

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Аитов Жасұлан Нұрланұлы

Бағынышты реттегішпен АРЖ-нің синтезі

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200—«Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

Физика-математика

кандидаты, Қауымдастырылған

профессор Н.У. Алдияров

«27» мамыр 2021 ж.



«Бағынышты реттегішпен АРЖ-нің синтезі» тақырыбына

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Орындаған: Аитов Жасұлан Нұрланұлы

Ассистент профессор,

Канд. техн. наук

Орынбет М.М.

«21» мамыр 2021 ж



Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

5B070200 – Автоматтандыру және басқару

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

Физика-математика

кандидаты, Қауымдастырылған

профессор Н.У. Алдияров

«27» мамыр 2021 ж.



**Дипломдық жобаны дайындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Аитов Жасұлан Нұрланұлы

Жобаның тақырыбы: «Бағынышты реттегішпен АРЖ-нің синтезі»

Университеттің «24» қараша 2020 жылғы ғылыми кеңесінің № 2131-6 шешімімен бекітілген.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі «01»маусым 2021ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: дипломалды практикасындағы жиналған мәліметтер.

Түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диплом жұмысының мазмұны:

а) Жалпы бөлім;

б) Есептеме бөлім;

Ұсынылған негізгі әдебиеттер

[1] Теория автоматического управления [Текст] : учеб. для вузов / В.Ю. Шишмарев. - М. : Акад., 2012. - 352 с.

[2] Атлас для проектирования систем автоматического регулирования : учеб. пособие для вузов

[3] URL: [//https://ru. Wikipedia.org/wiki/](https://ru.wikipedia.org/wiki/)

Дипломдық жобаны даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Технологиялық бөлім	3 ақпан 2021ж.	
Арнайы бөлім	27 наурыз 2021ж.	

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
Негізгі бөлім	Ассистент профессор, канд тех.наук Орынбет М. <u>М.</u>	21.05.2021	
Есептеме бөлімі	Ассистент профессора, канд тех.наук Орынбет М. <u>М.</u>	21.05.2021	
Нормалық бақылаушы	Н.С. Сарсенбаев техн. ғыл. Канд Ассистент- профессор	27.05.2021	

Ғылыми жетекшісі



М.М. Орынбет

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы



Ж.Н. Аитов

Күні «24» қаңтар 2021ж.

АҢДАТПА

«Бағынышты реттегішпен АРЖ-нің синтезі» тақырыбына арналған дипломдық жұмыста бағынышты реттегішке жалпы малғұматтар жазылған.

Жетектердің жіктелуі және оған қойылатын талаптар толықтай жазылған.Электр жетектерін бағыңқы реттеу жүйесі көрсетілген.Тұрақты ток жетектерінің артықшылықтары жазылған.

Бағынышты реттегішке қатысы бар блок-схемалар және функционалдық схемалар көрсетілген.

Есептеме бөлімінде орнықтылыққа тексерілген,Matlab программасында ауыспалы үрдістің графиктері көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе «Синтез САР с подчиненным регулятором» содержатся общие сведения о подчиненном регуляторе.

Подробно описана классификация приводов и требования к ней, показана система подчиненного регулирования электроприводов, описаны преимущества приводов постоянного тока.

Показаны блок-схемы и функциональные схемы, относящиеся к подчиненному регулятору.

В разделе отчета показаны графики переменного процесса в Matlab, который был протестирован на стабильность.

ANNOTATION

The thesis "Synthesis of ACS with a slave regulator" contains general information about the slave regulator.

The classification of drives and the requirements for it are described in detail, the system of slave control of electric drives is shown, the advantages of DC drives are described.

Block diagrams and functional diagrams related to the slave controller are shown.

The report section shows graphs of a variable process in Matlab that has been tested for stability.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Жалпы бөлім	10
1.1	Жалпы малғұматтар	10
1.2	Жетектердің жіктелуі және оған қойылатын талаптар	21
1.3	Электр жетектерін бағыңқы реттеу жүйесі	22
1.4	Тұрақты ток жетегінің артықшылықтары	24
2	Есептеме бөлімі	27
2.1	Бағынышты реттеу жүйесінің жалпы құрылымы	27
2.2	Тұрақты ток қозғалтқышының құрылымы	28
2.3	Электр жетегін бағынышты жүйесінің синтездеу принциптері	30
2.4	Ішкі контуурды есептеу	32
2.5	Раус критериясы бойынша орнықтылық	35
2.6	Гурвиц критериясы бойынша орнықтылық	35
2.7	Михайлов бойынша орнықтылық	36
2.8	Найквист бойынша орнықтылық	38
2.9	Matlab ортасындағы жүйе моделі	47
	Қорытынды	49
	Қолданылған әдебиеттер тізімі	50

КІРІСПЕ

Бұл дипломдық жұмыстың мәні жүйелердің динамикалық қасиеттерін бағалау және түзету және АСУТП-да оңтайлы басқару параметрлерін анықтау (технологиялық процесті оңтайландыру міндеті), сызықтық емес жүйелердегі өздігінен тербеліс режимдерінің параметрлерін, әдетте амплитудасы $-A$ және өздігінен тербеліс жиілігі түрінде анықтау – ω_a

АБЖ синтезі оны жобалаудың бір кезеңі болып табылады, оның алдында кем дегенде келесілер болады:

Реттеу объектісін оның динамикалық қасиеттері мен қолданылу шарттарын анықтау үшін зерттеу. Динамикалық қасиеттер теориялық немесе эксперименттік жолмен анықталады, көбіне екі жол бір уақытта қолданылады. Зерттеу нәтижелері дифференциалдық теңдеу (дер) немесе беру функциясы немесе жиіліктік сипаттама түрінде жазылады.

Автоматтандыру объектісі автоматты басқару жүйесінің бөлігі болып табылады, сондықтан оның қасиеттері тұтастай жүйенің жұмысы мен басқару сапасына тікелей әсер етеді. Автоматты басқару жүйесін дұрыс құру үшін басқарылатын объектінің сипаттамаларын білу қажет.

Басқару жүйесінің синтезі жүйенің рационалды құрылымын табуға және оның жеке буындарының параметрлерінің оңтайлы мәндерін орнатуға бағытталған түпкілікті мақсатты бағытталған есептеу ретінде түсініледі. Синтез негізіне қатысты қазіргі кезде әртүрлі көзқарастар бар.

Синтезді вариациялық есептің мысалы ретінде түсіндіруге болады және жүйенің дизайны берілген жұмыс жағдайлары үшін (басқару бұзылыстары, шу, уақыт шектеулері және т.б.) теориялық минимум қателігі қарастырылатын болады.

1 ЖАЛПЫ БӨЛІМ

1.1 Жалпы мағлұматтар

Жүйелік талаптарды тұжырымдау және басқару объектісінің параметрлерін есептеу

Сонымен, жүйенің реттеу ауқымы $D = 50 \dots 10000$ аралығында болуы керек деп санаймыз.

Белгілі бір түрлендіргіштің схемасына және басқару жүйесінің түйіндеріне байланысты. Сонымен қатар, жүйе қамтамасыз етуі керек динамикалық көрсеткіштерге:

- 1) іске қосу және тежеу кезінде үдеудің тұрақтылығы;
- 2) тербелістерді үйлестіру үдеуінің инварианттылығы;
- 3) ағымдағы асып түсу - 30% -дан аспайды;
- 4) жылдамдықтың асып түсуі - 5% -дан аспайды;
- 5) 2% -дан аспайтын жүктеме толқынымен жылдамдықтың динамикалық төмендеуі;

Тұрақты ток қозғалтқышын түрлендіргіштер арқылы басқару үшін біз дәйекті түзету жүйесін, құлды басқару жүйесін қолданамыз. Тізбектелген түзетумен жүйелердің артықшылығы - кез келген реттелетін параметрлерді берілген деңгейге дейін шектеу ыңғайлылығы. Көрсетілген параметрлерді қажетті деңгейде ұстап тұру жабық басқару жүйелерін құру және түзету сілтемелерін, реттеушілерді енгізу арқылы сапа көрсеткіштерін жақсарту арқылы жүзеге асырылады.

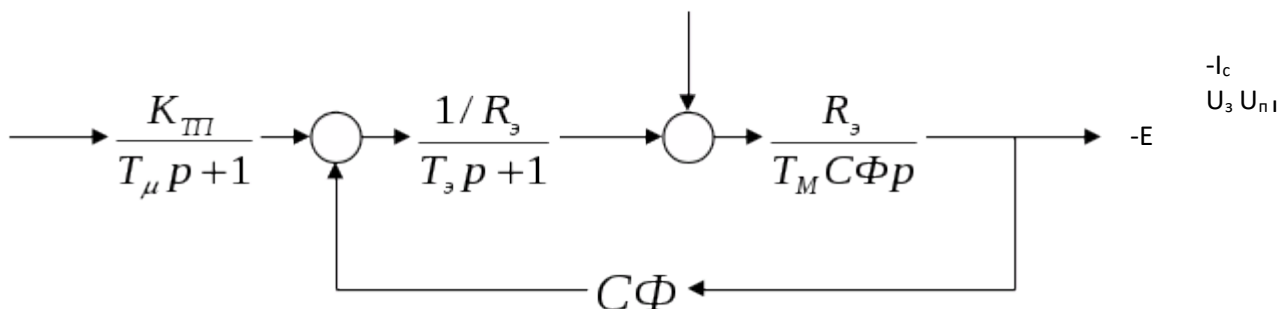
Құрылымдық диаграмманы құру кезінде тиристорлық қоздырғыш беру функциясы бар бірінші ретті инерциялық сілтеме арқылы ұсынылады

$$W_{\Pi}(s) = \frac{K_{\Pi}}{T_{\mu} s + 1} \quad (1.1)$$

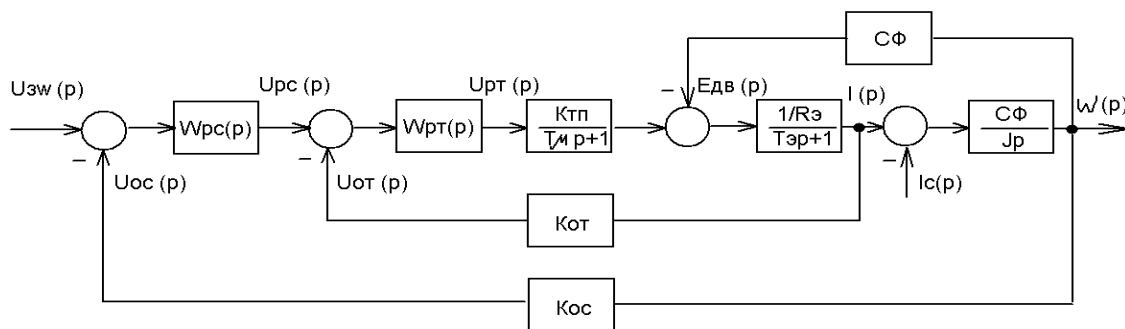
мұндағы K_{Π} - тиристор қоздырғышының күшеюі;

T_{μ} - тиристорлық түрлендіргіштің уақыт константасы.

1.1-суретте басқару объектісінің блок-схемасы көрсетілген.



1.1 сурет - Басқару объектісінің блок-схемасы



Сурет 1.2 - Қозғалтқыштың сызықтық басқару жүйесінің блок-схемасы

Те және ТМ электромагниттік және электромеханикалық уақыт константаларын анықтаңыз:

$$T_{\varepsilon} = \frac{L_{\varepsilon}}{R_{\varepsilon}} = \frac{0.017}{0.2436} = 0.0695 \text{ c}$$

$$T_M = \frac{J R_{\varepsilon}}{(C\Phi_H)^2} = \frac{76.95 \cdot 0.2436}{(10.7)^2} = 0.1637 \text{ c} \quad (1.2)$$

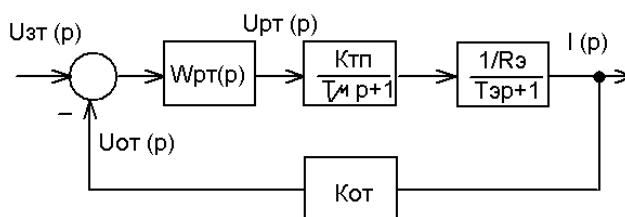
Қозғалтқыштың жылдамдығы мен ЭҚК арасындағы пропорционалдылық коэффициентін анықтаңыз:

Ішкі цикл ток реттегішінен, тиристорлық түрлендіргіштен, якорь тізбегінен қалыптасады және ток кері байланысы және беру коэффициентімен жабылады.

Оңтайландырылған цикл жылдамдықты басқару цикліндегі басқару объектісінің ажырамас бөлігі болып табылады; БӨ басқару жүйесінің динамикалық сапалары көбіне оның жұмысына байланысты.

Көп жағдайда электр тогының өзгеру жылдамдығымен салыстырғанда ЭҚК-нің салыстырмалы түрде баяу өзгеруіне байланысты қозғалтқыштың ЭҚК-нің ішкі тізбектің жұмысына әсерін ескермеуге болады.

Егер ЭҚК әсері ескерілмесе, құрылымдық сызба 1.3 суретте көрсетілген



1.3 Сурет - Ағымдағы контурдың блок-схемасы тең болуы керек

Демек: Бұл тізбекте өтелмеген кіші тұрақты $T_{\mu} = 0,005$ с Реттегіш орташа және үлкен уақыт константаларымен және тізбектегі қалған буындардың берілу коэффициенттерімен барлық буындардың орнын толтыруы керек. Сонымен қатар, контроллерде қосымша интегралдау қасиеттері болуы керек, оның уақыт константасы $T_{от} = 2T_{\mu}$.

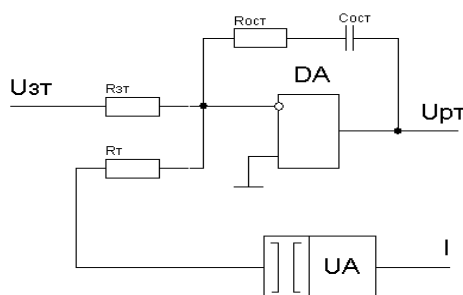
$$W_{РТ}(P) = K \frac{T_{\varepsilon}P + 1}{P} \quad (1.3)$$

$T_{от} = 2T_{\mu}$ – ағымдағы контурдың уақыт тұрақтысы;
 K_T – ағымдағы кері байланыс коэффициенті.

$$K_T = \frac{U_{ЗТМАХ}}{I_{МАХ}} = \frac{10}{900} = 0.011 \quad (1.4)$$

$$W_{РТ} = 23.77 \frac{0.0695P + 1}{P} \quad (1.5)$$

Сонымен, ағымдағы реттегіш пропорционалды-интегралды реттеуші болып табылады. Ток реттегішінің функционалдық сызбасы 1.3 суретте көрсетілген



1.4 Сурет - Ток реттегішінің функционалдық сызбасы

Қозғалтқыштың жылдамдығын басқару циклінің құрамдас бөліктері басқарылатын объект болып табылады, оған оңтайландырылған ток контуры және электр жетегінің механикалық бөлігі, жылдамдық сенсоры және жылдамдық реттегіші кіреді.

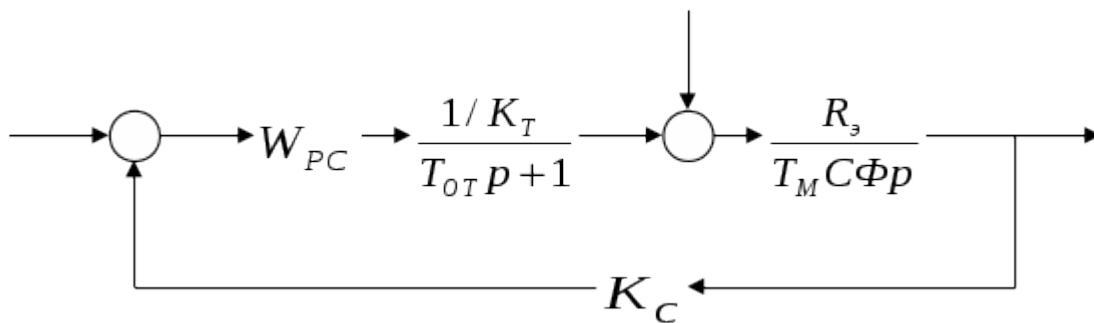
Зерттелген электржетекте жылдамдықты сақтау дәлдігіне жоғары талаптар болмағандықтан, жылдамдық реттегішін модульдік оптимумға келтіру жеткілікті болады.

$$W_{opt}^{(\varphi)} = \frac{\frac{1}{K_{OT}}}{2 \cdot T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1) + 1} \quad (1.6)$$

Жылдамдық циклын оңтайландыру кезінде бүктелген ток циклы бірінші ретгі сілтеме арқылы ұсынылған деп есептейміз. Әдеттегі модульдік оңтайландырылған жабық циклды беру функциясы келесі түрге ие:
Жабық ток контурының жеңілдетілген беру функциясы келесі түрге ие:

$$W_{opt}^{(\varphi)} = \frac{\frac{1}{K_{OT}}}{2 \cdot T_{\mu} p + 1} \quad (1.7)$$

Міне, жылдамдық циклінің блок-схемасы:



1.5 Сурет - Жылдамдық циклінің блок-схемасы

Жылдамдық контроллерін беру функциясы:

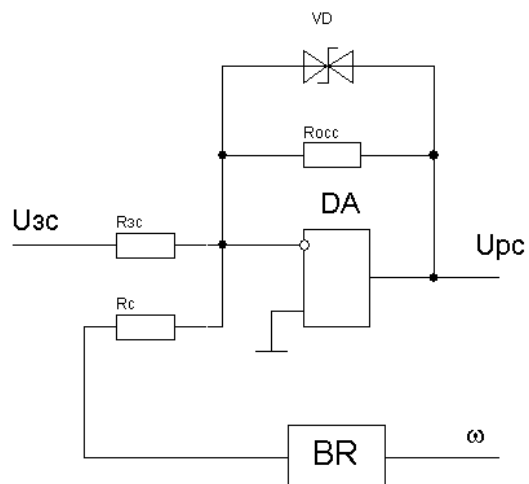
$$W_{PC} = \frac{K_T T_M \Phi_H}{R_3 K_C K_{KC}} = K_{PC} \quad (1.8)$$

$$K_{PC} = \frac{0.011 \cdot 1637 \cdot 0.7}{0.2436 \cdot 0.191 \cdot 0.02} = 20.7 \quad (1.9)$$

$T_{KC}=0.02$ –постоянная времени контура скорости; $\mu=4T$
 K_C – кері байланыс коэффициенті.

$$K_C = \frac{U_{3CMAX}}{\omega_{MAX}} = \frac{10}{52.33} = 0.191 \quad (1.10)$$

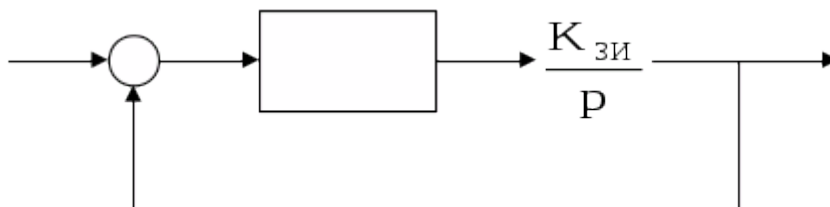
Осылайша, бізде Р жылдамдығын реттеуші бар. Функционалды диаграмма 1.5-суретте көрсетілген



1.6 Сурет - Жылдамдық реттегішінің функционалдық сызбасы

Жылдамдық генераторын есептеу

Динамикалық тогы тоқтау токынан төмен қозғалтқыштың үдеуі мен тежелуі үшін жылдамдықтың генераторы қолданылады, ол сілтеменің қадамдық сигналын уақыт бойынша сызықтық өзгеретін сигналға айналдырады. Рампа-функция генераторының шығыс сигналының тұрақты күйінің мәні 10 В құрайды.



1.7 Сурет - Қарқындылық генераторының блок-схемасы

Біз қозғалтқыштың динамикалық тогын қабылдаймыз:

$$I_{\text{ж}} = 1.5 \text{ К} = 1.5 * 60 = 540 \text{ А} \quad (1.11)$$

$$M_{\text{сф I}} = 0.75405778 \text{ Нм} \quad (1.12)$$

Номиналды жылдамдыққа дейін үдеу уақыты:

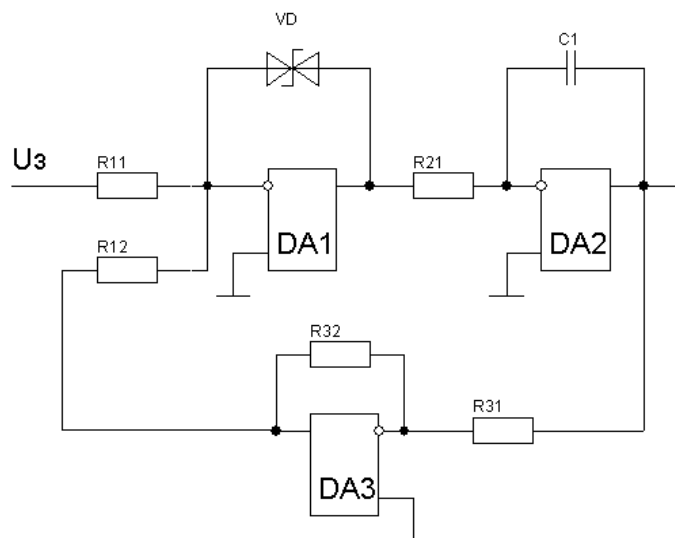
$$t_p = \frac{J_{\text{эH}}}{M_j} = \frac{76.95 \cdot 52.33}{5778} = 0.7 \text{ с} \quad (1.13)$$

Тұрақты күйде рампа генераторының шығыс кернеуі шығыс эталондық кернеуіне тең

$$U_{\text{зис.уст}} = U_3 = U_0 \cdot K_{\text{зи}} \cdot t_p \quad (1.14)$$

$U_0=1 \text{ В}$, $U_3=10 \text{ В}$:

$$K_{\text{зи}} = \frac{U_3}{U_0 t_p} = \frac{10}{1 \cdot 0.7} = 14.35 \quad (1.15)$$



1.8 Сурет - Қарқындылық генераторының функционалдық сызбасы

Позиция контроллерін есептеу

Реттегіштің беру функциясы келесідей болады:

$$W_{\text{рп}}(P) = K_{\text{рп}} \quad (1.16)$$

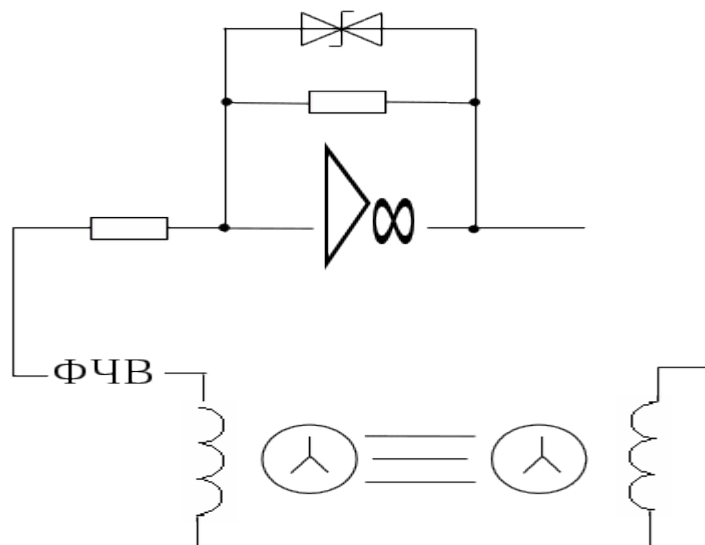
Позиция контроллерінің берілу коэффициенті:

$$K_{\text{рп}} = \frac{K_c R_{\partial}}{K_{\text{п}} K_{\text{ст}}} = \frac{0.191 \cdot 4.76}{0.025 \cdot 9.92 \cdot 2.33} = 2 \quad (1.17)$$

$$\varepsilon_{\partial} = \frac{\omega_H}{\Delta t} = \frac{52.33}{0.7} = 74.76 \quad (1.18)$$

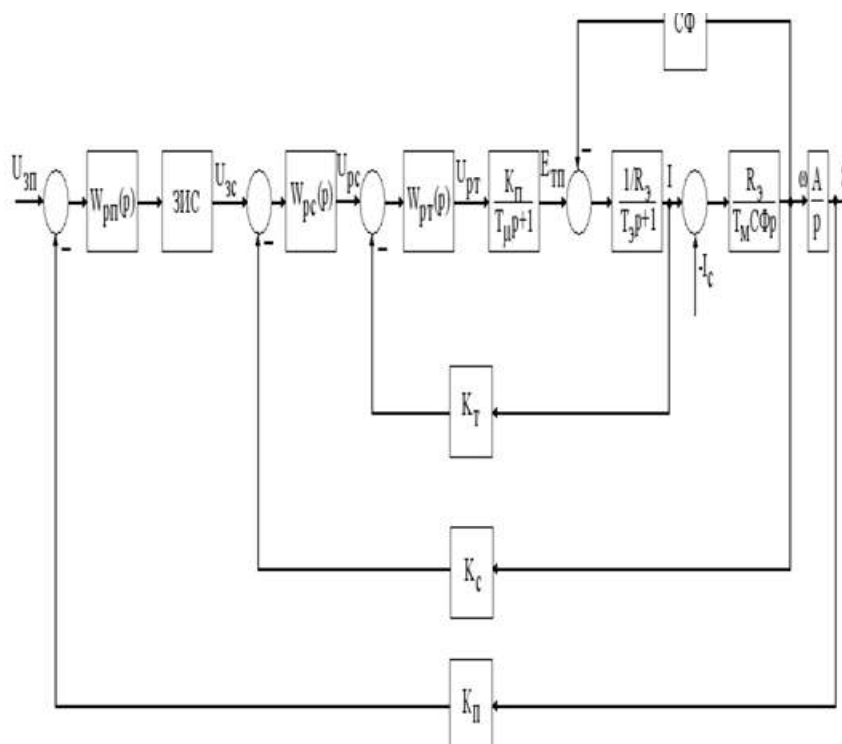
$$A = \frac{S_{\text{кр}\partial} \varepsilon}{(\omega_H)^2} = \frac{400 \cdot 74.76}{52.33^2} = 10.92 \quad (1.19)$$

Кері байланыс:

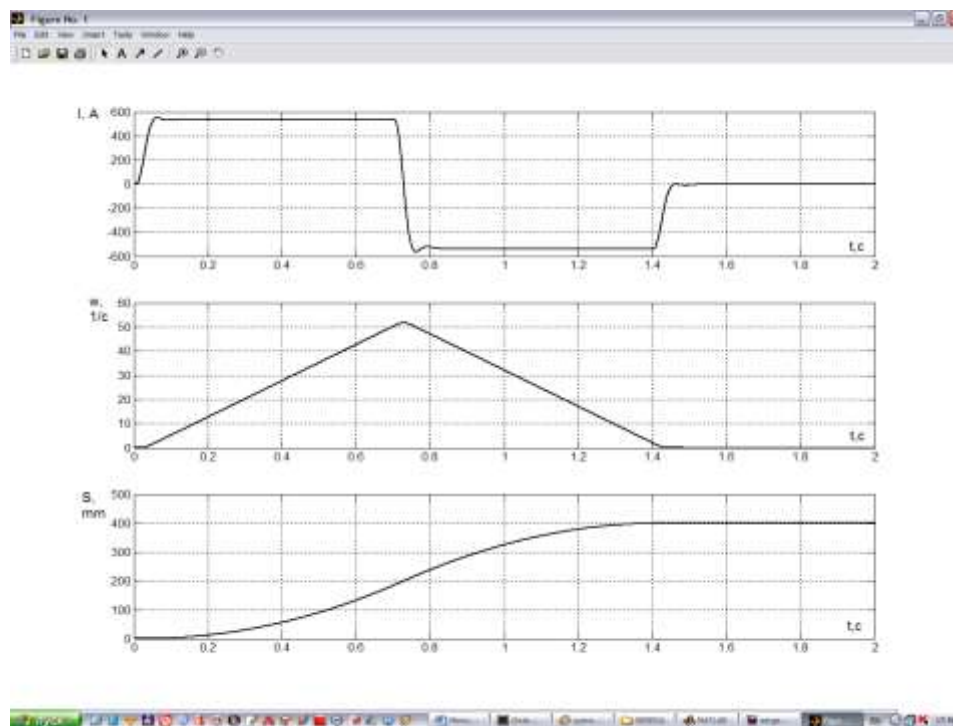


1.9 Сурет - Позиция реттегішінің функционалдық сызбасы

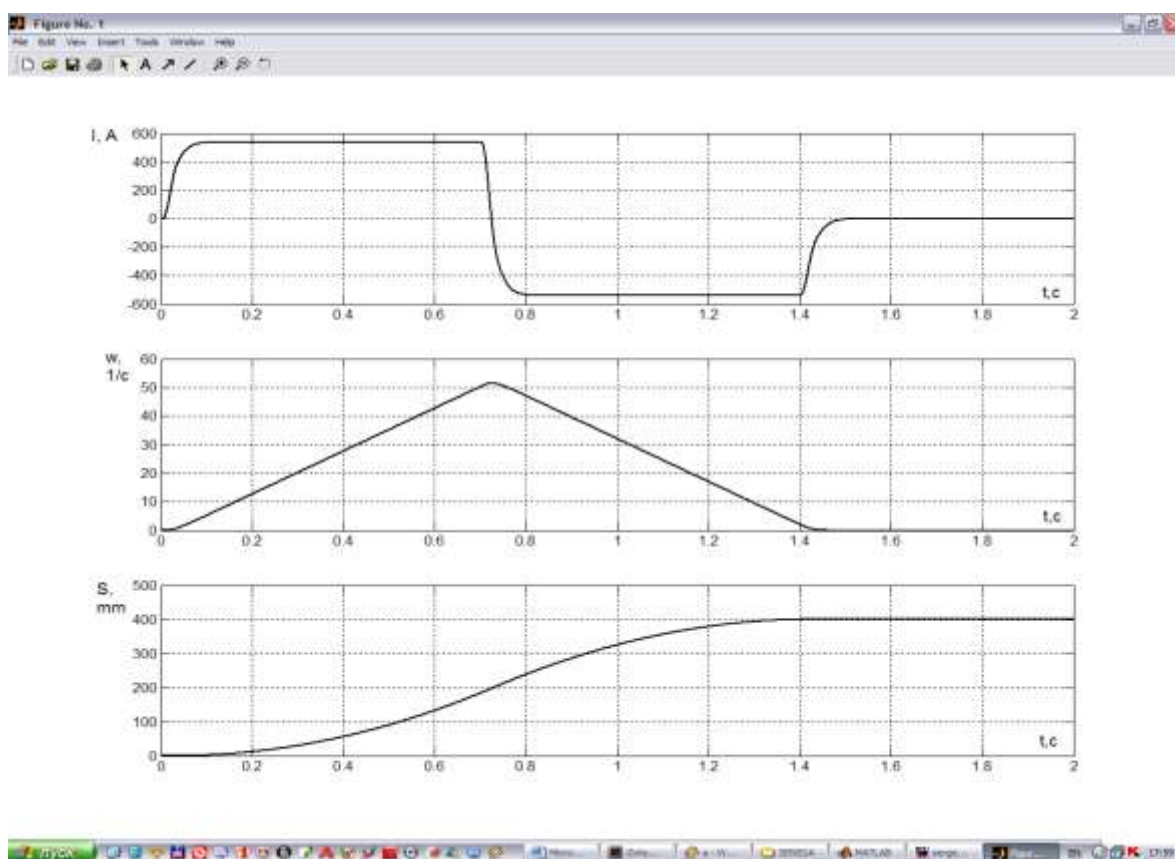
Бағынышты басқару жүйесінің толық блок-схемасы 1.9-суретте, функционалдық схемасы көрсетілген



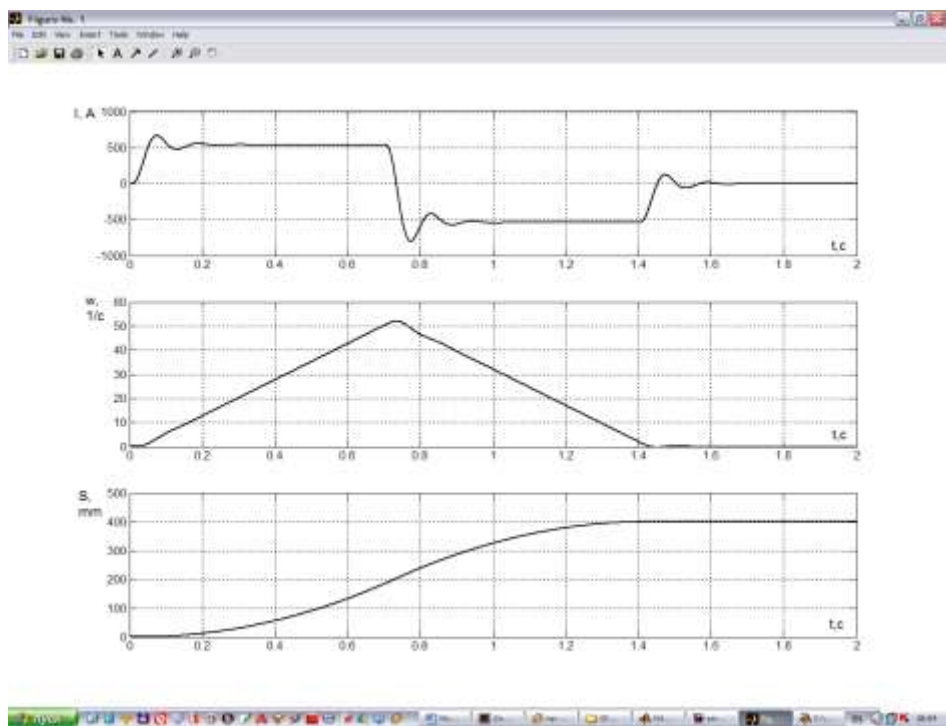
1.10 Сурет - Құлдарды басқару жүйесінің толық блок-схемасы



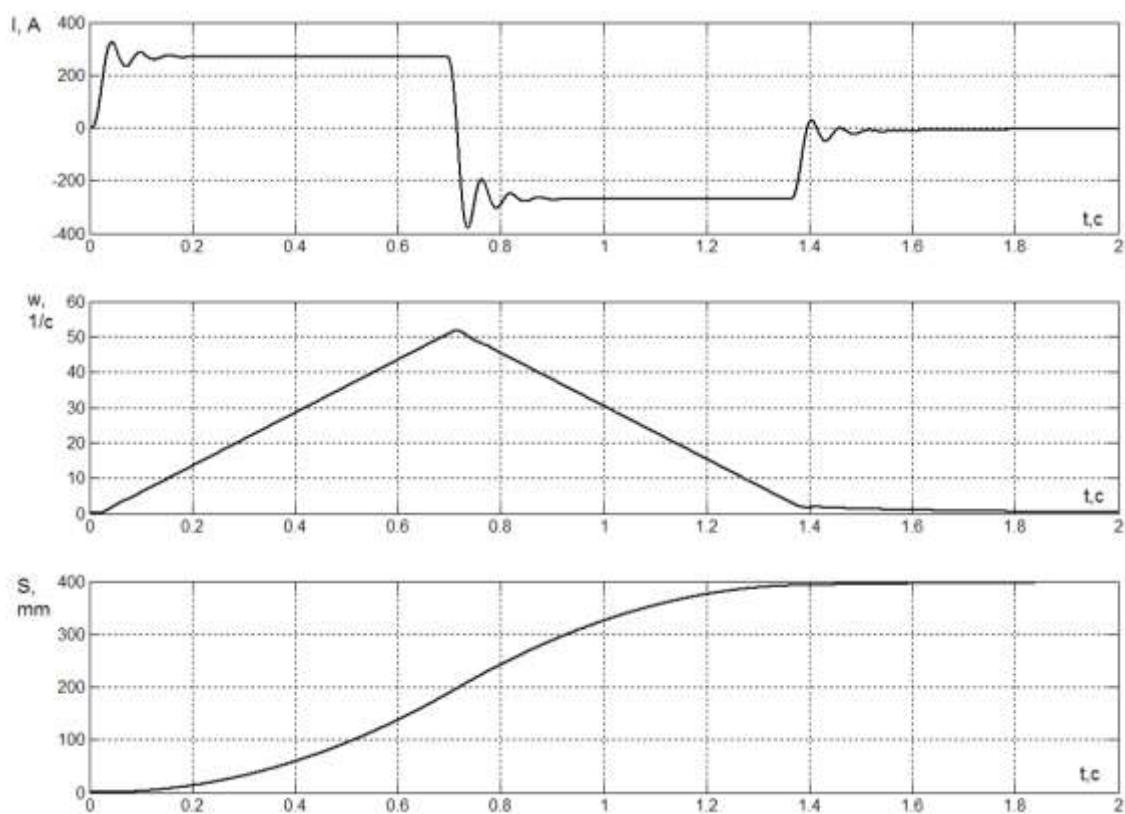
1.11 Сурет - Дизайн параметрлері бар өтпелі процестер



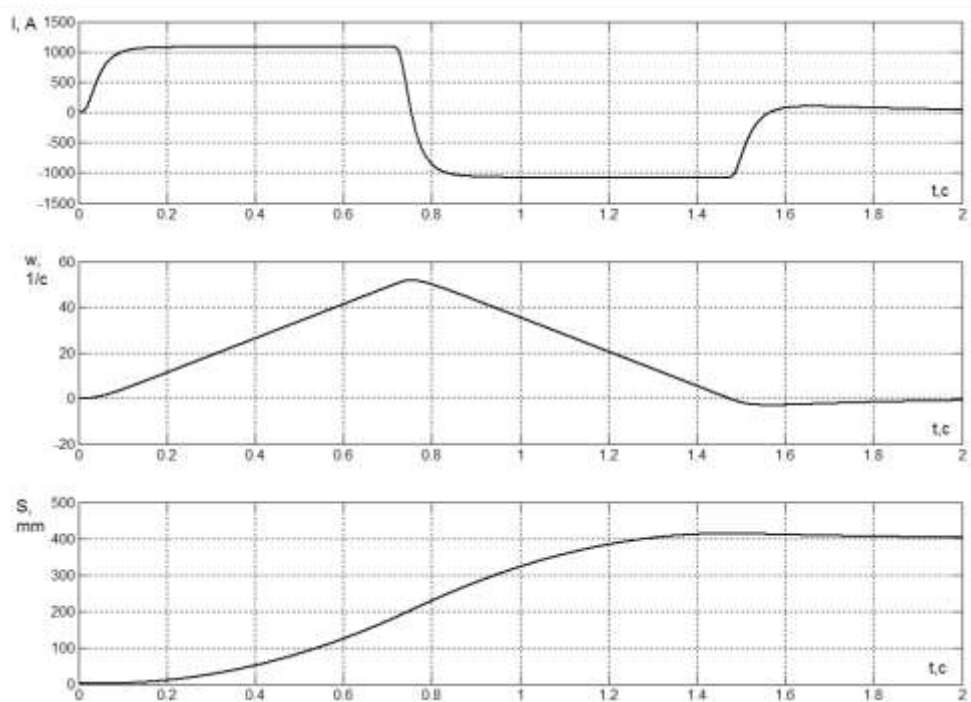
1.12 Сурет - ТС 2 есе төмендеуімен өтпелі процестер



1.13 Сурет - ТК-нің 2 есе ұлғаюымен өтпелі процестер



1.14 Сурет - ТМ-нің 2 есе төмендеуімен өтпелі процестер



1.15 Сурет - ТМ-нің 2 есе ұлғаюымен өтпелі процестер

Имитация Тр-ді азайту жүйеде тербеліс пен асып түсуді төмендететінін көрсетті. ТК-нің жоғарлауы жүйеде тербеліс пен шамадан тыс түсуді едәуір арттырады. ТМ-нің төмендеуімен жүйеде асып түсу жоғарылайды, бірақ қозғалтқыш тогының тұрақты мәні азаяды. ТМ-нің 2 есе ұлғаюы қозғалтқыш тогының және үдеу уақытының ұлғаюына әкеледі, бірақ өз кезегінде асып түсуді айтарлықтай азайтады.

Белгілі бір механизм механизмдерінің электржетегін басқару жүйесін әзірлеу кезінде реттегіштердің аналитикалық дизайнын сәтті қолдануға болады, оның көмегімен электр жетегінің қозғалысын қамтамасыз ететін құрылымдық басқару схемалары синтезделеді, берілген сапа критерийі.

Оңтайлы басқару жүйелерін синтездеу мәселелерін шешудің ең перспективалысы - Р.Беллманның динамикалық бағдарламалау әдісі.

Бұл әдісті оңтайлылық критерийі ретінде интегралдық қатенің минимумын қолдану қолдану контроллер үшін оңтайлы басқару алгоритмін алуға мүмкіндік береді, бұл тек қабылданған функционалды сапаны ғана емес, сонымен қатар фазалық координаттар қозғалысының тұрақтылығын қамтамасыз етеді. басқару объектісі.

Егер басқару объектісінің қуат бөліктері сызықтық дифференциалдық теңдеулермен сипатталса және оңтайлылық критерийі ретінде интегралды квадраттық қатенің минимумы қабылданса, осы техниканы қолдану арқылы фазалық координаттар функциясында басқарудың оңтайлы алгоритмдерін алуға болады. Бұл осындай басқару жүйесін оңай енгізуді қамтамасыз етеді, өйткені барлық кері байланыстар қиын. Алайда білікте статикалық момент болған кезде туындайтын мұндай жүйенің статикалық қателігі нөлге тең емес

және шамасы бойынша жеке интегралданатын сызықтық жүйенің қателігіне жақын.

Осыған байланысты, тек бір шығыс координатасында икемді кері байланыс жүйесі құру қажет. Мұндай жүйенің статистикасы нөлге тең, ол талаптарға сәйкес келеді.

Жылжымалы режимде жұмыс істейтін релелік элементтерді фазалық координаталық реттегіштер ретінде пайдалану тұрақтылықты жоғалтпастан өте үлкен коэффициенттерді алуға мүмкіндік береді. Бұл басқаруды оңтайландыруды ғана емес, жүйенің параметрлік бұзылыстарға өзгермейтіндігін қамтамасыз етеді.

Құрылымдық тұрғыдан зерттелген басқару жүйелерінде айналу моменті, ішкі және сыртқы жылдамдық циклдары және позициялық цикл бар. Позицияны басқару циклы «симметриялық оптимумға» келтірілген. Момент пен жылдамдықтың басқару циклдарын оңтайландыру баптау жағдайынан техникалық оптимумға дейін жүзеге асырылады. Бұл жағдайда тек қозғалтқыштың бұрыштық және жылдамдық сенсорларының қатысуымен динамикалық қадағалау қателіктерін анықтайтын жиіліктің өткізу қабілеттілігі осының механикалық резонанс жиіліктерінің және массаның арақатынасының ең төменгі деңгейімен шектеледі.

Басқару тісті берілістер осьтерінің қаттылығы жағдайында жүйенің өткізу қабілеттілігін кеңейту екінші массаның айналу жылдамдығы туралы қосымша кері байланыс енгізген кезде мүмкін болады.

$K_1 = 0,1$ және $K_2 = 0,9$ тізбектердің кірісінде екінші массаның жылдамдығы мен орналасуы туралы қосымша кері байланыстар енгізу жоғары жылдамдықты ішкі жүйенің жиілік өткізу қабілеттілігін кеңейтуге мүмкіндік береді. Таңдалған құрылымы бар жүйеде эталондық әрекеттерге қатысты екінші ретті астатизм бар, яғни идеалды бұрыштық сенсормен ол жүйенің тұрақты және сызықтық түрде өсетін сілтеме сигналдарымен жұмыс істеген кезде тұрақтылықтың нөлдік мәндерін қамтамасыз етеді.

Жүйелік модельдеу нәтижелерін талдау динамикалық қателіктерді азайту және тегіс қадағалау жылдамдығының төменгі шекарасын төмендету мүмкіндігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді, бұл жоғары жылдамдықты ішкі жүйенің жиіліктерінің өткізу қабілеттілігін кеңейтуге пропорционалды. Жылдамдық сенсоры немесе екінші массаның жағдайы болмаса, толық өлшемді бақылаушыны қолдану мүмкіндігі зерттелді, оның моделі ОА моделін толығымен қайталайды.

Екінші массада жел жүктемесінің болуымен байланысты бағалау қателіктерін азайту үшін бақылаушы күйінің айнымалыларының векторы жел жүктемесінің қалпына келтірілген сәтімен толықтырылды. Имитациялық нәтижелерді талдау басқару жүйесінің бөлігі ретінде толық өлшемді бақылаушыны қолдану бірінші массаның құрғақ үйкеліс моментінің болуымен шектеледі деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Құрғақ үйкеліс моментінің болуы екінші массаның жылдамдығын қатемен бағаланады және жүйенің жабылуы мүмкін болмай қалады.

Таңдалған құрылымы бар жүйеде бақылаушыны қолданудың тиімділігі көбіне білік механизмінің параметрлерін анықтау және қозғалтқыш білігіндегі жүктеме моментін анықтау дәлдігімен байланысты.[1,2]

1.2 Жетектердің жіктелуі және оған қойылатын талаптар

Жетекке қойылатын талаптар:

Технологиялық машинаның жетегіне қойылатын негізгі талаптар:

- жетектің дизайны оның негізгі функциясын орындауы керек - жетектердің есептелген жылжуын қамтамасыз ету. Құрылғылардың заңдылықтары, мөлшері мен қозғалыс жылдамдығы осы машинаның техникалық құжаттамасында көрсетілген параметрлерге сәйкес келуі және машинаның мақсаты мен технологиялық мүмкіндіктеріне толығымен сәйкес келуі керек;

- қозғалыстар минималды қателікпен жүргізілуі керек. ИЕТ өндірісіне арналған жабдықтар дәлдігі бойынша жалпы машина жасау техникасынан асып түседі.

Кейбір жағдайларда микрометрдің оннан бірімен өлшенетін орын ауыстыру қателігі ИЕР өнімдері үшін катастрофалық үлкен және қабылдамауға әкеледі. Толеранттылықтың ең жоғары тығыздығы - электронды жабдықтың ерекшеліктерінің бірі;

- дискінің ұтқырлығы болуы керек - оны орнату және қайта конфигурациялау оңай және жылдам. Осы талапты іске асыру технологиялық режимдерді өзгертуге немесе басқа параметрлермен бұйымдар өндірісіне ауысуға мүмкіндік береді;

- вакуумдық технологиялық қондырғыда жетек газ өткізгіштігін, газдың эволюциясын және микробөлшектер - тозу өнімдерін шығаруды азайтуға арналған арнайы талаптарды қамтамасыз етуі керек. Бұл талап органикалық түрде келесі талаппен байланысты;

- электронды жабдықтың технологиялық жабдықтарының сенімділігіне қойылатын талап ерекше, өйткені оның функцияларын орындау қабілеті бірқатар жағдайларда разрядталған (вакуумдық) немесе бақыланатын ортада, қатты төзімділік жағдайында, кейде жоғарылаған кезде жүзеге асырылады. температура.

Өнімдерді өңдеу негізінен күштік емес сипатта болғандықтан, жетектің сенімділігіне айтарлықтай әсер қозғалтқыш механизмдерінің физикалық бұзылуынан емес («жұмыс істемей қалуы»), бірақ олардың кейбіреулері жетектің параметрлері төзімділіктен шыққан («параметрлік ақаулық» деп аталады). Мысалы, орын ауыстыру қателіктерін жоғарылату, газ өткізгіштігінің жоғарылауы және сол сияқтылар;

- шығыс буынында жетекте қажетті күш пайда болуы керек. Өнеркәсіптің технологиялық машиналарына тән ерекшелік - өнімге күш әсерінің болмауы.

Осы себептен, жетекте дамыған күш негізінен қозғалысқа қарсы тұру күштерін жеңуге бағытталған;

- жетектің жетек элементтеріне әсер ететін жүктемелерге төзімділігі жеткілікті болуы керек;

- жоғары тиімділік - техникалық жағынан жетілген жетекті құруға және тұтынылған энергияны пайдалы жұмысқа айналдырудың тиімділігін көрсетуге бағытталған талап;

- жетектің ықшамдылығын қамтамасыз ету талабы маңызды, бұл кеңістіктің жетіспеушілігі жағдайында, мысалы, басқарылатын ортасы бар технологиялық камераның ішіне орналастырылған кезде ерекше маңызды болады;

- минималды шығындар осындай диск жетегінің дамуын болжайды, оның дизайны оны жасауға аз шығындар қажет етеді.

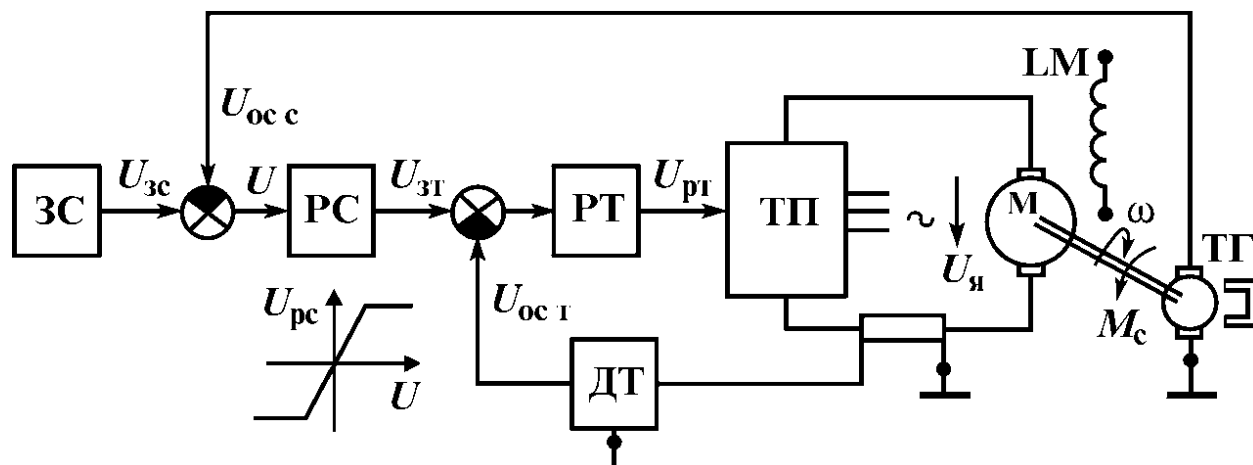
Жоғарыда көрсетілген талаптардың тізімі толық емес, өйткені кейбір машиналық жетектер үшін минималды тербелістерді талап ету маңызды болуы мүмкін (проекциялық оптикалық-механикалық жабдық немесе жоғары жылдамдықты жартылай өткізгішті құйма кесетін жабдық және т.б.), басқалары үшін майлаудың болмауы (вакуумдық жетектер немесе резеңкелі пневматикалық жетектер) құбырлар) және т.б.[3]

1.3 Электр жетектерін бағыңқы реттеу жүйесі

Тиристорлық түрлендіргіш - қозғалтқыш (TP - D) жүйесі бойынша жеке электр жетегі бар заманауи отандық бұрғылау қондырғыларында басқару блогына қосылған бағынышты басқару жүйелері кең таралған негізгі механизмдері болып табылады. Бұл жағдайда басқару кезеңдерінің саны электр жетегінің басқарылатын айнымалыларының (координаттарының) санына тең, олардың әрқайсысының жеке контроллері бар.

Тұрақты электр жетегінің құлдық басқаруының екі тізбекті жүйесінің функционалдық сызбасы суретте көрсетілген. 1. Тізбек жылдамдықты басқарудың сыртқы (негізгі) контурын және оған сәйкес РС және РТ жылдамдық реттегіштерімен оған бағынатын ішкі токты басқару контурын қамтиды.

Жылдамдықты реттегіштен ток реттегішінің кірісіне ток параметрінің сигналы беріледі i/z , ал ДТ ток датчигінен - якорь тогының нақты мәніне сәйкес келетін теріс кері байланыс сигналы. Өз кезегінде, жылдамдықты реттегіштің кірісінде ZS жылдамдықты басқару блогы қалыптастырған ss берілген жиіліктің сигналдары және TG тахогенераторынан алынған Ios s жылдамдықтағы кері байланыс қорытындыланады.



1.16 Сурет - Электр жетегінің құлдық басқаруының екі тізбекті жүйесінің функционалды электрлік сызбасы

Жұмыс машинасының атқарушы органының орын ауыстыруының электржетегін бағынышты басқару жүйесі үш тізбекке ие болады. Жоғарыда аталған екі схемаға өзіндік контроллері бар саяхатты басқару циклі қосылады. Құл басқаруды басқару жүйелерінде әрбір алдыңғы реттегіштің шығыс сигналы кейінгі реттегіштің сілтеме сигналы болып табылады.

Электр жетектеріне арналған құлдықты басқару жүйелері жалпы қолданушы күшейткіші бар бұрын қолданылған жүйелермен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие, олардың кірісінде жылдамдық, кернеу, ток және т.с.с. сигнал және кері байланыс сигналдары жинақталады. Олардың кейбіріне назар аударайық:

- жиынтық қағидат негізінде әр түрлі басқару схемаларын құру мүмкіндігі, т.а. стандартты элементтердің аз санына негізделген (ұяшықтар, блоктар және т.б.);

- электржетектің күрделі технологиялық процестерді басқаруға арналған контактісіз логикалық және есептеу құрылғыларымен байланысының қарапайымдылығы;

- төмен басқару қуаты;

- заманауи технологиялар негізінде өндірілген толық сенімді элементтерді пайдалану;

- әр басқарылатын шамаға және тұтастай электр жетегі үшін басқарудың оңтайлы заңдарын жүзеге асыру мүмкіндігі;

- берілген деңгейде басқарылатын шамалардың (ток, жылдамдық және т.б.) шектелуін қамтамасыз ететін тізбектердің қарапайымдылығы;

- электр жабдықтарын жобалау, монтаждау және іске қосу бөлігінде шығындардың айтарлықтай төмендеуі және төмендеуі және т.б.

Бағынышты басқару жүйелерінде электр жетегінің координаттарын реттеу міндеті компьютерлік технологияны және электрониканың соңғы жетістіктерін қолдана отырып басқару жүйесіне жүктелген. Қолданылған элементтер базасына байланысты басқару жүйелері аналогтық, сандық және сандық-

аналогтық болуы мүмкін. Қазіргі уақытта аналогтық жүйелер отандық бұрғылау қондырғыларының негізгі механизмдерінің электр жетектерін басқару жүйелерінде қолданылады. Микропроцессорлық технология негізінде цифрлық басқару жүйелерін құру бойынша жұмыс жүргізілуде[4]

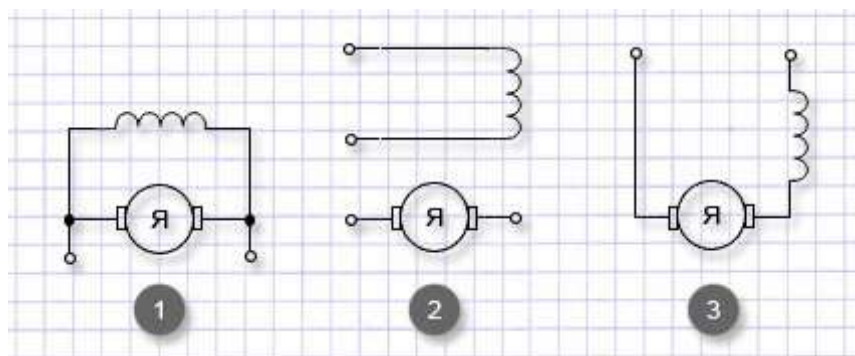
1.4 Тұрақты ток жетегінің артықшылықтары

Асинхронды электр қозғалтқыштары бар айнымалы ток жетегінің тұрақты жетектерінің жылдамдығын реттеудің кең ауқымы мен қарапайымдылығы туралы жылдан жылға танымал бола түсеміз. Асинхронды қозғалтқыштар жағынан және дизайнның қарапайымдылығынан, сәйкесінше сенімділік пен беріктіктен және жоғары энергетикалық өнімділіктен.

Сонымен қатар, осы қозғалтқыштарға қажет айнымалы ток қуаты өте оңай өндіріледі, түрлендіріледі және өте үлкен қашықтыққа өте көп шығынсыз беріледі.

Алайда, тұрақты диск жетегі жақын арада бас тартпақ емес. Автономды көздерден электр энергиясын алатын электр жетектерінің кейбір түрлері «үзіліске» ауысу үшін жай ғана орынды емес деген сөз осы жерде емес. Шынында да, сіз инверторды автомобильдің батарея тізбегіне немесе тіпті күлкілі ойыншық автомобиль батареясының тізбегіне орнатпайсыз ба? Барлығы қарамастан, тұрақты ток жетегі айнымалы ток жетегіне қарағанда екі талассыз артықшылығына ие. Осы артықшылықтардың бірі тұрақты қозғалтқыштың әртүрлі электромеханикалық сипаттамаларын қалыптастыру мүмкіндігінде жатыр.

Мысалы, өріс орамасын параллель немесе тәуелсіз қосумен қозғалтқыш жылдамдығының якорь тізбегінің тоқына тәуелділігінің қатаң сипаттамасын алуға болады (1 және 2-сурет).



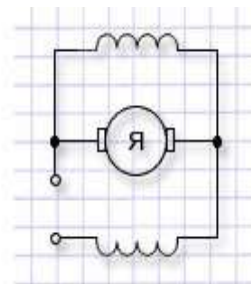
1.16 Сурет- Өріс орамасын параллель немесе тәуелсіз қосу

Егер өріс орамасы якорь орамымен тізбектей жалғанса (3-сурет), онда жетектегі жүктеме азайған кезде жылдамдық күрт өсетін қызықты электромеханикалық сипаттама пайда болады.

Қозғалтқыштың қозғалыс жылдамдығының қисығы ордината осіне асимптотикалық түрде жақындайды, сондықтан жүктеме болмаған кезде

тұрақты қозғаушы тұрақты қозғалтқыш тіпті «берілістен» шығып кетуі мүмкін, яғни ол механизмдер үшін қауіпті жылдамдықпен жұмыс істей бастайды.

Бұл электромеханикалық сипаттама электр машиналарын, мысалы, трамвайлар мен троллейбустарды жүргізу үшін өте пайдалы. Мұндай жағдайларда қозғалтқыштан іске қосу моменті қажет, ал жылдамдық жеткілікті жоғары болған кезде үлкен электромеханикалық момент қажет болмайды - жүктеме онсыз да аз болады.



1.17 Сурет Өріс орамасын параллель қосу

Тұрақты ток қозғалтқышының берілуін болдырмау үшін тасымалдаудың электромеханикалық сипаттамаларын қамтамасыз ету үшін аралас қоздыру схемасы қолданылады (суретті қараңыз). Бұл қоздыру орамасының бір бөлігі якорь орамымен тізбектей, ал бөлігі параллель қосылғанын білдіреді. Бұл жағдайда қозғалтқыштың айналу моменті де үлкен, ал жүктеме болмаған кезде жылдамдық шектеледі. Тұрақты ток жетегінің тағы бір артықшылығы туралы айтпау мүмкін емес: реттеудің кең ауқымы және оны іске асырудың салыстырмалы жеңілдігі.

Сонымен, кез-келген жүктеме кезінде қозғалтқыш білігінің қажетті айналу жылдамдығын қамтамасыз етуге болады. Мұны істеудің әдістері жеткілікті.

Қоздыру орамына қосымша кедергі енгізу арқылы жылдамдықты реттеуге болады, якорь тізбегіне кедергілерді қосуға болады немесе осы әдістерді біріктіруге болады.

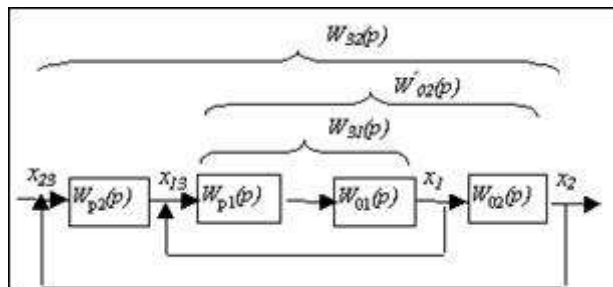
Тиристорлы-импульсті басқару жүйесін енгізу арқылы тұрақты токтың жетегін тиімді басқаруға болады. Бұл жүйе осындай диск жетектерінің артықшылықтарын толығымен бағалауға және оларды ең тиімді қуат көрсеткіштерімен басқаруға мүмкіндік береді.[5]

2 ЕСЕПТЕМЕ БӨЛІМІ

2.1 Бағынышты реттеу жүйесінің жалпы құрылымы

Тізбектелген іс-қимыл жүйесі қарапайым және оңай орнатылатын азырақ элементтерден тұрады. Тізбектелген жүйенің ерекшелігі - электр жетегінің негізгі параметрлерін бағынышты реттеу.

Тізбектей қосылған реттегіштер саны басқарылатын параметрлер санына тең. Белгіленген нүктенің сигналдары және басқарылатын параметрдің нақты мәндері әр контроллердің кірісіне беріледі, ал алдыңғы контроллер келесіге сілтеме сигналын жасайды. Шектеу жүйеге оңай енгізіледі.



2.1 Сурет- Жалпы құрылымдық диаграмма

Схемаға сәйкес басқару нысанының, мысалы, екінші циклдің беру функциясы (PF) формада жазылатын болады

мұндағы $W_{02}(p)$ - 2-ші тізбектің нақты объектісінің беру функциясы; $W_{01}(p)$ - 1-ші тізбек объектісінің беріліс функциясы; $W_{p1}(p)$ - 1 цикл реттегішінің ПФ; $W_{31}(p)$ - тұйықталған бастапқы тізбектің ПФ.

Қарастырылып отырған жүйеде әр параметрдің (координатаның) басқару циклі жүйенің синтезін едәуір жеңілдететін және сол типтегі басқару элементтерін пайдалануға мүмкіндік беретін реттегіштің әсерімен өтелетін бір ғана «үлкен» уақыт константасын қамтиды. .

SPR параметрлерін есептеу жеке контурларды дәйекті оңтайландыру арқылы жүзеге асырылады. Оңтайландыру деп тұйық циклді беру функциясын талаптарға сәйкестендіру деп түсінеміз (жылдамдық, асып түсу және т.б.)[6]

2.2 Тұрақты ток қозғалтқышының құрылымы

Тұрақты электр қозғалтқышы - тұрақты электр энергиясын механикалық энергияға айналдыратын электромеханикалық құрылғы.

Тұрақты ток электр қозғалтқышы бекітілген бөліктен - рамадан және айналмалы бөліктен - арматурадан тұрады.

Рамка - бұл қуыс болат цилиндр, оның ішкі бетінде тұрақты қозғалтқыштың шығыңқы негізгі полюстерінің жұп саны бекітілген. Бұл полюстер бір-бірінен лакпен оқшауланған электрлік болаттың жұқа

парақтарынан жиналады және кеңейтілген бөлікпен аяқталады - трапецияға жақын заңға сәйкес ауа саңылауында магниттік индукцияны бөлу үшін полюстің бөліктері.

Тұрақты қозғалтқыштың полюстері мен білігінің ортасы арқылы өтетін сызықтар оның бойлық магниттік осьтері деп аталады.

Бір немесе бірнеше тұрақты ток қоздыру орамдары полюстерде орналасқан, олар машинаның негізгі стационарлық магнит өрісін қоздыратын полюстердің ауыспалы полярлығын алу үшін өзара байланысты.

Жіңішке сымның көп бұрылыстарымен және айтарлықтай қарсылықпен қоздыру орамдары Ш1 және Ш2 деп белгіленген, ал қалың сымның аз және кедергісі төмен өрісті орамдары С1 және С2 деп белгіленген терминалдарға әкеледі.

Тұрақты ток қозғалтқышының негізгі полюстері арасында негізгі полюстерден кішірек және массивті болаттан жасалған қосымша полюстер орналасқан. Әдетте, қосымша полюстер саны негізгілердің санына тең болады, және номиналды қуаты 2 - 2,5 кВт дейінгі электр қозғалтқыштарында ғана олардың саны екі есе азаяды. Бұл полюстерде D1 және D2 белгіленген терминалдарға әкелетін қалыңдығы аз сымның аз кедергісі бар қосымша тіректердің орамасы бар.

Ауыр тұрақты электр қозғалтқыштарында полюстің бөліктерінде біліктің осіне параллель ойықтар болады, мұнда қалың сымның аз айналымымен компенсациялық орамасы бар және К1 және К2 деп белгіленген терминалдарға әкелетін кедергісі аз.

Тұрақты токқа арналған оқулық

Қоздыру орамдары, қосымша тіректер мен компенсациялық орамдар оқшауланған мыс сыммен жасалады.

Айқын көлденең қимасы бар сымдармен қосымша тіректердің орамасы оқшауланбаған, мыстан жасалған, шинаның айналасында тар спиральмен оралған, бұрылыстар арасында да, олардың арасында да, полюстің арасында да оқшаулаумен орындалады.

Тұрақты ток қозғалтқышының магнит өрісін қоздыру қуаты оның мөлшеріне байланысты оның номиналды қуатының 0,5-тен 5% -на дейін болады.

Полюс бөліктерінің беттері мен якорь магниттік тізбегі арасында ауа саңылауы бар, оның радиалды мөлшері электр қозғалтқышының номиналды қуатына және оның жылдамдығына байланысты, әдетте миллиметрдің бірнеше фракцияларынан он миллиметрге дейін өзгереді.



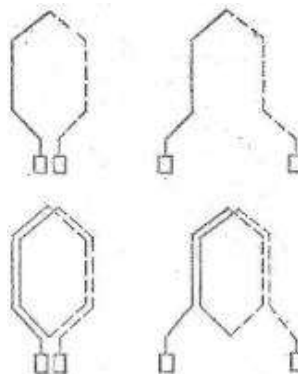
2.2 Сурет - Тұрақты ток қозғалтқышының құрылғысы

1 - жақтау, 2 - негізгі полюс, 3 - өріс орамы, 4 - полюстің бөлігі, 5 - қосымша полюс, 6 - полюстің қосымша орамасы, 7 - орамның орнын өткізгіштер, 8 - ауа саңылауы, 9 - якорь магниттік тізбегі, 10 - арматура орамасының өткізгіштері, 11 - щетка, 12 - білік, 13 - коллектор, 14 - лап.

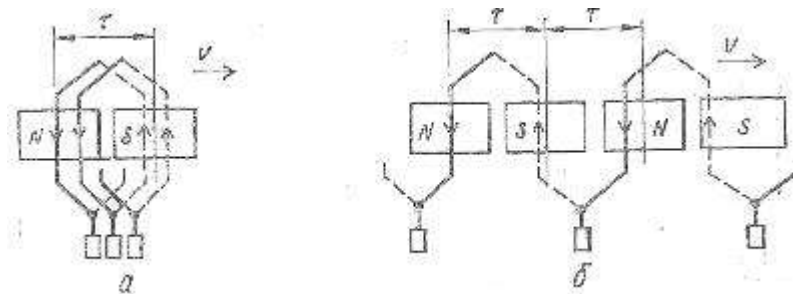
Барабан түріндегі якорь - сыртқы бетінде ойықтары бар электр болатының лакпен оқшауланған жұқа парақтарынан жасалған пакеттерден жинақталған тұрақты электр қозғалтқышының білігіне орнатылған тісті цилиндр.

Радиалды желдеткіш каналдар пакеттер арасында орналасады, ал арматура ойықтары оқшауланған мыс өткізгіштермен толтырылады, олар арматура орамасына енетін бөліктерде ұштарында бір-бірімен жалғасады.

Бөлім - басы мен соңы екі коллекторлық тақтаға дәнекерленген бір немесе бірнеше серияға қосылған бұрылыстардың арматура орамасының негізгі элементі, нәтижесінде бір секцияның соңы мен келесі басталуы жалғасады сол коллекторлық тақта.



2.3 Сурет- Тұрақты электр қозғалтқыштарының арматурасының бір және екі айналым орамдары



2.4 Сурет Контур және Толқын

Тұрақты электр қозғалтқыштарының арматура орамдарының секцияларын қосу: а - контур, b – толқын

Коллектор дегеніміз - бір-бірінен және біліктен миканитті тығыздағыштармен және манжеттермен оқшауланған, трапеция тәрізді қатты мыс тәрізді шағын плиталардан жасалған қуыс цилиндр.

Технологиялық себептерге байланысты арматура орамасы екі қабатты болып табылады, оның магниттік тізбегінің әр ойығына әр түрлі кесінділердің екі жағына орналастырады: бір ойықтың жоғарғы қабатында - қатты сызықпен көрсетілген қиманың бір жағы және қарама-қарсы негізгі полюстің астында орналасқан басқа ойықтың төменгі қабаты, - сол нүктенің екінші жағы, нүктелік сызықпен бейнеленген.

Бір секцияның екі жағы орналасқан слоттар бір-біріне қатысты полюстің бөлінуіне жақын немесе тең мөлшерде ығыса ма? - арматура айналасы бойымен іргелес негізгі полюстердің осьтері арасындағы қашықтық.[7]

2.3 Электр жетегін бағынышты басқару жүйесінің синтездеу принциптері

Дискінің ақпараттық элементтері сәйкес келмейтін өлшеуіштің элементтері болып табылады: негізгі құрылғы, кері байланыс датчигі, қосқыш.

Басқарылатын жетектің түрі ақпараттық элементтер типін таңдауды анықтайды: сызықтық немесе бұрыштық орын ауыстыру түрлендіргіштері.

Салыстырмалы бірліктерде ТК-де көрсетілген жүйенің статикалық қателігін абсолютті бірлікке жеткізейік.

$$\varepsilon_{ст}^{абс} = \frac{\varepsilon_{ст}^{отн} \cdot \varphi_{max}}{100\%} \quad (2.2)$$

$$\varepsilon_{ст}^{абс} = \frac{1.0\% \cdot 2.443}{100\%} = 0.02443 \text{ (рад)}.$$

Сәйкес келмеуіштің рұқсат етілген қателігі ТК-да көрсетілген жетектің статикалық қателігімен анықталады, бұл анықтамалық және алаңдаушылық

әсерлер үшін диск жетегінің статикалық қателіктерінің, сәйкессіздік өлшегіштің статикалық қателігінің және жетектің тікелей каналының элементтері: күшейткіш, түрлендіргіш, қозғалтқыш, беріліс қорабы. Сәйкессіздік өлшеуіштің дәлдігі қанағаттанарлық, егер ол жоспарланған жетектің техникалық сипаттамасында көзделген статикалық қателіктердің үштен бірінен аспаса.

$$\varepsilon_{\text{ир}} = \frac{1}{3} \varepsilon_{\text{ст}} \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_{\text{ир}} = \frac{1}{3} \cdot 0.02443 = 0.0081 \text{ (рад)}.$$

Сәйкессіздік өлшегішінің қателігі драйвердің (жадының) және кері байланыс датчигінің (DOS) қателіктерінің орташа квадраттық қосындысы әдісімен анықталады.

$$\varepsilon_{\text{ир}}^2 = \varepsilon_{\text{зв}}^2 + \varepsilon_{\text{доc}}^2. \quad (2.4)$$

Біз DOS және ZU датчиктері мүлдем бірдей деп есептейміз, сондықтан олар сәйкессіздік өлшегішінің статикалық қателігіне бірдей үлес қосады.

$$\varepsilon_{\text{ир}}^2 = 2\varepsilon_{\text{зв}}^2 = 2\varepsilon_{\text{доc}}^2. \quad (2.5)$$

Содан кейін 2.4 өрнектен DOS және жадтың статикалық қателері:

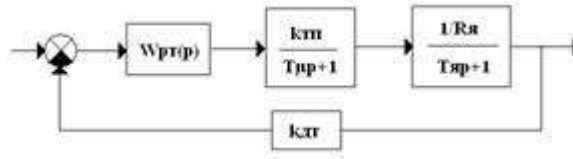
$$\varepsilon_{\text{зв}} = \varepsilon_{\text{доc}} = \frac{\varepsilon_{\text{ир}}}{\sqrt{2}} \quad (2.6)$$

$$\varepsilon_{\text{зв}} = \varepsilon_{\text{доc}} = \frac{0.0081}{\sqrt{2}} = 0.00573 \text{ рад} = 0.33^\circ = 19.698'. \quad (2.7)$$

Ақпараттық элементтерді таңдау кезінде диск жетегін жасауға арналған техникалық сипаттамалардың талаптарына сүйену қажет:

Басқарылатын жетектің түрі және статикалық датчик қатесі,
Максималды орын ауыстырулар, Жылдамдық. [8]

2.4 Ішкі контурды есептеу



2.5 Сурет-Ішкі циклдің беру функциясы

$T_{PT} = T_{Я}$.

ПИ контроллерін беру функциясы:

$$W_{PT}(p) = k_{PT}(1 + (1/T_{PT}p)) = \frac{k_{PT}(T_{PT}p + 1)}{T_{PT}p} \quad (2.8)$$

Ашық ішкі циклді беру функциясы:

$$W_{PA3}(p) = W_{OV}(p) * W_{PT}(p) = \frac{k_{TP} * k_{дт} * (1/R) * k_{PT}(T_{PT}p + 1)}{(T_{\mu}p + 1)(T_{Я}p + 1)T_{TP}} \quad (2.9)$$

Жабық ішкі циклді беру функциясы:

$$\begin{aligned} W(p) &= \frac{W_{PA3}(p)}{1 + W_{PA3}(p) * k_{дт}} = \frac{\frac{k_{TP}k_{дт}(1/R)k_{PT}(T_{PT}p + 1)}{(T_{\mu}p + 1)(T_{Я}p + 1)T_{TP}p}}{1 + \frac{k_{TP}k_{дт}(1/R)k_{PT}(T_{PT}p + 1)}{(T_{\mu}p + 1)(T_{Я}p + 1)T_{TP}p}} = \\ &= \frac{k_{TP}(1/R)k_{PT}(T_{PT}p + 1)}{T_{Я}T_{PT}T_{\mu}p^3 + (T_{\mu} + T_{Я})T_{PT}p^2 + T_{PT}p + k_{TP}k_{дт}(1/R)k_{PT}(T_{PT}p + 1)} = \\ &= \frac{k_{TP}(1/R)k_{PT}(T_{PT}p + 1)}{\frac{T_{Я}T_{PT}T_{\mu}}{k_{TP}k_{дт}(1/R)k_{PT}}p^3 + \frac{(T_{\mu} + T_{Я})T_{PT}}{k_{TP}k_{дт}(1/R)k_{PT}}p^2 + \frac{T_{PT}(k_{TP}k_{дт}(1/R)k_{PT} + 1)}{k_{TP}k_{дт}(1/R)k_{PT}}p + 1} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Нәтижесінде 3-ші ретті беру функциясы алынды, өйткені р3 (МО-ға баптау кезіндегі 2-ші реттің орнына), сондықтан р-дің қуаттылықтағы коэффициенттерді 3-ші ретті Баттеруорт сүзгісінің р-дің сәйкес коэффициенттерімен салыстыру керек, оның функциясы берілген нысаны:

$$W_{Б3}(p) = \frac{1}{8T_{\mu}^3p^3 + 8T_{\mu}^2p^2 + 4T_{\mu}p + 1} \quad (2.11)$$

П-дің сәйкес дәрежелеріндегі коэффициенттерді теңестіре отырып, келесі үш теңдікті алуға болады:

$$\frac{T_{\text{Я}} T_{\text{PT}} T_{\mu}}{k_{\text{TP}} k_{\text{ДТ}} (1/R) k_{\text{РТ}}} = 8T_{\mu}^3 \cdot \frac{(T_{\mu} + T_{\text{Я}}) T_{\text{PT}}}{k_{\text{TP}} k_{\text{ДТ}} (1/R) k_{\text{РТ}}} = 8T_{\mu}^2 \cdot$$

$$\frac{T_{\text{РТ}} (k_{\text{TP}} k_{\text{ДТ}} (1/R) k_{\text{РТ}} + 1)}{k_{\text{TP}} k_{\text{ДТ}} (1/R) k_{\text{РТ}}} = 4T_{\mu}. \quad (2.12)$$

Екі теңдікте қосындының болуымен және үшінші теңдіктегі коэффициенттердің өзара қосындысының қосындысымен байланысты теңдіктерде екіұштылық пайда болатынын көруге болады, сондықтан есептеудің келесі нұсқалары мүмкін:

А нұсқа:

$$\begin{cases} \frac{T_{\text{Я}} T_{\text{PT}} T_{\mu}}{k_{\text{TP}} k_{\text{ДТ}} (1/R) k_{\text{РТ}}} = 8T_{\mu}^3 \\ \frac{T_{\text{РТ}} (k_{\text{TP}} k_{\text{ДТ}} (1/R) k_{\text{РТ}} + 1)}{k_{\text{TP}} k_{\text{ДТ}} (1/R) k_{\text{РТ}}} = 4T_{\mu} \end{cases} \quad (2.13)$$

1-ші теңдікті 2-ге бөлсек, аламыз:

қозғалтқыштың ток сенсорын есептеу

$$\frac{T_{\text{Я}}}{k_{\text{РТ}} k_{\text{ТП}} k_{\text{ДТ}} (1/R_{\text{Я}}) + 1} \quad (2.14)$$

$k_{\text{РТ}}$:

$$\begin{cases} k_{\text{РТ}} = \frac{T_{\text{Я}} - 2T_{\mu}}{2T_{\mu} k_{\text{ТП}} k_{\text{ДТ}} (1/R_{\text{Я}}) + 1} \\ T_{\text{РТ}} = 4T_{\mu} \frac{T_{\text{Я}} - 2T_{\mu}}{T_{\text{Я}}} \end{cases} \quad (2.15)$$

$k_{\text{РТ}}$ 1-е, $T_{\text{РТ}}$

Вариант Б:

$$\begin{cases} \frac{(T_{\mu} + T_{\text{Я}}) T_{\text{РТ}}}{k_{\text{TP}} k_{\text{ДТ}} (1/R) k_{\text{РТ}}} = 8T_{\mu}^2 \\ \frac{T_{\text{РТ}} (k_{\text{TP}} k_{\text{ДТ}} (1/R) k_{\text{РТ}} + 1)}{k_{\text{TP}} k_{\text{ДТ}} (1/R) k_{\text{РТ}}} = 4T_{\mu} \end{cases} \quad (2.16)$$

А нұсқасындағыдай есептеулердің дәйектілігін орындай отырып, нәтижесінде мынаны аламыз:

$$\begin{cases} k_{PT} = \frac{T_A - 2T_\mu}{2T_\mu k_{TP} k_{DT} (1/R_A)} \\ T_{PT} = 4T_\mu \frac{T_A - 2T_\mu}{T_A + 2T_\mu} \end{cases} \quad (2.17)$$

Алынған өрнектерден, уақыттың аз болуына байланысты қателік кезінде T_μ , Біз мынаны аламыз:

Тиісінше, тұйық ішкі циклдің беру функциясы 3-ші ретті Баттеруорт сүзгісіне жақын, нумераторда $(1 + 4T_\mu P)$ сілтемесі бар алынады.

$$\begin{aligned} T_{PT} &= 4T_\mu \\ k_{PT} &= \frac{T_A}{2T_\mu k_{TP} k_{DT} (1/R_A)} \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$\begin{cases} T_{PT} = 0.04 \\ k_{PT} = 1.274 \end{cases}$$

$$W(p) = \frac{(1 + 4T_\mu P) / k_{DT}}{8T_\mu^3 p^3 + 8T_\mu^3 \frac{T_A + T_\mu}{T_A} p^2 + 4T_\mu (1 + 2T_\mu) p + 1}$$

$$W(p) = \frac{13(1 + 0.04p)}{0.000008p^3 + 0.000001p^2 + 0.0408p + 1}$$

СО-ны модельдеу кезінде біз 3-ші ретті Баттеруорт сүзгісіне сәйкес келетін, бірақ түзетусіз жіберу функциясын алуға қосымша сілтеме енгіземіз

$$W'(p) = W(p) * W_{DT}(p) = \frac{(1 + 0.04p)}{0.000008p^3 + 0.000001p^2 + 0.0408p + 1} [9]$$

2.5 Раус критериясы бойынша орнықтылық

$$y'''' + 5y''' + 13y'' + 19y' + 10y = 0$$

$$f(a) = a^4 + 5a^3 + 13a^2 + 19a + 10 = 0$$

$$a_0 = 1, a_1 = 5, a_2 = 13, a_3 = 19, a_4 = 10$$

$$\Delta_1=5>0, \Delta_2=\begin{vmatrix} 5 & 1 \\ 19 & 13 \end{vmatrix} = 46 > 0, \Delta_3=\begin{vmatrix} 5 & 1 & 0 \\ 19 & 13 & 5 \\ 0 & 10 & 19 \end{vmatrix} = 424 > 0$$

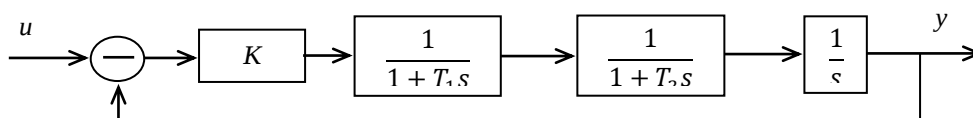
$$\Delta_4=\begin{vmatrix} 5 & 1 & 0 & 0 \\ 19 & 13 & 5 & 0 \\ 0 & 10 & 19 & 5 \end{vmatrix} = 4240 > 0$$

$\Delta_1>0, \Delta_2>0, \Delta_3>0, \Delta_4>0, y=0$ теңсіздік орнықты[10]

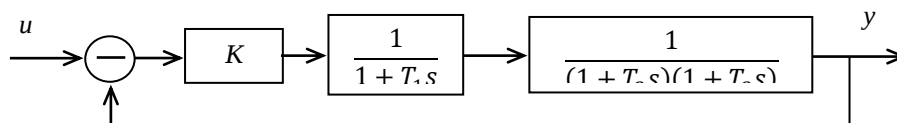
2.6 Гурвиц критериясы бойынша орнықтылықты

Сызықты жүйелердің орнықтылығын Гурвиц және Михайлов критерийлер бойынша зерттеу.

Сызықты жүйенің құрылым схемалар:



1– сурет. Астатикалы сызықты жүйенің құрылым схемасы



1.1 – сурет. Статикалы сызықты жүйенің құрылым схемасы

Есепке қажетті сан мәндері

$$T_1=0.1;$$

$$T_2=10;$$

$$T_3=0.04;$$

№1 есеп

Астатикалық сызықты жүйенің схемасы бойынша жүйенің эквивалентті функциясы:

$$W1(s) = \frac{K}{s(1 + T_1s)(1 + T_2s)}$$

Тұйықталған жүйенің беріліс функциясы

$$W(s) = K * \frac{1}{1+0.1s} * \frac{1}{1+10s} * \frac{1}{s} = \frac{K}{s(1+0.1s)(1+10s)};$$

$$W_9(s) = \frac{W(s)}{1+W(s)} = \frac{K}{s(1+0.1s)(1+10s)+K};$$

Сипаттауыш теңдеу $W_9(s)$ бөлімінетең:

$$D(s) = s(1 + 0.1s)(1 + 10s) + K = s^3 + 10.1s^2 + s + K;$$

Гурвиц критерий бойынша орнықтылық шарты:

- $K > 0, \quad a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$
- $a_0 = 1 > 0, \quad a_1 = 10.1 > 0, \quad a_2 = 1 > 0, \quad a_3 = K > 0$
- $10.1 * 1 - 1 * K > 0$
- $K < 10.1$
- $0 < K < 10.1$

Жүйенің орнықтылығын $0 < K < 10.1$ осы аралықта Гурвиц критерийі бойынша зеріейміз

Әр K мәніне $K=4$ орнықты, $K=10.1$ орнықтылық шекарасында, $K=13$ орнықсызқойып шығарамыз.

1) $K=4$

Сипаттауыш теңдеуі:

$$D(s) = s(1 + 0.1s)(1 + 10s) + 4 = s^3 + 10.1s^2 + s + 4$$

- $K > 0, \quad a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$
- $a_0 = 1 > 0, \quad a_1 = 10.1 > 0, \quad a_2 = 1 > 0, \quad a_3 = 4 > 0$
- $10.1 * 1 - 1 * 4 > 0$
- $6.1 > 0$ шарт орындалды жүйе орнықты[11]

2.7 Михайлов бойынша орнықтылық

Михайлов критерийіне сәйкес орнықтылық шарттарын іздеу

$$D(s) = s(1 + 0.1s)(1 + 10s) + 4 = s^3 + 10.1s^2 + s + 4$$

$$H = \begin{vmatrix} 10.1 & 4 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 10.1 & 4 \end{vmatrix}$$

- $a_0 = 1 > 0, \quad a_1 = 10.1 > 0, \quad a_2 = 1 > 0, \quad a_3 = 4 > 0$
- $a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$
- $10.1 * 1 - 1 * 4 > 0$
- $10.1 - 4 = 6.1 > 0$ жүйе орнықты

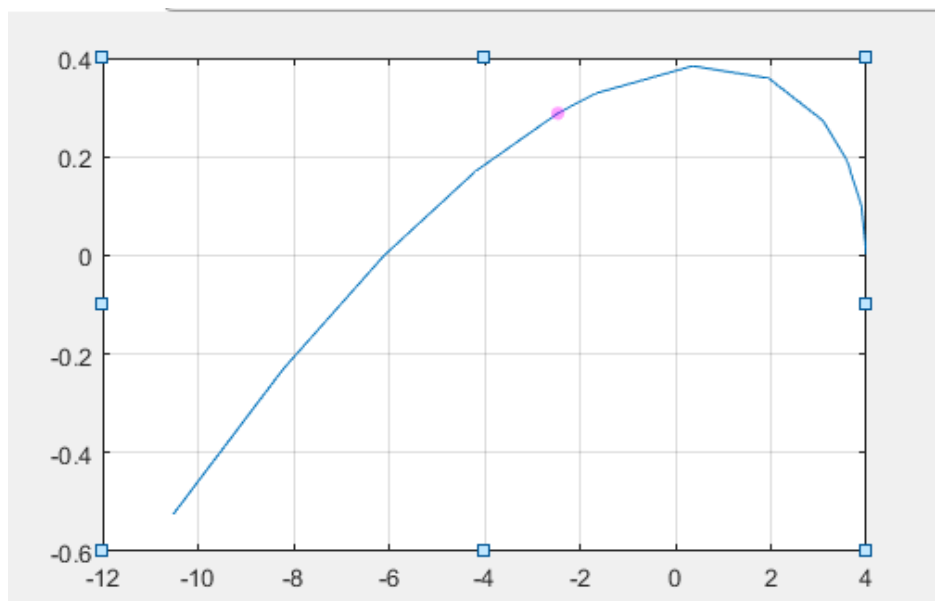
Сипаттауыш теңдеуі:

$$D(s) = s^3 + 10.1s^2 + s + 4;$$

- $s=jw \quad D(jw) = -jw^3 - 10.1w^2 + jw + 4;$
- $D(jw) = x(w) + jy(w)$
- $x(w) = 4 - 10.1w^2, \quad y(w) = w(1 - w^2)$
- $x(w) = 0 \quad 4 - 10.1w^2 = 0$
- $w_2 = \sqrt{\frac{4}{10.1}} = 0.63$
- $Y(w) = 0, \quad w(1 - w^2) = 0$
- $w_1 = 0, \quad 1 - w^3 = 0$
- $w_3 = 1$

Есептеу мәндері

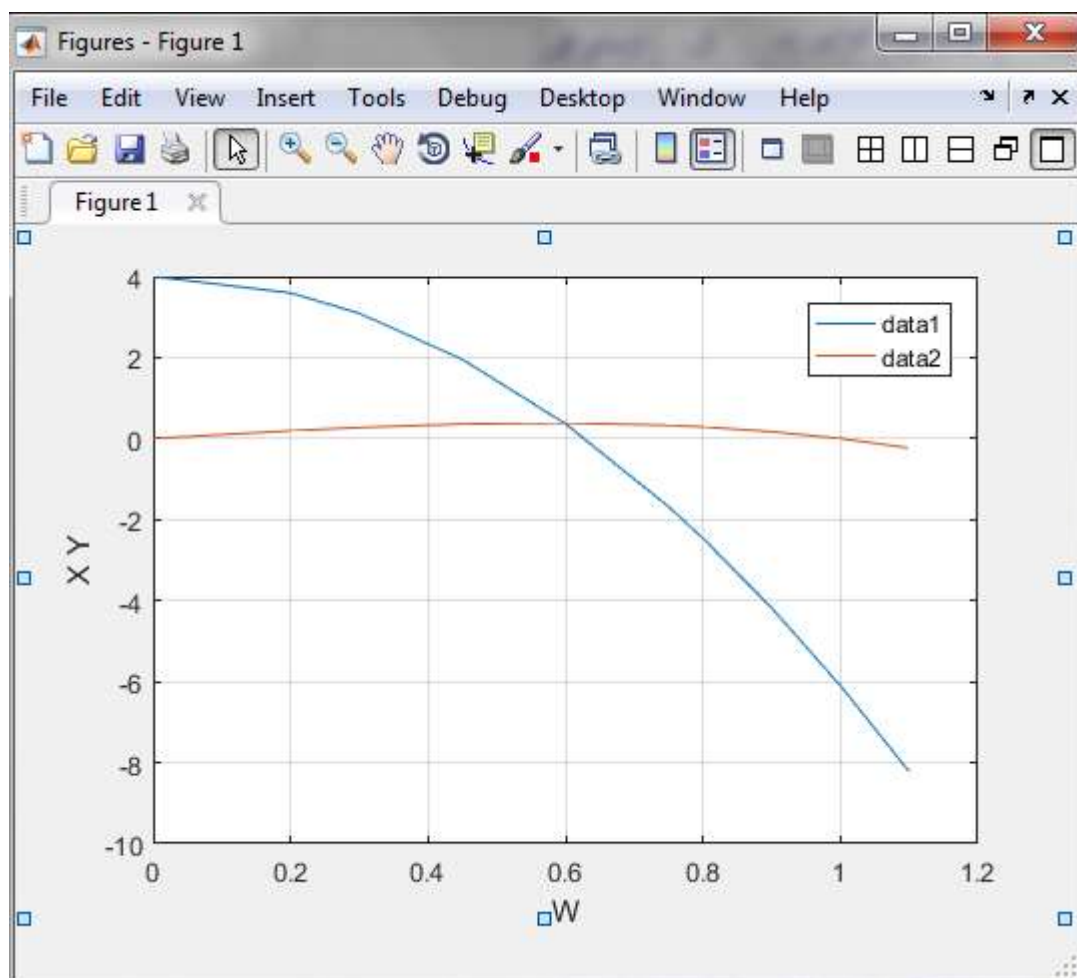
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	0.8	0.9	1	1.1
		3.89	3.59	3.09	1.95	0.364	-1.6	-2.4	-4.1	-6.1	-8.2	-10
		0.09	0.19	0.27	0.35	0.38	0.32	0.28	0.17	0	-0.23	-0.52



1.18 Сурет -Михайлов годографының график

Есептеу мәндері

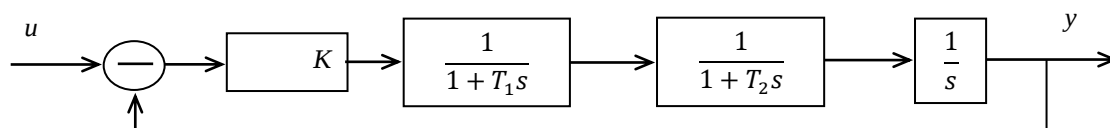
W	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	0.8	0.9	1	1.1
x	4	3.89	3.59	3.09	1.95	0.364	-1.6	-2.4	-4.1	-6.1	-8.2	-10
y	0	0.09	0.19	0.27	0.35	0.38	0.32	0.28	0.17	0	-0.23	-0.52



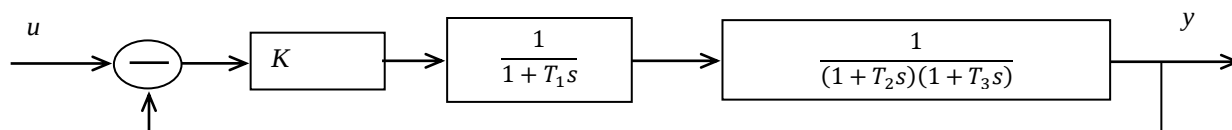
1.19 Сурет- Нақты және жорамал Михайлов функциясының графигі.[12]

2.8 Найквист критериясы бойынша орнықтылық.Сызықты жүйелердің орнықтылығын Найквист критерийі бойынша зерттеу.

Сызықты жүйенің құрылым схемалары 1 және 2 суреттер дегідей болсын:



1.20 – сурет. Астатикалы сызықты жүйенің құрылым схемасы



1.21 – сурет. Статикалы сызықты жүйенің құрылым схемасы

Есепке қажетті сан мәндері

$$T_1 = 0.1; \quad T_2 = 10; \quad T_3 = 0.04;$$

1 есеп

Автоматты реттеу жүйесінің тұйықталмаған жағдайдағы беріліс функциясы келесі теңдеумен берілсін:

$$W(s) = \frac{K}{s(1+0.1s)(1+10s)}.$$

$s=j\omega$ алмастыру арқылы табу керек

$$W_1(j\omega) = \frac{K}{j\omega(1+j0.1\omega)(1+j10\omega)}$$

Нақты және жорамал $U(\omega)$, $V(\omega)$ бөліктерін табу үшін, берілген функциясының алымында бөлімінде бөлімінің комплексті түйіндесіне көбейту керек

$$\begin{aligned} W(j\omega) &= \frac{K(-j\omega)(1-j0.1\omega)(1-j10\omega)}{j\omega(1+j0.1\omega)(1+10\omega)(-j\omega)(1-j0.1\omega)(1-j10\omega)} \\ &= \frac{K(-j\omega)(1-j10.1\omega-\omega^2)}{\omega^2(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} = \frac{K(-j\omega-10.1\omega^2+j\omega^3)}{\omega^2(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} \\ &= \frac{-10.1K}{(1+0.01\omega^2)(1+10\omega^2)} + j \frac{-K(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} \end{aligned}$$

Нақты және жорамал бөліктері

$$U(\omega) = \frac{-10.1K}{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} \quad V(\omega) = \frac{-K(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)}$$

$K_{ш}$ шекаралық мәнін анықтау

$$V(\omega) = \frac{-K(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} = 0$$

$$1 - \omega^2 = 0$$

$$\omega=1$$

$$\frac{-10.1K}{(1+0.01*1^2)(1+100*1^2)} < 1$$

$$10.1K < 102.01$$

$$K < 10.1$$

Жүйенің орнықтылық шарты $0 < K < 10.1$

Тұйықталмаған жүйенің амплитуда-фаза жиілік сипаттамасының графигін үш жағдайда қарастырамыз

1) Орнықтылық жағдайында

$$K=4$$

Тұйықталмаған жүйенің жиілік беріліс функциясы:

$$S=j\omega \Rightarrow W(j\omega) = \frac{4}{j\omega(1+j0.1\omega)(1+j10\omega)}$$

Нақты және жорамал бөлігін табу қажет:

$$W(j\omega) = U(\omega) + V(\omega),$$

$$W(j\omega) = \frac{4(-j\omega)(1-j0.1\omega)(1-j10\omega)}{j\omega(1+j0.1\omega)(1+j10\omega)(-j\omega)(1-j0.1\omega)(1-j10\omega)} = \frac{4(-j\omega)(1-j10.1\omega-\omega^2)}{\omega^2(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} =$$

$$\frac{4(-j\omega-10.1\omega^2+j\omega^3)}{\omega^2(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} = \frac{-40.4}{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} + j \frac{-4(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)},$$

Нақты және жорамал бөліктері

$$U(\omega) = \frac{-40.4}{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)}, V(\omega) = \frac{-4(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)},$$

АФС құру үшін нақты және жорамал бөліктерін қолданамыз

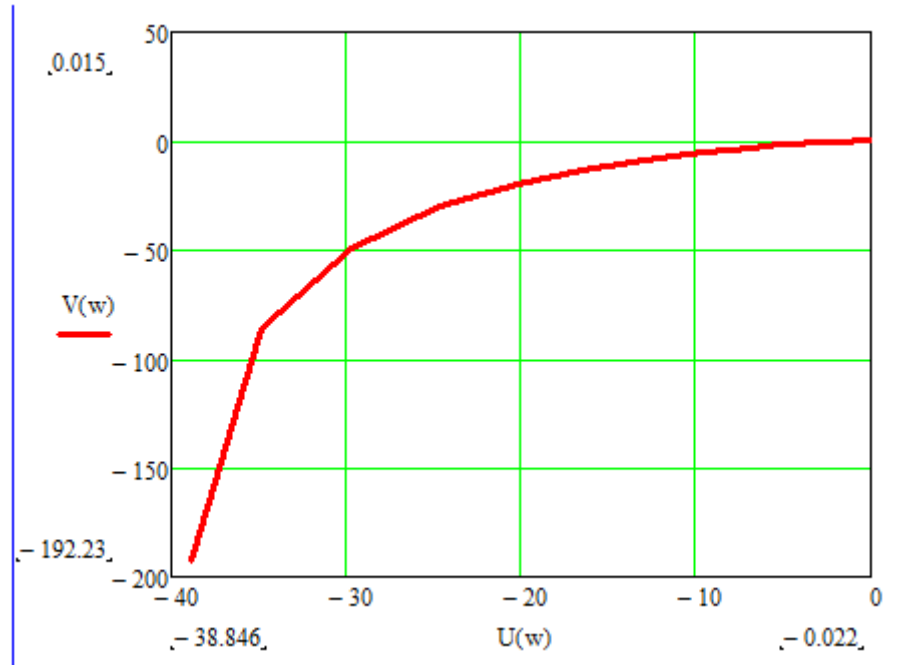
$$V(\omega) = \frac{-4(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} = 0$$

$$1 - \omega^2 = 0, \omega=1$$

Бұрыштық жиілікті ω 0 ден ∞ өзгертіп нақты және жорамал бөліктерінің мәндерін табамыз

Есептеу мәндері

ω	0	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8	1	1.5	2
$\underline{U}$	-40.4	-20.2	-4	-2.4	-1.088	-0.618	-0.396	-0.175	-0.097
$\underline{V}$	∞	-19.8	-1.2	-0.493	-0.115	-0.028	0	0.014	0.014



1.22 Сурет АФС графигі $W(s) = \frac{4}{s(1+0.1s)(1+10s)}$

2)Орнықтылық шекарасында

$$K=10.1$$

Тұйықталмаған жүйенің жиілік беріліс функциясы:

$$S=j\omega \Rightarrow W(j\omega) = \frac{10.1}{j\omega(1+j0.1\omega)(1+j10\omega)}$$

Нақты және жорамал бөлігін табу қажет:

$$W(j\omega) = U(\omega) + V(\omega),$$

$$W(j\omega) = \frac{10.1(-j\omega)(1-j0.1\omega)(1-j10\omega)}{j\omega(1+j0.1\omega)(1+10\omega)(-j\omega)(1-j0.1\omega)(1-j10\omega)} = \frac{10.1(-j\omega)(1-j10.1\omega-\omega^2)}{\omega^2(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} = \frac{10.1(-j\omega-10.1\omega^2+j\omega^3)}{\omega^2(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} = \frac{-102.01}{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} + j \frac{-10.1(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)},$$

Нақты және жорамал бөліктері

$$U(\omega) = \frac{-102.01}{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)}, \quad V(\omega) = \frac{-10.1(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)},$$

АФС құру үшін нақты және жорамал бөліктерін қолданамыз

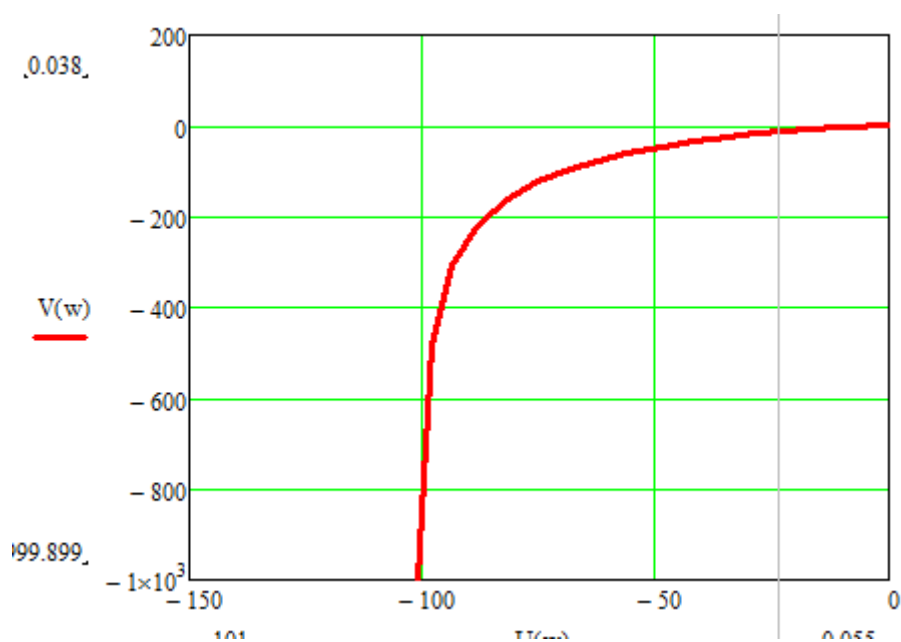
$$V(\omega) = \frac{-10.1(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} = 0$$

$$1 - \omega^2 = 0, \quad \omega = 1$$

Бұрыштық жиілікті ω 0 ден ∞ өзгертіп нақты және жорамал бөліктерінің мәндерін табамыз

Есептеу мәндері

ω	0	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8	1	1.5	2
$\underline{U}$	-102.01	-51	-10.1	-5.9	-2.75	-1.56	-1	-0.441	-0.245
$\underline{V}$	∞	-49.9	-3.06	-1.246	-0.29	-0.069	0	0.036	0.036



1.23-Сурет АФС графигі $W(s) = \frac{10.1}{s(1+0.1s)(1+10s)}$

3)Орнықсыз

K=13

Тұйықталмаған жүйенің жиілік беріліс функциясы:

$$S=j\omega \Rightarrow W(j\omega) = \frac{13}{j\omega(1+j0.1\omega)(1+j10\omega)},$$

Нақты және жорамал бөлігін табу қажет:

$$W(j\omega) = U(\omega) + V(\omega),$$

$$W(j\omega) = \frac{13(-j\omega)(1-j0.1\omega)(1-j10\omega)}{j\omega(1+j0.1\omega)(1+j10\omega)(-j\omega)(1-j0.1\omega)(1-j10\omega)} = \frac{13(-j\omega)(1-j10.1\omega-\omega^2)}{\omega^2(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} =$$

$$\frac{13(-j\omega-10.1\omega^2+j\omega^3)}{\omega^2(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} = \frac{-131.3}{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} + j \frac{-13(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)},$$

Нақты және жорамал бөліктері

$$U(\omega) = \frac{-131.3}{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)}, \quad V(\omega) = \frac{-13(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)},$$

АФС құру үшін нақты және жорамал бөліктерін қолданамыз

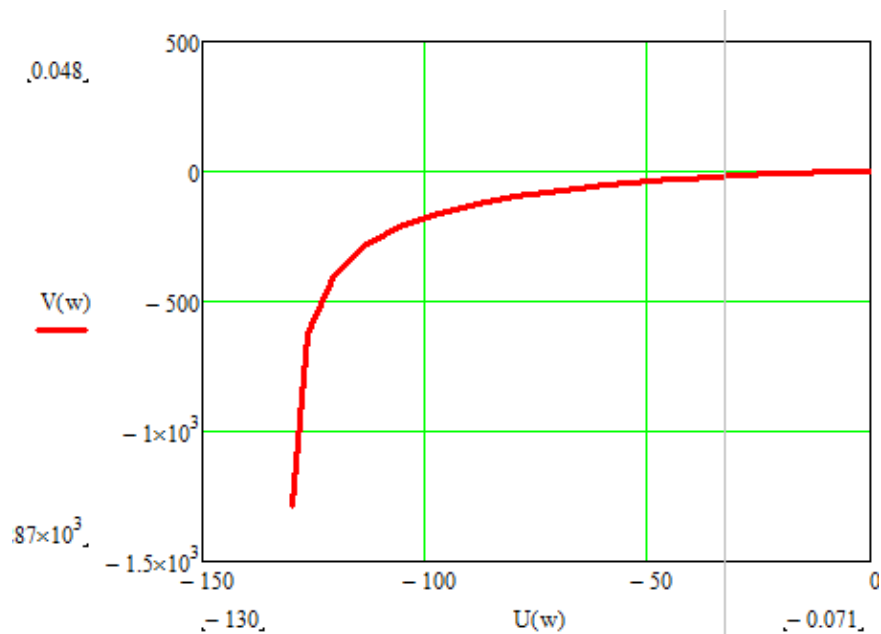
$$V(\omega) = \frac{-13(1-\omega^2)}{\omega(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)} = 0$$

$$1 - \omega^2 = 0, \omega = 1$$

Бұрыштық жиілікті ω 0 ден ∞ өзгертіп нақты және жорамал бөліктерінің мәндерін табамыз

Есептеу мәндері

ω	0	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8	1	1.5	2
$\underline{U}$	-131.3	-65.6	-13.1	-7.7	-3.536	-2.007	-1.287	-0.568	-0.315
$\underline{V}$	∞	-64.3	-3.94	-1.603	-0.373	-0.089	0	0.047	0.047



1.24-Сурет АФС графигі $W(s) = \frac{13}{s(1+0.1s)(1+10s)}$

Тұйықталмағын жүйенің орнықтылық шарты $k < 10,1$ теңсіздікпен беріледі. $K=4$ болған жағдайдағы тұйықталмаған жүйенің беріліс функциясы

$$W(s) = \frac{4}{s(1+0.1s)(1+10s)},$$

АЖС теңдеуі:

$$A(\omega) = \frac{4}{\omega \sqrt{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)}},$$

ЛАЖС теңдеуі:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \frac{4}{\omega \sqrt{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)}} = 20 \lg 4 - 20 \lg \sqrt{(1+0.01\omega^2)} - 20 \lg \sqrt{(1+100\omega^2)},$$

ФЖС теңдеуі:

$$\varphi(\omega) = -90^\circ - \arctg(0.1\omega) - \arctg(10\omega),$$

Асимптотикалы ЛАЖС графигін құрастыру үшін екі қию жиілігінің мәнін табамыз:

$$\omega_{k1} = \frac{1}{0.1} = 10, \quad \omega_{k2} = \frac{1}{10} = 0.1$$

Табылған қию жиіліктеріне сәйкес келетін декаданың бастапқы мәні $10^{-1} = 0,1$ тең, ал аяқталу мәні $10^1 = 10$ тең болады. Осыдан ординат $L(\omega)$ осін $\omega = 0,1$ мәнінде орналастырайық.

Ары қарай ЛФЖС графигін құрастыру есебін шығару керек. Ол үшін ЛФЖС теңдеуін үш қосымшаға бөлу керек, $\varphi_1(\omega) = -90^\circ$, $\varphi_2(\omega) = -\arctg 0.1\omega$ және $\varphi_3(\omega) = -\arctg 10\omega$.

Одан кейін $\varphi_2(\omega) = -\arctg 0.1\omega$ қосымшасының графигін табайық, ол үшін:

егер $\varphi_2(\omega) = 0^\circ$, онда $0.1\omega = 0$, осыдан $\omega = 0$.

егер $\varphi_2(\omega) = -30^\circ$, онда $0.1\omega = 1/\sqrt{3}$, осыдан $\omega = \frac{1}{0.1\sqrt{3}} = 5.77$.

егер $\varphi_2(\omega) = -45^\circ$, онда $0.1\omega = 1$, осыдан $\omega = 10$.

егер $\varphi_2(\omega) = -60^\circ$, онда $0.1\omega = \sqrt{3}$, осыдан $\omega = 10\sqrt{3} = 17.32$.

егер $\varphi_2(\omega) = -90^\circ$, онда $0.1\omega = \infty$, осыдан $\omega = \infty$.

Есептеу мәндері

ω	0	5,77	10	17,32	∞
$\varphi_2(\omega)$	0	-30	-45	-60	-90

ЛФЖС қосымшасы $\varphi_2(\omega) = -\arctg 0.1\omega$ мәндері

ЛФЖС $\varphi_3(\omega) = -\arctg 10\omega$ үшінші қосымшасының графигін құрастырайық, ол үшін:

егер $\varphi_3(\omega) = 0^\circ$, онда $10\omega = 0$, осыдан $\omega = 0$.

егер $\varphi_3(\omega) = -30^\circ$, онда $10\omega = \frac{1}{\sqrt{3}}$, осыдан $\omega = \frac{1}{10\sqrt{3}} = 0,058$.

егер $\varphi_3(\omega) = -45^\circ$, онда $10\omega = 1$, осыдан $\omega = 0,1$.

егер $\varphi_3(\omega) = -60^\circ$, онда $10\omega = \sqrt{3}$, осыдан $\omega = \frac{\sqrt{3}}{10} = 0,17$.

егер $\varphi_3(\omega) = -90^\circ$, онда $10\omega = \infty$, осыдан $\omega = \infty$.

Есептеу мәндері

ω	0	0,058	0,1	0,17	∞
$\varphi_3(\omega)$	0	-30	-45	-60	-90

ЛФЖС қосымшасы $\varphi_3(\omega) = -\arctg 10\omega$ мәндері

2) $K=10,1$ болған жағдайдағы тұйықталмаған жүйенің беріліс функциясы

$$W(s) = \frac{10,1}{s(1+0.1s)(1+10s)},$$

АЖС теңдеуі:

$$A(\omega) = \frac{10,1}{\omega \sqrt{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)}},$$

ЛАЖС теңдеуі:

2.9 Matlab ортасындағы жүйе моделі

$$L(\omega)=20\lg A(\omega)=20\lg \frac{10,1}{\omega\sqrt{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)}} = 20\lg 10,1 - 20\lg\sqrt{(1+0.01\omega^2)} - 20\lg\sqrt{(1+100\omega^2)},$$

ФЖС теңдеуі:

$$\varphi(\omega)=-90^\circ-\arctg(0.1\omega) - \arctg(10\omega)$$

ЛФЖС графиктері бүкіл К мәні өзгергенімен, график өзгермейді.

3) К=13 болған жағдайдағы тұйықталмаған жүйенің беріліс функциясы

$$\omega(s) = \frac{13}{s(1+0.1s)(1+10s)},$$

АЖС теңдеуі:

$$A(\omega)=\frac{13}{\omega\sqrt{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)}},$$

ЛАЖС теңдеуі:

$$L(\omega)=20\lg A(\omega)=20\lg \frac{13}{\omega\sqrt{(1+0.01\omega^2)(1+100\omega^2)}} = 20\lg 13 - 20\lg\sqrt{(1+0.01\omega^2)} - 20\lg\sqrt{(1+100\omega^2)},$$

ФЖС теңдеуі:

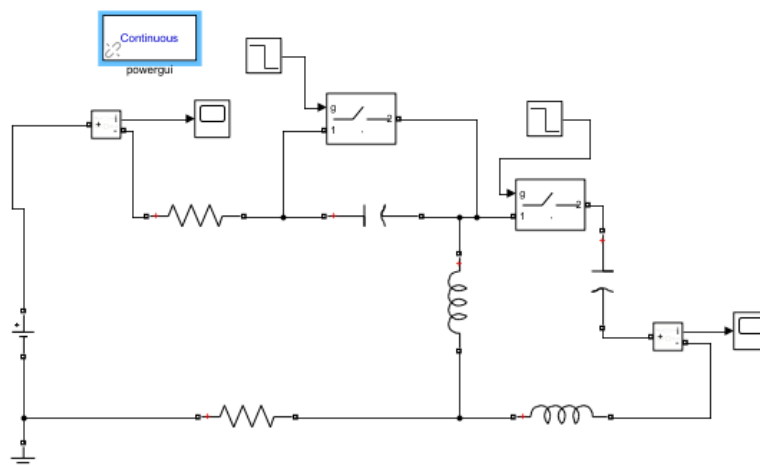
$$\varphi(\omega)=-90^\circ-\arctg(0.1\omega) - \arctg(10\omega)$$

ЛФЖС графиктері бүкіл К мәні өзгергенімен, график өзгермейді.

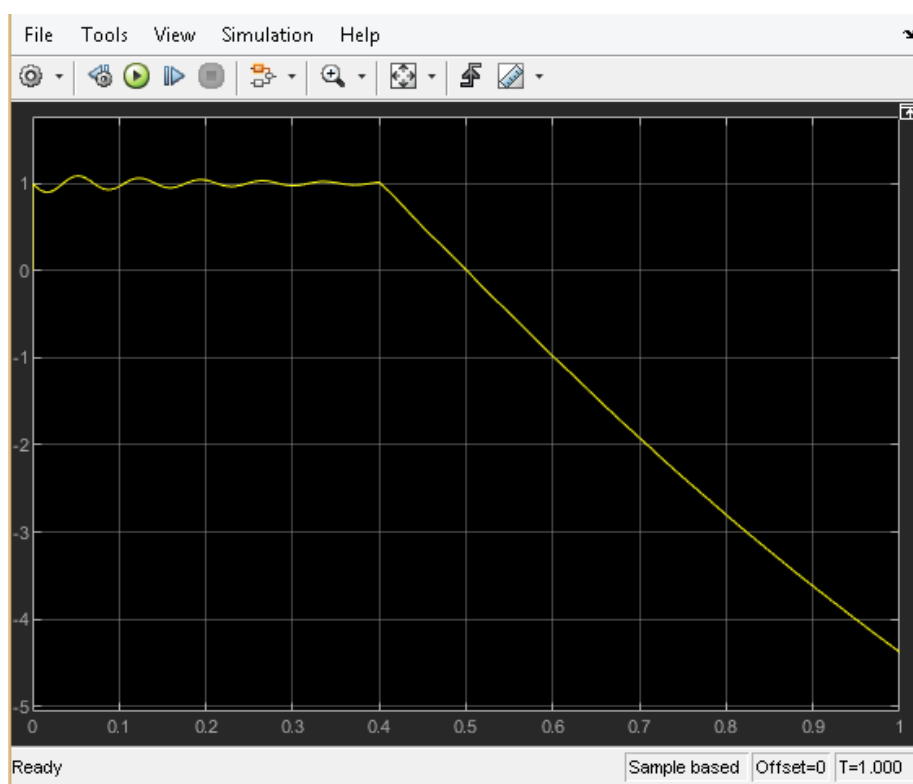
$$L(\omega)=20\lg 4=12.04 \quad L(\omega)=20\lg 10.1=20 \quad L(\omega)=20\lg 13=22.3$$

Құрастырылған орнықты жағдайдағы логарифмді жүйелік сипаттамаларының графиктері бойынша орнықтылық қорларын табу.

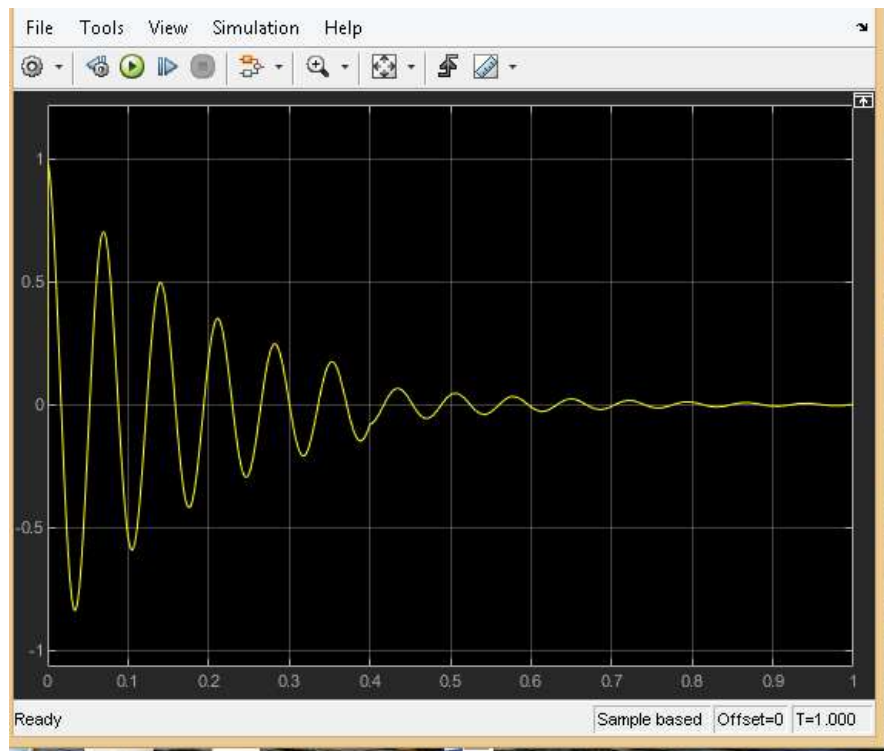
$$\varphi(\omega)=\arctg 0.1\omega - \arctg 10\omega [13]$$



1.25 Сурет- Ауыспалы үрдістің матлаб ортасындағы моделі



1.26 Сурет - Ауыспалы үрдістің графигі



1.27 Сурет-Тербелмелі контур графигі[14]

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста Бағынышты реттегішпен АРЖ-нің синтезі тақырыба жалпы малғұматтар көрсетілді.

Жетектердің жіктелуі және оған қойылатын талаптар толықтай жазылған.Электр жетектерін бағыңқы реттеу жүйесі көрсетілген.Тұрақты ток жетектерінің артықшылықтары жазылған.

Гурвиц бойынша орнықтылыққа,Михайлов бойынша орнықтылыққа,Раус бойынша орнықтылққа және Найквист бойынша орнықтылыққа тексеріліп, орнықтылықтың графиктері көрсетілді.Matlab программалау жүйесінде ауыспалы үрдістің сұлбасын сызып,нәтижесінде шыққан сызбаны шығардық.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Теория автоматического управления [Текст] : учеб.для вузов / В.Ю. Шишмарев. - М. : Акад., 2012. - 352 с
- 2 Атлас для проектирования систем автоматического регулирования : учеб.пособие для вузов / Ю.И. Топчиев
- 3 Основы робототехники : учеб.пособие для вузов / А.А. Иванов.
- 4 Системы подчиненного управления электроприводами : Учеб.пособие для сред. спец. заведений / Г. И. Гульков [и др.]; Под общ. ред. Ю. Н. Петренко.
- 5 Электрический привод : учеб.для вузов / В.В. Москаленко.
- 6 Проектирование наладка систем подчиненного регулирования электроприводов Б.И. Решмин, Д.С. Ямпольский.
- 7 Теория электропривода : учеб.для вузов / Г.Б. Онищенко. - М. , 2015. - 294 с. : ил. - (Высш. образование.Бакалавриат).
- 8 Алматинский институт энергетики и связи Цыба Ю.А. автоматическое управление электромеханическими системами
- 9 Расчет параметров внутреннего теплообмена контура двигателяТрухов В. С., Турсунбаев И. А. Умаров Г. Я.
- 10 Постников М.М.Устойчивые многочлены
- 11 Теория автоматического управления - Ерофеев А.А.
- 12 Михайлов В.О новом подходе исследования замкнутых регулируемых систем / Автоматика и телемеханика.
- 13 Т.Я. Лазарева, Ю. Ф. Мартемьянов основы теории автоматического управления
- 14 Моделирование электропривода [Текст] : учеб.пособие для студ. вузов обучающихся по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехн." / М. И. Аксенов.

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: Аитов Жасұлан Нұрланұлы

Название: Бағынышты реттегішпен АРЖ-нің синтезі

Координатор:Марат Орынбет

Коэффициент подобия 1:2.4

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:21

Интервалы:0

Микропробелы:29

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:

Дипломдық жұмысты қорғауға рұқсат етіледі.

29.05.2021

Дата



Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

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

Автор: Аитов Жасұлан Нұрланұлы

Название: Бағынышты реттегішпен АРЖ-нің синтезі

Координатор: Марат Орынбет

Коэффициент подобия 1:2.4

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:21

Интервалы:0

Микропробелы:29

Белые знаки:0

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

- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- ☐ обнаруженные в работе 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, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения