



**Коммерциялы емес
Акционерлік қоғам**

**АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Өнеркәсіп қондырғыларының
электр жетегі және
автоматтандырылуы
кафедрасы

АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ТЕОРИЯСЫ

5B071800 мамандығының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарды
орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2016

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Ю.А. Цыба, Д.М. Чныбаева. Автоматты

басқару теориясы. 5B071800 мамандығының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар. - Алматы: АЭЖБУ, 2016.- 22 б.

Бұл әдістемелік нұсқау «Автоматты басқару теориясы» пәні бойынша есептеу-графикалық жұмыстарды орындауға және Matlab Simulink бағдарламалық ортада зерттеу әдістерінің орнықтылығы мен автоматтандыру жүйелерінің сапасын қамытуға арналған есептеулер

Сурет - 7, кесте.3., әдеб. - 8 атау.

Пікір беруші: ЭСТжЖ кафедрасының аға оқытушысы Б.К. Курпенев

«Алматы энергетика және байланыс университетінің» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2016 жылдың жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2016 ж.

Введение

Дисциплина «Теория автоматического управления» является курсом для подготовки бакалавров в области. Решение расчетно-графических работ помогает студентам проверить степень усвоения ими курса и вырабатывает практические навыки. По дисциплине выполняется три расчетно-графических работы по темам: «Изучение системы имитационного моделирования Matlab - Simulink», «Исследование зависимости показателей качества в переходном режиме от изменения параметров следящей системы», «Анализ устойчивости систем автоматики частотными методами». Методические указания к выполнению работ содержат три расчетно-графических работ. Вариант задания определяется по таблицам. При выполнении расчетно-графической работы студенту необходимо:

- иметь наличие формулировки каждой задачи и числовые исходные данные;
- внимательно проработать тот раздел курса по учебнику, по материалам которого построена задача;
- выражать величины в стандартных единицах Международной системы единиц СИ;
- все расчеты выполнять с соблюдением правил округления.

Мазмұны

Кіріспе	4
1 Есептеу-сызба жұмыс № 1. Matlab – Simulink имитациялық модельдеу жүйесін зерттеу.....	4
2 Есептеу-сызба жұмыс № 2. Зерттеуге байланысты сапа көрсеткіштерін өтпелі режимінде өзгертілетін параметрлер бойынша бақылау жүйесі.....	9
3 Есептеу-сызба жұмыс № 3. Жиілікті әдіспен автоматика жүйесінің орнықтылығын талдау.....	14
Әдебиеттер тізімі.....	22

Кіріспе

«Автоматты басқару теориясы» пәні - бакалаврларды мамандық саласы бойынша дайындауға арналған курс. «Автоматты басқару теориясы» пәні үш тақырып бойынша есептеу-сызба жұмыстарды қарастырады: «Matlab-Simulink имитациялық модельдеу жүйесін зерттеу», «Зерттеуге байланысты сапа көрсеткіштері өтпелі режимінде өзгертілетін параметрлер бойынша бақылау жүйесі», «Автоматтандыру жүйелерінің жиілік әдістерімен орнықтылығын талдау». Жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқау үш есептеу-сызба жұмысынан құралған. Тапсырмалардың нұсқалары кесте бойынша анықталады. Есептеу-сызба жұмыс орындау кезінде студентте:

- әр тапсырманың тұжырымдамалары мен санмен шығатын мәліметтерінің болуы;
- пәннің осы бөлімін оқулық негізінде құрастырылған тапсырма материалдары бойынша мұқият түрде жұмыс істелуі;
- өлшем бірліктерді Халықаралық жүйесінің стандартты бірлік мөлшерінде көрсетілуі;
- барлық есептеулерді дөңгелектеу ережелеріне сәйкес жүзеге асырылуы керек.

1 Есептеу-сызба жұмыс № 1. Matlab-Simulink имитациялық модельдеу жүйесін зерттеу.

Жұмыстың мақсаты: MATLAB жүйесімен танысу, Simulink имитациялық модельдеу жүйесін MATLAB қосымшасының көмегімен автоматика жүйелерін зерттеуде практикалық дағдыларды дамыту.

1.1 Қысқаша теориялық мәліметтер

MATLAB - бұл ультра жоғары деңгейдегі бағдарламалау тілі және техникалық есептеулерге арналған. Оған есептеулер, көру мен бағдарламалауды жеңіл ортада пайдалану үшін ондағы тапсырмалары мен шешімдері жалпы математикалық түрде көрсетіледі. MATLAB интерактивті жүйе, оның деректерінің негізгі элементтері массивтермен ұсынылған және де алдын ала тапсырмалар мөлшерлігін талап етпейді. Бұл көптеген техникалық тапсырмаларды шешуге, әсіресе матрицалық және векторлық түрде, сондай-ақ бағдарламаны қалыптасқан СИ немесе Фортран скаляр тілдерінде жазуға мүмкіндік береді.

«MATLAB» атауы «matrix laboratory» деген сөздің қысқартылуынан туындаған. MATLAB жүйесі бес негізгі бөлімнен тұрады:

- MATLAB программалау тілі. Бұл басқару күйін, функциясын, деректердің құрылымдарын, кіріс-шығысын, объектілі-бағытталған

бағдарламалауымен қатар жоғары деңгейдегі көлемді матрицалық тіл;

- MATLAB жұмыс ортасы. Бұл пайдаланушының жұмыс істейтін сызба интерфейсі. Ол MATLAB жұмыс үстелін, командалық терезені, редакторды және файлдарды реттеуші MATLAB-ты, анықтамалық браузерді қамтиды;

- MATLAB сызба жүйесі. Құрамында суреттерді өңдеу, анимациялар, екі өлшемді және үш өлшемді деректерді ұсынатын жоғары деңгейдегі командалардан тұрады. Сонымен қатар, пайдаланушыға өз интерфейсін құрастыруға болатын төменгі деңгейдегі командалар жиынтығынан тұрады;

- MATLAB математикалық функциялардың кітапханасы. Бұл сандық алгоритмдер жиынтығы бар, қарапайым арифметикалық функциялардан (қосу/алу, тригонометриялық функциялар) басталып, матрицаларды айналдыру және Фурье түрлендіруі сияқты күрделі функциялардан аяқталады;

- MATLAB қолданбалы бағдарламалар интерфейсі. Бұл кітапхана MATLAB-пен өзара әрекеттесетін СИ және Фортран тілдерінде бағдарламаларды жазуға мүмкіндік береді;

- MATLAB пакетінің құрамына кіретін Simulink имитациялық модельдеуге және динамикалық жүйені талдауға арналған бағдарлама болып табылады. Simulink компьютер экранында бірыңғайландырылған блок түрінде модельдер құруға сонымен қатар, сызықтық, сызықты емес, үздіксіз дискретті модельдермен немесе олардың айнымалы үлкен сандарымен жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

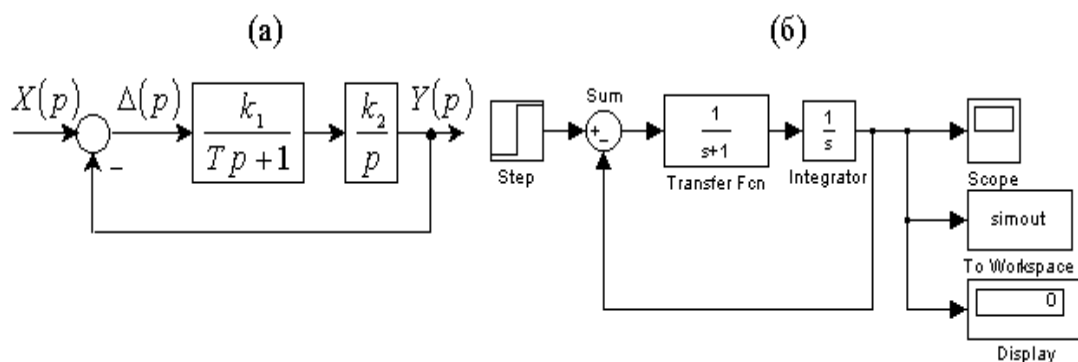
1.2 Жұмыстың орындалу әдісі мен тәртібі

Компьютерді қосыңыз. ОС Windows-те бола тұрып, жұмыс үстеліндегі MATLAB-қа тиісті белгішені «тінтуірдің» сол жақ түймесімен екі рет басыңыз. Нәтижесінде, MATLAB негізгі терезесі ашылады.

Simulink-ті іске қосу үшін MATLAB негізгі терезесінде қалқымалы (всплывающей) түрде жазылған Simulink Library Browser түймесін басыңыз. Нәтижесінде Simulink блоктар кітапханасы терезесі ашылады.

Жаңа модель құрастыру үшін, Simulink Library Browser терезесінде қалқымалы түрде жазылған New model түймесін басыңыз. Бағдарлама атаусыз (untitled) «таза бетті» терезені ашады. Бұрыннан бар модельді ашу үшін блоктар кітапханасы терезесін немесе командалық терезесінде қалқымалы түрде жазылған Open a model түймесін басыңыз, пайда болған терезеде керекті файлдарды таңдаңыз (Simulink-те құрылған файлдарда .mdl кеңейтулері бар).

1.2 суретте көрсетілгендей құрылымдық сұлбасын құрастырыңыз және оқытушымен берілген мәндерді оның параметрлеріне орнатыңыз.



1.2 сурет – Құрылымдық сұлбасы (а) және Simulink (б) зерттеу жүйесіндегі моделі

Құрылымдық сұлба жиынтығы Simulink Library Browser терезесінде қажетті блоктарды таңдап және оларды тышқанның көмегімен модель құрастыратын терезеге апару арқылы орындалады. Пайдалануға ыңғайлы болу үшін блоктардың барлығы топтарға бөлінген. Осы жұмыста Simulink тобының блоктары Continuous шағын топтарымен (үздіксіз сілтемелер), Math Operations (математикалық блоктар), Sinks (деректер қабылдағыштары), Sources (сигнал көздері) пайдаланылған. Блоктардың атауы 1.2,б суретінде көрсетілген.

Блоктың параметрлерін түзету үшін қажетті блокқа тінтуірдің сол жақ түймесін екі рет басу арқылы іске асырамыз. Сонымен қатар, блоктың түріне сәйкес параметрлер блогы терезесі ашылады.

Блоктарды біріктіру үшін тінтуірдің курсорымен блок-көзінің шығу сигналын көрсету жеткілікті, одан соң тінтуірді басылу күйімен блок-құрылғының кіру сигналына созып біріктіреміз. Және де блоктарды біріктіру үшін Ctrl пернесін баса тұра, тінтуірдің сол жақ түймесін басып, қажетті блоктарды таңдап біріктірсе болады. Бұруды құрастыру үшін тінтуірдің оң жақ түймесімен бұруды байланыстыратын орынды көрсетіп, түймені басылған күйі бұруды қажетті блоктың кірісіне созамыз.

Модельдеу нәтижелерін көрсету үшін қажетті блоктардың шығысында блок-құрылғы сигналдарын біріктіру керек.

Керексіз блоктар мен байланыстарды жою үшін тиісті нысандарды таңдап, пернетақтаның Delete түймесін басу арқылы жүзеге асады. Жалпы модельдерді құрастыруға, сонымен қатар MATLAB-пен жұмыс істеуде керекті қосымша анықтаманы мәзірдегі Help Desk-тен табуға болады. Құрылған модельді сақтаңыз.

Сандық интегралдау моделі процесіне параметрлерді енгізіңіз. Ол үшін модель терезесінің мәзірінде Simulation – Parameters-ті ашыңыз. Пайда болған терезеде оқытушы берген есептеудің басталу және аяқталу уақытын, есептеу дәлдігі мен әдісін енгізіңіз.

Нәтижесінде алынған модельді есептеңіз. Есептеу (интегралдау) моделін іске қосу үшін Simulation мәзірінде Start түймесін басыңыз. Модельдің есептелу процесі терезенің төменгі бөлігіндегі прогрессивтік

шкаламен көрсетіледі. Қажет болған жағдайда алдыңғы кезеңге оралып, шығыс айнымалы тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін есептеу уақытының аяқталуын өзгертсе болады (өтпелі процестің аяқталуы).

Есептеу аяқталғаннан кейін блок-құрылғы деректерінің көмегімен талап етілетін нәтижелер алыңыз. Өтпелі процестердің көру және басып шығару кестелері Score блогының көмегімен жүзеге асырылады. Модельдеу барысында айнымалының сандық мәндерін көру Display блогымен жүзеге асырылады. Алынған кестелерді түзету немесе оларды сызба форматтағы файлда сақтау үшін To Workspace шығыс блоктарын орнату қажет. Осы блоктардың параметрлерінде шығыс айнымалының атауы Variable name және деректер пішімі Save format (Array) көрсетіледі. Бұдан әрі мәзірде New M-file командасымен шақырылатын MATLAB командалық терезеде немесе M-файлдар түзетуінде сызбаларды құру командасы жазылады. Қарапайым жағдайда көрінісі мынандай:

`plot(x,y),`

мұндағы x, y – кіріс және шығыс айнымалылардың атаулары.

Бір осьте бірнеше сызбаларды құрғанда команда мынандай көріністе болады:

`plot(x,y,x,z,..),`

мұндағы x – айнымалының жалпы (тәуелсіз) атауы, y, z – тәуелді айнымалылар.

Ескерту: команда жолында терілген командалар Enter пернесін басқаннан кейін орындалады. M-файлдар түзетуінде терілген командаларды орындау үшін оларды Debug мәзірінде Save and Run командасымен орындап немесе F5 пернесімен сақтап, іске қосу қажет.

Ортақ Mux элементіне бір блок-құрылғының деректеріне сигналдарды біріктіретін блоктың көмегімен бірнеше айнымалының шығуы жүзеге асырылады.

MATLAB-та уақыттың айнымалысы `tout` деп белгіленген. Сақталғаннан (түзету файлды `.m` кеңейтуімен шығарады) және бағдарламаны іске қосқаннан (түзетудің Tools мәзірінде Run командасы) кейін Figure терезесінде сызба тұрғызылады және де оны мәзір терезесінің қолданыстағы құралдары арқылы өңдеуге болады. Сызбаның сақталуы, файлдардың `.fig` кеңейтуімен (сызба терезесі File мәзірі Save командасы), бұл жағдайда ол тек MATLAB-тан қолға жетімді болады, не болмаса кеңейтулері `.bmp`, `.jpg` бар сызбалық файл және де басқа таңдау бойынша (сызба терезесі File мәзірі Export командасы) орындалады. Соңында сызбалар жұмыстың есеп құжатына енгізілуі мүмкін, мысалы Word түзетуінде.

Полином бойынша беріліс функциялары логарифмдік жиілік пен амплитудалы-фазалық жиіліктік сипаттамасын құру үшін команда терезесінде

немесе M- файлда тиісті командаларды енгізу қажет.

`bode(tf(nym,den));` немесе `nyquist(tf(nym,den)),`

мұндағы `nym` және `den` – полином коэффициенттері, бос орын арқылы жазылатын сәйкесінше беріліс функциялары жүйесінің алымы мен бөлімі. Полиномда екі немесе одан да көп коэффициент болған жағдайда, соңғылары бос орын арқылы тік жақшаның ішінде жазылады. Мысалы, ЛЖС тербелмелі буынды беріліс функцияларымен құру үшін

$$W(p) = \frac{5}{0,01p^2 + 0,2p + 1},$$

келесі команданы теру қажет:

`bode(tf(5,[0.01 0.2 1]));`

Simulink-те In және Out блоктарының көмегімен модель бойынша жиілік сипаттамаларын құру үшін, зерттелетін жүйенің сәйкесінше кіру және шығуын көрсету қажет. Бұдан әрі MATLAB командалық терезеде немесе M-файлде `linmod`, `bode` және `nyquist` командаларының көмегімен зерттелетін модельдің, яғни сызықтандыру әдістері (линеаризация) өңделеді және оның ЛЖС немесе АФЖС құрылады. Командалардың синтаксисі:

`[A,B,C,D]=linmod('модельдің файл атауы')`
`bode(A,B,C,D)` немесе `nyquist(A,B,C,D),`

мұндағы A, B, C, D - `linmod` командасын орындау кезінде алынған жүйелер күйіндегі кеңістік матрицалары;

`grid` - сызбаға координаталық торды қою командасы.

Жұмысты бітірген соң, барлық терезелерді жауып MATLAB-тан шығыңыз.

Берілген нұсқаға сәйкес жұмыс орындайтын параметрлер 1.1 кестесінде көрсетілген.

1.1 кесте - Тапсырмалардың нұсқалары

№ нұсқалар	К	T1	T2	№	К	T1	T2	№	К	T1	T2
1	0,1	0,01	5	11	1	1	0,6	21	1	9	3,5
2	0,2	0,02	0.1	12	10	2	0,7	22	2	3	1
3	0,3	0,03	4	13	9	3	0,8	23	3	1	3
4	0,4	0,04	0.2	14	8	4	0.9	24	4	2	4
5	0,5	0,05	3	15	7	5	0,65	25	5	3	0.8

1.1 кестенің соңы

5	0,5	0,05	3	15	7	5	0,65	25	5	3	0.8
6	0,6	0,06	0,3	16	6	6	0.55	26	6	1	10
7	0,7	0,07	2	17	5	7	0,4	27	7	2	5
8	0,8	0,08	0,4	18	4	8	0,45	28	8	10	1
9	0,9	0,09	1	19	3	9	0,5	29	9	2	0.5
10	1	0,1	0.5	20	2	10	0.3	30	10	0.4	0.8

1.3 Жұмыс бойынша есеп беру

1.3.1 Жұмыстың мақсаты.

1.3.2 Параметрлердің сандық мәндері мен зерттелінген жүйенің сұлбасы.

1.3.3 Экспериментальді түрде алынған өтпелі процестің, ЛЖС, АФЖС сызбалары.

1.3.4 Жұмыс бойынша талдау мен қорытынды.

1.3.5 Бақылау сұрақтарының жауаптары.

1.4 Бақылау сұрақтары

1.4.1 MATLAB жүйесі немен таныстырды және оның қолдану саласы қандай?

1.4.2 Simulink модельдің қандай түрімен жұмыс істей алады?

1.4.3 Simulink-те құрылымдық сұлбаның құрылуы қандай түрімен жүзеге асырылады?

1.4.4 Simulink-те блоктардың параметрлерін енгізу және түзету қалай жүзеге асады?

1.4.5 MATLAB-та ЛЖС және АФЖС жүйелерінің құрылуы қалай жүзеге асады?

1.4.6 Өтпелі процестің сызбаларының басып шығарылуы қалай жүзеге асады?

2 Есептеу-сызба жұмыс №2. Зерттеуге байланысты сапа көрсеткіштерін өтпелі режимінде өзгертілетін параметрлер бойынша бақылау жүйесі

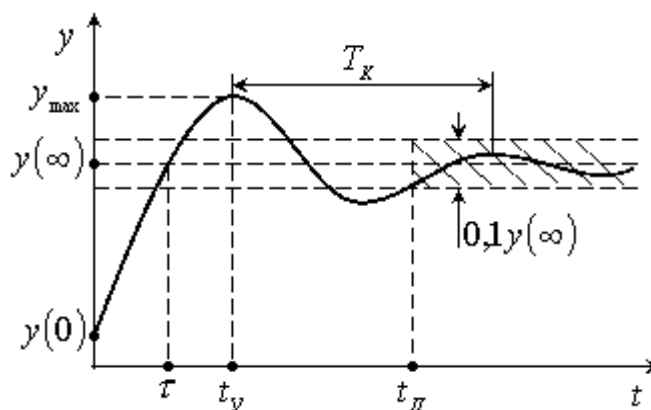
Жұмыстың мақсаты: құрылымдық модельдерде автоматика жүйесінің жұмыс істеуіндегі өтпелі режим зерттеулеріндегі практикалық әдістемесін меңгеру және зерттелетін параметрлер жүйесінің басқару сапасының негізгі көрсеткіштеріне әсері жайлы тиісті білім алу.

2.1 Қысқаша теориялық мәліметтер

Өтпелі режимдегі типтік әсердің біріне тиісті реакциямен берілген құрылымның автоматика жүйесін зерттеу, басқару процесі сапасының көрсеткішіне баға беру және параметрлердің өзгеруінен осы көрсеткіштердің тәуелділігін анықтау мақсатымен орындалады.

Автоматика жүйесін зерттеу барысында типтік әсерлерге келесі функциялар жатады:

- сатылық $x(t) = x_0 1(t)$;
- сызықтық $x(t) = vt$;
- шаршылық (квадраттық) $x(t) = \varepsilon t^2$;
- гармоникалық $x(t) = A \sin(\omega t)$.



2.1 сурет - Өтпелі функциядағы сапа көрсеткішін анықтау

Әдетте басқару процесінің сапасы жүйе реакциясының сатылы әсері бойынша, яғни жалпы көрінісі 2.1 суретте көрсетілгендей өтпелі функция бойынша бағаланады. Бұл ретте өтпелі режиміндегі басқару сапасы келесі көрсеткіштермен сипатталады:

1) Бастапқы мәні $y(0)$, төмендегі өрнекпен анықталады,

$$y(0) = \lim_{t \rightarrow 0} y(t) = \lim_{p \rightarrow \infty} (pY(p))$$

Тұрақтыланған мән $y(\infty)$, төмендегі өрнекпен анықталады,

$$y(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \lim_{p \rightarrow 0} (pY(p))$$

Аса реттеуші σ , төмендегі өрнекпен анықталады,

$$\sigma = \frac{y_{\max} - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100\%$$

мұндағы y_{\max} - реттелетін шаманың ең жоғарғы мәні.

Бірінші келісу уақыты τ , процестің басынан реттелетін шама, біріншіден қалыпты мәнге тең болу кезеңге дейін есептеледі.

Қалыпты уақыт ретінде t_y , өтпелі функцияның бірінші максимумға жету уақыты болып анықталады.

Өтпелі процестің уақыты t_{π} , қосымшаның мезгілінен бастап жүйенің әсеріндегі мезгіліне дейін есептелінеді, одан кейін интервалда $(t_{\pi}; +\infty)$ шарт орындалады.

$$|y(t) - y(\infty)| \leq 0,05y(\infty)$$

Тербелу жиілігі f_k , төмендегі өрнекпен анықталады,

$$f_k = \frac{\omega_k}{2\pi} = \frac{1}{T_k},$$

мұндағы T_k - тербелу «периоды».

Жүйенің тербелмелігі N_k , өтпелі процесс ағымында сандардың максимумдарымен немесе минимумдарымен анықталады, яғни

$$N_k \approx t_{\pi} / T_k.$$

Қарастырылып отырған режимде автоматика жүйесінің жұмыс істеуінің бастапқы сапа көрсеткіштері – аса реттеуші σ және өтпелі процестің t_{π} уақыты болып табылады.

Белгіленген сапа көрсеткіштерінің анықталуын, зерттелінетін жүйенің өтпелі функциясының талдауын болжамдайды, олардың алынған әдістері мынандай негізгі топтарға бөлінеді:

- аналитикалық, сызбалық және сызба аналитикалық әдістер, автоматика жүйесінің дифференциалдық теңдеуінің шешімі, оның ішінде көп таралғаны Лаплас түрлендіруі негізіндегі операторлық әдіс;

- жиіліктік әдіс - олардың ең танымалысы және де заттық жиіліктік сипаттамасын қолдану әдісі болып табылады;

- математикалық модельдеу әдісі.

Бұл жұмыста қарастылып отырған математикалық модельдеу әдісі - сандық есептеуіш техника құралдарымен іске асып, кеңілтілген бағдарламалармен қамтамасыз етіліп, айтарлықтай еңбек сыйымдылығын төмендетеді және жүргізілетін зерттеулердің тиімділігін арттырады.

2.2 Жұмыстың орындалу әдісі мен тәртібі

Жұмысты орындау барысында оқытушыдан нұсқа номерін алулары тиіс, яғни зерттелінетін жүйе параметрлерін:

1) Зерттелетін жүйенің параметрлерін, берілген мән бойынша өтпелі

функциясын алу:

а) кірісіне бірлік сатылы әсерін беретін зерттелетін жүйенің құрылымын жасаңыз;

б) зерттелетін жүйенің экрандағы өтпелі функциясын негізге ала отырып, уақыт шешімін таңдап, имитациялық модельдеуді өткізіңіз. Сызбаны басып шығарып және сызба бойынша басқару процесінің сапа көрсеткіштерін анықтаңыз;

в) оқытушы белгілеген модельденетін жүйенің аралық шамаларының өзгеріс сызбасын алып, басып шығарыңыз.

2) Зерттелінетін жүйенің берікті өзгерістерінен негізгі сапа көрсеткіштерінің байланысын алу:

а) тікелей тізбегін беру коэффициентін k_c өзгерте отырып және жүйенің басқа параметрлерін өзгеріссіз қалдырып, өтпелі функцияны ескере отырып, айтарлықтай өзгерісі бар мән орнатыңыз. Алынған өтпелі функциядан басты сапа көрсеткіштерін анықтаңыз, яғни аса реттеуші σ мен өтпелі процестің уақытын t_n . Модельдеудің қорытынды нәтижелерін кестеге енгізе отырып, уақытты t_n анықтау ыңғайлы;

б) оқытушы белгілеген модельдеу жүйесінің аралық шамаларына параметр өзгерісінің әсерін k_c сапалы түрде талдаңыз;

в) осылайша бір-біріне ұқсамайтын және сапа көрсеткіштерінің негізгі көрінісі мен жүйенің өзгертілетін параметрінен k_c аралық шама беретін, үш-бес өтпелі функциясын алыңыз;

г) өтпелі процестің уақыты t_n мен аса реттеушісінің σ өзгертілетін параметрге k_c тәуелділігін σ , $t_n = f(k_c)$ тұрғызыңыз;

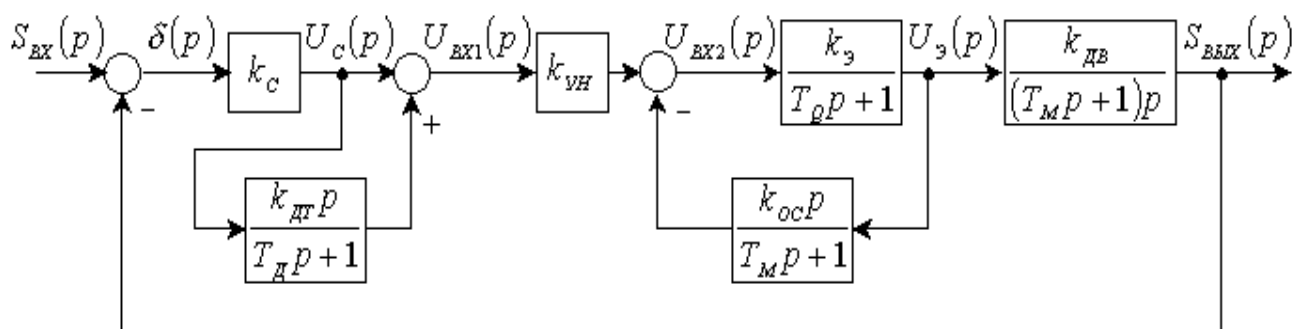
д) өтпелі функцияның бастапқы түрін қамтамасыз ететін өзгертілетін параметрдің номиналды мәнін орнатыңыз.

Оң тікелей байланыстағы тізбектің беру коэффициент өзгерісінің негізгі сапа көрсеткіштеріне тәуелділігін алу. Беру коэффициентінің k_c өзгерісін ескеріп, ұқсас демпферлік трансформатордың беру коэффициентін $k_{др}$ өзгерте отырып 2-ші тармақты орындаңыз.

Икемді кері байланыстағы тізбектің k_{oc} беру коэффициент өзгерісінің негізгі сапа көрсеткіштеріне тәуелділігін алу.

Тікелей тізбектің беру коэффициентінің k_c өзгерісін ескеріп, беру коэффициентін k_{oc} өзгерте отырып 2-ші тармақты орындаңыз.

Бұл жұмыста көшірме-фрезерлі станоктың бақылау жүйесінің өтпелі режимдегі жұмысы зерттелінеді және оның құрылымдық сұлбасы 2.2 суретте көрсетілген.



2.2 сурет - Зерттелінетін жүйенің құрылымдық сұлбасы

Берілген нұсқаға сәйкес аталған жүйені модельдеу үшін бастапқы мәндер 2.1 кестеде көрсетілген.

2.1 кесте - Тапсырмалардың нұсқалары

№ нұсқалар	Параметрлер								
	K_c , В/мм	$K_{ДТ}$, С	$K_{УН}$	K_3	$K_{ДВ}$, ммс/В	$K_{ОС}$, С	$T_Д$, С	$T_я$, С	$T_М$, С
1	10	0,104	6,3	35,6	0,053	0,027	0,0303	0,0616	0,134
2	10	0,104	6,3	35,6	0,053	0,027	0,0152	0,0616	0,134
3	10	0,104	6,3	35,6	0,053	0,027	0,0303	0,1232	0,134
4	10	0,104	3,15	35,6	0,053	0,027	0,0303	0,0616	0,134
5	10	0,104	6,3	35,6	0,053	0,027	0,0303	0,0308	0,134
6	10	0,104	6,3	35,6	0,053	0,027	0,0606	0,0616	0,134
7	10	0,104	12,6	35,6	0,053	0,027	0,0303	0,0616	0,134
8	10	0,104	6,3	35,6	0,053	0,027	0,0303	0,0616	0,067
9	10	0,104	9,45	35,6	0,053	0,027	0,0303	0,0616	0,134
10	10	0,104	6,3	35,6	0,053	0,027	0,0303	0,0616	0,268

2.4 Жұмыс бойынша есеп беру

2.4.1 Жұмыстың мақсаты.

2.4.2 Параметрлердің сандық мәндерімен, зерттелінген жүйенің сұлбасы және экспериментальді түрде алынған сызбалар.

2.4.3 Жұмыс бойынша талдау мен қорытынды.

2.4.4 Бақылау сұрақтарының жауаптары.

2.5 Бақылау сұрақтары

2.5.1 Автоматика жүйесін зерттеу кезінде қандай әсерлер типті болып табылады?

2.5.2 Реакция бойынша қай әсерге басқару процесінің сапасы бағаланады?

2.5.3 Автоматика жүйесін өтпелі режимдерінде басқару процесінің сапасы қандай көрсеткіштермен сипатталады?

2.5.4 Қандай сапа көрсеткіштері негізгі болып табылады?

2.5.5 Басқару процесінің сапасын талдау үшін зерттелінетін жүйенің өтпелі функциясын қандай әдістермен алуға болады?

2.5.6 Зерттелінетін жүйенің өтпелі функциясының түрі оның беріктік (добротность) өзгерісінен қалай тәуелді болады?

2.5.7 Оң тікелей байланыстағы тізбектің беру коэффициенті зерттелінетін жүйенің негізгі сапа көрсеткіштерінен қалай тәуелді болады?

2.5.8 Икемді кері байланыстағы тізбектің беру коэффициенті зерттелінетін жүйенің негізгі сапа көрсеткіштерінен қалай тәуелді болады?

2.5.9 Оқытушымен белгіленген модельдеу жүйесінің аралық шамасы оң мен теріс кері байланыстағы беру коэффициенттері және беріктік өзгеріс түріне қалай тәуелді болады?

2.5.10 Зерттелінетін жүйе параметрлерінің қай өзгерісі тым артырақ, оның орнықтылығын не көрсетеді?

3 Есептеу-сызба жұмыс № 3. Жиілікті әдіспен автоматика жүйесінің орнықтылығын талдау

Жұмыстың мақсаты: автоматика жүйесінің орнықтылығын талдау үшін ЛЖС әдісін және Найквист критерийін тәжірибеде қолданып үйрену және оқып білу.

3.1 Қысқаша теориялық мәлімет

Сызықты емес (бейсызық) тұйықталмаған автоматика жүйесінің басқару теңдеуін төмендегідей түрде болады:

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_0 y = b_m \frac{d^m x}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_0 x \quad (3.1)$$

Біртекті теңдеудің жалпы шешімі

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_0 y = 0,$$

$y_i(t) = c_i e^{p_i t}$ түрінде болады, $i = 1, \dots, n$, мұндағы p_i сипаттамалық теңдеудің түбірі болып табылады:

$$A_p(p) = a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0 = a_n (p - p_1)(p - p_2) \dots (p - p_n) \quad (3.2)$$

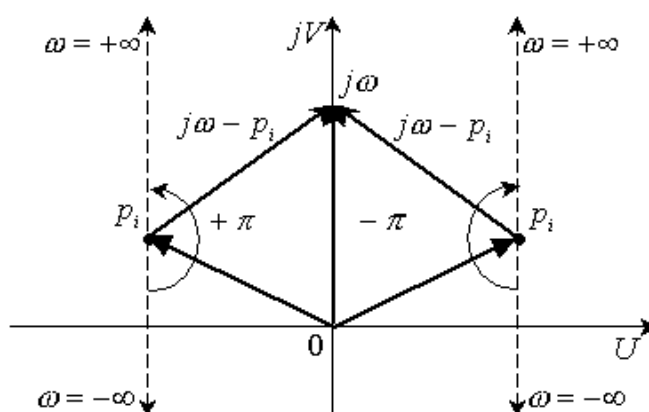
және жүйенің орнықтылығын анықтайды, яғни сыртқы әсер ету тоқтағаннан кейін өзінің бастапқы күйіне қайта айналып келетін қабілеті бар жүйе.

Жүйе орнықты болып табылады, егер кешенді айнымалылардың барлық түбірлері жартылай жазықтықтың сол жағында орналасқан болса, яғни теріс нақты бөлікке ие болса немесе теріс болып табылған жағдайда. Орнықтылықты анықтау үшін түбірлерінің таңбасын есептеусіз-ақ анықтауға болатын әртүрлі критерийлер пайдаланылады.

Орнықтылықты анықтауда жиіліктік критерийлер көп қолданысқа ие болды, соның ішінде аргумент принципіне негізделген ЛЖС әдісі мен Найквист критерийлері. Талдау кезінде жиіліктік аймаққа өткенде $p = j\omega$ ауыстырамыз, $-\infty \leq \omega \leq +\infty$ шартында (3.2) теңдеудегі әр көбейткіш аргументінің өзгеруі келесідей анықталады:

$$\Delta \arg(j\omega - p_i) = \pm \pi,$$

мұндағы жартылай жазықтықтың сол жағына P_i түбіріне «+» таңбасы, ал «-» таңбасы жартылай жазықтықтың оң жағына сәйкес келеді (3.1 сурет).



3.1 сурет - Оң және сол жартылай жазықтық түбірлері үшін $(j\omega - p_i)$ аргументінің өзгеруі

Егер сипаттамалық теңдеу жартылай жазықтықтың оң жағында m және сол жағында $(n - m)$ ие болса, онда

$$-\infty \leq \omega \leq +\infty \text{ кезінде} \quad \Delta \arg A_p(j\omega) = (n - m)\pi - m\pi = (n - 2m)\pi.$$

Орнықты тұйықталмаған жүйе үшін $m = 0$ және симметриялыған ескергенде аргумент принципі $A_p(j\omega)$ келесідей өрнектеледі:

$$-\infty \leq \omega \leq +\infty \text{ кезінде} \quad \Delta \arg A_p(j\omega) = \pi n.$$

Автоматиканың тұйықталған жүйелерінің орнықтылығын талдау үшін аргумент принципі өрнектеледі:

$$\varphi(p) = 1 + W(p) = \frac{A_p(p) + B_p(p)}{A_p(p)} = \frac{A(p)}{A_p(p)}, \quad (3.3)$$

мұндағы $W(p)$ - тұйықталмаған жүйенің беріліс функциясы;

$A(p)$ - тұйықталған жүйенің сипаттамалық полиномы.

Осы принципке сәйкес аргументтің өзгерісі анықталады:

$$-\infty \leq \omega \leq +\infty \text{ кезінде} \quad \Delta \arg \varphi(j\omega) = \Delta \arg A(j\omega) - \Delta \arg A_p(j\omega).$$

Тұйықталмаған жүйенің орнықтылық шарты кезінде және кешенді айнымалы жартылай жазықтықтың оң жағында орналасса, тұйықталған жүйенің сипаттамалық теңдеуінің m түбірі болған кезде тепе теңдік орнындауы дұрыс жағдай:

$$-\infty \leq \omega \leq +\infty \text{ кезінде} \quad \Delta \arg \varphi(j\omega) = -\pi(n-m) + \pi n = \pi m.$$

Осы жерде байқағанымыздай орнықты жүйелер үшін тұйықталған және тұйықталмаған жағдайында Найквист критерийінің шарты орындалады.

$$-\infty \leq \omega \leq +\infty \text{ кезінде} \quad \Delta \arg \varphi(j\omega) = 0.$$

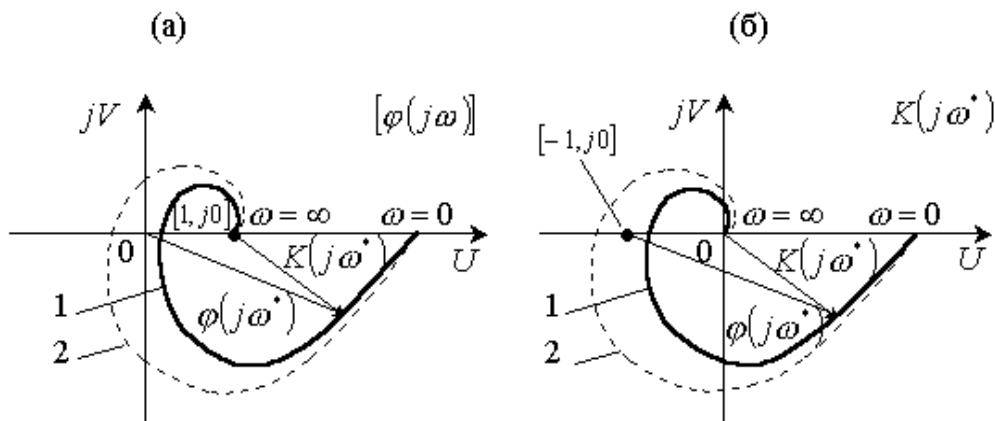
Статикалық жүйелер үшін осы шарттық графиктік интерпретациясы 3.2,а суретте көрсетілген.

Автоматика жүйесінің АФС өту үшін, яғни (3.3) алынған өрнек бойынша

$$K(j\omega) = W(p)|_{p=j\omega} = \varphi(j\omega) - 1$$

оның кешенді беріліс коэффициентіне өту Найквист критерийін түрлендіруге мүмкіндік береді.

Тұйықталмаған жағдайдағы автоматика жүйесі орнықты, ал тұйықталған жағдайда орнықты болады, егер тұйықталмаған жүйенің АФС $-\infty \leq \omega \leq +\infty$ кезінде $[-1, j0]$ координаттың (3.2,б сурет) критикалық нүктелерін қамтамасыз етпей тұрғызылуы керек.



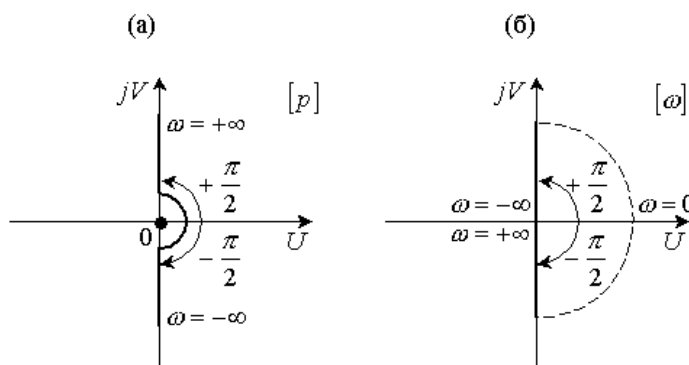
а - $[\varphi(j\omega)]$ жазықтығында; б - $[K(j\omega)]$ жазықтығында; 1 – автоматиканың орнықты жүйесі; 2 - автоматиканың орнықсыз жүйесі.

3.2 сурет - Найквист критерийінің орнықтылығы

$\omega=0$ кезінде астатикалық жүйелердің АФС ажырау байқалады. Сонымен қатар, $|K(j\omega)| \rightarrow \infty$ кезінде, фаза $\nu\pi$ өзгереді, мұндағы ν - астатизм реті, нөлдік түбір $p=0$ болғандықтан, жартылай жазықтықтың сол жағында жатады (3.3,а сурет), яғни $p = \rho e^{j\varphi}$ ауыстырамыз, мұндағы $\rho \rightarrow 0$, ал $\varphi - \pi/2$ - ден $+\pi/2$ дейінгі өзгереді. Байқағанымыздай, интегратор үшін оның 3.3,б

суретте келтірілген АФС түрін түсіндіретін $K(j\omega) = \frac{K}{\rho} e^{-j\varphi}$ өрнегі дұрыс болады.

ЛЖС аймағында интерпретирленген Найквист критерийі ЛЖС әдісі деп аталатын болды. Осы әдіске сәйкес тұйықталмаған жағдайда автоматика жүйесі тек орнықты болады, яғни тұйықталмаған жүйенің кесу жиілігінде, яғни $|K(j\omega)|=1$ кезінде жиілікте фазалық $\varphi(\omega_c)$ ығысу $-\pi$ мәнінен аспайды.

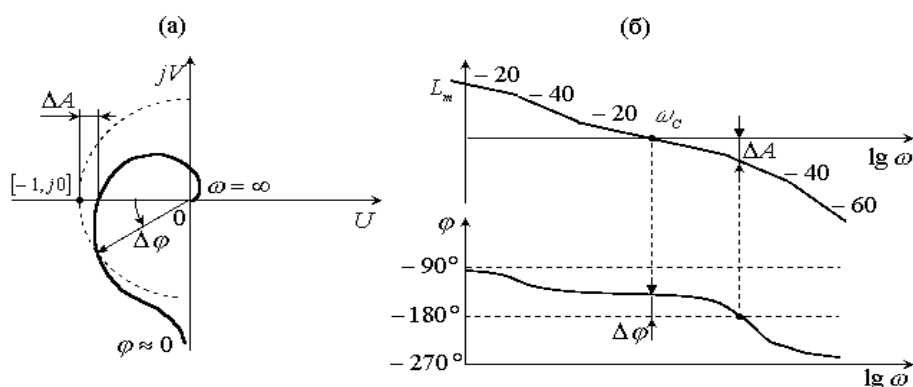


а - $[p]$ жазықтықта; б - $[\omega]$ жазықтықта.

3.3 сурет - Интегратордың АФС

Бірінші ретті астатикалық жүйенің орнықтылығын талдау үшін ЛЖС әдісін қолдану 3.4 суретте көрсетілген. Осы суретте орнықтылық қорын фаза

$\Delta\varphi$ бойынша және модуль ΔA бойынша анықтау көрсетілген.



а - бірінші ретті астатикалық жүйе орнықты; б - ЛЖС әдісі.

3.4 сурет - ЛЖС аймағында интерпретирленген Найквист критерийі

3.2 Жұмыстың орындау әдісі мен тәртібі

Жұмысты бастамай тұрып, оқытушыдан зерттелетін автоматика жүйесінің нұсқасының нөмірін алыңыз.

1) Статикалық жүйенің орнықтылығын талдау:

а) ЛЖС әдісімен орнықтылығын анықтау.

Кірісіне бірлік сатылай әсер ету берілетін бірлік кері байланысты тұйықталған жүйенің құрылымын құрыстырыңыз, ал тура тізбектің беріліс функциясы тұйықталмаған жүйенің беріліс функциясына сәйкес келеді. Қажетті параметрлердің мәнін беріңіз.

Зерттелетін жүйенің ЛЖС жиіліктер өзгерісінің диапазонына барлық түйіндес жиіліктер кіретіндей етіп алыңыздар.

Алынған ЛЖС асимптотикалық ЛАС тұрғызыңыз, осы жиілікте кесу жиілігін және фазалық ығысуды анықтаңыздар.

Зерттелген жүйенің орнықтылығы бойынша қорытынды жасаңыз. Орнықты жүйе үшін орнықтылық қорын фаза $\Delta\varphi$ бойынша және модуль ΔA бойынша анықтаңыз;

б) Найквист критерийі бойынша орнықтылықты анықтаңыз.

Зерттелген жүйенің таңдалған диапазонның жиілігін жоғары шегінен қажетті төменгі жиілік мәніне дейін өзгертіп, сапалы АФС алыңыздар.

Жиіліктің төменгі шегін өзгерту арқылы жорамал өстің критикалық нүктесін табыңыздар және осы нүктеге жақын жүйенің АФС салыңыздар.

Алынған АФС бойынша кесу жиілігінде фазалық ығысуды анықтаңыздар.

Зерттеліп отырған жүйенің орнықтылығы бойынша қорытынды жасаңыз. Орнықты жүйе үшін орнықтылық қорын фаза $\Delta\varphi$ бойынша және модуль ΔA бойынша анықтаңыз. Нәтижесін 1,а пунктімен салыстырыңыз;

в) орнықтылықты моделдеу әдісімен тексеру.

Имитациялық моделдеу жүргізіңіз. Зерттелетін жүйенің орнықтылығы бойынша қорытындыдан тәжірибелік моделдеу уақытын таңдап алып, өтпелі функцияның графигін алыңыздар. Графигті салыңыздар.

Бірінші ретті астатикалық жүйенің орнықтылығын талдау.

1 пункті орындаңыздар.

Екінші ретті астатикалық жүйенің орнықтылығын талдау.

1 пункті орындаңыздар.

Бұл жұмыста бірінші ретті және екінші ретті астатикалық және статикалық жүйелердің орнықтылығын талдау үшін Найквист критерийі және ЛЖС қолданылады.

Зерттелетін жүйелердің беріліс функциялары жалпы түрде келесідей түрде анықталады:

$$W(p) = \frac{k(1+ap)^{v-1}}{p^v(1+T_1p)^{s-v} \prod_{i=2}^n (1+T_i p)}$$

Моделдеу үшін бастапқы мәліметтері 3.1 кестеде берілген нұсқа бойынша көрсетілген.

3.1 кесте – Тапсырма нұсқалары

Нұсқа №	v = 0						
	s	N	k	τ, C	$T_{1,C}$	$T_{2,C}$	$T_{3,C}$
1	3	2	1800	0.08	0.900	0.0300	-
2	3	2	100	0.25	0.800	0.0200	-
3	3	2	180	0.08	0.900	0.0300	-
4	2	3	800	0.315	0.635	0.0400	0.020
5	3	3	16000	0.08	0.900	0.0160	0.008
6	2	2	10	0.315	0.635	0.0160	-
7	3	3	2500	0.08	0.900	0.0160	0.008
8	3	3	3	0.08	0.900	0.0160	0.008
9	1	2	10	-	0.635	0.0125	-
10	3	3	160	0.08	0.900	0.0160	0.008
Нұсқа №	v = 1						
	s	N	k	τ, C	$T_{1,C}$	$T_{2,C}$	$T_{3,C}$
1	3	2	180	0.080	0.900	0.0300	-
2	3	3	16000	0.080	0.900	0.0160	0.008
3	3	2	3150	0.080	0.900	0.0300	-
4	3	3	3000	0.080	0.900	0.0160	0.008
5	3	2	180	0.250	0.800	0.0200	-

3.1 кестенің соңы

6	3	3	90	0.080	0.900	0.0160	0.008
7	2	3	400	0.315	0.635	0.0400	0.020
8	1	2	180	-	-	0.0125	-
9	3	3	1	0.080	0.900	0.0160	0.008
10	2	2	30	0.315	0.635	0.0160	-
Нұсқа №	$v=2$						
	s	N	k	τ, C	$T_{1,C}$	$T_{2,C}$	$T_{3,C}$
1	2	3	525	0.315	-	0.0400	0.020
2	3	2	250	0.250	0.8	0.0200	-
3	2	2	50	0.315	-	0.0160	-
4	3	2	400	0.250	0.8	0.0125	-
5	1	2	1600	-	-	0.0160	-
6	3	3	21000	0.080	0.9	0.0160	0.008
7	3	3	5000	0.080	0.9	0.0160	0.008
8	3	3	100	0.080	0.9	0.0160	0.008
9	3	2	1	0.250	0.8	0.0200	-
10	3	3	30	0.080	0.9	0.0160	0.008

3.4 Жұмыс бойынша есеп беру

3.4.1 Жұмыстың мақсаты.

3.4.2 Зерттеліп отырған жүйенің құрылымдық динамикалық сұлбасы, олардың параметрлерінің сандық мәндері бар беріліс функциялары, алынған ЛЖС, АФС графиктері және беріліс функциялары. Жұмыс бойынша талдау жасау.

3.4.3 Бақылау сұрақтарына жауап беру.

3.5 Бақылау сұрақтары

3.5.1 Орнықтылықтың Найквист критерийі қандай принципке негізделген?

3.5.2 Орнықтылықтың Найквист критерийі қалай қалыптасады?

3.5.3 Критикалық нүктенің координаттары неге тең?

3.5.4 Астатикалық жүйелер үшін АФС-ң тұрғызылу ерекшелігі неде?

3.5.5 Астатикалық және статикалық жүйелер үшін нөлдік жиіліктің фазалық ығысуы неге тең?

3.5.6 Жиілікті ω шексіз үлкен ұлғайту кезінде астатикалық және статикалық жүйелердің АФС-і неге ұмтылады?

3.5.7 Зерттеліп отырған жүйенің ЛЖС көмегімен фаза және модуль бойынша қор қалай анықталады?

3.5.8 Автоматика жүйесінің АФС мен ЛЖС арасындағы байланыс

қатысы неде?

3.5.9 Фаза және модуль бойынша орнықтылық қорының физикалық мағынасы қандай?

Әдебиеттер тізімі

- 1 Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. - СПб.: Изд-во "Профессия", 2003. - 752 с.
- 2 Воронов А. А. Основы теории автоматического управления. - М.: Высшая школа. - Часть I. - 1986.
- 3 Малафеев С.И. Основы автоматики и системы автоматического управления. - М.: «Академия», 2010.
- 4 Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. - СПб.: «Лань», 2010.
- 5 Теория автоматического управления / под ред. В.Б.Яковлева. - М., 2009.
- 6 Советов Б.Я. Теоретические основы автоматизированного управления. - М., 2006.
- 7 Сагитов П.И., Иманбекова Т.Д. Теория автоматического управления. Конспект лекций. - Алматы: АУЭС, 2014. – 70 с.
- 8 Цыба Ю.А., Тойгожинова Ж.Ж., Жаркымбекова М.Б. Теория автоматического управления: Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности «Электроэнергетика». - Алматы: АУЭС, 2014. -35 с.

Юрий Александрович Цыба
Данна Максуткановна Чныбаева

АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ТЕОРИЯСЫ

5B071800 - мамандығының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарды
орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Қ.С. Телғожаева
Стандарттау бойынша маман Н.К. Молдабекова

Басуға _____ қол қойылды
Таралымы 20 дана
Көлемі 1,38 оқу.-бас.әд.

Пішіні 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс ___ Бағасы 690 тг.

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі-көбейткіш бюросы
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126