

**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**



**АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Өндірістік қондырғылардың
автоматтандырылуы және
электр жетегі кафедрасы

АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ТЕОРИЯСЫ

5В071800 - Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне
зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2014

ҚҰРАСТЫРҒАНДАР: Ю.А. Цыба, Ж.Ж. Тойгожинова. Автоматты басқару теориясы. 5B071800 - Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар. - Алматы: АЭЖБУ, 2014. – 21б.

Әдістемелік нұсқау MATLAB Simulink бағдарламасында жұмыстарды орындаудан, жұмысты жүргізу және дайындау әдістерінен алынған нәтижелерді талдаудан тұрады.

Әдістемелік нұсқау 5B071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне зертханалық жұмыстарды орындауға арналған.

Суреттер 9, кесте 5, әдеб. – 6 атау.

Пікір беруші: аға оқытушы Курпенев Б. К.

«Алматы энергетика және байланыс университетінің» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2014 ж. баспа жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университетінің» КЕАҚ, 2014 ж.

Мазмұны

Кіріспе	4
1 Зертханалық жұмыс №1. Автоматты басқару жүйелерінде типтік динамикалық буындардың өтпелі процестері.....	4
2 Зертханалық жұмыс №2. Автоматты басқару жүйелерінің нақтылығын зерттеу	9
3 Зертханалық жұмыс №3. Тізбектей коррекциялаумен автоматты реттеу жүйесін зерттеу және синтездеу	17
4 Зертханалық жұмыс №4. Автоматты басқарудың сызықты емес жүйелерінде автотербелісті зерттеу.....	18
Әдебиеттер тізімі	21

Кіріспе

Бұл әдістемелік нұсқау «Автоматты басқару теориясы» (АБТ) курсы бойынша зертханалық жұмыстарды орындауға арналған.

Жұмыстың мақсаты: студенттерді басқару жүйесін жобалауға және тәжірибе жүзінде жасап талдауға үйрету.

Зертханалық жұмыстарды орындау барысында студенттер келесі сұрақтарды қарастырады:

- уақыттық және жиіліктік аймақтар бойынша автоматты жүйелерде әр түрлі буындардың динамикалық қасиеттерін білу және сипаттамаларын тұрғызу;

- автоматты басқару жүйелерінің нақтылығын зерттеу;

- динамикалық қасиеттерін жақсарту және сапа көрсеткіштерін жоғарылату мақсатында коррекциялаушы құрылғылардың жиіліктік, түбірлі және басқа да синтездеу әдістерін үйрену;

- автоматты басқарудың сызықты емес жүйелерінде автотербелісті зерттеу.

Зертханалық жұмыстарды орындауда кең тараған MATLAB моделдеу пакетін Control System Toolbox и Simulink қосымшасымен пайдаланамыз. Әр жұмыс тапсырмаларын орындау кезінде қолданылатын MATLAB командаларының түсініктемесінен тұрады.

1 Зертханалық жұмыс №1. Автоматты басқару жүйелерінде типтік динамикалық буындардың өтпелі процестері

Жұмыстың мақсаты: MATLAB-Simulink моделдеу пакетін білу. Автоматты басқарудың сызықты жүйелерінің моделдеудің негізгі әдістерін меңгеру.

1.1 Қысқаша теориялық кіріспе

Модель - айнymалылардың бір-бірімен байланысын, олардың уақыт бойынша өзгеруін, болатын заңдылықтарды табуға көмектесетін құрал іспеттес. Моделді құру кезінде зерттелетін аймақтың құрылымы түсінікті бола түседі, маңызды байланыстарды байқаймыз. Моделдеу процесінде бастапқы аймақтың қасиеттері болатын және жүйеде қалыптасқан талаптардың көзқарасымен екінші деңгейге бөліну басталады. Сонымен бірге, модель болжам сияқты, аймақтың жүрісін байқаймыз және әр түрлі басқарумен байқай отыра оларды басқаруға болатынын көрсетеді.

Моделдерлі шартты түрде үш топқа бөлуге болады: физикалық, аналогты және математикалық. Физикалық модель деп нақты аймақ оның ұлғайтылған немесе кішірейтілген көшірмесімен ауысуын айтады. Аналогты моделдеу бастапқы аймақты басқа аналогты жүріске ие физикалық табиғатпен

алмастыруға негізделген. Математикалық модель нақты физикалық аймақтың математикалық сипатталуы болып табылады.

Математикалық моделмен көрсетілген аймақтың қасиеті аналитикалық және есептеу әдістерін пайдаланумен оқытылуы мүмкін. Олар бірінші және екінші ретті дифференциалдық теңдеумен сипатталатын жүйені толықтай зерттеуге мүмкіндік береді. Үшінші және төртінші ретті теңдеумен сипатталатын жүйелер аналитикалық шешімге жүгінеді, алайда жүйенің параметрлерінің әсер етуін сандық әдіспен зерттеуге тура келеді. Жоғары ретті жүйелерді тек сандық әдіспен зерттейді.

Сандық әдістер компьютерлік моделдеуге негізделген. Компьютерлік модель – бұл математикалық моделдің бағдарламамен іске асырылуы, олар әр түрлі қызметтік (сурет салатын, уақыт бойынша сызбасының өзгеруі сияқты) бағдарламалармен толыққан. Динамикалық жүйелерді зерттеу үшін Math Work фирмасының MATLAB – Simulink пакеті кеңінен қолданылады.

Simulink пайдалану отыра моделдеу кезінде визуалды бағдарламалау жүзеге асады, сәйкесінше қолданушы экрандағы кітапханадан стандартты блоктардан құрылғы моделін құрады және есептеулер жүргізеді. Сондай-ақ моделдеудің классикалық амалынан айырмашылығы қолданушы бағдарлама тілін және математиканың сандық әдісін толық меңгеруі қажет емес. Тек компьютерде жұмыс жасауды білетіндей жалпы білім, әрине өзі жұмыс жасайтын саланы білу жеткілікті.

Автоматты басқару жүйесінде кең тараған математикада сипатталатын әдіс төмендегілер болып табылады:

- осы және басқа түрде жазылатын дифференциалдық теңдеу;
- күй теңдеуі – Кошидің қалыпты түрінде жазылған дифференциалдық теңдеулер жүйесі;
- беріліс функциялары;
- жүйелік функциялар (амплитудалы-жиіліктік, фаза-жиіліктік, амплитудалы- фазалы сипаттамалар);
- нөлдер және беріліс функциялардың полюстері.

Сызықты динамикалық (немесе оның бөлігін) жүйені сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер жалпы жағдайдағы түрі:

$$a_n \frac{d^n x}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dx}{dt} + a_0 x = b_m \frac{d^m u}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{du}{dt} + b_0 u. \quad (1.1)$$

мұндағы u -кіріс сигнал, x -күй айнымалысы.

Осы теңдеуді операторлы түрде жазуға болады:

$$a_n s^n x + a_{n-1} s_{n-1} x + \dots + a_1 s x + a_0 x = b_m s^m u + b_{m-1} s^{m-1} u + \dots + b_1 s u + b_0 u, \quad (1.2)$$

мұндағы $s^k = \frac{d^k}{dt^k}$ - дифференциалдау операторы. Соңғы теңдеуден

шығыс сигналдың кіріс сигналына қатынасын табамыз:

$$w(s) = \frac{x}{u} = \frac{b_n s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0}. \quad (1.3)$$

Беріліс функциялы түріне сәйкес келетін 1.3 өрнегін операторлы беріліс функциясы деп атаймыз. Байқағанымыздай, MATLAB – Simulink пакеті моделдері

Күй теңдеуі (Кошидың қалыпты түрінде жазылған дифференциалдық теңдеулер жүйесі) түрі:

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= AX + BU; \\ Y &= CX + DU; \end{aligned} \quad (1.4)$$

мұндағы X - күй векторы;

U, Y – кіріс және шығыс векторлары;

A -коэффициенттер матрицасы;

B - басқару матрицасы;

C -шығыс матрицасы,

D – матрица, кіріс және шығыс сигналдар байланысын сипаттайды.

Кейбір жағдайларда, қарапайым жүйелерде, шығыс скаляр шама болып табылады. Бұл жағдайда матрица C – жолдың векторы, ал матрица X – бағана векторы және олардың туындысы скаляр шаманы береді.

1.1 - теңдеу бойынша құралған беріліс функциясы (Лаплас бойынша түрлендірілген шығыс сигналдың Лаплас бойынша түрлендірілген кіріс сигналға қатынасы):

$$W(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = \frac{b_n s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0}. \quad (1.5)$$

мұндағы $s = a + j\omega$ – комплексті шама.

Егер $s = j\omega$ алсақ, онда жүйелік функцияны аламыз (амплитудалы-фазалы сипаттама).

$$H(j\omega) = \frac{X(j\omega)}{U(j\omega)} = \frac{b_n (j\omega)^m + b_{m-1} (j\omega)^{m-1} + \dots + b_1 (j\omega) + b_0}{a_n (j\omega)^n + a_{n-1} (j\omega)^{n-1} + \dots + a_1 (j\omega) + a_0}. \quad (1.6)$$

Жүйелік функция алгебралық немесе көрсеткіш түрінде жазылуы мүмкін:

$$H(j\omega) = R[H(j\omega)] + \text{Im}[H(j\omega)] = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}, \quad (1.7)$$

мұндағы

$$A(\omega) = \sqrt{R_e[H(j\omega)]^2 + \text{Im}[H(j\omega)]^2} \quad (1.8)$$

амплитудалы-жиіліктік сипаттама,

$$\varphi(\omega) = \text{arctg} \frac{\text{Im}[H(j\omega)]}{R_e[H(j\omega)]} \quad (1.9)$$

фазалы-жиіліктік сипаттама.

Беріліс функцияның (1.5) алымы мен бөлімі s айнымалының полиномын көрсетеді. Алымының полином түбірлері нөл өрнегіне келеді және сондықтан нөл (Zero) деп атайды, ал бөлімінің полином түбірлері шексіздікке ұмтылады және беріліс функцияның полюстері (Pole) деп атайды. Нөлдер (z) мен полюстерді (p) пайдалана жазылған беріліс функциясы келесі түрде болады:

$$W(p) = K \frac{(s - z_m)(s - z_{m-1}) \dots (s - z_1)}{(s - p_n)(s - p_{n-1}) \dots (s - p_1)}, \quad (1.10)$$

мұндағы K – күшейту коэффициент.

1.2 Жұмыс бағдарламасы

1.2.1 Оқытушы көрсеткен нұсқа бойынша 1.1 - кестеден тапсырманы аламыз және MATLAB-Simulink пакеті көмегімен автоматты басқарудың сызықты жүйелерінің моделдеу сұлбасын жинаймыз.

1.2.2 Моделдеуді бастапқы нөл болғандағы шарттар үшін жүргіземіз және кірісіне бірлік сатылы сигналды – жүктеме бойынша қарсы әсер – (Sources кітапханасындағы Step блогы) $u = I(t)$ және синусоидалы сигнал (Sources кітапханасындағы Sine Wave блогы) $u = 2\cos(t)$ береміз.

1.2.3 Моделдің шығысын жұмыс терезесіне (Sinks кітапханасындағы To Workspace блогы) және графикалық дисплейге (Sinks кітапханасындағы Scope блогы) қосамыз. Графикалық дисплейде сигналдар $y(t)$ және $u(t)$ шығады. Уақыт аралығын өздеріңіз таңдайсыздар.

1.2.4 Нөлге тең және нөлге тең емес бастапқы шарттармен жүйенің еркін қозғалысын жүзеге асырамыз (1.2 кесте). Жүйенің $y(t)$ шығыс сипаттамасын аламыз.

1.2.5 Алынған сызбалар мен есептерді Word форматына көшіріңіз.

1.1 кесте – Моделдің параметрлерінің нұсқалары

Нұсқа	Моделдер рет, n	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	b_2
1	3	9	6	3	1	2	0,1
2	3	5	4	3	2,5	2	3
3	3	5	4	2	7,5	0	5
4	3	8	6	2	1	1	10
5	3	7	5	1	1	3	1,5
6	3	1	5	0	1	0,5	1
7	2	7	3	0	1	6	0
8	2	2	0,5	0	4	2	0
9	2	1	0,5	0	2	2	0
10	2	2	1	0	3	2	0
11	2	3	0,8	0	7,5	3	0
12	2	8	6	0	1	2	0
13	2	7	5	0	1	2	0
14	2	1	5	0	1	0	0
15	2	0,1	1	0	0,1	1	0

1.2 кесте – Моделдердің бастапқы шарттарының нұсқалары

Нұсқа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Моделдер реті n	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
$y(0)$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y^{(1)}(0)$	0,5	-0,2	-0,4	0,1	-0,5	0,5	0,4	1	-0,5	0	0,5	0,1	-0,5
$y^{(z)}(0)$	0	0,1	0,2	-0,1	0	0,1	-	-	-	-	-	-	-

1.3 Есеп беруге талаптар

Есеп беру келесі бөлімдерден тұруы керек:

- 1) Сыртқы беті.
- 2) Жұмыстың мақсаты мен орындалу тәртібі.

- 3) Теориялық бөлімнен қысқаша мазмұн.
- 4) Типтік динамикалық буындардың математикалық моделдері.
- 5) Көрсетілген типтік буындардың өтпелі процестерінің сызбаларды.
- 6) Қорытынды.

1.4 Бақылау сұрақтары

- 1.4.1 Моделдеу түрлері.
- 1.4.2 Автоматты басқару жүйелерінің математикалық жазылуы әдістері
- 1.4.3 MATLAB-Simulink пакеті қандай тапсырмаларды шешу үшін қолданылады?
- 1.4.4 Интегралдау блогы не үшін қолданылад? Кіріс - шығыс моделге құру принципін айтыңыз.
- 1.4.5 Өтпелі сипаттамалар деген не?
- 1.4.6 Компьютерлік моделдеу деген не?
- 1.4.7 Буындардың қандай түрлері болады?
- 1.4.8 Беріліс функциясы қалай анықталады?

2 Зертханалық жұмыс №2. Автоматты басқару жүйелерінің нақтылығын зерттеу

Жұмыстың мақсаты: әр түрлі типтік режимдерде автоматты реттеу жүйелерінің нақтылығын зерттеу.

2.1 Қысқаша теориялық кіріспе

АБЖ негізгі талаптардың бірі басқарудың ($y(t)$) орнықтыланған процесінің түрімен анықталатын тапсырма беруші әсерді нақты жүргізу болып табылады. Жүйенің орнықтыланған қателігі келесідей болады:

$$\varepsilon(t) = y(t) - g(t). \quad (2.1)$$

АБЖ қателіктің орнықтыланған мәнін операциялық есептеулерден негіздің (оригинал) шектік мәні жайлы теоремасын қолданып анықтауға болады.

Егер $\varepsilon(t)$ және $\dot{\varepsilon}(t)$ функциялар – түпнұсқасы және $E(P)$ - $\varepsilon(t)$ функцияның бейнесі, онда

$$\lim_{P \rightarrow 0} \cdot E(P) = \lim_{P \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = \varepsilon(t) = \varepsilon_{КАЛ}. \quad (2.2)$$

Әдетте АБЖ нақтылықты жұмыстың типтік режимдері үшін анықтайды. Олардың ішінде қарапайым режимі болып табылады:

- сыртқы әсердің тұрақты шамалары кезінде;
- тұрақты жылдамдықпен сыртқы әсерді өзгерту кезінде;
- сыртқы әсердің квадратты өсу кезінде өзгеру кезінде;
- гармоникалық әсер кезінде.

Тұйықталған АБЖ-да сыртқы тапсырма беруші әсердің тұрақты шамасы кезінде $g(t) = const = g_0$ орнықтыланған қателіктің мәнін табамыз.

Тұйықталмаған тізбектің беріліс функциясы – $W(p)$ болсын. Онда тұйықталған жүйенің қателік үшін беріліс функциясы тең болады:

$$\Phi_{\varepsilon g}(p) = \frac{1}{1+W(p)}. \quad (2.3)$$

Негіздің (2.2) шектік мәні туралы теоремаға сәйкес орнықтыланған қателік келесі түрде болады:

$$\varepsilon_{КАЛ} = \lim_{p \rightarrow 0} P \cdot G(P) \cdot \Phi_{\varepsilon g}(P). \quad (2.4)$$

$G(p) = \frac{g_0}{P}$ және $W(p) = \frac{M(P) \cdot K}{Q(P)}$ кезінде, мұндағы $M(P)$ және $Q(P)$ P көбейткіш болмайды, (2.2) ескергенде алатынымыз:

$$\varepsilon_{КАЛ} = \frac{g_0}{1+K}. \quad (2.5)$$

Бұл қателіктің мәні статикалық қателік деп аталады.

Тапсырма беруші әсер тұрақты жылдамдықпен өзгерсін делік

$$g(t) = V \cdot t. \quad (2.6)$$

(2.2) және (23) формулаларды ескергенде, онда бұл жағдайда $G(P) = \frac{V}{P^2}$ болғанда табатынымыз:

$$\varepsilon_{КАЛ} = \lim_{p \rightarrow 0} P \cdot \frac{V}{P^2} \cdot \frac{1}{1+W(p)} = \lim_{P \rightarrow 0} \frac{V}{P} \cdot \frac{1}{1+W(p)}. \quad (2.7)$$

Бұл жағдайда қателіктің өсуін тоқтату үшін АБЖ тұйықталмаған тізбегінің беріліс функциясы – $W(p)$ нөлдік полюске ие болуы керек. Онда (2.7) формуладан шығатыны $\varepsilon_{КАЛ} = V/K$. Бұл тұрақты мән жылдамдық қателігі деп аталады.

Мысалы: $W(p) = \frac{K}{p(Tp+1)}$ (бір нөлдік полюс) болсын.

Онда (2.7) теңдеуден төмендегі теңдікті аламыз

$$\varepsilon_{КАЛ} = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{V}{P^2} \cdot \frac{p(Tp+1)}{p(Tp+1)+K} = \frac{V}{K}.$$

Егер осы мысалда тапсырма беруші әсер тұрақты болса, онда АБЖ-да орнықтыланған қателік нөлге тең болады,

$$\varepsilon_{КАЛ} = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \frac{g_0}{P} \cdot \frac{p(Tp+1)}{p(Tp+1)+K} = 0.$$

Сонымен тұйықталмаған тізбектің $W(p)$ беріліс функциясы нөлдік полюске ие жүйеде статикалық қателік бола алмайды және жылдамдық қателігі тұрақты мәнде болады.

Осындай жүйелер астатикалық жүйелер деп аталады. Тұйықталмаған тізбектің $W(p)$ беріліс функциясында интегралдаушы буынның болуы шарт.

Тізбектей жүйелер және бағдарламалық басқару жүйелер астатикалық сияқты жобалануы керек. Реттелетін шаманың тұрақты мәнін ұстап тұруға келтірілетін жүйелер статикалық қателікке ие болуы мүмкін.

Тізбектеуші жүйелерде интегралдаушы буын ретінде астатизмді туғызушы орындаушы қозғалтқыш болып табылады.

Біліктің бұрылу бұрышы (немесе сызықты ауысу) басқарушы сигналдың (кернеу) кірісінің интегралына пропорционал болады.

(2.5) және (2.7) теңдеулерден байқағанымыздай, қателік шамасын азайту үшін жүйенің тұйықталмаған тізбегінің жалпы күшейту K коэффициенттерін ұлғайту керек.

Сонымен қатар, АБЖ астатизммен екінші және одан жоғары ретті, тапсырма беруші әсер қатынасымен ғана емес, қарсы әсер қатынасымен тұрғызуға болады. Астатизм шарты бұл кезде басқаша және шарттан анықталатын болады.

$$\varepsilon_{уст} = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot F(p) \cdot \Phi_{эг}(p). \quad (2.8)$$

Гармоникалық әсер кезіндегі нақтылық. Бұл жағдайда орнықтыланған қателік жоғарыда қарастырылған жиіліктік сипаттамамен анықталады.

Егер кіріс әсер заң бойынша өзгереді десек,

$$g(t) = g_m \sin \omega_p t. \quad (2.9)$$

Орнықтыланған режимде сызықталған жүйеде қателік те гармоникалық заңдылық бойынша өзгереді.

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_m \sin(\omega_p t + \varphi). \quad (2.10)$$

Осы режимде АБЖ нақтылығы қателік бойынша тұйықталған АБЖ АЖС анықталғанын пайдалана отыра, қателіктің амплитудасы бойынша анықтауға болады.

$$\varepsilon_m = \frac{g_m}{|1+W(j\omega_p)|}. \quad (2.11)$$

Әдетте басқару жүйесі кіріс сигналдың g_m амплитудасы аз, ε_m көп болатындай етіп жобаланады. Көргеніміздей, ω_p жұмыс жасайтын жиілікте $|1+W(j\omega_p)| \gg 1$ шарт орындалуы қажет. Онда (2.11) өрнегін жуықтаумен алмастыруға болады

$$\varepsilon_m = \frac{g_m}{|W(j\omega_p)|}. \quad (2.12)$$

Бұл формула орнықтыланған режимде қателіктің амплитудасын есептеуге мүмкіндік береді, сонымен бірге орнықтыланған режимде берілген нақтылықты қамтамасыз ететін АБЖ синтез тапсырмаларын шешеді. Мысалы, қателіктің жеткілікті амплитудасы – ε_m және кіріс әсер – g_m берілген амплитуда кезінде басқарушы әсер жиілігінде қалаулы ЛАЖС тұрғызу кезінде координаттарымен ω_p бақылау нүктесі және $20 \lg |W(j\omega_p)| = 20 \lg \frac{g_m}{\varepsilon_m} [Дб]$ анықталады.

Қалаулы ЛАЖС осы нүкте арқылы (не аз жоғары) өтуі қажет. Басқару жүйесін сынауда және жобалау кезінде синусоидалы тапсырма беруші сигналды жиі пайдаланады. Тіпті жүйеге кіріс әсердің максималды үдеуі мен максималды жылдамдығы бойынша талаптар қойылған жағдайда да қолданылады. Бұл жағдайда эквивалентті синусоидалы сигналды анықтауға болады.

Егер $g(t) = g_m \sin \omega_p t$ болса, онда жылдамдық және үдеу

$$\dot{g}(t) = g_m \omega_p \cos \omega_p t, \quad \ddot{g}(t) = -g_m \omega_p^2 \sin \omega_p t.$$

Байқағанымыздай,

$$\dot{g}(t) = g_m \omega_p, \quad \ddot{g}(t) = g_m \omega_p^2.$$

Осы жерден максималды жылдамдық пен үдеу талаптарына сәйкес синусоидалы тапсырма беруші әсердің ω_p жиілігін және g_m амплитудасын есептейміз.

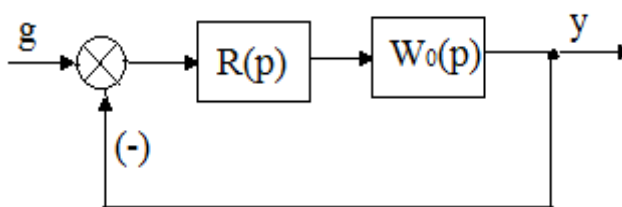
$$\omega_p = \frac{\dot{g}_{\max}}{g_{\max}}, \quad \omega_m = \frac{\ddot{g}_{\max}}{g_{\max}}.$$

Бұл мәндер басқару жүйесінің тұйықталмаған контурының қалаулы ЛАЖС тұрғызуда бақылау нүктелер координатын белгілеу үшін қолданылады.

Осы зертханалық жұмыста сыртқы әсер тұрақты, сызықты-өсетін және квадратты-өсетін кезінде жүйенің орнықтыланған қателігі қарастырылады.

2.2 Жұмыстың орындалу тәртібі

2.2.1 өздерінің нұсқаларына сай 2.1- суретте көрсетілген жүйенің сұлбасын тұрғызыңыз. Нөлдік ретті астатизммен жүйені зерттеу кезінде $R(p)=K$ деп аламыз, сыртқы тапсырма беруші әсер ретінде $g = A$, $g = vt$ (2.1 кестеден параметрлерді таңдаймыз) және $g = \frac{at^2}{2}$ (2.2 кестеден параметрлерді аламыз) қолданамыз.



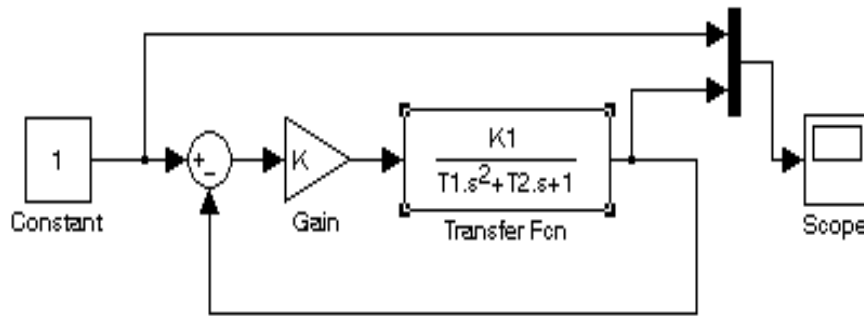
2.1 сурет – Жүйенің құрылымдық сұлбасы

мұндағы, $W_0(p) = \frac{K_1}{T_1 p^2 + T_2 p + 1}$, $R(p) = K$ - астатикалық жүйелер үшін.

2.2.2 Тұрақты сигнал әсер еткен кездегі нөлдік ретті астатизммен жүйені зерттеуді жүргізу. Бұл үшін 2.2 суретте көрсетілген моделдің сұлбасын MATLAB-Simulink пакеті көмегімен жинау қажет. Тұрақты сигналдың генераторы *Sources* кітапханасындағы *Constant* блогы, ал параметр $g = A$ тұрақты сигнал болып табылады. $R(p) = K$ орнына *Math* кітапханасындағы

Gain күшейткіш алынады. Беріліс $W_0(p) = \frac{K_1}{T_1 p^2 + T_2 p + 1}$ функциясы *Continuous*

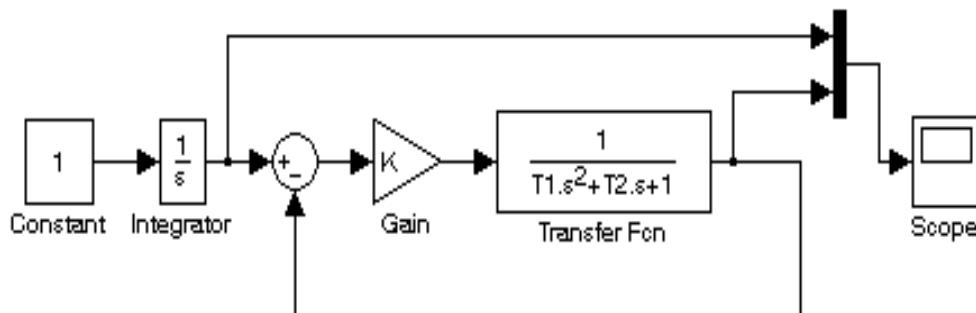
кітапханасындағы *Transfer Fcn* блок көмегімен іске асырылады. Шығысында *Sinks* кітапханасындағы *Scope* осциллограф орнатылады. Бір мезгілде екі сигналды көру үшін және салыстыру мақсатында оның кірісіне бір мезгілде екі сигналды $g = A$ (генератор шығысынан *Constant* сигналын); $y(t)$ (жүйе шығысынан) береміз. Осыны *Signals & Systems* кітапханасындағы *Mux* (суреттегі төртбұрышты қара) блогымен ғана жасай аламыз.



2.2 сурет – Кірісіне $g = A$ сигналын бере отыра нөлдік ретті астатизмді жүйенің моделі үшін сұлба

2.2.3 $K = 1, 5, 10$, өзгерте отырып, өтпелі процесті алу және әр K үшін орнықтыланған қателіктің шектеу мәнін анықтау.

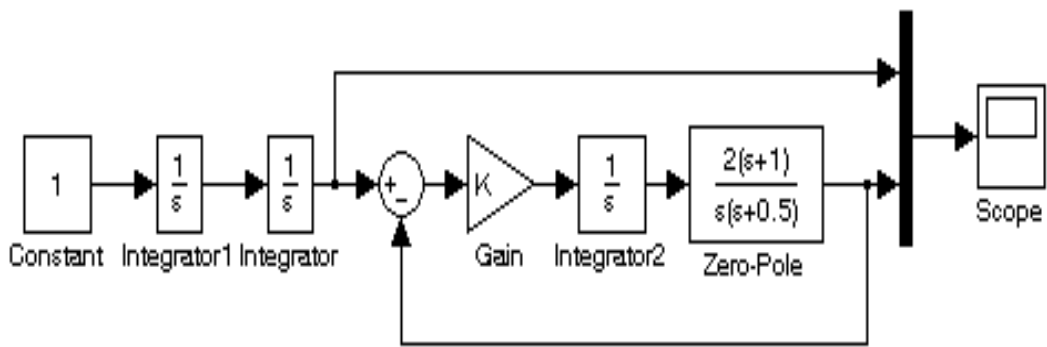
2.2.4 2.3 сурет бойынша кірісіне сызықты өсетін сигналды $g = v \cdot t$ бере отыра нөлдік ретті астатизмді жүйе үшін 2.2 тармақтағыдай сұлбаны жинау. Кіріс әсерді $g = v \cdot t$ алу үшін тұрақты сигналдың генераторына тізбектей *Continuous* кітапханасындағы *Integrator* блогы жалғанады.



2.3 сурет - $g = v \cdot t$ сигналын кірісіне бере отыра нөлдік ретті астатизмді жүйенің моделі үшін сұлба

2.2.5 Сондай-ақ $K = 1, 5, 10$ мәндерінде өтпелі процесті алу және әр K үшін орнықтыланған қателіктің шектік мәндерін анықтау.

2.2.6 бірінші ретті астатизмді жүйені зерттеу. Осындай жүйелер үшін $R(p) = K/p$, сондықтан күшейткішке *Gain* тізбектей *Continuous* кітапханасындағы *Integrator* блогы жалғанады. 2.4- суретте моделдің сұлбасы көрсетілген. Квадратты өсетін кіріс әсерді $g = \frac{at}{2}$ алу үшін генератормен тізбектей әсер ететін сигналдарды екі интеграторды қосамыз. Нұсқаларға сәйкес келетін 2.2 кестеде беріліс функциясының параметрлері, ал әсер етуші сигналдардың параметрі 2.1 және 2.2 кестеде берілген.



2.4 сурет - $g = \frac{at^2}{2}$ сигналын кірісіне берген кезде астатизмді жүйелер үшін моделдің сұлбасы (мысалы ретінде сұлбада беріліс функциясы

$$\text{көрсетілген } W_0(p) = \frac{2(p+1)}{p(p+0.5)}$$

2.2.7 Алынған нәтижелер бойынша жүйенің нақтылығына параметрлердің әсерін талдау жасау.

2.1 кесте – Нөлдік ретті астатизмді жүйенің параметрлерінің нұсқалары

Нұсқа	K1	T1	T2	K	Типтік кіріс әсер		
					$g=A$	$g=vt$	$g = at^2/2$
1	1	0	3	1, 5, 10	1	t	$0.2t^2$
2	1.5	0	2.5	1, 5, 10	4	2t	$0.25t^2$
3	1.5	0	0.5	1, 5, 10	2	t	$0.3t^2$
4	2	0	1	1, 5, 10	2	2t	$0.45t^2$
5	3	0	1	1, 5, 10	1	2t	$0.4t^2$
6	2.5	0.5	5	1, 5, 10	1	0.5t	$0.35t^2$
7	2.5	2.5	3	1, 5, 10	2	4t	$0.3t^2$
8	8	0.5	3	1, 5, 10	2	t	$0.2t^2$
9	5	0.1	2	1, 5, 10	1	2t	$0.2t^2$
10	3	1	2	1, 5, 10	1	t	$0.25t^2$
11	1.5	1	0.7	1, 5, 10	2	3t	$0.25t^2$
12	2	1	0.6	1, 5, 10	2	2t	$0.5t^2$
13	3	2	2	1, 5, 10	2	2t	$0.45t^2$
14	4	2	3	1, 5, 10	1	0.5t	$0.2t^2$
15	5	1	0.5	1, 5, 10	2	2t	$0.3t^2$

2.2 кесте – Астатикалық жүйелерді зерттеу үшін нұсқалар

Нұсқа	$W_0(p)$	$g = at^2/2$	Нұсқа	$W_0(p)$	$g = at^2/2$
1	$\frac{2}{3p+1}$	$0,2t^2$	8	$\frac{p+1}{2p^2+3p+1}$	$0,25t^2$
2	$\frac{3}{2,5p+1}$	$0,5t^2$	9	$\frac{p+2}{0,5p^2+2p+1}$	$0,2t^2$
3	$\frac{1,5}{0,5p}$	$0,2t^2$	10	$\frac{p+2}{0,5p^2+p+2}$	$0,5t^2$
4	$\frac{p+1,5}{p^2+2p+1}$	$0,4t^2$	11	$\frac{1,5p+8}{0,5p^2+2p+8}$	$0,3t^2$
5	$\frac{p+1}{p^2+p+2}$	$0,3t^2$	12	$\frac{p+1}{0,5p^2+p+1}$	$0,45t^2$
6	$\frac{p+5}{p^2+5p+6}$	$0,45t^2$	13	$\frac{p+1}{0,1p^2+0,7p+1}$	$0,4t^2$
7	$\frac{1,5p+8}{0,5p^2+2p+8}$	$0,25t^2$	14	$\frac{p+1,5}{p^2+2p+1}$	$0,5t^2$

2.3 Есеп беруге талаптар

Есеп беру келесі бөлімдерден тұру керек:

- 1) Сыртқы беті.
- 2) Жұмыстың мақсаты және орындалу тәртібі.
- 3) Теориялық бөлімнен қысқаша мазмұн.
- 4) Зерттелген жүйенің математикалық моделдері және өтпелі процестердің қисықтары.
- 5) Қорытынды.

2.4 Бақылау сұрақтары

2.4.1 Нақтылықты зерттеу үшін қандай типтік әсерлер керек?

2.4.2 Simulink пакетінің қандай блогымен жүйе моделінде астатизм ретін ұлғайтуға болады?

2.4.3 Автоматты басқару жүйесінің астатизм ретін қалай анықтауға болады?

2.4.4 Моделдеу түрлері мен анықтамасы.

2.4.5 Математикалық моделдеудің түрлері.

2.4.6 Кіріс-шығыс моделдерін құру принципі.

2.4.7 Құрылымдық сұлба деген не?

2.4.8 Автоматты басқару жүйесі деген не?

3 Зертханалық жұмыс №3. Синтез және тізбектей коррекциялаумен автоматты реттеу жүйесін зерттеу

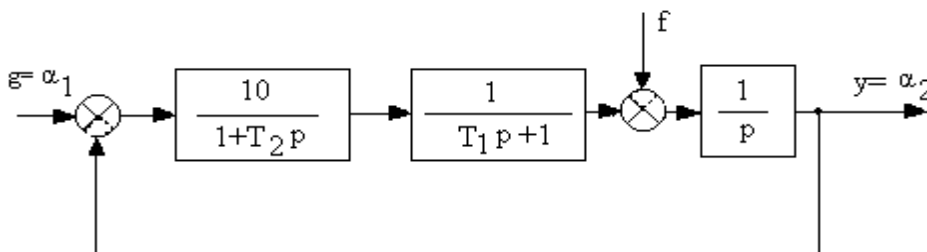
Жұмыстың мақсаты: теориялық нәтижелердің және коррекцияның тиімділігін моделде (ЭЕМ) тәжірибеде тексеру.

3.1 Қысқаша теориялық кіріспе

3.1 суретте коррекциялаушы буын болмаған жағдайдағы тізбектей қосылған жүйенің құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Тұйықталған кездегі коррекцияланбаған қадағалаушы (тізбектей) жүйенің беріліс функциясы

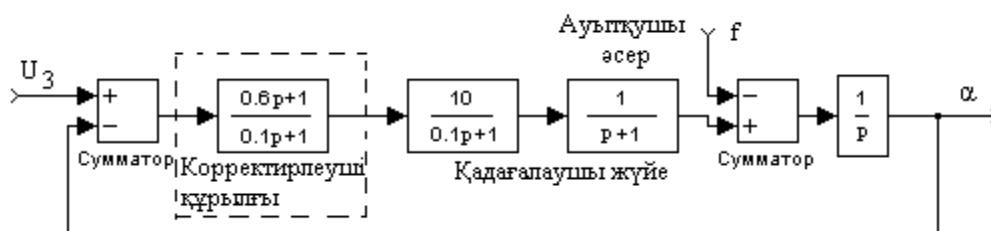
$$W_p(p) = \frac{K_p}{p(1+T_1p)(1+T_2p)}, \quad (3.5)$$

мұндағы $T_1 = 1\text{c}$; $T_2 = 0,1\text{c}$; $K_p = 10$.



3.1 сурет – Коррекцияланбаған қадағалаушы жүйенің құрылымдық сұлбасы

Логарифмді амплитудалы-жиіліктік сипаттама әдісі көмегімен берілген АРЖ үшін (А қосымша) корректірлеуші буынның синтезі іске асырылады. Алынған буынның беріліс функциясы қадағалаушы жүйенің құрылымына енгізілген және Matlab Simulink элементтерімен көрсетілген (3.2 суретке қара).



3.2 сурет – Коррекцияланған қадағалаушы жүйе моделінің сұлбасы

3.2 Жұмыстың бағдарламасы

3.2.1 Қадағалаушы жүйенің құрылымдық сұлбасы үшін (3.1 сурет) Matlab Simulink блогынан және элементтерінен моделдің сұлбасын жинау қажет. $U_B = 10\text{В}$ кезінде өтпелі процесті алыңыз, нәтижелерін сақтаңыз.

3.2.2 Коррекцияланған жүйе моделінің сұлбасын жинау. $U_B = 10V$ болған кездегі өтпелі процесті алыңыз, нәтижелерді сақтаңыз.

3.2.3 сапалы көрсеткіштерді салыстырыңыз. Қорытынды жасаңыз.

3.3 Есеп беруге талаптар

Есеп беру келесі бөлімдерден тұрады:

- 1) Сыртқы беті.
- 2) Жұмыстың мақсаты мен орындалу тәртібі.
- 3) Теориялық бөлімінен қысқаша мазмұн.
- 4) АРЖ құрылымдық сұлбасы. Модулдердің сұлбасы.
- 5) Алынған нәтижелер.
- 6) Қорытынды.

3.4 Бақылау сұрақтары

3.4.1 КҚ синтездеу әдісі.

3.4.2 ЛАЖС көмегімен синтездеу ретін айтыңыз.

3.4.3 Қалаулы ЛАЖС тұрғызу реті.

3.4.4 ЛАЖС бойынша КҚ беріліс функциясын анықтаңыз.

3.4.5 КҚ түрлері.

3.4.6 Коррекциялаушы құрылғыларға түсініктеме беріңіз.

3.4.7 Автоматты реттеу жүйесіне түсініктеме беріңіз.

3.4.8 Ауытқушы әсер деген не?

4 Зертханалық жұмыс. №4 Автоматты басқарудың сызықты емес жүйелерінде автотербелісті зерттеу

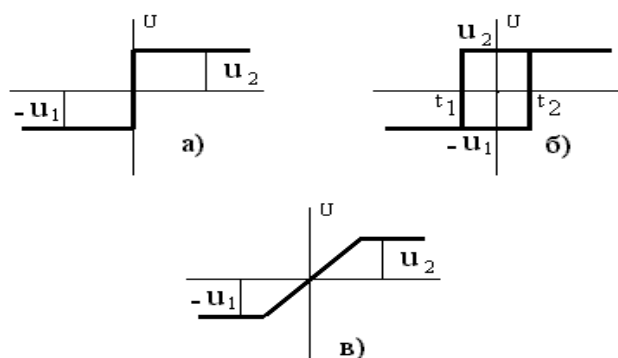
Жұмыстың мақсаты: сызықты емес АБЖ автотербелісінің параметрлерін теориялық және тәжірибеде анықтау.

4.1 Қысқаша теориялық кіріспе

Автоматты жүйе құрамына сызықты емес элементтер кіреді, яғни сызықты теория аумағында зерттеу мүмкін емес жағдайларда жүйе сипатын өзгертетін қасиетке ие элементтер. Автоматты жүйелердің сызықты емес элементтерінің арасында кешігуі байқалмайтын инерциялы емес бейсызықтылық үлкен рөл атқарады. Қарапайым (элементар) инерциялы емес буын деп шығыс айнымалысы кіріс айнымалысына тәуелді болатын, сондай-ақ сол уақытқа дейінгі кіріс айнымалысының өзгерісіне тәуелді болмайтын буынды айтамыз. Осылайша, қарапайым инерциялы емес буынның операторы кіріс және шығыс айнымалылардың арасындағы функционалды тәуелділігі болып табылады. Бұл функционалды тәуелділік қарапайым инерциялы емес

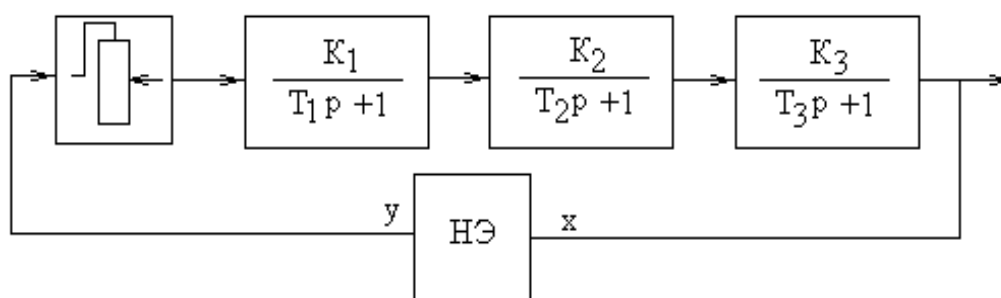
буынның сипаттамасы деп аталады. Қарапайым инерциялы емес буынның сипаттамасын әлсіз және жеткілікті сызықтылық деп бөлеміз. Бірінші топқа, кіріс сигналының аз диапазонды өзгерісі кезінде немесе өзгеретін орта мәнінен өзгеретін оның ауытқуы кезінде сызықтымен ауыстырылатын сызықты емес сипаттамалар жатады. Екінші топқа жеткілікті сызықты емес функциялар, мысалы алшақ, алшақтыққа жақын сызықты емес функциялар жатады. Осындай элементтер үшін кіріс және шығыс айнымалылар тәуелділігі үзік-сызықты функциялар түрінде болады.

4.1 – суретте жұмыста қолданылатын сызықты емес элементтердің сипаттамалары келтірілген.



4.1 сурет - Сызықты емес элементтердің сипаттамасы

Автотербеліс режимін зерттеу үшін жүйенің құрылымдық сұлбасына сай сұлбаны жинау (4.2 сурет). Сызықты емес элементтің кірісінде автотербелістің жиілігі және амплитудасы, яғни АБЖ шығысында осциллограф бойынша анықталады. Блоктар параметрі 4.1 – кестеде келтірілген.



4.2 сурет – Құрылымдық сұлба

4.2 Жұмыстың бағдарламасы

4.2.1 Сұлбаны жинау.

4.2.2. Жүйенің сызықты бөлігінің күшейту коэффициентінен АБЖ шығысында автотербеліс жиілігін және амплитуда тәуелділігін алу. Сызықты бөлігі төмен жиілікті сүзгісі (фильтр) болатынына көз жеткізу.

4.2.3 Есептеулермен тәжірибедегі тәуелділіктерді зерттеу, олардың сәйкес келуін бағалау.

4.1 кесте

Нұсқа №	T_1, c	T_2, c	T_3, c	Сызықты емес блок түрлері	U_1 U_2	t_1 t_2
1	1	0.1	0.1	Блок 2,а	50	-
2	1	1	0.1	Блок 2,а	70	-
3	0.2	0.1	0.1	Блок 2,а	60	-
4	1	0.1	0.1	Блок 2,б	50	10
5	1	1	0.1	Блок 2,б	60	5
6	1	0.5	0.1	Блок 2,в	80	-

4.3 Есеп беруге талаптар

Есеп беру келесі бөлімдерден тұрады:

- 1) Сыртқы беті.
- 2) Жұмыстың мақсаты мен орындалу тәртібі.
- 3) Теориялық бөлімнен қысқаша мазмұн.
- 4) АРЖ құрылымдық сұлбасы. Модулдердің сұлбасы.
- 5) Алынған нәтижелер.
- 6) Қорытынды.

4.4 Бақылау сұрақтары

4.4.1 Гармоникалық сызықталу әдісі қандай қателікке негізделген?

4.4.2 Жүйенің қарастырылған жұмыс үшін эквивалентті беріліс функциясы қандай түрге ие болады?

4.4.3 Гурвиц, Михайлов, Найквист критерийлері бойынша сызықты емес АБЖ-де автотербеліс параметрлерін қалай анықтаймыз?

Әдебиеттер тізімі

Негізгі:

1. Бекбаев А., Сүлеев Д., Хисаров Б. Автоматты реттеу теориясы. – Алматы, 2005.
2. Бекбаев А., Сүлеев Д., Скормин В.А., Ширяева О.И. Басқару теориясы. – Алматы: Асем-Систем, 2008.
3. Бекбаев А., Сүлеев Д., Хисаров Б. Сызықты және бейсызықты жүйелердің автоматты реттеу теориясы. – Алматы: «ЭВЕРО», 2005.
4. Советов Б.Я. Теоретические основы автоматизированного управления. - М.: «Академия», 2006.
5. Сагитов П.И., Цыба Ю.А. Системы автоматического управления. Конспект лекций. - Алматы: АИЭС, 2006.
6. Сагитов П.И., Цыба Ю.А. Элементы теории автоматического управления. Учебное пособие. - Алматы: АИЭС, 2006.

Қосымша:

1. Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода. - М.: «Академия», 2009.
2. Яковлева В.Б. Теория автоматического управления. - М.: «Академия», 2009.

Юрий Александрович Цыба
Жанар Жумакановна Тойгожинова

АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ТЕОРИЯСЫ

5B071800 - Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне
зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Ж.Н. Изтелеуова
Стандартизация бойынша маман Н.К. Молдабекова

_____ басуға қол қойылды
Таралымы 150 дана.
Көлемі 1,4 оқу – бас. әд.

Пішіні 60x84 1/16
№ 1 типографиялық қағаз
Тапсырыс ___ Бағасы 700тг.

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі – көбейткіш бюросы
050013, Алматы, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126