

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

5B070200 - Автоматтандыру және басқару

Ерхан Алдияр Асанұлы

Кешігетін объектілердің типті реттеу заңдары бар жүйелердің
орнықтылығын зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

5B070200 - Автоматтандыру және басқару

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі
физика-математика кандидаты,
қауымдастырылған профессор

Н.У.Алдияров
« 11 » 03 2022 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖОБАНЫ ДАЙЫНДАУҒАТАПСЫРМА

Білім алушы Ерхан Алдияр Асанұлы

Жобаның тақырыбы: Кешігетін объектілердің типті реттеу заңдары бар жүйелердің орнықтылығын зерттеу.

Университеттің «24» Желтоқсан 2021 жылғы ғылыми кеңесінің № 489–П/Ө шешімімен бекітілген.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі «12» сәуір 2022 ж. Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері:

- автоматты реттеу жүйелері;
- реттегіштер жайлы мағұлматтар;
- типті реттегіштер;
- кешігуі бар технологиялық объектілер;

Ұсынылған негізгі әдебиеттер: Пантелеев В. Н. Өндірісті автоматтандыру негіздері /В. Н. Пантелеев, В. М. Прошин. — М. : «Академия», Баспа орталығы 2011. — 192 б. Бейсембаев А. А. Сызықты автоматты реттеу жүйелері [Текст] : оқу құралы / А. А. Бейсембаев ; Қ. И. Сәтбаев атындағы Қаз. ұлт. техн. зерттеу ун-ті. - Алматы : ҚазҰТЗУ, 2018. - 402 б. Петровский В.С. Автоматизация технологических процессов и производств лесопромышленного комплекса. Учебник.2022. Г. В. Власова, Н. А. Пивоварова, Д. А. Чудиевич. Основные процессы и аппараты химической технологии. 2022.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

5B070200 - Автоматтандыру және басқару

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

Кафедра меңгерушісі
физика-математика кандидаты,
қауымдастырылған профессор

Н.У.Алдияров

«11» 05 2022 ж.



Кешігетін объектілердің типті реттеу заңдары бар жүйелердің
орнықтылығын зерттеу тақырыбына

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Орындаған:

Ерхан А.А.

Пікір беруші

Е. Даукеев атындағы АЭЖБУ

АЖБ кафедрасының доценті,

Ph.D-докторы

Бәзіл Г.Д.

«11» 05 2022 ж.



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

Бейсембаев А.А.

«11» 05 2022 ж.





Алматы 2022

Дипломдық жобаны даярлау

КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Автоматты реттеу жүйелердің типті реттегіштердің қолдануы	14.01.2022	
Басқарудың негізгі заңдары, релелік реттеу	21.02.2022	
Кешіктірілген технологиялық объектілер	16.03.2022	
Есептеулер жүргізу	18.04.2022	

Аяқталған дипломдық жобаның және оларға қатысты диплом жобасы бөлімдерінің кеңесшілері мен нормалық бақылаушының қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Есептік бөлім	Бейсембаев А.А. АЖБ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, техн.ғыл.кан-ты	11.05.2022	
Нормалық бақылаушы	Сарсенбаев Н.С. ассистент-профессоры, техн.ғыл.кан-ты	10.05.22	

Ғылыми жетекшісі



Бейсембаев А.А

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы Ерхан А.А.
Күні « 10 » 02 2022 ж

АҢДАТПА

Дипломдық жобада кешігуі бар және типті реттеу жүйелері бар автоматты басқару жүйесі қарастырылған. Сонымен қатар, тақырыпта автоматты реттеу жүйелері жайлы және типті реттегіштер жайлы мағұлматтар жиналды. Кешігуі бар және пи реттегіш арқылы басқарылатын жүйені мысалаға ала отырып есептеу жүргіздік, орнықтылық аймағына есептеу жүргіздік, тұрақтылық шегіндегі жиілік мәнін таптық, ПИ реттегіштің k_p - пропорционалды және $\frac{k_p}{T_i}$ – интегралдық теңдеуін тауып мәндерін есептедім, орнықтылық аймақ графигін тұрғыздым, зерттеу барысында Matlab программасын пайдаландым және Simulink жүйесінде қолдандық. Зерттеу барысында кешігетін объектілердің типті реттеу заңдары бар жүйелердің орнықтылығын зерттеу.

АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте предусмотрена система автоматического управления с запаздыванием и системой регулирования типа. Кроме того, в теме собраны материалы о системах автоматического регулирования и типовых регуляторах. На примере системы с запаздыванием и управляемой регулятором пи, провели расчет зоны устойчивости, нашли значение частоты в пределах устойчивости, нашли значения интегрального уравнения Пи регулятора k_p и $\frac{k_p}{T_i}$, построили график зоны устойчивости, в ходе исследования использовали програ Matlab и использовали в системе Simulink. Исследование устойчивости систем с законами регулирования типа запаздывающих объектов в ходе исследования.

ABSTRACT

The diploma project provides for an automatic control system with latency and type control systems. In addition, information about automatic control systems and type regulators was collected on the topic. Using the example of a system with a delay and controlled by a Pi regulator, we calculated the stability zone, found the frequency value within the stability limit, found the proportional equation k_p and $\frac{k_p}{T_n}$ - integral of the PI regulator, calculated the values, built a stability zone graph, used the Matlab program in the study and used the Simulink system. To study the stability of systems with regulatory laws of the type of objects that are delayed in the course of research.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	9
1 Автоматты реттеу жүйелердің типті реттегіштердің қолдануы	10
1.1 Өнеркәсіптік реттеу жүйелері туралы жалпы мәліметтер	10
1.2 АРЖ құрудағы жалпы принциптер	11
1.3 Автоматты басқару жүйесінің классификациясы	12
1.4 Типті реттеу жүйелері	13
2 Басқарудың негізгі заңдары, релелік реттеу.	16
2.1 Реттегіштердің жіктелуі	16
2.2 Реттегіш түрін таңдау	17
2.3 Реттегіш параметрлерін анықтаудың формулалық әдісі.	18
3 Кешіктірілген технологиялық нысандар.	20
3.1 Кешіктірілген жүйелердің тұрақтылығы	20
3.2 Кешігетін жүйелердің орнықтылығын зерттеу.	22
4 Есептеулер жүргізу	23
4.1 Кешігуі бар және Пи-контроллер арқылы басқарылатын жүйенің орнықтылық аймағын зерттеу.	23
4.2 Матлаб бағдарламасы арқылы жүйені зерттеу.	30
ҚОРЫТЫНДЫ	37
ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР	38
ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР	39

КІРІСПЕ

Дипломдық жұмыс тақырыбының өзектілігі кешігуі бар басқару жүйелеріне деген қызығушылық әрдайым жоғары деңгейде болды және солай болып қала береді. Бұл факт бірқатар себептермен түсіндіріледі. Көптеген өндірістік процестердің кешігуі бар, олардың динамикаға әсері өте жоғары. Бірқатар объектілерде тосынан болатын кешігуі бар, ол объектідегі процестердің жылдамдығымен салыстырғанда үлкен емес. Мұндай кешігуілер көбінесе еленбейді. Бірақ кейбір жағдайларда кешіктіру объектінің негізгі қасиеті болып табылады, оны объектінің динамикалық қасиеттерін талдау кезінде ескеру қажет, осындай объектілерге ұқсас принцип бойынша салынған конвейерлердің немесе объектілердің барлық түрлері кіреді. Мұндай объектілерде кідіріс екі түрде көрінуі мүмкін: кіреберіс бойынша кідіріс - объектінің жай - күйі туралы ақпараттың кешігуі, өлшеу бойынша кідіріс; шығу бойынша кідіріс-объектіге бақылау әсерінің кешеуілдеуі, басқару бойынша кідіріс. Кешіктіру шамасының объектінің ең үлкен тұрақты уақытына қатынасы неғұрлым көп болса, реттеудің қажетті сапасына қол жеткізу соғұрлым қиын болады. Реттеу сапасын арттыру әдістері төменде тұжырымдалған қорытындыға негізделген.

Бұл дипломдық жұмыстың мақсаты кешігуі бар объектілерінің және типті реттегіші бар жүйелердің көмегімен орнықтылық аймағын зерттеу.

- АРЖ құрудағы жалпы принциптер;
- типті реттеу жүйелері;
- реттегіштердің жіктелуі;
- реттегіш түрін таңдау;
- кешіктірілген жүйелердің тұрақтылығы;

Осылайша, жоғарыда айтылған мақсаттар негізінде дипломдық жобаның кешігуі бар жүйе және ПИИ реттегіші бар жүйені негізге ала отырып есептеу жүргіздім.

1 Автоматты реттеу жүйелердің типті реттегіштердің қолдануы

1.1 Өнеркәсіптік реттеу жүйелері туралы жалпы мәліметтер

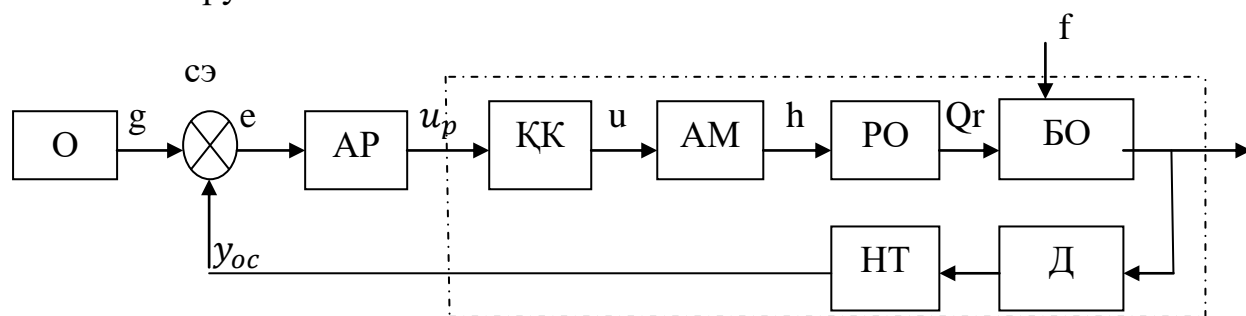
Өндірістік процестер көптеген реттелетін шамалармен сипатталады: температура, қысым, ағын, концентрация және т.б., олар процесс параметрлері деп аталады. Технологиялық жабдықтың қажетті режимде жұмыс істеуі үшін, яғни тиімділігі жоғары, белгіленген өнімділігі бар, өнімді қажетті сапалы және сенімді жұмыс істеуі үшін процесті сипаттайтын шамаларды сақтау қажет, көп жағдайда тұрақты. Бұл маңызды міндет технологиялық процестерді автоматты реттеу мен тұрақтандырудың өнеркәсіптік жүйелеріне жүктелген.

Автоматты реттеу жүйесі (АРЖ) - бұл $y(t)$ объектісінің шығыс немесе берілген мәнде реттелетін шамасын ұстап тұру міндеті болатын жүйені айтамыз. Автоматты басқару жүйелеріндегі басқару құрылғысы реттегіш немесе автоматты реттегіш деп аталады.

Өнеркәсіптік реттеу жүйелері технологиялық процестерді басқарудың қазіргі иерархиялық жүйелерінің төменгі деңгейін алады. Олардың негізгі міндеті-технологиялық параметрлерді белгілі бір деңгейде тұрақтандыру. Бұл автоматты тұрақтандыру жүйелерімен айналысады. Бұл жүйелерде тапсырма сигналы (реттеушінің тағайыншамасы) ұзақ жұмыс уақыты бойы тұрақты болып қалады. Тағы бір маңызды міндет-жаңа жұмыс режимдеріне көшуді қамтамасыз ететін технологиялық қондырғыны бағдарламалық басқару міндеті. Бұл мәселені шешу бірдей автоматты тұрақтандыру жүйесін қолдану арқылы жүзеге асырылады, оның міндеті бағдарламалық жасақтамадан өзгереді.

Қазіргі заманғы технологиялық кешендерде жүздеген және мыңдаған реттеу тізбектері бар, олардың сапасы көбінесе шығарылатын өнімнің сапасына байланысты. Сондықтан көптеген өнеркәсіптік АРЖ үшін өте жоғары олардың жұмысының дәлдігі ($\pm 1 \div 1.5\%$). Сонымен қатар, тұрақтандыру жүйесінің негізгі мақсаты басқару объектісіне әсер ететін сыртқы наразылық әсерлерін өтеу болып табылады.

Өнеркәсіптік басқару объектісінің бір тізбекті АРЖ құрылымдық схемасы 1.1- суретте көрсетілген. Оның негізгі элементтері: АР - автоматты реттегіш, ҚК-қуат күшейткіші, АМ – атқарушы механизм, РО – реттелетін орган, БО – басқару объектісі, Д – датчик, НТ – нормалаушы түрлендіргіш, О – орнатқыш, сз – салыстыру элементі.



1.1 Сурет - Өнеркәсіптік басқару объектісінің АРЖ-нің құрылымдық сұлбасы

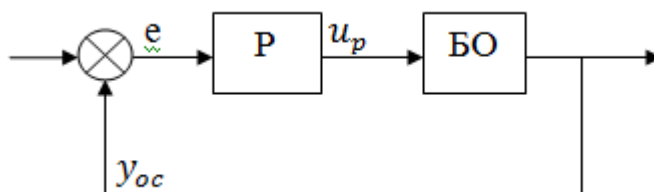
Айнымалыларды белгілеу: g -сигнал беру, e - реттеу қатесі, u_p -реттегіштің шығыс сигналы, u -басқару кернеуі, h -реттеуші органның қозғалысы, Q -зат немесе энергия шығыны, f - бұзушы әсер, y_{oc} - кері байланыс сигналы .

Мына сұлбаның өзіне тән ерекшелігі-стандартты ток (0-5 мА) немесе кернеу (0-10 В) мәндері бар автоматты реттегіштің жұмысын қамтамасыз ететін нормалаушы түрлендіргіш қалыпқа келтіретін түрлендіргіштің болуы.

Нормалаушы түрлендіргіш келесі функцияларды орындайды:

- 1) стандартты емес кіреберіс сигналын стандартты шығыс сигналына түрлендіреді;
- 2) кіреберіс сигналын реттеуді жүзеге асырады;
- 3) сызықтық диапазонды алу мақсатында датчиктің статикалық сипаттамасының сұлбасын алуды жүзеге асырады;
- 4) термопараға қатысты термопараның суық дәнекерлеуінің температуралық өтемақысын жүзеге асырады.

Есептеу мақсаты үшін көбінесе бастапқы сұлбаны 1.2-суретте көрсетілген сұлбаға дейін жеңілдетіледі. Мұндағы Р-реттегіш, ОУ - басқару объектісі.



1.2 Сурет - Өнеркәсіптік басқару объектісінің автоматты реттеу жүйесі есептік сұлбасы

Мұнда басқару объектісі сигнал түрлендіргіштерінен, атқарушы механизмінен, реттеуші органның, басқару объектісі мен датчик тұратын жүйенің өзгермейтін бөлігін білдіреді[2].

1.2 АРЖ құрудағы жалпы принциптер

Ғылым мен техниканың дамуы, технологиялық үрдістердің күрделенуі шығырылатын өнімдерге қойылатын талаптардың жоғарлануы автоматты басқару жүйелерін құруда қазіргі таңға сай математикалық әдістерді пайдалануды қажет етеді.

Қазіргі кезде объекті теңдеуі мен сыртқы әсерлер белгілі деп алынатын детерминді әдісті автоматты басқару жүйесін сараптау мен синтездеуде пайдалану, тек жүйенің жұмыс істеу күйін алдын-ала бағалау үшін ғана қажет бола алатындығы дау туғызбайтыны анық.

Автоматты басқару жүйесін (АБЖ) құру үшін маман ең алдымен басқарылатын объектінің математикалық моделін тұрғыза білу керек. Ал бұл есепті экспериментті және аналитикалық жолдармен шешуге болады.

Кез келген өндірісте қондырғыда технологиялық процестің бірқалыпты жүруі белгілі бір дәреженің, қызмет алгоритмінің орындалуына байланысты болады. Осы кезмет алгоритмін орындау үшін белгілі бір сыртқы команданы орындайтын құрылғыны, не машинаны басқару объектісі дейді.

Технологиялық процесті жүргізу үшін басқару объектісіне әсер ететін тиімді ықпалды тиімді ықпалды басқару дейді. Егер бұл басқару адамның қатысуынсыз жүзеге асса оны автоматты, ал адамның қатысуымен болса қолмен басқару деп атайды. Технологиялық процесті берілген қызмет алгоритмі бойынша өткізу мақсатында объектіге сырттан берілетін арнайы нұсқаулар жиынтығын басқару алгоритмі деп атайды.

Басқару объектісіне басқару алгоритміне сәйкес әсер ететін кез-келген техникалық құрылғы автоматты басқару құрылғысы деп аталады.

Бір-бірімен байланысты және басқару алгоритміне сәйкес өзара әрекеттесе жұмыс жасайтын автоматты басқару құрылғысы мен басқару объектісінің жиынтығы автоматты басқару жүйесі деп аталады.

Автоматты жүйе өзара байланысқан және белгілі бір қызмет атқаратын дербес конструкциялық элементтерден тұрады, оларды автоматика элементтері, түзетуші, қабылдаушы, жоспарлаушы, түрлендіруші және атқарушы деп ажыратады[3].

1.3 Автоматты басқару жүйесінің классификациясы

Барлық технологиялық объектілер басқарушы құрылғысымен бірге қайсы бір автоматты жүйені құрайды, ал ол өз кезегінде автоматты басқару теориясы заңдарымен талданып синтезделеді.

Автоматты басқару және реттеу теориясы — автоматты реттеу жүйесін талдау, синтездеу тәсілдерін және құру принциптерін зерттейтін ғылым.

Автоматты басқару жүйесін құру үшін маман ең алдымен объектінің математикалық моделін тұрғыза білу керек. Ал бұл есепті экспериментті және аналитикалық жолдармен шешуге болады.

Басқару объектісіне басқару алгоритміне сәйкес әсер ететін кез-келген техникалық құрылғы автоматты басқару құрылғысы деп аталады.

Бір-бірімен байланысты және басқару алгоритміне сәйкес өзара әрекеттесе жұмыс жасайтын автоматты басқару құрылғысы мен басқару объектісінің жиынтығы автоматты басқару жүйесі деп аталады. Жұмыс барысында автоматты басқару жүйесіне әртүрлі ішкі және сыртқы әсерлер ықпал жасайды. Автоматты жүйенің бір белігінен келесі белігіне технологиялық процестің бірталыпты өтуін қамтамасыз ететін әрекеттің тізбекті желісін құрайтын әсерді ішкі әсер деп атайды. Оларды басқарушы әсер дейді. Ал сыртқы әсер екіге белінеді. Технологиялық процестің тиянақты етуіне қажет

бірінші әсер қызмет алгоритміне сәйкес жүйе кіреберісіне беріледі де, тапсырыстық әсер деп аталады. Ал, екінші әсер жүйеге немесе басқару объектісіне сыртқы ортадан беріледі. Ол жүйе жұмысында алдын ала еске алынбайды да, кездейсоқ сипатта болып, деп атайды.

Технологиялық процестің дұрыс етуіне сәйкес басқарылатын шаманың берілген уақыт аралығында ұстап отыруға керекті мәнін алдын ала берілген мән деп, ал фактілі, яғни процестің елшенген мәнін нақты (қазіргі) деп атайды. Реттелетін шаманың алдын ала жоспарланған және нақты мәндерінің арасындағы айырмасын келісілмеген (айырымдық) шама дейді.

Сол себепті ендірістік жабдықтарды (басқару объектісін) басқарып отыру қажет, яғни басқарылатын шама қоздырушы әсердің ықпалына берілген ереже (программа) бойынша өзгеретіндей дел есеппен басқарушы әсерді қалыптастыру керек.

Басқару жүйесінің құрылымдық график бойынша кескіндеуді құрылымдық схема дейді. Құрылымдық схемасындағы бөліктері арасындағы берілетін әсердің ағыты мен жолын көрсететін қарапайым құрамдас бөлігін құрылымдық схеманың байланысы деп атайды.

Жүйедегі сигналдардың түрлеріне сәйкес автоматты басқару жүйелерін үзіліссіз және дискретті деп ажыратылады.

Егер басқарылатын шама орнықты режимде сыртқы қобалжыту әсеріне тәуелді болса, онда автоматты басқару жүйесі статикалық деп аталады, ал тәуелді болмаса астатикалық деп аталады.

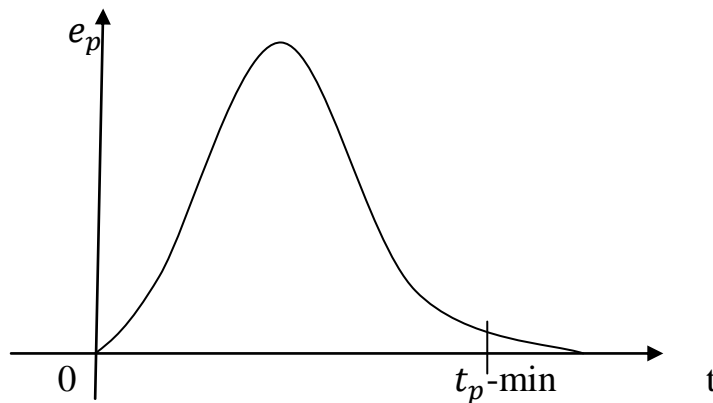
Статикалық сипаттамалардың сипатына сәйкес немесе жүйе элементтеріне өрнектейтін инфференциалдық теңдеудің түріне қарай жүйелерді сызықты және бейсызықты деп бөледі. Сызықты жүйелердегі барлық элементтер сызықты алгебралық және дифференциалдық теңдеулермен жазылады. Егер жүйедегі ең болғанда бір элементтің кіреберістік және шығыстық сигналдарының арасында бейсызықты тәуелділік болса, онда ол жүйе бейсызықты, мұндай жүйелердің сипаттамаларын сызықты сипаттамалар арқылы жуықтауға болмайды.

Жүйенің орнықталағы деп оның тепе-теңдік күйінен ауытқуына себеп болған әсерді алып тастағаннан кейін, бастапқы орнықтылық қалпына оралу қабілеттілігін айтады. Орнықтылыққа зерттеу бойынша бірнеше әдістері бар. Олар Гурвиц критерийі, Михайлов критерийі және Найквитс критерийі[2].

1.4 Типті реттеу жүйелері

Реттегіштерді орнатқан кезде біз берілген талаптарға жауап беретін көптеген өтпелі процестерді ала аламыз. Осылайша, реттегіш параметрлерінің нақты мәндерін таңдауда кейбір белгісіздік бар. Осы белгісіздікті жою және параметрлерді есептеуді жеңілдету үшін оңтайлы типтік реттеу процестері туралы түсінік пайда болады.

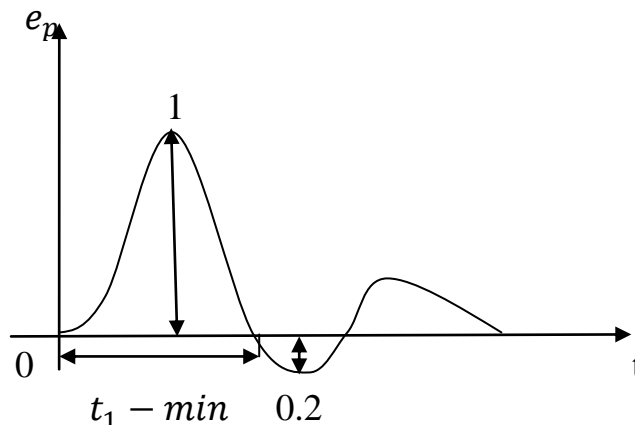
Үш типтік процесс бар :



1.3 Сурет - Апериодтық өтпелі процестің сұлбасы

1. Минималды реттеу уақыты бар апериодтық процесс 1.3 суретте көрсетілген.

Бұл типтік процесс f бұзылысы (Автоматты тұрақтандыру жүйесі) жұмыс істейді деп болжайды. Бұл жағдайда параметрлер реттеу уақыты минималды болатындай етіп таңдалады. Типтік процестің бұл түрі кеңінен қолданылады тұйық реттеу жүйесінде ауытқуға жол бермейтін жүйелерді баптау үшін.



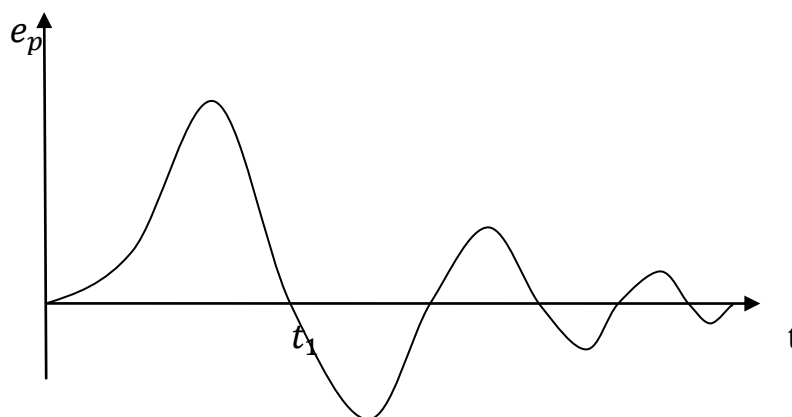
1.4 Сурет - 20%-тік қайта реттеумен процестің сұлбасы

2. 20% қайта реттеу және бірінші жарты кезеңнің ең аз уақыты бар процесс 1.4 суретте көрсетілген. Бұл процесс көптеген өнеркәсіптік АРЖ орнату үшін кеңінен қолданылады, өйткені ол шектеулі тербеліспен ($\sigma=0.2$) өте жоғары өнімділікте болады ($t=\min$).

3. Интегралдық сапа критерийінің минимумын қамтамасыз ететін процесс 1.5-суретте көрсетілген. Интегралдық сапа критерийі мына формуламен өрнектеледі:

$$J = \int_0^{\infty} e^{\tau}(t) d, \quad (1)$$

мұндағы е-реттеу қатесі.



1.5 Сурет - Сапаның интегралдық өлшемінің минимумы бойынша процесс сұлбасы

Бұл процестің артықшылықтары өте жоғары тербелісі бар жоғары жылдамдықты қамтиды, сонымен қатар реттегіш параметрлері бойынша осы критерийді оңтайландыру аналитикалық, сандық немесе модельдеу арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Сапаның интегралды өлшемінің минимумын қамтамасыз ететін процесс мөлшерін реттеу жүйесін орнатуда сипаттауда кеңінен қолданылады.

Оңтайлы процестердің үш түрінің әрқайсысы үшін осы процеске реттегіштерді орнату үшін тиісті формулалар мен номограммалар жасалған.

2 Басқарудың негізгі заңдары, релелік реттеу.

Реттеудің типтік заңдары. Реттеушілер. Реттегіштерді баптау параметрлерін есептеу. Релелік реттеу жүйесі. Адаптивті басқару жүйелері. Дискретті басқару жүйелері. Логикалық функцияларды жүзеге асыратын дискретті құрылғылар. Коммутациялық функцияны жүзеге асыратын құрылғыларды синтездеу. Релелік байланыс және байланыссыз логикалық құрылғылар. Дабылдарды блоктау құрылғылары.

2.1 Реттегіштердің жіктелуі

Автоматты реттегіштер мақсаты, әрекет ету принципі, сұлбасының ерекшеліктері, пайдаланылатын энергия түрі, реттеуші әсердің өзгеру сипаты және т. б. бойынша жіктеледі.

Әрекет принципі бойынша олар тікелей және жанама әрекеттерді реттегіштерге бөлінеді. Тікелей әсер ететін реттегіштер басқару процестері үшін сыртқы энергияны пайдаланбайды, бірақ басқару объектісінің (реттелетін орта) энергиясын пайдаланады. Мұндай реттегіштердің мысалы қысым реттегіштері болып табылады. Жанама әрекеттің Автоматты реттегіштерінде оның жұмысы үшін сыртқы энергия көзі қажет.

Әрекет сипаты бойынша реттегіштер үздіксіз және дискретті болып бөлінеді. Дискретті реттегіштер өз кезегінде релелік, сандық және импульстік болып бөлінеді.

Пайдаланылатын энергия түріне қарай олар электрлік (электронды), пневматикалық, гидравликалық, механикалық және аралас болып бөлінеді. Пайдаланылатын энергия түрі бойынша реттеуішті таңдау реттеу объектісінің сипатымен және автоматты жүйенің ерекшеліктерімен анықталады.

Реттеу Заңына сәйкес олар екі және үш позициялы реттегіштерге, типтік реттегіштерге (интегралдық, пропорционалды, пропорционалды-дифференциалды, пропорционалды-интегралды және пропорционалды-интегралды - дифференциалды реттегіштерге-қысқартылған және, П, ПД, ПИ және ПИД реттегіштері), өзгермелі құрылымы бар реттегіштерге, бейімделгіш (өзін-өзі реттейтін) және оңтайлы реттеушілер.

Қос позициялы реттегіштер қарапайымдылығы мен төмен құны арқасында кең таралған.

Мақсаты бойынша реттегіштер мамандандырылған мысалы, деңгей, қысым, температура реттегіштері және т. б және нормаланған шығу және шығу сигналдары бар және әртүрлі параметрлерді басқаруға жарамды әмбебап болып бөлінеді.

Орындалатын функциялардың түріне сәйкес реттегіштер автоматты тұрақтандыру реттегіштеріне, бағдарламалық жасақтамаға, түзетушілерге және параметрлердің арақатынасын реттеушілерге бөлінеді[2].

2.2 Реттегіш түрін таңдау

Реттеу сұлбасының міндеті минималды мәні мен максималды сенімділігімен белгіленген реттеу сапасын қамтамасыз ететін реттеушінің осы түрін таңдау.

Әзірлеуші контроллерлердің релелік, үздіксіз немесе дискретті (сандық) түрлерін таңдай алады.

Реттегіш түрін таңдау және оның параметрлерін анықтау үшін біз білуіміз керек қағидаттар:

1. Басқару объектісінің статикалық және динамикалық сипаттамалары.
2. Реттеу процесінің сапасына қойылатын талаптар.
3. Сериялық реттегіштер үшін реттеу сапасының көрсеткіштері.
4. Реттеу процесіне әсер ететін бұзылулардың сипаты.

Реттегіш түрін таңдау әдетте қарапайым қос позициялы реттегіштерден басталады және өзін-өзі реттейтін өлшеу күшейткіштерімен аяқталуы мүмкін, технологиялық объектілердің талаптарына сәйкес көптеген нысандар релелік басқару әсерін қолдануға жол бермейді.

Сериялық реттегіштердің сапа көрсеткіштерін қарастырсақ. Сериялық ретінде басқару Заңын және, П, ПИ және ПИД жүзеге асыратын үздіксіз реттегіштер қабылданады.

Теориялық тұрғыдан, реттеу заңының күрделенуімен жүйенің сапасы жақсарады. Реттеу динамикасына ең көп әсер ететіні белгілі кешігудің объектінің тұрақты уақытына қатынасы. Реттеуішпен сатылы бұзылуды өтеу тиімділігі өте дәл болуы мүмкін динамикалық реттеу коэффициентінің мәнімен, ал жылдамдық реттеу уақытының шамасымен сипатталады. Реттеуіштердің әртүрлі түрлері үшін оларды оңтайлы баптау кезінде реттеудің ең аз ықтимал уақыты 2.1-кестемен айқындалады.

2.1 Кесте - Реттеуіштердің әртүрлі түрлері үшін оларды оңтайлы баптау кезінде реттеудің ең аз ықтимал уақыты

Реттеу заңы	П	ПИ	ПИД
t_{β}/τ	6,5	12	7

мұнда: t_{β} -реттеу уақыты, τ -кешігуі бар объект.

Тәжірибеде ең көп таралған ПИ-реттеуші болып табылады, ол келесі артықшылықтарға ие:

1. Нөлдік статикалық реттеу қатесін қамтамасыз етеді.
2. Орнату өте оңай, өйткені тек екі параметр , атап айтқанда күшейту коэффициенті K_p және тұрақты интегралдау T_i . Мұндай реттеушіде реттеудің ең төменгі мүмкін орташа квадраттық қатесімен басқаруды қамтамасыз ететін оңтайландыру мүмкіндігі бар.

3. Кіші сезімталдық шуылы арнада өлшеу ПИД - реттеуіш.

Ең маңызды тізбектер үшін жүйеде ең жоғары өнімділікті қамтамасыз ететін ПИД реттегішін қолдануды ұсынуға болады. Алайда, бұл шарт оның оңтайлы параметрлерінде ғана орындалатынын ескеру керек (үш параметр теңшелген). Жүйеде кідірістің жоғарылауымен олар күрт артады теріс фазалық ауысулар, бұл реттеушінің дифференциалды компонентінің әсерін азайтады. Сондықтан үлкен кідірісі бар жүйелер үшін ПИД контроллерінің жұмыс сапасы ПИ реттегішінің жұмыс сапасымен салыстырылады. Сонымен қатар, ПИД реттегіші бар жүйеде өлшеу арнасында шудың болуы реттеушінің басқару сигналының айтарлықтай кездейсоқ ауытқуларына әкеледі, бұл реттеу қатесінің дисперсиясын және жетек механизмінің тозуын арттырады. Осылайша, ПИД реттегішін басқару жүйелері үшін таңдау керек, шу деңгейі салыстырмалы түрде төмен және басқару объектісіндегі кідіріс мөлшері. Мұндай жүйелердің мысалдары температураны бақылау жүйелері болып табылады.

Реттегіш түрін таңдағанда, τ / T объектісіндегі кідірістің тұрақты уақытқа қатынасының шамасына назар аудару ұсынылады. Егер $\tau / T < 0.2$ болса, релелік, үздіксіз немесе сандық реттегіштерді таңдауға болады. Егер $0,2 < \tau / T < 1$ болса, онда үздіксіз немесе сандық, ПИ немесе ПИД контроллері таңдалуы керек. Егер $\tau / T > 1$ болса, басқару тізбегіндегі кідірісті өтейтін арнайы сандық реттегішті таңдаңыз. Алайда, дәл осы реттеушіні τ / T аз қарым-қатынаста қолдану ұсынылады[15].

2.3 Реттегіш параметрлерін анықтаудың формулалық әдісі

Бұл әдіс оңтайлы стандартты реттеу процестерінің үш түрі үшін реттегіш параметрлерінің мәндерін жылдам, жуықтап есептеу үшін қолданылады. Бұл әдіс өздігінен тураланатын статикалық нысандар үшін де 2.2-кестеде көрсетілген, өздігінен тураланбайтын нысандар үшін де қолданылады, ол 2.3-кестеде көрсетіледі.

2.2 Кесте - Өздігінен тураланатын статикалық нысан үшін

Реттегіш	Типтік реттеу процесі		
	апериодтық	20% қайта реттеумен	J_{min}
И	$K_p = \frac{1}{4.5K_{oy}\tau}$	$K_p = \frac{1}{1.7K_{oy}\tau}$	$K_p = \frac{1}{1.7K_{oy}\tau}$
П	$K_p = \frac{0.3}{K_{oy} \tau/T}$	$K_p = \frac{0.7}{K_{oy} \tau/T}$	$K_p = \frac{0.9}{K_{oy} \tau/T}$
ПИ	$K_p = \frac{0.6}{K_{oy} \tau/T}$ $T_i = 0.6T$	$K_p = \frac{0.7}{K_{oy} \tau/T}$ $T_i = 0.7T$ $T_i = \tau + 0.3T$	$K_p = \frac{1}{K_{oy} \tau/T}$ $T_i = T$

ПИД	апериодтық	20% қайта реттеумен	J_{\min}
	$K_p = \frac{0.95}{K_{oy} \tau/T}$ $T_i = 2.4\tau$ $T_d = 0.4\tau$	$K_p = \frac{1.2}{K_{oy} \tau/T}$ $T_i = 2\tau$ $T_d = 0.4\tau$	$K_p = \frac{1.4}{K_{oy} \tau/T}$ $T_i = 1.3\tau$ $T_d = 0.5\tau$

мұндағы T , τ , K_{oy} – уақыт тұрақтысы, объектінің кешігуі және күшейтуі.

Бұл формулалар контроллер тәуелдігімен реттеледі деп болжанатын параметрлер. Олардың тасымалдау функциясы:

$$W(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right), \quad (2.1)$$

мұндағы - K_p реттеушінің күшейту коэффициенті,

T_i - изодромдық уақыт (контроллердің интегралдық тұрақтысы),

T_d -алдын-алу уақыт (дифференциалдау тұрақтысы).

2.3 Кесте - Өздігінен тураланбайтын статикалық нысан үшін

Реттегіш	Типтік реттеу процесі		
	апериодтық	20% қайта реттеумен	$\min \int_0^{\infty} e^{\tau}(t) dt$
П	$K_p = \frac{0.3}{\tau/T}$	$K_p = \frac{0.7}{\tau/T}$	–
ПИ	$K_p = \frac{0.6}{\tau/T}$ $T_i = 6T$	$K_p = \frac{0.7}{\tau/T}$ $T_i = 3T$	$K_p = \frac{1}{\tau/T}$ $T_i = 4T$
ПИД	$K_p = \frac{0.95}{K_{oy} \tau/T}$ $T_i = 5\tau$ $T_d = 0.4\tau$	$K_p = \frac{1.1}{\tau/T}$ $T_i = 2\tau$ $T_d = 0.4\tau$	$K_p = \frac{1.4}{K_{oy} \tau/T}$ $T_i = 1.6\tau$ $T_d = 0.5\tau$

3 Кешіктірілген технологиялық нысандар

Көптеген технологиялық объектілердің тән ерекшелігі басқару және өлшеу кезінде маңызды кешігудің болуы болып табылады, бұл объектілердегі ақпарат сигналдарының таралуының соңғы шектік жылдамдығымен түсіндіріледі.

Көптеген басқару объектілерінің тағы бір ерекшелігі олардың көп өлшемділігі (технологиялық объектілердің каскадтарының немесе тізбектерінің болуы). Мұндай объектінің дифференциалдық теңдеуінің тәртібінің жоғарылауына әкеледі, яғни объектінің жеткілікті аз уақыт тұрақты жиынтығы пайда болады. Бұл жағдайда объектінің динамикалық моделін жеңілдету үшін қосымша кідіріске байланысы енгізіледі, оның мәні Объектінің тасталған уақыт тұрақтылығының қосындысына тең болады. Мұндай кішігіу динамикалық деп аталады.

Бұдан басқа, кері байланыс тізбегімен қамтылған кейбір объектілерде (рециклмен объекті) рециркуляция тізбегінде қосымша кешігу пайда болады. Технологиялық объектілерде кідірістің болуы тұйық жүйенің динамикасын күрт нашарлатады. Әдетте, $\tau / t > 0,5$ қатынасында басқарудың типтік заңдары реттеу процесінің жоғары дәлдігі мен жылдамдығын қамтамасыз ете алмайды. Мұндағы басты мәселе басқару объектісіндегі кешігудің жоғарылауымен жүйенің критикалық өсуінің күрт төмендеуі.

Осыған байланысты басқару сапасын объектідегі кешігуді азайту арқылы немесе неғұрлым күрделі құрылымды реттегішті, атап айтқанда оңтайлы реттегішті қолдану арқылы жақсартуға болады. Оңтайлы басқару теориясынан оның құрылымындағы мұндай реттегіш басқару объектісінің моделін қамтуы керек.

3.1 Кешіктірілген жүйелердің тұрақтылығы

Кіреберіс $u(t)$ және шығаберіс $y(t)$ шамалары арасындағы байланыс келесідей кешігуі бар автоматты басқару жүйелері:

$$y(t) = u(t - \tau), \quad (3.1)$$

мұндағы τ -уақыттың тұрақты мәні, кідіріс деп аталады. Олар кіреберіс мәнін өзгертпестен көбейтеді, бірақ тұрақты кідіріс уақыты τ .

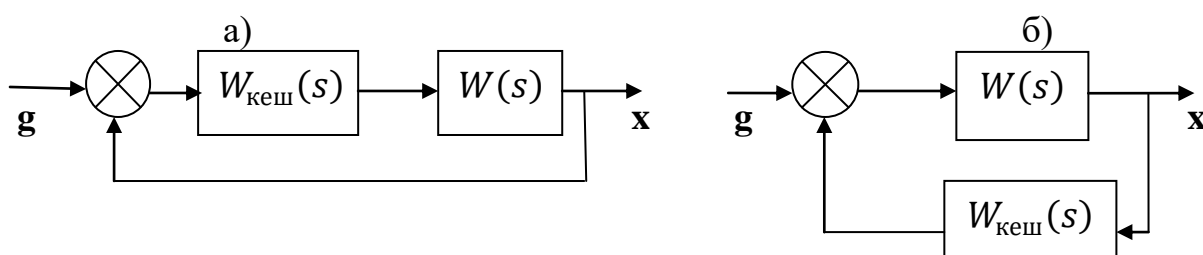
Таза кідіріс байланыстары әртүрлі процестерде жиі кездеседі, мысалы, бір нәрсе бір нүктеден екінші нүктеге таспалы конвейер арқылы, магниттік жүйелерде жазбалар мен ойнату және кем дегенде бір кідірісті қамтитын басқа басқару жүйелері таза кідіріс жүйелері деп аталады. Бұл жүйелердегі процестер дифференциалдық дифференциалдық теңдеулермен сипатталады. Көптеген жылу процестерінде, сондай-ақ электр, гидравликалық және басқа желілермен ұзақ қашықтыққа сигнал беру кезінде желінің бүкіл ұзындығы бойынша кідіріс

байқалады, бұл таза кідірістен айырмашылығы көбінесе берілетін сигналдың бұрмалануына әкеледі. Мұндай жүйелер оларды сипаттау үшін жартылай туынды теңдеулерді қажет етеді. Болашақта біз тек кешіктірілген жүйелерді қарастырамыз.

Кешіктірілген байланыстың берілу функциясы белгілі

$$W_{\text{кеш}}(s) = e^{-s\tau}, \quad (3.2)$$

Бір тізбекті автоматты басқару жүйесінің құрылымдық схемасы бір кідіріске байланысты. Бір тізбекті автоматты басқару жүйесінің құрылымдық тізбегі, бір кідіріс тізбегі, тікелей тізбектегі немесе кері байланыс тізбегіндегі кідіріс түйінінің қосылу орнына байланысты 3.1- суретте көрсетілген.



3.1 Сурет - Автоматты басқару жүйесінің құрылымдық сұлба.

Кешіктірілген ашық циклды басқару жүйесінің беру функциясы екі жағдайда да бірдей болады

$$W_{\tau}(s) = W_{\text{кеш}}(s) * W(s) = \frac{R(s)}{Q(s)} e^{-\tau s}, \quad (3.3)$$

мұндағы $W(s) = R(s)/Q(s)$ – кідірісті ескерместен ашық тізбектің берілу функциясы. Бұл әдетте s операторының бөлшек-рационалды функциясы.

Егер бір тізбекті жүйеде бірнеше тізбектелген кідіріс байланыстары болса, оларды барлық кідіріс уақытының қосындысына тең τ кідіріс уақытының эквивалентті тұрақтысымен бір сілтемемен ауыстыруға болатындығын ескеріңіз.

Жабық жүйенің беріліс функциялары әртүрлі болады.

а) жағдайы үшін

$$W_{\text{gx}}(s) = \frac{W_{\tau}(s)}{1+W_{\tau}(s)} = \frac{R(s)e^{-\tau s}}{R(s)+Q(s)e^{-\tau s}} = \frac{R_{\tau}(s)}{D_{\tau}(s)}, \quad (3.4)$$

б) жағдайы үшін

$$W_{\text{gx}}(s) = \frac{W(s)}{1+W_{\tau}(s)} = \frac{R(s)}{R(s)+Q(s)e^{-\tau s}} = \frac{R(s)}{D_{\tau}(s)}, \quad (3.5)$$

Бұдан көруге болады, кешіктірілген байланыс қай жерде қосылса да, кешіктірілген жүйенің сипаттамалық теңдеуі келесі түрге ие болады.

$$D_{\tau}(s) = R(s) + Q(s)e^{-\tau s} = 0, \quad (3.6)$$

Бұл сипаттамалық теңдеу көпмүше емес, бірақ s операторының трансценденттік функциясы және кәдімгі алгебралық теңдеуден айырмашылығы, түбірлердің шексіз саны бар[2].

3.2 Кешігетін жүйелердің орнықтылығын зерттеу

Кешіктірілген жүйенің тұрақтылығы жағдайында барлық түбірлері сол жақта болуы үшін қажет және жеткілікті. Түбірлерін табу қиын, сондықтан тұрақтылық критерийін қолданған жөн. Раус пен Гурвицтің тұрақтылығының алгебралық критерийлері олардың әдеттегі түрінде бұл жерде жарамсыз екенін есте ұстаған жөн. Тұрақтылықтың әртүрлі алгебралық өлшемдері бар

Раус пен Гурвиц критерийлерінің аналогтары болып табылатын кешіктірілген жүйелер үшін, бірақ олар күрделі және инженерлік тәжірибеде қолданылмайды.

Кешіктірілген жүйелердің тұрақтылығын зерттеу үшін Михайлов пен Найквисттің тұрақтылығының жиілік критерийлерін қолдануға болады. Кешіктірілген жүйенің годографы Михайловтың теңдеуі $s=j\omega$ -ны сипаттамалық теңдеуге ауыстырғаннан кейін алынады, яғни

$$D_{\tau}(j\omega) = R(j\omega) + Q(j\omega)e^{-j\tau\omega}, \quad (3.7)$$

Михайлов функцияның құрамында $e^{-j\tau\omega}$ көбейткіштің болғанына байланысты Михайлов годографының түрі күрделі болып кетеді Сол себептен, кешігетін жүйелердің орнықтылығын Михайлов критерийі арқылы анықтау ынғайсыз болады. Кешігетін жүйелердің орнықтылығын Найквист критерийі арқылы зерттеу ынғайлы. Оның себебі, бұл критерийді қолданған кезінде кешігетін жүйелердің орнықтылығын зерттеу, жай сызықты жүйенің орнықтылығын зерттегендей екен[3].

4 Есептеулер жүргізу

4.1 Кешігуі бар және Пи-контроллер арқылы басқарылатын жүйенің орнықтылық аймағын зеттеу

Пи-контроллердің k_p , k_p/T_i параметрлерін баптау жазықтығында автоматты басқару жүйесінің орнықтылық аймағы шекарасының қисығын тұрызамыз. Бір контурлы жүйені құрайтын объект пен контроллердің тасымалдау функциялары келесідей болсын:

$$W_\mu(s) = \frac{k_\mu e^{-s\tau}}{Ts+1}, \quad (4.1)$$

Мұндағы – $k_\mu = 0.28$, $\tau = 30$ сек, $T = 15$ сек

Пи-контроллердің беріліс функциясы осылай болсын:

$$W_p(s) = -k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right), \quad (4.2)$$

Кешігетін үзбе жүйенің тура тізбегінде орналасқан жағдайда ,тендеуді ескеріп, тұйықталмаған жүйенің беріліс функциясын былай жазуға болады:

$$W_\tau(s) = W_p(s) * W_\mu(s) = -\frac{k_\mu e^{-s\tau}}{Ts+1} * k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right) = -\frac{k_\mu k_p (1+T_i s)}{(1+Ts)T_i s} e^{-s\tau}, \quad (4.3)$$

Бұл жағдайдағы, тендеуді алып, тұйықталған жүйенің беріліс функциясын келесі түрде жазады:

$$\begin{aligned} W_{gx} &= \frac{W_\tau(s)}{1 + W_\tau(s)} = \frac{-\frac{k_\mu k_p (1 + T_i s)}{(1 + Ts)T_i s} e^{-s\tau}}{1 - \frac{k_\mu k_p (1 + T_i s) e^{-s\tau}}{(1 + Ts)T_i s}} = \frac{-\frac{k_\mu k_p (1 + T_i s)}{(1 + Ts)T_i s} e^{-s\tau}}{\frac{(1 + Ts)T_i s - k_\mu k_p (1 + T_i s) e^{-s\tau}}{(1 + Ts)T_i s}} \\ &= -\frac{k_\mu k_p (1 + T_i s) e^{-s\tau}}{(1 + Ts)T_i s} * \frac{(1 + Ts)T_i s}{(1 + Ts)T_i s - k_\mu k_p (1 + T_i s) e^{-s\tau}} \\ &= \frac{-k_\mu k_p (1 + T_i s) e^{-s\tau}}{(1 + Ts)T_i s + k_\mu k_p (1 + T_i s) e^{-s\tau}} \end{aligned}$$

Тұйық циклды басқару жүйесінің сипаттамалық теңдеуі

$$D_\tau(s) = k_p k (1 + T_i s) e^{-s\tau} + (1 + Ts)T_i s = 0, \quad (4.4)$$

Құрамында k_p және T_i екі айнымалы параметрі бар. k_p және $\frac{k_p}{T_i}$ параметрлерін бөлектеу арқылы сипаттамалық теңдеуді анықтау қажет

$$k_p k e^{-s\tau} + \frac{k_p}{T_i} k e^{-s\tau} + (1 + Ts)s = 0, \quad (4.5)$$

Теңдеудегі $s \equiv j\omega$ алмастырамыз және $e^{-s\tau} = \cos \omega\tau - j \sin \omega\tau$ осылай өзгерту арқылы өрнекті түрлендіреміз.

$$\begin{aligned} k_p k j\omega (\cos \omega\tau - j \sin \omega\tau) + \frac{k_p}{T_i} k (\cos \omega\tau - j \sin \omega\tau) + (1 + j\omega T)j\omega = \\ k_p k j\omega \cos \omega\tau + \omega k_p k \sin \omega\tau + \frac{k_p}{T_i} k \cos \omega\tau - j \frac{k_p}{T_i} k \sin \omega\tau + j\omega - \omega^2 T = \\ \omega k_p k \sin \omega\tau + \frac{k_p}{T_i} k \cos \omega\tau - \omega^2 T + j \left(\omega k_p k \cos \omega\tau - \frac{k_p}{T_i} k \sin \omega\tau + \omega \right) = 0 \end{aligned}$$

Осылай теңдеуді түрлендіріп нақты және жорамал бөліктерін бөліп алып оларды 0-ге теңестіреміз.

$$\begin{cases} \omega k_p k \sin \omega\tau + \frac{k_p}{T_i} k \cos \omega\tau - \omega^2 T = 0 \\ \omega k_p k \cos \omega\tau - \frac{k_p}{T_i} k \sin \omega\tau + \omega = 0 \end{cases}$$

Осылай жүйе түріндегі теңдеуді аламыз. Ары қарай 0-ге теңеу арқылы k_p және $\frac{k_p}{T_i}$ теңдеулерін табуымыз керек. Ол үшін жүйедегі белгісіздерді өрнектеуіміз керек.

$$\frac{k_p}{T_i} k \sin \omega\tau = \omega k_p k \cos \omega\tau + \omega$$

$$\frac{k_p}{T_i} = \frac{\omega k_p k \cos \omega\tau + \omega}{k \sin \omega\tau} = \omega k_p \cot \omega\tau + \frac{\omega}{k \sin \omega\tau}$$

$$\omega k_p k \sin \omega\tau + \left(\omega k_p \cot \omega\tau + \frac{\omega}{k \sin \omega\tau} \right) k \cos \omega\tau - \omega^2 T = 0$$

$$\omega k_p k \sin \omega\tau + k \omega k_p \cot \omega\tau \cos \omega\tau + \omega \cot \omega\tau - \omega^2 T = 0$$

$$k_p (\omega k \sin \omega\tau + k \omega \cot \omega\tau \cos \omega\tau) = \omega^2 T - \omega \cot \omega\tau$$

$$k_p = \frac{\omega^2 T - \omega \cot \omega\tau}{\omega k \sin \omega\tau + k \omega \cot \omega\tau \cos \omega\tau} = \frac{\omega(\omega T - \cot \omega\tau)}{\omega k (\sin \omega\tau + \cot \omega\tau \cos \omega\tau)}$$

$$= \frac{1}{k} \left(\frac{\omega T - \cot \omega\tau}{\frac{\sin \omega\tau^2 + \cos \omega\tau^2}{\sin \omega\tau}} \right) = \frac{1}{k} (\omega T \sin \omega\tau - \cos \omega\tau)$$

$$\begin{aligned} \frac{k_p}{T_i} &= \omega k_p \cot \omega \tau + \frac{\omega}{k} \frac{1}{\sin \omega \tau} \\ \frac{k_p}{T_i} &= \frac{\omega}{k} (\omega T \sin \omega \tau - \cos \omega \tau) \cot \omega \tau + \frac{\omega}{k} \frac{1}{\sin \omega \tau} \\ \frac{k_p}{T_i} &= \frac{\omega}{k} \omega T \cos \omega \tau - \frac{\omega \cos \omega \tau^2}{k \sin \omega \tau} + \frac{\omega}{k} \frac{1}{\sin \omega \tau} \\ \frac{k_p}{T_i} &= \frac{\omega}{k} \left(\omega T \cos \omega \tau + \frac{-\cos \omega \tau^2 + \sin \omega \tau^2 + \cos \omega \tau^2}{\sin \omega \tau} \right) = \frac{\omega}{k} (\omega T \cos \omega \tau + \sin \omega \tau) \end{aligned}$$

Нәтижесінде теңдеудің нақты және жорамал бөліктерін нөлге теңей отырып, біз екі теңдеу аламыз:

$$k_p = \frac{1}{k} (\omega T \sin \omega \tau - \cos \omega \tau), \quad (4.6)$$

$$\frac{k_p}{T_i} = \frac{\omega}{k} (\omega T \cos \omega \tau + \sin \omega \tau), \quad (4.7)$$

Бұл теңдеулер ПИ контроллерінің параметрлерінің жазықтығында D-бөлу шекарасын (тұрақтылық шекара сызығы) анықтайды. Тұрақтылық шегі әдетте $0 \ll \omega \ll \omega_{\text{шек}}$ шегіндегі жиілік мәндерімен берілген $\frac{k_p}{T_i}$ параметрінің оң мәндерінің аймағында анықталады, мұнда $\omega_{\text{шек}}$ мәнін табамыз.

$$\frac{k_p}{T_i} = \frac{\omega}{k} (\omega T \cos \omega \tau + \sin \omega \tau) = 0, \quad (4.8)$$

Осындай теңдеуді аламыз.

$$-\omega T = \text{tg} \omega \tau$$

Тұрақты берілген T және τ мәндерін қоямыз

$$-15\omega = \text{tg} 30\omega$$

-15ω және $\text{tg} 30\omega$ –ға мәндер беру арқылы графигін құруымыз керек. Ол үшін мәндерін есептеуіміз керек.

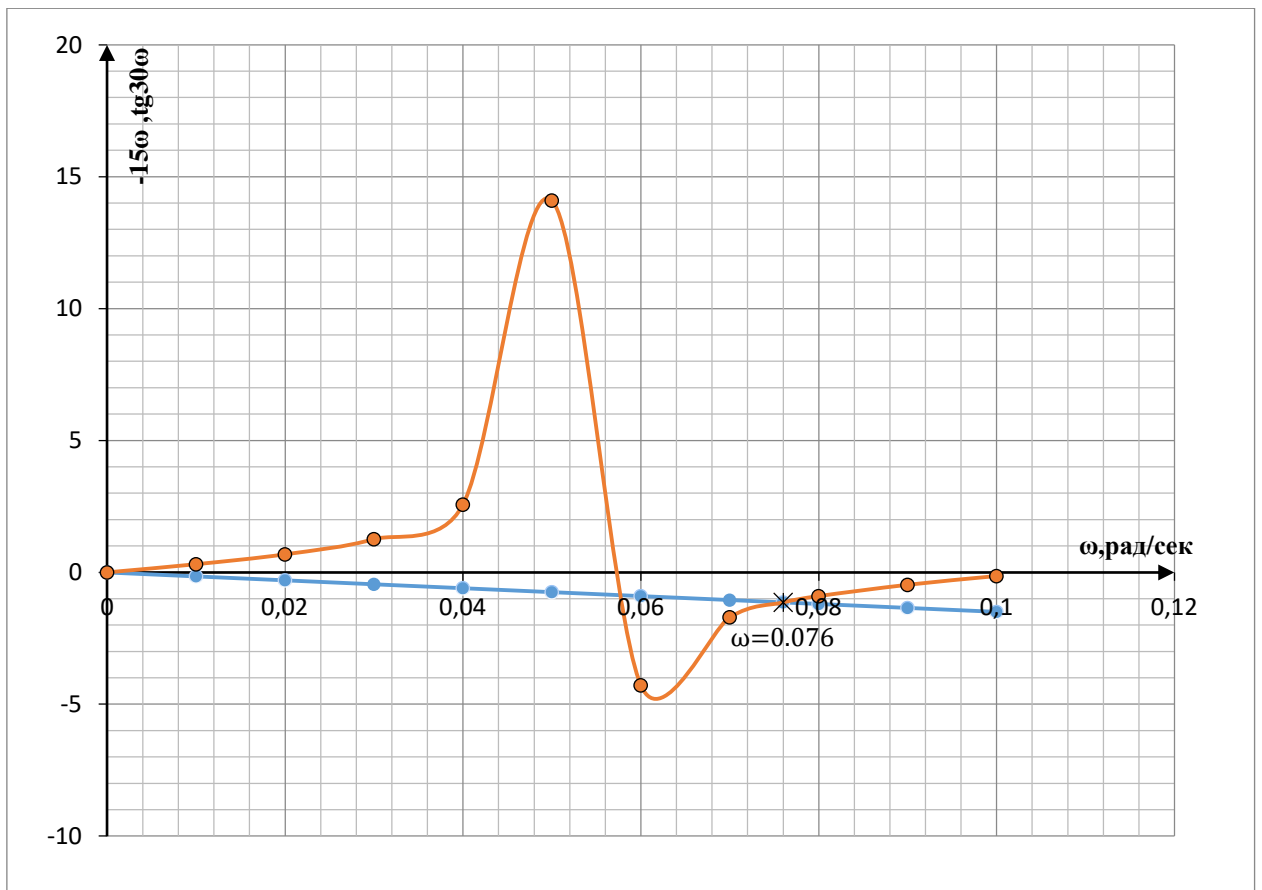
$$\begin{aligned} \omega = 0.01 ; -15 \omega &= -15 * 0.01 = -0.15; \text{tg} 30\omega = \text{tg} 30 * 0.01 = 0.309 \\ \omega = 0.02 ; -15 \omega &= -15 * 0.02 = -0.3 ; \text{tg} 30\omega = \text{tg} 30 * 0.02 = 0.684 \\ \omega = 0.03 ; -15 \omega &= -15 * 0.03 = -0.45; \text{tg} 30\omega = \text{tg} 30 * 0.03 = 1.26 \\ \omega = 0.04 ; -15 \omega &= -15 * 0.04 = -0.6; \text{tg} 30\omega = \text{tg} 30 * 0.04 = 2.57 \\ \omega = 0.05 ; -15 \omega &= -15 * 0.05 = -0.75; \text{tg} 30\omega = \text{tg} 30 * 0.05 = 14.1 \\ \omega = 0.06; -15 \omega &= -15 * 0.06 = -0.9 ; \text{tg} 30\omega = \text{tg} 30 * 0.06 = -4.28 \\ \omega = 0.07 ; -15 \omega &= -15 * 0.07 = -1.05 ; \text{tg} 30\omega = \text{tg} 30 * 0.07 = -1.7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega = 0.076 ; -15 \omega &= -15 * 0.076 = -1.14 ; \operatorname{tg}30\omega = \operatorname{tg}30 * 0.076 = -1.14 \\ \omega = 0.08 ; -15 \omega &= -15 * 0.08 = -1.2 ; \operatorname{tg}30\omega = \operatorname{tg}30 * 0.08 = -0.9 \\ \omega = 0.09 ; -15 \omega &= -15 * 0.09 = -1.35 ; \operatorname{tg}30\omega = \operatorname{tg}30 * 0.09 = -0.472 \\ \omega = 0.1 ; -15 \omega &= -15 * 0.1 = -1.5 ; \operatorname{tg}30\omega = \operatorname{tg}30 * 0.1 = -0.14 \end{aligned}$$

4.1 Кесте - -15ω және $\operatorname{tg}30\omega$ –ға мәндер беру арқылы есептеген сан мәндерім.

$\omega, \text{сек}^{-1}$	-15ω	$\operatorname{tg}30\omega$
0	0	0
0.01	-0.15	0.309
0.02	-0.3	0.684
0.03	-0.45	1.26
0.04	-0.6	2.57
0.05	-0.75	14.1
0.06	-0.9	-4.28
0.07	-1.05	-1.7
0.076	-1.14	-1.14
0.08	-1.2	-0.9
0.09	-1.35	-0.472
0.1	-1.5	-0.14

Нәтижесінде осы сан мәндері арқылы графикалық жолмен $\omega_{\text{шек}}$ мәнін анықтаймыз. Ол 4.1 – суретте көрсетілген.



4.1 Сурет - -15ω және $\text{tg}30\omega$ арасындағы байланыс графигі

Қорыта келе $\omega_{\text{шек}} \approx 0.076 \text{ сек}^{-1}$. Тұрақтылық шекарасын анықтау үшін 7-9 нүктені есептедік. Осылайша, $\Delta\omega = 0.01 \text{ сек}^{-1}$ қадам аралығымен $0 < \omega < 0.08$ шегінде жиілікті өзгерту арқылы есептеулер жүргіздік. ω жиілігінің сандық мәндерін қоя отырып k_p және $\frac{k_p}{T_{\text{и}}}$ мәндерін аламыз.

$$k_p = \frac{1}{0.28} (15\omega \sin 30\omega - \cos 30\omega)$$

$$\frac{k_p}{T_{\text{и}}} = \frac{\omega}{0.28} (15\omega \cos 30\omega + \sin 30\omega)$$

$$\omega = 0;$$

$$k_p = \frac{1}{0.28} (0 * 15 \sin 30 * 0 - \cos 30 * 0) = -3.47$$

$$\frac{k_p}{T_{\text{и}}} = \frac{0}{0.28} (0 * 15 \cos 30 * 0 + \sin 30 * 0) = 0$$

$$\omega = 0.01;$$

$$k_p = \frac{1}{0.28} (0.01 * 15 \sin 30 * 0.01 - \cos 30 * 0.01) = -3.16$$

$$\frac{k_p}{T_{\text{и}}} = \frac{0.01}{0.28} (0.01 * 15 \cos 30 * 0.01 + \sin 30 * 0.01) = 0.0158$$

$$\omega = 0.02 ;$$

$$k_p = \frac{1}{0.28} (0.02 * 15 \sin 30 * 0.02 - \cos 30 * 0.02) = -2.27$$

$$\frac{k_p}{T_{и}} = \frac{0.02}{0.28} (0.02 * 15 \cos 30 * 0.02 + \sin 30 * 0.02) = 0.0526$$

$$\omega = 0.03 ;$$

$$k_p = \frac{1}{0.28} (0.03 * 15 \sin 30 * 0.03 - \cos 30 * 0.03) = -0.92$$

$$\frac{k_p}{T_{и}} = \frac{0.03}{0.28} (0.03 * 15 \cos 30 * 0.03 + \sin 30 * 0.03) = 0.1158$$

$$\omega = 0.04 ;$$

$$k_p = \frac{1}{0.28} (0.04 * 15 \sin 30 * 0.04 - \cos 30 * 0.04) = 0.71$$

$$\frac{k_p}{T_{и}} = \frac{0.04}{0.28} (0.04 * 15 \cos 30 * 0.04 + \sin 30 * 0.04) = 0.1632$$

$$\omega = 0.05 ;$$

$$k_p = \frac{1}{0.28} (0.05 * 15 \sin 30 * 0.05 - \cos 30 * 0.05) = 2.38$$

$$\frac{k_p}{T_{и}} = \frac{0.05}{0.28} (0.05 * 15 \cos 30 * 0.05 + \sin 30 * 0.05) = 0.1842$$

$$\omega = 0.06 ;$$

$$k_p = \frac{1}{0.28} (0.06 * 15 \sin 30 * 0.06 - \cos 30 * 0.06) = 3.85$$

$$\frac{k_p}{T_{и}} = \frac{0.06}{0.28} (0.06 * 15 \cos 30 * 0.06 + \sin 30 * 0.06) = 0.1526$$

$$\omega = 0.07 ;$$

$$k_p = \frac{1}{0.28} (0.07 * 15 \sin 30 * 0.07 - \cos 30 * 0.07) = 4.93$$

$$\frac{k_p}{T_{и}} = \frac{0.07}{0.28} (0.07 * 15 \cos 30 * 0.07 + \sin 30 * 0.07) = 0.0789$$

$$\omega = 0.08 ;$$

$$k_p = \frac{1}{0.28} (0.08 * 15 \sin 30 * 0.08 - \cos 30 * 0.08) = 5.41$$

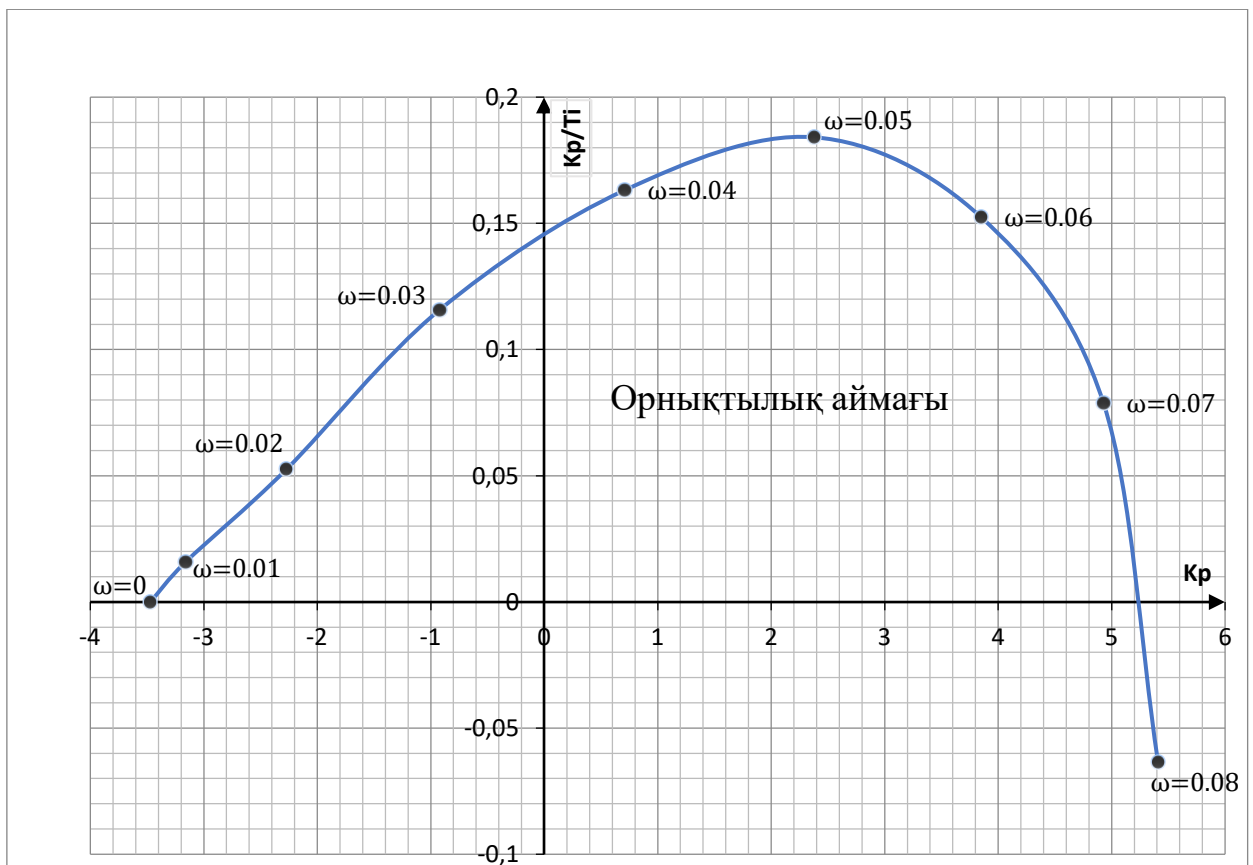
$$\frac{k_p}{T_{и}} = \frac{0.08}{0.28} (0.08 * 15 \cos 30 * 0.08 + \sin 30 * 0.08) = -0.0632$$

4.2 Кесте - k_p және $\frac{k_p}{T_{и}}$ -нің сан мәндері .

$\omega, \text{сек}^{-1}$	k_p	$\frac{k_p}{T_{и}}, \text{сек}^{-1}$
0	-3,47	0
0,01	-3,16	0,0158

$\omega, \text{сек}^{-1}$	k_p	$\frac{k_p}{T_i}, \text{сек}^{-1}$
0,02	-2,27	0,0526
0,03	-0,92	0,1158
0,04	0,71	0,1632
0,05	2,38	0,1842
0,06	3,85	0,1526
0,07	4,93	0,0789
0,08	5,41	-0,0632

Орнықтық шекарасы 4.2-суретте көрсетілген. Шекарасын тұрғызу тұрақтылық аймағын анықтайды. Өйткені $k_p = 0$ және $\frac{k_p}{T_i} = 0$ болғанда жүйе орнықты, тұрақтылық аймақ табылған қисық астында және қисықпен кесілген осьтердің сегменттердің координаттарын қамтиды $\frac{k_p}{T_i} < 0$ мәндері бар облыстың практикалық қолданың мәні жоқ және қарастырылмайды.



4.2 Сурет - Орнықтылық аймақ графигі.

4.2 Матлаб бағдарламасы арқылы жүйені зерттеу

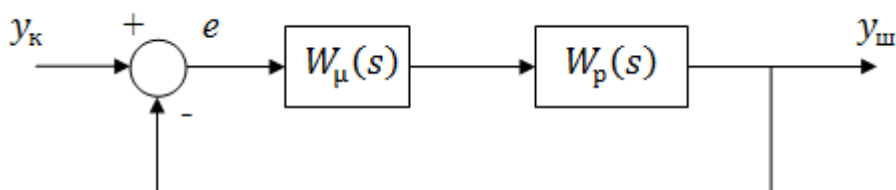
MatLab - бұл жоғары деңгейлі программалау тілі. Бұның құрамында оңай игеруге болатын көптеген құрылымдар мен принциптер бар. Бұл жүйедегі қолданбалы өзара әрекеттесетін көптеген операцияларды және функцияларды, командаларды, батырмаларды қосып алады. Мұнда тағы да екі өлшемді және үш өлшемді графиктерді көре аламыз, яғни олардың функциялары, қасиеттері, құрылымдары туралы мағұлматтар аламыз. Математикалық барлық функциялары қамтылған, сонымен қатар қосымша қасиеттері қарастырылған.[1]

Кешіктіретін жүйелерді талдау үшін `step`, `bode` немесе `margin` сияқты талдау батырмаларын пайдаланамыз. Мұндай талдауды орындау кезінде бағдарламалық жасақтама ешқандай жақындастырмайды. Мысалы $W_{\mu}(s)$ объект пен $W_p(s)$ ПИ реттегіш арқылы басқарылатын жүйе болсын. Мұндағы $W_{\mu}(s)$ объект 30 секундтық кешігуі бар жұмыс уақытына ие. ПИ реттегіш пропорционалдық және интегралдық бөлігін есептеп тапқан k_p және $\frac{k_p}{T_i}$ мәндерінен кез келген орнықтылық аймағына кіретін мәндерді алдым. Мұнда жүйелер осылай босын:

$$W_{\mu}(s) = \frac{0.28e^{-30s}}{15s+1}, \quad (4.9)$$

$$W_p(s) = 4.93 + \frac{0.0789}{s}, \quad (4.10)$$

$W_{\mu}(s)$ объект пен $W_p(s)$ ПИ реттегіштің есептік сұлбасын 4.3 – суретте көрсетілген сұлбаны аламыз :



4.3 Сурет – объект пен ПИ реттегіштің есептік сұлбасы

Осы есептік сұлба негізінде MatLab-тың программалау терезесіне осы мәліметтерді енгіздік.

```
>> s=tf('s')
>> P=exp(-30*s)*0.28/(15*s+1);
>> C=4.93+0.0789/s;
```

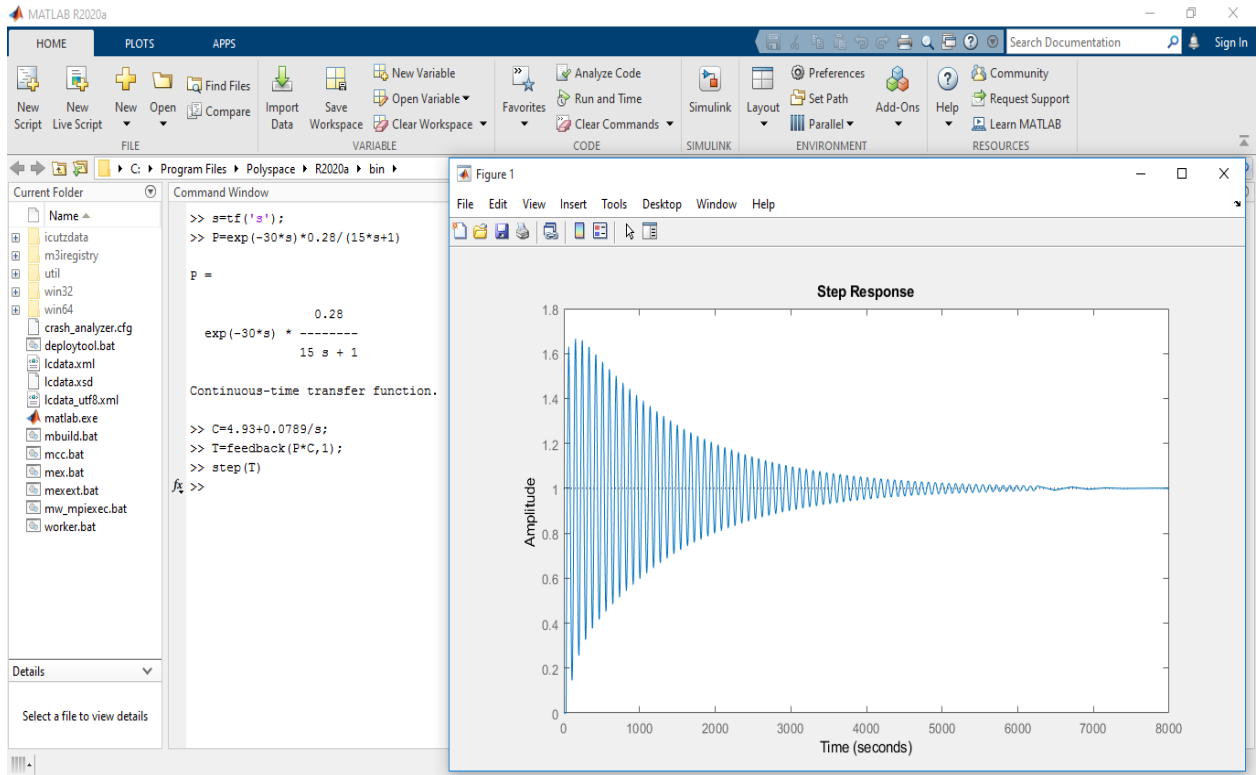
Мұнда P кешігуі бар объект және C пи реттегіш. Біз мұнда тұйықталған жүйеге айналдыру үшін мына бұйрықты енгіземіз:

```
>> T=feedback(P*C,1);
```

Нәтижесінде бұл жүйенің өтпелі сипаттамасын құруға болады. Ол үшін программалау жолға келесі бұйрықты енгіздік:

```
>> step(T)
```

Көрсетілген бұйрықты енгізгеннен соң компьютер пернетақтасындағы Enter батырмасын басамыз. Нәтижесінде өтпелі сипаттаманың графигі пайда болады, ол 4.4-суретте көрсетілген.



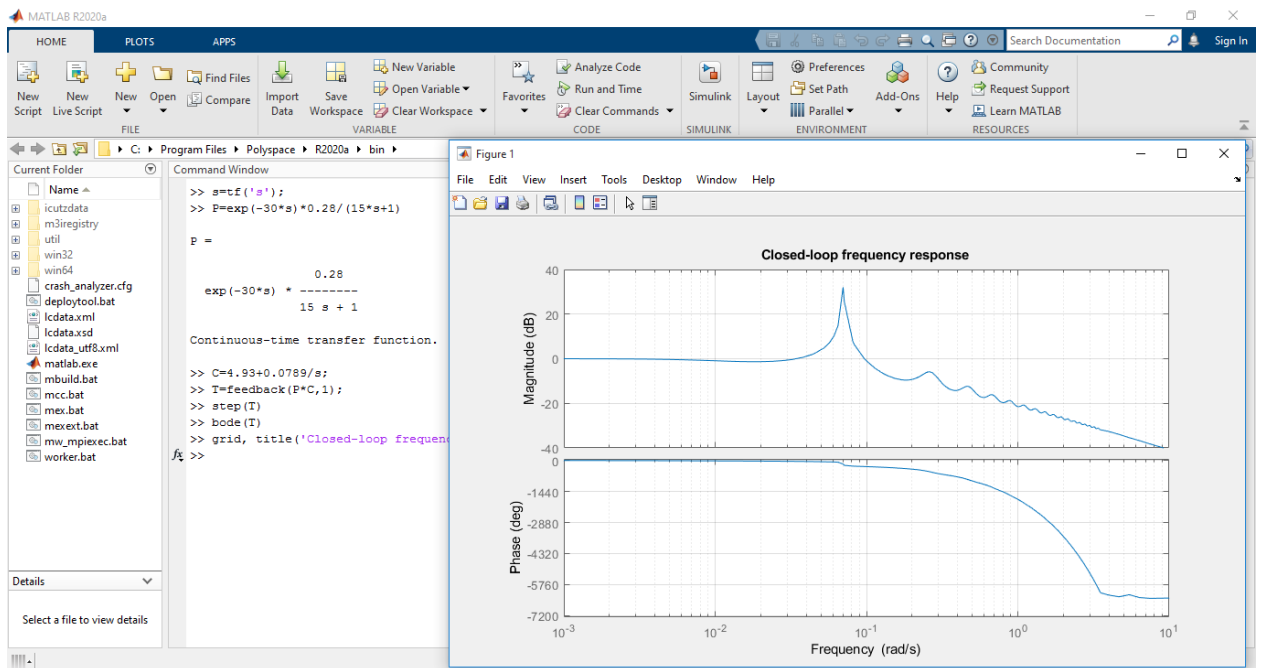
4.4 Сурет - Тұйықталған жүйенің өтпелі сипаттамасы

Осы жүйенің логарифмді жиілік сипаттамасын(ЛЖС) құру үшін, келесідей бұйрықтарды енгіздік:

```
>> bode(T)
```

```
>> grid, title('Closed-loop frequency response')
```

Нәтижесінде 4.5-сурет табылады. Мұнда жоғарыда логарифмді амплитудалы жиілік сипаттамасы(ЛАЖС) және астында логарифмді фазалы жиілік сипаттамалары(ЛФЖС) келтірілген.

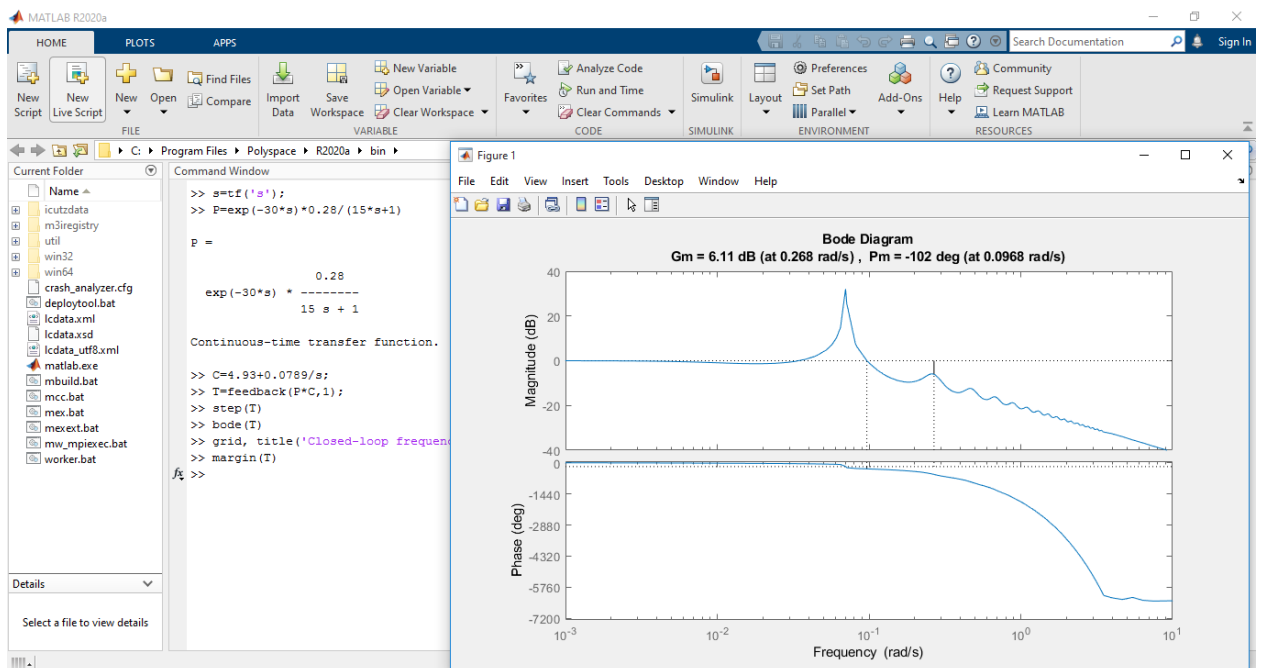


4.5 Сурет - Тұйықталған жүйенің логарифмді жиілік сипаттамасының графигі

Амплитуда және фаза бойынша қорларының мәндерін келесі бұйрық арқылы алуға болады:

`>> margin(T)`

Нәтижесінде 4.6-суреттегі графикті алдық, амплитуда бойынша қор $Gm=6.11\text{ dB}$, фаза бойынша қор $Pm=-102\text{ deg}$ тең.

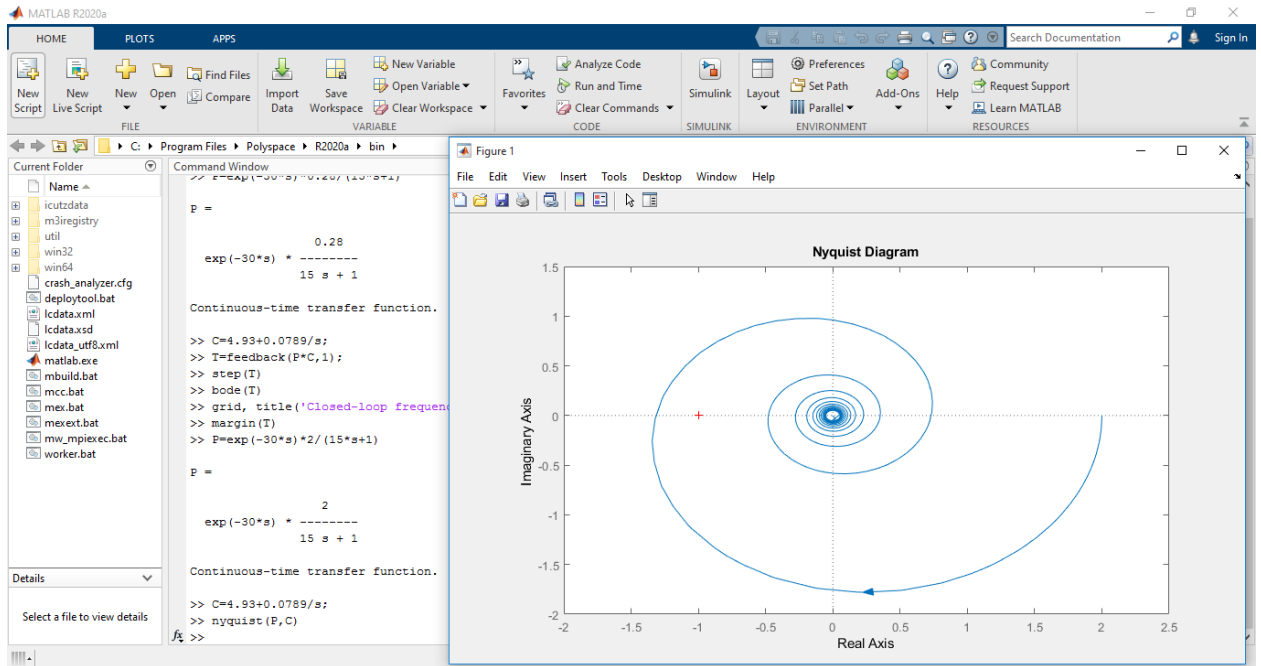


4.6 Сурет - Амплитуда және фаза бойынша қорларының мәндерін алу

Осы жүйені орнықтылыққа зерттеу барысында орнықсыз ($K=2$) болған жағдайда график $(-1, j0)$ координасы бар нүктені қамтып кетеді, сол себепті жүйе орнықсыз. Сол себепті мына бұйрықтарды енгіздік:

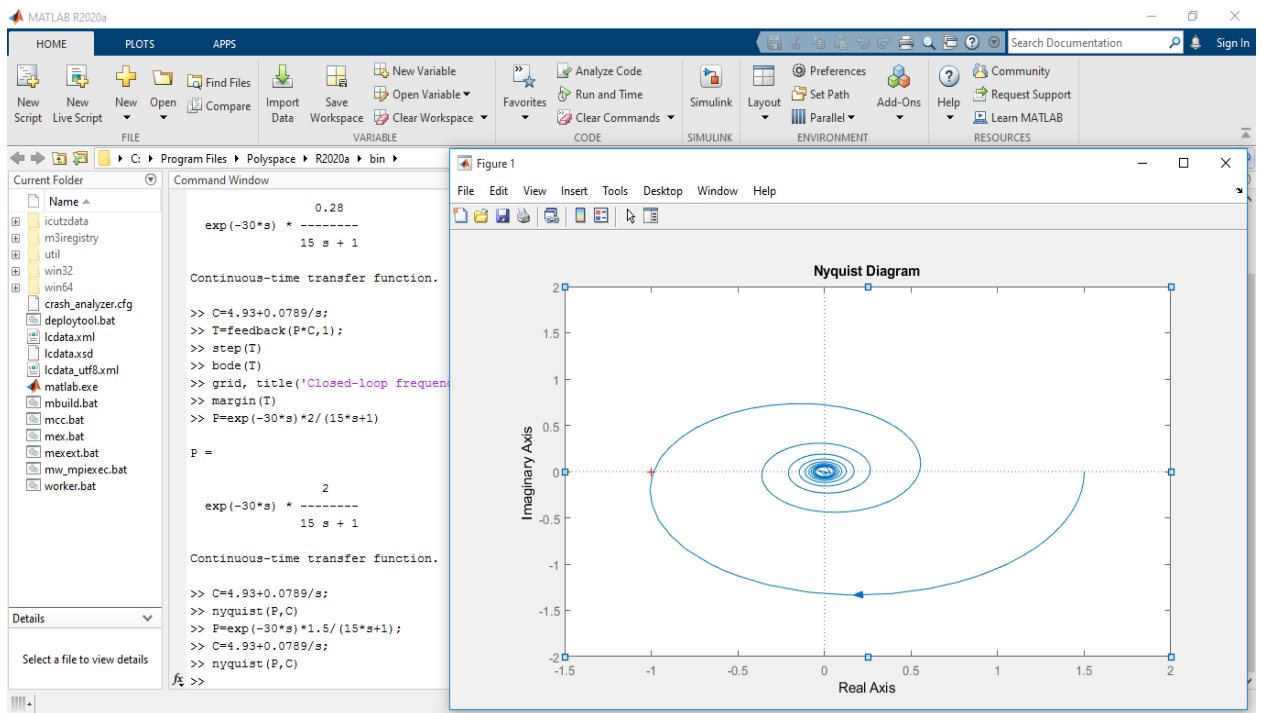
```
>> P=exp(-30*s)*2/(15*s+1);
>> C=4.93+0.0789/s;
>> nyquist(P,C)
```

Нәтижесінде тұйықталған жүйенің Найквист критерийі бойынша зерттелетін 4.7-суреттегі графикті алдық.



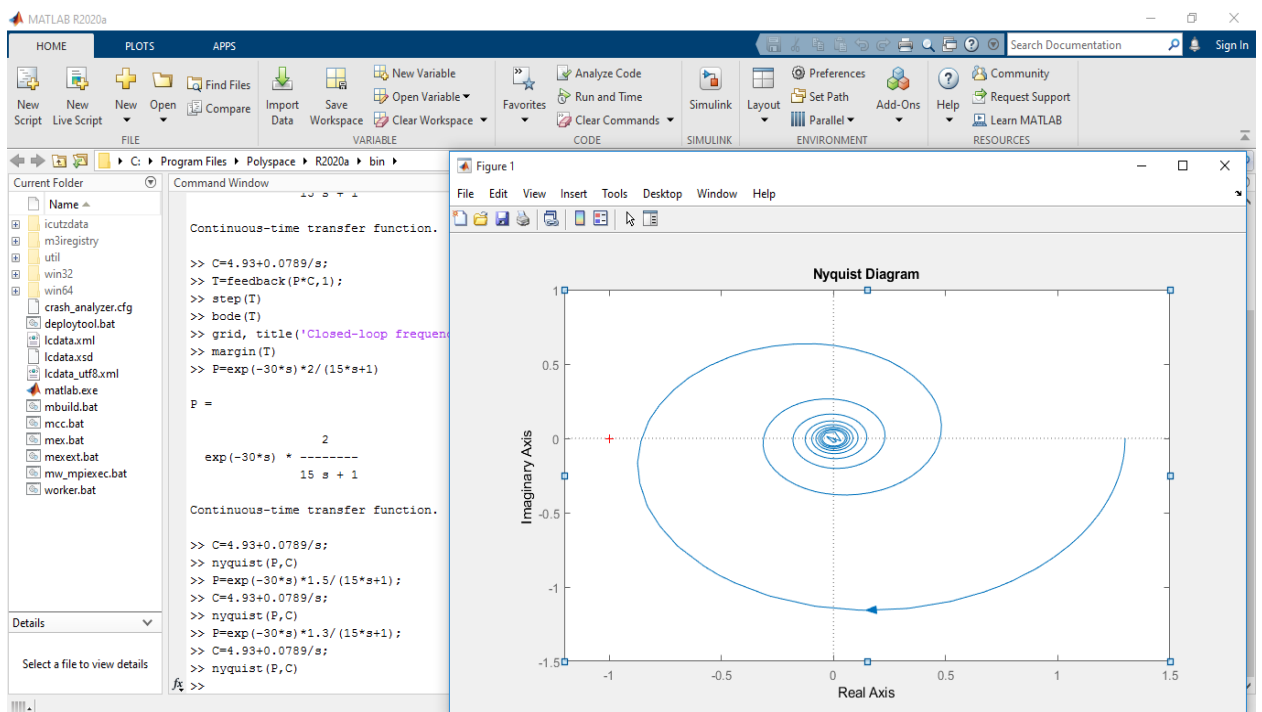
4.7 Сурет - Орнықсыз жағдайдағы тұйықталмаған жүйенің АФС графигі

Орнықтылық шекарасына сай келетін $K=1.5$ жағдайды қарастырдым. График $(-1, j0)$ координасы бар нүктені қиып өтеді. Сол себепті жүйе орнықтылық шекарасында екенін дәлелдедік. Ол 4.8-суретте көрсетілген.



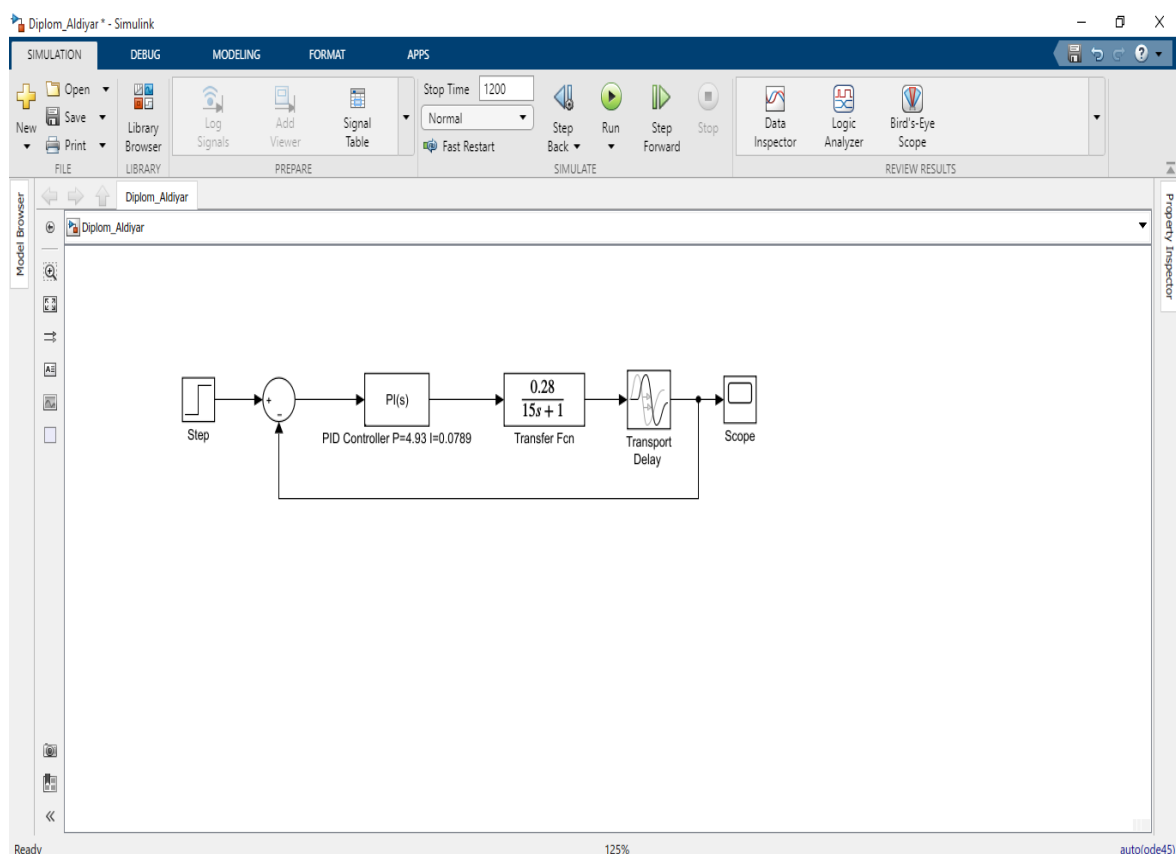
4.8 Сурет - Орнықтылық шекарасы жағдайдағы жүйенің АФС графигі

Орнықты жағдай $K=1.3$ жағдайын қарастырдым. График $(-1, j0)$ координасы бар нүктені қамтымайды, сол үшін жүйе орнықты. Ол 4.9-суретте көрсетілген.



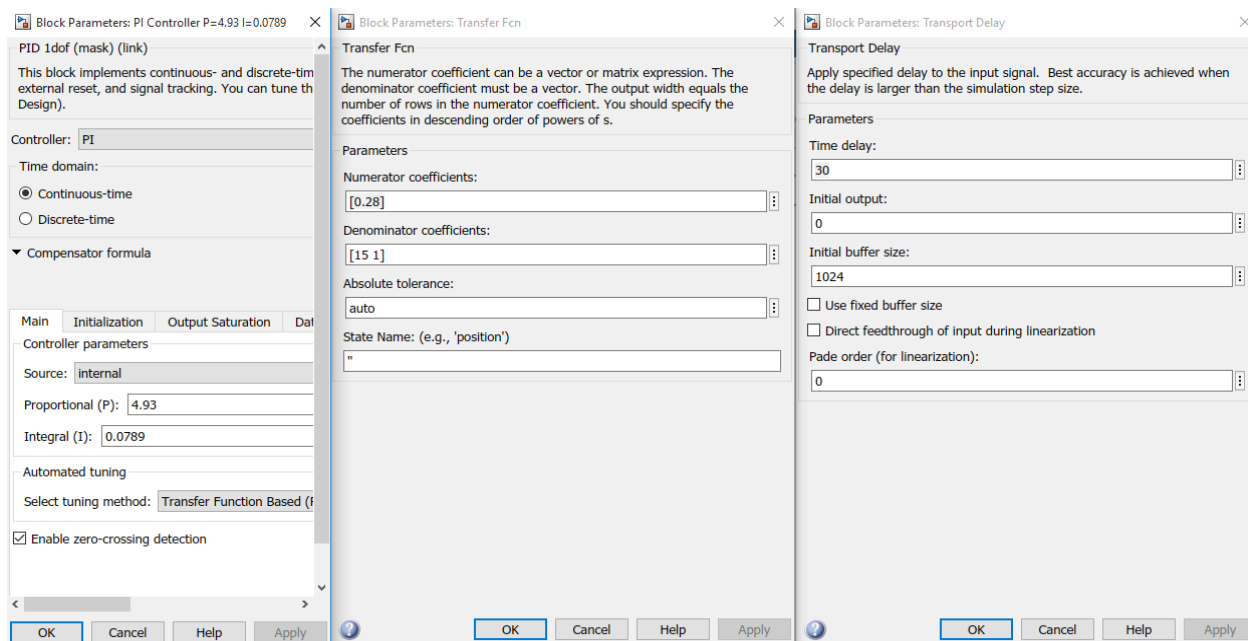
4.9 Сурет - Орнықты жағдайдағы жүйенің АФС графигі

MatLab программалау жүйесінде, Simulink визуалды блоктар түріндегі модельдеу пакеті арқылы да жүйені зерттеуге болады. Simulink кітапханасынан қажетті блоктарды алып схеманы жинау терезесіне блоктарды құраймыз. Бызге қажетті блоктар Commonly Used Blocks блоктар жиынтығынан Sum, Scope блогын, Continuous блоктар жиынтығынан PID Controller, Transfer Function және Transport Delay блоктарын, Source блоктар жиынтығынан Step блогын алып схеманы жинау терезесіне блоктарды құрадым. Ол 4.10-суретте көрсетілген.



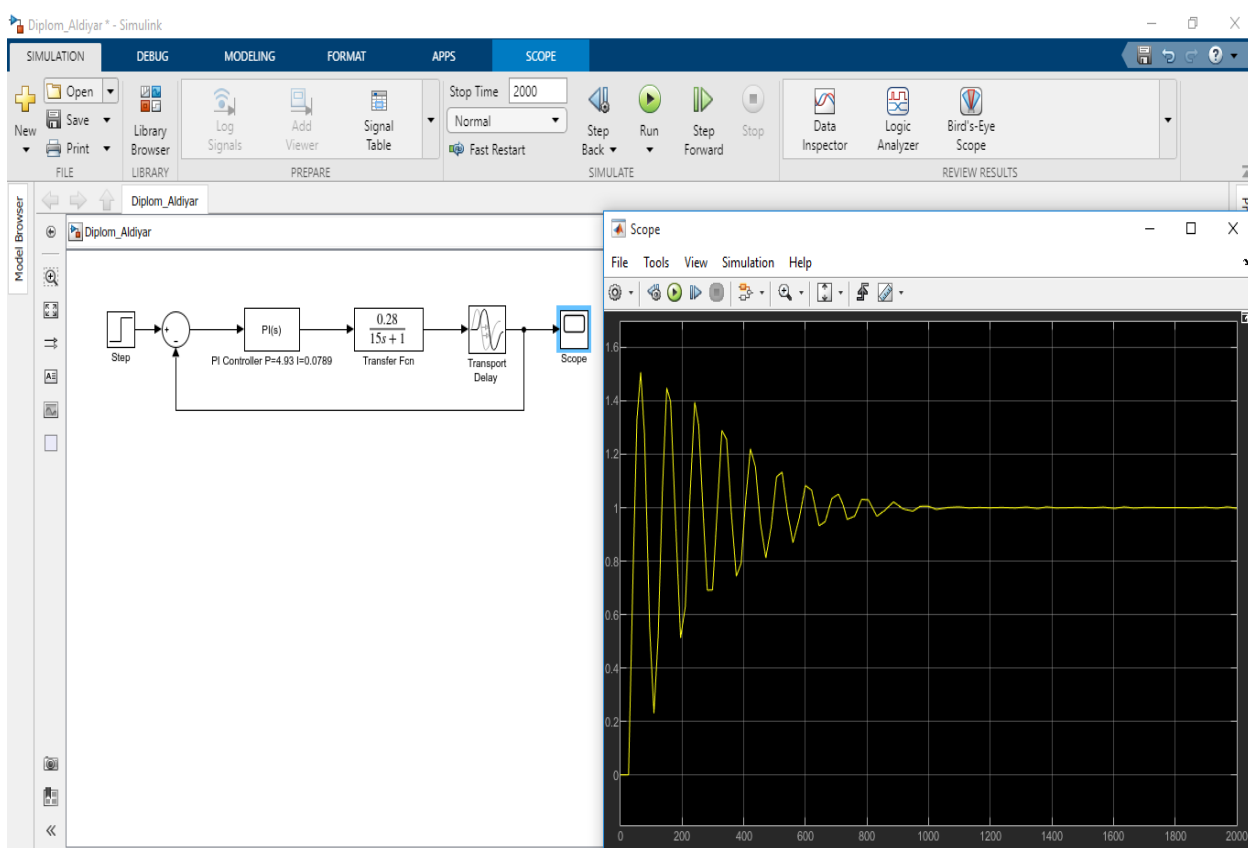
4.10 Сурет - Simulink схеманы жинау терезесіне блоктарды жинауым

PID Controller, Transfer Function және Transport Delay блоктарының параметрлерін 4.11-суретте көрсетілген.



4.11 Сурет - PID Controller, Transfer Function және Transport Delay блоктарының параметрлері

Нәтижесінде Simulink-те жиналған модель және Scope осцилографын аламыз, ол 4.12-суретте көрсетілген.



4.12 Сурет – Simulink - те жиналған модель және нәтижелер терезесі.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорыта келе бұл дипломдық жобада біз автоматты реттеу жүйедері жайлы мағұлматтар келтірдік. АРЖ – ің құрылымдық сұлбасымен таныстық, оны есептік құрылымдық сұлба түрінде жаздық. Типті реттегіштердің 3 типін атап өттік. Типті реттегіштерде П, ПИ, ПИД реттеу типтерімен таныстық. Есептеу кезінде PI реттегішімен жүйенің орнықтылығын зерттедім. Кешігуі бар объект жайлы мәліметтер келтірдім. Есептеу бөлімінде есепті (Стефани Евгений Павлович. Сборник задач по основам автоматического регулирования теплоэнергетических процессов) кітабынан 2-63 есебін алдым. Мұнда кешігуі бар және ПИ-контроллер арқылы басқарылатын жүйе берілген, алдымен тұйық емес жүйеге 4.3 формуланы аламыз. Сосын тұйық емес жүйені тұйық жүйеге келтірдік. Тұйық жүйенің сипаттауыш теңдеуін 0-ге келтіріп есепті ары қарай жалғастырдық. s - Лаплас айнымалысын комплексті $j\omega$ айналдырып есептедік. Осының нәтижесінде нақты және жорамал бөліктерге бөлдік. Теңдеудің нақты және жорамал бөліктерін нөлге теңей отырып, біз ПИ-контроллердің k_p - пропорционалды және $\frac{k_p}{T_i}$ – интегралдық теңдеуін аламыз. $\frac{k_p}{T_i} = 0$ теңей отырып $\omega_{шөк}$ жиілік мәнін таптым. Сосын k_p және $\frac{k_p}{T_i}$ мәндерін беру арқылы, орнықтылық аймақ графигін тұрғыздым. Одан кейін MatLab-тың программалау терезесіне `step`, `bode` немесе `margin` сияқты талдау батырмаларын пайдаландым. Жүйені Онықтылыққа зерттеу барысында Найквист критерийі бойынша зерттедім. Ары қарай MatLab программалау жүйесінде, Simulink визуалды блоктар түріндегі модельдеу пакеті арқылы да жүйені зерттедім және графигін алдым.

ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР

АРЖ - Автоматты реттеу жүйесі

АБЖ - Автоматты басқару жүйесін

П - пропорционалды реттегіш

ПИ - пропорционалды-интегралды реттегіш

ПИД - пропорционалды-интегралды - дифференциалды реттегіш

ЛЖС - логарифмді жиілік сипатта

ЛАЖС - логарифмді амплитудалы жиілік сипаттама

ЛФЖС - логарифмді фазалы жиілік сипаттама

АФС - амплитудалы фазалы сипаттама

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Дьяконов В. П. MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.: ил.
- 2 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб, Изд-во «Профессия», 2003. - 752с.
- 3 Бейсембаев А. А. СЫЗЫҚТЫ автоматты реттеу жүйелері [Текст] : оқу құралы / А. А. Бейсембаев ; Қ. И. Сәтбаев атындағы Қаз. ұлт. техн. зерттеу ун-ті. - Алматы : ҚазҰТЗУ, 2018. - 402 б.
- 4 О. В. Крюков, М. Н. Сычев, И.В.Гуляев. Энергоэффективность и автоматизация электрооборудования компрессорных станций. Монография, 2022.
- 5 Liacu, V., Mendez-Barrios, C., Niculescu, S.-I., Olaru, S.: Some remarks on the fragility of pd controllers for siso systems with i/o delays. In: 14th International Conference on System Theory and Control, Sinaia, Romania, 2010.
- 6 А.Бекбаев., Д.Сүлеев., Б.Хисаров. СЫЗЫҚТЫ және бейСЫЗЫҚТЫ жүйелердің автоматты реттеу теориясы. Оқулық. А.: Эверо, 2005. - 110 б.
- 7 Черношов И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, Simulink. –М.: ДМК Пресс, 2008 – 288 с.
- 8 Еркешева З.Д., Боканова Г.Ш. Есептеу-сызба жұмыстарға әдістемелік нұсқаулар. 5B070400 – Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету мамандығына арналған. – А.: АЭЖБУ, 2014 – 34 б.
- 9 Петровский В.С. Автоматизация технологических процессов и производств лесопромышленного комплекса. Учебник, 2013 – 416 с.
- 10 Н Жежера. Микропроцессорные системы автоматизации технологических процессов. Учебное пособие, 2020.
- 11 Т. А. Бакунина. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении, 2019
- 12 К.Н.Маренич. Автоматизация сложных электромеханических объектов энергоемких производств. 2021
- 13 Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов. Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. 2013.
- 14 Көшімбаев Шәміл Көшімбайұлы. Автоматтандыру негіздері : оқу құралы. 2018. - 218 б.
- 15 Chen, S. J. and J. L. Lin, “Robust Stability of Discrete Time-Delay Uncertain Singular Systems”, IEE Proceedings Control Theory and Applications, Vol. 151, pp. 45-51, 2004.
- 16 <https://www.mathworks.com/help/control/ug/control-of-processes-with-long-dead-time-the-smith-predictor.html>

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ерхан Алдияр

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Кешігетін объектілердің типті реттеу заңдары бар жүйелердің орнықтылығын зерттеу

Научный руководитель: Ахамбай Бейсембаев

Коэффициент Подобия 1: 5.6

Коэффициент Подобия 2: 1.8

Микропробелы: 2

Знаки из других алфавитов: 8

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата

11.05.2022



Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ерхан Алдияр

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Кешігетін объектілердің типті реттеу заңдары бар жүйелердің орнықтылығын зерттеу

Научный руководитель: Ахамбай Бейсембаев

Коэффициент Подобия 1: 5.6

Коэффициент Подобия 2: 1.8

Микропробелы: 2

Знаки из других алфавитов: 8

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

Дата 11.05.2022

Заведующий кафедрой



Ерхан Алдияр Асанұлы

(білім алушының аты жөні)

ДИПЛОМ ЖҰМЫСЫНА

(жұмыс түрінің аталуы)

СЫН-ПІКІР

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару»

(мамандықтың аталуы және шифрі)

Кешігетін объектілердің типті реттеу заңдары бар жүйелердің орнықтылығын зерттеу тақырыбына орындалған

Выполнено:

а) графикалық бөлімі 15 бетте

б) түсініктеме жазбасы 39 бетте

жасалынған

ЖҰМЫС ТУРАЛЫ ЕСКЕРТУЛЕР

Дипломдық жұмыста кешігетін объектілердің типті реттеу заңдары бар жүйелердің орнықтылығын зерттеуі жасалынған.

Теориялық бөлімінде сызықты автоматты реттеу жүйелерінің типті реттегіштерді қолдану мәселері жайлы жазылған. АРЖ құрудағы жалпы принциптер келтірілген.

Есептеу бөлімінде Кешігетін жүйелердің реттегіштерінің синтездеу есебі қарастырылған. Осыған орай типті реттегіші бар кешігетін жүйенің орнықтылық аймақтарын құрастыру есептері шығарылған. Зерттеу нәтижелері MatLab ортасында модельдеу нәтижелерімен дәлелденген. Кешігуі бар ПИ-реттегіштің орнықтылығы MatLab Simulink ортасында модельдеп зерттелген. Өткізілген жұмыс бойынша жалпы қорытындылар жасалынған.

Өткізілген жұмыс бойынша жалпы қорытындылар жасалынған.

Дипломдық жұмысына келесі ескертулер бар:

- типті реттегіштердің арасында салыстыру талдау өткізілмеген;

- типті реттегішті синтездеу есебінің тек бір түрі қарастырылған, басқа түрлері бойынша есеп қандай болатыны қарастырылмаған.

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

Диплом жұмысы 5B070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығы бойынша барлық талаптарына сәйкес келеді. Жалпы 95%, А (өте жақсы) бағасына бағаланып, ал Ерхан Алдияр Асанұлы 5B070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығы бойынша бакалавр лауазымына лайық деп есептеймін.

Сын-пікір беруші

Ғ. Даукеев атындағы АЭЖБУ АЖБ кафедрасының доценті, PhD докторы

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атауы)

«11» 05 2022 ж.

Бәзін Г. ақбаны растаймын одпись заверяю

«11» 05 2022 ж.

аты-жөні 2022 ж.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ

ПІКІРІ

ДИПЛОМ ЖҰМЫСЫНА

(жұмыс түрінің аталуы)

Ерхан Алдияр Асанұлы

(білім алушының аты жөні)

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару»

(мамандықтың аталуы және шифрі)

Кешігетін объектілердің типті реттеу заңдары бар жүйелердің орнықтылығын зерттеу тақырыбына орындалған

Дипломдық жұмыста кешігетін объектілердің типті реттеу заңдары бар жүйелердің орнықтылығын зерттеуі жасалынған.

Теориялық бөлімінде сызықты автоматты реттеу жүйелерінің типті реттегіштерді қолдану мәселері жайлы жазылған. АРЖ құрудағы жалпы принциптер келтірілген.

Есептеу бөлімінде Кешігетін жүйелердің реттегіштерінің синтездеу есебі қарастырылған. Осыған орай типті реттегіші бар кешігетін жүйенің орнықтылық аймақтарын құрастыру есептері шығарылған. Зерттеу нәтижелері MatLab ортасында модельдеу нәтижелерімен дәлелденген. Кешігуі бар ПИ-реттегіштің орнықтылығы MatLab Simulink ортасында модельдеп зерттелген. Өткізілген жұмыс бойынша жалпы қорытындылар жасалынған.

Дипломдық жұмысын орындау кезінде Ерхан Алдияр Асанұлы өзін жақсы жағынаң көрсетті. Берілген тапсырмаларды уақытында орындап, тәртіпті, білікті студент екенің дәлелдеді. Жалпы өзінің теориялық және практикалық жағынаң дайындығын көрсетті. Жақсы инженерлік деңгейде жұмыс істей алатындығын дәлелдеді.

Ерхан Алдияр Асанұлымен жазылған диплом жұмысы 5B070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығының талаптарына толық сай келеді және Мемлекеттік аттестаттау комиссиясында қорғауын ұсынамын.

Ғылыми жетекші

АжБ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, т.ғ.к., доцент
(қызметі, ғыл. дәрежесі, атауы)


(қолы)

Бейсембаев А.А.

« 10 »

05

2022 ж.