ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Ш.ЕСЕНОВ атын КАСПИЙ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ

«МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ» ИНСТИТУТЫ

«ЭНЕРГЕТИКА» КАФЕДРАСЫ

Балекова А.А., Омирзак А.А.

050718-«Электроэнергетика» мамандықтарына "Автоматты басқару теориясы» пәнінен практикалық сабақтарына арналған әдістемелік нұсқау

Ақтау-2010

УДК 519.71

Құрастырушы: Балекова А.А., Омирзак А.А. 050718-«Электроэнергетика» мамандықтарына "Автоматты басқару теориясы» пәнінен практикалық сабақтарына арналған әдістемелік нұсқау: КМТжИУ, 2010, с.

Рецензент: к.т.н. доцент Ержанов Қ.Ш.

Әдістемелік нұсқау есептік жинақтан, шығарылу жолдарынан, әдістемелік ұсыныстардан, тапсырмалардан және әдебиеттер тізімен тұрады. Бұл нұсқауды 050718 – «Электроэнергетика» мамандықтарында, сырттай және күндізгі оқитын студенттер пайдалана алады.

Ш.Есенов атандағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университетінің Оқу әдістемелік кеңесінің шешімімен ұсынылды

КІРІСПЕ

Адамның қазіргі жүйелерінің дамытуы жүреді, жол-жөнекеемін олар автоматтандыру және роботизацияның дәрежелері ары қарай өсуде. Мұндай жүйелердің негізгі элементтік базасы әр түрлі тектің автоматты құрылымы болып табылады. Автомат зерттеудің теориялық негіздердің ашылуына және тәжірибеде қолдануына арналған оқу құралы.

Қарапайым автоматты құрылымдардың жасауы көне замандарға жатады. Автоматты реттеуіштердің құрастыруының қажеттілігін өте дәл тетіктердің жасаушылар қақтығысып қалды, ең алдымен - сағат. Өнеркәсіптік мәннің алғашқы автоматты құрылымдары XVIII ғасыр пайда болды - И.И.Ползуновтың бу машина қазанындағы су деңгейін реттеуішінің және Д.Уайттың бу машина валының автоматты айналу жылдамдығын реттеуінің өнертабыстары.

Автоматиканың ары қарай дамыуы орыс және шетелдік ғалымдардың жұмыстарына байланысты болды.

1. НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАР ЖӘНЕ АНЫҚТАМАЛАР

Басқару – бұл басқарылатын объектін басқарушының әсер ететін процессі

Басқаруды (алгоритм) заң – Инерциясыздық объекттін басқарушы әсерінің істеу әдісінің математикалық сипаттамасы

Басқару құрылғысы - басқару объектін басқарушы әсер ететін техникалық құрылым

Басқаруды объект - кез келген техниканың объекті басқарушы әсерімен ұйымдастырылған

Әсер – басқарлатын объектін және бағдарлаушы құрлымының (күш, керну т.б.) элементінің өзгеруінің кез келген факторы

Алшақ салынған басқарудың қағидасы – бұл басқаруды объктің шығуы мен бағдарлаушы құрлыммен байланыс болмаған жағдай.

Тұйықталған басқарудың қағидасы - бұл басқаруды объктің шығуы мен бағдарлаушы құрлыммен байланыс болған жағдай. (теріс және оң кері айланыс).

АЖ (автоматты жүйе) - басқаруды объекттің және бағдарлаушы құрылымдардың жиынтығы.

Үздіксіз автоматты жүйелер - кіріс және шығатын ескертпе дабылдар бағдарлаушы құрылым барлық элементтеріндегінде уакыттын үздіксіз функциялармен болып табылған жүйелер

Үздіксіз сызықты автоматты жүйелер - процесстері сызықты заңдармен суреттелген үздіксіз автоматты жүйелерүздіксіз тұрақты автоматты жүйелер - үздіксіз

Үздіксіз стационарлық (тұрақты) автоматты жүйелер - тұрақты уақытында конструктивтік параметрлері бар үздіксіз жүйелер/

АЖ үлгісі - процесстердің және жүйелердің математикалық (график түрінде) ұсынысы.

Беріліс (передаточная) функция – нөлдік бастапқы шарты бойынша АЖ шығыс шамасының кіріс шамаға бейнесінің катнасы

Ауыспалы функция (мінездеме) - 1(t) жанында жеке сатылы әсерге жүйелердің реакциясын нөлдік бастапқы шарты анықтайтын функция h(t)

Салмақмақтың функциясы – δ(t) жанында жеке импульсты әсерге жүйенің реакциясын нөлдік бастапқы шарты анықтайтын функция ω(t)

Беріліс жиілік функциясы - жанында гармониялық әсерге жүйенің реакциясын нөлдік бастапқы шарты анықтайтын функция

Амплитудалық жиілік сипаттама (АЖС) - әр түрлі бекітілген жиіліктің кіретін гармониялық сигналдарының орналастырылған тәртібіндегі күшейту немесе әлсірету сипаттайтын график.

Логарифмдік амплитудалық сипаттама (ЛАС) - логарифмдік масштабтағы амплитудалық жиіліктік сипаттамасының ұсынысы

Фазалық жиіліктік сипаттама (ФЖС)- кіретін әр түрлі бекітілген жиіліктердің орналастырылған тәртібінде туралы гармониялық шығу белгілерінің фазасы бойынша жылжу сипаттайтын график

Нақты жиіліктік сипаттама (НЖС) - кешенді жазықтықтағы тік төртбұрышты координаталар жүйесіндегі нақты өске жүйенің амплитудалық - фазалық мінездемесінің проекциясы.

Жорамал жиіліктік сипаттама (ЖЖС) - кешенді жазықтықтағы тік төртбұрышты координаталар жүйесіндегі жорамал өске жүйенің амплитудалық - фазалық мінездемесінің проекциясы.

Бір үлгідегі динамикалық буындар - оң тұрақты коэффициенттері бар реттің байланысының кәдімгі сызықты алгебралық немесе жоғары емес екінші ретті дифференциалды теңдеу түсіндіріп жазылатын қарапайым буындар.

Құрылым - динамикалық схема - динамикалық буындарының құрлымы және буындардың байланысының шартты-графикалық бейнесі.

Сапа –сыртқы әсер ететін турақтылық және ауыспалы процессінде жүйенің мінез-құлығының мінездемесі.

Орнықтылық - жүйесінің қасиеті жанында ұйтқымалы қозғалысты керекті мөлшерде аз ауытку неше қамтамасыз етсін түпкі уақыт мерзіміне аз бастапқы ашулары жеткілікті.

АЖ нөл - алшақ салынған жүйенің беріліс функциясының алымымен теңестірілген нөл көрсетілген мінездемелік теңдеудің түбірі.

АЖ полюс - алшақ салынған жүйенің беріліс функциясының бөлімімен теңестірілген нөл көрсетілген мінездемелік теңдеудің түбірі.

Орнықтылықтың белгілері - жүйенің орнықтылығы мінездемелік теңдеудің түбірлерінің есептеуісіз зерттелуге мүмкіндік беретін математикалық сипатталған ережелер.

Жүйенің мінездемелік теңдеуі - жүйенің беріліс функциясының алым немесе бөлімінің нөліне теңестіру алынатын теңдеу

1.1.Динамикалық жүйенің ұғымы

Секіріс тәрізді әсерге жүйенің реакциясы секіріс тәрізді болып табылады және тегіс функциядан астам суреттеледі. Мұндай функция динамикалық қасиеті мен сипатталады. Динамикалық қасиет ие болатын жүйе *динамикалық* деп атайды.

Сайып келгенде, әсер және реакцияны динамикалық жүйеде уақыттың функцияларымен болып табылады, яғни жүйеге кейбір жадпен, инерциялылықпен ие болады. Динамикалық жүйенің математикалық үлгісімен біртекті емес дифференциалды немесе айырма теңдеу қызмет көрсетеді: сол бөлік реакция туралы жазып алған, оң бөлікке сыртқы әсер кіреді.

Динамикалық жүйе - бұл қай уақыт нақтылы бірдеңесі (зат, энергия, немесе мәлімет) жүргізілетін және қандай болса да уақыт бірдеңе іске аспай қалатын құрылым.

Динамикалық жүйелердің мысалдары:

Техникалық жүйелердің төңіректеріндегі: бұрылу бұрышының көшірмесінің электромеханикалық абайлаушы жүйесі; ғарыштық орбиталық станцияның бөліміндегі температураның тұрақтануының жүйесі; ұшақтың қозғалысын цифр басқару жүйесі; тағы басқалар.

Физикалық - биологиялық жүйелер төңірегінде: адамның қан қысымының тұрақтануын жүйелері; инфекция ауруларының таратуға бақылаудың жүйелері; жерді жылу тепе-теңдігінің сүйемелдеулері жүйелері, тағы басқалар.

Әлеуметтік-экономикалық жүйелер төңірегінде: өнеркәсіп саласымен басқару жүйесі; тауарлардың кейбір тобына сатып алушы сұранысының болжауын жүйесі; тағы басқалар.

2. АВТОМАТТЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ДИНАМИКАЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ

Келесі операциялар автоматтандырылған жүйелердің қасиеттерінің зерттеуінде орындалады:

- оның орнықтылығының(орнықсыздық) айғағының анықтауы;
- бір күйден басқасына өтуінің сапасының талдауы;
- орналастырылған тәртіптегі дәлдіктің зерттеуі.

Бір күйден басқасына өту процессі *ауспалы процессы* деп аталады.

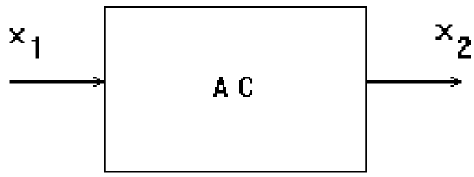
Ауыспалы процесстегі жүйенің мінез-құлықтарының мінездемесі *динамикалық* деп аталады.

Ауыспалы процессте жүйенің барлық қасиеттері айқындалатындай етіп кіретін әсерлердің автоматты жүйелерінің зерттеуінде таңдауы керек.

Мұндай әсерлер *бір үлгідегі* деп аталады:

- импульстысы;
- дәрежелісі;
- гармониялығы.

Жүйенің реакциясы (сурет 1) бұл әсерлерге динамикалық сипаттамалармен бағаланады.



Сурет 1. АЖ сипаттамалардың зерттеуінің қорытылған схемасы

Мұндай мінездемелер ретінде келесі қолданылады (кесте 1).

АЖ негізгі динамикалық сипатаммалары:

Әсері	Сипатаммасы
$x_1 = 1(t)$	$x_2 = h(t)$
$x_1 = \delta(t)$	$x_2 = w(t)$
$x_1 = A_1 \sin wt$	$x_2 = A_2 \sin(wt + \varphi)$

Автоматты жүйелердің динамикалық сипаттамаларын математикалық үлгісін және теңдеуінің шешімін алгоритм ретінде төменде қарап шыққан.

АЖ-нің негізгі математикалық үлгінің формасы сызықты дифференциалды теңдеу (СДТ) болып табылады. Егер жүйе сызықты емес дифферециальным теңдеумен (СЕДТ) суреттелсе, онда оның сызықтауы кешірек өндіріп алады, сызықты емес дифференциалды теңдеудің шешімі кезеңде.

АЖ - нің математикалық үлгінің жалпы түрі:

$$d_2 x_2''(t) + d_1 x_2'(t) + d_0 x_2(t) = b_1 x_1'(t) + b_0 x_1(t), \qquad (1)$$

мұндағы $d_2 = \left(\frac{\partial F}{\partial x_2''}\right)_0$, $d_1 = \left(\frac{\partial F}{\partial x_2'}\right)_0$, $d_0 = \left(\frac{\partial F}{\partial x_2}\right)_0$, $b_1 = \left(\frac{\partial F}{\partial x_1'}\right)_0$, $b_0 = \left(\frac{\partial F}{\partial x_1}\right)_0$

Стандарттық түрі:

$$T^2 x_2''(t) + 2\xi T x_2'(t) + x_2(t) = k\left[T_1 x_1'(t) + x_1(t)\right],$$

$$\text{где } k = \frac{b_0}{d_0}, T = \sqrt{\frac{d_2}{d_0}}, T_1 = \frac{b_1}{b_0}, \xi = \frac{d_1}{2Td_0} = \frac{d_1}{2\sqrt{d_2 d_0}}. \qquad (2)$$

Мысал

Белгілі ауыспалы функция h(t) бойынша салмақтың функциясын w(t) табу

$$h(t) = 2(1 - e^{-0.2t})$$

Шешім.

$w(t) = h'(t)$ *белгілі, сондықтан, бастапқы өрнекті дифференциалдап аламыз*

$$w(t) = (2(1 - e^{-0.2t}))' = (2 - 2e^{-0.2t})' = 0{,}4e^{-0.2t}.$$

Дербес шешім үшін есептер:

1. Белгілі ауыспалы функция h(t) бойынша салмақтың функциясын w(t) табу

а) $h(t) = 5t^2 + t$

б) $h(t) = 10$

в) $h(t) = 3 - e^{-0.3t}$

2. Белгілі салмақтың функциясы w(t) бойынша ауыспалы функцияны h(t) табу.

а) $w(t) = 7t$

б) $w(t) = 3$

в) $w(t) = \frac{k}{T} e^{-\frac{t}{T}}$

Автоматты жүйелердің сипаттамасы және олардың орнықтылығының зерттеуі үшін *беріліс функциялардың* (БФ) аппаратын қолданылады. Тәжірибеде беріліс функциялардың келесі түрлерін қолданылады:

- Лаплас бойынша беріліс функциялар
- Фурье бойынша беріліс функциялар
- дискретті беріліс функциялар
- Хевисайд бойынша беріліс функциялар
- беріліс функциялар - дифференциалды операторлар.

Лаплас бойынша беріліс функцияның аргументі кешенді шама $p = C + jw$ болып табылады. Фурье бойынша беріліс функция Лаплас оператор жағдайының бөліндісімен болып табылады, егер С=0, онда $p = jw$. Беріліс функциялар - дифференциалды операторларының аргументі $p = \frac{d}{dt}$.

Бірінші жағдайда беріліс функциясының объекті нөлдік бастапқы шарты бойынша шығыс шамасы кіріс шамасының қатынасына тең.

$$W_{ij}(p) = \frac{L\{x_i(t)\}}{L\{x_j(t)\}} = \frac{x_i(p)}{x_j(p)} = \frac{\int_0^\infty x_i(t)e^{-pt}dt}{\int_0^\infty x_j(t)e^{-pt}dt}, \; p = C + j\omega \qquad (3)$$

Қалған жағдайларда беріліс функция келесі тәуелділіктер бойынша болады

$$W(S) = \frac{B(S)}{A(S)} \qquad (4)$$

мұндағы *B(S)* - сыртқы әсерінің операторы, *A(S)* - жүйенің меншікті операторы.

$$W(S) = L\{w(t)\} \text{ или } W(S) = L\{h'(t)\} \qquad (5)$$

Мысал

Белгілі дифференциалды теңдеу бойынша жүйенің беріліс функциясын табу. Бастапқы шарты-нөлдігі

$$4x_2''(t) + 2x_2'(t) + 10x_2(t) = 5x_1(t)$$

Шешім.

Стандарттық формаға теңдеуді келтіріліп аламыз:

$$0{,}4x_2''(t) + 0{,}2x_2'(t) + x_2(t) = 0{,}5x_1(t)$$

Лаплас өрнектеуді пайдалана отырып алған теңдеуді операторлық формада жазып аламыз:

$$(0{,}4p^2 + 0{,}2p + 1)x_2(p) = 0{,}5x_1(p)$$

Сонда беріліс функция келесі түрде болады:

$$W(p) = \frac{x_2(p)}{x_1(p)} = \frac{0{,}5}{0{,}4p^2 + 0{,}2p + 1}.$$

Дербес шешім үшін есептер:

1. Белгілі дифференциалды теңдеу бойынша жүйенің беріліс функциясын табу. Бастапқы шарты-нөлдігі
   а) $2x_2'(t) + 4x_2(t) = 2x_1'(t) + 5x_1(t)$
   б) $8x_2'(t) + 5x_2(t) = 4x_1'(t) + 2x_1(t)$
   в) $6x_2''(t) + x_2'(t) + 2x_2(t) = 8x_1'(t) + 2x_1(t)$

Жиілік беріліс функция аталатын Фурье бойынша беріліс функциялар автоматты басқару теориясында (АБТ) қолданылады.

Егер оның кіретін синусоида әсерінің амплитуда және жиілік белгілі болса, онда белгілі объекттің синусоида шығу белгісі барлық көрсеткіштері туралы мәліметтерді алуға мүмкіндік береді. Сонымен бірге тек қана орналастырылған режимі қаралады.

Жиілік беріліс функциялары Лаплас операторының үш әдістермен пайда болады, бірақ Лаплас өрнектеудің орнына Фурье өрнектеуі қолданылады.

$$x(j\omega) = \int_0^{\infty} x(t)\, e^{-j\omega t} dt. \qquad (6)$$

мұндағы $x(t), \;\; t \geq 0$ - уақыттың кез келген функциясы, Фурьенің өрнектеуінің қолдануларын жеткілікті шартқа.

Егер *мнемоникалы ережені* қолданылса бұдан басқа, жиілік беріліс функциялары алуға болады

$$W(S) \rightarrow W(j\omega). \tag{7}$$

Жиілік БФ сонымен бірге елестете алады:

тік төртбұрышты форма

$$W(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega); \tag{8}$$

көрнекті форма

$$W(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)}; \tag{9}$$

тригонометриялық форма

$$W(j\omega) = A(\omega) \cdot [\cos\varphi(\omega) + j\sin\varphi(\omega)]; \tag{10}$$

Жиілік беріліс функцияларының қолдануы автоматты жүйелердің жиіліктік сипаттамасын алуға мүмкіндік береді.

Оған жатады:

амплитудалық жиіліктік сипаттама (АЖС)

$$A(j\omega) = |W(j\omega)|; \tag{11}$$

логарифмдік амплитудалық сипаттама (ЛАС)

$$L(\omega) = 20 \cdot \lg A(\omega); \tag{12}$$

фазалық жиіліктік сипаттама (ФЖС)

$$\varphi(\omega) = \arg\left\{\frac{Q(\omega)}{P(\omega)}\right\}; \tag{13}$$

нақты жиіліктік сипаттама (НЖС)

$$P(\omega) = A(\omega) \cdot \cos\varphi(\omega); \tag{14}$$

жорамал жиіліктік сипаттама (ЖЖС)

$$Q(\omega) = A(\omega) \cdot \sin\varphi(\omega). \tag{15}$$

Мысал

Белгілі беріліс функциясы бойынша жүйенің АЖС және АФС табу

$$W(j\omega) = \frac{2}{4p+1}.$$

Шешім.

Егер жазып алса

$$W(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega),$$

мұндағы P(w) - нақты бөлік; Q(w) - жорамал бөлік,

онда АЖС және ФЖС келесі формулалармен анықталады

$$A(\omega) = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)},$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg}\frac{Q(\omega)}{P(\omega)}.$$

Жиі W(jw) бөлшек сан болады

$$W(j\omega) = \frac{R(j\omega)}{G(j\omega)} = \frac{P_1(\omega) + jQ_1(\omega)}{P_2(\omega) + jQ_2(\omega)}.$$

Комплекс сандар теориясын байланысын пайдаланып беріліс функцияға қоямыз:

$$A(\omega) = \frac{|R(j\omega)|}{|G(j\omega)|} = \frac{\sqrt{P_1^2(\omega) + Q_1^2(\omega)}}{\sqrt{P_2^2(\omega) + Q_2^2(\omega)}} = \frac{2}{\sqrt{16\omega^2 + 1}};$$

$$\varphi(\omega) = \arg R(j\omega) - \arg G(j\omega) = \operatorname{arctg}\frac{Q_1(\omega)}{P_1(\omega)} - \operatorname{arctg}\frac{Q_2(\omega)}{P_2(\omega)} =$$

$$= 0 - \operatorname{arctg}4\omega = -\operatorname{arctg}4\omega.$$

Дербес шешім үшін есептер

$$W(p) = \frac{5}{p}.$$

$$W(p) = \frac{8}{5p+1}.$$

$$W(p)=10(2p+1)$$

$$W(p) = \frac{10p+1}{4p+1}.$$

Мысал:

Жүйенің белгілі кіріс сигналы және беріліс функция бойынша шығу сигналын $x_2(t)$ табу керек.

$$x_1(t)=2\cdot\sin 10t,$$

$$W(p) = \frac{4}{0{,}1p+1}.$$

Шешім.

Кіретін сигналдың әсері $x_1(t)=X_1\sin\omega t$ *шығу белгісі жүйеге* $x_2(t)$ *ауыспалы процессінде гармониялық болады, бірақ айырмашылығы кіретін амплитуда және фазамен болады*

$$x_2(t)=A(\omega)X_1\sin[\omega t+\varphi(\omega)], \quad (16)$$

мұндағы A(w) –жүйенің АЖС; $\varphi(\omega)$ – *жүйенің ФЖС*

демек $x_2(t)$ *анықтау үшін* $A(\omega), \varphi(\omega)$ *табу керек және (16) өрнегін пайдаланамыз.*

Беріліс функциясы бойынша:

$$A(\omega) = \frac{4}{\sqrt{0{,}1\omega^2+1}},$$

$$\varphi(\omega)= -\mathrm{arctg}\ 0{,}1\omega.$$

Жиілікте $\omega=10$ $A(\omega=10) = 4/\sqrt{2}$; $\varphi(\omega=10) = -\pi/4$.

Сонда $x_2(t) = \frac{8}{\sqrt{2}} \cdot \sin(10t - \pi/4).$

Дербес шешім үшін есептер

$$x_1(t) = 5 \cdot \sin t; \quad W(p) = \frac{4}{p}.$$

$$x_1(t) = 8 \cdot \sin 0{,}25t; \quad W(p) = \frac{10}{4p+1}.$$

$$x_1(t) = 2 \cdot \sin 10t; \quad W(p) = 2 \cdot p.$$

$$x_1(t) = 4 \cdot \sin 25t; \quad W(p) = 10(4p+1).$$

$$x_1(t) = 3 \cdot \sin 4t; \quad W(p) = \frac{2p+1}{4p+1}.$$

3. АВТОМАТТЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ҚҰРЫЛЫМЫҢ ТАЛДАУЫ

Құрылымдық талдаудың негізгі есептері:

- буындардың арасындағы қосу әдістерінің зерттеуі және бұл қосулар ықпалының буындарының қасиеттері;
- барлық жүйенің қасиеттерін буындар және олардың қосуларының ықпалының зерттеуі табандатқан;
- көп контурлы құрылым - динамикалық схемалардың өрнектелуі, сол бойынша баламалы бір контурлы схемаларға анықтау мақсатымен тиісті беріліс функциялардың келесі талдау үшін орнықтылықты және басқару процессінің сапасы.

Автоматты жүйелердің құрылымдық талдауының негізі құрлымды-динамикалық схемасын құрастыру болып табылады. Құрылымдық схема қорытынды әдетте талдау функция схемасы негізінде келесі алгоритмі бойынша жасалады:

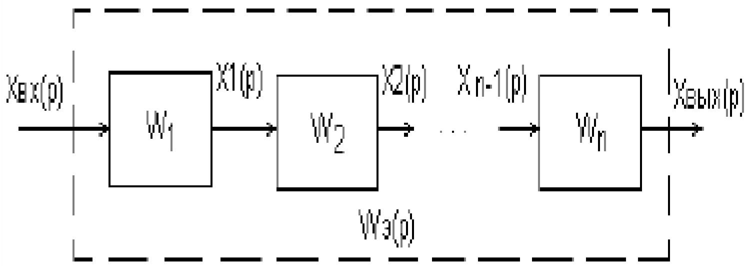
- басқару объектісінің байланыс теңдеуін және элементтерді құрау бағдарлауыш құрылымы;

- байланыстың теңдеулеріне байланыстың алған теңдеулерінің формасында өту жанында Лапластың өрнектеулері нөлдік бастапқы шарты;
- сәйкес салынған схемалар өзара қосу сигналдардың өтуімен және ізделіп отырған құрлымды-динамикалық схемасының жүйені алу.

Схемадағы элементтердің бейнесінің реті. Схемада динамикалық буындар кіріс және шығыс шамалардың нұсқауы бар тік төртбұрыштың түрлерінде белгі қояды, жадында операторлық формада нөлдік бастапқы шарты бар. Тік төртбұрыш ішінде беріліс функция жазылады. Бірнеше бағыттарға өтетін нүктелер тарамданудың түйіндері немесе орамның нүктелері деп аталады. Сигналдың жинақтауы сумматормен белгі қояды. Буындардың арасындағы байланыстар, сонымен сумматор көрсетуші нұсқағыштары шылқыған сызықтармен бейнеленеді.

Буындар негізгі қосу әдістемелері:

Тізбектті, алдыңғы буынның шығу белгісі біртіндеп (2-ші сурет) келесі буынның кіретін сигналы болып табылады.

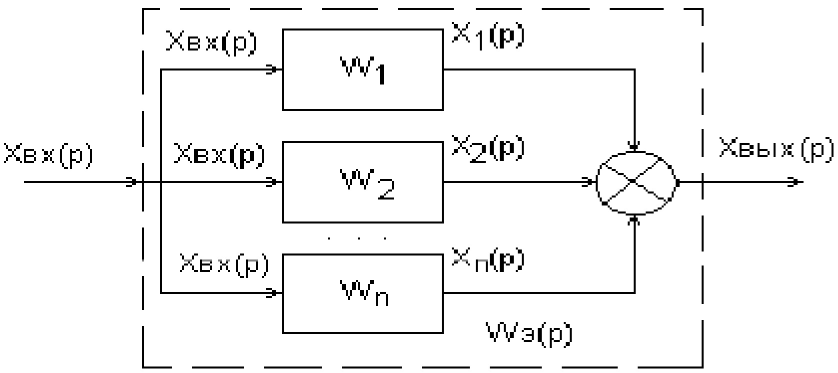


2-ші сурет. Буындардың тізбекті қосылуы

Беріліс функциянын тізбектелген буындары беріліс функциянын буындарының көбейтіндісіне тен.

$$W_э(p) = \frac{X_{вых}(p)}{X_{вх}(p)} = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot \cdots \cdot W_n(p) ; \qquad (17)$$

Параллельді, барлық буындардың кіруге бір уақытта және де бірге кіретін сигнал, ал шығатын сигнал осы алгебралық дабылдарға қосылады(3-ші сурет), ортақ демалыс шамасын құрастыра жинақтайды.

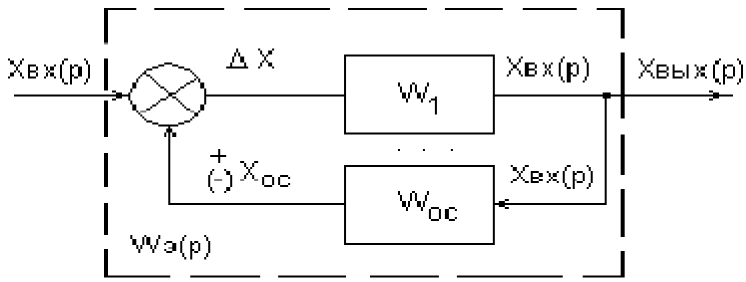


3-ші сурет. Буындардың параллель қосылуы

Берілік функциянын параллель буындары беріліс функциянын буындарының алгебралық қосындысына тен.

$$W_э(p) = \frac{X_{вых}(p)}{X_{вх}(p)} = W_1(p) + W_2(p) + \cdots + W_n(p)$$ (18)

кері байланысы, буынның шығуы мен кіруы беріліс функциямен $W_{oc}(p)$, қосылады нәтижесінде берілуі әсерлердің тұйық контур құрастырылады (4-ші сурет).



4-ші сурет. Кері байланыс

Беріліс функцияның кері байланысы:

Кері байланыстың терісі

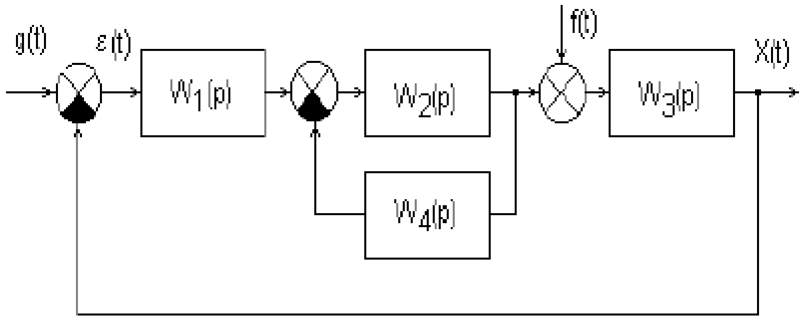
$$W_э(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_{oc}(p)};$$ (19)

Кері байланыстың оңы

$$W_э(p) = \frac{W_1(p)}{1 - W_1(p) \cdot W_{oc}(p)};$$

Мысал

Оның (5-шы сурет) құрылымдық схемасы бойынша жүйенің беріліс функциясын табу керек.



5-шы сурет. Кемеңгер құрылымдық схемасы

Шешім:

Бір контурлыға құрылымдық схеманы келтіреміз. Бұрыла буындар беріліс функциялармен $W_2(p), W_4(p)$ *аламыз*

$$W_{24}(p) = \frac{W_2(p)}{1 + W_2(p) \cdot W_4(p)}.$$

Алшақ салынған жүйенің сонда беріліс функциясы

$$W(p) = \frac{X(p)}{G(p)} = W_1(p) \cdot W_{24}(p) \cdot W_3(p).$$

Беріліс функциясы бойынша алшақ салынған жүйенің қоздырушы әсері

$$V(p) = \frac{X(p)}{F(p)} = W_3(p).$$

Берілетін әсер бойынша тұйық жүйенің беріліс функциясы

$$\Phi(p) = \frac{X(p)}{G(P)} = \frac{W(p)}{1 + W(p)} = \frac{W_1(p) \cdot W_{24}(p) \cdot W_3(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_{24}(p) \cdot W_3(p)}.$$

Қате сигналы бойынша жүйенің беріліс функциясы

$$\Phi_{\varepsilon}(p) = \frac{E(p)}{G(p)} = \frac{1}{1 + W(p)} = \frac{1}{1 + W_1(p) \cdot W_{24}(p) \cdot W_3(p)}.$$

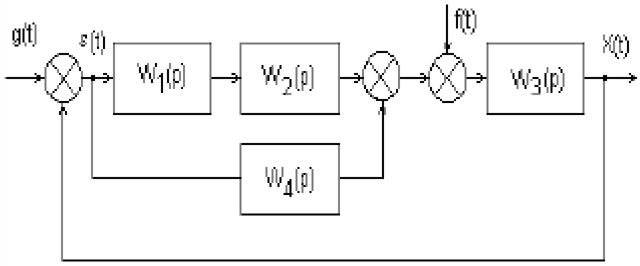
Қоздырушы әсер бойынша тұйық жүйенің беріліс функциясы

$$\Phi_f(p) = \frac{X(p)}{F(p)} = \frac{V(p)}{1 + W(p)} = \frac{W_3(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_{24}(p) \cdot W_3(p)}.$$

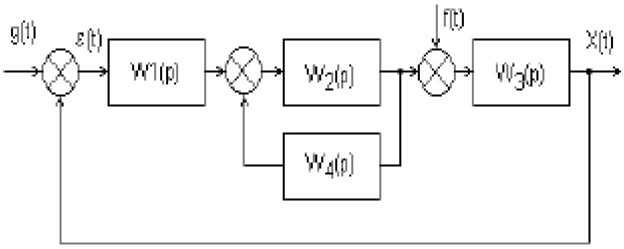
Дербес шешім үшін есептер

Құрылымдық схемасы бойынша жүйенің беріліс функциясын табу керек.

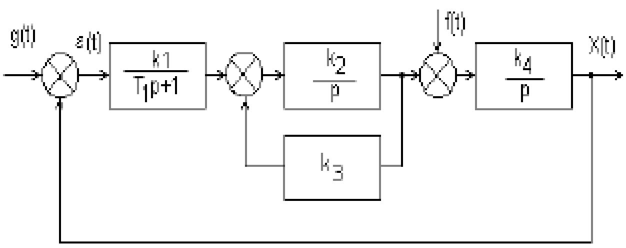
А)



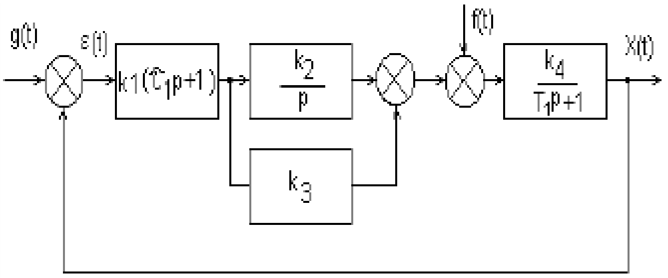
Б)



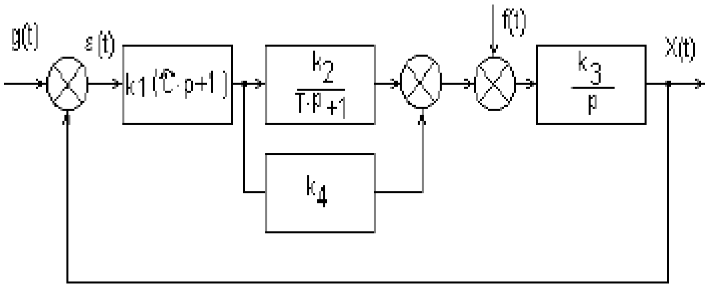
В)



Г)



Д)



Бір контурлы - АЖ құрылым - динамикалық схемалары болады. Бірлескен буындардың тұйық тізбегі және беріліс функцияларын анықтау, мұндай схемалар үлкен қиыншылықтар ұсынбайды.

Көп контурлы құрылым - динамикалық схемалар кері байланыс қамтыған буындардың бар болуымен бейнеленеді. Сондықтан анықтаулар үшін беріліс функциялар схемалары өрнектелуіндегі қажеттілік баламалы бір контурлы схемаларға пайда болады.

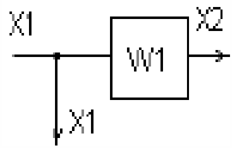
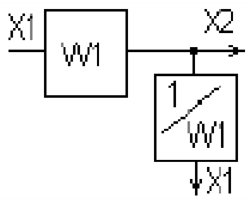
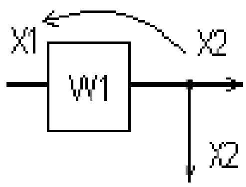
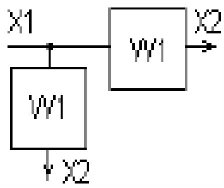
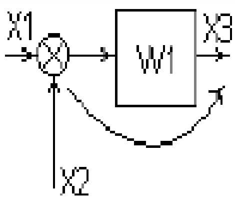
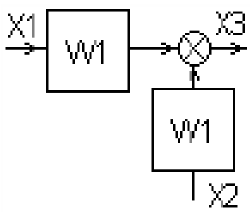
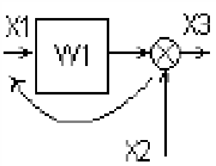
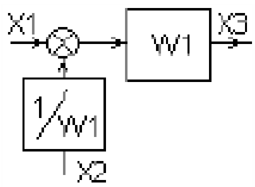
Баламалыға көп контурлы схемаларды өрнектеу жағдайында бір контурлы кемеңгердің құрылым - динамикалық схемалары болады. Бір контурлы схемаларға параллель қосуының алмастыруына апарады және кері байланыспен қосулары баламалы буындармен, сонымен бірге сигналдар, сумматорлардың орамның (нүктелері әр түрлі сұлбаның элементтерін орын ауыстыруға, жүріске қарсы, жүріс бойынша буындар) сигнал.

Сұлбаның элементтерінің орын ауыстыруын негізгі қағидасы үшін тұратын бастапқы және өзгертілген бөлімшенің барлық кіретін және шығатын шамалар схемасы өзгеріссіз қалды. Бұл қағиданың орындалуы құрылымдық бір контурлы схеманың алуын қамтамасыз ету өрнектелуі бастапқы көп контурлы схемаға (тепе-тең тең бағалы) баламаланады.

Элементтердің орын ауыстыруының негізгі ережелері құрылым - динамикалық бұл қағидада шығатын схемалар 1 кестеге келтірілген. Өрнектеу көп контурлы құрылымдық схеманы ықшамдау үшін сай келгенде жасалған болады.

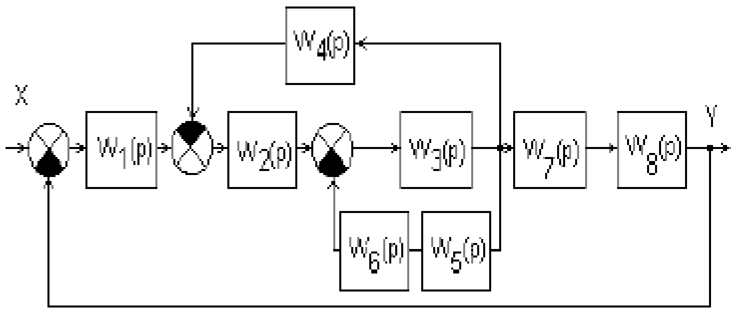
Кесте №1

Құрылымдық схемалардың өрнектеуі

№	Өзгеріс ережесі	Берілген сүлбе	Эквивалентті сүлбе
1	Нүкте сигналың звено арқылы жүріс сигналымен ауыстыру		
2	Қарсы жүріс сигналы		
3	Қосындыны звено арқылы жүріс сигналымен ауыстыру		
4	Қарсы жүріс сигналы		

Мысал

Құрылымдық схеманы ықшамдау. (6-шi сурет)

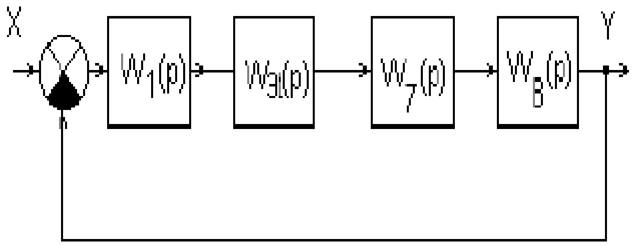


6-шi сурет. Бастапқы көп контурлы схема

Кезеңдi жолмен пайда болған өрнектеулер бiр контурлы құрылымдық берiлiс функциясымен (7-шi сурет).

$$W = \frac{W_1 \cdot W_{Э1} \cdot W_7 \cdot W_8}{1 + W_1 \cdot W_{Э1} \cdot W_7 \cdot W_8},$$

$$W_{Э1} = \frac{W_2 \cdot W_3}{1 + W_3 \cdot W_5 \cdot W_6 + W_2 \cdot W_3 \cdot W_4}.$$



7-шi сурет. Өзгертiлген схема

4. АВТОМАТТЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫНЫҢ ТАЛДАУЫ

Егер ол тиісті (жағдай) күйде орналасса және қолданушының тілегімен қалса автоматты жүйе орнықты болып есептеледі. Басқа жағдайда автоматты жүйе аумалы болады.

Объекттің орнықтылығының белгілері оның үлгілерінің түрлеріне байланысты көп болады. Сызықты объекттер үшін орнықтылықтың анықтауына екі жолдарды қолданады:

- түзу(тікелей)
- жанамасы

Түзу жолында кез келген басқару процесстері жазылады және орнықтылық мен орнықсыздықтын анықтаулары бойынша сапалары анықталады.

Түзу әдісімен объекттің орнықтылығының зерттеулері әрдайым орынды емес, кейде және мүмкін емес.

Бұл қолданушы математикалық үлгімен жұмыс істейтінде жағдайда болады: дифференциалды теңдеулер, беріліс функциялар және тағы басқалар.

Бұл жағдайда объекттің орнықтылығының зерттеулері үшін жанама әдістерді қолданылады:

- алгебралығы
- түбірлігі
- жиілігі

Жанама түрдің сызықты объекттерінің орнықтылықтары әмбебап зерттеуде түбірлік әдісі болып табылады.

Оның мәні келесі мысал көрсетуге болады:

Объекттің дифференциалды теңдеуі берілген

$$A(p) \cdot x(t) = B(p) \cdot f(t), \quad p = \frac{d}{dt},$$ мұндағы

x(t) – шығыс реттелетін шамасы,
f(t) - кіретін әсер,
A(p) - жүйенің меншікті операторы,
B(p) - әсердің операторы

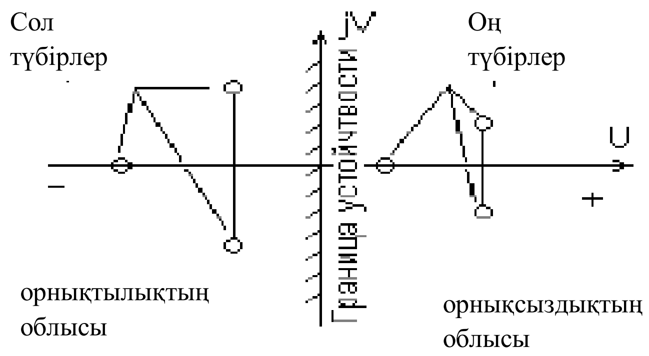
Мұндай жүйелер мінездемелік теңдеумен өрнектеледі

$$A(p) = a_0 \cdot p^n + a_1 \cdot p^{n-1} + \ldots + a_{n-1} \cdot p + a_n = 0. \quad (20)$$

Мінездемелік теңдеудің (20) түбірлері p_i теріс нақты бөлігімен, соның ішінде теріс нақтысы, *сол* деп атайды.(8 сурет)

Егер теңдеудің (20) түбірлері p_i оң нақты бөлігі болса, онда мұндай түбірлері *оң* деп аталады.

Сонда орнықтылықтың түбірлік белгісі төмендегідей болады: объекттің орнықтылықтары үшін керек және жеткілікті шарты,оның мінездемелік теңдеуінің барлық түбірлері сол болу керек.



8-шы сурет. Мінездемелік теңдеудің шешімдерінің облысы

Жүйелердің орнықтылығының сандық бағасы көрсеткіші арқылы өндіріп алады, ол өз кезегінде орнықтылықтың қорын сипаттайтын.

Орнықтылықтың қоры - бұл орнықтылықтың шекарасынан жүйенің алып тастауын дәреженің сандық мінездемесі.

Орнықтылықтың қорын қамтамасыз ету келесі себептермендерге керек:

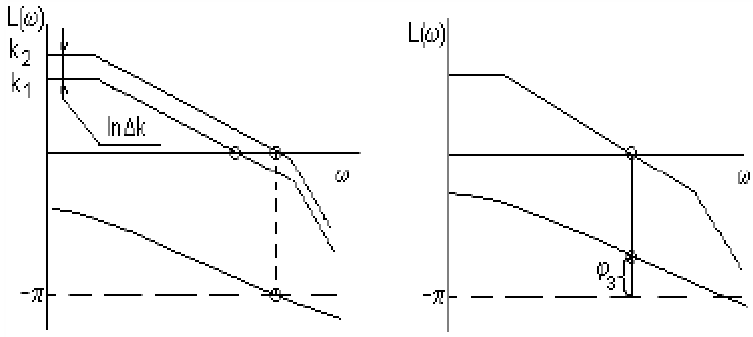
- жеке элементтерінің байланыстары теңдеулерінің құрастыруында ағатын физикалық құбылыстардың оларында кейбір дәріптеушілігіне рұқсат етіледі;
- сызықты емес теңдеулердің сызықтауы олардың әлі үлкенірек жақындығына алып келеді;
- теңдеулер коэффициенттіне кіретін элементтердің конструктивтік параметрлері кейбір қателікпен анықталады;
- жүйелердің пайдаланған кезінде элементтерінің параметр өзгерісі температуралық тербелістеріне, картаюларына, тұрақсыздық болуына байланысты және тағы басқалар.

Орнықтылығының нақты қорының барлығы жүйенің орнықтылығының сақтауын кепілдігі параметрлердің белгілі бір шектерде өзгеруіне байланысты. Орнықтылықтың қоры көбірек болған сайын пайдаланған процесстегі жүйе аз орнықсыздық болады.

Орнықтылықтың қорлары келесі негізгі көрсеткіштер өзгешеленеді:

- амплитуда бойынша орнықтылықтың қоры
- фаза бойынша орнықтылықтың қоры

Орнықтылығының қорлары суретте көрсетілген



9-ші сурет. Орнықтылықтың қоры график түрінде

4.1. Орнықтылықтың алгебралық белгісі

Егер бұл түбірлердің табылуы үшін тиісті бағдарламалары бар ЭЕМдер жоқ болса мінездемелік теңдеудің $A(p)=0$ түбірлерінің анықтауы үлкен еңбек шығындарына алып келеді. Жанама алгебралық әдістердің объекттерінің орнықтылығы бағалау үшін мінездемелік теңдеу коэффициенттерді пайдаланады. Алгебралық талдау әдістерінің орнықтылықтарының арасында *Гурвицтің әдісі* өте жайылған.

Бұл әдістің қолданулары орнықтылығы анықтау үшін объекттің мінездемелік теңдеуінің коэффициенттерінде болады. Бұл теңдеу келесі стандарттық формада жазылады

$$a_0 \cdot p^n + a_1 \cdot p^{n-1} + \ldots + a_{n-1} \cdot p + a_n = 0$$

a_i, $i = 0,\ldots,n$ коэффициенттерінен Гурвиц матрицасы құрылады

$$H = \begin{bmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & \cdots & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & \cdots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_n \end{bmatrix}.$$

Ол төмендегіше қалыптасады: диагональге коэффициенттер $a_1, a_2, \ldots, a_n$. жоғарыдан төменге дәйекті түрде жазылады. Диагональдің кез келген мүшеден бойлай коэффициенттер оңға жазылады және олардың нөмірі екі бірліктегі өседі. Егер мұндай нөмірмен коэффициентті болмаса, онда оның орынына нөл жазылады. Белгінің математикалық негізі анықтауыштардың теориясы болып табылады, онда бұдан әрі Гурвицтің бас анықтауышы Δ_n және оның диагоналді минорларында Δ_i, $i=1,2,..n-1$; болады.

$$\Delta_1 = |a_1|; \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot a_2 - a_0 \cdot a_3; \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}; \cdots \Delta_n = |H|,$$

және де $\Delta_n = a_n \cdot \Delta_{n-1}$

Гурвиц дәлелдеді;

Егер $a_0>0$ *n – анықтауыштар* Δ_i, $i=1,2,..n$ *оң болса, онда объект орнықты. Егер ең болмағанда бір анықтауш теріс болса, онда объект орнықсыз.*

Шекті жағдайлар.

Мысалы, $a_n>0$ жанында Гурвицтің соңғының алдындағы анықтауышы Δ_{n-1} нөлге тең болса. Сәйкесінше соңғы анықтауышта нөлге тең болады. Егер калған анықтауыштар оң болса, онда орнықтылықтың тербелі шекарасында болады.

Дербес жағдай. И.А.Вышнеградскийдің белгісі.

Профессор Вышнеградский 1876 жылда үшінші реттің мінездемелік теңдеуі үшін орнықтылықтың белгісі сипаттаған:

Егер параметрлердің көбейтіндісі

$$A = \frac{a_2}{\sqrt[3]{a_0 \cdot a_3^2}} \quad \text{және} \quad B = \frac{a_1}{\sqrt[3]{a_0^2 \cdot a_3}}$$

*A*B > 1 (A>0, B>0), онда үшінші реттік жүйе орнықты;*

*Егер A*B < 1 (A>0, B>0), онда ол орнықсыз;*

*Егер A*B = 1 (A>0, B>0), онда ол тербелі орнықтылықтың шекарасы*

Гурвиц белгісі бойынша a_1, a_2, a_3, коэффициентерінің мәндерін A және B айнымалыға койып, келесі тенсіздік $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$, пайда болады.

Мысал

Белгілі беріліс функциясы бойынша тұйықталған және алшақ салынған жүйенің орнықтылығын анықтау

$$W(p) = \frac{5}{p^3 + 2p^2 + 4p - 2}.$$

Шешім.

Алшақ салынған жүйенің мінездемелік теңдеуі

$$p^3 + 2p^2 + 4p - 2 = 0.$$

Алшақ салынған жүйе орнықсыз, өйткені орнықтылықтың керекті шарты орындалмайды: мінездемелік теңдеудің барлық коэффициенттері оң болуы

Алшақ салынған жүйенің мінездемелік теңдеуі

$$p^3 + 2p^2 + 4p + 3 = 0.$$

Өйткені $2 \cdot 4 > 3 \cdot 1$, *Вышнеградскийдің белгісі бойынша жуйе орнықты.*

Дербес шешім үшін есептер

$$W(p) = \frac{5}{p^3 + 2p^2 + 4p - 15}.$$

$$W(p) = \frac{5}{p^3 + p^2 + 3p - 2}.$$

$$W(p) = \frac{10}{p^3 + 2p^2 + 10p + 15}.$$

$$W(p) = \frac{4p + 1}{p^4 + 2p^3 + p^2 + 1}.$$

$$W(p) = \frac{10p + 1}{p^5 + p^4 - p^3 - 20}.$$

$$W(p)=\frac{2p+1}{p^3+2p^2+p+2}.$$

$$W(p)=\frac{k}{p^2(1+Tp)}.$$

Алшақ салынған жүйенің беріліс функциясы белгілі.

Тұйық жүйенің жанында орнықтылықтың шекарасында болатын тұрақты уақыттың Т мәні анықтау.

$$W(p)=\frac{500}{p(0{,}02p+1)(Tp+1)}.$$

$$W(p)=\frac{100}{p(2p+1)(Tp+1)}.$$

$$W(p)=\frac{10}{p(4p+1)(Tp+1)}.$$

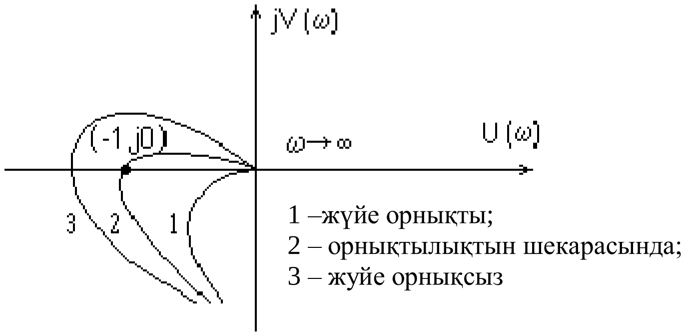
4.2. Найквистаның орнықтылығының белгісі

Жиілік белгілерінің арасында Найквист белгісі өте жайылған.

Ол амплитудалық - фазалық жиіліктік сипаттама бойынша автоматты жүйелердің орнықтылығы бағалауға мүмкіндік береді, тиісті алшақ салынған жүйе.

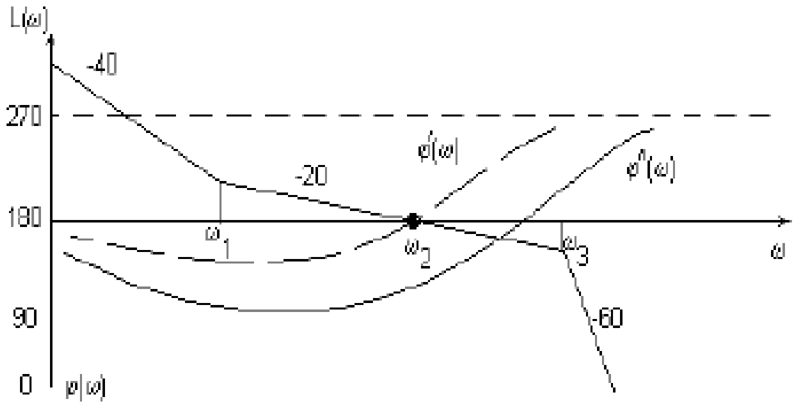
Бұл белгінің минималды-фазалық жүйелері үшін төмендегіше құрастырады:

Автоматты жүйе тұйықталған күйде орнықтылықтың керекті және жеткіліктісі шарты, алшақ салынған жүйенің амплитудалық - фазалық жиіліктік сипаттамасының годографы кешенді жазықтықтың $M\{-1, j0\}$ нүктесін қамтымауының *w* жиіліктің нөлден шексіздікке дейін өзгерісінде және W(jw) вектордың бұрылысы сағат тілі бойынша.



10 сурет. АФЖС жуйенің әр түрлі орнықсыздығы

Найквистаның жиілік белгісінің логарифмдік формасы бар болады (11-ші сурет).



11 сурет. ЛАС және ФЖС жүйелердің әр түрлі орнықсыздығы

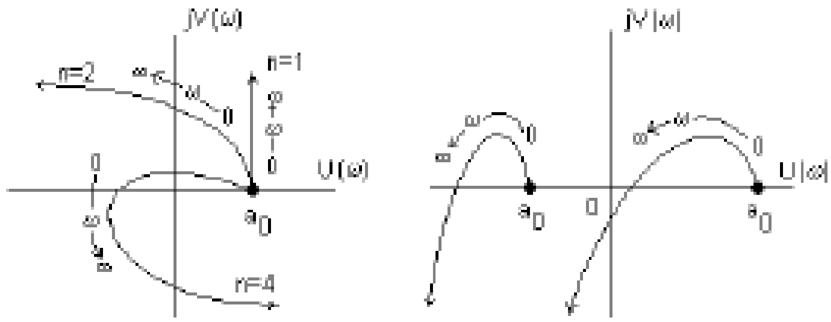
В.А.Бесекерскийдің формасындағы белгінің тұжырымы:

Егер оның фазалық жиіліктік сипаттамасы (ФЖС) алшақ салынған жүйенің логарифмдік амплитудалық мінездемесінің қиылысуын жиіліктерінің өсін оңырақ орынның кесіп өтсе тұйықталған автоматты жүйе орнықты

Бұл тек қана минималды-фазалық алшақ салынған автоматты жүйелерге, бейтарап және орнықты алшақ салынған күйде жатады.

Графикалық - аналитикалық белгі (Михайлов белгісі) :

Автоматты жүйенің орнықтылықтары үшін керек және жеткілікті шарты: Егер нақты оң жартылай өсте w=0, жиіліктің өсуімен $\omega \in (0,+\infty)$ *Михайлов (годограф) қисығы коплекс жазықтықтың n квадранттарының оң бағыты бойынша аралап шығуы.Мұндағы* n *– мінездемелік теңдеудің дәрежесі.* (12 сурет)



жүйенің орнықтылығы жүйенің орнықсыздылығы

12-ші сурет. Әр түрлі жүйелер үшін Михайлов годографтардыың түрлері

<u>Мысал</u>

Михайлов белгісі бойынша АЖ орнықтылығын бағалау, егер тұйық жүйенің мінездемелік полиномы болса $D(p)=p^3+0,5p^2+12p+5.$

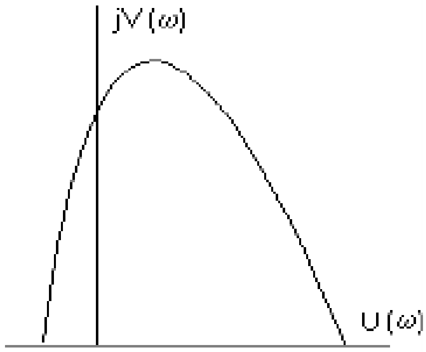
Шешім.

Михайлов қисығының құрастыру үшін $D(j\omega)$ *функциясының нақты және жорамалы бөліктерін анықталады.*

$$U(\omega)=\mathrm{Re}\, D(j\omega)=5-0,5\omega^2,$$

$$V(\omega)=\mathrm{Jm}\, D(j\omega)=\omega(12-\omega^2).$$

Қисықтың шамамен түрі тән нүктелер бойынша анықталады (13-ші сурет)



13 сурет. Годографтың түрі

Егер w=0, онда $U(0)=5-0.5*0 = 5$; $V(0) =0*(12-0^2) = 0$.

$U(w_1) = 5- 0,5w^2 = 0$ шартты бойынша келесі элементерін табуға болады.

$w_1 = \sqrt{10}$ *және* $V(w_1) = \sqrt{10}(12-10) = 6.32$

$U(w_1) = 5- 0,5w^2 = 0$ шартты бойынша келесі элементерін табуға болады.

$w_2 = -\sqrt{10}$ *және* $V(w_2) = -\sqrt{10}(12-10) = -6.32$

Михайлова қисық үш квадрант дәйекті түрде арқылы өтеді, демек, жүйе орнықты.

Дербес шешім үшін есептер

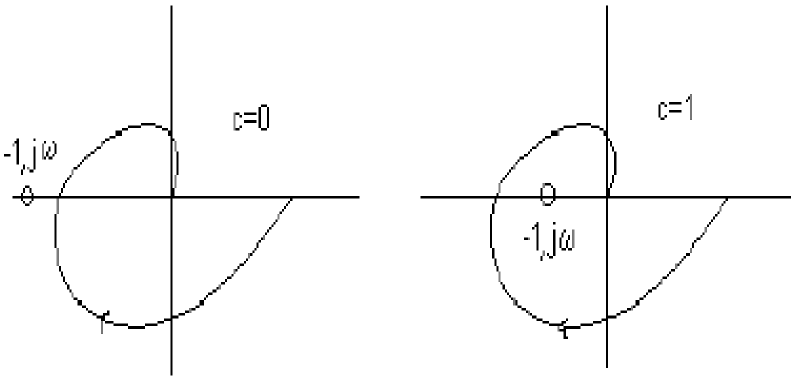
Михайлов белгісі бойынша АЖ орнықтылығын бағалау, егер тұйық жүйенің мінездемелік полиномы болса

$D(p)=p^3+2p^2+4p+10.$

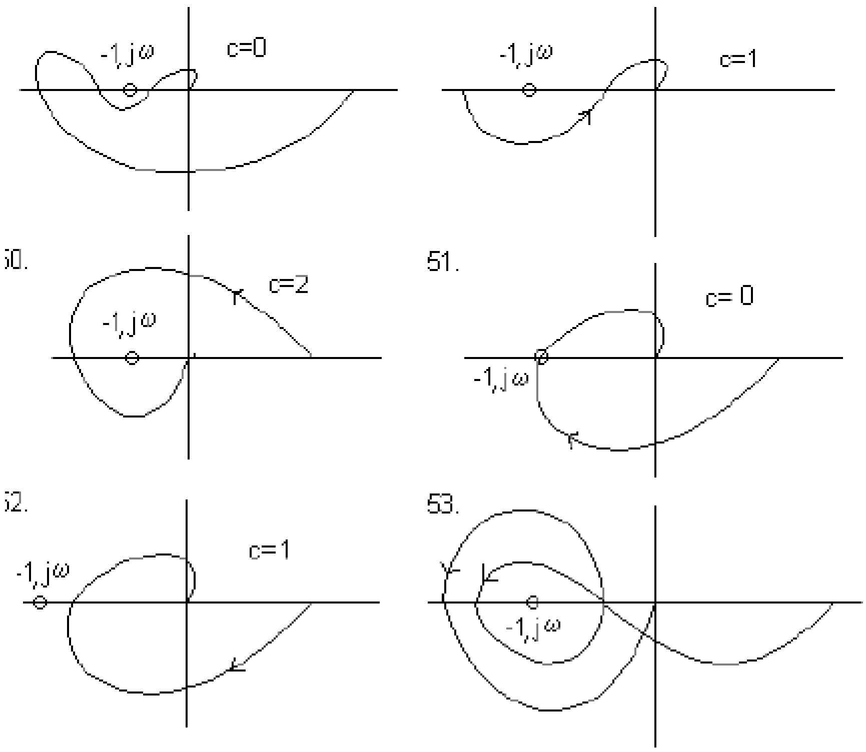
$D(p)=p^3+10p^2+6p+2.$

$D(p)=2p^3+4p^2+3p+5.$

Амплитудалық - фазалық мінездемелер бойынша тұйық жүйелердің орнықтылығы бағалау. (с- тұйық жүйенің мінездемелік теңдеуінің оң түбірлерінің саны) (14-15 сурет)



14сурет. Бастапқы деректер



15 сурет. Бастапқы деректер

4.3. Логарифмдік жиіліктік сипаттамалар бойынша орнықтылықтың бағасы

Логарифмдік амплитудалық $L(\omega)$ және фазалығы $\Theta(\omega)$ жиіліктік сипаттама амплитудалық - фазалық мінездемемен $W(j\omega)$ бірмәнді байланатыны белгілі

$$L(\omega) = 20 \cdot \lg|W(j\omega)| = 20 \cdot \lg A(\omega); \quad \Theta(\omega) = \arg W(j\omega)$$

Логарифмдік жиілік белгісі:

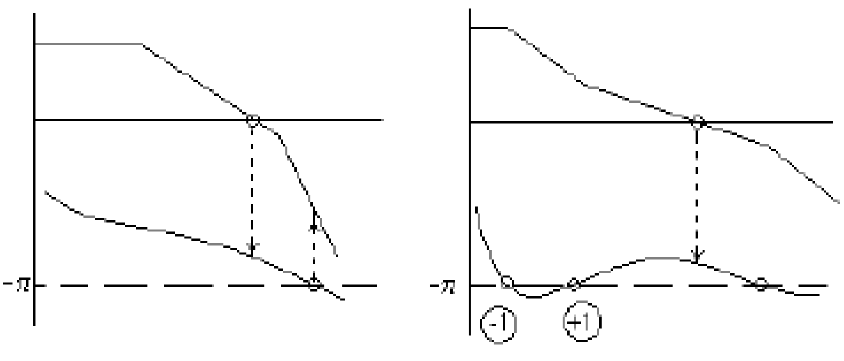
Егер алшақ салынған жүйенің мінездемелік теңдеуінің v нөлдік түбірлері болса (v = 0,1,2,...), калған түбірлер - сол, тұйық жүйенің орнықтылықтары үшін керекті және жеткілікті шарты, логарифмдік амплитудалық сипаттамасы – оң, логарифмдік фазалық сипаттамасы абсолютті мәні 180^0 кіші болуы керек (басқа жағдайда ЛФС 180^0 тең болса, онда ЛАС – теріс болады)

Белгінің қосымша интерпретациялары:

Егер алшақ салынған жүйенің мінездемелік теңдеуінің v нөлдік түбірлері болса (v = 0,1,2,...), калған түбірлер - сол, тұйық жүйенің орнықтылықтары үшін керекті және жеткілікті шарты, ЛАС – оң, ЛФС оң және теріс өткелдердің санының аралығында айырым 180^0 төте арқылы өткелдердің санына жоғарыдан төменге төменнен жоғарыға тең болуы керек.

Егер тұйық жүйе орнықсыз болса, онда тұйықталған күйде оны орнықтылық үшін керекті және жеткілікті шарты, жиілік облысында ЛАС –оң, ЛФС оң және теріс өткелдердің санының аралығында 180^0 айырым арқылы төте 1/2 тең болуы керек (яғни жиілік облысында ЛАС – оң, ЛФС 180^0 төте арқылы өту саны томеннен жоғарыға 1/2 санына асты жоғарыдан төменге)

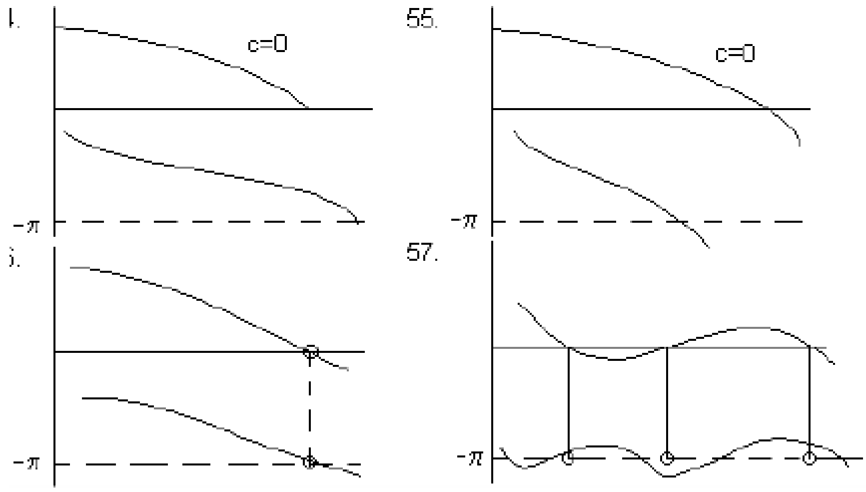
Логарифмдік жиілік белгісі бойынша автоматты жүйелердің орнықтылығының анықтауын ғибраттанушымен мысал келтіреді (16 сурет)



16 сурет. Автоматты жүйелердің мысалдары, логарифмдік белгі бойынша орнықты

Дербес шешім үшін есептер

Алшақ салынған жүйенің белгілі логарифмдік жиіліктік сипаттамалары бойынша тұйықталған автоматты жүйелердің орнықтылығы бағалау (17-шы сурет)



17 сурет. Бастапқы деректер

5. АВТОМАТТЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ НАҚТЫ БАҒАСЫ.

Автоматты жүйелердің нақты бағасын талдау орналастырылған шеңбер күйінде жүргізіледі. Сонымен бірге, автоматты жүйелердің нақты бағасының көрсеткіштері әдетте екі тәртіппен анықталады:

- детерминделген әсерлер кезінде;
- кездейсоқ әсерлер кезінде.

Автоматты жүйелердің нақты жұмысында орнатылған жүйеде қателіктің үш түрі қолданылады:

- статикалық;
- динамикалық;
- ауыспалысы.

Статикалық қателік – жүйеде орналастырылған жұмыс жүйесінің қателігі оған тұрақты әсер ететін сигнал (тұрақты әсер).

Динамикалық қателік – жүйеде орналастырылған жұмыс жүйесінің қателігі оған әсер кезінде өзгеретін, тұрақты емес әсер ететін сигналдар.

Ауыспалы қателік - ауыспалы жүйенің аяұжүйенің қатесі аяқтаудан кейін ауыспалы. (жүйенің нөлінің күтуі нақтылы мағынада).

Сапалы жұмыс істеу жүйесін бағалау үшін кездейсоқ әсер етудің мынадай көрсеткіштері қолданылады:

- аңдуды олқылықтың ықтималдығы,
- жүйенің орташа квадратикалық қателігі.

5.1. Детерминделген әсер кезіндегі жүйенің нақты бағасы

Детерминделген – аналитикалық функциямен көрсетилген әсер. Қортысында әрқашанда қарсылықты алдын ала көруге болады, егерде оның алдындағы уақыттық мәнін білетін болсақ.

Ережеге сәйкес автомат жүйенің детерминделген әсердің жүріс тәртібін қарастырамыз.

$$F_j = \begin{cases} c \cdot t^n, & t \geq 0; \\ 0, & t < 0. \end{cases}$$

Егерде жүйені тұрақты десек, онда орнатылған мәнді анықтау үшін компонентердің векторлық шығу мәні үшін Лаплас теоремасы қолданылады.

Автомат жүйесінің дәлдігін зерттей келе, жүйенің түрі үлкен роль ойнайды:

статикалық және астатикалық. Кітаптың бірінші бөлімінде статикалық және астатикалық жүйе туралы толық түсінік берілген.

Статикалық жүйе үшін, бір контурлы структурно-динамикалық сүлбесін интегрирленген звено қарастырылмаған $\nu=0$. Тізбектей келе орнатылған статикалық жүйенің қателігі ε^x и ε^f әсердің сыртқы характеріне тәуелді және оның берілу коэффициенттерінің шамасына тәуелді болады.

Тұрақты сыртқы әсерлер кезіндегі қателікті –статикалық деп аталады. $\varepsilon^x=\varepsilon^x_{CT}$; $\varepsilon^f=\varepsilon^f_{CT}$; $\varepsilon^y=\varepsilon_{CT}=\varepsilon^x_{CT}+\varepsilon^f_{CT}$. Зерттей келе бір корпусты структурлы – динамикалық сүлбіге интегралды автоматтық жүйенің статикалық болады. Сонымен қатар статикалық қателік ε^x_{CT} және ε^f_{CT} оларды әсер ету өлшеміне пропорцианал болады және статизм жүйесінің коэффициентіне, айырылған жүйеде күшейту коэффициенті көп болады. Есептеулер көрсеткендей автоматты жүйені статикалық қателікті азайтуға болады, егер де берілу коэффициентін ұлғайтатын болсақ. Әлбетте, берілу коэффициентін үлкейткен кезде жүйенің тұрақтану запасы азаяды, солай жүйе тұрақты болмайтынын ұмытпау қажет $k>k_{кр}$.

Салдар. Орнатылған статикалық жүйенің қателігін тұрақты жылдамдықта сырты әсермен өзгеруі және уақыт шексіз $t\to\infty$ ұлғаяды. Статиканы автоматикалық жүйеде жобалауға болады егер де, тұрақты сырты әсерде жақын тұрақты әсерде жұмыс істеп тұрса ғана. Мұндай жүйелер мысалыға стабилизация жүйесі сонымен қатар програманы реттеу жүйесі жұмыс істей алады.

Автоматты жүйеде бір контурлы структура статикасына қарағанда астатикалық жүйе интегралдау звеносы болады. $\nu\neq0,\ \ \nu=1, 2$.

Орнатылған астатикалық жүйенің қателігі ε^x и ε^f ; тек сыртқы әсер сандарының және берілу коэффициентіне тәуелді болмайды, сонымен қатар зерттелетін әр корпуста стуруктуралы-динамикалық жүйенің интегралдаушы звеноның санына және орналасу орнына байланысты болады.

Структурды анализ сүлбесі астатикалық автаматикалық жүйе практикасы үшін аса күрделі қортынды береді:

Астатизм жүйесі берілген әсердің интегралды звеносының санымен анықталып, олар бір корпусты структурно-динамикалық сүлбе жүйесінен тұрады, ол қанағатсыз әсерге екі жүйе арасында орналасқан шығыс жүйесімен приложение нүктесіне қатысты болады.

Салдар. Екінші қатардағы астатикалық жүйе, жылдамдық әсерінде орнатылған қателікте нөлге тең болады, әсерлер нөлдік орналастырылған қатені алады, ашуларда тұрақты үдеумен a_x и a_f - тұрақты қателікті $2a_x/k$ бойынша сыртқы бойынша әсерге және шексіздік ұмтылатын орналастырылған қатені ашуға.

5.2. Жүйелердің дәлдігінің бағасы кездейсоқ әсерлерде

Нақты кемеңгерлер оларға әсер шарттарындағы кездейсоқ жұмыс істейді ашулар. Бұл сыртқы шарттардың тұрақсыздығымен шартталған флуктуацияларымен (температура, дымқылдық, қысым, жел тағы сол сияқтылар) дәмеленетін кернеулер.

Бұдан басқа, бенетін әсердің абайлаушы жүйелеріндегі жағдайында

кездейсоқ процесспен суреттеледі. Және бұл тек қана кездейсоқ шартталған

мысалы, бақылап отыруды объектті жағдайдың өзгерістері сипатпен, керісінше радиосигналды пайдалы мәліметтің сақтаушымен біргесімен кемеңгер қитықтар түсумен кіруге.

Осылай, мақсаттар автобақылап отырулар жүйелердегі бірнеше кіруге түседі

кездейсоқ ашулар, мерзімді келесі себептерімен:

- федингпен;
- бұрыштық шумен (шағылысудың орталары адасумен);
- қабылдағыштың бірінші каскадтарының шуларымен.

Фединг - бұл радиосигналды қабылдайтын флуктация амплитудасы, шартты түрде электромагниттік толқындарға әсер етеді, себебі атмосфераның қысымының өзгеруіне және кеңістік беттің күрделілігіне.

Шағылысудың ортасының адасуы - бұл қабылданатын сигналдың флуктациясы, олар күрделі фаза сигналдарымен шартталған, олар ауданның жоғарғы бетінде көрінеді.

Қабылдағыштың шуы - жылулық шу шартты болады, бытыра жасау шуы (электрон лампалары үшін), жарқылдау шуы (фликкер-эффект), генераторлық - рекомбинация шуы (жартылай өткізгіш).

Жоғардағы көрсетілген себептер қортындысы жүйенің келіспеушілігі болып табылады, ерудің қателігі, сонымен басқару шамасы жүйеде кездей соқ болып табылады.

Көп жағдайларда кездейсоқ мәндер қателігін реттеу заңының шығу шамасын нормалы деп санауға болады, олар математикалық күтуді және коррециянды функцияны сипаттайды. Егерде процестер сондай-ақ стационарлы болып табылады, онда коррецияланды функциямен бірге спектральді ұжым $S(\omega)$, қолданылады, солар бір бірімен Фурье арқылы байланысады.

Бұл қатынастан суммарлы қателік екі құрамнан тұрады, біреуі

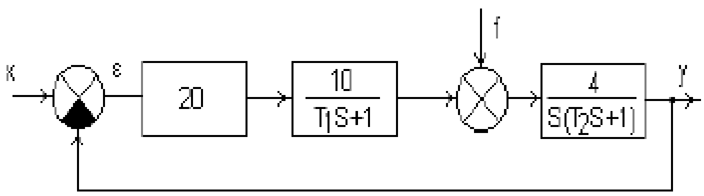
$m_\varepsilon^2+\sigma_\varepsilon^2$, сигналдық қосылуын дәл анықтайт, олар ПФ қателікке тәуелді және сигналдың статикалық сипаттамасына тәуелді, ал екіншісі, шудың әсеріне шартталған, ол тұйық жүйе және шудың сипаттамасы $\sigma_{\varepsilon f}^2$.

Кездейсоқ шығу шаманың жиілігін және статикалық сипаттама табылады Y (t). Мысалы, берілетін әсер кездейсоқ функциясының нөлдік МО болса және спектральді қысыммен, онда $S_x(\omega)$, спектральді қысым және шығу шамасының дисперсиясы мына теңдеумен сипатталады.

$$S_Y(\omega) = |\Phi(j\omega)|^2 S_x(\omega); \quad \sigma_Y^2 = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} S_Y(\omega)d\omega.$$

Мысал

Берілетін ν_x және келіссіз әсер арқылы жүйедегі астатизм жинақтылығын анықтау қажет, сонымен қатар ортатылған қателік жүйені олар құймай және келіссіз әсер мынадай болса $x(t)=x_0\cdot 1(t)$, $f(t)=f_0\cdot 1(t)$, ал жүйенің құрылымдық сүлбесі былай болады (18-ші сурет).



18 сурет. АЖ құрылым схемасы

Шешуі.

Астатизм ретімен берілген әсермен, барлық басқару контурындағы интеграл звено санымен анықталады. Сондықтан $\nu_x=1$.

Астатизм ретімен келіссіз әсері ИЗ санына тең болады, сигнал әсерді қолдану нүктесінен және бақылау нүктесінің арасынан табылады.Қазіргі жағдайы $\nu_f=0$.

Берілетін функция тұйық жүйесінің берілетін $\Phi_\varepsilon(S)$ *және келіспейтін әсерлер* $\Phi_{\varepsilon f}(S)$ *үшін мынадай түрде болады.*

$$\Phi_\varepsilon(S) = \frac{1}{1+W(S)} = \frac{(T_1S+1)(T_2S+2)S}{(T_1S+1)(T_2S+1)S+800};$$

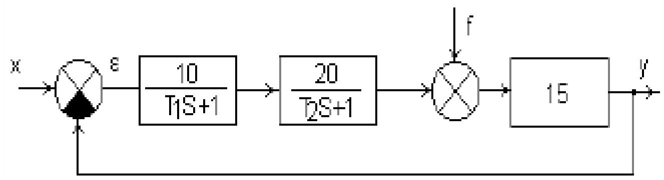
$$\Phi_{\varepsilon f}(S) = \frac{W_f(S)}{1+W(S)} = \frac{4(T_1S+1)(T_2S+1)S}{(T_2S+1)S\left[(T_1S+1)(T_2S+1)S+800\right]} =$$
$$= \frac{4(T_1S+1)}{(T_1S+1)(T_2S+1)S+800}.$$

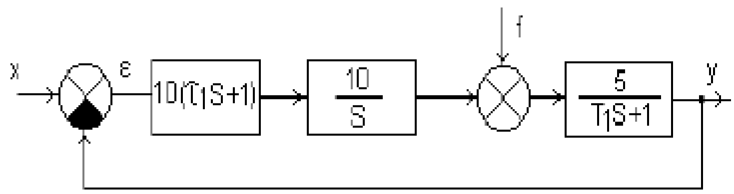
Лаплас теоремасы

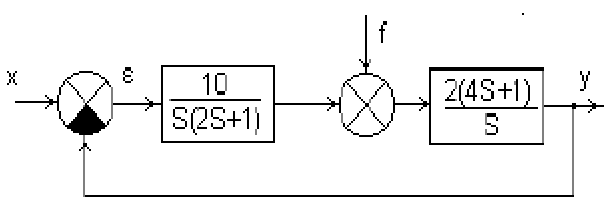
$$\varepsilon_{x\ уст} = \lim_{S\to 0} S\cdot\frac{x_0}{S}\cdot\frac{(T_1S+1)(T_2S+1)S}{(T_1S+1)(T_2S+1)S+800} = 0\ ;$$

Дербес шешім үшін есептер

Астатизм ретімен анықтау ν_x и ν_f, сонымен жүйедегі орнатылған қателіктің берілетін және келіспейтін әсерлерден, егерде $x(t)=x_0\cdot 1(t)$, $f(t)=f_0\cdot 1(t)$ келесі құрылымдық сүлбесінің жүйесі үшін.







Әдебиеттер:

1.Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования.– М: Наука, 1975.

2.Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, 1978.

3.Справочник по теории автоматического управления. /Под ред. А.А.Красовского – М.: Наука,1987.

4.Небылов А.В. Гарантирование точности управления. – М.: Наука. Физматлит,1998.

5.Земсков В.А. Теория автоматических систем РК. В 2-х частях. Часть 1. Саратов: СВВКИУ, 1992. –100.

6.Земсков В.А. Теория автоматических систем РК. В 2-х частях. Часть 2. Саратов: СВВКИУ, 1993. –132.

7.Битяй К.Г., Калмыков В.А., Реут Л.М. др. Сборник задач по курсу «Основы автоматического управления». Минск: МВИРУ, 1965. – 72 с.

8.Сафронов В.В. Учебные задачи по теории автоматического управления. Саратов СВВКИУ, 1991. – 28 с.

МАЗМҰНЫ: