

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру

Азат Санжар Рашидұлы

Асинхронды қозғалтқышты қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару
жүйесін жасау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Автоматтандыру және басқару
кафедрасының меңгерушісі,
физ.-мат.ғыл. кандидаты

Алдияров Н.У.

2023 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Асинхронды қозғалтқышты қолданып манипуляторлы роботтың
электржетегін басқару жүйесін жасау»

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру

Орындаған

Азат Санжар Рашидұлы

Рецензент
PhD доктор, доцент

Ғылыми жетекші
тех. ғыл. кандидаты, доцент,
қауымдастырылған профессор

 Бәзіл Г.Д.
« 02 » 06 2023 ж.

 Бейсембаев А.А.
« » 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру



Дипломдық жұмысты орындауға арналған
ТАПСЫРМА

Білім алушы Азат Санжар Рашидұлы

Тақырыбы: «Асинхронды қозғалтқышты қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару жүйесін жасау.»

Университет проректоры Б.А.Жаутиковтың «23» қараша 2022ж. № «408-П/Ө» бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «___» _____ 2023 ж.

Дипломдық жобанда әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

а) кіріспе;

б) технологиялық бөлім, арнайы бөлім.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып): функционалдық сұлба, құрылымдық сұлба, өтпелі процесті анықтау, құрылымдық диаграммасы.





Жұмыс презентациясы ___ слайдтарда көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер ___ атаулардан тұрады.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Технологиялық бөлім		
Арнайы бөлім		
Есептік бөлім		

Аяқталған дипломдық жұмыс үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмысты көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Бейсембаев А.А., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, қауымдастырылған профессор		
Арнайы бөлім	Бейсембаев А.А., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, қауымдастырылған профессор		
Есептік бөлім	Бейсембаев А.А., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, қауымдастырылған профессор		
Норма бақылаушы	Жанабаева Э.Ж., техника ғылымдарының магистрі, ассистент	25.05.23	

Ғылыми жетекшісі  Бейсембаев А.А.

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Азат С.Р.

Күні « _____ » _____ 2023 ж.

АНДАТПА

Бұл жұмыс асинхронды қозғалтқыштарды қолдана отырып, манипуляциялық роботтың электр жетегін басқару жүйесін жасауға арналған. Жұмыста асинхронды қозғалтқыштардың негізгі принциптері және оларды басқару принциптері қарастырылады. Манипуляциялық роботтарда асинхронды қозғалтқыштарды қолдану ерекшеліктері сипатталған және осындай басқару жүйелерін іске асыру мысалдары келтірілген.

Сондай-ақ, жұмыс сенсорларды, контроллерді, басқару алгоритмдерін және бағдарламалық жасақтаманы таңдауды қоса алғанда, басқару жүйесін жобалаудың негізгі аспектілерін қарастырады. Зерттеу нәтижелерін асинхронды қозғалтқыштарды қолданатын манипуляциялық роботтар үшін басқару жүйелерін әзірлеу үшін пайдалануға болады.

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена разработке системы управления электроприводом манипуляционного робота с применением асинхронных двигателей. В работе рассмотрены основные принципы работы асинхронных двигателей и принципы управления ими. Описаны особенности применения асинхронных двигателей в манипуляционных роботах и приведены примеры реализации таких систем управления.

В работе также рассмотрены основные аспекты проектирования системы управления, включая выбор датчиков, контроллера, алгоритмов управления и программного обеспечения. Результаты исследования могут быть использованы для разработки управляющих систем для манипуляционных роботов с применением асинхронных двигателей.

ANNOTATION

This work is devoted to the development of an electric control system for a manipulative robot using asynchronous motors. The paper considers the basic principles of operation of asynchronous motors and the principles of their control. The features of the use of asynchronous motors in manipulation robots are described and examples of the implementation of such control systems are given.

The paper also discusses the main aspects of control system design, including the choice of sensors, controller, control algorithms and software. The results of the study can be used to develop control systems for manipulative robots using asynchronous motors.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Технологиялық бөлім	8
1.1 Манипуляциялық роботты билеу жүйесін орнату талаптары бен принциптерін деректеу	8
1.2 Манипуляциялық роботтарды қолдана отырып, технологиялық процестер пен жабдықтарды сараптау	8
2 Арнайы бөлім	11
2.1 Асинхронды қозғалтқыштардың жұмыс істеу принципі және жұмыс режимдері	11
2.2 МА 1440 "Yaskawa"дәнекерлеу роботы	14
2.3 Асинхронды қозғалтқыштың жиілікті басқару жүйесі	18
3 Есептік бөлім	21
3.1 Жалпы математикалық модель	21
3.2 Белгіленген координаттар жүйесінде АҚТ талдауы	21
3.3 Айналмалы координаттар жүйесіндегі АҚР талдауы	25
3.4 Жиілікпен басқарылатын асинхронды жүйелердің құрылымдық модельдері	33
Қорытынды	36
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	37

КІРІСПЕ

Жобаның мақсаты. Заманауи өндіріс процестері өндірістік желіде әртүрлі тапсырмаларды орындай алатын манипуляциялық роботтардың көмегімен барған сайын автоматтандырылады. Манипуляциялық роботтың негізгі элементтерінің бірі робот механизмдерінің қозғалысын қамтамасыз ететін электр жетегі болып табылады. Роботтың тиімділігі мен сенімділігін арттыру үшін электр жетекті басқару жүйесін дұрыс таңдау және конфигурациялау маңызды. Бұл жұмыста асинхронды қозғалтқыштардың көмегімен манипуляциялық роботтың электр жетегі үшін басқару жүйесін әзірлеу қарастырылады. Асинхронды қозғалтқыштар олардың сенімділігі, қарапайым конструкциясы және арзандығына байланысты өнеркәсіпте кеңінен қолданылады.

Тақырыптың өзектілігі. Асинхронды қозғалтқыштарды пайдаланатын манипуляциялық роботтың электр жетегінің басқару жүйесі қазіргі заманғы робототехникадағы өзекті мәселе болып табылады. Асинхронды қозғалтқыштар қозғалтқыштардың басқа түрлеріне қарағанда жоғары сенімділік, ұзақ мерзімділік, төмен өндіру және пайдалану шығындары сияқты бірқатар артықшылықтарға ие.

Басқару жүйесін әзірлеу үшін оның функционалдық мүмкіндіктеріне, қолданылатын компоненттер мен интерфейстерге қойылатын талаптарды анықтау, сонымен қатар басқару әдістері мен жұмыс алгоритмдерін таңдау қажет. Асинхронды қозғалтқыштарды басқару үшін әртүрлі әдістерді қолдануға болады, мысалы, векторлық басқару, тікелей айналдыру моментін басқару және т.б.

Жоба тапсырмасы мен міндеті. MATLAB ортасында асинхронды қозғалтқыштарды қолданатын манипуляциялық роботтың электр жетегі үшін басқару жүйесін әзірлеу – бұл өте кең таралған міндет. Мұндай жүйені енгізу үшін Simulink және SimPowerSystems сияқты арнайы құралдарды пайдалану қажет.

Бастапқыда оның механикалық, электрлік және басқару компоненттерін ескере отырып, манипуляциялық роботтың математикалық моделін анықтау қажет. Содан кейін роботтың қажетті қозғалысына қол жеткізу үшін жетектерге қандай сигналдарды жіберу керектігін анықтайтын басқару моделін жасау керек.

MATLAB жүйесінде асинхронды қозғалтқыштарды басқару үшін әртүрлі режимдерде қозғалтқыштың жұмысын модельдеуге мүмкіндік беретін асинхронды машина сияқты Simulink блоктарын пайдалануға болады. Сондай-ақ электр тізбектерін және басқару жүйесінің құрамдас бөліктерін имитациялауға мүмкіндік беретін SimPowerSystems блоктарын пайдалану қажет.

Басқару жүйесінің үлгісі әзірленіп, конфигурацияланғаннан кейін оны тексеруге болады. MATLAB әртүрлі жағдайларда, соның ішінде мүмкін болатын ақаулар мен ақаулар жағдайларында басқару жүйесінің жұмысын имитациялау мүмкіндігіне ие.

1 Технологиялық бөлім

1.1 Манипуляциялық роботты билеу жүйесін орнату талаптары бен принциптерін деректеу

Манипуляциялық роботтардың қолдану және функционалдылық салалары өте кең. Олар технологиялық индустрияда, агро-зерттеу саласында, фармацевтикалық сабақтарда, химиялық, нефтегаз және энергетика саласында, металлургия және автомобиль саласында қолданылады. Манипуляциялық роботтар адамдарды жүргізуші қауіпсіздікті жаңғыру, қол жетімділігін жою және жұмыс жылжыту процестерлерін автоматтандыру және оптималдайту мақсатында пайдаланылады.

Манипуляциялық роботтар технологиялық процестерлердің және алғашқы материалдардың жасалуында арнайы баптауларды орындауға көмек көрсетеді. Олар өлшемдерді жасау, көрсету, сипаттау және тексеру, объектілерді жүктеу және ауыстыру, өндіру процестерлерін орындау және көліктік жабдықтау, объектілерді көтеру және қайта түсіру, бұлтты өңдеу және ұсыну, күлгін немесе механикалық жағдайда объектілерді іздеу және сақтау сияқты мүмкіндіктерді орындайды.

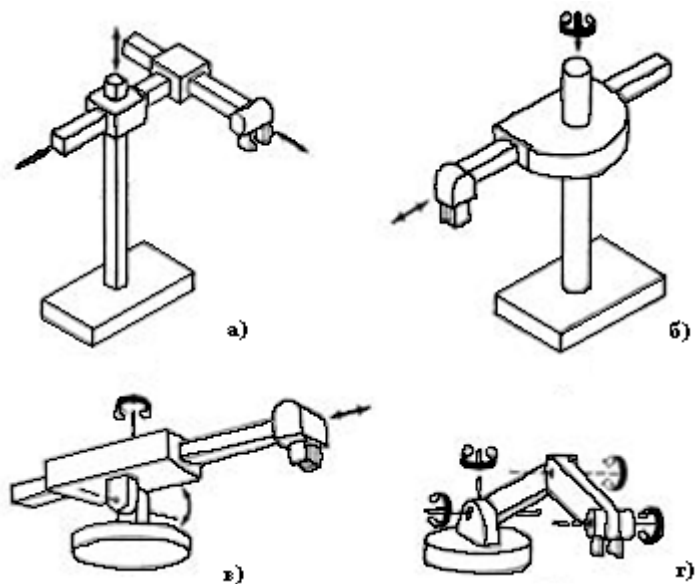
1.2 Манипуляциялық роботтарды қолдана отырып, технологиялық процестер пен жабдықтарды сараптау

Қолдану саласына қатысты манипулятордың механикалық бөлігін құрудың әртүрлі схемаларын қолдануға болады. Оның «қолы» мен «білегінің» құрылымын бөліп азайту тиіс.

«Қолдың» басты құрылымы – айналмалы (айналмалы – В) және аудармалы (прогрессивті – П) буындармен өзді-өзі байланысқан байланыстардың тізбегі. Байланыстардың сипаты мен саны бойынша кеңістіктік қозғалыстарды ұйымдастырудың ендігі санаттарын бөлуге болады:

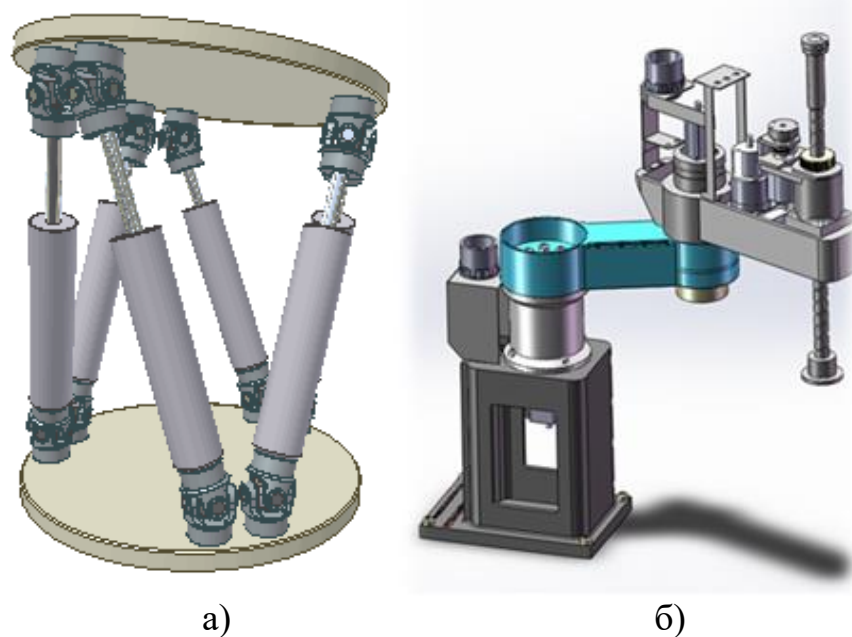
- декарттық координаттар жүйесі бар роботтар (ЗП) (сурет 1.1, а);
- цилиндрлік координаттар жүйесі бар роботтар (АЗП) (сурет 1.1, б);
- сфералық координаттар жүйесі бар роботтар (2АП) (сурет 1.1, в);
- айналмалы координаттар жүйесі бар роботтар (ПА) (сурет 1.1, г);

Бұл схемада, манипулятордың «қолы» жалпыда қозғалу жолымен құрылады. Бұл құрылым моторлық қол функционаларымен және арнайы құрылғылармен толықтырылады. Бұл схеманы жоғарыдағы элементтермен қоса алмасаңыз, моторлық қол жалпы құрылымның бөлігін орындайды.



1.1 - сурет – Манипуляциялық роботтардың түрлері

Өзіргі уақытта қарама-қарсы байланыстарды қолданатын манипуляторлар (сурет – 1.2, а) және SCARA-манипуляторлар (Selective Compliant Assembly Robot Arm) (сурет – 1.2, б) өсіп дамуда.



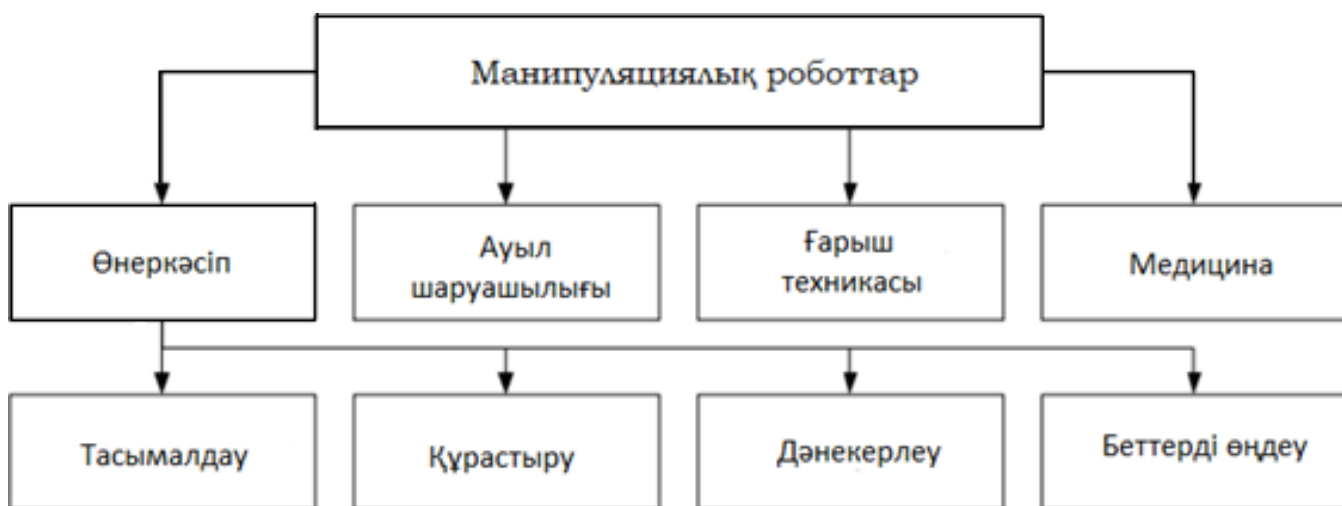
1.2 - сурет – Параллель байланысы бар манипулятордың және SCARA – манипулятор

Өндірілген манипуляторларды өндіруге алып келу бағдарламалары мен білікті өндіруші компаниялардың барлық табиғатымен, ABB, Fanuc, Kawasaki, KUKA және Yaskawa компаниялары арасында екі немесе одан да мол азаттық деңгейіне ие болуы мүмкін. Бұл компаниялар сауатты өндіруге, инновацияларға, технологиялық дамуға және инженерлік біліктілігіне қауіпсіздік береді.

Манипуляциялық роботтардың қолдану саласы тым әлемдікті өнімділік, автоматтандыру және промшлендік жобалардың жүзеге асырылуымен байланысты. Олар көбінен аптама арналғаны жасалатын жеке жобалардың жүзеге асырылуы, материалдарды байлау, компоненттерді біріктіру, жасу және басқа аптамалы функцияларды атқаруға арналған (1.3 – сурет):

- өнеркәсіп;
- ауыл шаруашылығы;
- ғарыш техникасы;
- медицина.

Бұл салалардың арасында ұстау аясы өнеркәсіпте кеңінен таралды.

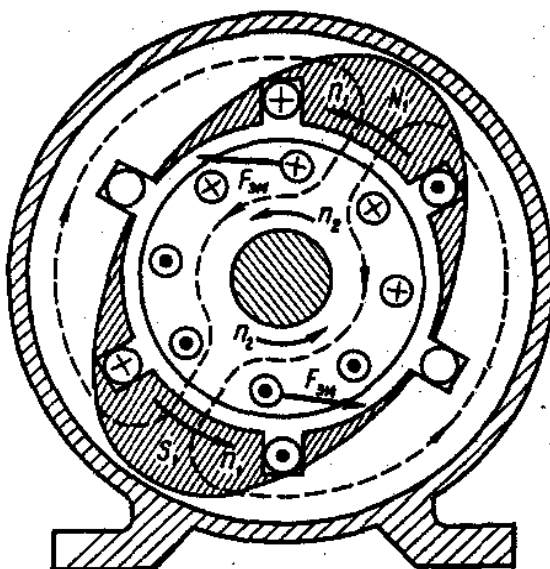


1.3 - сурет – Манипуляциялық роботтарды қолдану салалары

2 Арнайы бөлім

2.1 Асинхронды қозғалтқыштардың жұмыс істеу принципі және жұмыс режимдері

Асинхронды қозғалтқыштың стационарлық бөлігі – статор – синхронды генератордың статорымен бірдей конструкцияға ие. Қозғалтқыштың айналмалы бөлігі статор саңылауында орналасқан – білік, өзек және орамнан тұратын ротор (2.1 – сурет). Ротордың орамасы – ротордың өзегінің бойлық ойықтарында орналасқан, екі жағынан ротордың ұштары бойымен алюминий сақиналармен жабылған сегіз алюминий шыбықтардан тұратын қысқа тұйықталған құрылым (бұл сақиналар суретте көрсетілмеген). Ротор мен статор ауа саңылауы арқылы бөлінген. Статор орамасы үш фазалы ток желісіне қосылған кезде айналмалы статордың магнит өрісі пайда болады.



2.1 - сурет – Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі

Айналмалы статор өрісі (S_1 және N_1 полюстері) статор орамасымен де, ротор орамасымен де байланысады және оларға ЭМӨ-ні бағыттайды. Бұл жағдайда статор орамасының ЭҚК өзін-өзі индукциялайтын ЭҚК бола отырып, кернеу орамасына қарсы әрекет етеді және орамдағы токтың мәнін шектейді. Ротор орамасы жабық, сондықтан ротордың ЭҚК ротор орамасының өзектерінде токтар жасайды. Бұл токтардың статор өрісімен өзара әрекеттесуі роторда электромагниттік күштер тудырады, олардың бағыты "сол қол" ережесі бойынша анықталады. 2.1 – суретте Т күштері роторды статор магнит өрісінің айналу бағытына бұруға ұмтылатынын көруге болады. Күштер жиынтығы Р роторда электромагниттік момент жасайды М, оны N_2 жиілігімен айналдырады. Ротордың білік арқылы айналуы жетекке беріледі.

Осылайша, желіден статор орамасына түсетін электр энергиясы қозғалтқыш роторының механикалық айналу энергиясына айналады. Статор магнит өрісінің айналу бағыты, демек, ротордың айналу бағыты статор орамасына берілген кернеу фазаларының ретіне байланысты. Асинхронды деп аталатын N_2 роторының айналу жиілігі әрқашан I өрісінің айналу жиілігінен аз болады, өйткені бұл жағдайда ғана асинхронды қозғалтқыштың ротор орамасында ЭҚК бағытталады.

Осылайша, синхронды машинаның статоры асинхронды машинаның статорынан ерекшеленбейді және олар бірдей функцияны орындайды: статор орамасында ток пайда болған кезде айналмалы магнит өрісі пайда болады және осы орамада ЭМӨ беріледі. Дәл осы себептен статор орамаларының орындалу принципі мен дизайнын зерттеу, сондай-ақ статор орамасындағы ЭҚК бағыттаумен және айналмалы магнит өрісінің пайда болуымен байланысты электромагниттік процестерді зерттеу асинхронды және синхронды машиналар теориясының нақты мәселелерін зерттеуден бұрын болуы керек.

Қайтымдылық принципіне сәйкес электр машиналары, асинхронды машиналар қозғалтқыш режимінде де, генератор режимінде де жұмыс істей алады.

Сонымен қатар, электромагниттік тежеу режимі де мүмкін. Қозғалтқыш режимі. Статор орамасы үш фазалы ток желісіне қосылған кезде айналмалы магнит өрісі пайда болады, ол ротордың қысқа тұйықталған орамасына жабысып, оған ЭҚК әкеледі. Бұл жағдайда ротор орамасының өзектерінде токтар пайда болады. Осы токтардың айналмалы магнит өрісімен әрекеттесуі нәтижесінде роторда электромагниттік күштер пайда болады. Осы күштердің жиынтығы электромагниттік айналу моментін жасайды, оның әсерінен асинхронды қозғалтқыштың роторы $N_2 < N_1$ жиілігімен статор өрісінің айналуына әкеледі. Егер асинхронды қозғалтқыштың білігі кез - келген жетектің білігіне механикалық түрде қосылса (станок, көтергіш кран және т.б.), онда қозғалтқыштың айналу моменті мнагралардың қарсы (жүктеме) моментін еңсереді. Механизмді айналдырады, сондықтан электр қуаты p , қозғалтқышқа түседі t желілері, оның негізгі бөлігінде механикалық қуатқа айналады P_2 және оларға жетек механизміне беріледі.

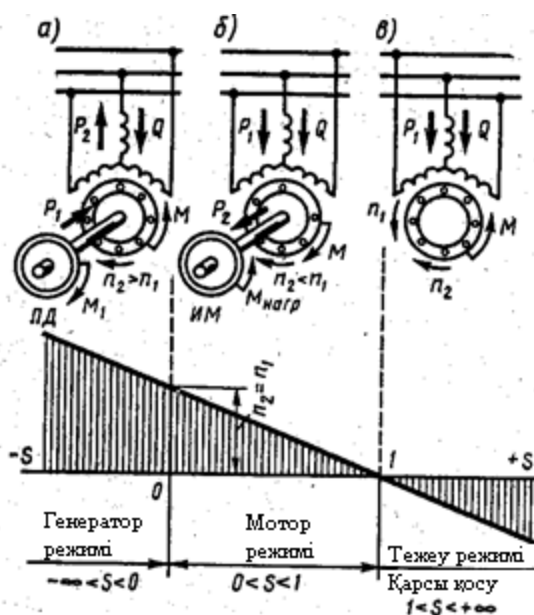
Асинхронды машинаның өте маңызды параметрі – сырғанау ротордың айналу жиілігі мен статордың айналу өрісінің айырмашылығын сипаттайтын шама:

$$s = \frac{n_1}{(n_1 - n_2)} \quad (2.1)$$

Сырғанау бірлік үлесімен немесе пайызбен көрсетіледі. Соңғы жағдайда алынған шама (2.2 – сурет), 100 – ге көбейту керек.

Асинхронды қозғалтқыш білігіндегі жүктеме моментінің жоғарылауымен n_2 роторының айналу жиілігі төмендейтіні анық, сондықтан асинхронды

қозғалтқыштың сырғуы қозғалтқыш білігіндегі механикалық жүктемеге байланысты және $0 < S < 1$ диапазонында өзгеруі мүмкін.



2.2 - сурет – Асинхронды машинаның жұмыс режимдері

Бастапқы уақытта асинхронды қозғалтқышты желіге қосқан кезде ротор әсер етеді және инерция күштері қозғалмайды ($N_2 = 0$). Бұл жағдайда s сырғуы бірлікке тең. Қозғалтқыштың жұмыс режимінде білікке жүктеме жоқ (бос режим), ротор N_1 синхронды айналу жиілігінен сәл төмен жиілікте айналады және сырғанау нөлден өте аз ерекшеленеді. Қозғалтқыштың номиналды жүктемесіне сәйкес келетін сырғанау номиналды сырғанау S_N деп аталады. Жалпы мақсаттағы асинхронды қозғалтқыштар үшін $\eta = 1 - 8\%$, ал жоғары қуатты $S_{ном}$ қозғалтқыштары үшін $\eta = 1\%$, ал төмен қуатты қозғалтқыштар үшін $S_{ном} = 8\%$. Өрнекті түрлендіре отырып, біз асинхронды айналу жиілігін (айн/мин), $N_2 = N_1(1 - S)$ анықтайтын формуланы аламыз.

Генератор режимін статор орамасы желіге қосылса, ал механикалық энергия көзі болып табылатын ПД жетек қозғалтқышы (ішкі жану қозғалтқышы, турбина және т.б.) арқылы асинхронды машинаның роторы $N_2 > N_1$ жиілігімен статор магнит өрісінің айналу бағытында айналса, онда ротордың статор өрісіне қатысты қозғалыс бағыты кері өзгереді (қозғалтқыш жұмыс режимімен салыстырғанда бұл машина), өйткені ротор статор өрісін басып озады. Бұл жағдайда сырғанау теріс болады, ал ротор орамасында көрсетілген ЭҚК оның бағытын өзгертеді. M роторындағы электромагниттік момент те өз бағытын өзгертеді, яғни статордың қарама-қарсы айналатын магнит өрісіне бағытталады және M_1 жетек қозғалтқышының айналу моментіне қатысты тежегіш болады (2.2 а – сурет). Бұл жағдайда жетек қозғалтқышының негізгі бөлігіндегі механикалық қуаты айнымалы токтың P_2 электрлік белсенді қуатына айналады. Асинхронды генератордың жұмысының ерекшелігі - ондағы айналмалы магнит өрісі үш

фазалы желінің реактивті қуатымен жасалады, оған генератор қосылады және ол өндірілген белсенді қуатты P_2 береді. Сондықтан жұмыс үшін асинхронды генераторға айнымалы ток көзі қажет, оған қосылған кезде генератор қозады, яғни онда айналмалы магнит өрісі қозғалады.

2.2 MA 1440 "Yaskawa" дәнекерлеу роботы

MOTOMANMA – алты осьті манипулятор, ол қол жетпейтін жерлерде дәнекерлеудің жақсы нәтижелеріне және дәнекерлеу сапасына қойылатын талаптарға қол жеткізу үшін арнайы жасалған.

Мотоманма манипуляторының алты осі жергілікті шаруашылық жүйесіне ие болуы, оны анықтау және мониторлауға мүмкіндік береді. Осы бейнематериал ортада көрсетілген манипулятордың өте жеткілікті емес, солай болса, олардың сапасы жайлы айтуды маңызды болатын талаптар. Мотоманма манипуляторының техникалық характеристикасына, өлшемдеріне және жұмыс жасауға мүмкіндік беретін функцияларына қарап, жерлерде дәнекерлеуді жетілдіру үшін қалай жасалғанын айта аламыз.

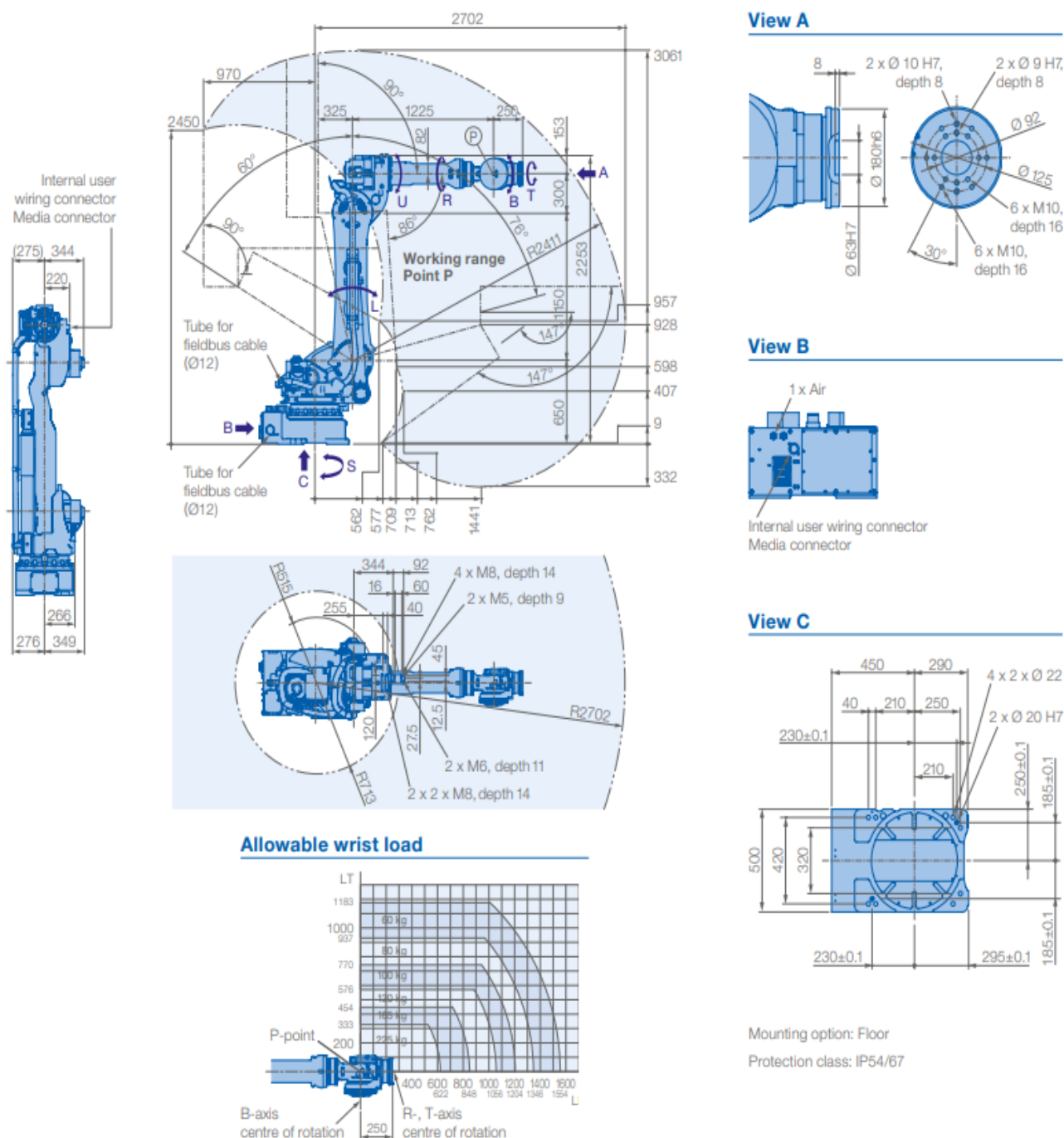
6 кг жоғары жүктеме, сым беру жүйесі, максималды жұмыс диапазоны 1440 мм және кіріктірілген шланг пакеті бүкіл кешеннің техникалық мүмкіндіктерін едәуір кеңейтеді. Дәнекерлеу алауы роботтың қолымен бір осьте орналасқан, бұл дайындамамен және басқа роботтармен соқтығысуды болдырмайды, қол жетімділікті қамтамасыз етеді, иілу мен айналу жүктемелерін азайтады. Дәнекерлеу роботы 2.3 – суретте көрсетілген.



2.3 - сурет – Дәнекерлеу робот

Роботтың негізгі артықшылықтары:

- білек позициясы және кеңейтілген диаметрі (42 – ден 50 мм-ге дейін);
- жоғары жылдамдық;
- өз класының басқа модельдерімен салыстырғанда жүктемесі 2 есе артады;
- тұтқаның өнеркәсіптік дизайны спрейдің енуіне жол бермейді.



2.4 - сурет – Жұмыс роботының эскиздері

Кесте 2.1 – MA 1440 "YASKAWA" дәнекерлеу роботының техникалық сипаттамалары

Робот түрлері MA1440	Әсер ету радиусы 1440 мм.	Білектегі максималды жүк көтергіштігі 6 кг.
Осьтер саны	6	
Қорғаныс	IP67	
Орналасқан жері	Еден және төңкерілген	

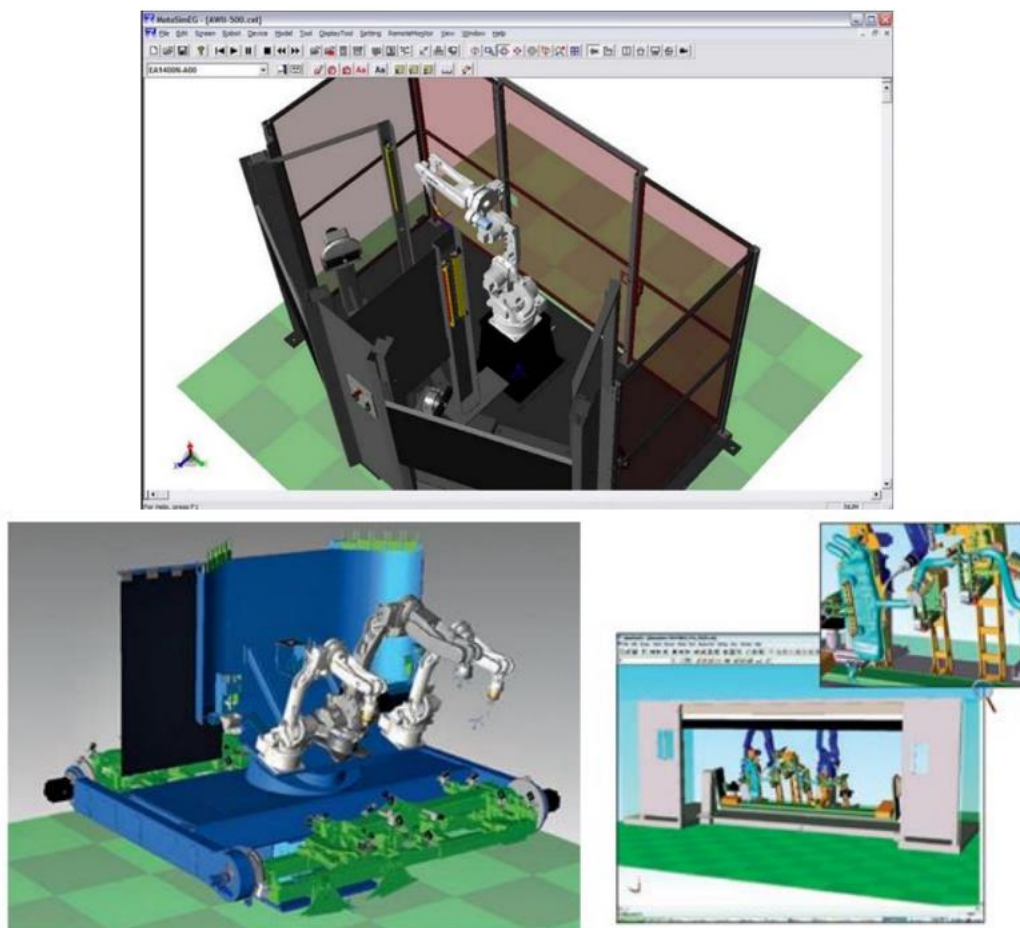
Yaskawa DX200 контроллерлерінің жаңа буынында өнеркәсіптік ДК архитектурасы және роботтық жиынтықты басқарудың жүйелік деңгейі бар. Бірнеше роботтарды, енгізу/шығару құрылғыларын бір уақытта басқарудың меншікті технологиясы қолданылады және әртүрлі байланыс хаттамаларын қолдайды. DX200 контроллері 4096 енгізу/шығару мекен – жайларын, желілік шиналардың негізгі прото – бағандарын қолдауды, жоғары жылдамдықты е серверін және қашықтан басқару пультінде HMI деректерін көрсететін i/F панельдерін (IO) қосуды қоса алғанда, кіріктірілген логиканы ұсынады. Бұл жүйелік деңгейде айтарлықтай үнемдеуді қамтамасыз ететін, РТК аппараттық бөлігінің күрделілігін төмендететін және жалпы сенімділікті арттыратын жеке PLC контроллері мен HMI бейнелеу тақтасын қолдану қажеттілігін жоққа шығаруға мүмкіндік береді. Динамикалық кедергі аймақтары роботты қорғайды және соқтығысудың алдын алу үшін кеңейтілген мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді.



2.5 - сурет – Yaskawa DX200 контроллері

Advanced Robot Motion (ARM) басқару жүйесі жоғары өнімділікті, сыныптағы ең жақсы жолды жоспарлауды қамтамасыз етеді және оқу уақытын күрт төмендетеді. Ол бірнеше роботтармен немесе басқа құрылғылармен үйлесімді қозғалысты қолдайды. Windows CE негізіндегі шағын және жеңіл бағдарламалау пультінде түрлі-түсті сенсорлы көп терезе экраны бар. Бағдарламалау құралдары пернелерді басудың минималды мөлшерін пайдалану үшін жасалған және жаңа функционалды ішкі бағдарламалар мен 120 – дан астам функцияларды құруға ықпал етеді. Сонымен қатар, жаңа контроллер роботтың тапсырмасы мен типтік өлшемдеріне байланысты энергияны тұтынуды 38% – 70% үнемдеуге мүмкіндік береді.

Motoman Simulator Enhanced Graphics – роботты ұяшықтарды дәл офлайн 3D модельдеуге мүмкіндік беретін кешенді бағдарламалық пакет. Бағдарламалық жасақтама, роботты оңтайландыру және жабдықты орналастыру үшін, сондай-ақ соқтығысуды анықтау, барлық нүктелердің қол жетімділігін зерттеу және циклды есептеу үшін қолданыла алады.



2.6 - сурет – Motosim EG – VRC "Yaskawa" бағдарламалық жасақтамасы

2.3 Асинхронды қозғалтқыштың жиілікті басқару жүйесі

Автономды ток инверторы бар тиристорлық жиілік түрлендіргішімен басқарылатын қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқышты автоматты басқарудың бір схемасы 2.3 – суретте көрсетілген. Онда егжей – тегжейлі сипатталған түрлендіргіштің қуат бөлігі статикалық және динамикалық режимдердегі ток пен сырғу арасындағы қажетті байланысты қалыптастыратын реттеуші блоктың жеңілдетілген схемасымен біріктіріледі. Блок бағынышты реттеу принципі бойынша салынған.

Басқару блогының кіріс сигналдары: кернеуді орнату $U_{3,c}$, автономды АҚТ ток инверторының жиілігін анықтайтын, ток сенсорынан алынатын түзетілген U_i тогы бойынша теріс кері байланыс кернеуі және сенсорынан алынатын асинхронды қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығы бойынша теріс кері байланыс U_ω кернеуі.

Басқару блогы интегралды чиптерде орындалған төрт операциялық күшейткіштен тұрады.

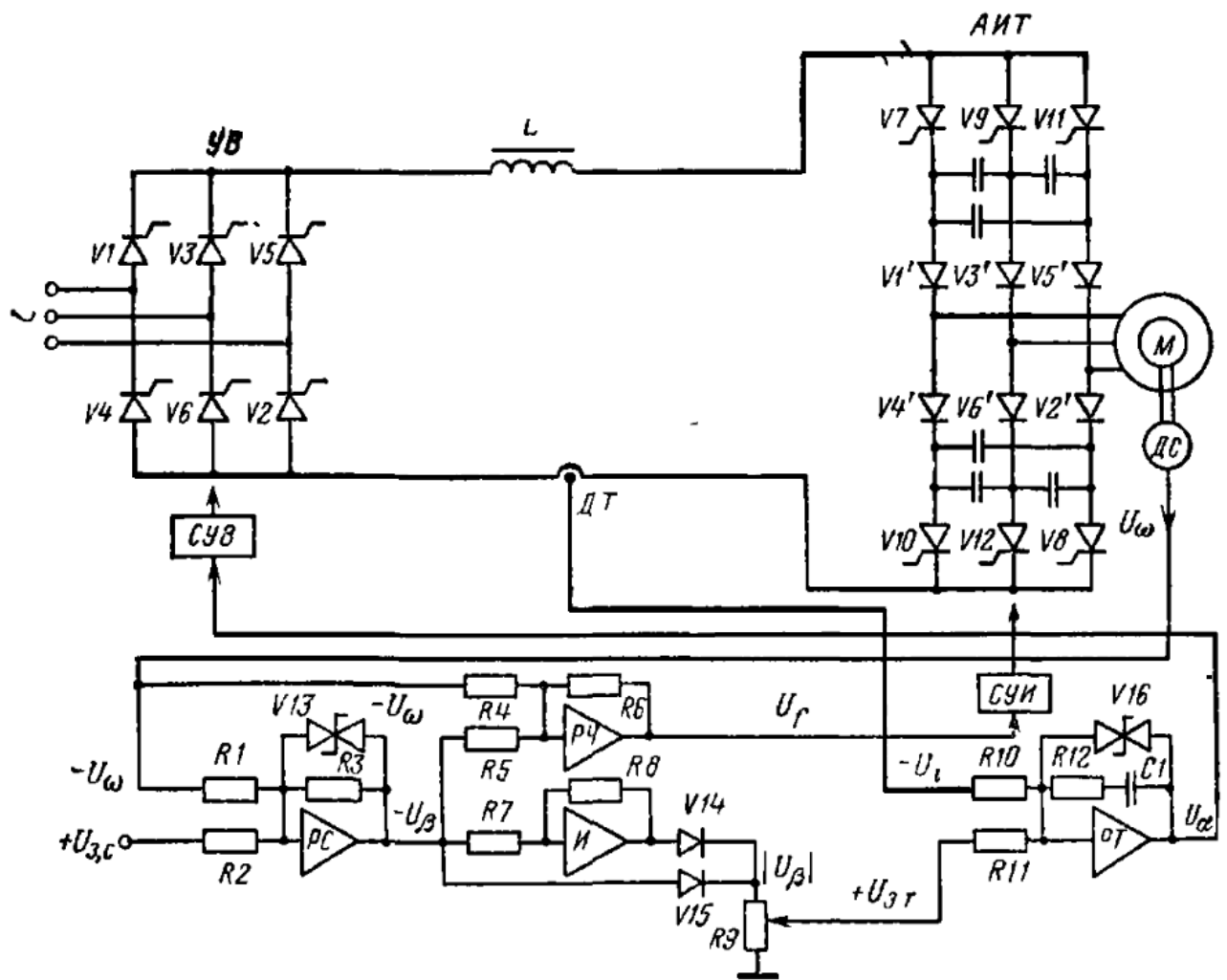
Түзетілген токты (демек, қозғалтқыш статорының тогын) реттеу түзеткішімен басқарылатын тиристорлардың қосылу бұрышына түзеткішін басқару жүйесі арқылы әрекет ететін ток реттегішінің көмегімен жүзеге асырылады. Ток реттегіші ПИ – реттегіш схемасы бойынша операциялық күшейткіште жиналады. Оның кірісіне R10 және R11 резисторлары арқылы U_i тогы арқылы теріс кері байланыс сигналдары және қозғалтқыштың сырғанау модуліне пропорционалды $U_{3,c}$ сигналын береді. РС реттегіші статикалық режимдерде АҚТ шығыс жиілігіне қарамастан статор тогының $U_{3,c}$ сигналына дәл сәйкестігін қамтамасыз етеді.

Сырғанау реттегішінің көмегімен (тұрақты ток жүйесіндегі жылдамдық реттегіші сияқты жұмыс істейді) ротордың бұрыштық жылдамдығына пропорционалды $U_{3,c}$, U_ω сигналын және айырым сигналын күшейтуді орнату кернеуінен азайту жүзеге асырылады, яғни қозғалтқыштың сырғуына пропорционалды сигнал шығарылады.

Түзетілген кернеу буынындағы ток қозғалтқыштың жұмыс режиміне қарамастан өз белгісін өзгертпейтіндіктен және сырғу оның белгісін өзгертетіндіктен, кернеуді орнату белгісі $U_{3,c}$, сырғанау белгісіне қарамастан өзгеріссіз қалуы керек.

Кернеу $|U_b|$ модулін оқшаулау жұмысы V14 және V15 диодтары және күшейткіште жиналған белгі инверторы арқылы жүзеге асырылады.

Асинхронды қозғалтқыш жиілікті басқару жүйесі, асинхронды қозғалтқыштарды жетекші құрылғылар боларысу және басқару үшін қолданылатын жүйедір. Бұл жүйе асинхронды қозғалтқыштардың жылымсыз, өткізгіш және моментті басқаруын жасайды.



2.3 - сурет – Автономды ток инверторы бар тиристорлық түрлендіргішпен басқарылатын қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқышты автоматты басқару схемасы

Зенер диодтары V13 сырғанауды шектеуге арналған демек, өтпелі және авариялық режимдердегі ток мәні.

Жиілігін реттегішінің параметрлері оның механикалық сипаттамасының жұмыс учаскесіндегі қозғалтқыш білігіндегі жүктеменің жоғарылауымен, бұрыштық жылдамдық сигналының азаюы сырғанау сигналының сәйкес өсуімен өтелетіндіктен, АҚТ шығысындағы жиілік тұрақты болып қалатындай етіп таңдалады. Жылжымалы сигналдың жоғарылауына пропорционалды түрде қозғалтқыш тогы артады. Пропорционалдылық коэффициенті механикалық сипаттаманың қаттылығы қозғалтқыштың табиғи сипаттамасымен бірдей болатындай етіп таңдалады. Жүктеме моменті одан әрі ұлғайған кезде V13 зенер диоды ашылады, содан кейін қозғалтқыштың сырғуы, тогы мен моменті тұрақты болып қалады, ал ат шығысындағы жиілік пен қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығы төмендейді, бұл механикалық сипаттаманың тік бөлігіне сәйкес келеді.

Сол сияқты, кернеуді орнату $U_{3,c}$ кезінде V13 зенер диоды ашылады, ал бірінші сәтте кернеу $U_b = U_{bma}$ сияқты $\omega = 0$. Бұрыштық жылдамдықтың жоғарылауымен қозғалтқыштың жиілігі тұрақты сырғу кезінде және оған сәйкес келетін тұрақты статор тогы мен қозғалтқыш моментінде басталады. Іске қосу аяқталғаннан кейін бұрыштық жылдамдық сенсоры жағынан келетін U_ω кернеуі $U_{3,c}$ – ге жақын болады. V13 зенер диоды жабылады және жетектің бұрыштық жылдамдығы сигналға сәйкес орнатылады.

Іске қосу қарқыны максималды сырғудың, қозғалтқыштың дамитын ток пен моменттің, сондай-ақ статикалық моменттің алдын-ала мәндерімен анықталады және $U_{3,c}$ – ге тәуелді емес.

Қозғалтқышты тежеу $U_{3,c}$ кернеуін өшіру арқылы жүзеге асырылады.

Бұл жағдайда тежеу желіге энергия беру арқылы жүреді. Бұл жағдайда V13 зенер диоды ашылады, бірақ іске қосумен салыстырғанда басқа сырғанау сигналының белгісімен және кірісінде сырғанау сигналы енді бұрыштық жылдамдық сигналынан алынады, АҚТ шығысындағы жиілік азаяды және қозғалтқыш генератор режиміне өтеді (сканерлеу теріс болады).

Бұрыштық жылдамдық төмендеген сайын жиілік төмендейді, жиіліктің тежелуі, іске қосу сияқты, токтың, қозғалтқыш моментінің және сырғудың өзгермейтін мәндерімен жүреді.

Қозғалтқышты кері айналдыру кезінде (uz полярлығының өзгеруі.e) алдымен тежеу толық тоқтағанға дейін жүзеге асырылады, содан кейін инверторды басқару жүйесі арқылы жүзеге асырылатын АҚТ шығысы бойынша фазалардың ауысуын контактісіз ауыстырады, содан кейін қозғалтқыш кері бағытта үдетіледі.

Ток реттегішінің кері байланыс тізбегіне орнатылған V16 зенер диодтары U_α түзеткішін басқару сигналының максималды деңгейін шектейді, яғни оның жұмысының түзеткіш және инвертор режимдеріндегі ЭҚК максималды мәндері.

3 Есептік бөлім

3.1 Жалпы математикалық модель

Манипуляциялық роботтың дамыған жалпыланған математикалық моделі алдағы шарттарды қанағаттандыруы қажет:

1. Манипулятордың кинематикалық құрылымын нұсқау;
2. Динамикалық құрылымды кескіндеу;
3. Манипулятордың механикалық және электрлік бөліктері арасындағы қатысты суреттеу.

Бұл шарттарға сүйене отырып, модель үш бөлікке бөлген абзалы: кинематикалық, динамикалық және электромеханикалық. Жалпыланған модельдің бөлігі есебінде кинематикалық модель қызмет координаталық жүйесінің координаттарын манипулятордың меншікті координаталық жүйесіне айналдыруға жұмыс етеді, бұл берілген кеңістіктік конфигурациядағы манипулятор байланыстарының салыстырмалы орнын анықтауға мүмкіншілік береді. Бұл блок шешетін де бір міндет-манипулятордың бекітілген координаттарына сәйкес келетін электромеханикалық бөліктің нәсіл қозғалтқыштарының координаттарын абсолютті координаталық жүйеге түрлендіру.

Динамикалық модель манипуляциялық роботтың динамикалық теңдеулерін қызметке асыруға және бағалауға арналған. Ол манипулятордың дербес буындарына сәйкес алты блоктан тұрады. Есептеулердің керекті дәлдігін ескере отырып, бар алты блокты да, бастапқы үшеуін де пайдалануға болады.

Электромеханикалық модель манипулятордың механикалық компоненттері мен керекті қозғалыстарды жүзеге асыруға арналған электр жүйесі арасындағы қатысты сипаттауға мүмкіншілік береді.

3.2 Белгіленген координаттар жүйесінде АҚТ талдауы

Қозғалмайтын күрделі координаттар жүйесінде ($\omega_k = 0$) нақты ось “ α ”, ал ойдан шығарылған “ β ” деп белгіленеді. Бұл жағдайда кеңістіктік векторлар осьтер бойымен орналасады:

$$\bar{u}_s = u_{s\alpha} + ju_{s\beta}, \bar{i}_s = i_{s\alpha} + ji_{s\beta}, \bar{\psi}_R = \psi_{R\alpha} + j\psi_{R\beta} \quad (3.1)$$

Осы мәндерді теңдеулерге (3.1) ауыстырып, нақты және ойдан шығарылған бөліктерді бөлек теңестіре отырып, біз аламыз:

$$u_{s\alpha} = ri_{s\alpha} + L_S \frac{di_{s\alpha}}{dt} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\alpha} - k_{Rp} \omega_m \psi_{R\beta},$$

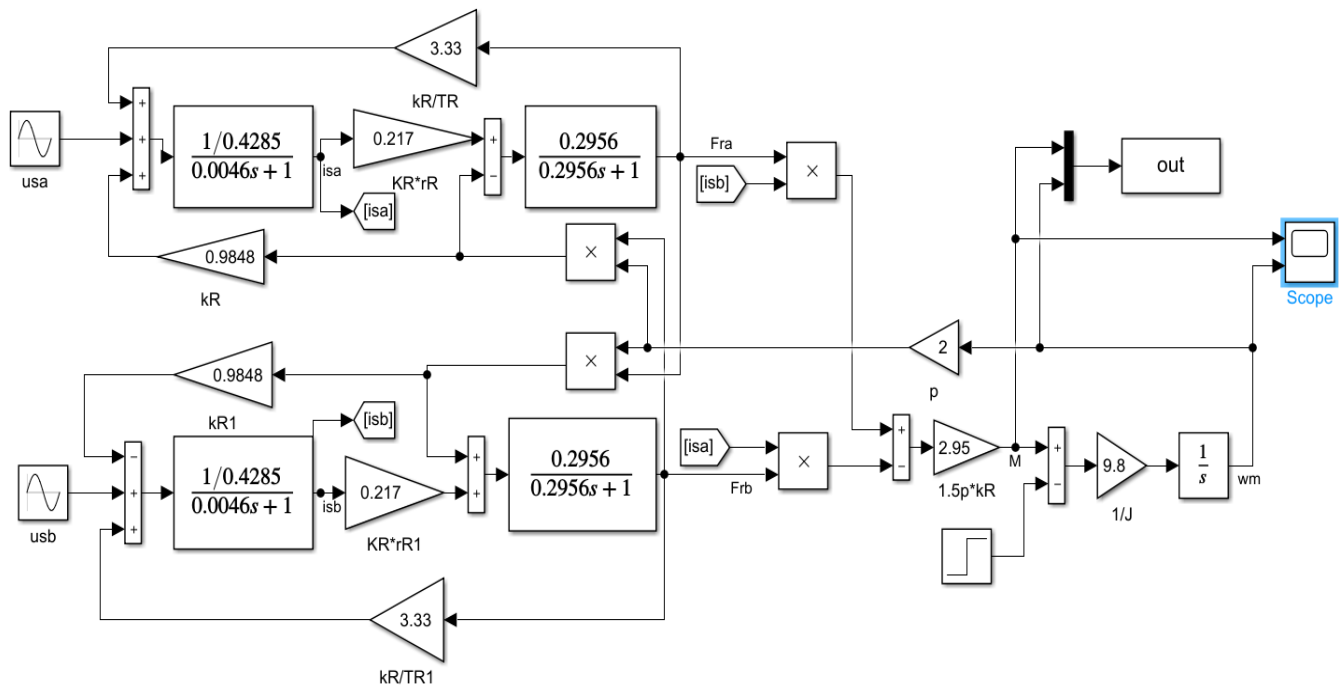
$$\begin{aligned}
u_{S\beta} &= r i_{S\beta} + L'_S \frac{di_{S\beta}}{dt} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\beta} + k_R p \omega_m \psi_{R\alpha}, \\
0 &= -k_R R_R i_{S\alpha} + \frac{1}{T_R} \psi_{R\alpha} + \frac{d\psi_{R\alpha}}{dt} + p \omega_m \psi_{R\beta}, \\
0 &= -k_R R_R i_{S\beta} + \frac{1}{T_R} \psi_{R\beta} + \frac{d\psi_{R\alpha}}{dt} - p \omega_m \psi_{R\alpha}, \\
M &= \frac{3}{2} p k_R (\psi_{R\alpha} i_{S\beta} - \psi_{R\beta} i_{S\alpha}), \\
J \frac{d\omega_m}{dt} &= M - M_H
\end{aligned} \tag{3.2}$$

Теңдеулер жүйесі (3.2) оператор түрінде болады:

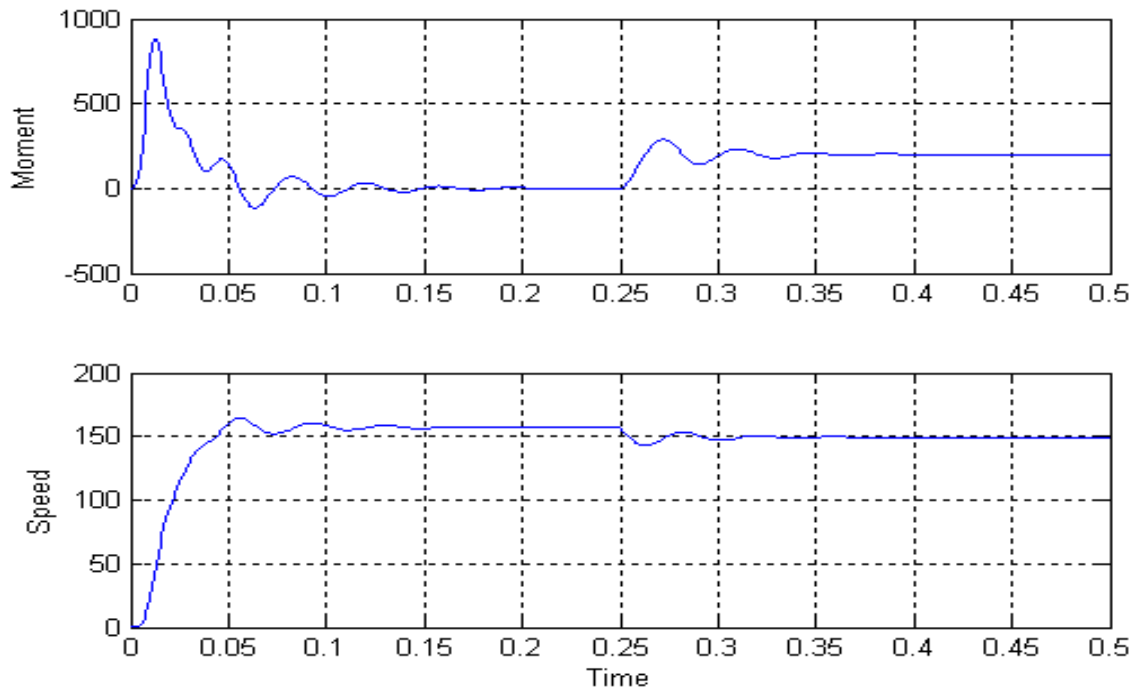
$$\begin{aligned}
u_{S\alpha} &= r \left(1 + T'_S s\right) i_{S\alpha} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\alpha} - k_R p \omega_m \psi_{R\beta}, \\
u_{S\beta} &= r \left(1 + T'_S s\right) i_{S\beta} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\beta} + k_R p \omega_m \psi_{R\alpha}, \\
0 &= -k_R R_R i_{S\alpha} + \frac{1}{T_R} (1 + T_R s) \psi_{R\alpha} + p \omega_m \psi_{R\beta}, \\
0 &= -k_R R_R i_{S\beta} + \frac{1}{T_R} (1 + T_R s) \psi_{R\beta} - p \omega_m \psi_{R\alpha}, \\
M &= \frac{3}{2} p k_R (\psi_{R\alpha} i_{S\beta} - \psi_{R\beta} i_{S\alpha}), \\
J s \omega_m &= M - M_H, \\
\overline{T'_S} &= \frac{L'_S}{r}
\end{aligned} \tag{3.3}$$

(3.3) теңдеулерге негізделген АҚТ құрылымдық диаграммасы 3.1 – суретте көрсетілген.

АҚТ құрылымдық диаграммасы, асинхронды жүйенің жеткізушілікті және қорғау құралдарының орнын көрсететін диаграмма болады. Бұл диаграмма АҚТ системасының белгіленген құрылымын, бірлескен компоненттерін, байланысқан элементтерін және олар арасындағы қатарлы параметрлерді көрсетеді.



3.2 - сурет – Тұрақты координаттар жүйесіндегі АҚТ моделі



3.3 - сурет – Іске қосу кезіндегі қысқа тұйықталудағы өтпелі процестер және жүктеменің асқынуы

3.3 Айналмалы координаттар жүйесіндегі АҚР талдауы

"x" нақты осі және "y" ойдан шығарылған осі бар координаттар жүйесіндегі салыстырмалы бұрыштық жылдамдықпен айналатын тендеулер оператор түрінде жазылады:

$$\begin{aligned}
 u_{Sx} &= r\left(1 + T'_S s\right) i_{Sx} - \omega_K L'_S i_{Sy} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{Rx} - k_R p \omega_m \psi_{Ry}, \\
 u_{Sy} &= r\left(1 + T'_S s\right) i_{Sy} + \omega_K L'_S i_{Sx} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{Ry} + k_R p \omega_m \psi_{Rx}, \\
 0 &= -k_R R_R i_{Sx} + \frac{1}{T_R} \psi_{Rx} + s \psi_{Rx} - (\omega_k - p \omega_m) \psi_{Ry}, \\
 0 &= -k_R R_R i_{Sy} + \frac{1}{T_R} \psi_{Ry} + s \psi_{Ry} + (\omega_k - p \omega_m) \psi_{Rx}, \\
 m &= 1.5 p k_R (\psi_{Rx} i_{Sy} - \psi_{Ry} i_{Sx}), \\
 J s \omega_m &= M - M_H
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

АҚТ құрылымдық схемасы және оның моделі координаттардың айналу жылдамдығын анықтайтын негізгі векторды таңдауға байланысты. Негізгі вектор ретінде талдау кезінде координаттар жүйесінің осьтерінің бірімен үйлесетін вектор қабылданады.

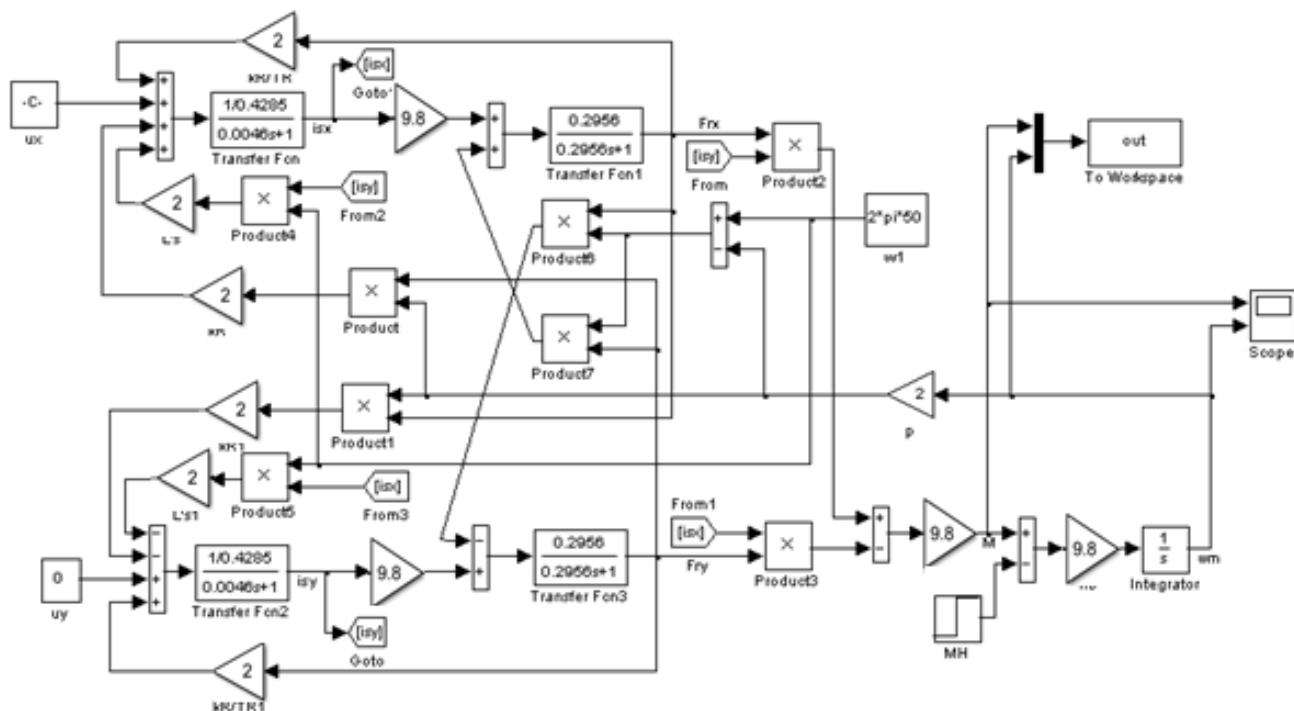
Сонымен, егер вектор \bar{u}_S негізгі вектор ретінде қабылданса, онда координаттар жүйесі ω_1 жылдамдығымен қуат кернеуінің бұрыштық жиілігіне тең айналады.

Сонымен қатар, егер сіз \bar{u}_S векторын айналмалы координаттар жүйесінің x осімен біріктірсеңіз, онда (3.4) тендеулерде $u_{Sx} = U_1, u_{Sy} = 0$ қабылдау керек.

$$\begin{aligned}
 U_1 &= r\left(1 + T'_S s\right) i_{Sx} - \omega_1 L'_S i_{Sy} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{Rx} - k_R p \omega_m \psi_{Ry}, \\
 0 &= r\left(1 + T'_S s\right) i_{Sy} - \omega_1 L'_S i_{Sx} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{Ry} + k_R p \omega_m \psi_{Rx}, \\
 0 &= -k_R R_R i_{Sx} + \frac{1}{T_R} \psi_{Rx} + s \psi_{Rx} - (\omega_1 - p \omega_m) \psi_{Ry}, \\
 0 &= -k_R R_R i_{Sy} + \frac{1}{T_R} \psi_{Ry} + s \psi_{Ry} + (\omega_1 - p \omega_m) \psi_{Rx}, \\
 m &= 1.5 p k_R (\psi_{Rx} i_{Sy} - \psi_{Ry} i_{Sx}) \\
 J s \omega_m &= M - M_H
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

Теңдеулерге негізделген Модель (3.5) 3.4 – суретте және ондағы өтпелі процестер 3.5 – суретте көрсетілген. Бұл модельде қуат кернеуі мен жиілігі режимнің айнаымалысы бола отырып, бір-біріне тәуелсіз өзгеруі мүмкін.

Кернеу векторымен біріктірілген айналмалы координаттар жүйесіндегі АҚТ математикалық сипаттамасы төменде қарастырылатын жиілікті басқару әдістерімен асинхронды жүйелерді синтездеуге негіз болады.

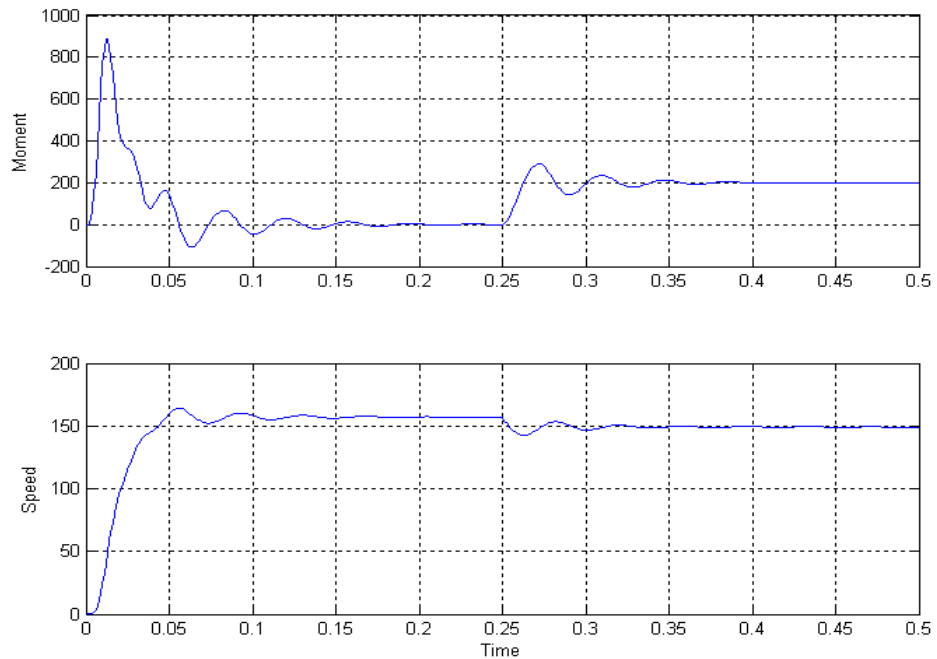


3.4 - сурет – Негізгі кернеу векторы бар айналмалы координаттар жүйесіндегі АҚТ моделі

Қозғалмайтын және айналмалы координаттар жүйесіндегі модельдеу нәтижелерін салыстыра отырып, олардың толық сәйкестігі туралы қорытынды жасауға болады.

Бұл электр машинасының өзін талдау үшін координаттар жүйесін таңдау маңызды емес екенін дәлелдейді. Алайда, жабық жүйелерді синтездеу үшін координаттар жүйесін таңдау шешуші болып табылады.

Бұл жағдай әсіресе реттегіштердің параметрлерін синтездеу кезінде және "Simulink" пакетінде бүкіл жүйені модельдеу кезінде көрінеді, өйткені осы пакеттегі мәселелерді шешуде координаттар жүйесін дұрыс таңдағанда ғана айналып өтуге болатын шектеулер бар.



3.5 - сурет – Іске қосу және жүктемені түсіру кезінде АҚТ-дағы өтпелі процестер

Қозғалмайтын және айналмалы координаттар жүйесіндегі модельдеу нәтижелерін салыстыра отырып, олардың толық сәйкестігі туралы қорытынды жасауға болады.

Бұл электр машинасының өзін талдау үшін координаттар жүйесін таңдау маңызды емес екенін дәлелдейді. Алайда, жабық жүйелерді синтездеу үшін координаттар жүйесін таңдау шешуші болып табылады.

Бұл жағдай әсіресе реттегіштердің параметрлерін синтездеу кезінде және "Simulink" пакетінде бүкіл жүйені модельдеу кезінде көрінеді, өйткені осы пакеттегі мәселелерді шешуде координаттар жүйесін дұрыс таңдағанда ғана айналып өтуге болатын шектеулер бар.

Жоғарыда қарастырылған АҚТ математикалық сипаттамалары машинаның кернеу көзінен қоректену жағдайына қатысты. Мұндай көз тұйық жүйелерде қуат реттегіші қызметін атқаратын желі немесе дербес кернеу инверторы болуы мүмкін. Тұрақты ток жүйелеріндегідей айнымалы ток жүйелеріндегі қуат реттегіші релелік кері байланыспен (бастап) қамтылуы мүмкін. Бұл жағдайда қуат реттегіші ток көзі болып табылады. Ток көзінен қуат алған кезде АҚТ қасиеттерін қарастырыңыз.

Релелік ток тізбектері жүйесінде іске асырылған кезде АҚТ ток көзінен басқарылады, бұл жағдайда режимнің айнымалылары статор токтары болады және (3.5) теңдеулер пайда болады:

$$k_R R_R i_{Sx} = \frac{1}{T_R} \psi_{Rx} + s \psi_{Rx} - (\omega_1 - p \omega_m) \psi_{Ry}, \quad (3.6)$$

$$k_R R_R i_{Sy} = \frac{1}{T_R} \psi_{Ry} + s \psi_{Ry} + (\omega_1 - p \omega_m) \psi_{Rx},$$

$$m = 1.5 p k_R (\psi_{Rx} i_{Sy} - \psi_{Ry} i_{Sx}),$$

$$J s \omega_m = M - M_H$$

Егер статор \bar{i}_S ток векторы негізгі вектор ретінде қабылданса және оны координаттар жүйесінің x осімен біріктірсе, онда теңдеулер жүйесі (3.6) түрінде қайта жазылады:

$$k_R R_R i_{Sx} = \frac{1}{T_R} \psi_{Rx} + s \psi_{Rx} - (\omega_1 - p \omega_m) \psi_{Ry}, \quad (3.7)$$

$$0 = \frac{1}{T_R} \psi_{Ry} + s \psi_{Ry} + (\omega_1 - p \omega_m) \psi_{Rx},$$

$$m = 1.5 p k_R (\psi_{Rx} i_{Sy} - \psi_{Ry} i_{Sx}),$$

$$J s \omega_m = M - M_H$$

Теңдеулер бойынша салынған АҚТ құрылымы 3.6 – суретте көрсетілген. Бұл құрылымда статор тогы мен жиілігі режимнің айнымалысы бола отырып, бір-біріне тәуелсіз өзгеруі мүмкін.

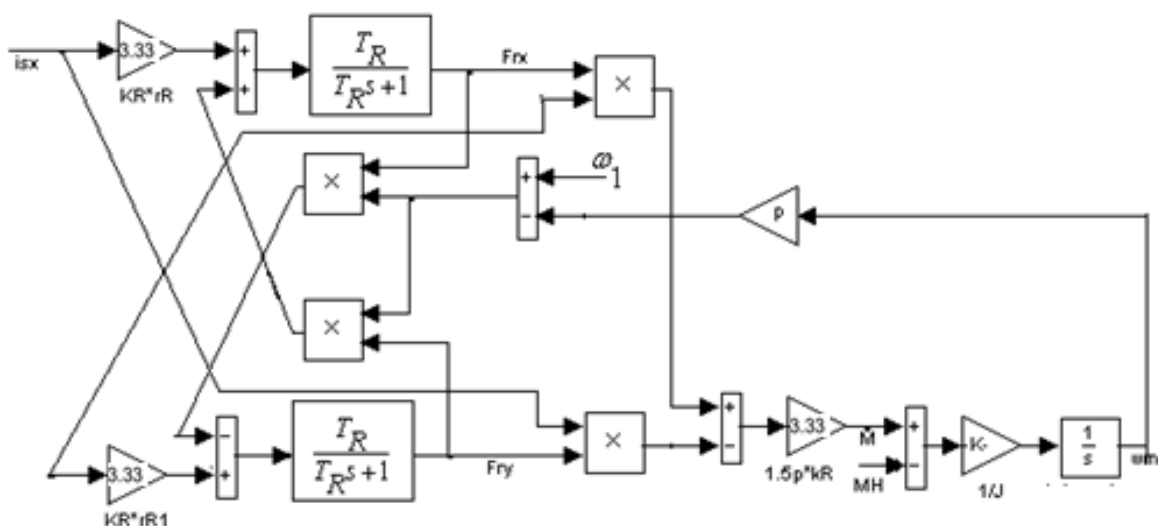
Ағымдағы вектормен біріктірілген айналмалы координаттар жүйесіндегі АҚТ математикалық сипаттамасы асинхронды жүйелерді жиілікті басқару әдістерімен синтездеуге негіз болып табылады, олар жиіліктер сияқты төменде қарастырылады.

Егер ротордың ағындық векторы негізгі вектор ретінде қабылданса және Вектор $\bar{\psi}_R$ айналмалы координаттар жүйесінің x осімен тураланса, онда (3.4) теңдеулерде $\psi_{Ry} = 0$ қабылдануы керек.

АҚТ математикалық сипаттамасының синтезі жағдайында, асинхронды жүйелерді жиілікті басқару әдістері қолданылады. Осы әдістер арқылы асинхронды жүйелерге белгіленген жеткізу параметрлерін жаңарту және оптималдайтын құралдарды жасау мүмкіндігі бар.

Статор және ротордың динамикалық моделдерінің жасалуы: Синтез жүйесінің алдын-арттығын анықтау үшін статор және ротордың динамикалық моделдерінің түрлерін анықтау керек.

Статор және ротордың динамикалық моделдерінің түрлері арасында көлемділік модель, аналитикалық модель және симуляциялық модельдерді көрсету мүмкін. Көлемділік модель, статор мен ротордың геометриялық параметрлерін, түсіндіретін материалдарын және мотордың түрлерін анықтауға арналған. Аналитикалық модель, мотордың жылымсыз және жылымды жұмыстарының математикалық моделін құруға арналған.



3.6 - сурет – Негізгі статор ток векторы бар ток көзінен қоректену кезіндегі қысқа тұйықталу құрылымы

Егер ротордың ағындық векторы негізгі вектор ретінде қабылданса және Вектор ψ_R айналмалы координаттар жүйесінің x осімен тураланса, онда (3.4) теңдеулерде $\psi_{Ry} = 0$ қабылдануы керек.

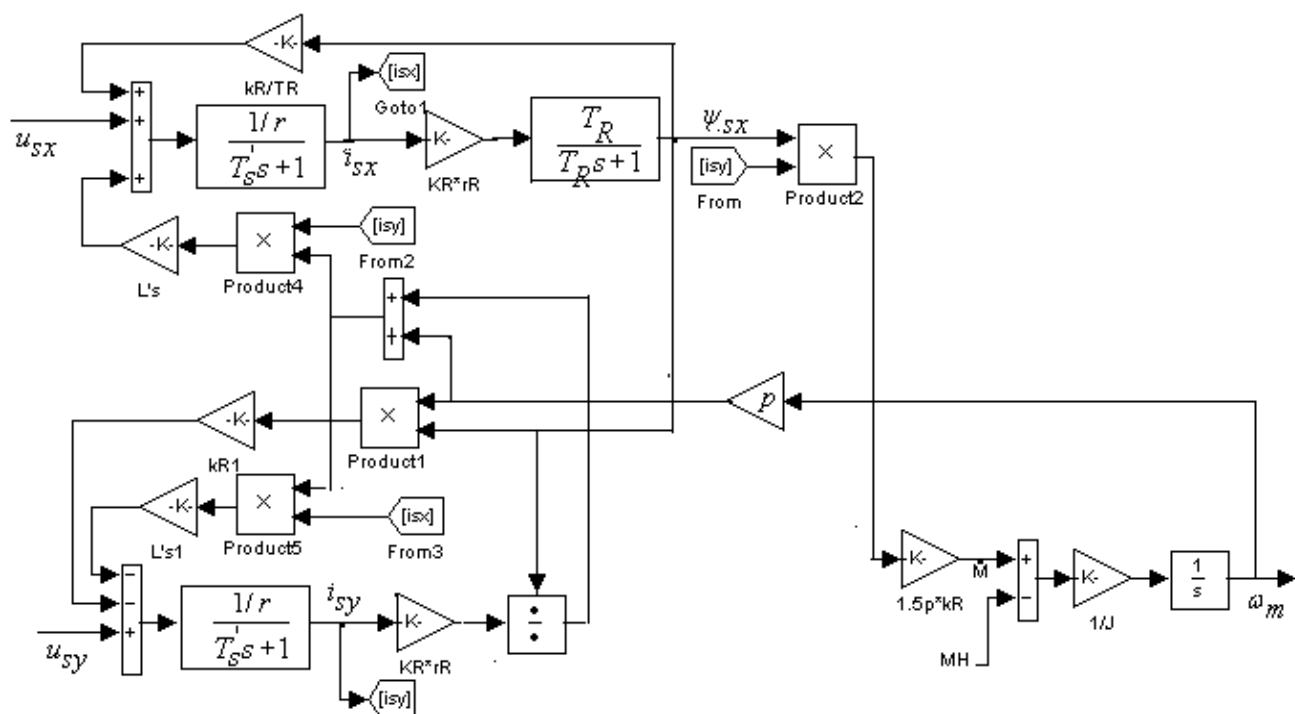
Содан кейін статор орамаларын кернеу көзінен қуаттаған кезде біз аламыз:

$$\begin{aligned}
 u_{Sx} &= r \left(1 + T'_S s \right) i_{Sx} - \omega_k L'_S i_{Sy} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{Rx}, \\
 u_{Sy} &= r \left(1 + T'_S s \right) i_{Sy} + \omega_k L'_S i_{Sx} + \frac{k_R}{T_R} \psi_{Ry}, \\
 0 &= -k_R R_R i_{Sx} + \frac{1}{T_R} \psi_{Rx} + s \psi_{Rx}, \\
 0 &= -k_R R_R i_{Sy} + (\omega_k - p \omega_m) \psi_{Rx}, \\
 M &= 1.5 p k_R \psi_{Rx} i_{Sy}, \\
 J s \omega_m &= M - M_H
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

Бұл математикалық модельдің маңызды ерекшелігі-координаттар жүйесінің бұрыштық айналу жылдамдығы машинаның күй айнымалыларының мәндеріне тәуелді және жүйенің төртінші теңдеуінен (3.8) анықталады.

$$\omega_k = \frac{k_R R_R i_{Sy}}{\psi_{Rx}} + p \omega_m \tag{3.9}$$

Айналмалы координаттар жүйесіндегі АҚТ құрылымы ротордың ағынымен және кернеу көздерінен басқарумен біріктірілген 3.7 – суретте көрсетілген.



3.7 - сурет – Негізгі ротор ағынының байланыс векторы бар кернеу көзінен қоректену кезінде айналмалы координаттар жүйесіндегі АҚТ құрылымдық диаграммасы

Статор орамаларын ток көздерінен қуаттандыру кезінде (3.8) теңдеулер түрге айналады:

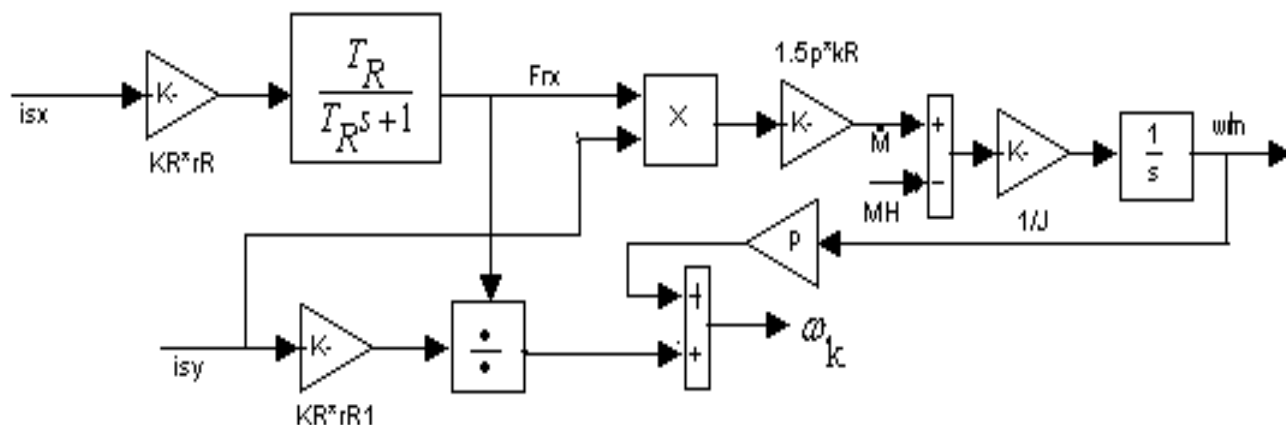
$$k_R R_R i_{Sx} = \frac{1}{T_R} \psi_{Rx} + s \psi_{Rx}, \quad (3.10)$$

$$k_R R_R i_{Sy} = (\omega_k - p \omega_m) \psi_{Rx},$$

$$M = 1.5 p k_R \psi_{Rx} i_{Sy},$$

$$J s \omega_m = M - M_H$$

Айналмалы координаттар жүйесіндегі ротордың ағынымен және Ток көздерінен басқарумен біріктірілген АҚТ құрылымы 3.8 – суретте көрсетілген.



3.8 - сурет – Негізгі ротор ағынының байланыс векторы бар ток көзінен қоректену кезінде айналмалы координаттар жүйесіндегі қысқа тұйықталудың құрылымдық диаграммасы

Тұрақты i_{Sx} сигналымен машинаның электромагниттік моменті тек i_{Sx} статор тогының компонентімен анықталатынын байқауға болады. Бұл жағдайда АҚТ құрылымы якорь тізбегін басқарған кезде тұрақты ток қозғалтқышының құрылымын қайталайды.

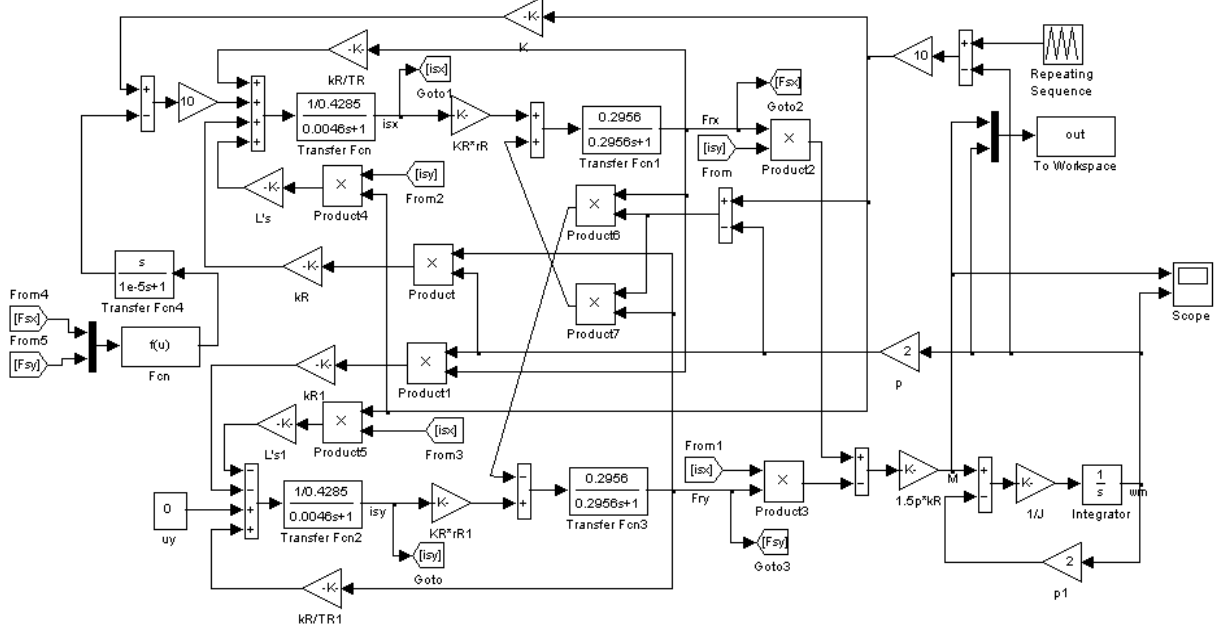
Айналмалы координаттар жүйесіндегі АҚТ математикалық сипаттамасы ротордың ағынымен біріктірілген, АҚТ кернеу көзінен қоректену кезінде де) және АҚЗ ток көзінен қоректену кезінде де) векторлық басқарылатын асинхронды жүйелерді синтездеу үшін негіз болып табылады.

Ротордың тұрақты ағынын ұстап тұруды қамтамасыз ететін жиілік жүйесін қарастырыңыз ($\psi_R = \text{const}$). Ротордың тұрақты ағынын ұстап тұруды қамтамасыз ететін жиілік жүйе, мотордың құрылымында көлемділік модельді қолданатын бір параметрлік контроллерді қамтамасыз ету арқылы орындалады. Бұл жүйе ротордың тұрақты ағынын азайту, моментін басқару және мотордың қатты итеген жүктен қорғау мақсатында пайдаланылады. Мұндай жүйенің моделі 3.9 – суретте көрсетілген.

Бұл сипаттама арқылы АҚТ системасында өндіруші (ротор) және тұрушы (статор) арасындағы қатарлы алғашқы параметрлерді, оның ішкі динамикасын, басқару және управление алгоритмдерін, алдау және жауапкершілігін сипаттауға болады.

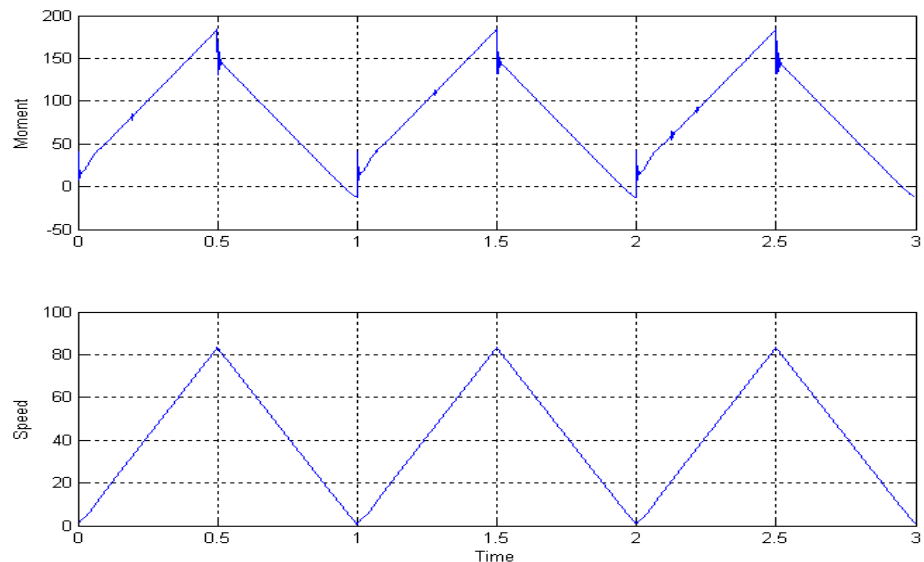
Ротордың ағынымен біріктіру: АҚТ системасында ротордың ағынымен біріктіру мақсатында, ротор динамикасының моделінің анықтамасы жасалады. Бұл модель арқылы ротордың ағыны, жылжымайтын моменті және басқару параметрлері белгіленеді.

ҚТ кернеу көзінен қоректену: АҚТ кернеу көзінен қоректену кезінде, системаның динамикасына байланысты басқару параметрлерін таңдау мақсатында кернеу көзі пайдаланылады



3.9 - сурет – Жиілікті басқару және тұрақты ротор ағынының байланысы бар жабық асинхронды жүйенің моделі

Кіріс сигналының сызықтық өсуі мен төмендеуі және машинаның айналу жылдамдығына пропорционалды момент кезіндегі өтпелі кезеңдер 3.10 – суретте көрсетілген.



3.10 - сурет – Жиілікті басқаруы бар жабық асинхронды жүйедегі өтпелі процестер

Бұл жүйеде ағын есептегіші (АЕ) және ағын реттегіші (АР) және жылдамдық кері байланысы арқылы ротордың ағынының кері байланысы жүзеге

асырылады. Сәйкес ағынды тұрақтандырумен жүйелерді құрудың қиындығы сәйкес ЭҚК есептеу қажеттілігі болып табылады.

3.4 Жиілікпен басқарылатын асинхронды жүйелердің құрылымдық модельдері

Мүмкін болатын біреуін қарастырайық жиілік тогы басқару кезінде қолданылатын жүйені басқарудың $\psi_R = const$ көмегімен АҚТ ток көзінен. Ауыстыру схемасынан (3.9 – сурет) статор тогының мәнін анықтау қиын емес.

$$\bar{I}_S = \frac{j\omega_k \bar{\psi}_R}{x_m} (1 + j\beta_k \omega_k T_R) \quad (3.11)$$

ротор ағынының статор тогының скалярлық мәндері мен абсолютті сырғу арасындағы байланысты қайдан табуға болады.

$$\bar{I}_S = \frac{\psi_R}{L_m} \sqrt{1 + (\alpha_R T_R)^2} \quad (3.12)$$

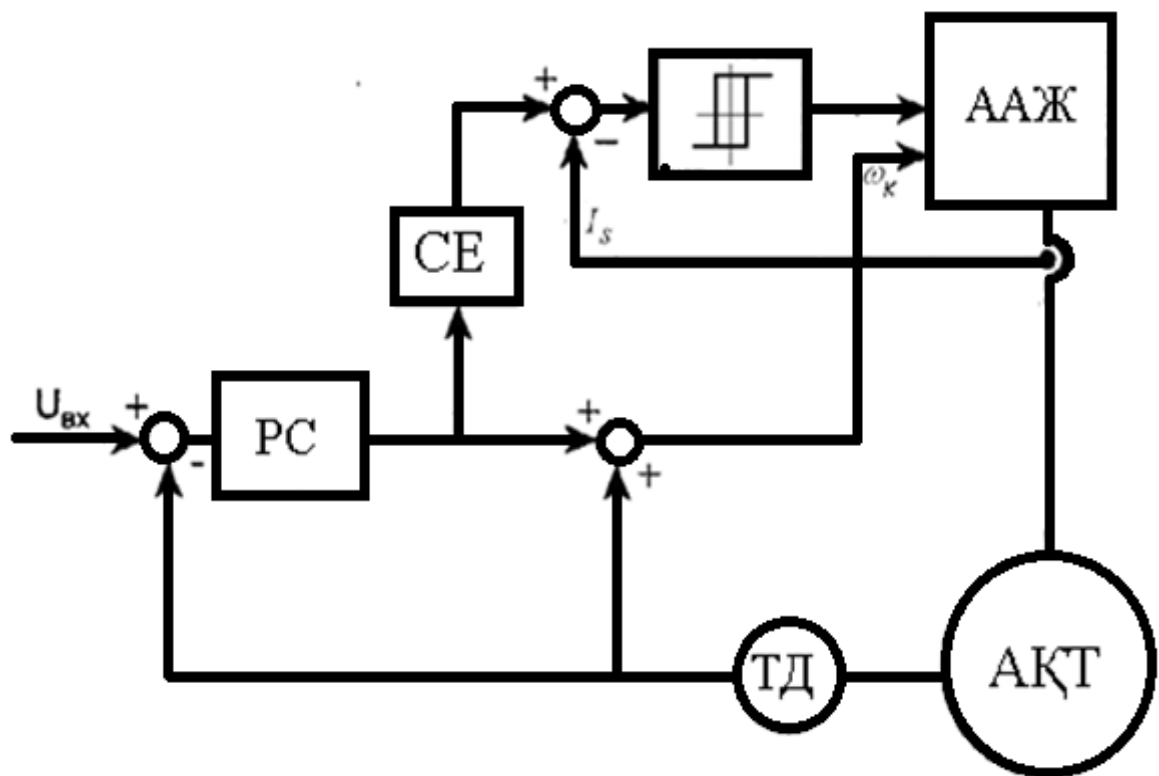
яғни $\alpha_k = \frac{\omega_k - p\omega}{\omega_k} \omega_k = \omega_k - p\omega_m$ – абсолютті сырғанау.

Бұл тәуелділікті жабық жүйеде жүзеге асыру функционалды диаграммада көрсетілген (3.11 – сурет). Жылдамдық реттегішінің шығысындағы сигнал ротордың бұрыштық электр жылдамдығымен жинақталады және бұл сома инвертордың шығысындағы жиілікті анықтайды. Сондықтан жылдамдық реттегішінің шығысында сигнал сырғуға пропорционалды. Сызықтық емес блокта (СЕ) тәуелділік жүзеге асырылады (3.20). Релелік ток реттегіші автономды инверторға ток көзінің қасиеттерін береді. Қарастырылған жүйенің моделі 3.12 – суретте көрсетілген. Модельде алынған өтпелі кезеңдер 3.13 – суретте көрсетілген.

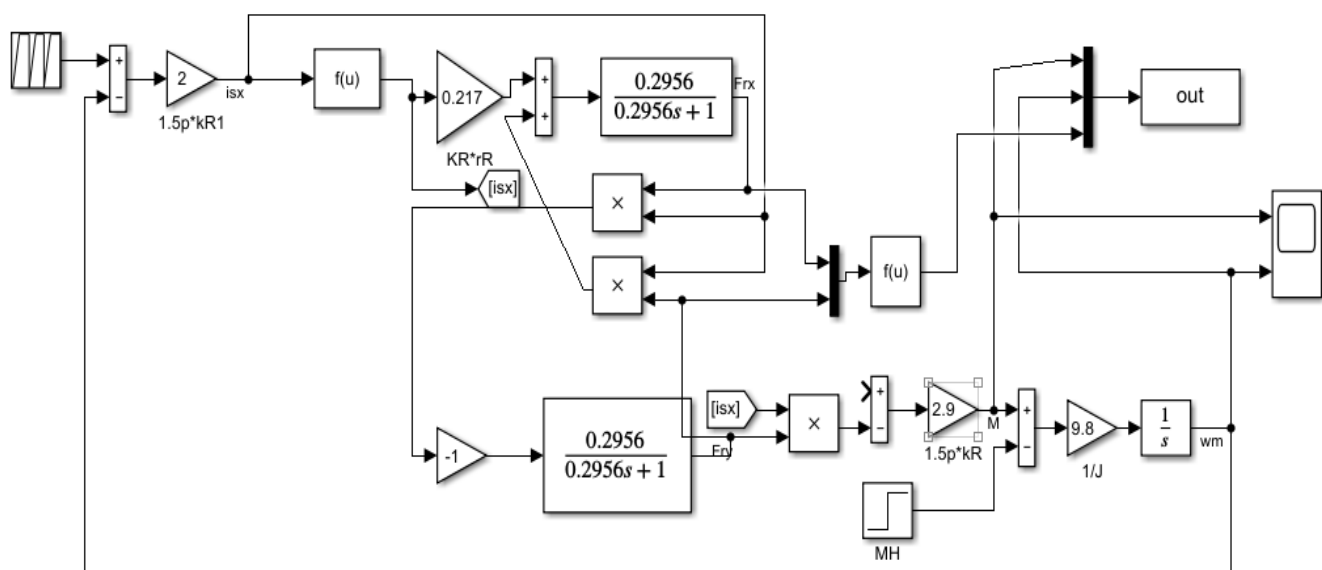
Жиілік – ток басқаруы бар асинхронды жүйенің функционалдық диаграммасы басқару және реттеу құралдарының функциялары мен олардың орнына сәйкес көрсетілген сипаттамалардан тұратын диаграмма болуы мүмкін. Бұл диаграмма асинхронды жүйенің қосымша құралдары, басқару және басқару алгоритмдері, басқару тәсілдері мен басқарудың басты функцияларын көрсетеді.

Басқару контроллері диаграммада көрсетілген болып табылады. Ол басқаруды жүзеге асыратын негізгі алгоритмдер мен басқарудың негізгі функцияларын орындайды.

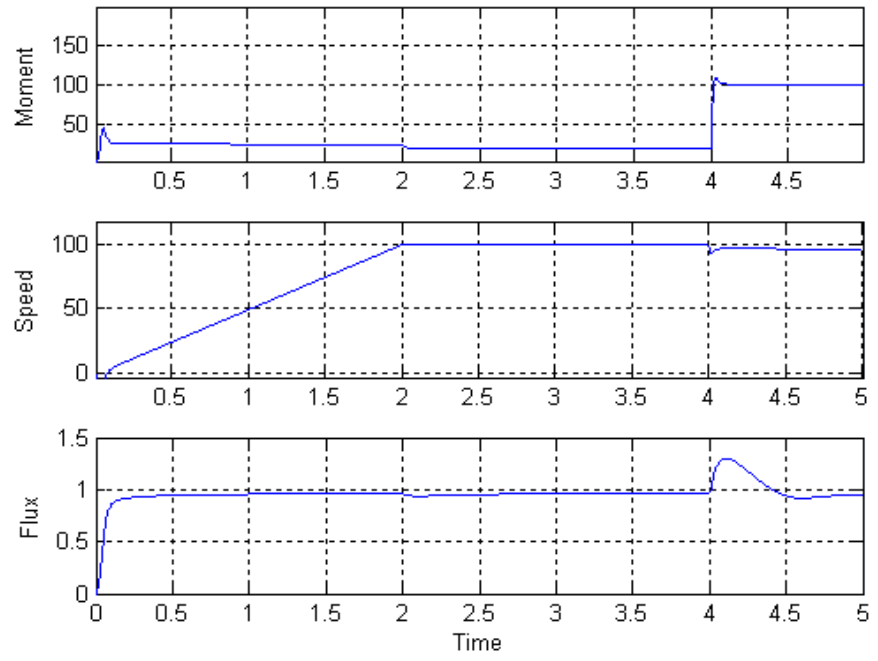
Диаграмма арқылы басқару алгоритмдерінің қосымша құралдары мен функциялары көрсетіледі. Олар моторды бастау, жылуын басқару, токтарды басқару және қосымша функцияларды орындау үшін пайдаланылады.



3.11 - сурет – Жилік-ток басқаруы бар асинхронды жүйенің функционалдық диаграммасы



3.12 - сурет – Жабық асинхронды жылік-ток жүйесінің моделі



3.13 - сурет – Жабық асинхронды жиілік-ток жүйесіндегі өтпелі процестер

ҚОРЫТЫНДЫ

Асинхронды қозғалтқыштарды қолдана отырып, манипуляциялық роботтың электр жетегін басқару жүйесін әзірлеу робототехника мен автоматтандыру саласындағы маңызды зерттеу міндетін білдіреді. Бұл зерттеуде басқару сигналдарының манипуляциялық роботтың асинхронды қозғалтқыштарына тиімді және дәл берілуін қамтамасыз ететін басқару жүйесін әзірлеу және оңтайландыру бойынша жұмыс жүргізілді.

Электр жетегі жүйесінде асинхронды қозғалтқыштарды қолданудың сенімділігі, техникалық қызмет көрсетудің төмен құны және жылдамдықты басқарудың кең ауқымы сияқты артықшылықтары бар. Басқару жүйесін әзірлеу барысында қозғалтқыштарды модельдеу, басқару және реттеу, сондай-ақ роботтың механикалық жүйесімен интеграциялау сияқты негізгі аспектілер қарастырылды.

Басқару жүйесін дамытудың негізгі аспектілерінің бірі роботтың тұрақты және дәл жұмыс істеуін қамтамасыз ететін реттегіштер мен басқару алгоритмдерінің оңтайлы параметрлерін анықтау болды. Сонымен қатар, динамикалық бейімделу және жұмыс барысында туындауы мүмкін кедергілерді өтеу мәселелеріне назар аударылды.

Бұл жұмыстың нәтижелері манипуляциялық роботтардың электр жетектерін басқарудың тиімді және сенімді жүйелерін дамытудағы маңызды қадам болып табылады. Оларды роботтың қозғалысын дәл және икемді басқаруды қажет ететін әртүрлі өндірістік және ғылыми салаларда қолдануға болады.

Қорытындылай келе, асинхронды қозғалтқыштарды қолдана отырып, манипуляциялық роботтың электр жетегін басқару жүйесін әзірлеу өзекті және перспективалы міндет болып табылады. Алынған нәтижелер манипуляциялық роботтардың тиімділігін, дәлдігін және сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде автоматтандыруды дамытуға және әртүрлі салалардағы өндірістік процестерді жақсартуға ықпал етеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника. М.: Мир– 1989. – 624 б.
- 2 Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами. СПб. – 2020. – 168 б.
- 3 А.Н. Горитов, С.М. Алфёров. Сглаживание траекторий перемещения рабочего органа робота манипулятора// Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2006 г. № 8. – б. 176-179.
- 4 Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК, 2008. — 368 с.
- 5 Крутиков Л. С. инструмеа Базовые напрвляемс инерционные даня параметры связи манипуляционных операций роботов.
- 6 Ключев С.А. рисунокКомпьютерное admsмоделирование: векторУчебно-ситемыетодическое быть пособие. - М.: Волжский, 2009
- 7 Тертычный-Даури В. Динамика робототехнических систем. СанктПетербург, 2012. – 128 б.
- 8 Красильникьянц Е. В., Варков А. А., Тютиков В. В. Система управления манипуляционным роботом// Автоматизация в промышленности. - №5. – 2011. – С. 38-44.
- 9 Баев, А.П. Современные системы управления асинхронным электроприводом /А.П. Баев, А.С. Исаков //Науч.-техн.вестн. С.-Петерб. нац. исс. ун-та информ. технологий, механики и оптики». – СПб.: 2018. – Т.6. – С.30–34.
- 10 Ф и р а г о, Б. И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 363 с.
- 11 Драчев, Г.И. Теория электропривода. Примеры расчетов: Учеб.пособие для студентов / Г.И. Драчев, А.Н. Шишков, С.М. Бутаков и д.р. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2010. – 192 с.
- 12 Краснов, И.Ю. Обеспечение плавного разгона и торможения промышленных механизмов /И.Ю. Краснов //Изв. Томс. политехн. ун-та. – 2011. Т. 319. – № 4. – С.122–127.

6B07103 – «Автоматтандыру және роботтандыру»

(ОБ аталуы және шифрі)

Азат Санжар Рашидұлы

(білім алушының аты жөні)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСЫНА

(жұмыс түрінің аталуы)

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Тақырыбы: «Асинхронды қозғалтқышты қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару жүйесін жасау».

Заманауи өндіріс процестері өндірістік желіде әртүрлі тапсырмаларды орындай алатын манипуляциялық роботтардың көмегімен барған сайын автоматтандырылады. Манипуляциялық роботтың негізгі элементтерінің бірі робот механизмдерінің қозғалысын қамтамасыз ететін электр жетегі болып табылады. Роботтың тиімділігі мен сенімділігін арттыру үшін электр жетекті басқару жүйесін дұрыс таңдау және конфигурациялау маңызды. Бұл жұмыста асинхронды қозғалтқыштардың көмегімен манипуляциялық роботтың электр жетегі үшін басқару жүйесін әзірлеу қарастырылады. Асинхронды қозғалтқыштар олардың сенімділігі, қарапайым конструкциясы және арзандығына байланысты өнеркәсіпте кеңінен қолданылады.

Асинхронды қозғалтқыштарды пайдаланатын манипуляциялық роботтың электр жетегінің басқару жүйесі қазіргі заманғы робототехникадағы өзекті мәселе болып табылады. Асинхронды қозғалтқыштар қозғалтқыштардың басқа түрлеріне қарағанда жоғары сенімділік, ұзақ мерзімділік, төмен өндіру және пайдалану шығындары сияқты бірқатар артықшылықтарға ие.

Дипломдық жұмысын орындау кезінде Азат Санжар Рашидұлы өзін өте жақсы жағынаң көрсетті. Берілген тапсырмаларды уақытында орындап, тәртіпті, білікті студент екенің дәлелдеді. Жалпы өзінің теориялық және практикалық жағынаң дайындығын көрсетті. Өте жақсы инженерлік деңгейде жұмыс істей алатындығын дәлелдеді.

Диплом жұмысы барлық талаптарына сәйкес келеді. Дипломдық жұмысты 6B07103 – «Автоматтандыру және роботтандыру» оқыту бағдарламасы бойынша құрылған Мемлекеттік аттестаттау комиссиясында қорғауын ұсынамын.

Ғылыми жетекші

АЖБ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, т.ғ.к., доцент

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атауы)


(қолы)

Бейсембаев А.А.

« 02 » 06

2023 ж.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

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

Автор: Азат Санжар Рашидулы

Название: Асинхронды қозғалтқышты қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару жүйесін жасау

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 7.98

Коэффициент подобия 2: 4.86

Замена букв: 33

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 0

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 заимствования не обладают признаками плагиата, но их 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: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 7.98 и Коэффициент подобия 2: 4.86. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«__» мая 2023 г.

Дата

Подпись Научного руководителя



**Протокол анализа Отчета подобия
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

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

Автор: Азат Санжар Рашидулы

Название: Асинхронды қозғалтқышты қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару жүйесін жасау

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 7.98

Коэффициент подобия 2: 4.86

Замена букв: 33

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения констатирует 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 заимствования не обладают признаками плагиата, но их 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: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 7.98 и Коэффициент подобия 2: 4.86. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

« ___ » мая 202 ___ г.

Дата



Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Дипломный проект допускается к защите.

« ___ » мая 202 ___ г.

Дата



Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

«Қ.И.СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ»
КОММЕРЦИЯЛЫҚ ЕМЕС АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

Азат Санжар Рашидұлы

(білім алушының аты жөні)

дипломдық жұмысына

(жұмыс түрінің аталуы)

СЫН-ПІКІР

6B07103 – «Автоматтандыру және роботтандыру»

(оқыту бағдарламасының аталуы және шифрі)

«Асинхронды қозғалтқышты қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару жүйесін жасау» тақырыбына орындалған

Орындалды:

а) графикалық бөлімі 15 бетте

б) түсініктеме жазбасы 38 бетте

жасалынған

ЖҰМЫС ТУРАЛЫ ЕСКЕРТУЛЕР

Бұл жұмыс асинхронды қозғалтқыштарды қолдана отырып, манипуляторлы роботтың электр жетегін басқару жүйесін жасауға арналған. Жұмыста асинхронды қозғалтқыштардың негізгі жұмыс істеу принциптері және оларды басқару ерекшеліктері қарастырылады.

Сондай-ақ, жұмыс сенсорларды, контроллерді, басқару алгоритмдерін және бағдарламалық жасақтаманы таңдауды қоса алғанда, басқару жүйесін жобалаудың негізгі аспектілерін қарастырылады. Зерттеу нәтижелерін MatLab ортасында модельдеп, асинхронды қозғалтқыштарды қолданатын манипуляциялық роботтар үшін басқару жүйелерін әзірлеу үшін пайдалануға болады.

Дипломдық жұмысына келесі ескертулер бар:

- модельдеу кезінде жиілік түрлендіргіштердің ерекшеліктері келтірілмеген;

- асинхронды қозғалтқыштардың математикалық жазуларың роботтың жетегі ретінде математикалық модельдері көрсетілмеген.

Айтылған ескертулерге қарамай, диплом жұмысы жоғары деңгейде жасалып, практика жағынаң жақсы нәтижелер табылды.

Дипломдық жұмысы 6B07103 – «Автоматтандыру және роботтандыру» оқыту бағдарламасының барлық талаптарына сәйкес келеді. Жалпы 92%, А- (өте жақсы) бағасына бағаланып, ал Азат Санжар Рашидұлы 6B07103 – «Автоматтандыру және роботтандыру» оқыту бағдарламасы бойынша техника және технология саласындағы бакалавр лауазымына лайық деп есептеймін.

Сын-пікір беруші

Ғ. Даукеев атындағы АЭЖБУ АжБ кафедрасының доценті, PhD докторы

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атауы)

Бәзіл Г.Д.

(қолы)

«02» маусым 2023 ж.

