

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

Есенов Медет Жасұланұлы

Тұрақты ток қозғалтқышын қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару
жүйесін жасау

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және аппараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

КОРДАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Автоматтандыру және басқару
кафедрасының меңгерушісі,
физика-математика ғылымдарының
кандидаты



Алдаиаров Н.У.
«02» 06 2023 ж.

Тақырыбы: «Тұрақты ток қозғалтқышын қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін
басқару жүйесін жасау» тақырыбына
Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру


Орындаған

Есенов Медет Жасұланұлы

Рецензент
PhD доктор, доцент

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


Бәзіл Г.Д.
«02» 06 2023 ж.


Бейсембаев А.А.
«02» 06 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және аппараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру



**Дипломдық жобаны дайындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Есенов Медет Жасұланұлы

Тақырыбы: «Тұрақты ток қозғалтқышының қолданып манипуляторлы роботтың
электржетегін басқару жүйесін жасау»

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

Аяқталған жоба тапсыру мерзімі « 07 » « 06 » 2023 ж.

Дипломдық жоба әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

а) кіріспе;

б) технологиялық бағым, арнайы бағым.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып): құрылымдық
сұлба, өтпелі кезеңдер сұлбасы, басқару құрылымының моделі.




Жұмыс презентациясы слайдтарда көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 11 атаулардан тұрады.


Дипломдық жобаның дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дабындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Технологиялық бөлім	31.03.2023	
Арнайы бөлім	24.05.2023	

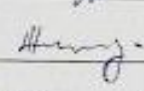
Аяқталған дипломдық жоба үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмысын көрсету мен кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Кол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Бейсембаев А.А., тех. ғыл. кандидаты, доцент, қауымдастырылған профессор	29.05.23	
Арнайы бөлім	Бейсембаев А.А., тех. ғыл. кандидаты, доцент, қауымдастырылған профессор	29.05.23	
Норма бақылаушы	Жанабаева Э.Ж., техника ғылымдарының магистрі, ассистент	29.05.23	

Ғылыми жетекшісі

 Бейсембаев А.А.

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы

 Есенов М.Ж.

Күні

« 09 » 02 2023 ж.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Технологиялық бөлім	8
1.1 Робот манипуляторларына шолу.	8
1.2 Жетек түрі бойынша манипулятор түрлері	9
1.3 Атқарушы механизм	10
1.4 Жұмыс органы.	11
1.5 Робот манипулятордың динамикасын басқару	13
2 Арнайы бөлім	16
2.1 Тұрақты ток қозғалтқышының математикалық сипаттамасы, құрылымдық тізбектері және модельдері	16
2.2 Тұрақты токтың бір тізбекті жылдамдық жүйесіндегі реттегіштердің синтезі	20
2.3 Тұрақты токтың екі тізбекті жылдамдық жүйесіндегі реттегіштердің синтезі	26
2.4 Тұрақты токтың робототехникалық жүйесіндегі реттегіштердің синтезі	32
Қорытынды	39
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	40

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жобада мен тұрақты ток қозғалтқышын қолдана отырып, робот-манипулятордың электр жетегін басқару жүйесін жасадым. Жобада мен Simulink бағдарламасында математикалық модельдеу жүргіздім. Бұл басқару жүйесінің жұмысын бағалауға және оның параметрлерін оңтайландыруға мүмкіндік берді. Жобаның негізгі міндеттерінің бірі манипулятордың қозғалыс жылдамдығын дәл орналастыруды және басқаруды қамтамасыз ету болды. Ол үшін роботтың тұрақтылығы мен дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін тұрақты ток қозғалтқышын пайдалануға негізделген басқару жүйесі жасалды.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте я разработал систему управления электроприводом робота-манипулятора с использованием двигателя постоянного тока. В проекте я провел математическое моделирование в программе Simulink, что позволило оценить работу системы управления и оптимизировать ее параметры. Одной из основных задач проекта было обеспечение точного позиционирования и управления скоростью движения манипулятора. Для этого была разработана система управления, основанная на использовании двигателя постоянного тока, которая позволяет повысить стабильность и точность робота.

ANNOTATION

In this graduation project, I developed a control system for the electric drive of a robot manipulator using a DC motor. In the project, I conducted mathematical modeling in the Simulink program, which allowed me to evaluate the operation of the control system and optimize its parameters. One of the main tasks of the project was to ensure accurate positioning and speed control of the manipulator. For this purpose, a control system based on the use of a DC motor has been developed, which allows to increase the stability and accuracy of the robot.

КІРІСПЕ

Жобаның мақсаты. Тұрақты ток қозғалтқыштарын қолдана отырып, манипуляциялық роботтың электр жетегін басқару жүйесін MatLab, Simulink кітапханасын қолданып математикалық сипаттамасын, құрылымдық тізбектерін және модельдерін құрастыру

Тақырыптың өзектілігі. Манипуляциялық роботтың негізгі компоненттерінің бірі оның электр жетегі. Тұрақты ток қозғалтқыштары жоғары сенімділігіне, басқару дәлдігіне және айналу жылдамдығын реттеу мүмкіндігіне байланысты манипуляциялық роботтардың жетегі ретінде кеңінен қолданылады. Манипуляциялық роботтың тиімді жұмыс істеуі үшін оның әлеуетін барынша пайдалануға және жоғары дәлдік пен қозғалыс жылдамдығын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін электр жетегін басқарудың тиімді жүйесін әзірлеу қажет.

Тұрақты ток қозғалтқыштарын қолдана отырып, манипуляциялық роботтың электр жетегін басқару жүйесін дамыту өзекті тақырып болып табылады, ол әртүрлі салалар үшін маңызды және жалпы өнімділікті арттыратын тиімдірек және әмбебап манипуляциялық роботтарды жасауға әкелуі мүмкін.

Жоба тапсырмасы мен міндеті. Бұл зерттеудің негізгі міндеті тұрақты ток қозғалтқышын қолданып манипуляторлы роботтың электр жетегін басқару жүйесін математикалық моделін MatLab, Simulink кітапханасын қолданып модельдеу.

Жоба жоспары. Бірінші бөлімде, манипуляторлы роботтардың өнеркәсіпте пайдаланылуы және манипулятордың динамикасын басқару оған тікелей байланысы қарастырыу керек.

Тұрақты ток қозғалтқыштарын қолдана отырып, манипуляциялық роботтың электр жетегін басқару жүйесінің жобасының мақсаты тұрақты ток қозғалтқыштарын тиімді басқаруға және олардың әртүрлі режимдерде жұмысын бақылауға мүмкіндік беретін манипуляциялық роботтың электр жетегін басқарудың толыққанды жүйесін құру болып табылады.

1 Технологиялық бөлім

1.1 Робот манипуляторларына шолу

Технологиялық процестерді адамның қатысуынсыз жүзеге асыру үшін автоматтандырылған шешімдер өндірістік кәсіпорында қолданылады. Бұл шешімдермен орындалатын жұмыстардың сапасы артады. Сондықтан өндірілетін өнімнің сапасы партиядан партияға қарай ерекшеленбейді және адамның қатысуын минимумға дейін азайтып отырады. Өндірістік роботтардың жұмысын дұрыс бақылайтын оператор тек өндірістік учаскеге қажет болады.

Роботты қолдану арқылы өнімділік көлемі жақсарады, сондықтан робот жұмыс құралын адамға қарағанда жылдам орындайлуы мүмкін. Сонымен қатар, роботтың тәулігі 24 сағат үзіліссіз және тоқтаусыз жұмыс істеуінің арқасында, адамға қарағанда да жалпы өнімділігі арттылады. Роботтық жүйе дұрыс таңдалғанда, қолмен өндірумен салыстырғанда өнімділік бірнеше есе немесе тіпті ретпенады.

Роботтық механизмдер алмастырылған адамдарға ақы төлеу үшін өндіріс шығындарын тиімді азайтады. Бұл фактор жалақысы жоғары және қайта өңдеу үшін үлкен үстемеақы қажетті дамыған елдерде ең өзекті болып табылады. Өндірісте роботты қолдану арқылы процесті бақылайтын оператор тиймді. Өңдеу сапасы артады - өнеркәсіптік роботтар жоғары орналасу дәлдігіне (0,1-0,05 мм) және қайталануға ие.



1.1 - сурет – АBB өндірісінің өнеркәсіптік манипуляторы.

Адам факторын алып тау әртүрлі қателіктердің азаюына және бүкіл өндіріс кезеңінде тұрақты қайталанудың сақталуы әкеледі. Роботтарды қолдану әсіресе адамдарға теріс әсер ететін зиянды өндірістерде кең қолдануға болады. Мысалы, химия өнеркәсібінде робот өнеркәсіптік процестерді орындай алады және түпнұсқаларды тапсыру, сынмалар жасау және көрсету, лабораторияларды қолдану және басқа кез келген қызметтерді орындау мүмкіндігіне ие болады.

Қазіргі уақытта өнеркәсіптік робот манипулятор бұл адам қолына ұқсас механизм-стандартты антропоморфты робот манипулятор. Роботтың бұл түрі үлкен сұранысқа ие. Кез келген өнеркәсіптік робот манипулятор әмбебап механизм болып табылады, көбінесе бірнеше еркіндік дәрежесіне ие (ұтқырлық осьтері). Ең көп тарағандары-қозғалмайтын немесе қозғалмалы негізге орнатылатын қашықтан басқарылатын "механикалық қолдар". Алайда өнеркәсіптік роботтардың әртүрлі қосымшаларының ерекшелігі өндірушілерді арнайы тапсырмалар үшін арнайы роботтарды жасауға мәжбүр етеді.

1.2 Жетек түрі бойынша манипулятор түрлері

Манипулятор мен ұстау құрылғысының сілтемелерін қозғалысқа келтіру үшін электр, гидравликалық немесе пневматикалық жетектер қолданылады. Гидравликалық робот-манипуляторлар. Салмағы 100 кг-нан асатын жүктермен жұмыс істеу қажет болған жағдайларда қолданылады. Осы типтегі роботтар атқарушы органды қозғалысқа келтіру үшін сұйықтық қолданылатын қозғалтқыштармен жабдықталған.

Жұмыс принципі бұл құрылғының қозғалтқышына тікелей қосылған қысым сызығында жұмыс сұйықтығының қысымын тудыратын сорғының болуы. Ол сұйықтық қысымын механикалық қысымға айналдыруға арналған. Мұндай манипуляторлар көбінесе ауыр өнеркәсіпте және автомобиль өндірісінде қолданылады. Олардың артықшылықтары-салыстырмалы түрде шағын өлшемдер мен орнату салмағы, жоғары өнімділік және әсер ету күшін біркелкі реттеу мүмкіндігі.

Электрлік қозғалтқыштың түріне қарай бөлуге болады: синхронды және асинхронды; қадамдық, сондай-ақ сервомоторлар жатады.

Пневматикалық жұмыс құралы сығылған ауадан алынған энергия арқылы қозғалады. Жүйенің негізгі компоненті-пневмолиниядағы ауаны соратын компрессор. Тұтқыр ортаның болмауы пневмомотордың жоғары айналу жылдамдығы қажет болған жағдайда осы типтегі құрылғыларды қолдануға мүмкіндік береді.

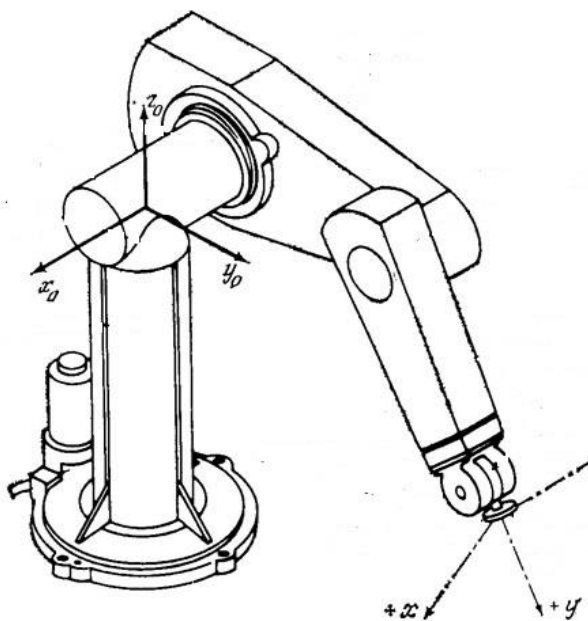
Пневматикалық жетектер әдетте қарапайым және жылдам циклдік операцияларды орындайтын шағын роботтар үшін қолданылады.

Қазіргі заманғы өнеркәсіптік роботтардың шамамен 50 % —электр жетегі, 30 % - гидравликалық және 20% - пневматикалық электр жетегі қолданылады.

1.3 Атқарушы механизм

Атқарушы-буындардың көптеген түрлерімен (айналмалы немесе трансляциялық) тізбектей жалғанған буындардан тұратын ашық кинематикалық жүйе. Сілтемелер мен буындардың тіркесімі мен өзара орналасуы объектілерді түсіру кезінде роботтың еркіндік дәрежелерінің санын және ауқымын анықтайды. Көбінесе атқарушы аппараттағы алғашқы үш буын көліктік еркіндік дәрежесін жоғарылатады (жұмыс құралын белгілі бір позицияға жылжыту үшін). Ал қалған буын бағдарлау еркіндігін жұмыс құралын тапсырмаға сәйкес бағыттау үшін қажет етеді.

Манипулятордың жетегі жұмыс органының қозғалысын қамтамасыз ету үшін бір-бірімен үйлесетін механикалық буындардан тұрады. Роботтың ұтқырлық дәрежесі мен ұстау диапазоны сілтемелер мен буындардың тіркесімі мен орналасуына байланысты. Алғашқы үш буын, әдетте манипулятор роботты қозғалғыштығын қамтамасыз ете отырып, жұмыс органын дұрыс орынға жылжытуға жауап береді. Ал қалған буындар жұмыс органының орналасуын тапсырмаға сәйкес реттеуге мүмкіндік беретін қозғалғыштықтың бағытталған дәрежелерін қамтамасыз етеді. Манипулятордың әртүрлі жағдайларда тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін икемді және дәл болуы маңызды.



1.2 - сурет – Робот манипуляторының жалпыланған схемасы

Робот-манипуляторлардың көпшілігін алғашқы үш сілтеменің түріне қарай төрт санатқа бөлуге болады. Бұл декарттық координаттар жүйесінде, цилиндрлік координаттар жүйесінде, сфералық координаттар жүйесінің бастапқы буындарында және айналмалы координаттар жүйесінде жұмыс істейтін роботтар болуы мүмкін. Мысалы ретінде декарттық координаттар жүйесіндегі роботтар бір-бірімен байланысқан үш бастапқы буынға ие. Ал цилиндрлік координаттар

жүйесіндегі жұмыстар бастапқы сілтемелер мен бір айналмалы сілтеме арасында екі байланысқа ие. Сфералық координаттар жүйесінің бастапқы буындарындағы жұмыстар бастапқы сілтемелер мен екі айналмалы сілтеме арасында бір байланысқа ие, ал бұрыштық немесе айналмалы роботтар барлық үш бастапқы сілтеме айналатын координаттар жүйесінде жұмыс істейді.

Робот-манипуляторлардың көпшілігі алғашқы үш сілтеменің түріне байланысты осы төрт санаттың біріне жататынын ескеру маңызды.

Кейбір робот-манипуляторлар еркіндік дәрежесін бағдарлау дәрежесіне бөлмейді. Мысалы ретінде еркіндік дәрежелерінің саны алтыдан асатын артық кинематикасы бар манипуляторлар жұмыс органының қозғалысы мен бағытын басқаруды буындарын жеке топтарына бөлуді қажет етпейді. Мұндай жүйелерде жұмыс органының қозғалысы мен бағытын басқару бір уақытта жүзеге асырылады.

1.4 Жұмыс органы

Манипулятордың қашықтық түйінінде жұмыс элементі - нақты тапсырмаларды орындауға арналған құрылғы орналасқан. Жұмыс элементі ұстаушы немесе мамандандырылған құрал бола алады. Түсіру құрылғыларының ең әмбебап түрлерінің бірі-оның бөліктерін бір-біріне қатысты жылжыту арқылы нысанды ұстайтын ұстау құрылғысы. Құрылымдық жағынан ұстау адамның қолына ұқсайды және механикалық саусақтардың көмегімен жұмыс істейді. Тегіс заттарды ұстау үшін пневматикалық сорғы ұстағыштары қолданылады. Сонымен қатар, бөлшектерді конвейерлерден көтеру үшін ілгектер, ал сұйық, борпылдақ немесе түйіршікті заттармен жұмыс істеу үшін шелектер немесе қасықтар қолданылады. Көптеген ұқсас объектілерді түсіру үшін мамандандырылған құрылғыларды қолдануға болады.

Нысанды ұстау түрі бойынша түсіру құрылғыларын келесідей көрсетеміз:

Механикалық ұстағыштар (оны ұстап тұру үшін объектіні механикалық қысу);

Серпімді жұмыс камералары бар құрылғылар (нысанды ұстап тұру үшін сұйықтықпен немесе сығылған ауамен толтырылған құрылғылар қолданылады);

Тірек құрылғылар (объект төменгі бетпен, шығыңқы бөліктермен немесе объектідегі тесіктермен жанасу арқылы ұсталады).

Көп жағдайда технологиялық операцияларды орындау үшін қолданылатын өнеркәсіптік роботтар қолданылған кезде, жұмыс құралы роботтың білегіне тікелей бекітіліп, объектіні ұстап тұру үшін ілінісудің орнына оның жұмыс органына айналады.

Әдетте мұндай жұмыстарда жетектердің екі түрін қолдануға болады: тұрақты магниттердегі синхронды қозғалтқыштар немесе тұрақты ток қозғалтқыштары.

Бұл манипулятор жобасы тұрақты магниттермен қозғалған тұрақты ток қозғалтқыштарына негізделген екінші типтегі жетектерді қолданады. Бұл шешімнің бірнеше артықшылығы бар: тұрақты магниттік синхронды

қозғалтқыштарға негізделген жетектермен салыстырғанда электр жетегін басқарудың қарапайым жүйесі. Қозғалтқыштар мен қуат түрлендіргіштерінің өзіндік құны төмен. Бұл жүйенің кемшілігі бар-тұрақты ток қозғалтқыштарымен салыстырғанда динамикасы төмен.

Манипуляторда қолданылатын барлық буындардың қозғалтқыштары бірдей, MAXON сериялы MAXON DC motor фирмаларысының қозғалтқышы қолданылады. Бұл қозғалтқыштың сыртқы түрі 1.3-суретте көрсетілген.



1.3 - сурет – Манипуляторда орнатылған қозғалтқыштардың сыртқы түрі.

Кесте 1.1 – Бұл қозғалтқыштың негізгі параметрлері келтірілген.

Номиналды кернеу	24 В
Номиналды ток	0.7 А
Номиналды жылдамдығы	8670 об/мин
Бос ток	0.05 А
Максималды рұқсат етілген ток	2 А

Айналу қозғалтқыштардан манипулятордың буындарына беру үшін планетарлық редуктор қолданылады. Редукторлардың бұл түрі басқаларға қарағанда көптеген артықшылықтарға ие оған біз жоғары сенімділікті жатқызсақ болады. Барлық қозғалтқыштарға орнатылған беріліс қорабының коэффициенті 1:800-ге тең. Электр жетек жүйесінің құрамына қозғалтқыш біліктеріне орнатылған қозғалтқыштардың айналу жылдамдығының датчиктері де кіреді. Қолданылатын датчиктердің түрі – оптикалық коммутациясы бар қосымша кодтаушы. Қолданылатын сенсорлардың ажыратымдылығы 100 имп/об құрайды, бұл жалпы алғанда сапалы позициялық жүйені құру үшін өте аз мән. Бірақ сенсордың беріліс коэффициенті 1:800 болатын редукторға орнатылғанын ескерсек, мұндай ажыратымдылық жеткілікті болады.

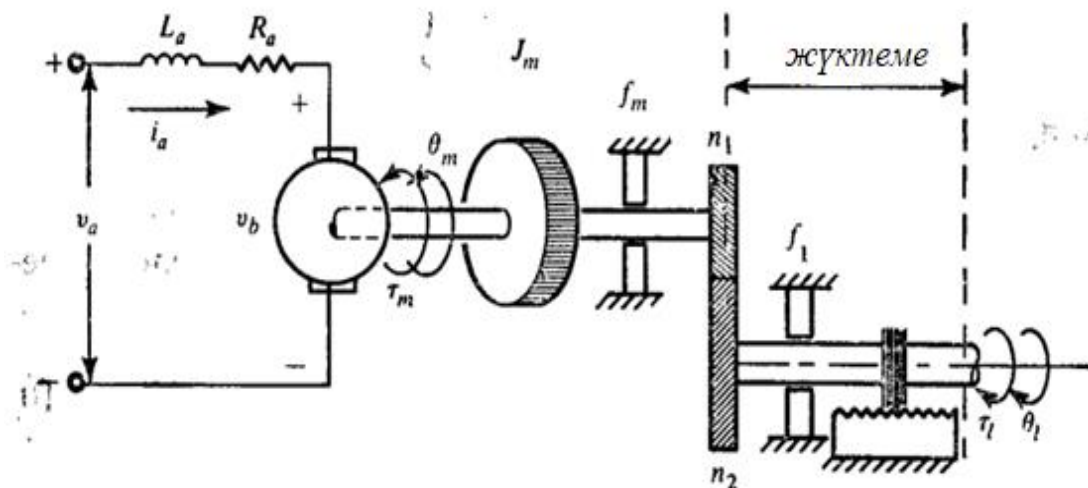
Жоғарыда аталған барлық элементтер дипломдық жобанда негізі ретінде алынды (корпустар, моторлар, редукторлар, жылдамдық датчиктері) және қолда бар элементтер базасының негізінде осы жұмыста қарастырылған жүйе құрылады.

1.5 Робот манипулятордың динамикасын басқару

Тұрақты ток қозғалтқышы жүктемені энергиямен қамтамасыз ететін қуатты атқарушы құрылғы алдымен манипулятор қолының әрбір артикуляциясын инерциялық жүктемесі бар және елеусіз тұтқыр үйкелісі бар якорь тізбегі арқылы басқарылатын тұрақты ток қозғалтқышы ретінде қарастырамыз. Біз тек якорьмен басқарылатын тұрақты ток қозғалтқыштарымен шектелеміз. Әрі қарай, қозу ағыны тұрақты деп санаймыз.

Бұл i_f қоздыру орамасындағы ток тұрақты екенін білдіреді. Егер тұрақты магнитті қозғалтқыш қолданылса, қоздыру орамалары болмауы мүмкін. Қалай болғанда да, тұрақты ток қозғалтқышының моделі 1.4-суретте көрсетілгендей.

ϑ_a -якорьге қолданылатын кернеу, i_a -якорь тогы, ϑ_b -кернеу, R_a -якорь орамасының кедергісі, L_a -якорь орамасының индуктивтілігі, J_m және j -айналмалы бөліктердің инерция моменттері, f_m және f - мойынтіректердегі үйкеліс коэффициенттері, n_1 және n_2 - тіс сандары.



1.4 - сурет – Якорьмен басқарылатын жүктелген тұрақты ток қозғалтқышының құрылымы.

Редукторға байланысты графиктердің көрінісін қолдана отырып мынаны көрсетуге болады

$$L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + v_b = v_a \quad (1.1)$$

Қозғалтқыш пен жүктеме арасындағы беріліс коэффициенті $n = \frac{n_1}{n_2}$, арқылы белгіленеді.

Сонымен эквивалентті жүктеме инерция моменті J және үйкеліс коэффициенті f формада болады.

$$J = J_m + n^2 J_i \quad (1.2)$$

$$f = f_m + n^2 f_i \quad (1.3)$$

Эквивалентті инерция мен үйкеліс үшін (1.2) және (1.3) формула теңдеулерді шығару қажет. Энергияны сақтау заңын қолдана отырып біз аламыз:

$$\frac{1}{2} J_m \theta_m^2 + \frac{1}{2} J_i \theta_i^2 = \frac{1}{2} J \theta_m^2, \quad (1.4)$$

$$n_2 \theta_i = n_1 \theta_m, \quad \theta_i = n \theta_m; \quad \theta_i^2 = \theta^2 \theta_m^2 \quad (1.5)$$

Якорь тогы қозғалтқыш дамытатын τ_m моментін жасайды. Ауырлық күші болмаған кезде бұл жүйенің қозғалыс теңдеуі келесідей болады.

$$\tau_m = J \theta_m + f \theta_m \quad (1.6)$$

(1.1) және (1.6) формула теңдеулері бір-бірімен байланысты, себебі қозғалтқыш ол генератор. Ал қарсы электр қозғаушы күш θ_m бұрыштық жылдамдықпен байланысты, сондықтан

$$v_b = k_b \theta_m \quad (1.7)$$

мұндағы: k_b коэффициенті болып табылады. Осыдан:

$$\tau_m = k i_a \quad (1.8)$$

мұндағы: k - қозғалтқыш моментінің тұрақтысы. Энергияны жоғалтудың басқа түрлері болмаған кезде теңдік сақталуы керек екенін ескереміз.

$$v_b i_a = \tau_m \theta_m \quad (1.9)$$

(1.1) және (1.9) формула теңдеуінен қатынасын аламыз:

$$\frac{\theta_m(s)}{v_a(s)} = \frac{k}{s[L_a J s^2 + (L_a f + R_a J)s + (R_a f + k k_b)]} \quad (1.10)$$

Егер біз L_a шамасын жеткілікті кішкентай деп ескермесек, онда біз:

$$\frac{\theta_m(s)}{v_a(s)} = \frac{k_b}{s(T_m s + 1)} \quad (1.11)$$

мұндағы: k_m және T_m – қозғалтқыштың беріліс коэффициенті және қозғалтқыштың механикалық тұрақтысы. $L_a \approx 0$ жуықтап (1.10) және (1.11) формуларарды пайдалану арқылы біз аламыз.

$$k_m = (R_a f + k k_b)^{-1} k, \quad (1.12)$$

$$T_m = (R_a f + k k_b)^{-1} R_a J \quad (1.13)$$

Бұл берілген якорь тогын өзгерту арқылы жанама түрде жүзеге асырылады. Өйткені момент якорь тогына байланысты i_a теңдікке сәйкес (1.18). Бұл функцияны бөлімде түсіндірілгендей күшейткіш орындайды. Алайда бұл кезеңде (1.11) қатынасын $T_m(s)$ кіріс моменті арқылы жазылуы ыңғайлы болар еді. Осылайша (1.16) формуласынан біз мынаны қорытындылаймыз

$$\frac{\theta_m(s)}{\tau_m(s)} = \frac{1}{s(Js+f)} \quad (1.14)$$

(1.10) және (1.11) формуласынан мәнін көруге болады.

$$\frac{\tau_m(s)}{v_a(s)} = \frac{k_m s(Js+f)}{s(T_m s+1)} \quad (1.15)$$

Бұл (1.15) формулада көрсетілген беріліс функциясы үшін роботтың моментін басқару үшін қолданылатын кернеуі.

2 Арнайы бөлім

2.1 Тұрақты ток қозғалтқышының математикалық сипаттамасы, құрылымдық тізбектері және модельдері

Мехатроника жүйелерінде тұрақты ток қозғалтқыштары немесе магнитоэлектрлік қозғалтқыштар басым қолдануды тапты. Бұл қозғалтқыштарды басқару әдетте якорь тізбегі арқылы жүзеге асырылады. Тәуелсіз қозуы бар тұрақты ток қозғалтқышындағы электромагниттік және электромеханикалық процестерді сипаттайтын теңдеулер келесідей:

$$\begin{aligned}U_{\text{я}} &= R_{\text{я}} \left(T_{\text{я}} \frac{di_{\text{я}}}{dt} + I_{\text{я}} \right) + e_{\text{я}}, \\ J \frac{d\omega_m}{dt} &= M - M_H, \\ \omega_m &= \frac{d\theta_m}{dt}, \\ e_{\text{я}} &= k_E \omega_m, M = k_M I_{\text{я}}\end{aligned} \quad (2.1)$$

(2.1) формулада $U_{\text{я}}$, $I_{\text{я}}$, $e_{\text{я}}$ -мен кернеу ток және якорге электр қозғаушы күшіне қарсы. $L_{\text{я}}$, $R_{\text{я}}$, $T_{\text{я}} = \frac{L_{\text{я}}}{R_{\text{я}}}$ – мен индуктивтілік қарсылық және якорь уақытының электромагниттік тұрақтысы.

мұндағы: ω_m , M , M_H , θ_m - механикалық бұрыштық жылдамдық, электромагниттік момент, жүктеме моменті және біліктің механикалық айналу бұрышы. J - ротордың инерция моменті, k_M , k_E – коэффициенттері құрылымдық тұрақтылар болып табылады.

Теңдеуге кіретін қозғалтқыш параметрлері төлқұжат деректері негізінде есептеледі.

Кесте 2.1 – Теңдеулерге кіретін қозғалтқыш параметрлері

P_H [кВт]	$U_{\text{я}} = U_B$ [В]	n_H [айн/мин]	$I_{\text{я}}$ [А]	$R_{\text{я}}$ [Ом]	R_B [Ом]	j [кГм ²]
0.12	110	3000	1.53	1.48	642	0.06

Тұрақты токтың бір тізбекті жылдамдық жүйесінде реттегішті модельдеу үшін параметрлері бар тұрақты ток қозғалтқышын таңдаңыз:

$P_H=0,12$ [кВт] - қозғалтқыштың номиналды қуаты.

$U_{\text{я}} = U_B=110$ [В] - якорьдің номиналды қоректену кернеуі.

$n_H=3000$ [айн/мин] – якорьдің номиналды айналу жылдамдығы.

$I_{\text{я}}=1,53$ [А] – якорьдің номиналды тогы.

$R_{\text{я}}=1,48$ [Ом] - якорь орамасының кедергісі.

$R_B=642$ [Ом] – қоздыру орамасының кедергісі.

$j=0.06$ [кГм²].

Қозғалтқыштың номиналды моменті Нм өлшенеді, ал қозудағы номиналды ток А-түрінде көрсетіледі. Катушкалардың конструктивті тұрақтылары мен индуктивтілігі теңдеулерден есептеледі:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{30P_H}{\pi n_H} = \frac{30 * 0.12}{3.14 * 3000} = 0.38[\text{Нм}],$$

$$I_B = \frac{U_B}{R_B} = \frac{110}{642} = 0.17[\text{А}], \quad (2.2)$$

$$k_M = \frac{M_H}{I_{Я}} = \frac{0.38}{1.53} = 0.25 \left[\frac{\text{Нм}}{\text{А}} \right],$$

$$k_E = \frac{30(U_{Я} - R_{Я}I_{Я})}{\pi n_H} = \frac{30(110 - 1.48 * 1.53)}{3.14 * 3000} = 0.34[\text{Вс}],$$

$$L_{Я} = \frac{30U_{Я}C_x}{\pi n_H I_{Я}} = \frac{30 * 110 * 0.3}{3.14 * 3000 * 1.53} = 0.07[\text{Гн}]$$

мұндағы: $C_x = 0.3-0.4$ - эмпирикалық коэффициент.

Тұрақты ток қозғалтқышының жылдамдық бөлігінің басқару және мазасыздық әсерлері бойынша беріліс функциялары сәйкесінше өрнектермен ұсынылуы мүмкін:

$$W(s) = \frac{\omega_m(s)}{U_{Я}(s)} = \frac{\frac{1}{k_E}}{\frac{T_{Я}}{k_1 k_2 k_E} s^2 + \frac{1}{k_1 k_2 k_E} s + 1}, \quad (2.3)$$

$$W(s) = \frac{\omega_m(s)}{M_H(s)} = \frac{k_E}{\frac{T_{Я}}{k_1 k_2 k_E} s^2 + \frac{1}{k_1 k_2 k_E} s + 1} \quad (2.4)$$

(2.3) және (2.4) формула өрнектерде белгілер енгізілген:

$$k_1 = \frac{1}{R_{Я}} = \frac{1}{1.48} = 0.67 \left[\frac{1}{\text{Ом}} \right],$$

$$k_2 = \frac{k_M}{J} = \frac{0.25}{0.06} = 4.2 \left[\frac{1}{\text{Амс}^2} \right] \quad (2.5)$$

Сипаттамалық теңдеудің түбірлері өрнек арқылы анықталады:

$$s_{1,2} = -\frac{1}{2T_{Я}} \pm \frac{1}{2T_{Я}} = \sqrt{1 - 4T_{Я}k_1k_2k_E}$$

$$s_{1,2} = -\frac{1}{2 \cdot 0,043} \pm \frac{1}{2 \cdot 0,043} = \sqrt{1 - 4 \cdot 0,043 \cdot 0,67 \cdot 4,2 \cdot 0,34},$$

$$s_{1,2} = -10,64 \pm 10,64\sqrt{1 - 0,18},$$

$$s_{1,2} = -10,64 \pm 9,69 \quad (2.6)$$

$k_1, k_2, T_{\text{Я}}$ және k_E параметрлерінің олардың сипаттамалық теңдеуіне қатынасына байланысты олар нақты немесе күрделі біріктіруі мүмкін.

Шартты орындау кезінде $4T_{\text{Я}}k_1, k_2, k_E \leq 1$ сипаттамалық теңдеудің түбірлері нақты болып табылады. Тұрақты ток қозғалтқышының эквивалентті беріліс функциясы басқару әсеріне сәйкес T_1 және T_2 тұрақты уақыттары және $1/k_E$ беру коэффициенті бар бірінші ретгі екі тізбектелген периодтық бірліктер түрінде ұсынылуы мүмкін.

$$W(s) \frac{x(s)}{U_{\text{Я}}(s)} = \frac{1/k_E}{(T_1s+1)(T_2s+1)} \quad (2.7)$$

Сондықтан T_1 және T_2 уақыт тұрақтылары тең болады

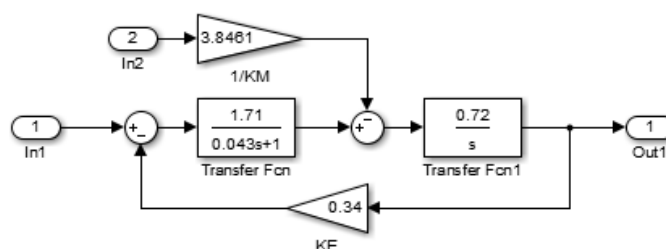
$$T_1 = -\frac{1}{-10,64 - 9,63} = 0,049 [c],$$

$$T_2 = -\frac{1}{-10,64 + 9,63} = 2,15 [c] \quad (2.8)$$

Мысал ретінде қозғалтқыштың қуатын қарастырайық 0,45 кВт (2.2) формула бойынша ұсынылған құрылымдық схеманың параметрлері.

Кесте 2.1 – Құрылымдық схеманың параметрлері.

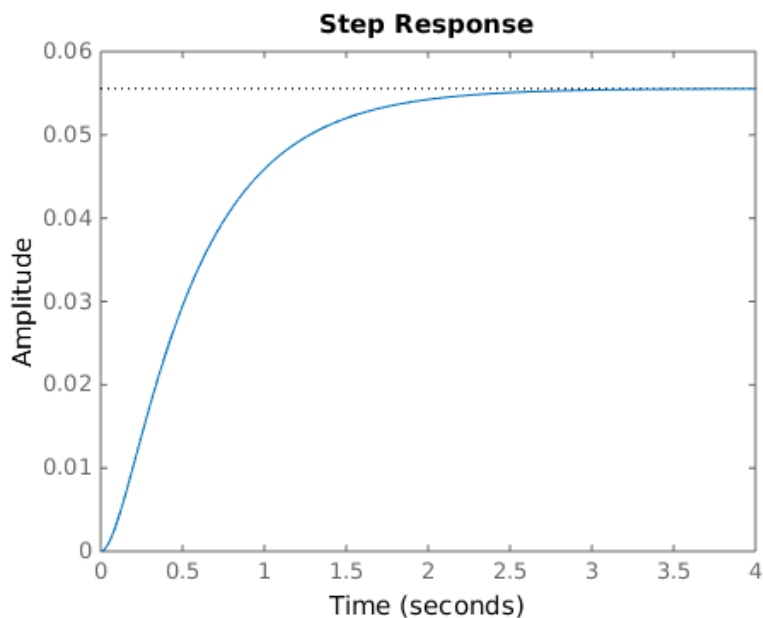
k_1	k_2	k_M	k_E	$T_{\text{Я}}$	T_1	T_2
1/Ом	1/Амс ²	Нм/А	Вс	с	с	с
1.72	0.72	0.26	0.34	0.043	0.044	2.15



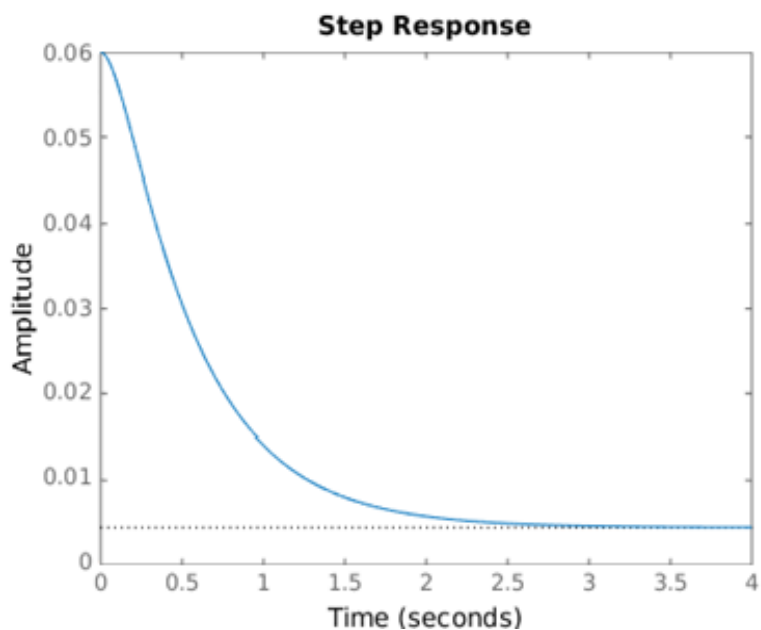
2.1 - сурет – Тұрақты ток қозғалтқышының моделі

Сипаттамалық белгілерді алу үшін мұнда анықтамалық сигналда 1В болатын графикалық интерфейс бар control system кеңейту пакеті қолданылады.

Сипаттамадан тәуекел мен пайда болу кезінде параметр параметрлері бар тұрақты ток қозғалтқышын мерзімді сілтеме деп санау керек. Беріліс коэффициентімен салыстырғанда мән басқарудан 2 есе көп.



2.2 - сурет – Динамикалық сипаттама тұрақты ток қозғалтқышы

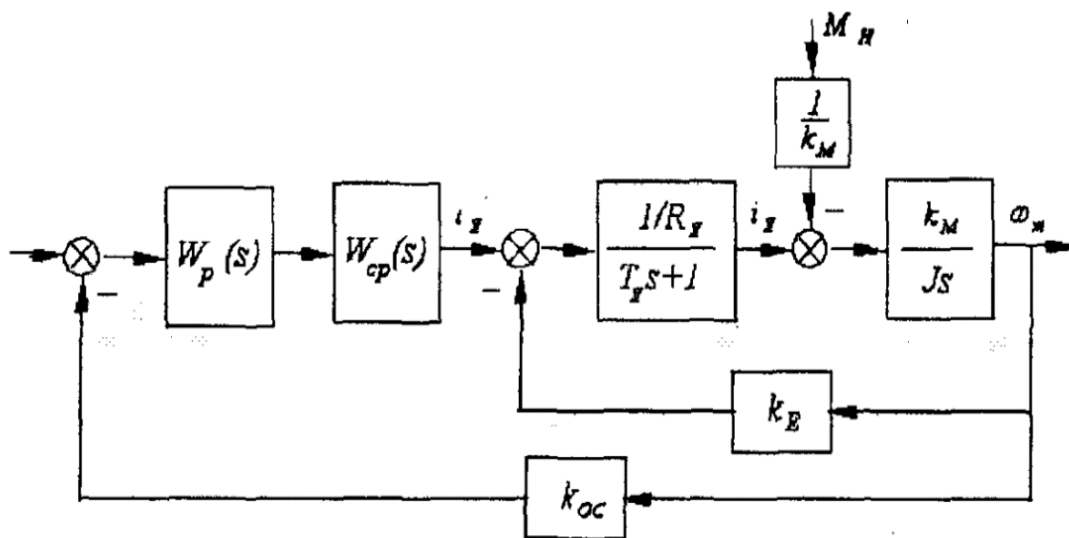


2.3 - сурет – Өтеу бойынша тұрақты ток қозғалтқышының динамикалық сипаттамасы

2.2 Тұрақты токтың бір тізбекті жылдамдық жүйесіндегі реттегіштердің синтезі

Якорь тізбегі арқылы басқарылатын тұрақты ток жетегі бар жүйенің құрылымдық схемасы көрсетілген..

Оған қозғалтқыштың өзі кіреді, ол бірінші ретті аperiодты буынмен және инерциясыз байланыс (k_E) арқылы кері байланыспен қамтылған интегралды буынмен тізбектелген.



2.4 - сурет – Тұрақты токтың бір тізбекті жылдамдық жүйесінің құрылымдық схемасы

Тұрақты ток қозғалтқышы $W_{cp}(s)$ сілтемемен ұсынылған қуат реттегішінен басқарылады. Қуат реттегіші (бұл жағдайда кері импульстік ені түрлендіргіші) $W_p(s)$ беріліс функциясы бар реттегіштен басқарылады, оның табылуы басқару сигналы мен жылдамдық бойынша кері байланыс айырмашылығына беріледі.

Бастапқыда жүктегі момент координаталық жүйеден тәуелсіз функция болып табылатын жылдамдық жүйесінің интегралды реттегіші қарастырылады. Бұл жағдайда жүктегі сәт-бұл жүйенің орнын толтыруы керек.

Уақыт константалары әр түрлі болған жағдайда $T_1 \gg T_2$ құрған жөн ПИ реттегіш бұл объектінің үлкен уақыт константасын өтейтін еді.

$$W_p(s) = \frac{(T_2 s + 1)k_p}{T_2 s} = k_p + \frac{k_p}{T_2 s} k_{\Pi} + \frac{k_{\Pi}}{s} \quad (2.9)$$

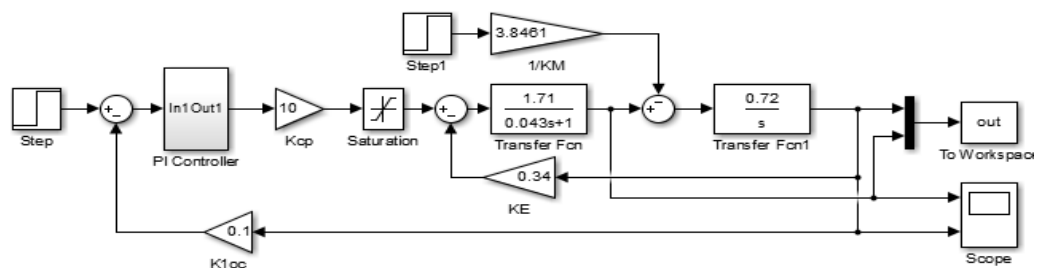
Содан кейін жүйенің беріліс функциясы осындай болады:

$$W_{PA3}(s) = \frac{(T_2 s + 1) \times k_{cp} k_p k_{oc}}{T_2 s} = \frac{1/k_E}{(T_1 s + 1) \times (T_2 s + 1)} = \frac{k_{cp} k_p k_{oc} / k_E}{T_2 s (T_1 s + 1)} \quad (2.10)$$

Мұндай жүйеде модуль бойынша оптимумға $\frac{T_2 k_E}{k_{cp} k_p k_{oc}} = 2T_1$, арқылы қол жеткізіледі, қайдан реттегіштің пропорционалды және интегралды бөлігінің берілу коэффициенттері бар.

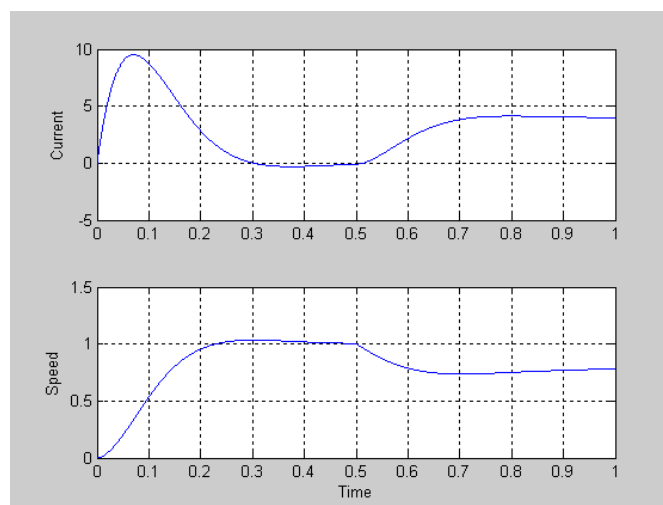
$$k_{\pi} = k_p = \frac{T_2 k_E}{2T_1 k_{cp} k_p}, \quad k_{\text{и}} = \frac{k_p}{T_2} \quad (2.11)$$

Модельдегі қозғалтқыш үш сілтемемен ұсынылған (Transfer Fcn, Transfer Fcn1, k_E). Қозғалтқыштың жүктеме моменті екі блокпен модельденеді (Step, $1/K_M$). Қуат реттегіші қуат реттегішінің қуат кернеуінің соңғы мәнімен анықталатын қанықтылығы бар инерциясыз буынмен (K_{cp}) ұсынылған.



2.5 - сурет – Тұрақты токтың бір тізбекті жылдамдық жүйесінің моделі

кезінде $k_{cp} = 10$, $k_{oc} = 0.1$ (2.11) формуламен есептелген реттегіштің параметрлері мынаған $k_{\pi} = 8.3$, $k_{\text{и}} = 3.86$ тең болады. Өтпелі процесс ток (айналу моменті) бойынша тұйық жылдамдық тізбегінде $t = 0$ уақытындағы кіріс сигналының секіруіндегі жылдамдық. Бұзушы сигналдың секіруі $t = 0.5$ с уақытындағы (тұрақты ток қозғалтқышы білігіндегі) 2.6-суреттегі сипаттамалармен ұсынылған.

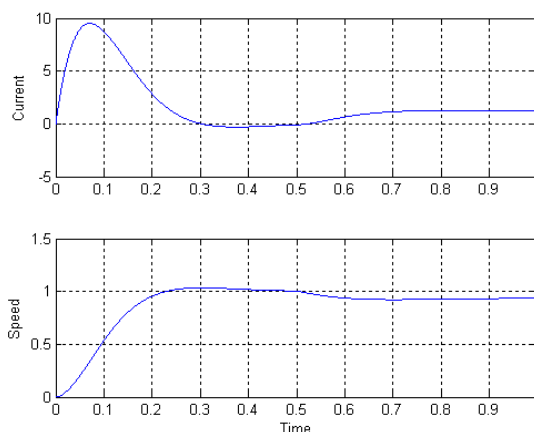


2.6 - сурет – $T_2 \gg T_1$ кезінде тұрақты токтың бір тізбекті жылдамдық жүйесіндегі өтпелі кезеңдер

Тұйық жүйеде өтеу процесі аperiodтық болып табылады, ал сигналдың өтемақы уақытының тұрақтысы қозғалтқыштың T_2 тұрақтысына тең.

Реттегіштің параметрлерін нақты есептеудің дұрыстығын тексеру үшін қуат реттегішінің модельдерін қолдану кере.

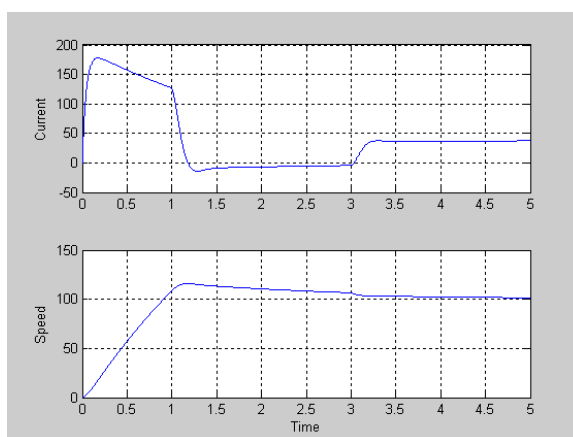
Симметриялы және симметриялы емес тұйық жүйеде жылдамдық бойынша өтпелі процестер көрсетілген, олардың күшейту коэффициенті $k_{cp} = 10$ -ға тең, яғни үздіксіз модельдегідей.



2.7 - сурет – Бір тізбекті тұрақты ток жүйесіндегі өтпелі процестер

Үздіксіз модельді модельдеу нәтижелерін инерциясыз қуат реттегішімен және "нақты" модельмен салыстыру масақ осы нәтижелердің жеткілікті жақсы сәйкестігін көрсетеді. Сондықтан, көптеген практикалық жағдайларда инерциясыз динамикалық буын деп санай отырып, бір тізбекті тұрақты ток жүйесін құруға болады.

Қуат түрлендіргішіндегі кіріс сигналының шамасында кернеудің шектелуі электрмен жабдықтаудың соңғы шамасына байланысты болады (бұл жағдайда $U_{II} = 110V$). Бұл жүйенің жұмыс режимі үшін басқару және бұзылу ("үлкен") өтпелі кезеңдері көрсетілген.



2.8 - сурет – Өтпелі кезең тұрақты токтың бір тізбекті жылдамдық жүйесіндегі өтпелі процестер

Сызықтық емес жүйені талдау кезінде оның тұрақтылығына көз жеткізу маңызды. Сондықтан жүйе "үлкен" күйінде тұрақты болып қалады деген тұжырымды зерттеу кезінде жеткілікті деп санауға болады. 0-ден 1.0 с аралығындағы жылдамдықтың жоғарылауымен ток осциллограммасында ЭҚК-ға қарсы әсер айқын байқалады.

Эквивалентті уақыт константалары шамалы өзгерген жағдайда, берілген динамикалық қасиеттердің сипатталған сілтемеге екінші ретті беру үшін беріліс функциясы бар ПИД реттегішін пайдалану қажет.

$$W_p(s) = k_{\pi} + \frac{k_{и}}{s} + \frac{k_D s}{T_D s + 1} = \frac{k_{и}}{s} \times \frac{k_D + T_D \times k_{и} s^2 + \frac{k_{\pi} + T_D \times k_{и}}{k_{и}} s + 1}{T_D s + 1} \quad (2.12)$$

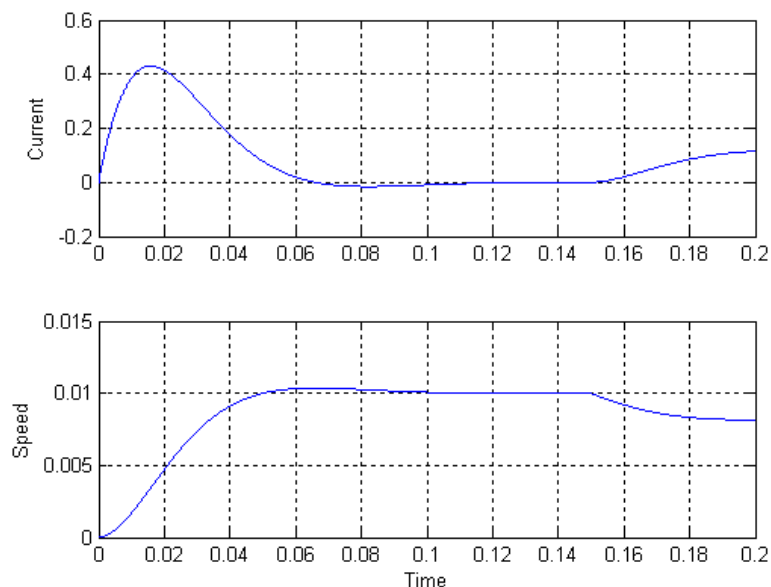
Тұйық жылдамдық жүйесіндегі модуль бойынша оптимумды қамтамасыз ететін реттегіштің параметрлері теңдеулер бойынша есептеледі:

$$T_D < T_1, k_{и} = \frac{k_E}{2T_D k_{cp} k_{oc}} \frac{k_D + T_D \times k_{\pi}}{k_{и}} = T_1 T_2, \frac{k_{\pi} + T_D \times k_{и}}{k_{и}} = T_1 + T_2 \quad (2.13)$$

Алдыңғы мысалда электромагниттік тұрақты якорь тізбегінен $T_{я} = 0.43$ қарастырайық, содан $T_1 = 0.56$, $T_2 = 1.77$.

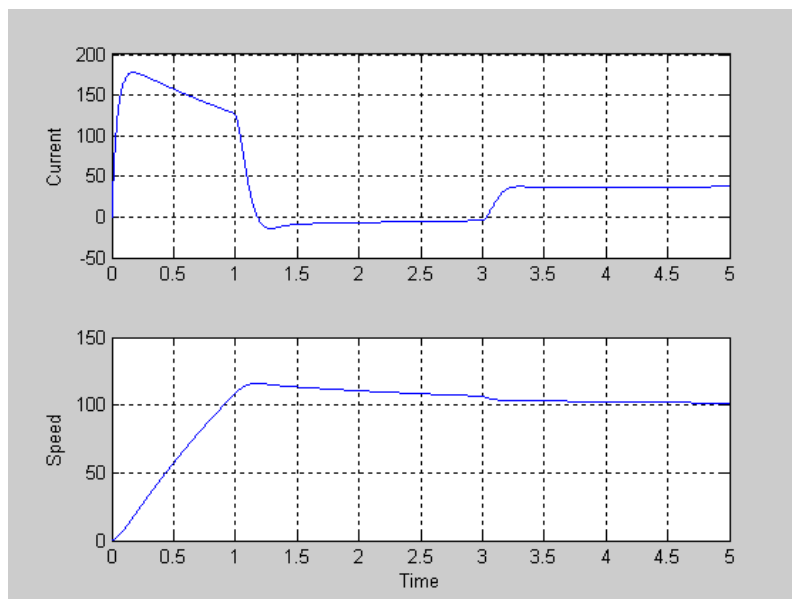
$T_D = 0.01$, $k_{cp} = 10$, $k_{oc} = 0.1$, қабылдап. анықтайық $k_{и} = 17$, $k_{\pi} = 38.42$, $k_D = 16.2$.

Жабық жылдамдық жүйесінің "кіші" динамикалық сипаттамалары көрсетілген. Айта кету керек, реттегіште дифференциалды байланыстың болуы жүйенің кіріс сигналы бойынша сызықтық жұмыс аймағын едәуір тарылтады.



2.9 - сурет – $T_2 \gg T_1$ кезінде тұрақты токтың бір тізбекті жылдамдық жүйесіндегі өтпелі процестер.

Жүйедегі «үлкен» динамикалық процестері 2.10-суретте көрсетілген.



2.10 - сурет – Тұрақты токтың бір тізбекті жылдамдық жүйесіндегі өтпелі процестер

$4T_{\text{Я}}k_1k_2k_E > 1$ кезінде сипаттамалық теңдеудің түбірлері күрделі байланысты болып табылады. Тұрақты ток қозғалтқышының эквивалентті беріліс функциясы басқару әсері бойынша параметрлері бар тербелмелі буын Т түрінде ұсынылуы мүмкін, және беру коэффициенті $\frac{1}{k_E}$.

$$W(s) = \frac{\omega_m(s)}{u_{\text{Я}}(s)} = \frac{\frac{1}{k_E}}{T^2s^2 + 2\varepsilon Ts + 1} \quad (2.14)$$

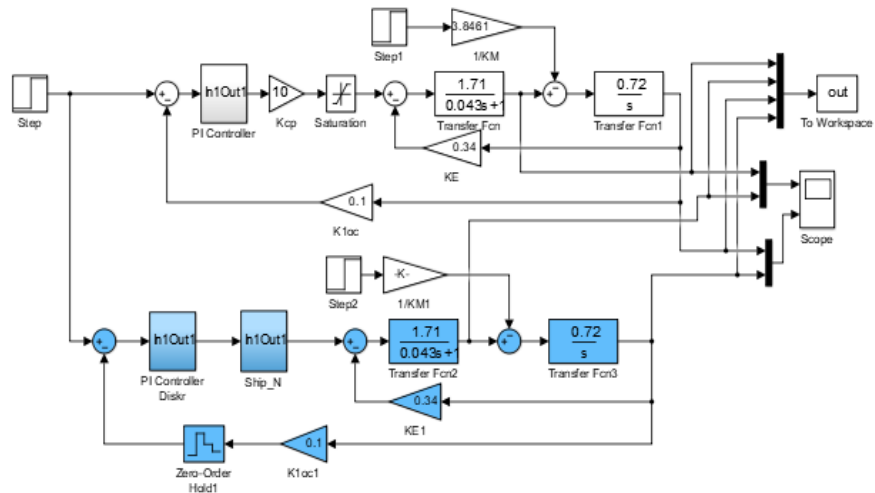
Мұндай жүйе үшін нақты дифференциалды байланысы бар ПИД реттегіші қолданылады, мұндай реттегіштің параметрлері жабық жүйенің динамикасына қойылатын талаптарға сәйкес таңдалады. Мысалы, жылдамдық жүйесін модуль бойынша оңтайлы етіп орнатқан кезде ПИД реттегішінің параметрлері теңдеулерден тұрады:

$$T_D < 2\varepsilon T, k_{\text{И}} = \frac{k_E}{2T_D k_{\text{СР}} k_{\text{ОС}}} \frac{k_D + T_D * k_{\text{П}}}{k_{\text{И}}} = T^2, \frac{k_{\text{П}} + T_D * k_{\text{И}}}{k_{\text{И}}} = 2\varepsilon T \quad (2.15)$$

Мұндай жүйенің динамикалық қасиеттері 7.2-мысалда қарастырылғаннан сапалы түрде ерекшеленбейді. Үздіксіз реттегішті 2.1-мысалдан цифрлыға түрлендіруі көрсетілген.

$T \leq 0.1T_1$ шартынан анықталса жабық жүйенің динамикалық сипаттамаларының айтарлықтай өзгеруіне әкелмейді. 2.11-суретте салыстыру үшін екі модель ұсынылған.

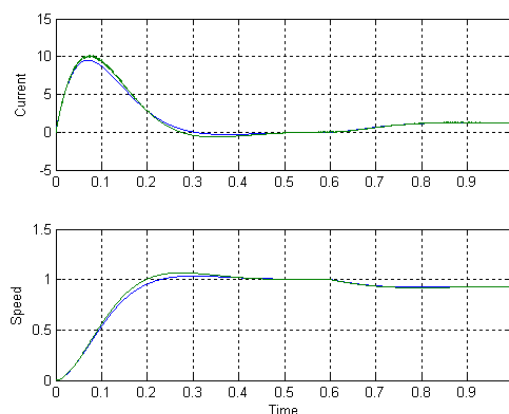
Олардың жоғарғы жағы модельді 2.5-суретте қайталайды. Онда қуат реттегіші импульстік түрлендіргіш үздіксіз инерциясыз байланыспен ұсынылған. Бұл модельдегі реттеуші де үздіксіз. 7.1 мысалының өрнектеріне сәйкес синтезделеді. Төменгі модельде "нақты" импульстік ендік түрлендіргіші және түрлендірілген сандық реттегіш бар.



2.11 – сурет – Тұрақты токтың бір тізбекті жылдамдық жүйесінің үздіксіз және сандық модельдері

Модельдеу нәтижелері 2.12-суретте көрсетілген.

Нәтижелерді салыстырудан жүйенің "нақты" екенін көруге болады импульстік-ендік түрлендіргіші және сандық реттегіш сәл көбірек реттеуге және бірінші сәйкестендіру уақытына ие.



2.12 - сурет – Үздіксіз және цифрлық реттегіштері бар бір тізбекті жылдамдық жүйесіндегі өтпелі процестер

2.2-мысалдан алынған жүйе үшін үздіксіз реттегішті цифрлыққа түрлендіру кезінде іріктеу кезеңі $T < 0.1T_D$ шартынан анықталуы керек. Бұл жағдайда

динамиканың өзгеруі іс жүзінде байқалмайды. Сол модельде симметриялы және асимметриялық функционалды схемалар бар импульстің ені түрлендіргіші. Егер олардың кез-келгені болса импульстік ендік түрлендіргіш үздіксіз қуат реттегішінің орнына модельге қосылады. Содан кейін жүйенің динамикасы өзгермейтініне көз жеткізуге болады.

2.3. Тұрақты токтың екі тізбекті жылдамдық жүйесіндегі реттегіштердің синтезі

Қуат реттегішінің инерциясы кезінде оны елемеуге болмайды, тұрақты ток қозғалтқышының жылдамдық тізбегінде екі тізбекті реттегіш қолданылады. Бұл жағдайда бірінші тізбек ток, екіншісі жылдамдық деп аталады.

Бұл құрылыс бір тізбекті жүйеге қарағанда бірқатар артықшылықтар береді.

Біріншіден ток тізбегіне сызықтық емес шығындар мен кірістер айтарлықтай әсер етеді. Олар қуат реттегішісіз жұмыс істей алады.

Екіншіден, мұндай құрылымда тұрақты ток қозғалтқышының якорь тогының шектелуі жүзеге асырылады, бұл практикалық әрқашан нақты жүйелерде қажет.

Үшіншіден, мұндай құрылыста жылдамдықтың якорь тогына әсері іс жүзінде алынып тасталады (k_E байланысы үзіледі), қозғалтқышты қатарынан екі динамикалық сілтеме арқылы ұсынуға болады.

Бірінші сілтеме уақыт тұрақтысы бар апериодты T_d , екіншісі интегралды 2.13-суретте көрсетілген.

Мұндай құрылымдағы реттегіштердің синтезі уақыт тұрақтыларының қатынасына тәуелді емес және бірыңғай әдістеме бойынша жүзеге асырылады. Импульстің ені түрлендіргіші қуат реттегіші ретінде пайдаланылған кезде, релелік реттегішті ток тізбегінде пайдалануға болады. Бұл жағдайда ток тізбегі инерциясыз болады, қуат реттегіші ток көзінің қасиеттерін алады, ал тұрақты ток қозғалтқышы момент көзі болып табылады.

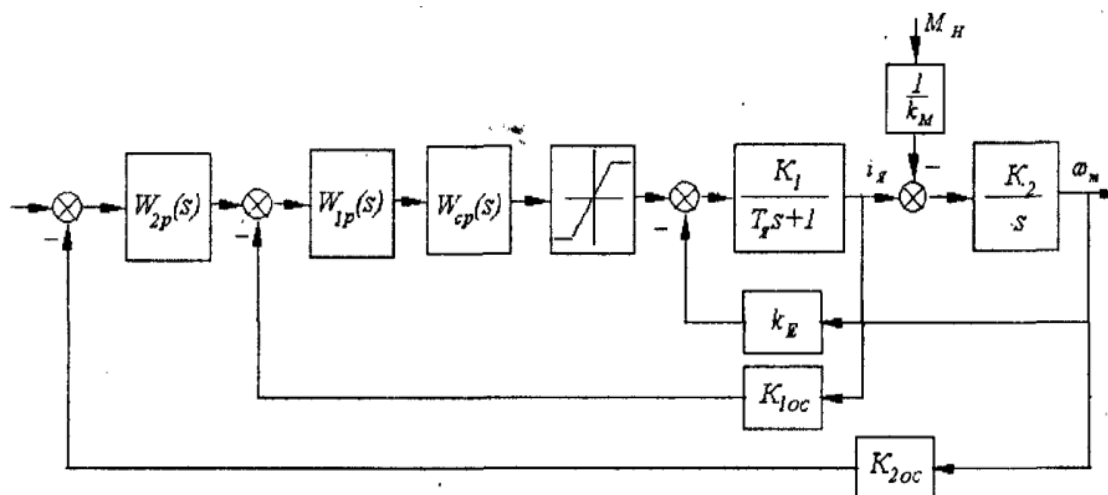
Төртіншіден, жабық жүйеге реттегіштерде берілген динамикалық сипаттамаларды беру үшін дифференциалды сілтемелер алынып тасталады, бұл шудың тұрақтылығын жақсартады және жүйенің динамикалық диапазонын кеңейтеді.

Қуат реттегіші ретінде импульстік ендік түрлендіргіші қолданылатын мысал қарастырылды.

Импульстік ендік түрлендіргіші T_{CP} коммутациясы кезеңіндегі кешігумен және k_{CP} күшейту коэффициентімен байланыстырылады.

Сонымен қатар, біз жүйеде жүзеге асырылатын кернеу кернеуінің соңғы мәніне және шектеуге байланысты қанықтылықты ескереміз.

Құрылымдағы реттегіштердің синтезі жаңа жүйелердің жасалуында қажет болады. Реттегіштер көптеген жүйелерде пайдаланылады, мұнда сондай-ақ құрылымдар қатынасындағы тұрақтылық кезеңдерін жақсартуға көмектеседі.



2.13 - сурет – Тұрақты токтың екі тізбекті жылдамдық жүйесі

Байланыстың кешігу уақытының тұрақтысы коммутация жиілігімен анықталады. Коммутация жиілігі 500 Гц, содан кейін $T_{cp} = 0.002$ с.

Ток тізбегінің реттегішін синтездеу кезінде біз $W_{cp}(s) = \frac{k_{cp}}{T_{cp}s+1}$, беру функциясы бар апериодтық байланыспен елестетеміз, содан кейін ашық ішкі (ағымдағы) тізбектің берілу функциясы осыған тең болады.

$$W_{PA3}(s) = \frac{W_{1p}(s)k_{cp}k_{1oc}k_1}{(T_{cp}s+1)(T_{я}s+1)} \quad (2.16)$$

Қарастырылып отырған тұрақты ток қозғалтқышы үшін $T_{я} \gg T_{cp}$ және реттегішті синтездеу әдістемесі 2.1-мысалда қарастырылғанға ұқсас.

$W_{1p}(s) = \frac{k_{1p}(T_{я}s+1)}{T_{я}s}$, параметрлері бар ПИ реттегішін пайдаланған кезде біз осыны аламыз.

$$W_{PA3}(s) = \frac{k_{1p}k_{cp}k_{1oc}K_1}{T_{я}s(T_{cp}s+1)} \quad (2.17)$$

Модуль бойынша оптимумға тұйық контурды баптау мынадай жағдайларда осы кезде іске асырылады

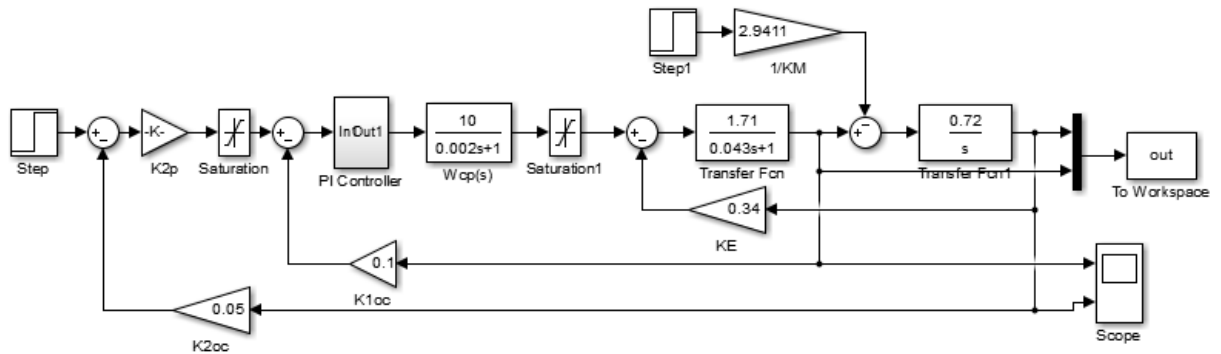
$$k_{1p} = \frac{T_{я}}{2T_{cp}k_{cp}k_{1oc}K_1} \quad (2.18)$$

Бұл жағдайда жабық ішкі тізбек беру функциясымен ұсынылуы мүмкін

$$W_{13}(s) = \frac{1}{k_{1oc}} \frac{1}{2T_{cp}^2s^2+2T_{cp}s+1} \approx \frac{1}{k_{1oc}} \frac{1}{2T_{cp}s+1} \quad (2.19)$$

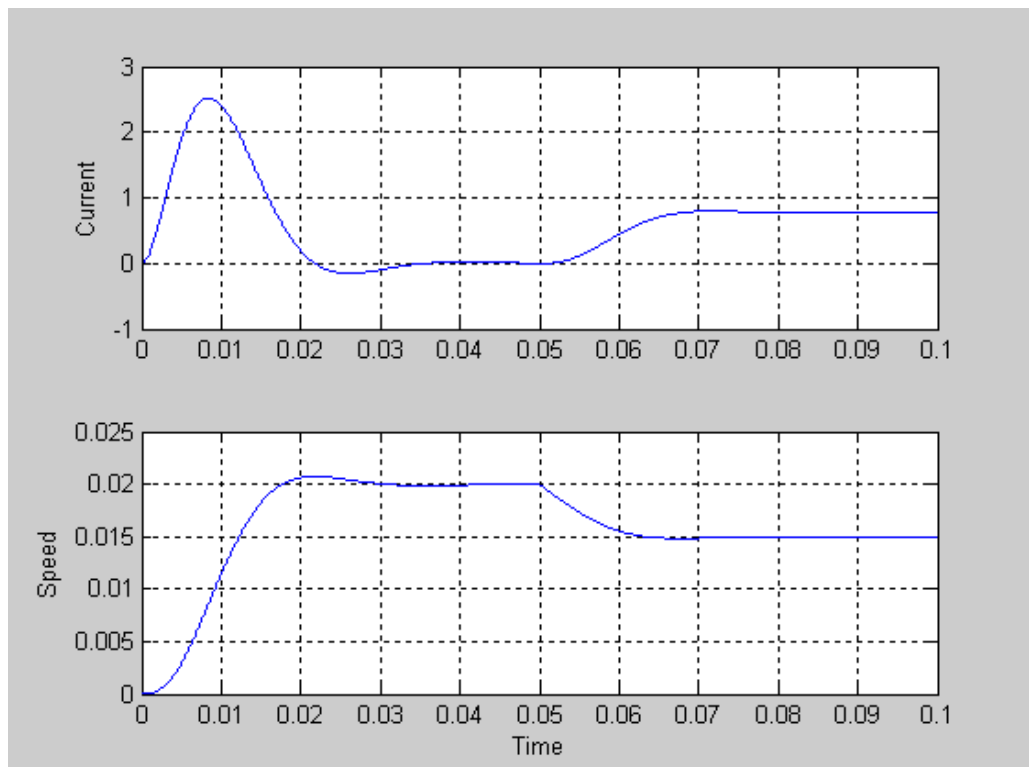
Сыртқы (жылдамдық) тізбектегі модуль бойынша оптимумды іске асыру үшін $k_{2p} = \frac{k_{1oc}}{4T_{cp}K_2K_{2oc}}$, күшейту коэффициенті бар П – реттегішті пайдалану қажет.

Екі тізбекті жүйенің моделі 2.14-суретте көрсетілген. Екі тізбекті жүйенің моделіндегі өтпелі процестер "кіші" жағдайда $T_J = 0.043$, $T_{cp} = 0.002$, $k_{cp} = 10$, $k_{1oc} = 0.1$, $k_{1p} = k_{1П} = 6.28$, $k_{cp} = 10$, $k_{1И} = 146.1$, $k_{2p} = 347.2$.



2.14 - сурет – Тұрақты токтың екі тізбекті жылдамдық жүйесінің моделі

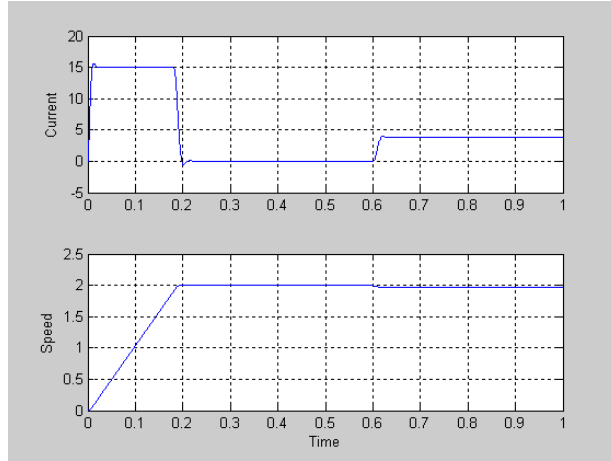
"Үлкен" ішіндегі өтпелі процестер қозғалтқыштың ЭҚК-ге қарсы токқа әсер етпейтін жағдайға назар аудару керек.



2.15 - сурет – Тұрақты токтың екі тізбекті жылдамдық жүйесіндегі өтпелі кезеңдер

Тұйық жүйеде статикалық бұзылу қатесі бар.

$$W(s) = \frac{\Delta\omega_m}{\Delta M_H} = \frac{-k_{10c}}{k_M k_{20c} k_{2p}} \frac{2T_{cp}s+1}{2T_2 T_{cp} s^2 + T_2 s + 1} \quad (2.20)$$

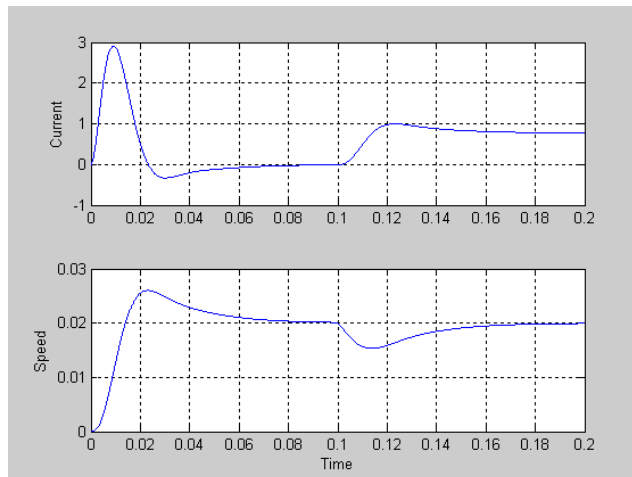


2.16 сурет – "Үлкен" екі тізбекті жылдамдық жүйесіндегі өтпелі процестер

Бұзылу кезінде жүйе статикалық болып табылады және тұрақты режимдегі жылдамдықтың сәтсіздігі:

$$\Delta\omega_m = \frac{-k_{10c}}{k_M k_{20c} k_{2p}} \quad (2.21)$$

Жылдамдық қатесінің орнын толтыру үшін интегралды компонентті сыртқы жылдамдық арнасына қосу керек. Содан кейін тұйық жүйенің беріліс функциясы бұзылуға тең болады.

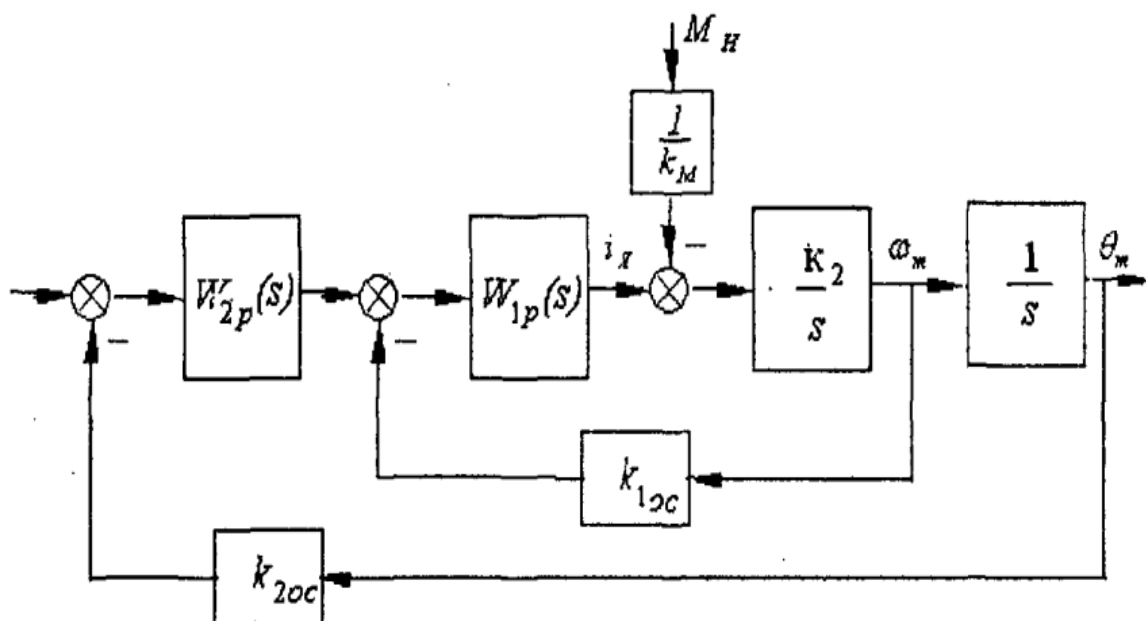


2.17 - сурет – Жылдамдық реттегіші бар екі тізбекті жылдамдық жүйесіндегі өтпелі процестер

Жоғарыда жүктегі момент координаталық жүйеден тәуелсіз функция болып табылатын Тұрақты токтың жылдамдық жүйелерінің теориялық модельдері қарастырылды. Бұл жүйелер әртүрлі механизмдердің жылдамдығын тұрақтандыру немесе реттеу үшін кеңінен қолданылады.

Келесі жүйелер (бұрыштық жабық) әртүрлі механизмдердің орналасуын басқару жүйесін құруда кеңінен қолданылады. Бұл мәселені импульстік ені түрлендіргіші мен ток тізбегіндегі реле реттегіші бар бақылау жүйесін құру мысалында қарастырылды.

Бұл жағдайда ток тізбегін инерциясыз, ал қуат реттегішін ток көзі деп санауға болады.



2.18 – сурет – Тұрақты токты бақылау жүйесінің құрылымдық схемасы

Жабық құрылымда жылдамдық пен бұрыштық тізбектер бар контроллерлер синтезделеді. Жоғары жылдамдық тізбегіндегі реттегішті ашық тізбек оңтайлы модуль талаптарын қанағаттандыратындай етіп таңдау керек.

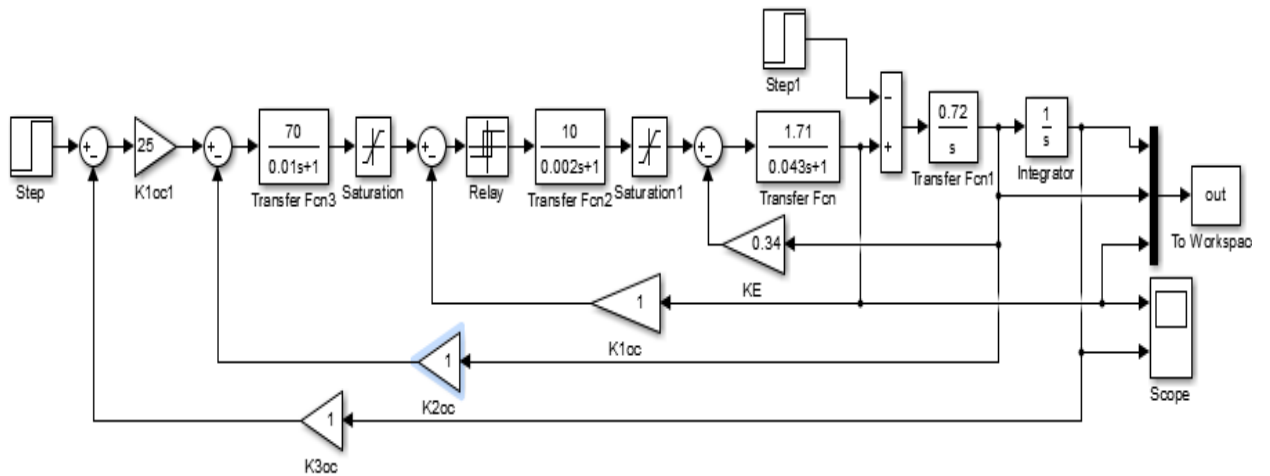
$$W_{1p}(s) = \frac{k_{1p}}{(T_p s + 1)} W_{1раз}(s) = \frac{k_{1p} k_2 k_{1oc}}{s(T_p s + 1)} = \frac{1}{2T_p(T_p s + 1)} \quad (2.22)$$

$$T_p = 0.01c, k_{1oc} = 1.0 \text{ берілгенде, біз } k_{1p} = \frac{1}{2T_p k_2 k_{1oc}} = 70, \text{ аңқтаймыз.}$$

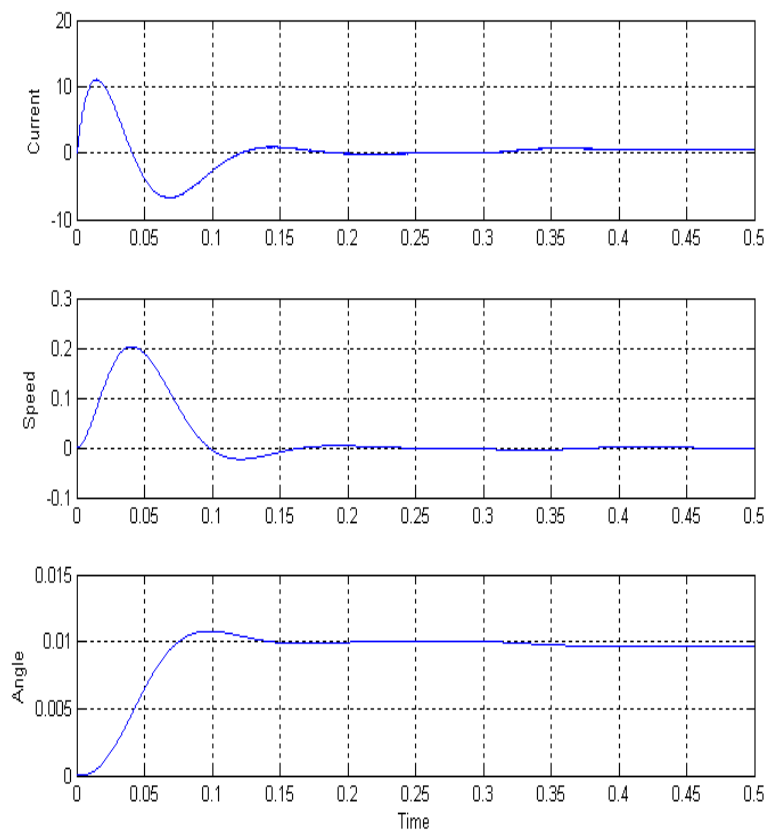
Алдыңғыға ұқсас сыртқы (бұрыштық) контур $k_{2oc} = 1.0$, кезінде синтезделеді.

$$k_{2p} = \frac{1}{4T_p k_{2oc}} = 25 \quad (2.23)$$

Сонымен қатар, реттегіштердің синтезі жаңа жүйелердегі динамикалық процестерді жақсартуға көмектеседі.



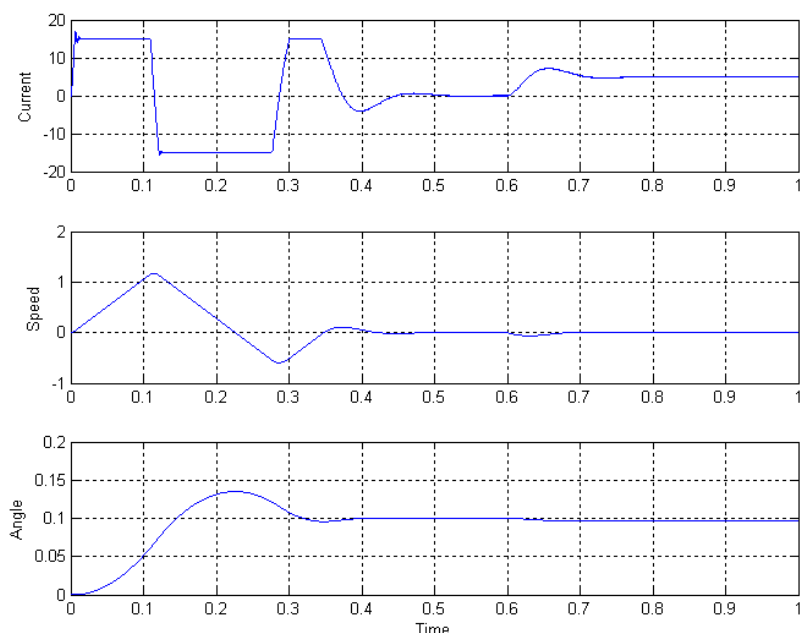
2.19 – сурет - Тұрақты токтың бақылау жүйесінің моделі



2.20 – сурет - Тұрақты токтың бақылау жүйесіндегі өтпелі кезеңдер

Мұнда релелік ток реттегішінің кірісіне максималды якорь тогын шектеу үшін қанықтыру сілтемесі қосылған. Одан бұрышта үлкен қайта реттеу байқалады. "Үлкен" динамикалық сипаттамаларға қол жеткізу үшін сызықтық емес түзету құрылғыларын қосу керек.

Бұл мәселені шешудің көптеген мүмкіндіктерінің бірі робот сілтемесін басқару үшін реттегішті синтездеу кезінде қарастырылады.



2.21 – сурет - Тұрақты токтың "үлкен" бақылау жүйесіндегі өтпелі процестер

Позицияның пропорционалды реттегішімен бұзылу жүйесі статикалық болып табылады, ал момент қолданылған кезде жылдамдықтың сәтсіздігі өрнегімен анықталады. Позиция реттегішіне интегралды компонентті енгізу жүйені өрнектен анықталған беру функциясы бар астатикалық етеді.

Түрлендірілген жылдамдық реттегіші бар жүйенің моделі көрсетілг. сандық жүйенің динамикасы теңдікті қанағаттандыратын іріктеу кезеңінің мәні бойынша $T \leq 0.1T_p$, жүйеде үздіксіз болып қалады.

2.4 Тұрақты токтың робототехникалық жүйесіндегі реттегіштердің синтезі

Робототехникалық жүйелерде әдетте жетегі бар қозғалтқыш тікелей редукторсыз қолданылады.

$$J \frac{d\omega_m}{dt} + C_1 \omega_m + C_2 \sin \theta_m = k_M i_a \quad (2.24)$$

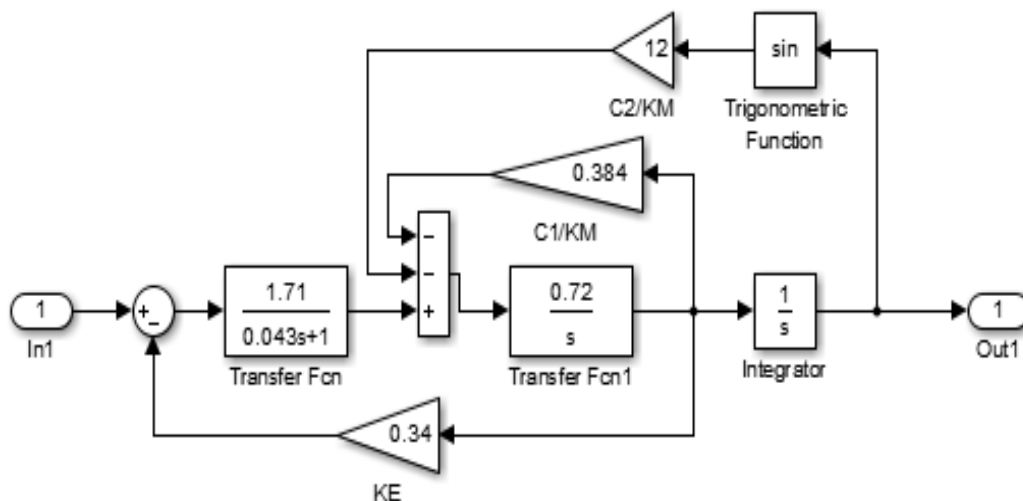
мұндағы: J -якорь мен роботтың механикалық буынының инерциясының жалпы моменті, i_a – якорь тогы, $\theta_m = \int \omega_m dt$ -робот байланысының бұрылу бұрышы. Тұрақты ток қозғалтқышының якорь тогы (2.25) теңдеуден шығады.

$$T_J \frac{di_a}{dt} + i_a + \frac{k_E}{R_J} \omega_m = \frac{U_J}{R_J} \quad (2.25)$$

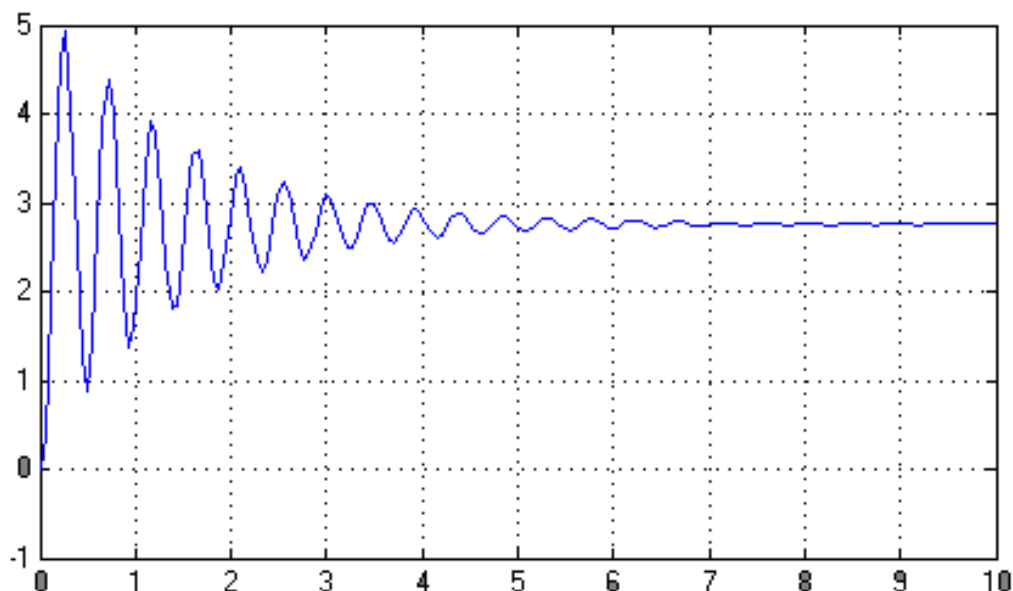
(2.24) және (2.25) формулаға сәйкес 0,45 кВт қозғалтқыштан және робот буыннан тұратын басқару объектісінің моделі көрсетілген.

Жүйедегі өтпелі процессіне $C_1 = 0.1$, $C_2 = 3.2$ тең және робот буынанан төмен айналу бұрыштары көрсетілген.

Жоғарыда келтірілген мысал оның білігіндегі жүктемені ескере отырып, қозғалтқыш жеткілікті тербелмелі динамикалық буынға айналуы мүмкін екенін көрсетеді.

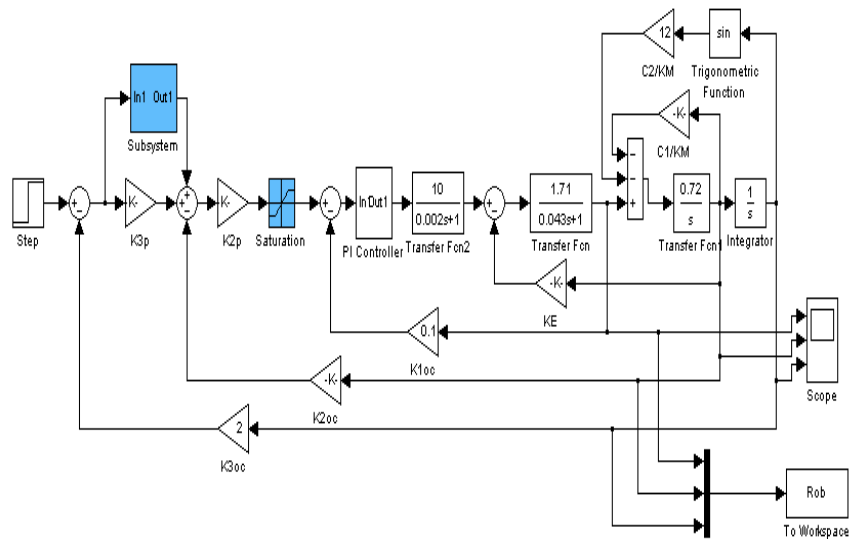


2.22 - сурет – Робот буынның моделі



2.23 - сурет – Буынның басқару жұмысының өтпелі процесі

Барлық күй айнмалылары бойынша сенсорлар болған кезде реттегіштің синтезі. Бастапқыда біз модель суретте көрсетілген бағынышты басқару жүйесін жобалаймыз.



2.24 - сурет – роботты басқарудың бағынышты құрылымының моделі

Бұл модельде үш контур бар:

1. Ток тізбегі. 2. Жылдамдық тізбегі. 3. Орналасу контуры.

Ток тізбегінде қуат реттегіші ретінде импульстік ені түрлендіргіші қолданылатын мысалды қарастырайық.

Тегіс компонент бойынша, бұл қаныққан апериодты буынмен және $W_{cp}(s) = \frac{k_{cp}}{T_{cp}s+1}$ беріліс функциясымен таныстырылады. Тұрақты уақытының тұрақтысы коммутация жиілігімен анықталады.

Біз 500 Гц коммутация жиілігін орнатамыз, содан кейін $T_{cp} = 0.002$

Бастапқыда жүйеде реттегіштердің синтезін сызықтық аймақта ("кіші") қараңғы блоктар болмаған кезде жүргіземіз, содан кейін сызықтық емес аймақта ("үлкен") синтез мәселелерін қарастырамыз.

Сызықтық аймақтағы жүйеде реттегіштердің синтезі.

Бірінші тізбектегі реттеу объектісінің беріліс функциясы осы формулаға карап $W_1(s) = \frac{k_{cp}}{T_{cp}s+1} \times \frac{K_1}{T_яs+1}$, онда $k_{cp} = 10$, $T_{cp} = 0.002$ с, $K_1 = 1.71$, $T_я = 0.043$ с.

$T_я \gg T_{cp}$ болғандықтан, жоғарыда көрсетілген ережелерге сәйкес, реттеуші ретінде беріліс функциясы бар ПИ реттегішін таңдаймыз.

$$W_{1p}(s) = \frac{(T_яs+1) \times k_{1p}}{T_яs} = k_{1p} + \frac{k_{1p}}{T_яs} = k_{1п} + \frac{k_{1и}}{s} \quad (2.26)$$

Жабық ток тізбегіндегі модуль бойынша оптимумға қол жеткізіледі

$$k_{1p} = \frac{T_я}{2T_{cp}k_{cp}K_1k_{1oc}} \quad (2.27)$$

$k_{1oc} = 0.1, k_{1p} = k_{1П} = 6.29, k_{1И} = 146.1$ аламыз.

Модуль бойынша оңтайландырылған тұйық ток тізбегі беру функциясымен ұсынылуы мүмкін

$$W_{13ам}(s) \approx \frac{1}{2T_{cp}s+1} \quad (2.28)$$

Кері байланыс болған кезде бағынышты тізбекте қозғалтқыштың ЭҚК-ке қарсы әсері іс жүзінде өтелгенін атап өткен жөн.

Екінші (жылдамдық) тізбектегі реттеу объектісінің берілу функциясы

$$W_2(s) = \frac{K_2}{s(2T_{cp}s+1)} \text{ формуламен анықталады}$$

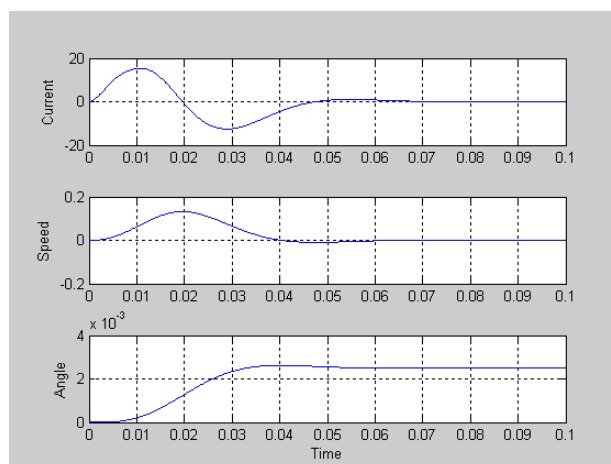
Алдыңғы теңдеуді ескере отырып позицияның ашық контурындағы реттеу объектісінің берілу функциясы өрнекпен анықталады

$$W_3(s) = \frac{1}{s(4T_{cp}s+1)} \quad (2.29)$$

Модульді оңтайландыру үшін реттегіш $k_{3p} = \frac{k_{2oc}}{8T_{cp}k_{3oc}}$ кірісіне пропорционалды болуы керек.

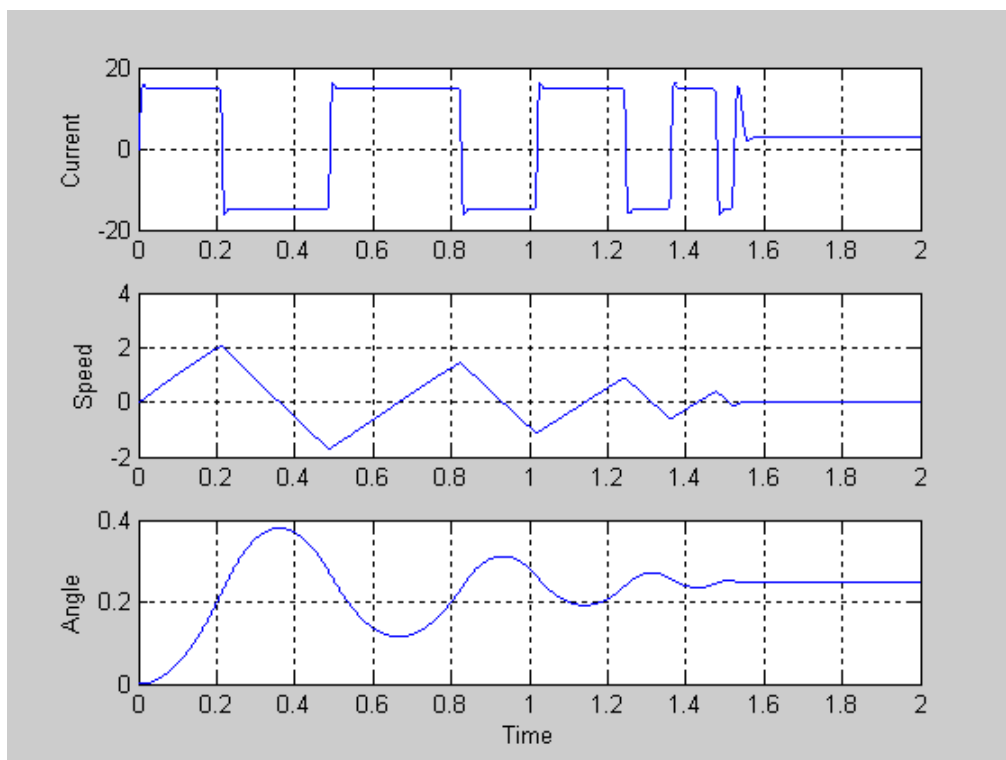
Жабық жүйедегі ток (момент), жылдамдық және бұрыштық өтпелі кезеңдері 2.25-суретте көрсетілген.

Сызықтық емес аймақтағы жүйеде реттегіштердің синтезі. Бастапқыда суреттегі Subsystem арқылы көрсетілген сілтемені ескермей жүйедегі процестерді қарастырыңыз. Шығысындағы кернеу қуат кернеуімен шектеледі. Бұл жүйеде табиғи шектеу болады. Алайда бастапқы токты шектеу үшін табиғи шектеу жеткіліксіз. Мехатронды жүйелерде пайдалануға арналған қозғалтқыштарда іске қосу тогы номиналды токтың 2-3 шегінде рұқсат етіледі. Мұндай шектеуді жүзеге асыру үшін ток реттегішінің кірісіне қажетті деңгейде шектелген сызықтық емес сілтеме қосылады.

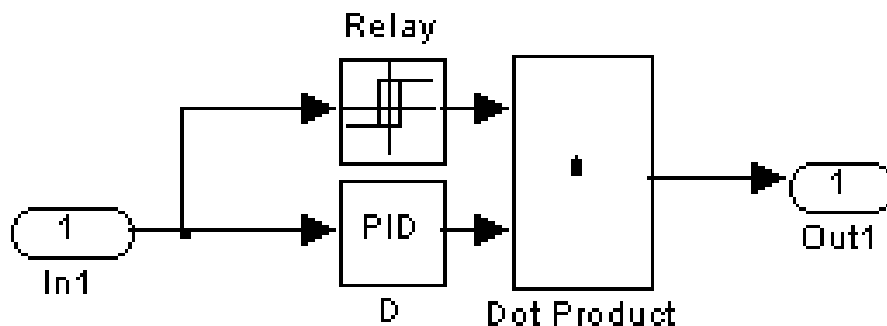


2.25 - сурет – Жабық робототехника жүйесіндегі өтпелі кезеңдер

Кіріс сигналы 0.5 рад болған кезде сызықтық емес жүйедегі өтпелі процестер. Ал 0.45 кВт қозғалтқыш үшін $I_{Я} = 2.7 \times I_{Я \text{ ном}}$ деңгейіндегі якорь тогының шегі суретте көрсетілген.



2.26 - сурет – Жабық робототехника жүйесіндегі "үлкен" өтпелі процестер

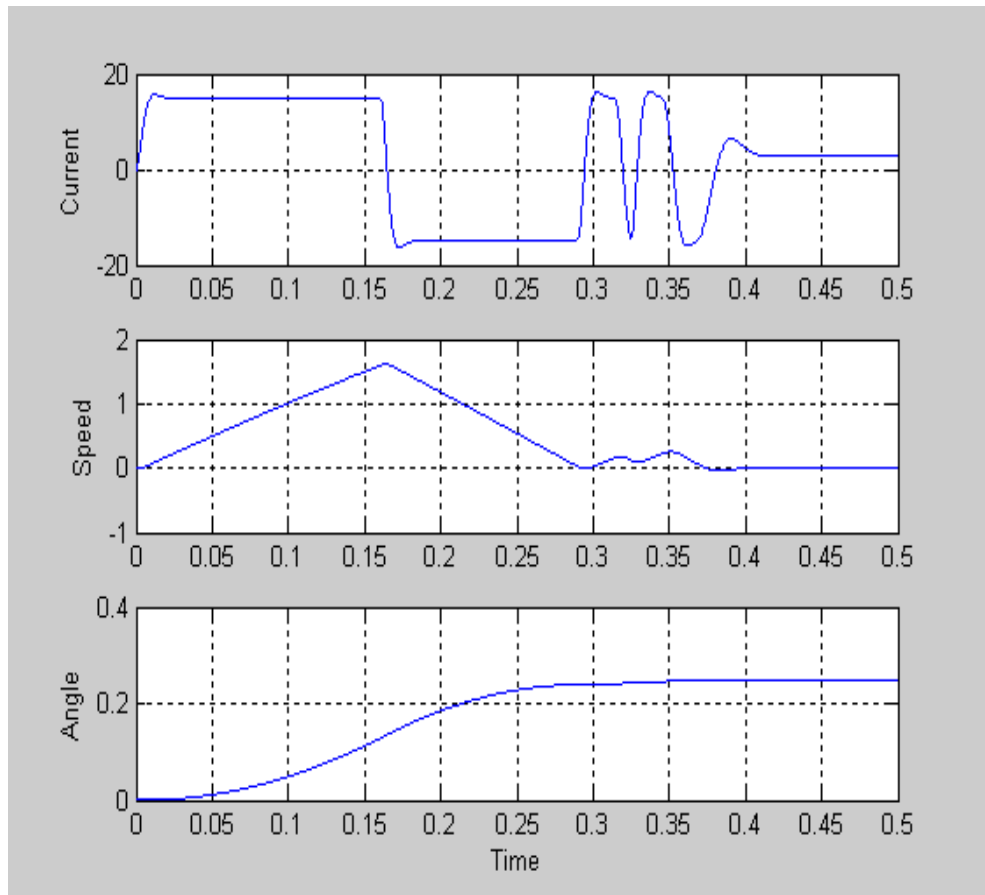


2.27 – сурет – Сызықтық емес блоктың құрылымы

Мұндай жүйеде үлкен кіріс сигналдарында (жүйе қанықтыруға шыққан кезде) шығу координатының (бұрышының) тербелісі байқалмайтыны байқалады. Сондықтан мұндай өтпелі процесс дизайнерді қанағаттандыра алады.

Бұл жағдайда біз ток тізбегінде тұрақты ток қозғалтқышын релелік реттегішті қолдана отырып, "ток дәлізін" жүзеге асырамыз.

Бұл процестерді жаңа құрылымдарды жасау және өзгерту мүмкіндіктерін жақсарту үшін әдістерді жасауға мүмкіндік береді.



2.28 - сурет – Сызықтық емес түзету блогы бар "үлкен" робототехникалық жүйенің өтпелі процестері

Бұл жағдайда ток тізбегін инерциясыз, ал қуат реттегішін ток көзі деп санауға болады. Содан кейін роботтың сілтемесі тұрақты ток қозғалтқыш теңдеуімен сипатталады, одан біз беріліс функциясын анықтаймыз.

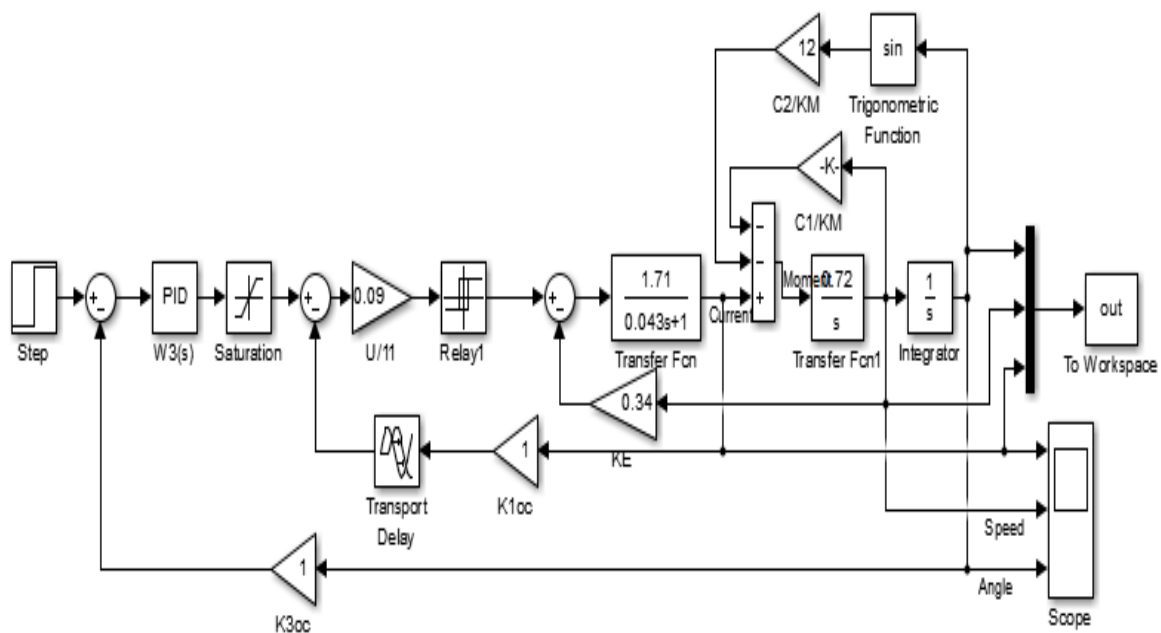
$$W_{об}(s) = \frac{k_M}{C_2} \times \frac{1}{T^2 s^2 + 2\varepsilon T s + 1} \quad (2.30)$$

Мұндағы: $T^2 = \frac{J}{C_2}$, $2\varepsilon T = \frac{C_1}{C_2}$, берілген мәндерде $C_1 = 0.1$, $C_2 = 3.2$ роботтың параметрлері келесіде көрсетілген: $T = 0.33$, $\varepsilon = 0.047$, яғни робот тербелмелі сілтеме болып табылады.

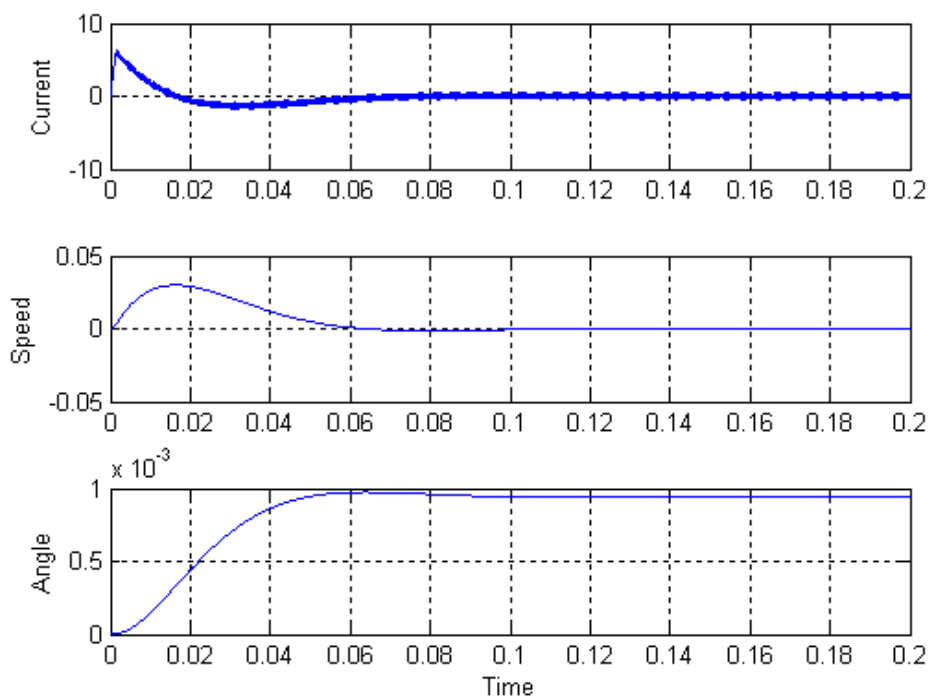
Мұндай жүйе үшін нақты дифференциалды байланысы бар ПИД реттегіші қолданылады, жүйені модуль бойынша оңтайлы күйге келтірген кезде мұндай реттегіштің параметрлері теңдеулерден тұрады:

$$T_D < 2\varepsilon T, k_{И} = \frac{k_2}{2T_D k k_M}, \frac{k_D + T_D \times k_{П}}{k_{И}} = T^2, \frac{k_{П} + T_D \times k_{И}}{k_{И}} = 2\varepsilon T \quad (2.31)$$

Роботтың моделі 2.29-суретте көрсетілген. Жабық жүйенің динамикалық сипаттамалары $T_D = 0.01c.$, $k_{П} = 50$, $k_{И} = 120$, $T_D = 0.01c.$ көрсетілген.



2.29 - сурет – Екі тізбекті робототехникалық жүйенің моделі



2.30 - сурет – Екі тізбекті робототехника жүйесіндегі өтпелі процестер

Түрлендірілген жылдамдық реттегіші бар жүйенің моделі файлында берілген. сандық жүйенің динамикасы теңдікті қанағаттандыратын іріктеу кезеңінің мәні бойынша $T \leq 0.1T_D$ жүйеде үздіксіз болып қалады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада MatLab, Simulink кітапханасын қолданып манипуляторлы роботтың тұрақты ток қозғалтқышын қолданып электржетегін басқару жүйесін қарастырдым. Манипулятордың роботтың кинематикасы, математикалық модельі және бір тізбекті жылдамдық жүйесі модельденді.

Жобаны орындау нәтижесінде басқару бағдарламасы жасалды, оны пайдалану оңай және белгілі бір тапсырмаға сәйкес жұмыс істеуге конфигурациялауға болады. Бұл басқару жүйесін манипуляциялық роботтарды қолданудың әртүрлі салаларында қолдануға мүмкіндік береді, бұл жұмыс тиімділігінің жоғарылауына және тапсырмаларды орындау уақытының қысқаруына әкелуі мүмкін.

Манипуляторлы роботтың макетінде басқару жүйесін тестілеу жүргізілді, ол жүйенің жоғары дәлдігі мен сенімділігін көрсетті. Сонымен қатар, тұрақты ток қозғалтқыштарын қолдана отырып, манипуляциялық роботтардың электр жетектерін басқару саласында зерттеулер жүргізілді, бұл осы саланы одан әрі дамыту бойынша бірқатар ғылыми тұжырымдар мен ұсыныстар жасауға мүмкіндік берді.

Жобаның орындалуы манипуляторлы роботтың электр жетегін басқарудың инновациялық жүйесін құруға мүмкіндік берді, оны қолданудың әртүрлі салаларында қолдануға болады және одан әрі дамыту мүмкіндігі бар. Жоба бойынша жұмыс басқару жүйелерін әзірлеу және тестілеу саласында құнды тәжірибе жинақтауға мүмкіндік берді, сондай-ақ манипуляциялық роботтардың электр жетегін басқарудың теориялық және практикалық аспектілерін зерттеуге мүмкіндік берді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Bernard Strigler Automatic Society: The Future of Work, Volum 1, 2016
- 2 Герман-Галкин. С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: КОРОНА-Век, 2008. - 368 с.
- 3 Vigen Arakelin, Sebastien Briot: Balancing of Linkages and Robot Manipulators: 2015.
- 4 О.И.Борисов, В.С.Громов, А.А.Пыркин Методы управления робототехническими приложениями: учеб. пособие Санкт-Петербург, 2016-108 с.
- 5 В.П.Умнов Построение и моделирование манипуляционных исполнительных систем многофункциональных робототизированных технологических центров: учеб. пособие, 2016.-120 с.
- 6 К.Фу, Р.Гонсалес, К.Ли Робототехника: Пер. с англ. -М.: Мир –1989. – 624
- 7 Ж.Тлеубердин Қолданбалы механика: Оқу құралы. 2 басылым. Семей, 2012-192 б.
- 8 М.Шахинпур Курс робототехники: Пер. с англ.- М.: Мир, 1990.- 527 с.
- 9 А.Г.Лесков, И.В.Бажинова, Е.В.Селиверстова Кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов: учеб. пособие, 2017
- 10 Воронин А.В. В60 Моделирование мехатронных систем: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.
- 11 Терехин В.Б. С00 Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / В.Б. Терехин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 320 с

**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: Есенов Медет Жасуланұлы

Название: Тұрақты ток қозғалтқышын қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару жүйесін жасау

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 2.37

Коэффициент подобия 2: 0

Замена букв: 12

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: 2.37 и Коэффициент подобия 2: 0. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

« 31 » мая 2023 г.
Дата


Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:
Дипломный проект допускается к защите.

« 31 » мая 2023 г.
Дата


Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

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: Есенов Медет Жасұланұлы

Название: Тұрақты ток қозғалтқышының қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару жүйесін жасау

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 2.37

Коэффициент подобия 2: 0

Замена букв: 12

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

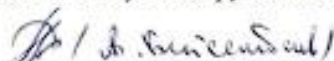
- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности 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: 2.37 и Коэффициент подобия 2: 0. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«31» мая 2023 г.

Дата

Подпись Научного руководителя



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

Есенов Медет Жасұланұлы

(білім алушының аты жөні)

дипломдық жұмысына

(жұмыс түрінің аталуы)

СЫН-ПІКІР

6B07103 – «Автоматтандыру және роботтандыру»

(оқыту бағдарламасының аталуы және шифрі)

«Тұрақты ток қозғалтқышын қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару жүйесін жасау» тақырыбына орындалған

Орындалды:

а) графикалық бөлімі 15 бетте

б) түсініктеме жазбасы 40 бетте

жасалынған

ЖҰМЫС ТУРАЛЫ ЕСКЕРТУЛЕР

Тұрақты ток қозғалтқыштарын қолдана отырып, манипуляциялық роботтың электр жетегін басқару жүйесінің жобасының мақсаты тұрақты ток қозғалтқыштарын тиімді басқаруға және олардың әртүрлі режимдерде жұмысын бақылауға мүмкіндік беретін манипуляциялық роботтың электр жетегін басқарудың толыққанды жүйесін құру болып табылады.

Тұрақты ток қозғалтқыштарын қолдана отырып, манипуляциялық роботтың электр жетегін басқару жүйесін MatLab, Simulink кітапханасын қолданып математикалық сипаттамасын, құрылымдық тізбектерін және модельдерін құрастыру.

Дипломдық жұмысына келесі ескертулер бар:

- модельдеу кезінде қуат күшейткіштердің ерекшеліктері келтірілмеген;

- тұрақты ток 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 Есенов Медет Жасұланұлы 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.

Қолғапаны растаймын
Подпись заверяю

Медет Жасұланұлы

«02» 06 2023



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

6B07103 – «Автоматтандыру және роботтандыру»

(Об аталуы және шифрі)

Есенов Медет Жасұланұлы

(Білім алушының аты және)

дипломдық жұмысына

(жұмыс түрінің аталуы)

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ

ПІКІРІ

Тақырыбы: «Тұрақты ток қозғалтқышын қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару жүйесін жасау».

Бұл зерттеудің негізгі міндеті тұрақты ток қозғалтқышын қолданып манипуляторлы роботтың электржетегін басқару жүйесін математикалық моделін MatLab, Simulink кітапханасын қолданып модельдеу.

Манипуляторлы роботтың негізгі компоненттерінің бірі оның электр жетегі. Тұрақты ток қозғалтқыштары жоғары сенімділігіне, басқару дәлдігіне және айналу жылдамдығын реттеу мүмкіндігіне байланысты манипуляциялық роботтардың жетегі ретінде кеңінен қолданылады. Манипуляторлы роботтың тиімді жұмыс істеуі үшін оның әлеуетін барынша пайдалануға және жоғары дәлдік пен қозғалыс жылдамдығын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін электр жетегін басқарудың тиімді жүйесін әзірлеу қажет.


Тұрақты ток қозғалтқыштарын қолдана отырып, манипуляциялық роботтың электр жетегін басқару жүйесін дамыту өзекті тақырып болып табылады, ол әртүрлі салалар үшін маңызды және жалпы өнімділікті арттыратын тиімдірек және әмбебап манипуляциялық роботтарды жасауға әкелуі мүмкін.

Дипломдық жұмысын орындау кезінде Есенов Медет Жасұланұлы өзін өте жақсы жағына көрсетті. Берілген тапсырмаларды уақытында орындап, тәртіпті, білікті студент екені дәлелдеді. Жалпы өзінің теориялық және практикалық жағына 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.

