқару жүйесінің техникалық күрделіліктің жүзеге асырылуы[10].

Практика жүзінде магнит ағынның тұрақтылығы туралы заңдардың группасы валда кедергінің тұрақты моменті және кедергінің жиі соқтығысымен жұмыс жасайтын динамикалық электрожетектер арасында кең етек алды.

Валдағы жүктеме функциясындағы магнит ағынын реттеу туралы заңдар группасы төмендинамикалық электрожетектер және “желдеткіш” жүктемесі бар электрожетектерде қолданылады.

Сомен бірге жетектер қатарында насостар, компрессорлар, конвейерлар және т.б. механизмдер бар. Олар динамикалық және төмендинамикалық жетектер арасында аралық орын алады, және олар үшін қойылатын талаптарды қолданылатын жүйелер толығымен орындай алмайды. Жоғарыдинамикалық жетектердің күрделі басқару жүйесі және қозғалтқыштың жүктемесі кем болған жағдайда жоғары энергетикалық шығындары бар, ал төмендинамикалық жетектер статикалық моменттің тез өзгеруін әрдайым бақылай алмайды.

Жоғары айтылғандардың негізінде келесідей қорытынды жасауға болады: қолданылып жүрген жүйелер асинхронды қозғалтқышы бар электрожетекке қойылатын талаптарды толығымен орындай алмайды. Бүгінгі кезде көпшілігі вентиляторлар, насостар, компрессорлар және т.б. механизмдердің жетектері басқарылмайды, осы орайда басқару жүйесін таңдау мәселесі өзекті. Бұл басқару жүйесі тез жұмыс жасауын, сенімділігін және жетектің жоғары энергетикалық сипаттамаларын қамтамасыз етуі қажет.

Жоғарыда айтып кеткендей, жүктеме функциясында магнит ағынын реттеу

жүйелері жоғары энергетикалық сипаттамаларына ие. Олардың динамикалық сипаттамаларын өтпелі процесстер кезінде немесе жиі қалыптастыратын басқару ықпалдар кезінде статорлық кернеуді (тоқты) көбейту арқылы жоғарлатуға болады. Жоғары сенімділікті жеңілдетілген реттеу жүйесін қолдану, қозғалтқышқа орналастырылған және ротормен механикалық байланысқан датчиктерді алып тастау арқылы алуға болады.

Суретте статор тоғының векторы (I_1) мен ротордың ағындық жалғасу векторының (Y_2) арасында бұрыштың тұрақтылығын ұстап тұратын жүйенің структуралық схемасы көрсетілген. Бұл қозғалтқыштың салыстырамалы сырғанауын тұрақты ұстауына тепе-тең. Басқару жүйесі: интенсивтілік задатчигі (1); бағдарламаланатын контроллер (2); ендік-импульсті модулятор блогы (3); қысқа тұйықталған роторлы асинхронды электроқозғалтқыш (4); ток датчигі (5) және бұрышты анықтау блогынан (6) құралады. I_1 және Y_2 арасында бұрыштың тұрақтылығын ұстап тұру шамалары максималды ЭҚК және cos(j) болатын номиналды режим аймағында қозғалтқыштың жұмысын қамтамасыз етеді. Сомен бірге, абсолютті қатаң механикалық сипаттамасы (бұл салыстырмалы сырғанаудың тұрақты болуымен анықталады) бар жетек өрістің жиілігін өзгерту арқылы ротордың айналу жылдамдығын дәл реттеу мүмкіндігіне ие болады.

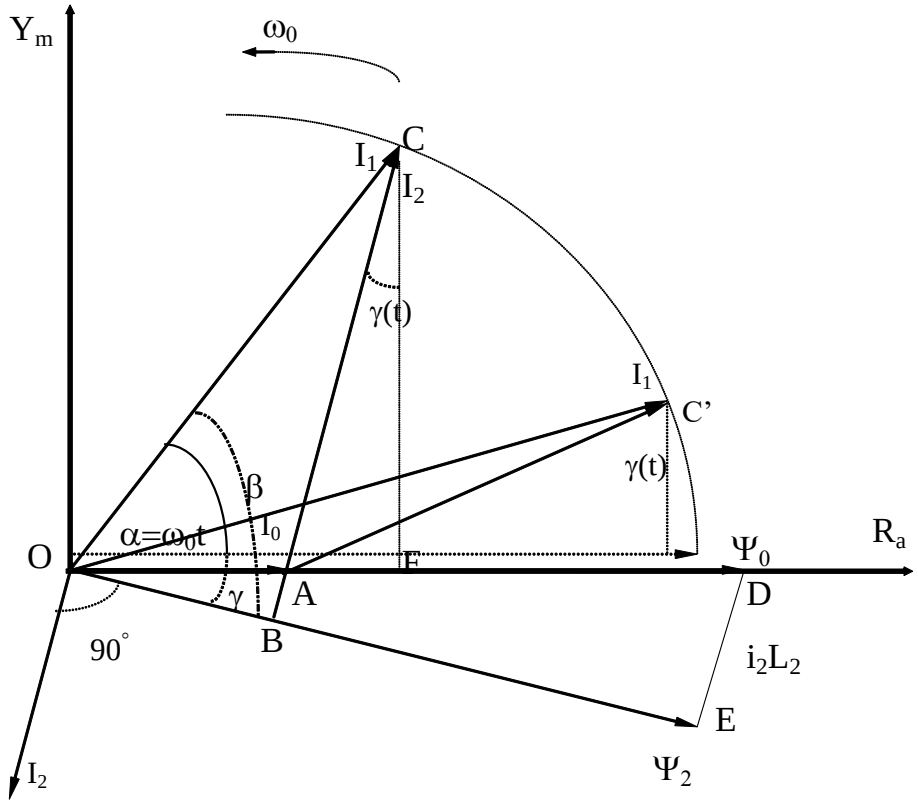
Электроқозғалтқыштың пайдалы әсер коэффициентінің тұрақтылығын ұстап тұратын жүйені техникалық жүзеге асыру үшін не салыстырмалы сырғанаудың лездік шамаларын, не статор тоғы мен ротордың ағын жалғасудың арасындағы бұрыштың шамасын білу керек. Сырғанауды жылдамдықтың электромеханикалық немесе цифрлық датчигі арқылы, I_1 мен Y_2 арасындағы бұрышты – кернеу датчигі және фазалық тоқтар датчигі көмегімен өлшеуге болады. Жылдамдық датчигі реттеу жүйесінің бағасын, эксплуатационды шығындарды айтарлықтай үлкейтеді және жүйенің жалпы сенімділігін нашарлатады, сондықтан статор тоғы мен ротор ағын жалғасу векторларының арасындағы бұрыш бойынша кері байланысы бар жүйе тиімдірек.

Векторлар I_1 мен Y_2 арасындағы бұрышты анықтайтын қазіргі кездегі әдістердің, мысалы [1, 2, 3], тиімділігі (быстродействие) төмен (өріс векторының бір айналым ішінде ізденіп отырған бұрышты алты реттен көп өлшемейді) және өлшеулердің дәлдігінің жоғары болмауы. Бұл схеманың аналогты элементтерінің “нольдің дрейфімен” және бұрышты анықтау алгоритміне статор кедергісін енгізумен байланысты[10].

Статор кедергісінің шамасы қозғалтқыштың қызу кезінде кең шекараларда өзгереді.

Жоғарыда айтылған кемшіліктері жоқ I_1 мен Y_2 арасындағы бұрышты анықтайтын алгоритмді қарастырайық. Алгоритмді негіздеу үшін қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштың векторлық диаграммасын тұрғызайық. R_a нақты осі бойына асинхронды қозғалтқыштың белгілі реактивті параметрлері бойынша анықталған және фазалық тоқ пен кернеулер шамалары бойынша өлшенген магниттену тоғын I_0 салайық [4].

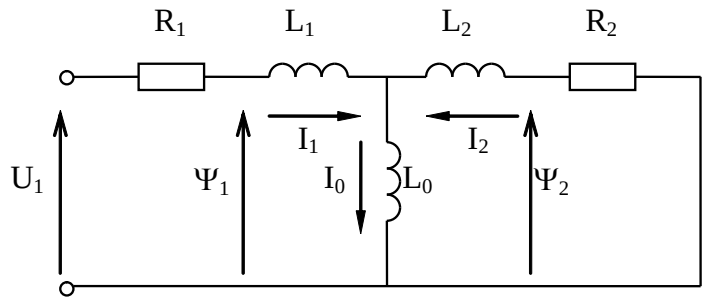
I_1 мен Y_2 арасындағы бұрыштардың шамасын реалды уақыт масштабында анықтауға болады. Бұл кезде I_1 статор тогының векторының айналуы асинхронды қозғалтқыш көзінің жиілігімен және тездетілген уақыт масштабында, I_1 ток векторының айналуы уақыттық интервалы таңдалған қадам моделінде және микропроцессорлық жүйенің тиімділігімен (быстродействие) анықталады.



4.1 Сурет - Асинхронды қозғалтқыштың векторлық диаграммасы

Бұрыштарды өлшеуде екінші вариант тиімдірек, себебі өлшеулерді көбірек асыруға мүмкіндік береді. Қозғалтқыштың фазалық тоқтардың өлшенген шамалары бойынша I_1 тоқ векторының шамасын анықтаймыз және R_a нақты осі бар модельмен беттестіреміз, ал содан кейін (кез келген t_1уақыт моментінде) I_1 тоқ векторын статорға қатысты қозғалмайтын координаттар жүйесіне өткіземіз, яғни бағдарлама орындала бастайды, ол бойынша I_1 тоқ векторы сағат

бағытына қарсы микропроцессорлық жүйенің тиімділігімен (быстродействие) және уақыт интервалының таңдалған қадаммен анықталатын жылдамдықпен қозғала бастайды.



4.2 Сурет - Т-типті ауыстыру схемасы

Т-типті ауыстыру схемасынан 4.2 -суретте белгілі, $\dot{i}_2 \cdot r_2 = j \cdot \omega_0 \cdot \overline{\Psi}_2$, яғни тоқ векторы мен ротордың ағындық жалғасуы өзара перпендикуляр. Бұру кезінде I_1 мен Y_2 g(t) векторлар арасындағы бұрыш келесі өрнек бойынша өзгереді: $\gamma(t) = \mathrm{arctg}\frac{I_1 \cdot \cos\alpha - I_0}{I_1 \cdot \sin\alpha}$, мұндағы $a=w_0t$ - Ra нақты осі мен статор тоғының векторының арасындағы ағымдық бұрыш. t_2 уақыт моментінде I_1 статор тоғының векторы ОС жағдайына ауысты, бұл кезде I_2 ротор тоғының векторы мен Y_2 ағын жалғасу векторы өзара перпендикуляр, яғни $g(t_2)=g$.

Суреттен көргендей $g(t_2)=g$ кезінде теңдік орындалады:

$$I_1 \cdot \sin b = BC = AC + AB.$$

АВ кесіндінің шамасы ОВА және OED үшбұрыштарынан анықталады:

$$AB = \frac{OA \cdot DE}{OD} = \frac{I_0 \cdot I_2 \cdot L_2}{I_0 \cdot L_0} = I_2 \cdot \frac{X_2}{X_0}.$$

$AC = i_2$ (векторлық диаграммадан), онда:

$$BC = I_2 + I_2 \cdot \frac{X_2}{X_0} = AC \cdot \left(1 + \frac{X_2}{X_0}\right).$$

АС кесіндінің шамасы AFC үшбұрышынан анықталады:

$$AC = \sqrt{(I_1 \cdot \cos\alpha - I_0)^2 + (I_1 \cdot \sin\alpha)^2}, \qquad (4.1)$$

Осыдан, уақыт бойынша өзгеретін асинхронды қозғалтқыш I_0 магниттену тоғының векторы мен Y_2 ротордың ағынжалғасу векторының арасындағы бұрыш g(t) орындалатын теңдік:

$$BC = I_1 \cdot \sin\beta = \sqrt{(I_1 \cdot \cos\alpha - I_0)^2 + (I_1 \cdot \sin\alpha)^2} \cdot \left(1 + \frac{X_2}{X_0}\right), \quad (4.2)$$

Векторлық диаграммадан 4.1-суретте көргендей, I_1 статор тоғының векторы мен Y_2 ротордың ағын жалғасу арасындағы ізделініп отыратын b бұрышы былай анықталады:

$$b = a(t_2) + g(t_2) = w_0 \cdot t + g.$$

4.4 MATLAB ортасы туралы жалпы түсініктер

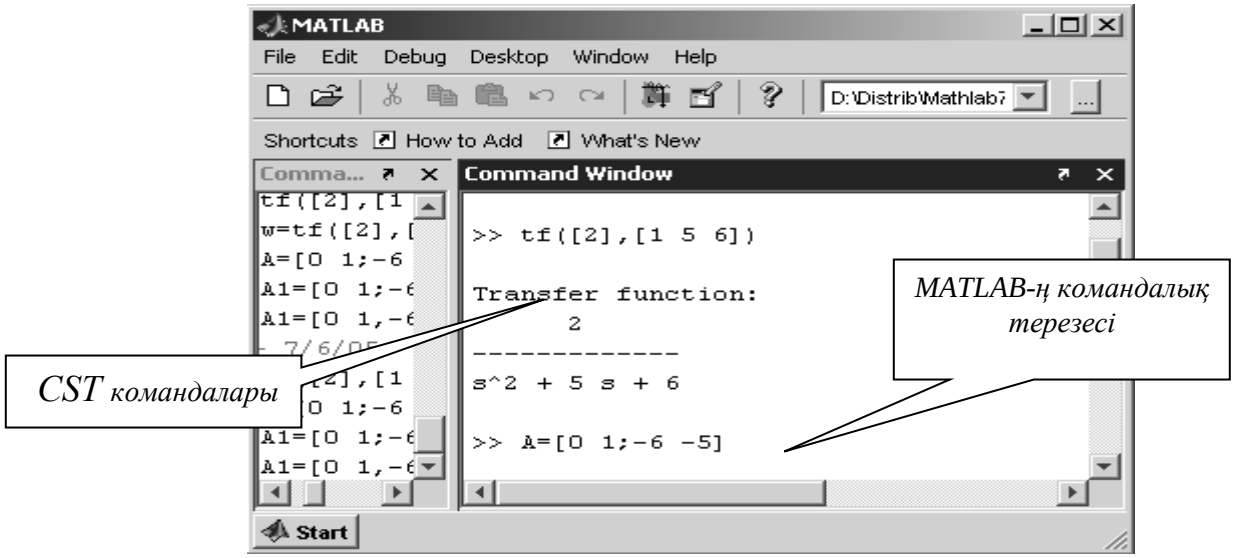
MATLAB – жоғарғы деңгейлі бағдарламалау жүйесі, ол интерпретатор күйінде жұмыс істей алады, және әр түрлі есептеулерді, берілгендер құрылымын және ақпараттың графикалық ұсынысын орындайтын командалар жиынтығынан тұрады. Көбіне, басқару жүйелерінің LTI (Linear Time Invariant Models) моделдерімен жұмыс істеуге арналған, Control System Toolbox қолданбалы бағдарламасының командалар пакеті қолданылады.

MATLAB Simulink – блок кітапханалары негізіндегі динамикалық жүйелерді модельдеу, анализдеу және синтездеуге арналған интерактивті құрал. Simulink, MATLAB-тың жеке құралы болып саналады, бірақ MATLAB-ң функцияларымен және оның басқа да құралдарымен қолдана алады. Сонымен қатар, әртүрлі қолдану аймақтары үшін қосымша блок кітапханалары бар (электротехникалық құрылғыларды модельдеу, цифрлық құрылғыларды өңдеуге арналған блоктар жиынтығы және т.б.).

Жұмыс істеу және модельдеудің негізгі принциптері.

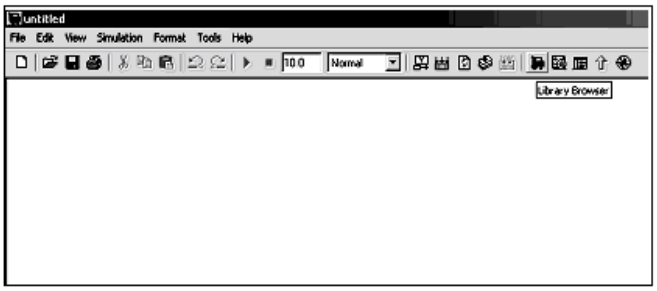
MATLAB ортасындағы жұмыстар CST командалары немесе MATLAB Simulink операциялық блоктар негізінде орындалады.

CST-мен жұмыс істеу үшін, MATLAB бағдарламасын іске қосып, берілген командалар жиынтығын қолданып, MATLAB ортасының командалық терезесінде жұмыс істеу керек 4.3- суретте көрсетілген.



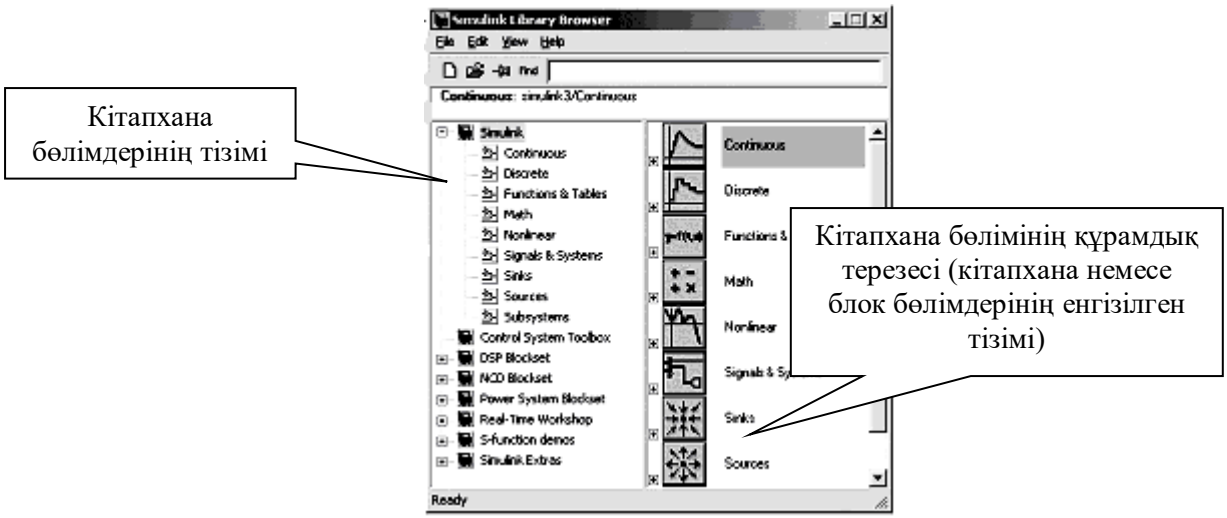
4.3 Сурет–MATLAB-ң командалық терезесі

MATLAB Simulink-та жұмыс істеу үшін, MATLAB бағдарламасын іске қосқаннан кейін менюда File→New→Model ашу керек. Ашылған терезеде 4.4 - суретте Simulink кітапханасының операциялық блоктарынан тұратын жүйелік моделі жинақталады.



4.4 Сурет–MATLAB Simulink терезесі

Блоктар кітапханасының терезесі Library Browser батырмасын басу арқылы Simulink менюында іске қосылады да, әртүрлі қолданбалы бөлімдерден тұрады 4.5 - суретте көрсетілген.



4.5 Сурет–MATLAB Simulink кітапханасы

Simulink кітапханасы

SimPowerSystems блоктарының кітапханасы белгілі бір құрылғыларды модельдеуге арналған Simulink-тің көптеген қосымша кітапханадарының бірі. SimPowerSystems электротехникалық құрылғыларды имитациялық модельдеуге арналған блоктар жинағынан тұрады.

Кітапхана құрамына активті және пассивті электротехникалық элементтердің, қорек көздерінің, электроқозғалтқыштардың, трансформаторлардың, электр тарату сызықтарының және т.б. құрылғылардың модельдері кіреді[10].

Сонымен қатар, электроника құрылғыларын және оларды басқаратын жүйелерді модельдейтін бөлімі де бар. Қолданушы Simulink пен SimPowerSystems-тің арнайы мүмкіндіктерін қолдану арқылы құрылғының жұмысын тек уақыттық аймақта имитациалаумен қана қоймай, осы құрылғының әртүрлі анализін жүргізе алады.

Әдетте, қолданушы айнымалы тоқтағы жүйе жұмысының орнықталған режимін, тізбек бөлігінің толық кедергісін есебін жүргізе алады, жиіліктік сипаттамаларын ала алады, орнықтылығын анализдей алады, сонымен қатар токтар мен кернеулердің гармоникалық анализін жүргізе алады[10].

SimPower Systems-тің бірден-бір артықшылығы–күрделі электротехникалық жүйелерді имитациялық және құрылымдық модельдеу әдістерін біріктіру арқылы модельдеу болып саналады. Мысалы, электр энергиясын жартылай өткізгіштік түрлендіргіштің қуаттық бөлігін SimPowerSystems-тің имитациялық блоктарын, ал басқару жүйесін Simulink-тің қарапайым блоктарын қолдану арқылы орындауға болады.

Бұның өзі, басқа схемотехникалық модельдеу бағдарламаларына қарағанда, барлық модельді ықшамдауға мүмкіндік береді, яғни оның жұмысын және жұмыс жылдамдығын жақсартады.

SimPowerSystems кітапханасы өте үлкен. Егер кітапханада қажетті блок болмаса, қолданушы Simulink-тің жүйелер байланыс мүмкіндіктерін қолдану арқылы, библиотекада бар блоктардың көмегімен өзінің жаңа блогын құра алады.

Жиіліктік реттеу әдісімен реттелетін асинхронды қозғалтқыштың Matlab ортасында жасалған моделі 4.6- суретте көрсетілген.

Matlab (Simulink) пакетінде жасалған тікелей байланысты жиілік түрлендіргішінің негізінде вертикальді басқару принципі жатыр, яғни басқару тірек сигналы мен басқарушы сигналдардың айырмасынан шығады.

Басқарушы сигнал шығыс сигналдарының (жиілік, амплитуда) формасы туралы ақпараттар алып келеді, ал тірек сигналы кернеудің формасы туралы сигналдар береді[10].

4.6-суретте көрсетілген моделде жиілік түрлендіргіш негізгі екі блоктардан құралады.

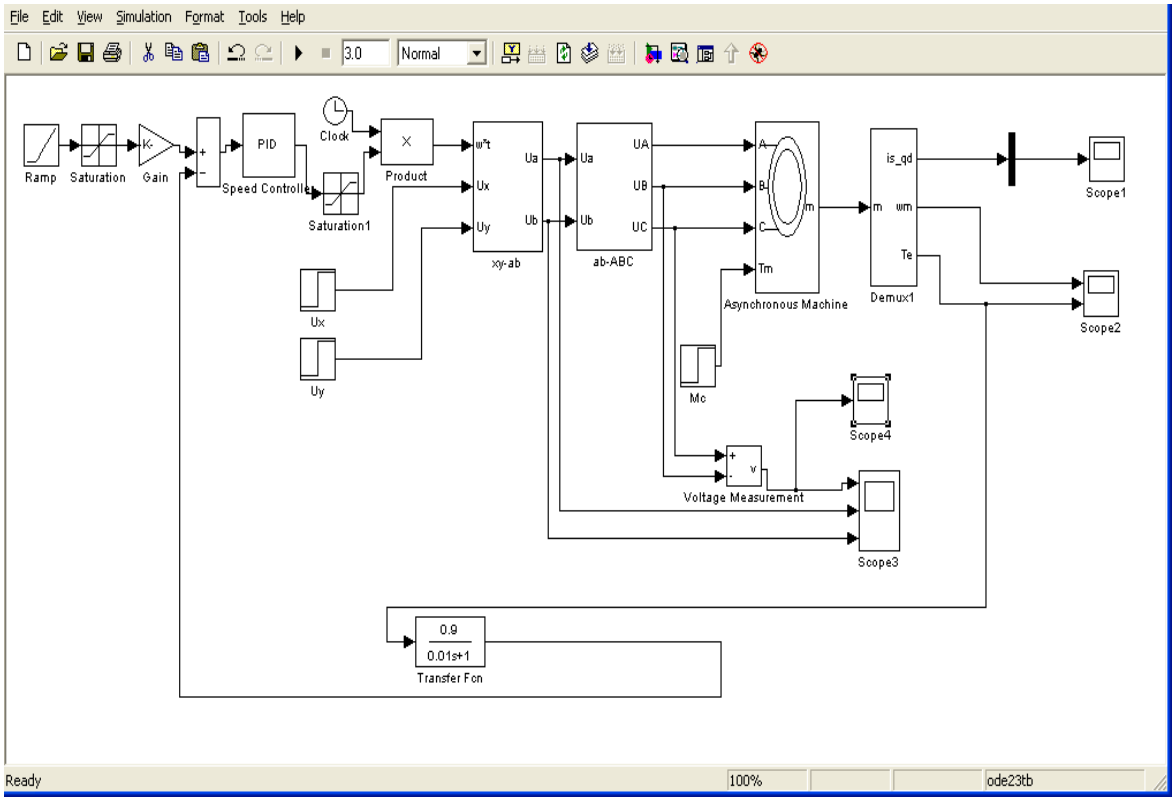
Бірінші блок Simulink қосымшасында жасалған,оның негізгі қызметі жартылай өткізгіштерді басқару импульстерін өндіреді.

Екінші блок Power System Blokset (PSB), қосымшасында жасалған,оның қызметі жиілік түрлендірігішінің жүктемесіндегі процесстерді модельдеуге арналған.

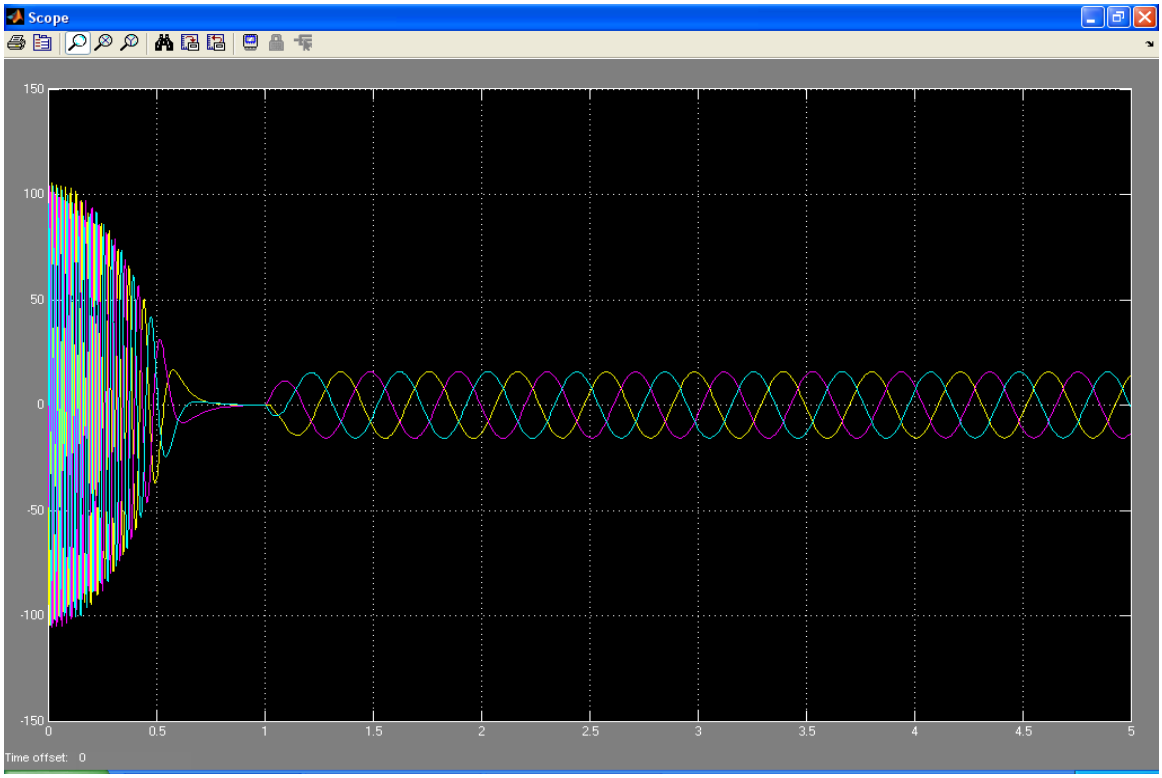
Шығыс координаталары u1 және u2 блоктары жартылай өткішгіштер шығысындағы сигналдарды қалыптастырады.

Simulink сигналдарынан PSB сигналдарына өту үшін Controlled Voltage Source блогы қолданылады, оған жүктеме ретінде RL- элементтері жалғанған.

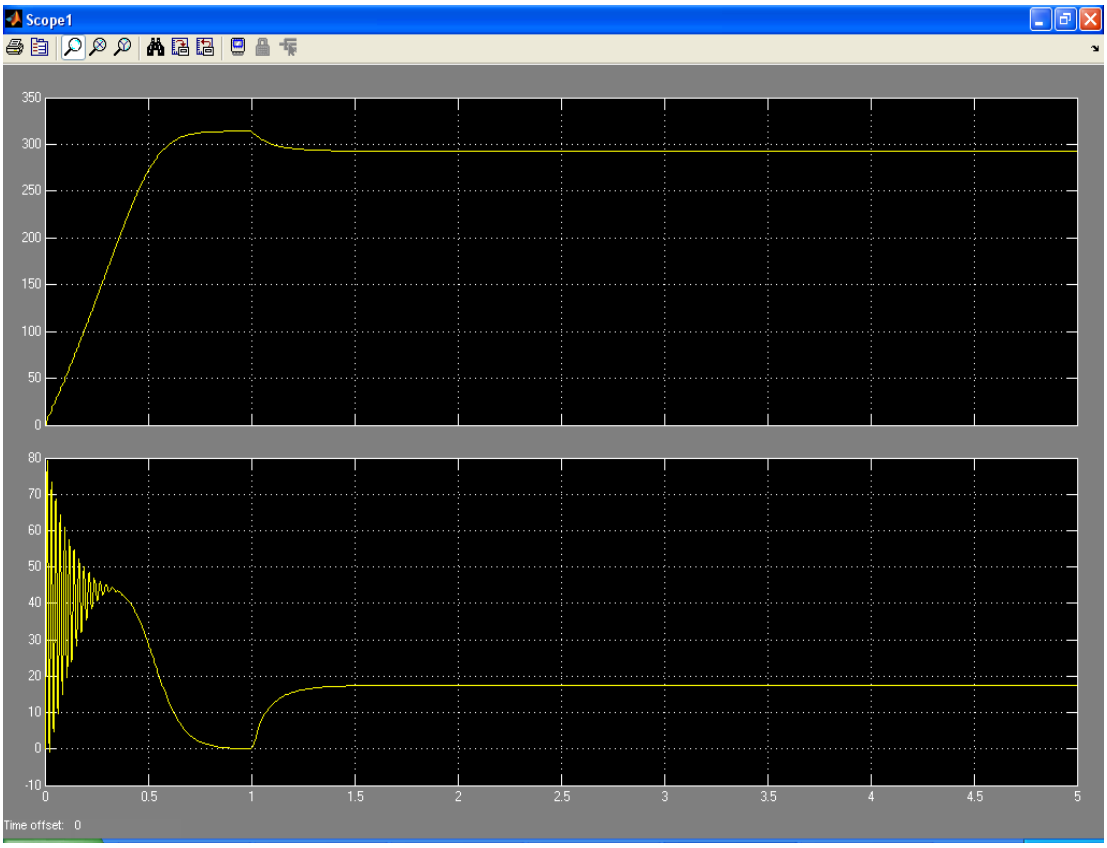
Модельдеу кезінде 4А180S2У3 қуаты 22 кВт -қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышы қарастырылды.



4.6 Сурет - Жиіліктік реттеу әдісімен реттелетін асинхронды қозғалтқыштың Matlab ортасында жасалған моделі

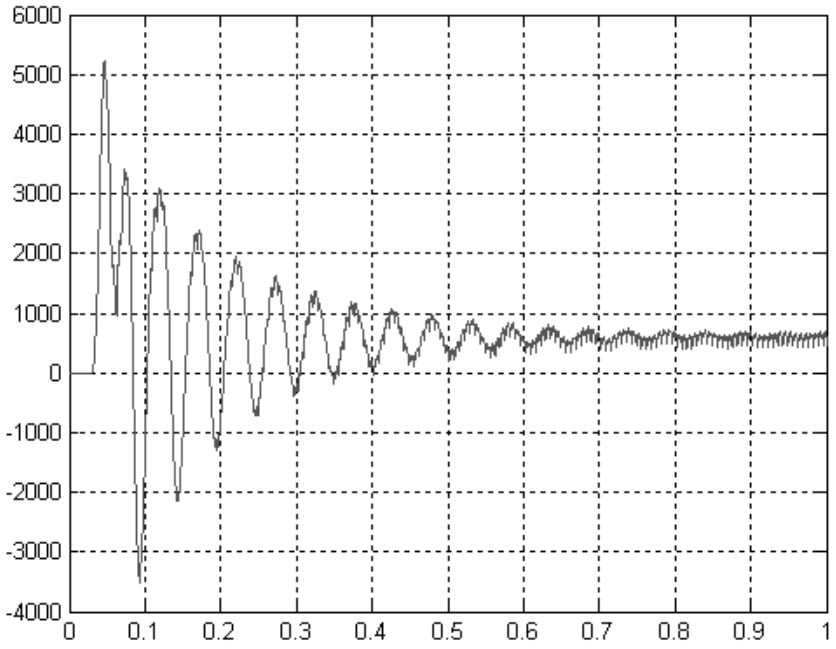


4.7 Сурет - Статор тоқтарының осциллограммасы

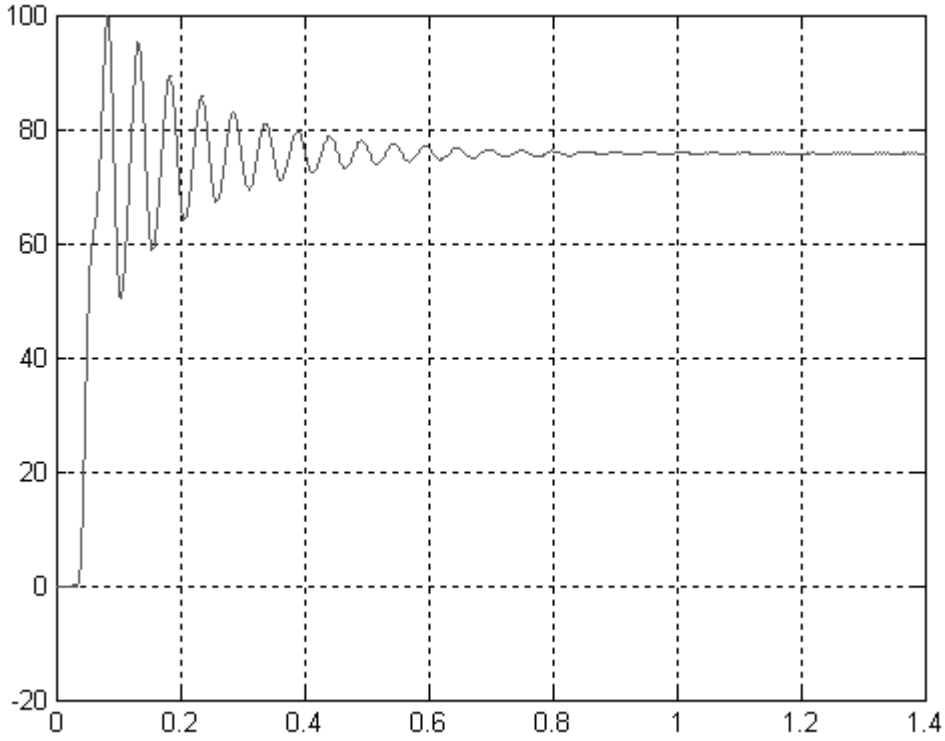


4.8 Сурет - $w = f(t)$ және $M = f(t)$ тәуелділік графиктері

Ток жиілігі 25 Гц сәйкес келетін, U/f=const заңдылығы кезіндегі модельдеу нәтижелерінің осциллограммалары 4.9 және 4.10 - суреттерде көрсетілген[10].



4.9 Сурет – Моменттің уақытқа тәуелділігі



4.10 Сурет – Бұрыштық жылдамдықтың уақытқа тәуелділігі

Өтпелі процесстерді зерттеу электржетегінің *ω(t)* және *M(t)* тәуелділіктерін

анықтау болып табылады[10].

Негізгі шарттар мыналар болып табылады:

- алғашқы күй: $\omega_{нач}$, $M_{нач}$,;
- ақырғы күй: $\omega_{кон}$, $M_{кон}$, және осыларға сәйкес $\omega(M)$ сипаттамасы;
- электржетегінің параметрлері белгілі деп есептелінеді.

Өтпелі процесстердің орын алу себептері мыналар болуы мүмкін:

- $M_{ст}$ жүктеме моментінің өзгеруі;
- M-айналдыру моментінің өзгерісімен, яғни жетектің бір сипаттамадан келесі сипаттамаға көшуімен сипатталады[10].

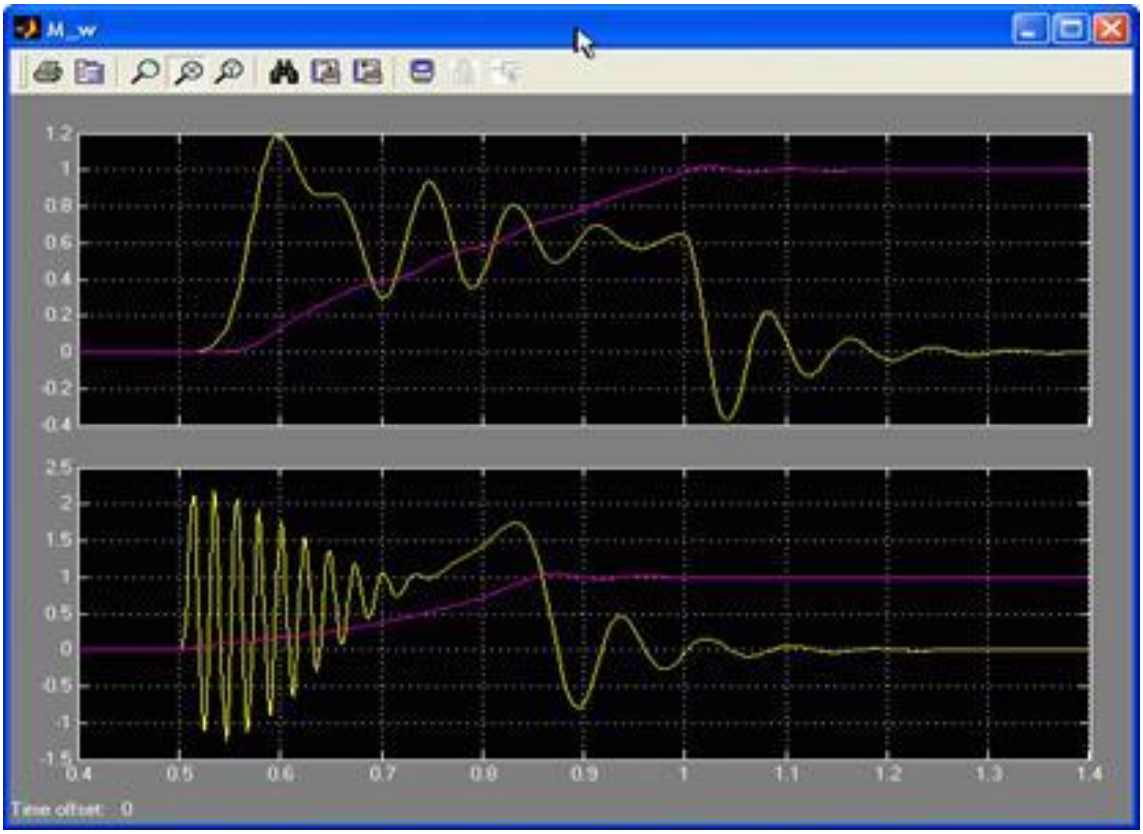
Осыған байланысты өтпелі процесстердің негізгі түрлері мыналар: іске қосу, тежеу, реверстеу немесе жетектің қандайда бір параметрін өзгерту арқылы оның жылдамдығын реттеу.

Өтпелі процесстерді есептеу барысында ескеретін шарттар мыналар, жетекті іске қосу мен тежеу бос жүріс режимінде, яғни жүктеме моментінің $M=0,15M_{ст}$ мәні кезінде жүргізіледі деп есептеледі. Қозғалтқышты іске қосу бірқалыпты өтді деп есептелінеді.

Әртүрлі басқару кезіндегі асинхронды қозғалтқышты іске қосу процессін иммитациялы модель арқылы зерттеп көрелік[10].

Жалпы алғанда жиіліктік реттелетін қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты ток көзіне тікелей қосуға болады немесе жиілік түрлендіргіші арқылы бірқалыпты іске қосуға болады.

Жиіліктік реттелетін асинхронды қозғалтқышыты жиілік түрлендіргіші арқылы және тікелей іске қосу кезіндегі өтпелі процесстер графиктері 4.11 – суретте көрсетілген.



4.11 Сурет - Жиілік түрлендіргіші арқылы және тікелей іске қосу кезіндегі өтпелі процесстер графиктері

Графиктерден көрініп тұрғандай жиілік түрлендірігіші арқылы іске қосқанда өтпелі процесс бірқалыпты жүреді, ал тікелей іске қосу кезінде іске қосу уақыты жылдам болғанмен іске қосу кезіндегі момент номиналь моменттен айтарлықтай жоғарылап кетеді. Бұл кейбір механизмдер үшін тиімсіз болуы мүмкін.

Модельдеу кезінде 4А180S2У3 қуаты 22 кВт -қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышы қарастырылды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Асинхронды қозғалтқыштардың айналу жиілігін реттеудің бірнеше әдістері бар, олардың ішіндегі техника-экономикалық жағынан ең тиімдісі ток көзі жиілігін реттеу болып табылады.

Дипломдық жобада жиіліктік реттелетін асинхронды электржетегінің ерекшеліктері жан-жақты аталып өтілген. Электржетегін асинхронды қозғалтқыштарды жиіліктік реттелетін схемамен жасаудың бірнеше жетістіктері бар. Мұндай схемамен жасалған электржетегінің энергетикалық көрсеткіштері реттеудің барлық диапазонында жоғары болады.

Дипломдық жобада ұсынылып отырған электржетегі статикалық режимде зерттеліп қозғалтқыштардың жылдамдығын реттеудің заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік беретін аналитикалық теңдіктер алынған. Осы теңдіктер негізінде электржетегінің статикалық сипаттамалары тұрғызылған.

Электржетегінің энергетикалық көрсеткіштерінің жоғары болатындығы есептеулер негізінде дәлелденіп энергетикалық диаграммалар арқылы көрсетілген.

Сонымен қатар ұсынылып отырған электржетегінің иммитациялық моделі жасалып, электржетегінің өтпелі процесстер кезіндегі қасиеттері зерттелген

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. Теория автоматизиро-ванного электропривода. - М.: Энергия, 1979. - 616 с., ил.
2. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. - М.: Энергия, 1969. - 544 с., ил.
3. Зимин Е.Н.,Чювашев И.И. Электро оборудование промышленных преприятии. - М.: Стройиздат, 1977. - 431 с.
4. Сандлер А.С. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей. – М.- Л.:Энергия, 1966.- 320 с., илл.
5. Кругликов А.П. Автоматизированный электропривод по системе ″Асинхронный вентильный каскад″. – Алматы.: КазПТИ, 1988. – 75 с.
6. Энергосберегающий асинхронный электропривод // И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.
7. Актуальность проблемы энергосбережения в системе водоснабжения // Ежемесячная газета «Новости приводной техники». – М., 2001. – №6.
8. Использование частотно-регулируемого электропривода в насосных станциях // Ежемесячная газета «Новости приводной техники». – М.: 2002. – №2(10). – Код № 10 – 6.
9. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод как средство энергосбережения / И.А. Авербах, Е.И. Барац, И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов // Энергетика региона. – Екатеринбург, 2002. – №2(45). – С. 34 – 35.
10. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 654 с.