

**Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министірлігі
Коммерциялық емес акционерлік қоғам
«Алматы энергетика және байланыс университеті»**

Г.Д. Естемесова, Г.К. Балбаев

**ӨНЕРКӘСІПТІК РОБОТОТЕХНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ
МЕХАТРОНДЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІ**

Оқу құралы

**Алматы
АЭЖБУ
2018**

ӘОЖ 004.896(075.8)
КБЖ 32.816я73
Е85

Пікір жазғандар:

Л.Б. Гончаров атындағы ҚазАЖА Халықаралық қатынастар жөніндегі
проректоры, PhD, қауымдастырылған профессор

Ш.А. Бекмаганбетова

М.Тынышпаев атындағы ҚазҚКА «Жылжымалы құрам» кафедрасының
профессоры, техника ғылымдарының докторы

Ж.С. Мусаев

АБЖЭУ «ІТ-инжиниринг» кафедрасының доценті, техника
ғылымдарының кандидаты

Г.Д. Мусапирова

Оқу құралы Алматы энергетика және байланыс университетінің Оқу-
әдістемелік кеңесінде ашық баспада оқу құралы ретінде шығаруға және оқу
үрдісінде қолдануға ұсынылды (1 хаттама ж.). АЭЖБУ-ның 2018 ж.
ведомстволық әдебиеттерді шығарудың тақырыптық жоспарына сәйкес,
шығарылым.

Естемесова Г.Д., Балбаев Г.К.

Е85

Өнеркәсіптік робототехникалық және мехатрондық жүйелері: Оқу
құралы (жоғары оқу орындағы 5В071600 – Аспапжасау мамандығы бойынша
оқитын студенттерге арналған)/ Г.Д. Естемесова, Г.К. Балбаев. – Алматы:
АЭЖБУ, 2018. – 105 б.

ISBN 978-601-7889-73-9

Бұл оқу құралында өнеркәсіптік робототехникалық жүйелер туралы
заманауи технологиялары, оларға сай автоматтық жүйелер ұсынылды: Оқу
құралы (жоғары оқу орындағы 5В071600 – Аспапжасау мамандығы бойынша
оқитын студенттерге арналған).

ӘОЖ 004.896(075.8)

КБЖ 32.816я73

Е85

ISBN 978-601-7889-73-9

© АЭЖБУ, 2018.

Естемесова Г.Д.,

Балбаев Г.К., 2018.

Кіріспе

XXI ғасырда өндірістік үрдісті, роботтандыру мен автоматтандыру өндіріс кешенді техникалық деңгейін көтеруге маңызды рөл болады. Автоматтандырудың мәселелерін шешу үшін мамандар автоматты басқару саласында автоматтандыру және роботтандыру құралдары мен әдістерін білу деңгейлері жеткіліктілігін қамтамасыз ету керек.

Автоматтандыру құралдарын жобалау және енгізу жалпы қажеттілігі, әсіресе жөндеу және қызмет көрсету өндірістерде тек қолмен жұмыс деңгейімен салыстырмалы түрде жоғары және еңбек өнімділігін көтеру қажеттілігі, сонымен қатар әлеуметтік факторлармен де шарттасады. Өндіріс, жөндеу және қызмет көрсету кәсіпорындарында көлікжасау, жөндеу зауыттары, техникалық қызмет көрсету және т.б. жатады. Аталған кәсіпорындардағы өндіріс үрдістері бір-бірінен жұмыс көлемімен, тағайындалуы бойынша дараланады.

Экономикалық өсудің бастапқы факторы – техникалық қарулануы өндірістік процестердің автоматтандырылуы мен комплекстік механизацияның ендірілуімен тығыз байланысты еңбек өнімділігінің жоғарлауы «Көліктерді жөндеуді автоматтандырылу және роботтандыру» курсына көлік құрылысы мен жөндеу мекемелерінде технологиялық процестердің автоматтандырылу ерекшеліктері, өндірістің автоматтандырылу ерекшеліктері, өндіріс автоматтандырылуының құралдары мен жалпы әдістері оқып үйретіледі. Түрлі механизмдер, сондай-ақ механизмдердің жұмысын қамтамасыз ететін басқарудың автоматты режимінде сұлбаларды жасап шығару бойынша мәліметтерді студенттер курстық жобаны орындау барысында алады. Жобаны орындау кезінде студенттер тек қана методикалық нұсқауды ғана емес, техникалық әдебиетті және дәрістер мен зертханалық жұмыстардан алған білімін де қолданады. Жобаны орындау шеңберінде студент көп қолданылатын механизмдердің конструкциясымен, есептеу мен жетектер мен орындаушы элементтерді таңдау әдістемесімен танысуы қажет, осы механизмдерді басқару сұлбаларын жасап шығаруда ең алғаш мәліметтерді алу қажет.

Оқу құралдың жазу кезінде автор автоматты басқару жүйесінің теориясына, автоматтандыру принциптерінің жалпылығын басшылыққа алған. Өндірістік үрдіс автоматы мәселелерін көптеген техникалық шешімдерін берілген құралда көрсету мүмкін емес. Сондықтан құралды тек автоматты басқару теориясы негізінде, аталған өндірістерге тән, автоматтандырудың сипаттамалық жүйесін анықтаумен көліктерді жөндеу немесе техникалық қызмет көрсету, дайындау кезіндегі өндірістік үрдістік автоматтандырудағы жалпы теориялық жағдайы ғана қарастырылған.

Сонымен қатар, бұл өндірістердің автоматтандыру үрдістерінің мысалдары және нақты жүйелері қарастырылған және әр өндірістің ерекшелігі көрсетілген құралда студенттің оқытушымен орындалатын өздік

жұмыстарын орындауға арналған тапсырмалар және оның орындалуына арналған теориялық материалдар берілген.

Бақылау сұрақтары.

1. Автоматты реттеу жүйелері.
2. Реттеу объектінің математикалық үлгісі.
3. Звеноларының қосылуларының түрлері.
4. Тензометрикалық датчиктердің құрылысы.
5. Сұйықтық деңгейін реттеуішінің жұмыс принципі.
6. Реттеудің автоматтандырылған жүйелері.
7. Өндірістік үрдістердің автоматты реттеудің алгоритмі.
8. Роботтар мен иілгіш өндірістік жүйелер.

1 Өндірістік үрдістерді автоматтандырудың мақсаттары

Осы оқу құралының мақсаты автоматтандыру құралдарының қазіргі деңгейінің дамуын, оны құрудың негізгі әдістерін, автоматты басқарылатын жүйені зерттеуді, есептеуді игерген студенттер дайындау, оларды автоматтандырудың типтік құралдары басында көлік дайындау және жөндеудің технологиялық үрдістерін автоматтандыру сұрақтарын шешуді үйрету.

Өндірістік үрдістерді автоматтандыру дегеніміз жаңа технологиялық үрдістерді жетілдіру және жоғарғы өндірістік технологиялық құрал-жабдықтар негізінде жобалау бойынша адамның қатысуынсыз жұмыс және қосалқы үрдістерді іске асыру.

1.1 Автоматка мен өндірістік үрдістерді автоматтандыру дамуының тарихи кезеңдері

Автоматтандыру техникасының дамуы XVIII ғасырда басталды. 1765 жылы И.И. Ползунов әлемдегі ең бірінші бу қазанындағы су деңгейін автоматты реттелгішті жасап, дайындады. 20 жылдан кейін ағылшын Д. Уатт бу машинасы үшін айналу жылдамдығын ортадан тепкіш реттегіш дайындады. Автоматты реттелгіш және басқару идеялары Д.Максвелл, И.А.Вишнеградский, Н.В.Жуковский, И.Д.Чебышев еңбектерінде дамыды.

Тұрақтылық теориясының негіздері академик А.М.Ляпуновпен (1892 жылы) жетілдірілді.

Қазіргі оқымыстылар В.С.Кулябякин, С.Г.Герасимов, А.В.Михайлов, В.В.Солодолников, Я.З.Цыпкин, В.Л.Лошевский, М.А.Айзерман және т.б. өз еңбектерінде автоматты реттеу және басқару сұрақтарын дамытты.

Соңғы онжылдықта автоматтандыру жылдам дамуда. Осы уақыт аралығында өндіріс үрдістерін автоматты басқару теориясы мен тәжірибесі ғылым мен техниканың жеке облысына айналды.

Өндіріс үрдістерін автоматтандыру үш негізгі кезені бар, автоматтандыру деңгейін анықтайды.

1. Өндіріс ңиклының жеке технологиялық үрдістерін автоматтандыру.
2. Өндіріс ңиклының жек үрдістерін комплексті механикаландыру және автоматтандыру.
3. Жек өндірісті автоматтандырудан ңех пен технологиялық желіні комплексті автоматтандыруға өту.

Бірінші кезеңде көбінде өлшемі үлкен, шкаламен реттелетін, жақсы көрінетін құралдар қолданылды.

Автоматтандырудың екінші кезеңінде бақылау мен басқаруды орталықтандырумен жүргізілді, бір қалқанда орналасады. Мұндай жағдайда ірі өлшемді аппаратура қолдану қалқан өлшемінің ұлғаюына, бөлменің қымбаттауына әкеледі. Бұдан операторға қиын болады, ал кейбір жағдайларда басқару үрдісін бақылау мүмкін болмай қалады. Автоматтандырудың бұл кезеңінде қалқанды құралдар көлемін кішірейтуге қажеттілік пайда болды, бұл құнын төмендетеді.

Үшінші кезең үшін шектеулі масштабта жеке ңех пен технологиялық желіден комплексті автоматтандыруға өтуі сипатты, мұнда негізінен басқаруды орталықтандыру байқалады. Қалқанды құралдар өлшемін кішірейту қажеттілігі арта түсті.

Өндірістік үрдістерді автоматтандыруда мына міндеттерді шешу керек.

1. Техникалық.
2. Әлуметтік-саяси.
3. Экономикалық.

ТМД елдерінде машина құрылысының кенет комплексті механикаландыру іске асырылды, ол қолмен атқарылатын тиеу-түсіру жұмыстарын жоюға, өндірістік операциялардың негізгі және қосалқы түрлерін орындағанда ауыр еңбекті болдырмауға алып келуі тиіс.

1.2 Автоматты басқару мақсаттарын топтастыру

Басқару жүйесі (БЖ) белгілі бір мақсаттарға жету үшін құрылған. Берілген мақсатқа жету үшін белгілі бір объектіні басқару заңымен анықтау керек. *Автоматты басқару теориясы*- объекттер заңдарын анықтау әдістері туралы ғылым, олар автоматика құралдарымен іске асыруды шығарады. Автоматты басқарудың әртүрлілігі өзін *автоматты реттегіш* ретінде көрсетеді, яғни белгілі бір шаманы қалыпты ұстау, оларды автоматика құралдарымен шығаруға жіберу. Автоматты реттеу, яғни қандай да бір шаманы қалыпта ұстау, үрдіс сипаттамасы, немесе олардың белгілі бір заңмен өзгеретінін атоматты басқарудың әртүрлілігінен көруге болады. Бұны жасау үшін, приборлар керек, орындаушы қондырғылардың сигналына бұл приборлар синал беру керек, өз кезегінде басқару объектісіне әсер етеді.

Автоматты реттеу теориясы, автоматты басқару теориясынан бұрын болған, автоматты басқарудың басты мақсатын шешу- басқару заңының

таңдауы, мақсатына жетуді кепілдеуші, ереже бойынша, есепті шешуі келесі жолдарда шықты. Бас құрастырғыш белгілі бір қимылдың түрін ерте еркінше шешімімен белгіледі, содан кейін бұл қимылға сәйкес басқару да тандалды.

Қандайда бір басқару объектісін суреттеу кезінде (ұшақ не кеме, химиялық немесе атомдық реактор, электрлік не отын пеші және тағы сол сияқты) $x(t)$ вектордың n -і, объект 1 мезеттік координаттары сипаттамасынын береді де біз фазалық траекториясынын аламыз. Объектіні басқару қалпын уақытша қалай өзгертін және вектордың $x(t)$ «соңын» суреттейді.

Вектордың $x(t)$ жүйенің фазалық қалпын суреттейді деп көптеген сөздер айтылды. Өлшейтін приборларды қимылға дайындауға көптеген жиынтықтар бар, бұл нақтылы емес бекіту. Автоматты жүйелер үшін «автопилот» бұл шамалар көбінесе есептелген, реакцияға заттар массалары, күш түсіру, температуралар, химиялық реакторға осы шамалар қатысады.

АБЖ-да қабылданған терминологиясында мынадай жағдайлар болып, берілген шаманы басқару объектісімен *бақыладық*. Бұл ескертпелердегі мысалдардың жақсы сипаттайтын маңыздылығы - ұшақ қозғалысын басқару. Сонымен он жылдың аумағына қарамастан авиацияның болғанымен ұшақ қанаттарының бұрышын қайырылуын және оның жерден биіктігін өлшеу XX ғасыр соңында болған жоқ. Қандай да бір шама жайлы ақпаратты басқару жүйе білмесе, онда ол қалыпты басқара алмайтыны анық.

Автоматты басқару жүйесінің *автоматтандырылған* басқару жүйеден негізгі айырмашылығы, яғни жүйелердегі даму адамдармен басқарылатын жүйе ретінде болатындығында. Тәжірбие, интуиция, формальды емес ойлау қабілетті шешім қабылдауға мүмкіндік береді, яғни объекті басқару үшін немесе басқару мақсатының өзі туралы көп білмесе де басқарады. Басқару объектісінің параметрлерін бақылауда ауысуды *басқарылатын (шығатын)* $Y(t)$ векторымен белгілейді. Егер жүйеде объект қалпын барлық координаталармен басқарылу болса, онда $X(t)$ және $Y(t)$ векторлары сәйкес келеді. Жалпы жағдайларда вектор $Y(t)$ m -өлшемі болады, бірақ $m < n$.

Фазалық кеңістік терминдерінде басқару мақсаттарының түсінігі оңай құрылады. Бұл онда $X_n = X(t_n)$ – бастапқы, ал $X_k = X(t_k)$ – соңғы қалпын белгілейміз.

X_k қалпын *басқару мақсаты* деп аталады. Болашақта, шатыспау үшін, $t_n = 0$, ал $t_k = T$, яғни $X_n = X(0)$, ал $X_k = X(T)$ деп санаймыз (уақыт санауының бастамасы туынды кейіпті таңдауы мүмкін). Фазалық кеңістік тіліндегі басқы конструктордың еркімен $X(0)$ нүктесі мен $X(T)$ нүктесін қандай да бір траекторияда қосып, одан кейін басқарудың (заңын) амалдарын қарастыра алады.

Басқарудың қарапайым объекттері фазалық кеңістікте вектордың дифференциальды теңдеу түрінде сипатталады:

$$\dot{X} = F(X, U, t), \quad (1.2.1)$$

мұнда $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – объект қалпының векторы;

$U=(U_1, U_2, \dots, U_r)$ – таңдауға болатын басқару векторы (1.2.1), практикалық есептерде бұл теңдеуге төмендегідей түрдегі теңсіздік қосылады:

$$N(X, U, t) \geq 0. \quad (1.2.2)$$

Бұл теңсіздіктің мәні мынада, басқарылатын объект физикалық сипаттамасы шаманың әсерін басқаратын, сонымен қатар басқару уақыты шектелген және үлкен шаманы мүмкіндігінен асыра қабылдай алмайды. Мысалға, атомдық реактор 1 секунд ішінде немесе секунд жартысында атомдық бомбаға айналуы мүмкін, яғни басқару үрдісі сол уақыт ішінде басқарылу керек, яғни, қимылды басқарудағы уақыттың аралығы көрсетілуі керек.

Автоматты реттеу теориясында бұл аралық өте үлкен. Ұшақтың ұшу уақыты оның берілген траекториясынан ауытқуы көп уақыт алады (сызықты АБЖ қарастырғанда, бұл тереңірек тисіндіріледі). Автоматты құрастырғанда, ұшақтың биіктік шегін есептеп, оның максимальды жылдамдығын типтің (дыбыссыздық, дыбыстан тыс), фазалық координаттарының өзгеруінің шектелуіне әкеліп соғады:

$$X \in G_X \quad \forall t, \quad (1.2.3)$$

мұнда G_X – туынды түрінің кейбіреулері, « \in » белгісі құрамында деген мағынаны білдіреді. \forall («барлығына»), белгісі жалпылық кванторы аталатын уақыттың барлық мезетінде орындалатын шарт.

Басқару векторы $U(t)$ компоненттерінің шамасын орналастыруында қандай да бір функция класына қарайтындығын талап етуге шектелген. Мысалға, біз тек қана үздіксіз функция класынан немесе үздіксіздіктің бөлшегін басқаруды таңдай аламыз. Кез келген функцияны таңдай аламыз

$$U(t) \in G_U \quad \forall t, \quad (1.2.4)$$

мұнда G_U – көптеген басқарулардың сәйкестігі *басқару мүмкіндігі* деп аталады.

Теңдеумен (1.2.1) сипатталатын объектілер қатарымен бірге, АБЖ мына объектілер - әртүрлі теңдеудің түрімен сипатталады:

$$X_{k+1} = X_k + \tau F(X_k, U_k, t_k), \quad (1.2.5)$$

мұнда $\tau = t_{k+1} - t_k$, жалпы түрі:

$$X_{k+1} = F_k(X_k, U_k, t_k). \quad (1.2.6)$$

Басқару жүйесінде ЭЕМ қолданғанда, мұндай дискретті жүйе жиі кездеседі.

Математикалық зерттеулерге қиынға соғатын *параметрлерді бөлу* деп аталатын басқару объектілері бірқатар параметрлері бір нүктеге шоғырланады деп санауға болмайды (ұшатын аппараттың салмағы). Математикалық заңдардың жазбасына бағынып, бөлшекті туындыларды басқару жүйеге әкеледі. *Ауыспалы құрылымдық объект және кешігу жүйесін* сипаттағанда өте күрделі математикалық аппаратты АБЖ қолданады, жүйенің қалпын берілген уақыт мезетінде басқару объектісінің анықтайды.

Бұл курста басқару объектісінің негізі қарастырылады. (1.2.1) және басқаруға қарайтын кейбір объектілер де жатады (1.2.5).

1.3 Автоматты басқару жүйенің динамикалық және статикалық звеносы

Автоматты басқару жүйесі бөлек элементтерден тұрады (электроқозғалтқыштар, күшейткіштер, өлшегіш құралдар және сол сияқты). Тұйықталған автоматты жүйе элементтің әрқайсысы басқа элементпен қосылуы сондай, оның шығу шамасы жүйенің басқа элементінің кіру шамасы болып табылады. Элементтің шығу шамасы өзінің кіру шамасынан физикалық табиғатымен, сонымен қатар уақыт сипатымен өзгеруіне байланысты тараланады. Мысалға, термодардың кіру шамасы температура болса, шығу шамасы- қуат (ЭҚҚ термодарлар).

Автоматты жүйенің бөлек элементтерінің әсері бір – біріне жиі біржақты болады, яғни бұрынғы элемент кері әсеріне қарамастан келесі элементпен әсерлеседі. Мысалға, электрлік термометр термодарының шығу қуаты температураға тәуелді болса, ал, соңғысы термодардың электроқозғалтқыш күшіне тәуелді болмайды. Элементтің бұл ерекшелігі *бірбағыттал* деп аталса, ал оған сәйкес элемент *қимылға бағытталған элемент* деп аталады.

АБЖ функционалды кестесін құрғанда жүйе элементтер өздеріне бөлінген функцияларды орындауына байланысты бөліну керек (сезімтал элементі, салыстыру элементі, орындаушы элемент және сол сияқты).

Басқару жүйесінің математикалық сипаттамасын алу үшін оны бағытталған қимылдарына байланысты (*звенья*) олардың математикалық сипаттамасын салыстыру жүзінде алуға бөлшектейді.

Жүйенің кейбір кіру шамасын шығуға айналдыратын бір бөлшегін *звено* деп атаймыз. Жүйені звеноларға бөлу жүйенің функционалды элементтеріне сәйкес келмеуі мүмкіндігін айта кету керек. Звено - бұл автоматика элементінің бір бөлшегі немесе осы сияқты бірнеше элементтерден тұратын қайта жасау белгілеріне бөлінген бағыттағы қимылдар.

Автоматика элементінен қарағанда звено конструкторлы немесе кестелі құрылуға міндетті емес (мысалға, электрқозғалтқыштың зәкірлі орамы күшейткіштен бөлек каскады). Кейбір жағдайларда элементтарлы звенолар жүйеден алынып тасталынбайды, тек қана автоматты басқару жүйесінің кейбір шамаларының арасындағы математикалық тәуелділікті сипаттайды.

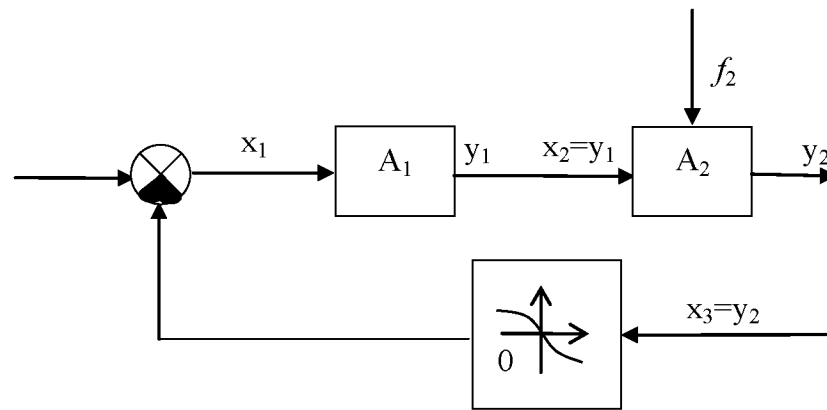
Егер жүйенің бағытталған қимылдағы звеноларға бөліп тастаса, онда әр звеноның математикалық сипаттамасы оның жүйедегі басқа звенолармен байланысын санаққа алмай орындауы мүмкін. Бұнымен қоймай бүкіл жүйенің математикалық сипаттамасы бір-біріне тәуелсіз құрылған жүйедегі звено тендеулері және звено арасындағы тендеулер байланысының совокупность болуы мүмкін. *Байланыс теңдеулері* деп жүйедегі звенолардың арасындағы әсерді беруші сипаттамасын көрсететін тендеулерді атайды.

АБЖ-ны бағытталған қимылдағы звеноларға бөлгеннен және звенолардың математикалық сипаттамасы берілгеннен кейін структуралық кестесі құрылады. Автоматты басқару жүйесінің *структуралық кестесі* деп, жүйенің қандай звенолардан тұратынын және бұл звенолар қалай байланысқанын көрсететін кестені атайды. Звено структуралық кестеде тікбұрышты болып суреттелсе, ал звенолар арасындағы байланыс пен сыртқы әсерлер стрелкалармен көрсетіледі. Структуралық кестедегі әр звеноларға оның теңдеуі немесе сипаттамасы беріледі.

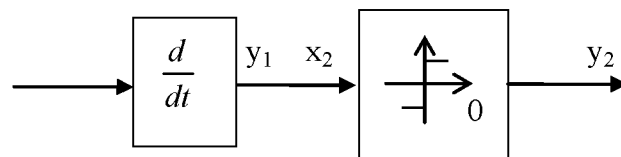
1.1 суретте екі структуралық кестелер көрсетілген. 1.1, *а* суретінде үш звенодан тұратын АБЖ кестесі көрсетілген. y_1 бірінші звеносының шығу шамасы мен оның x_1 кіру шамасы A_1 , өрнегімен берілсе, y_2 және x_2 тәуелділігі A_2 өрнегімен берілген. Үшінші звено үшін y_3 және x_3 арасындағы сызықтық емес тәуелділік график ретінде берілген. Екінші звенодағы сыртқы әсер f_2 стрелкасымен көрсетілген. Суммирующее звено-салыстыру элементі домалақ сектормен келісімді белгіленген. Оның шығу шамасы бірінші звеноның кіруі болып табылып, $x_1 = u - y_3$ әртүрлілікке тең болады. Оқылатын сигналдарға қараланған сектор сәйкес келеді. 1.1, *б* суретінде екі звенодан - дифференциалдандыратын және релейліктен тұратын жүйенің бөлшегі суреттелген.

Звеноның статикалық сипаттамасы $f(t) = f$ тұрақталған режимдегі әртүрлі қалыпты сыртқы әсер мәніндегі x шығу және y кіру шамасы болып табылады.

Электрлі қозғалтқыштың қалыпты тогының тәуелсіз қарсылығын мысалға алайық. (1.2, *а* сурет). Бұл жерде i_a ток зәкірінің кіру шамасы, ал шығу шамасы – ω бұрыштық жылдамдық, сыртқы әсер - M_n валының жүктеу мезеті және u_n тәуелсіз қарсылықтың қуатының қоректенуі (1.2, *б* сурет).

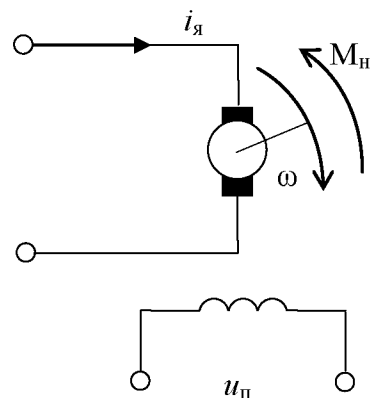


а

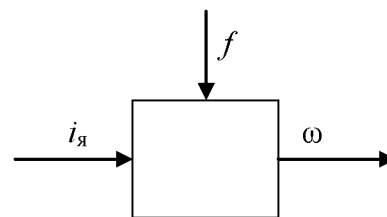


б

1.1 сурет



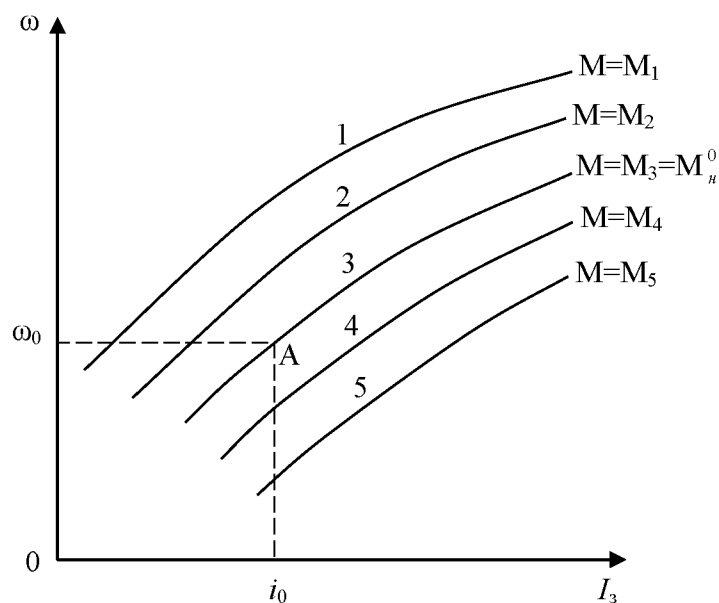
а



б

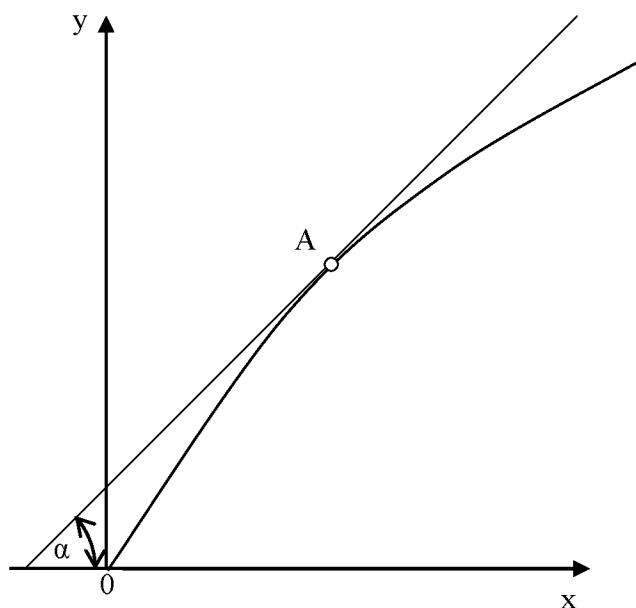
1.2 сурет

Қозғалтқыш жұмыстары режимдерінің көбінің бірі (M_H және u_H қалыпты шамасы), ереже бойынша қозғалтқыштың жұмысы есептелетінді *номинальды* деп аталады. u_H^0 және M_H^0 мәндерінде $f = 0$ деп есептейміз. M_H және u_H шамасын номинальдардан алу басқару жүйесінің жұмысынан тәуелсіз болуы мүмкіндігі $f(t)$ сыртқы әсерді көрсетеді.

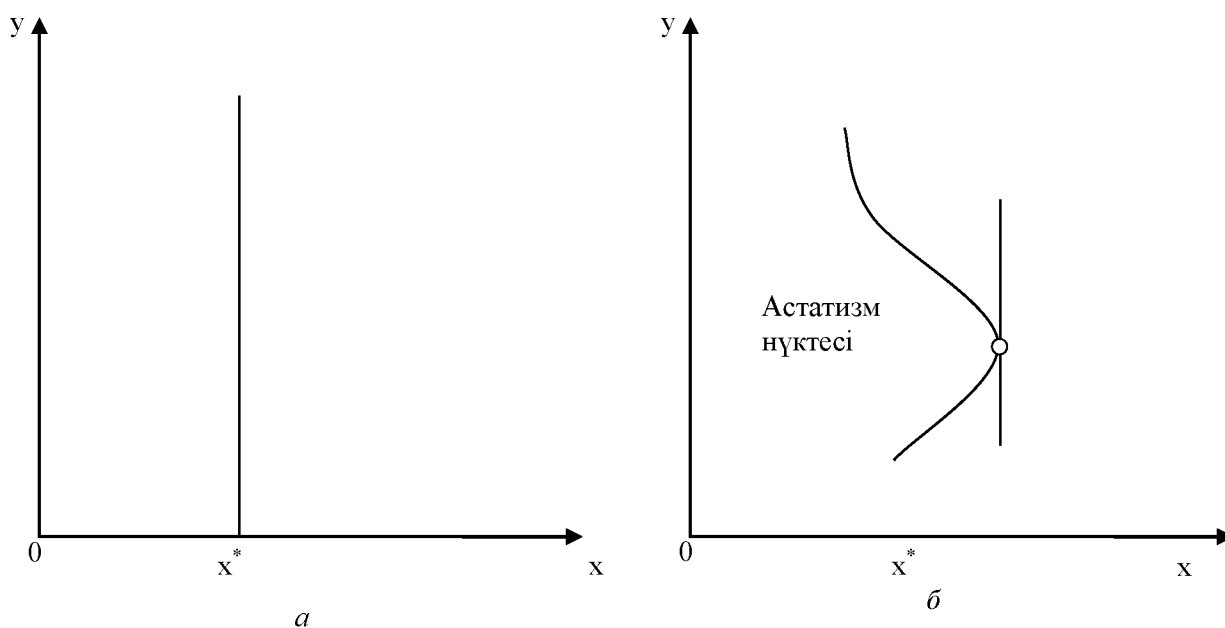


1.3 сурет

$f = 0$ -дегі $\omega = \omega(i_3)$ звеносының, яғни $M_n = M_H^0$ и $u_n = u_n^0$ (1.3 суреттегі 3 сызық) статикалық сипаттамасын құрайық. Оны электрлік машина теориясы негізіне сүйене отырып есептеп немесе экспериментті түрде құрауға болады. A нүктесі ω_0 бұрыштық жылдамдығының номинальды мәніне және i_0 ток зәкірінің номинальды мәніне сәйкес келеді. Валға түскен жүктеменің өскен кезде ($M_n < M_H^0$) статистикалық сипаттама төменде орналасады (1.3 суреттегі 4 және 5 қисықтықтар), ал жүктеменің азайған кезінде $\omega(i_3)$ қисықтық жоғары жақтан өтеді (1.3 суреттегі 1 және 2 қисықтықтар).



1.4 сурет



1.5 сурет

Жалпы тұрақталған y шығу шамасы мәнінің тұрақталған x кіру шамасына тәуелділігі сызықтық емес болып табылады (1.3 сурет). Бұрыштық коэффициент k_0 қандайда бір A нүктесіне статистикалық сипаттаманы тиісті қылып жасайтынды күшейту коэффициенті: $k_0 = dy/dx$. 1.4 суретте $k = r \operatorname{tg} \alpha$, мұнда r - коэффициент, x және y осьтарына берілген масштабына тәуелді. k_0 мәні звеноның статизм өлшемі ретінде қызмет етеді.

Егер $k_0 = \infty$ болса, звено астатикалық деп аталады. Астатикалық звено кейбір $x = x^*$ кіру шамасы мәні қандай бір y шығу шамасы мәнінде тепе-теңдікте тұрады (1.5, а сурет). Статикалық сипаттама нүктесі тиістілік тігінен ($k = \infty$) болса, онда ол астатизм нүктесі деп аталады (1.5, б сурет).

Звенолардың динамикалық сипаттамасы. Звеноның (жүйе) статикалық сипаттамасы звеноның (жүйе) тұрақталған режимдегі жүрісін суреттейді. Егер қандайда бір қалыптағы звеноға (жүйеге) кейбір кері әрекет әсері болса, онда ол басқа бір қалыпқа көше бастайды. Жүйе немесе звеноның бір қалыптан басқа бір қалыпқа ауысуын звеноның динамикалық сипаттамасы анықтайды (жылдамдық теңдеуімен). Звено жылдамдығының теңдеуі - бұл теңдеу (дифференциальды) звеноның шығу шамасы уақытының берілген кіру шамасының уақытынан өзгерісін анықтайды.

Звенолардың дифференциальды теңдеуі әртүрлі болуы мүмкін. Нақтыланған параметрі бар звенолардың жалпы теңдеуінің түрі мынадай

$$F(y^{(n)}, y^{(n-1)}, \dots, y^{(1)}, y, x^{(m-1)}, \dots, x^{(1)}, x, \dots, f^{(q)}, \dots, f^{(1)}, f) = 0. \quad (1.2.1)$$

Мұнда m, n, q - натурал сандар, x кіру шамасы, y шығу шамасы және f сыртқы әсерінен болған туындылардың жоғарғы ретін көрсетеді. Практикада көп жағдайларда $m < n$ және $q < n$. n саны дифференциальды теңдеулердің

реттігі деп аталады. Дифференциальды теңдеудің n саны *реттік* деп аталады (1.2.1). $n=1$ болғанда дифференциальды теңдеуде 1- реттік болады:

$$F(y^{(1)}, y, x, f) = 0, \quad (1.2.2)$$

$n=2$ - 2-ші реттік болады:

$$F(y^{(2)}, y^{(1)}, y, x^{(1)}, x, f^{(1)}, f) = 0. \quad (1.2.3)$$

Звеноның статикалық сипатын (1.2.1) теңдеуінен барлық туындылардың уақытын нөлге теңдеп алуға болады:

$$F(0, 0, \dots, 0, y, 0, \dots, 0, x, 0, 0, \dots, f) = 0. \quad (1.2.4)$$

Теңдеуден звеноның статикалық сипаттамасының анық емес түрін айқындайды.

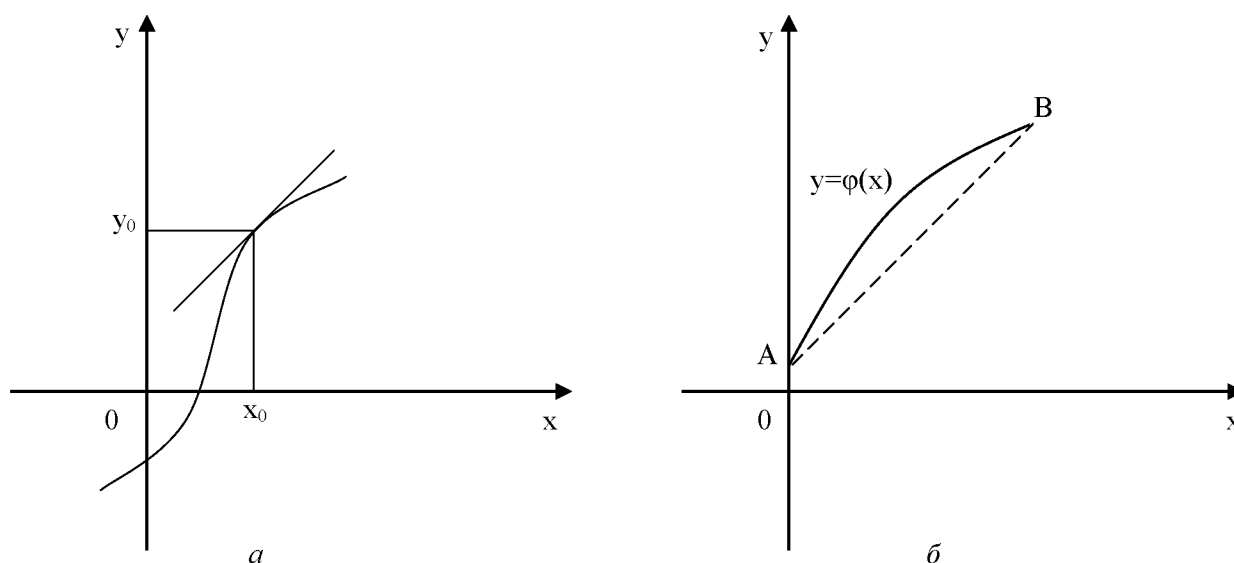
Егер динамикалық звено сызықтық дифференциальды теңдеуді суреттесе, онда оны *сызықты* деп атаймыз, ал, егер дифференциальды теңдеу сызықты емес болса, онда *сызықты емес* деп аталады. Сызықты звенолардың ерекшеліктері, бұл звено реакциясы сызықты комбинацияға әсері - сол звено реакциясының сызықты комбинацияға әрқайсысына бөлек-бөлек әсер етуіне тең. Сызықты звеноның бұл қасиеті *суперпозиция принципіне* жатады.

Барлық жағдайларда сызықты емес дифференциальды теңдеуін шешуге байланысты – есеп сызықты дифференциальды теңдеудің шешіміне қарағанда анағұрлым қиынырақ болғандықтан, зерттеуді оңайлату үшін, егер бұл мүмкін болса сызықты дифференциальды теңдеуді өзіне жуықтау сызықтыққа ауыстыру қажет, оның шешімі бастапқы сызықты емес жүйенің ерекшелігін жеткілікті деңгейде дәлдікпен суреттейді. Сызықты емес дифференциальды теңдеуді сызықтыға алмастыру үрдісін *линеаризация* деп атайды.

Егер звеноның дифференциальды теңдеуі оның сызықты емес статикалық сипаттамасы үшін сызықтық емес болса, онда теңдеудің линеаризациясын сызықты емес статикалық сипаттамасын $y=\varphi(x)$ сызықты функциямен $y=ax+b$ ауыстыру қажет. Линеаризация Тейлор функциясы $y=\varphi(x)$ қатарын жіктеу көмегімен статикалық сипаттамасының кейбір нүкте (x_0, y_0) маңайында және деңгейден жоғары Δy ауытқушылықты ұстайтын барлық мүшелерді алып тастайды. Бұл қисықтық $y=\varphi(x)$ жанама x_0, y_0 нүктесінің алмасқанын білдіреді (1.6, *a* сурет). Ал, басқа жағдайларда линеаризация қима сызықтар жолымен өткізу жүзеге асырылады. (1.6, *б* суретте *AB* сызығы). Звеноның сызықты емес статикалық сипаттамасы керекті диапазондағы шығу шамасының линеаризацияланғанда осы кейіппен жүзеге асқанды *дерексіз сипаттамалы сызықты емес* деп атайды.

Автоматика жүйесінде сипаттамалары мұндай линеаризацияға бейімделмейтін звенолар жиі кездеседі, әсіресе бұған тұрақталған қалпына сәйкестенген сипаттамасын нүкте маңайындағы Тейлор қатарына жайып

қоюға келмейтін звенолар жатады. Мұндай сипаттамаларды *линеаризациялы емес* немесе *дерексіз қисық* деп атайды.



1.6 сурет

Деректі қисық элементтер (звенолар) автоматты басқару жүйесін қисық қылатын 2 топқа бөлінуі мүмкін:

а) қисық бір мағыналық сипаттамалары бар элементтер (бір мағыналық қисық элементтер);

б) сызықты көп мағыналық сипаттамалары бар элементтер (көп мағыналы сызықты элементтер).

Бір мағыналы сызықты емес элемент деп статикалық сипаттама шығу белгісінің шамасы бір мағыналы кіру белгісінің шамасымен анықталады.

1.7. суретте көбінесе кездесетін бір мағыналы сызықты емес элементтер типі келтірілген.

1.7, а, суретте көрсетілген элементті *сезімсіздік аймақтағы бір мағыналы сызықты емес элементі* деп аталады. Бұл былай сипатталады:

$$\varphi_{\text{шығу}} = \begin{cases} k(a - x_{\text{КІРУ}}) & x_{\text{КІРУ}} \leq -a \text{ болғанда,} \\ 0 & |x_{\text{КІРУ}}| \leq a \text{ болғанда,} \\ k(x_{\text{КІРУ}} - a) & x_{\text{КІРУ}} \geq a \text{ болғанда,} \end{cases} \quad (1.2.5)$$

мұнда $k = \tan \varphi$.

1.7,б суретте *бір мағыналы сызықты емес элементпен* қамтылған.

Ол былай өрнектеледі:

$$y_{шығыу} = \begin{cases} -B & x_{КІРҮ} \leq -\frac{B}{k} \text{ болғанда ,} \\ kx_{шығыу} & x_{КІРҮ} \leq \frac{B}{k} \text{ болғанда ,} \\ B & x_{КІРҮ} \geq \frac{B}{k} \text{ болғанда ,} \end{cases} \quad (1.2.6)$$

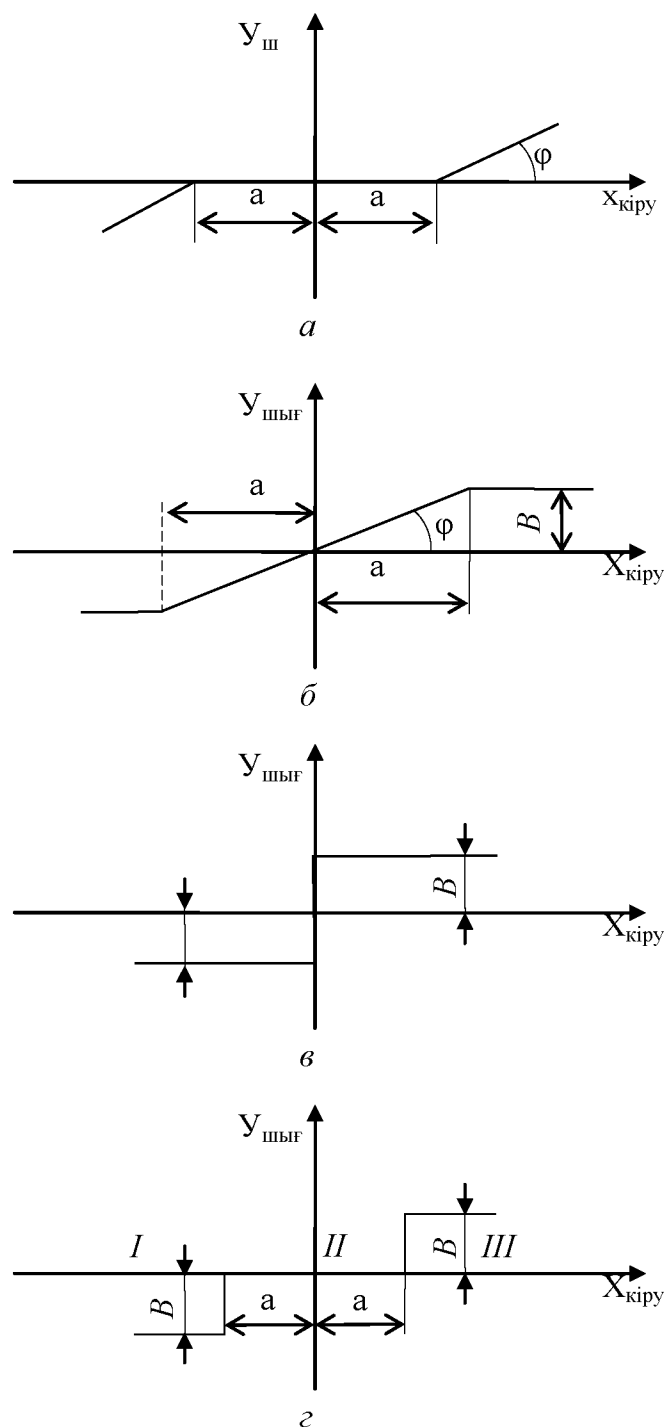
мұнда $k = \operatorname{tg} \varphi$.

1.7, в суретте *идеальды релейлік элемент* көрсетілген. Оның математикалық сипаты:

$$y_{шығыу} = \begin{cases} -B & x_{КІРҮ} < 0 \text{ болғанды ,} \\ B & x_{КІРҮ} > 0 \text{ болғанда} \end{cases} . \quad (1.2.7)$$

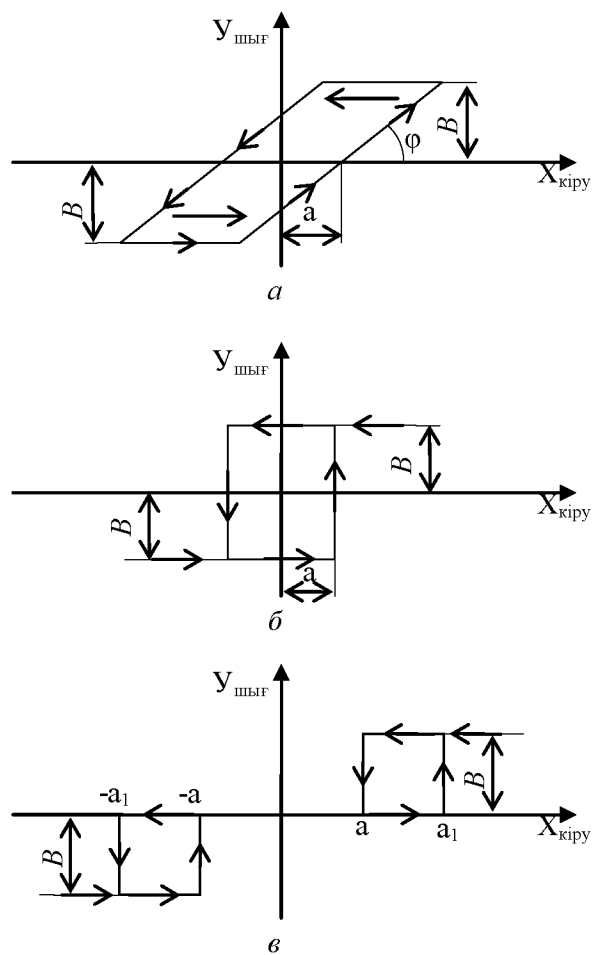
1.7, г суреттен *сезімсіздік аймақтағы* релейлік элементті көрсетеді. Оның математикалық сипаты:

$$y_{шығыу} = \begin{cases} -B & x_{КІРҮ} \leq -a \text{ болғанда ,} \\ 0 & |x_{КІРҮ}| \leq a \text{ болғанда ,} \\ B & x_{КІРҮ} \geq a \text{ болғанда ,} \end{cases} \quad (1.2.8)$$

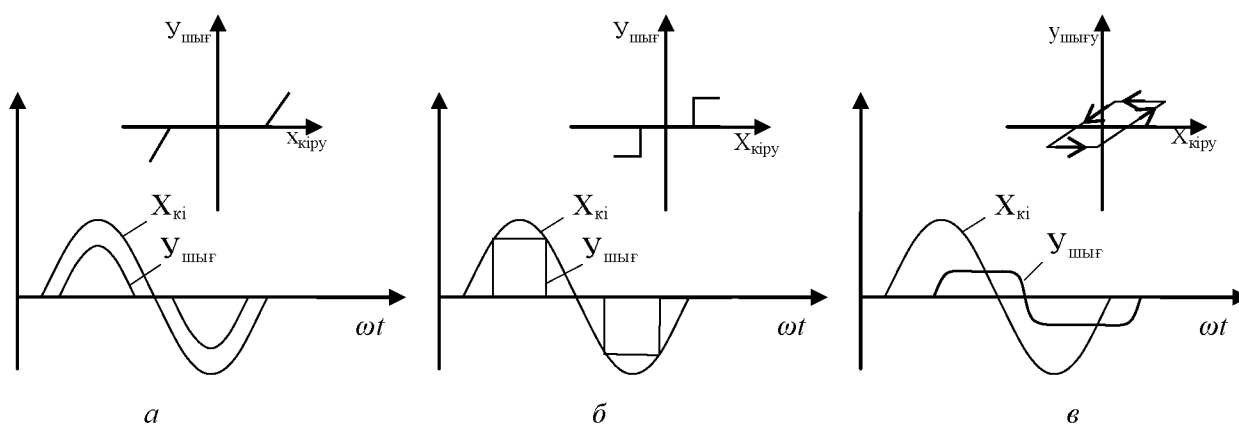


1.7 сурет

Көпмағыналы сызықты емес элемент деп кіру мен шығу белгілері бұрынғыға тәуелді, яғни кіру белгісінің (үлкею мен кішірею) өзгеруіне байланысты мынадай статикалық сипаттамалы элементті айтады. Осы әлпеттес көп мағыналы элементтер деп гистерезиске ие элементтерді айтады. 1.8 суретте осындай үш элемент көрсетілген. 1.9 суретте бір мағыналы сызықты емес элементтің идеальды релейлі элемент (*б*), гистерезисті элемент (*в*) және сезімсіз аймақтар (*а*) арқылы кіру сигналының үйлесімді өтуі көрсетілген.



1.8 сурет



1.9 сурет

Нағыз сызқты емес звено сипаттамасын тұрақты көлбеу бұрышты түзу сызықпен ауыстыру звенодағы болатын үрдістерді маңызды қателіктерге әкелуі мүмкін.

1.4 Басқару объектісі үлгісінің теңестіру сұрақтары

Нақты бір объектінің (жүйенің) математикалық үлгісін құрау үшін *теңестіру* әдістері қолданылады. *Теңестіру* міндеті жалпы былай құралады: өзгермелі объектілердің (жүйелер) кіру мен шығу нәтижесіне байланысты олардың үлгісін жасау, яғни объектінің (жүйелер) сипаттамасының құрылысы қажет.

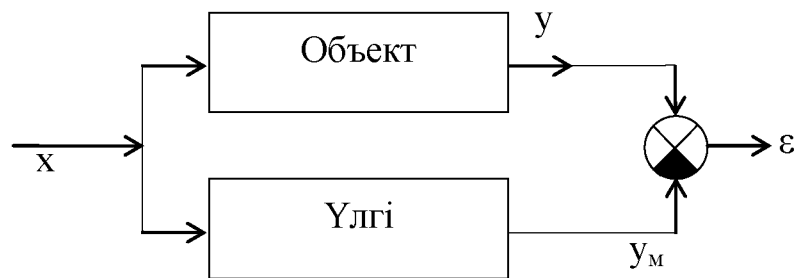
Бақылаудың алдындағы алынған (априорлы ақпарат) ақпараттар сипаттамасының нәтижесіне қарап, теңестіру мәселелерін шағын және тереңірек мағынада анықтайды.

Шағын мағынадағы теңестірудің міндеттері жүйедегі объектінің функцияландыру шартынан пайда болған өзгермелінің кіруі мен шығуын бақылағанның нәтижесінің қалпы. Сонымен қатар осы объектінің үлгісі қарайтын үлгінің құрылысы мен класы берілгендігі мәлім. Осы сияқты, объект жайлы априорлы ақпараттар көп.

Терең мағынадағы теңестіру – бұл теңестіру шағын мағынада мәселесін шешуде объект жайлы (жүйе) априорлы ақпараттар жеткіліксіз болғандағы шарттарда пайда болатын объект үлгісі. Мұндайда арнайы тапсырмалар қатарын толығымен шешу қажет (шағын мағынадағы теңестіру жағдайымен салыстыра отыра). Жалпы алғанда келесі тапсырмаларды шешу керек: жүйенің құрылысын және үлгінің класын таңдау керек (сызықты, сызықты емес және т.б.), істегі өзгермеліні, жүйенің сызықтылығын және стационарлы деңгейін анықтау, шығу өзгермелінінің кіруге әсерін бағалау, бақылынатын басқарылатын өзгермеліні таңдау және т.с.с.. Терең мағынадағы теңестіру тапсырмасын шешу өте күрделі және маңызды еңбекті қажет етеді.

Теңестірудің мәселесін шешуінің негізгісінің бірі – сұлбалық бағалау мәселесі мынадай түрде сипатталады. Объект пен үлгіге бір ғана кіру сигналы әсер етеді. Үлгінің шығу сигналы мен объектінің кедергісімен шығу сигналы салыстырылады. Кейбір объектінің параметр шамасын анықтау керек (мысалға, қалыпты уақытты және күшейткіш коэффициентін). Бұл тапсырманы шешу үшін үлгі параметрін таңдап, үлгі мен объектінің шығу сигналдарының әртүрлілігін минимумға дейін азайтуға жетелейді (1.10 сурет).

Ең жақсыны таңдау критерийі сапасында, яғни, үлгінің тиімді параметрлер, қателіктің өзін емес, оның функциясының кейбірін ғана пайдаланады. Мұндай қателік функциясын *шығын функциясы (тәуекел функциясы)*, ал оның мағынасын *шығындар (тәуекел)* деп атайды. Жалпы шығын функциясы объект пен үлгінің шығу сигналының функциясы болады немесе математикалық үміттің бағалау параметрлері болады.



1.10 сурет

Критерийлердің жиі қолданылатын қателіктер функционалы болып табылады:

$$E(y, y_m) = \int_0^T \varepsilon^2(t) dt, \quad (1.4.1)$$

мұнда y – объектінің шығу шамасы;

y_m – үлгінің шығу шамасы;

ε – қателік. Бұл критерий бойынша *квадрат, ең аз әдістерді бағалау* деп аталады. (1.4.1) қолданатын қателіктер әртүрлі болуы мүмкін. Көбінесе қолданылатын жай қателіктер, яғни

$$\varepsilon = y - y_m = y - M(x), \quad (1.4.2)$$

мұнда $M(x)$ – кіруге x сигналы берілген үлгінің шығу сигналы.

Теңестірудің түйінін аз квадрат әдістерін жай мысалды қарастырайық. 1.1 табиғада көрсетілген тәжірибие үрдісінен алынған x кіру шамасының y шығу шамасынан тәуелділігін өлшеу нәтижесі делік. Болжамды x және y аралығындағы эмпирикалық тәуелділік мына формуламен сипатталады:

$$y = \varphi(x). \quad (1.4.3)$$

Әртүрлілігі

$$\varphi(x_k) - y_k = v_k \quad (k=1, 2, \dots, n). \quad (1.4.4)$$

1.1 кесте – эксперимента нәтижесі

x_1	x_2	\dots	x_k	\dots	x_n
y_1	y_2	\dots	y_k	\dots	y_n

Жалтару деп аталады, яғни y -тің x -ке нақты алмастырылуынан алынатын, 1.1 кестедегі кейбір $y = \varphi(x)$ эмпирикалық формуласы анықталған.

Теңестіру міндеті параметрлерінің жалтару шамасы кішкене ғана болатын $\varphi(x)$ функция параметрін табу. Ең кіші квадрат әдісін пайдалану кезінде, ауытқу квадратының ең кіші сомасын қамтамасыздандырады:

$$\sum_k v_k^2 = v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2. \quad (1.4.5)$$

1.11 суретте ең кіші квадраттың графикалық интерпритация әдісі көрсетілген. Координатты торда («миллиметровка») тәжірибеден алынған x_k, y_k ($i=1, 2, \dots, n$), нүктелер келтірілген. Қисықтық $y=\varphi(x)$ бұл нүктелерге $\sum v^2$ шамасы кіші болу үшін таңдап алу куерек. Егер $\varphi(x)$ функциясының түрі мынадай деп алсақ:

$$\varphi(x) = a_0 x^m + a_1 x^{m-1} + \dots + a_m, \quad a_0 \neq 0. \quad (1.4.6)$$

Теңестіру міндетін ең кіші квадрат әдісімен шешу мыналардан тұрады: a_0, a_1, \dots, a_m полинома коэффициенттерін (1.4.6) $\sum v_k^2$ шамасы берілген m минимумға жету үшін таңдау қажет.

$\sum v_k^2$ шамасы a_0, a_1, \dots, a_m ауыспалы функциялы болып табылып, әрқашанда минимумы болады. Егер $m \gg n$ болса, онда полиномның шексіз көптігі (1.4.6.) $\sum v^2 = 0$ қамтамасыз етеді. Біз $m = n-1$ жағдайын $\sum v^2 = 0$ теңдігі жалғыз полиномамен қамтамасыз ететуін қарастырумен шектелеміз. Осы шартта Для $m = n-1$ полином коэффициентінің мәні $\sum v^2 \geq 0$ шамасы болады. Біздің мақсатымыз (1.4.6) полинома коэффициенттерін $\sum v^2$ шамасы кішкентайда болу керектігі үшін таңдауымыз керек.

Неғұрлым m кішірек болса, соғұрлым эмпирикалық формула оңайырақ болады, бірақ полиномның (1.4.6) азаю деңгейі $\sum v^2$ минимумының әкелуіне соғады.

Алдымен сызықты жақындаумен шектелу жағдайын қарастырайық. 1.1. кестеде көрсетілген өлшеу нәтижелері делік. (1.4.6) сәйкесінше

$$\varphi(x) = a_0 x + a_1, \quad (1.4.7)$$

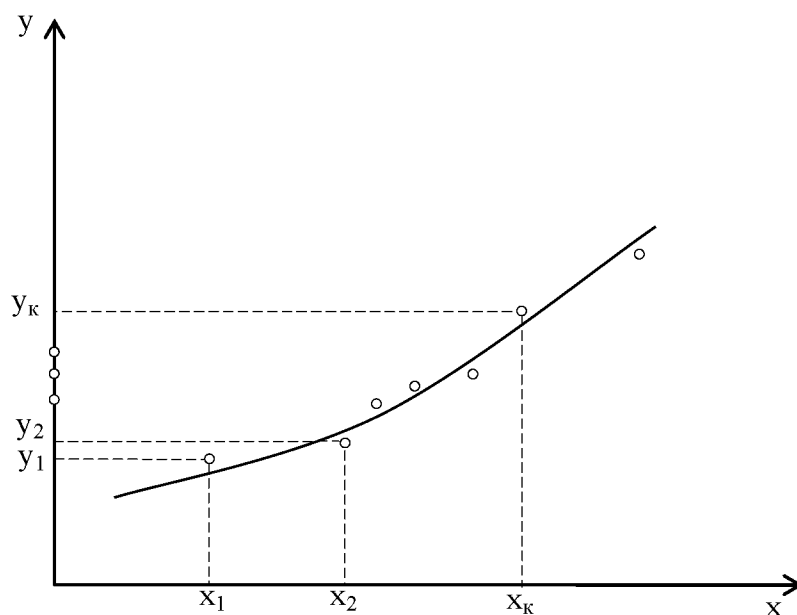
және жалтару мәнін аламыз:

$$v_1 = a_1 + a_0 x_1 - y_1, \quad v_2 = a_1 + a_0 x_2 - y_2, \dots, v_n = a_1 + a_0 x_n - y_n. \quad (1.4.8)$$

Онда

$$\sum v^2 = \sum_{k=1}^n (a_1 + a_0 x_k - y_k)^2 = F(a_0, a_1). \quad (1.4.9)$$

Сызықты жақындауда теңестіру мақсаты екі айнымалыны $F(a_0, a_1)$. $F(a_0, a_1)$ экстремум функциясын анықтауға келтіреді. Қандайда бір a_0, a_1 $F(a_0, a_1) \geq 0$ және сонымен $F(a_0, a_1)$ функциясының минимумы болады. Осындай есепті шешу әдісін 8 тарауда қарастырылған.



1.11 сурет

Қарастырылған жағдайда экстремумның қажетті шартын былай жазамыз:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial a_0} F(a_0, a_1) &= 2 \sum_{k=1}^n x_k (a_1 + a_0 x_k - y_k) = 0, \\ \frac{\partial}{\partial a_1} F(a_0, a_1) &= 2 \sum_{k=1}^n x_k (a_1 + a_0 x_k - y_k) = 0. \end{aligned} \quad (1.4.10)$$

2 және топтауға қысқартылғаннан кейін алатынымыз:

$$a_0 \sum_{k=1}^n x_k^2 + a_1 \sum_{k=1}^n x_k = \sum_{k=1}^n x_k y_k, \quad a_0 \sum_{k=1}^n x_k + a_1 \cdot n = \sum_{k=1}^n y_k. \quad (1.4.11)$$

(1.4.11) теңдігі *қалыпты* теңдеу деп аталады.

2 Автоматты басқару қағидалары және автоматты жүйе құралдары

Автоматты қондырғыларда адам мен өндірісті басқару функциясымен параллель өндірісті автоматтандыруды іске асырамыз. Мұнда автоматты қондырғы жұмысты жеңілдетіп, адамның ой еңбегін ішінара ауыстырады. Осыдан, автоматизация дегеніміз аппарат пен машина жұмысын өндірістік басқару бойынша адам еңбегін ауыстыру үрдісі. Сонымен қатар, механикалық міндетті шешу автоматтандыру құралдарын құрумен, ендірумен байланысты. Автоматизация дегеніміз тек техникалық проблема ғана емес. Экономикалық

міндетті шешуде өндіріс үрдістерін механикаландыру деңгейімен анықталады.

- механикалық және автоматтандыру құралдарын ендіру үшін үлкен салымдар;

- өнімнің өзіндік құны;

- жұмысшылар санын қысқарту пайызы.

Механикаландыру деңгейі түрлі әдістермен бағаланады:

$$Y_M = \frac{H_M}{H} * 100\% , \quad (2.1)$$

H_M – механикаландырылған операцияның еңбек сыйылымдығы;

H - технологиялық үрдістің жалпы еңбек сыйылымдығы;

Механикаландырылған және автоматтандырылған құралдарды ендіруге үлкен салымдар машина, құрал – жабдықтарға өз күшіндегі преysкуранттардың жіберу бағасымен немесе тасымалдау, сақтау және т.с.с. шығындарды ескере отырып механизм мен машина дайындаудың сұлбасы бойынша анықталады.

Өнімнің өзіндік құны өндірістік үрдістерді механикаландыру және автоматтандырудың жаңа техникасы вариантының тиімділігін бағалау үшін епестеледі:

$$C = \sum_1^m M + \sum_1^n \left[O_T + P_P + I + \mathcal{E} + T + \left(1 + \frac{H_{\text{ц}} + H_3}{100} \right) 3_P \right], \quad (2.2)$$

мұнда M - қалдық құнын айыра отырып өнім бірлігіне шығындатылатын материалдың өзіндік құны;

m - бір өнім бірлігіне шығындатылатын түрлі маркалы материал мөлшері;

n - өнім бірлігіне операция саны;

Q_i – бір өнім бірлігіне келетін құрал-жабдық амортизациясына шығындар;

P_P – бір өнім бірлігіне келетін түрлі саймандар мен технологиялық құралдарды ұстауға, амортизацияларға шығындар;

I - өнім бірлігіне келетін, саймандарды ұстауға, амортизация шығындар;

\mathcal{E} – электр қуатына шығындар;

T - құрал-жабдық шығындары;

$H_{\text{ц}}, H_3$ – еңбек ақысына пропорционалды төлем цех және зауыт шығындарының пайызы.

Автоматты желі өзара байланысты және берілген технологиялық үрдісті орындауын қамтамасыз ететін күрделі орағаттардың үлкен санынан тұрады.

Бүкіл түйіндердің агрегаттардың және барлық қосалқы қондырғылардың уақыт бойынша дәл және келісілген өзара іс-әрекетін қамтамасыз ететін механизмдер автоматты желіні басқару жүйесі есептік күйге келтіру және циклограммаларды өндеудің технологиялық жүйесі негізінде жетілдіреді. Желінің циклограммасы желіде өтетін бүкіл үрдістерді кескіндей отырып, жұмыс циклінің графикалық бейнесін береді. Автоматты басқару жүйесі (АБЖ) – бұл басқару объектілерінің және басқару құралдарының жиынтығы. Басқару объектісіне орындаушы механизмдер мен күш жетектерінің кез келген элементтері бола алады.

Басқару құралдарының тағайындалуы – бағдарламаны орындау үшін басқару объектісіне әсер ету.

Автоматты басқару жүйесі жіктеледі:

- 1) Орталықтандыру дәрежесі бойынша.
- 2) Басқару алгоритмы бойынша.
- 3) Функционалдық тағайындалуы бойынша.

Орталықтандыру дәрежесі бойынша орталықты, орталықты емес және арлас басқару жүйелері болып бөлінеді.

Орталықты басқару жүйесінде, басқару уақыт функциясында орталықты командалық қондырғыдан машинаның немесе автоматты желінің орындаушы механизмдерінің әрекетіне, жағдайына тәуелді емес түрде іске асырылады.

Басқарудың орталықты жүйелері іске асыруда, қызмет көрсетуде қарапайымдылығымен ерекшеленеді, әмбебап және жұмыстың басқа циклдарына жылдам ауыса алады. Басқарудың орталықты жүйесінде бағдарламаны тасымалдаушылар командоаппараттар, жұдырықшалы жүйемен тарату валдары, уақыт релесі және перфолента болуы мүмкін. Басқару объектісі жементтерінің жұмысында бұзылу қауіпі (біреуі істен шыққанда) жоқ болғанда және технологиялық үрдіс қатаң тұрақты режимде жұмыс істеген жағдайларда ғана қолданылады.

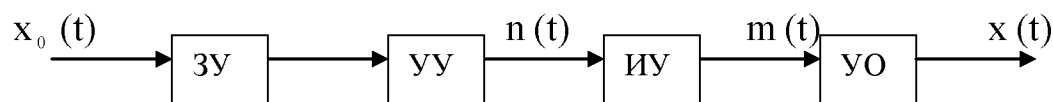
Басқарудың орталықты емес жүйесінде жол функциясында басқару машинаның қозғалыстағы бөліктері ажырататын соңғы ажыратқыштар көмегімен іске асырылады. Бұл жүйелерде әрбір келесі бұйрық алдындағы бұйрық орындалғаны жөнінде белгі алынған соң беріледі.

Орталықты емес жүйелер басқарудың тірегіне негізделген, ол ретінде соңғы ажыратқыштар қолданылады. Басқару кестесінде осы ажыратқыштардан бұйрықтық жүйе релеге, жібергіштер мен басқа аппараттарға беріледі. Басқарудың орталықты емес жүйелері өндіріс желілерінде жеке машиналар мен участоктардың жұмысын автоматтандыру үшін кеңінен қолданылады.

Аралас жүйелер басқарудың бірінші екі жүйесінің рационалды бірігуі. Сондықтан оларда автоматиканың жоғарыда келтірілген барлық элементтері қолданылуы мүмкін. Олар көбіне технологиялық үрдістерді автоматтандыруда қолданылады.

Басқару алгоритмі бойынша жүйелер тұйық және ашық болып бөлінеді.

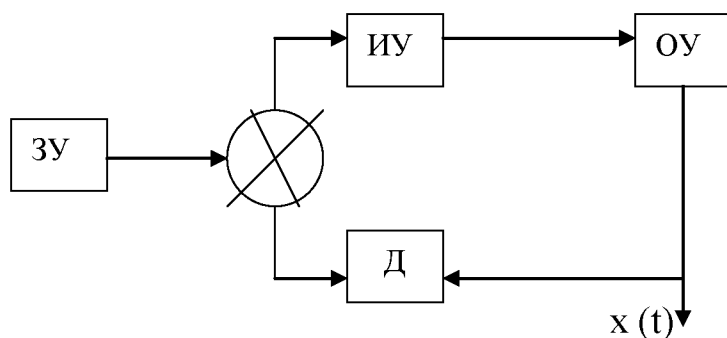
Басқару алгоритмі – жұмыстың берілген бағдарламасын осы объект орындау мақсатымен басқару объектісіне әсер ету сипатын анықтайтын ережелер жиынтығы (2.1 сурет).



$ЗУ$ – беретін қондырғы; $УУ$ – басқаратын қондырғы; $ИУ$ – орындайтын қондырғы; $УО$ – басқарылатын объект; $X_0(t)$ – басқарылатын шаманың берілген мәні; $X(t)$ – басқарылатын шаманың нақты мәні; $n(t)$ – қондырғы өндіретін белгі; $m(t)$ – $ИУ$ -дың $УО$ әсер ету формасы.

2.1 сурет - Ашық АБЖ (САУ) блок

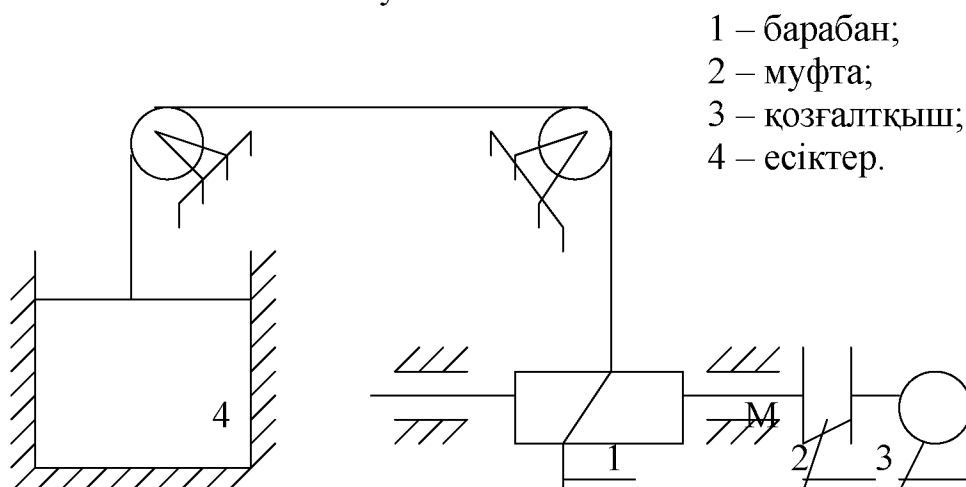
$$\varepsilon = X(t) - X_0(t)$$



$ЗУ$ – салыстыратын қондырғы; $Д$ – қайтымды байланыс датчигі; ε - шаманың нақты мәні мен берілген мәнінің айырмасы.

2.2 сурет - Тұйық басқару алгоритмінің блок

Мысалы: есікті ашу механизмі:



2.3 сурет

Басқарудың ашық жүйесін қолданған жағдайда бұл алгоритмдерде басқарылатын шамалардың нақты және эталон мәндерінің сәйкес келуі осы жүйенің қаттылығымен қамтамасыз етіледі.

Есікті көтеру механизмін автоматтандыру үшін тұйық басқару алгоритмін қолданған жағдайда датчик көмегімен есікті көтеру жылдамдығын бақылау қажет. Егер көтеру жылдамдығы берілгенге тең болса, онда қозғалтқыш осындай жылдамдықпен айналады, егер жылдамдық төмен болса, қозғалтқыштің қалыпты айналу жылдамдығын қамтамасыз ететін қондырғыны қарастыру керек.

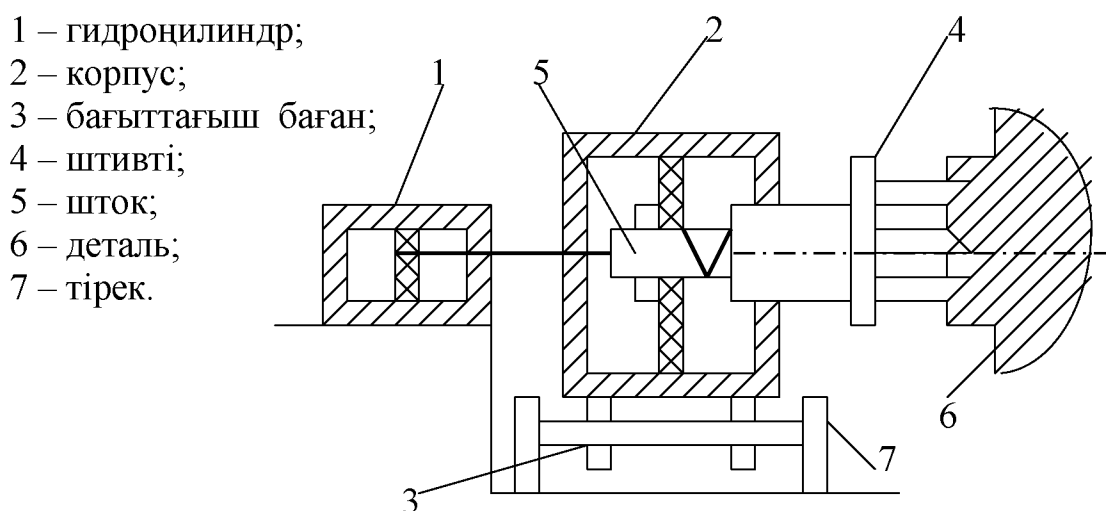
АБЖ (САУ) функционалдық мәні бойынша жіктеледі:

- 1) Автоматты бақылау жүйесі.
- 2) Автоматты белгі беру жүйесі.
- 3) Автоматты реттеу жүйесі.

Автоматты бақылау жүйесі өз кезегінде технологиялық үрдіске әсер ету сипаты бойынша пассивті және активті бақылау жүйесіне бөлінеді. Активті бақылау қондырғысы технологиялық үрдістің өтуін өзгерте отырып машинаға әсер етеді. Пассивті бақылау қондырғысы технологиялық үрдіске әсер етпей, тек өнімнің өлшемін белгілейді немесе түрлі топтарға сұрыпталады.

Активті бақылау қондырғысының мысалы не, қажет жағдайда тоқтауға бұйрық беретін, детальды тесілген тесік тереңдігін тексеру үшін құрал жатады.

Корпусты детальдарда резьбалы кесе отырып терең тесіктердің үлкен санын ойғанда тесікте бақылауды автоматтандыру және оның белгі салғыш бұзылмауы үшін оның толық ұзындығын бақылауды автоматтандыру қажеттігі пайда болады.



2.4 сурет

Бақылау қондырғыларының жұмысы келесі түрде іске асырылады. 6 корпусты деталь тесілген соң автоматты түрде бақылау позициясына беріледі,

мұнда бақыланатын тесікке тексеру және тесілген тесік тереңдігін тексеру үшін 1 гидроцилиндр көмегімен 4 штифтер ендіріледі (2.4. сурет).

Тесік тереңдігі берілген мәннен ауытқыған жағдайда немесе сынған тескіш құралдан тесік қалғанда штифттің біреуі тесік түбіне тіреліп, немесе сынған тескіш құралға тіреліп аз тереңдіктегі тесікке кірмейді. Бірақ корпус тіреуішке дейін оңға қарай ауитқиды. Сонда штоктың сол жақ жиегі жұмыстағы бұзылуды туғызған және брак бөлшектерді алып тастау себептерін жою үшін автоматты желідегі сәйкес станокты тоқтатуға бұйрық беріп, соңғы ажыратқышқа басады.

2.1 Типтік басқару объектілерін автоматты басқару жүйесі

Басқару жүйелері орталықтандыру дәрежесі бойынша орталықты, орталықты емес және аралас болып бөлінеді.

Орталықты жүйелерде басқару уақыт функциясында машиналардың орындаушы органдарының немесе автоматты желілердің іс - әрекеті мен жағдайына тәуелді емес түрде орталықты бұйрық беру қондырғысынан іске асырылады.

Қысқаша айтқанда, бұл басқару жүйесінде алдындағы бұйрық орындалды ма әлде орындалмаса да әрбір бұйрық белгілі бір уақытта беріледі.

Ерекшелігі:

- тарату қарапайымдылығы;
- қызмет көрсетуге ыңғайлы;
- әмбебап және жұмыстың басқа нысанына жылдам ауыса алады.

Мына жағдайларда қолданылады: басқару объектілерінің барлық элементтерінің жұмысында ауытқу қаупі жоқ болғанда, біреуі істен шыққанда және технологиялық үрдіс тұрақты режимде іс асырылғанда.

Орталықты басқару жүйесінде (ЦСУ) басқару бағдарламасын тасымалдаушылар командоаппараттар (бұйрық беруші аппараттар), уақыт релесі, перфотаспалар.

Басқарудың орталықты емес жүйесінде басқару жол функциясында, машинаның қозғалыс бөліктері қосатын соңғы ажыратқыштар көмегімен іске асырылады. Бұл жүйеде әрбір бұйрық алдындағы бұйрық орындалғаны жөнінде белгі алынған соң ғана беріледі. Басқару кестесінде бұйрық белгілері осы ажыратқыштардан релеге, жібергіштерге және басқа автоматика аппараттарына беріледі.

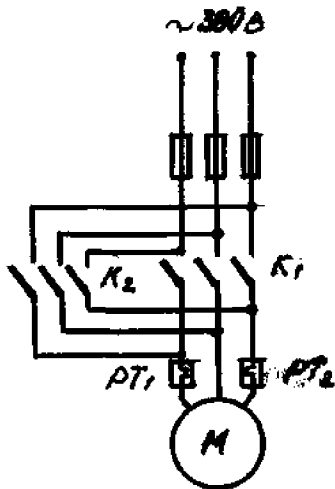
Аралас жүйелер екі бірінші жүйенің рационалды қосындысы болып табылады. Бұл жүйелер әмбебап. Олар көбіне технологиялық үрдістерді автоматтандыруда қолданады.

Типтік объектілерге жатады: электр қозғалтқыштері, пневмоцилиндрлер, гидроцилиндрлер, тарту электр машиналары, электр магнитті шұрадер.

Типтік объектілердің шартты кескінделуі.

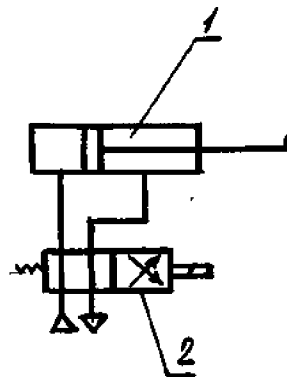
Электр қозғалтқышымен басқарудың орталықты, орталықты емес және аралас жүйелерінің электр кестелері

Электр қозғалтқыштері



2.5 сурет

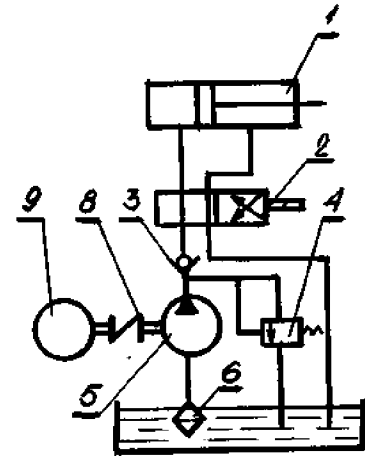
Пневмоцилиндрлер



1 - екі жақты әрекеттегі пневмоцилиндр.
2 - электр магнитті басқару және қайтымды пружиналы ауа таратқыш.

2.6 сурет

Гидроцилиндрлер



1-гидроцилиндр;
2-гидротаратқыш;
3-кері клапан;
4-сақтандыру клапан;
5-гидронасос;
6-сүзгіш;
7-бак;
8-муфта;
9-электр қозғалтқыш.

2.7 сурет

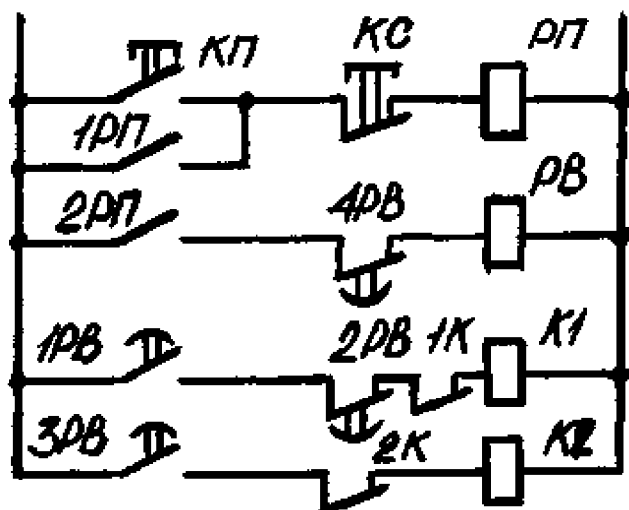
Жүйені бірінші жіберу КП нүктесін басу арқылы іске асырылады, мұнда 1 тізбек тұйықталып РП аралық реле катушка қоректену алады, бұл 1РП және 2 РП контактыларының тұйықталуына әкеледі. 1 РП контактысының тұйықталуы РП аралық реле катушкасының өз - өзінен қоректенуін қамтамасыз етеді; 2 РП контактысының тұйықталуы РВ қосылуына әкеледі, t уақытысынан кейін 1РВ тұйықтайды, ол 3 тізбекті тұйықтауды қамтамасыз етеді. К магнитті жібергіштің катушкасы магниттеліп, күш тізбегінде бастапқы контактыларды тұйықтайды.

Электр қозғалтқышы айнала бастайды t уақытынан кейін 2РВ уақыт релесі контактысы үзіліп, ал 3РВ контактысы тұйықталады, бұл 3 тізбектің ажырауына әкеледі, К магнитті жібергіштің катушкасы тұйықталып, өзінің күш тізбегіндегі басты контактыларын ажыратып, басқару тізбегіндегі К, қосымша контактыны тұйықтайды. 3РВ және К₂ тұйықталғанда К₂ магнитті жібергіштің катушкасы магниттеліп, күш тізбегінде өзінің бас контактыларын тұйықтайды. Электр қозғалтқышы кері бағытта айнала бастайды.

Т₃ уақыттан кейін РВ 4РВ контактысын ажыратады. РВ катушкасы тұйықталады.

Үрдісті қайталау 4РВ контактысын тұйықтау арқылы іске асырылады.

1. Электр қозғалтқышымен ОБЖ (ЦСУ).

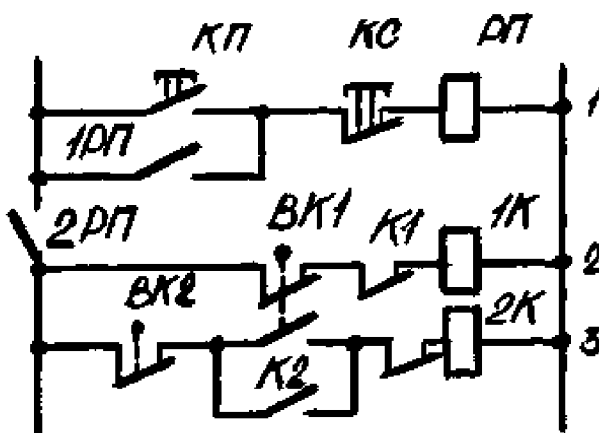


2.8 сурет

Алгоритм.

1. АБЖ (САУ) қосу. 2. Арқылы М қосу. 3. Және оның реверсі арқылы М ажырату 4. Арқылы кері жүрісте М ажырату 5. Үрдісті қайталау.

Басқарудың орталықты емес жүйенің электр кестесі.



2.9 сурет

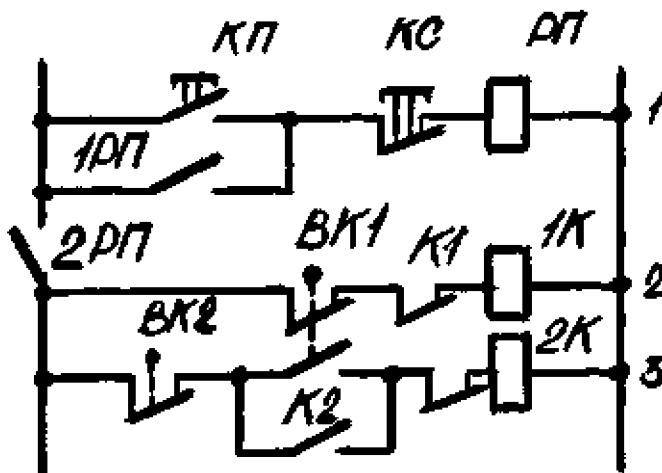
Жұмыс қағидасы.

КП нүктесін басамыз, тізбек тұйықталады, РП аралық реле 1РП контактысы тұйықталғанда 1 тізбек өз - өзінен қоректенуге тұрады.

2РП контактысының тұйықталуы 2 тізбектің тұйықталуын дайындауды қамтамасыз етеді. Егер электр қозғалтқыштың қозғалыстағы бөліктері ВК, ақырғы ажыратқышқа әсер етсе, онда К2 магнитті жібергіштің катушкасы магниттеліп, күш тізбегінде және басқару тізбегінде өз контактыларын тұйықтайды, қозғалтқыш айнала бастайды. Және ВК2 соңғы ажыратқышты басады., 3 тізбекті ажыратады, мұнда 2К2 магнитті жібергіштің катушкасы

тұйықталып, К1 ажырайды. 2 тізбек тұйықталып, К1 қоректенеді, осылай қозғалтқыш қайтымды – айналымды қозғалыс жасайды.

Электр қозғалтқышын басқарудың аралас жүйесі



2.10 сурет

КП нүктесін басамыз, 1 тізбек тұйықталады РП катушкасы магниттеледі, өз кезегінде 1РП және 2РП контактыларын тұйықтайды. 1 РП тұйықталғанда 1 тізбек өз-өзін қоректендіруге тұрады. Бір уақытта 2 РП тұйықталады, осы сәттен бастап РВ жұмысын бастайды, т, арқылы 1РВ қосылады, мұнда К магнитті жібергіштің катушкасы магниттеліп күш тізбегінде өз контактыларын тұйықтап, 1К, контактысын ажыратады. Қозғалтқыш айнала бастайды ВК, соңғы ажыратқыштар контактыларын басады, 3 тізбек ажырайды, ал 4 тізбек ажырайды, t2 арқылы 2РВ тұйықталады, қозғалтқыш кері бағытта айнала бастайды. Т3 арқылы 3РВ ажырап, қозғалтқыш тоқтайды.

3 Автоматты реттеу жүйесі

Негізгі жағдайлар.

Әрбір өнеркәсіптік қондырғының жұмыс режимі көбіне бірнеше физикалық шамалар жиынтығымен сипатталады, олар қондырғының жұмысын анықтайды.

Мысалы, электр қозғалтқышының жұмыс режимі оның валында пайда болатын айналу моменті мәнімен және ротордың айналу жылдамдығымен сипатталады. Өндірістік үрдістерді іске асыру үшін өндірістік үрдістерді сипаттайтын шама белгілі бір жағдайларды қанағаттандыруы қажет.

Технологиялық үрдіс жағдайын сипаттайтын шама параметр деп аталады. Өз күшіндегі өндірістік қондырғының жұмысы есептік параметрлермен анықталады, олар қондырғыны конструкциялау кезінде және технологиялық есептеуде берілген осы шамаларды тұрақты ұстау керек немесе белгілі бір заңға сәйкес өзгерту керек (реттеу), - әйтпесе реттелетін үрдістің қалыпты өтуін қамтамасыз ету мүмкін емес.

Өнеркәсіптік қондырғы немесе құрылым жұмысы кезінде көп жағдайда жұмыс режимін сипаттайтын шама талап етілетін мәннен ауытқиды. Мысалы, металды қыздыру үшін электр пештегі температура төмендеуде, талап етілетін мәнде ұстау үшін пештің электр тізбегіндегі кернеуді ұлғайта отырып реостат движогын жылжыту керек.

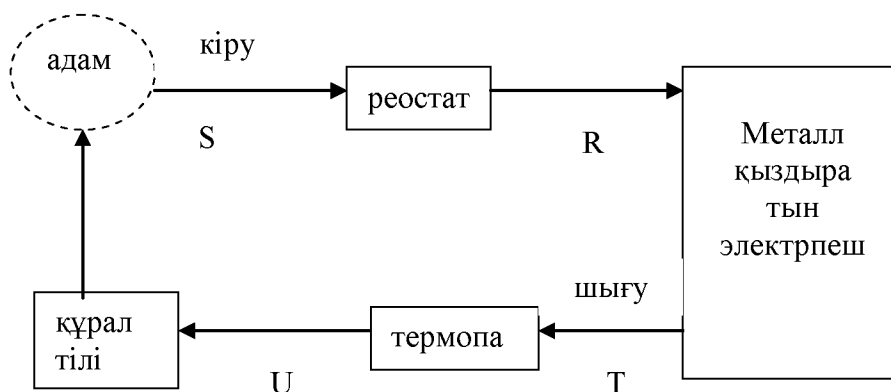
Реттелетін шаманы, яғни тұрақты ұстайтын немесе берілген бағдарлама бойынша өзгертілетін шаманы реттелетін деп атайды. Берілген мысалда температура реттелетін шама болып табылады.

Реттелетін, үрдіс өтетін (металл қыздыратын электр пеш) технологиялық қондырғы реттелетін объект деп аталады.

Реттелетін объектіге әсер ететін орган реттелетін орган деп аталады.

Біздің мысалда реттегіш орган реостат.

Реттелетін шаманың оның бекітілген мәнге теңдігін ұстау операциясы реттеу деп аталады.



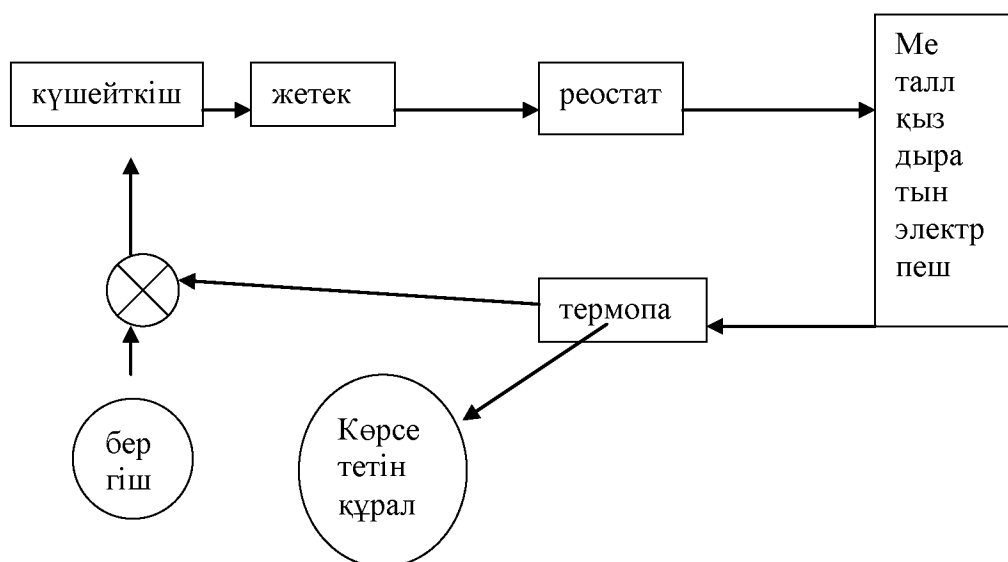
3.1 сурет - Қолмен реттеу кестесі

Электр пеште температура (3.1 сурет) өзгеруін анық тау үшін термопара қойылған. Термопара дамытатын кернеу шамасы оның жұмыс соңындағы температураға кері пропорционалды. Өлшеу құралы ретінде милли вольтметр кестеге кіреді деп шамаласақ оның шкаласы градусқа бөлінген. Құрал тілін адам бақылай отырып, пештегі T нақты температурасын анықтайды. Берілген температурамен термопараның көрсеткішін салыстыра отырып, адам пештің электр тізбегіндегі R кедергіні өзгерте отырып S реостат движогын жылжытады.

Тізбектегі кедергінің өзгеруі жұмыс тізбегін қыздыруға жұмсалатын кернеуді ұлғайтады не төмендетеді және осылай реттеу температурасын ұлғайтады және төмендетеді, реттегіш органға адам арқылы әсер етеді, қолмен реттейді.

Қолмен реттеу кестесін жетек орнату арқылы автоматтандыруға болады, реостат движогына сәйкес жылжыту арқылы электр пештегі температураның ауытқуын болдыртпайды.

Реттегіш органға құралдың өзі, адам қатысынсыз реттеуді автоматты реттеу деп атайды.



3.2 сурет

Екі кестені салыстырсақ (3.1, 3.2 сурет), қолмен реттеу кестесі ашық жүйе болып табылады (шынын айтқанда, бұл жүйе де тұйық, оны адам тұйықтайды). Автоматты реттелетін жүйе тұйық жүйе деп аталады.

Реттеу жүйесіне кіру (берілген жағдайда жүйеге кіру реостат ползунын жылжыту арқылы).

«Шығу»- реттелетін шама (берілген мысалда бұл шама - температура).

Жүйеден шығатын жерден кіретін жерге дейінгі тікелей байланыс қайтымды байланыс деп атайды. Қолмен реттегенде қайтымды байланысты адам іске асырады. Автоматты реттеу жүйесінде термопара жүйеден шығудан кіруге дейін қайтымды байланысты іске асырады.

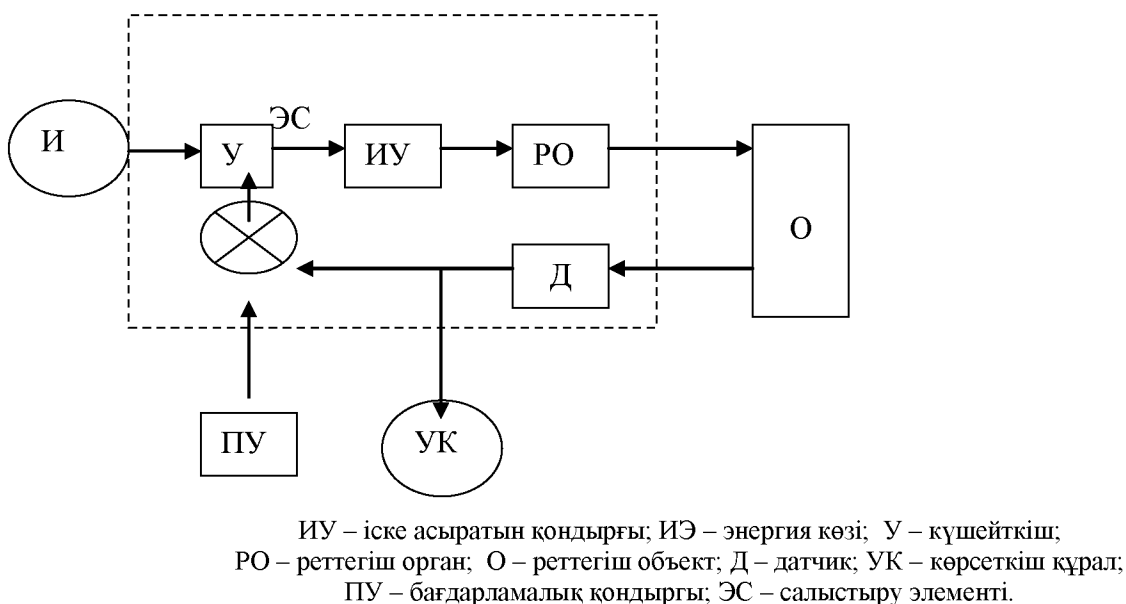
Жүйені тәжірибеде қолдану үшін тағы да үш звено ендіру керек-күшейткіш, бергіш (задатчик) және салыстыру элементі. Датчиктердің көбісі, соның ішінде термопара да әлсіз белгі береді, ол орындау механизмін іске қосуға жеткіліксіз. Сондықтан кестеге аралық звено ендіреді – күшейткіш, ол кіретін жерде әлсіз басқару белгілерін реттегіш объектіге күшті әсерге айналдырады.

Автоматты жүйені кез келген жұмыс режиміне келтіруге мүмкін болады.

Мысалы: температураны автоматты ұстайтын жүйеге бекітуге мүмкіндік болуы керек. Автоматты реттеу жүйесін келтіру мүмкіндігіне ие болу үшін кіруде «Эталон» ендіру керек – берілген шамаға сәйкес келетін шама. Берілген жағдайда U_1 кернеу; бұл кернеу термопара кернеуі U_k салыстырылады, U_k кернеуі пештегі нақты температураға сәйкес келеді. Нақты температураның берілген мәннен ауытқуы үлкен болған сайын, осы температураға сәйкес келетін ΔU кернеу айырмашылығы үлкен болады. Бұл айырмашылық кернеудің бір үйлесімге келмеуі деп аталады. Бұл салыстыру

элементі арқылы күшейткішке беріледі. Автоматты реттеу жүйесі температура ауытқуын болдыртпайды.

Автоматты реттеу кестесін келтіреміз мұнда келтірілген мысал ерекшелігін ескермей жалпы терминология қолданылған.



3.3 сурет - Автоматты реттеу кестесі

Суретте пунктир сызықпен автоматты реттегіш көрсетілген. Реттеу тапсырмасын орындау үшін арналған автоматты қондырғы автоматты реттегіш деп аталады.

3.1 Автоматты реттеу жүйесінің АРЖ (САР) жіктелу классификациясы

Басқару әсері және орындалатын міндетіне байланысты АРЖ (САР) төрт класқа бөлуге болады.

1. Автоматты тұрақтандыру.
2. Бағдарламалық реттеу.
3. Тергеуші.
4. Экстримальды реттеу.

Автоматты тұрақтандыру жүйесінде автоматты реттеудің міндеті үрдісті тұрақтандыру, яғни реттелетін шаманы тұрақты ұстау (дәлдеп айтқанда, қолдану үшін мүмкін болатын тар деңгейде реттелетін шама мәнін ұстау)

Реттеудің бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесінде уақытқа байланысты берілген заң бойынша (берілген бағдарлама) өзгеретін мәнді ұстайтын шаманы реттейді.

Реттеудің тергеу жүйесі дегеніміз реттелетін шаманы берілген мәнде ұстайды, мұнда бұл мәндер қаралатын жүйеден тыс және бұрын белгісіз үрдіс әсерінен өзгереді. Бұл жағдайда реттеу жүйесінің міндеті реттелетін шаманың өзгерістері басқа бір шаманың өзгерістеріне сәйкес өтуі керек.

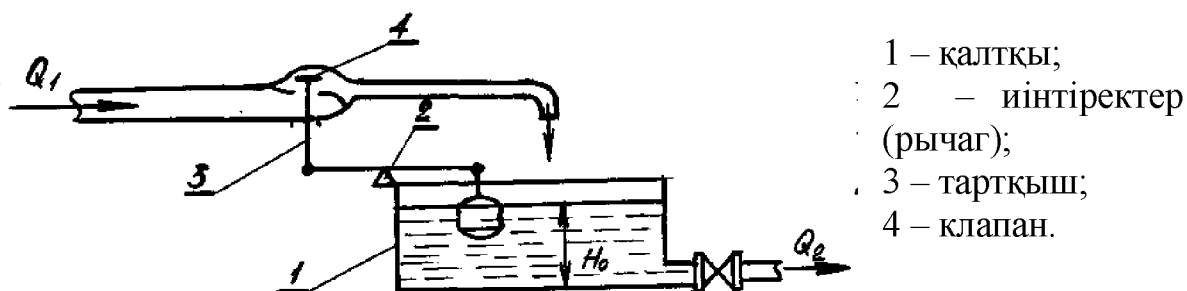
Тергеу жүйесінің мысалына металды қыздыруға арналған электр пештегі температураны АРЖ (САР) жатады. Милливольметр тілшесі өлшенетін температураны бақылап, құрал шкаласында көрсетеді.

Сондай – ақ реостат ползуынын жағдайын өзгерте отырып, пештегі температураға сәйкес жұмыс тізбегіндегі кернеуді өлшейді.

Экстремалды реттеу жүйесі дегеніміз реттелетін шама мәнін өзгертін жағдай үшін оптималды шама реттегіш ұстап тұратын жүйе. Егер реттелетін шама ретінде бу қазанының пайдалы әсер коэффициентін алсақ, онда экстремалды реттегіштің міндеті отын мен ауа шығынының шамасын басқаруға сәйкестігімен жану үрдісінің максималды үнемділігін қамтамасыз етеді етеді.

Реттелетін орган орын ауыстыратын энергия көзіне байланысты тікелей және тікелей емес реттеу жүйесі болып бөлінеді. Реттегіштегі сезімтал элемент реттегіш органға тікелей әсер етеді, бұларды тікелей әсер ететін реттегіш деп атайды; бұл реттегіштер реттелетін объектінің энергиясын қолданады; энергия сезімтал элементпен беріледі.

Тікелей әсер ететін реттегіштерді қолданатын реттеу жүйесін тікелей реттеу жүйесі деп аталады.



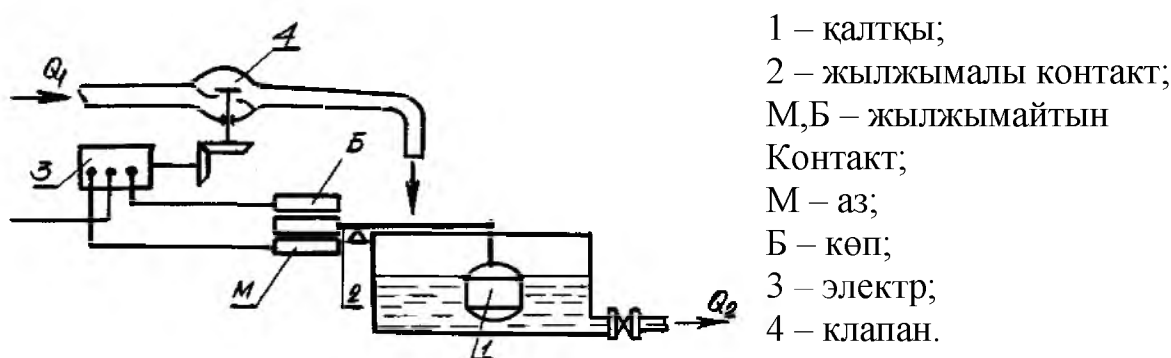
3.4 сурет - Деңгейді тікелей реттеу кестесі

Берілген деңгей реттегіштің реттегіш органы реттелетін объектінің энергия есебінен орын ауыстырады, дәлдеп айтқанда сұйықтың деңгейінің өзгеруінен.

Реттелетін органға энергияның қосалқы сыртқы көзінен қоректенетін күшейткіш қондырғы мен орындағыш механизмі арқылы әсер ететін реттегіштер тікелей емес әсер ететін реттегіштер деп аталады. Тікелей емес әсер ететін реттегішті қолданбайтын реттеу жүйесі тікелей емес реттеу жүйесі деп аталады.

Тікелей емес әсер ететін берілген реттегіште реттегіш орган – клапанның орын ауыстыруы электр орындағыш механизммен іске асырылады, энергияны сыртқы көзден қолданады. Қалыптасқан күйде қате болса да, болмаса да реттелетін шаманы өзгертуге ұмтылатын сыртқы әсер ықпалына АРЖ (САР) қалай жауап беретініне байланысты автоматты реттудің 2 түрі бар: 1 – астатикалық, 2 – статикалық 3.5 суретке қайта

оралсақ, бактан су шығыны тұрақты болса, онда ағып келуі де тұрақты. Су деңгейі өзгермейді, қалтқы қозғалмайды, электр қозғалтқышге қоректендіру берілген жоқ, сондықтан клапан қозғалмайды. Шығын ұлғайғанда деңгей уақытша төмендейді, өтпелі үрдіс басталады; электр қозғалтқышы қосылады, клапанның ашылуы ұлғаяды. Егер шығынды ұлғайтсақ, АРЖ (САР) клапанның ары қарай ашылуына жұмысқа қосылады, деңгей тұрақты ұсталады. Су шығынын кеміткенде де осындай болады. Дәлдеп айтқанда су деңгейі өте мардымсыз тербеледі; бұл тербеліс контакт пен рычаг қатынасы арасындағы қашықтықпен анықталады. Егер қашықтықты дұрыс тандасақ берілген мәннен деңгей қатынасын өте кіші мәнге келтіруге болады. Мұндай жүйені астатикалық деп атайды.



3.5 сурет - Деңгейді тікелей емес реттеудің кестесі

Астатикалық реттеу дегеніміз объектіге сыртқы әсердің түрлі шамасында өтпелі үрдіс біткен соң реттелетін шама мәні орнына келетін реттеуді айтамыз.

Астатикалық жүйенің сипаты ерекшеліктері.

1. Жүйенің тепе – теңдігі реттелетін шаманың жалғыз мәнінде ғана мүмкін болады (мысалы, деңгей), бұл мән берілген мәнге тең.

2. Реттелетін орган реттелетін шаманың тұрақты өзгермейтін мәнінде түрлі жағдайға келе алуы мүмкін болуы керек.

Статикалық реттеу қағидасы деңгейді реттеу мысалымен 3.4 суретте түсіндіріледі. Бұл кестеде қалтқы реттегіш органмен қатты байланған. Егер шығын ұлғайса, деңгей төмендейді, қалтқы төмен түседі, ол клапанның ашылуын туғызады. Бұл жүйеде шығын үлкен болған сайын, бактағы су деңгейі төмен болады, жүйе орнына келуі үшін су шығынын кенет төмендету керек.

Статикалық реттеу дегеніміз реттелетін объектіге түрлі сыртқы әсерде деңгейдің реттелетін шамасы өтпелі үрдіс біткен соң әсер ету шамасына тәуелді түрлі мәнге ие болатын реттеуді айтамыз.

Статикалық реттеудің сипатты ерекшеліктері.

1. Жүйенің тепе – теңдігі реттелетін түрлі мәнінде мүмкін болады.

2. Реттелетін шаманың әр мәніне реттелетін органның белгілі бір жағдайы сәйкес келеді.

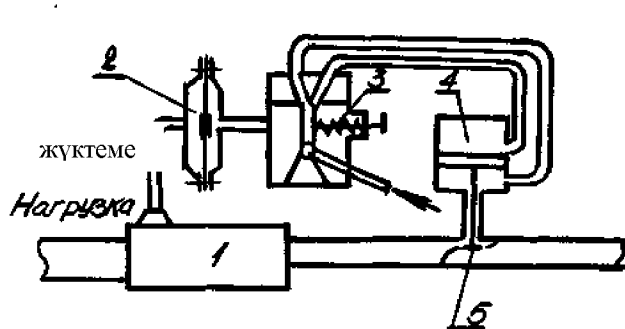
3.2 АРЖ (САР) функционалды кестесі

Жүйенің звенолары жөнінде түсінік.

Кез келген автоматты қондырғы жеке элементтерден тұрады. Автоматты қондырғының элементі дегеніміз жеке функцияны орындайтын құрамды бөлігі.

Осыдан, автоматты қондырғының элементтерін функционалдык тағайындалуы бойынша бөлуге болады. Автоматтық реттеу жүйесінде автоматиканың негізгі элементтеріне жатады:

- өлшейтін элемент;
- беретін элемент;
- орындаушы элемент;



- 1 – объект;
- 2 – мембраналы сезімтал элемент;
- 3 – ағымды түтік – күшейткіш;
- 4 – орындағыш қондырғы – күш цилиндр;
- 5 - реттегіш клапан.

3.6 сурет - Тікелей емес әсер ететін қысымды реттегіштің конструктивті кестесі

Автоматты қондырғының элементтерінің көмегімен функционалды кесте құрастыруға болады. Автоматты қондырғының элементтер құрамын, тағайындалуын, өзара байланысын кескіндейтін кескінді бейнесін элементтік немесе функционалдык кесте деп атайды.

3.6 суретте объектіде ғаз қысымын реттейтін конструктивті кесте көрсетілген. Кесте келесі түрде жұмыс істейді.

Егер жүктеменің ұлғаюынан 1 объектідегі ғаз төмендесе, онда қысымның төмендеуі сезімтал элементтің сол жақ кеңістігіне беріледі.

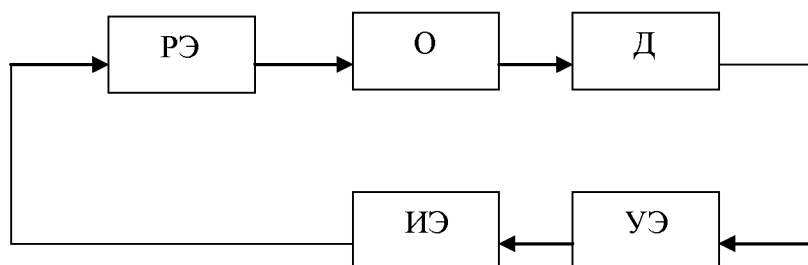
Мембрана тепе – теңдігі бұзылады: ол сол жаққа жылжып, бір уақытта 3 ағымды түтікті солға жылжытады. Мұнда төменгі кеңістіктегі қысым ұлғайып, поршень жоғары көтеріледі, 5 реттегіш клапан ашылады. 1 объектіге келетін ғаз мөлшері ұлғайып, қысым орнына келеді.

3.7 суретте конструктивті кесте бойынша функционалды кесте құрастырылған.

Функционалды кестеде барлық элементтер тік төртбұрышпен белгіленеді, өзара сызықпен байланысқан, ол арқылы белгі беріледі.

Элементтік кесте негізінде автоматты қондырғының құрылымдық кестесі құрылады.

Құрылымдық кесте автоматты қондырғының динамикалық қасиеттерін кескіндейді және осы қасиеттерді зерттеуге арналған (құрылымдық кестені құры мазмұндалады).



О – объект; Д – датчик – сезімтал элемент (мембрана); УЭ – күшейткіш элемент; ИЭ – орындағыш элемент (күш гидроцилиндрі); РЭ – реттегіш элемент (клапан).

3.7 сурет - Функционалды кесте

Автоматты қондырғының құрылымдық кестесінің динамикалық қасиеттерін кескіндейтін қарапайым құрамды бөлігі құрылымдық кестенің звеносы деп аталады.

Реттеудің құрылымдық кестесінің әрбір звеносы басқа звено жағынан немесе сыртқы әсерден бір немесе бірнеше әсерді сезінеді.

Өз кезегінде әрбір звено бір немесе бірнеше звеноға өз әсерін береді. Звенода звеноға әсер ететін физикалық шаманың түрленуі болады, берілген звено басқа звеноға әсер ететін физикалық шамаға айналады.

Звеноға әсер ететін, оның күйінің өзгеруінің себебі болып табылатын физикалық шама кіру шамасы деп аталады. Звено күйінің өзгеруін сипаттайтын және звеноға әсер ету нәтижесі болып табылатын физикалық шама шығу шамасы деп аталады.

Мысал ретінде кәдімгі редукторды келтіруге болады, мысалы, электр қозғалтқышымен біріккен валдың айналу жылдамдығы звеноның кіру шамасы болады, ал шығу шамасы редуктордың басқа валы болады.

Реттеу жүйесінің звенолары, іс - әрекеттің бағыттау қасиетіне ие. Бұл звено арқылы іс - әрекетті беру тек бір бағытта жүреді; звеноның кіру шамасы режимді өзгерту себебі болып қалады, ал шығу шамасы - оның себебі болып қалады, ал шығу шамасы оның себебі болады; олар орнымен ауыса алмайды, яғни іс - әрекеттің бағыты кері бағытта өзгере алмайды.

Мысалы: бу қазанында пешке отын беруді өзгерту: - бу қысымы отын беруді не төмендетпейді, не ұлғайтпайды.

3.3 Автоматты реттеу звеноларының статикалық сипаттамалары

Звеноның шығу шамасының өзгеруі әрқашанда кіру шамасының өзгеруі не байланысты. Бұл тәуелділіктің сипаты мен звеноның өз қасиеттері реттеу жүйесі қандай режимде болатындығын анықталады.

Реттеу үрдісі екі бөлімнен тұрады:

- өтпелі үрдістен;

- қалыптасқан үрдістен.

Реттеу жүйесінің қалыптасқан үрдісі (тепе - теңдікті) келесі жағдайлармен сипатталады:

1) Реттелетін шама тең немесе берілген мәнге жуық; берілген мәннен ауытқу нөлге тең немесе жағдай бойынша мүмкін болатын қандай да бір аз мәнді тұрақты мәнге тең.

2) Реттелетін ортаның кірісі мен шығуын өзгертетін реттегіш орган қозғалмайды.

3) Реттелетін ортаның кірісі мен шығуын өзгертетін реттегіш орган қозғалмайды.

4) Реттеу жүйесінің орындау қондырғысы қозғалмайды.

Қалыптасқан күйдің жағдайынан жұмыс ортасының кірісі мен шығуынан реттелетін шаманың тәуелділігін анықтауға болады. Бұл тәуелділік жүйенің реттелген сипаттамасы (мысалы: деңгей реттегіште реттелетін шама – деңгей, реттелетін орта - су)

Жүйенің реттеу сипаттамасын звенолар қалай біріккен – тізбекті ме немесе параллель ескере отырып жеке звенолардың, олардың құраушылардың сипаттамасы бойынша құрастыруға болады.

Звено тепе – теңдігінің қалыптасқан күйін мына теңдеумен сипатталуы мүмкін.

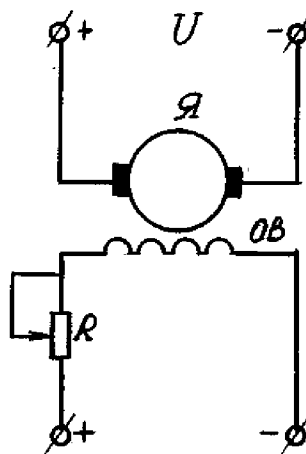
$$X_{шығу} = f(X_{кіру}), \quad (1.3.1)$$

мұнда $X_{шығу}$ – звеноның шығу параметрі;

$X_{кіру}$ – звеноның кіру параметрі.

Бұл теңдік звеноның статикалық сипаттамасы деп аталады.

Мысал ретінде тәуелсіз әсер етуші мен тұрақты токты генератордың статикалық сипаттамасын қарастырамыз (3.8 сурет). Бұл кестеде кіру шамасына ОВ электромагнит орамында жүретін әсер ету тогы, яғни $X_{кіру} = i$.



3.8 сурет - Тәуелсіз әсермен тұрақты

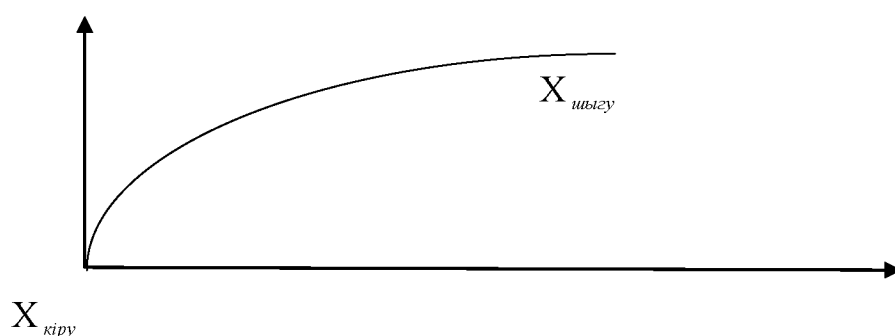
Генераторда шығу шамасы болып якорь қысқышындағы кернеу жатады, яғни

$X_{шығу} = U$. Егер тізбектегі әсер ету орамындағы реостат R кедергісін өзгертсек, онда әсер ету i тогы да өзгереді, ол түрлі магнит ағымын тудырады.

Генератор якори тұрақты жылдамдықпен айналады, магнит ағымының өзгеруін якорьда индуктелетін ЭҚК өзгерісі, сондай – ақ оған пропорционалды U өзгеруін шақырады.

Осылай, әсер ету i тогының мәніне қалыптасқан жағдайда генератор қысқышын да кернеудің белгілі бір мәні сәйкес келеді. Бұл сипаттама графикалық түрде 3.9 суретте кескінделген (электротехника курсынан белгілі, бұл тәуелділік бос жүріс сипаттамасы деп аталады, өйткені якорь орамындағы ажыраған тізбектен алынады). Мұндай типті статикалық сипаттама сызықты емес звено сипаттамасы болып табылады.

Сызықты статикалық және динамикалық сипаттамасына ие звеносы сызықтық деп аталады. Оның статикалық сипаттамасы графикалық түрде тік сызық болады және сызықтық функциямен сипатталады.



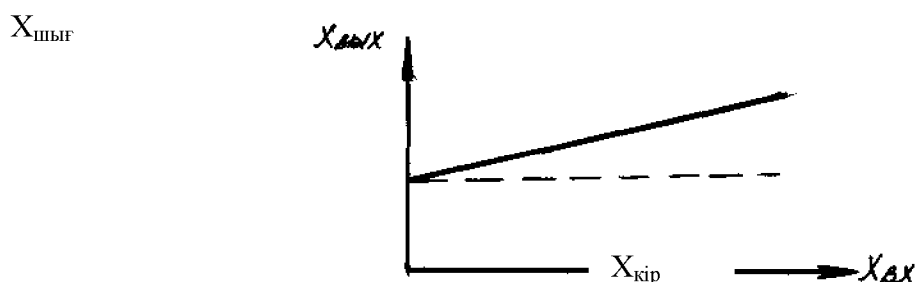
3.10 сурет - Сызықтық емес звеноның статикалық сипаттамасы

$$X_{шығу} = a + KX_{кiру} \quad (1.3.2)$$

мұнда $a - X_{шығу}$ тұрақты өлшемі бар;

$K - \frac{X_{шығу}}{X_{кiру}}$ өлшемі бар тұрақты.

Сызықты звеноның статикалық сипаттамасы 3.11 суретте берілген



3.11 сурет - Сызықты звеноның статикалық сипаттамасы

Сызықты звеноның мысалына пружина жатады. Пружина туғызатын, Гук заңы орындалатын күштерді басқару облысында былай болады:

$$f_{NP} = C (y_0 - y), \quad (1.3.3)$$

мұнда f_{NP} – күш шамасы;

y_0 – бос күйіндегі пружина ұзындығы;

y – деформациоланған пружина ұзындығы ;

C – тұрақты шама;

Теңдікті басқа түрде кескіндеуге болады

$$y = y_0 - f_{np} \quad (1.3.4)$$

егер (1.3.2) және (1.3.4) формулаларды салыстырсақ, онда $y = x_{шығу}$ (шығу шамасы) $f_{np} = x_{кіру}$ (кіру шамасы); $y_0 = a$; $k =$.

Егер статикалық сипаттама сызықты функция болмаса, звено сызықты болмайды. 3.10 суретте келтірілген қанықтырумен генератор сипаттамасы сызықты болмайды.

Сызықты емес мысалға электромагнит релесінің сипаттамасы жатады. Статикалық сипаттамаларды тәжірибелік анықтағанда зерттелетін реттеу жүйесі кіру шамасының түрлі мәндерінде қалыптасқан күй қатарында қарастырылады. Графикте осы режимде өлшенген кіру функциясында нүкте түрінде кіру шамасының мәндері кескінделген. Осылай нүктелермен құрылған қатар сызығы статикалық сипаттама болады.

3.4 Автоматты реттеудің звеноларының өтпелі сипаттамалары

Звенолардың өтпелі сипаттамасы дегеніміз қалыптаспаған өтпелі режим де анықталатын сипаттамалар өтпелі режимдер келесі жағдайларда пайда болады:

- 1) Автоматты реттеу жүйесін ажыратқанда.
- 2) Жүйені реттелетін шаманың жаңа мәніне қайта келтіргенде.
- 3) Әсер ететін немесе жаңа берілген әсер пайда болғанда.

Звеноның өтпелі сипаттамасы дегеніміз кіру шамасы жағынан әсер етуден пайда болатын звеноның шығу шамасының өзгеруінің қалыптаспаған режимде уақыттан тәуелділігі. Шығу шамасының өзгеруі тек звено қасиетіне ғана байланысты емес, сондай-ақ оның түріне кіру әсерінің шамасына да байланысты.

Кіру әсері баспалдақты (қадамды) (3.12 а сурет), импульс түрінде (3.12 б сурет), синусондальды болуы мүмкін (3.12 в сурет).

Сондықтан звено қасиетін анықтау үшін оның шығу шамасының өзгеруін кіру шамасының белгілі бір өзгеруінде қарастырады. Осындай кіру шамасының есебінде бір еселі баспалдақты әсер қолданады.

Баспалдақты әсер етуде кіру шамасы секірмелі, кенеттен өз мәнін өзгертеді, ары қарай оны тұрақты түрде сақтайды.

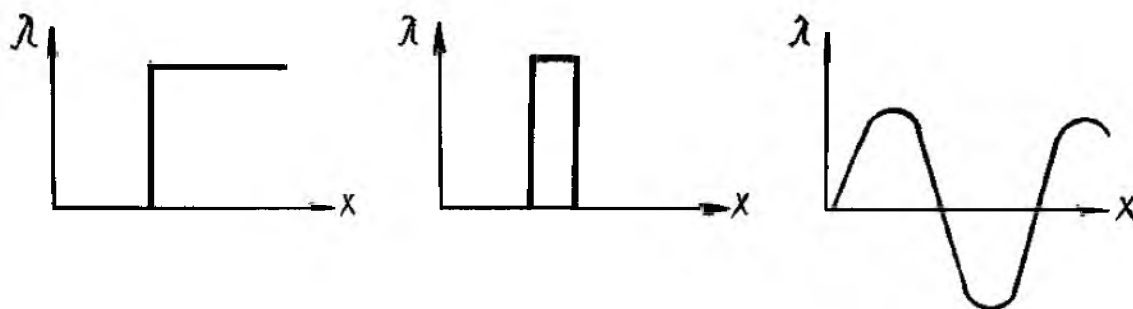
Кіру шамасының баспалдақты өзгерісі шақырған шығу шамасының уақыт бойынша өзгеруін таратып жіберу сызығы деп аталады, объектіде өтпелі үрдістің өтуі жөнінде көрнекті түсінік береді. Мысал ретінде

қарапайым реттелетін объектіде таратып жіберу қисық сызығының түзілуін қарастырамыз.

а) баспалдақты

б) импульсті

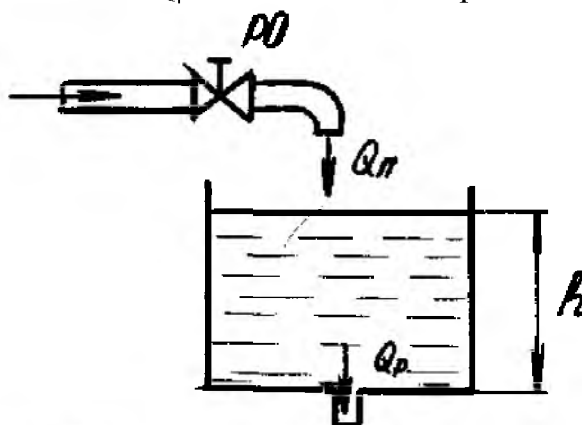
в) синусондальды



λ – әсер ету шамасы; t – уақыт.

3.12 сурет - Кіру әсер ету түрлері

Бір ыдыс аламыз, құбырмен су келеді (3.13 сурет). Басқа құбырмен су ыдыстан ағады. Берілген мәнде судың кірісі мен шығысында су деңгейі тұрақты болады. Объект күйі қалыптасқан деп есептелінеді. Келетін су шығыны Q_n , ағатын су шығыны Q_p деңгей биіктігі арқылы h .



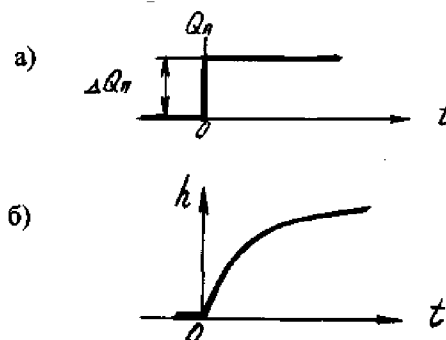
3.13 сурет - Реттелетін деңгейлі объект

Су шамасының баспалдақты өзгеруін қарастырамыз – судың ағуы. Бұл үшін РО реттегіш орамды бұраймыз судың ағуын ұлғайтамыз – судың кірісі мен шығысының тепе-теңдігі бұзылады. Қалыптаспаған үрдіс тауды, ол келесі түрде өтеді.

Судың ағуын судың деңгейінің ұлғаюын шақырады. Бірақ, деңгей ұлғайғанымен су бағанының қысымы ұлғаяды, ыдыстан шығуын ұлғайтады. Осыған байланысты, яғни келуі мен шығынның алшақтығынан жылдамдық кеміп, деңгейдің ұлғаюы төмендейді. Су шығыны Q_p , судың келуі Q_n тең болғанда, деңгейдің ұлғаюы тоқтайды. Осында өтпелі үрдіс аяқталады және қалыптасқан күй орнына келеді, яғни жана тепе-теңдік күйге.

Әсер еткенге дейінгі тепе-теңдік пен өтпелі үрдіс біткен соң тепе-теңдікті салыстыра отырып, көруге болады: жаңа тепе-теңдік ортаның кірісі

мен шығуының ұлғайған мәнінде және h реттелетін шаманың ұлғаюында пайда болады. Реттелетін объектінің бұл қасиетін, яғни бұзылған тепе-теңдік күйінің реттелетін шаманың ауытқу есебінен қайта орнына келуін өзін теңестіру деп атайды.



3.14 сурет - Объектіде қалыптаспаған үрдістің графикалық кескіні

3.14 а – суретте кіру әсері көрсетілген – кіріс Q_n ұлғаяды, бұл баспалдақты әсер; жүйеден шығуға реттелетін шама жатады – h деңгейі.

3.15 б суретте - өзін теңестіретін объектінің таратып жіберу сипаттамасы көрсетілген.

4 Автоматты реттеу звеноларының жіктелуі, типтері, сипаттамасы

Автоматты реттеу жүйесіндегі звенолар, жоғарыда атап көрсетілгендей, звенолар конструкциясы, кесте, жұмыс қағидасы бойынша түрлі болуы мүмкін. Автоматты реттеу жүйесінің тұрақтылығын талдау және өтпелі үрдістерді есептеу үшін көрсетілген белгілер мәнді болып табылмайды.

Динамикалық қасиеттері жағынан звеноларды өтпелі үрдістердің өтуі бойынша жіктелуімаңызды орын алады. Егер звеноларды осы белгісі бойынша жіктейтін болсақ, онда конструкциясы, жұмыс қайдасы және т.б. бойынша түрлі звенолардың үлкен санын негізгі бес типке жіктеуге болады. Бұлай жіктеудің негізіне өтпелі үрдісте уақыт функциясынан звеноның кіру және шығу арасындағы тәуелділік жатыр.

Типтік звеноларға жатады:

- пропорционалды (күшейткішті инерциясыз);
- апериодты (инерциялы, статикалық);
- тербелісті;
- интеграциялы (астатикалық);
- дифференциалдық.

Осы звенолардың сипаттамасын қарастырамыз:

4.1 Пропорционалды звено

Пропорционалды (күшейткішті, инерциясыз) звено дегеніміз шығуда шама кіру шамасына пропорционалды болады.

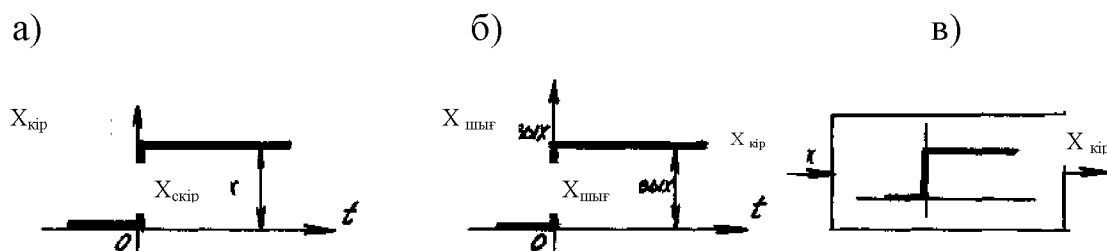
Пропорционалды звено инерциялы болмайды, кіруде алынған белгіні шығуға бірден береді (звеноның инерциялығы дегеніміз звеноның шығу шамасының кіру шамасы кенет өзгергенде біртіндеп өзгеруін айтады.)

Күшейткіш звеноның динамика теңдеуі (яғни өтпелі үрдісте) статикалық сипаттамасына сәйкес келеді:

$$X_{\text{шығу}} = KX_{\text{кіру}}, \quad (4.1.1)$$

мұнда K - күшейту коэффициенті, күшейткіш звеноның өтпелі сипаттамасының тұрақты шамасы және оның шартты кескіні 4.1 а суретте кіру баспалдақты әсері көрсетілген;

$X_{\text{с кіру}}$ - кіру шамасының қалыптасқан мәні; 4.1 б суретте өтпелі сипаттама 4.1 в суретте – пропорционалды звеноның кескіні берілген.



4.1 сурет - Пропорционалды звеноның өтпелі сипаттамасы

4.1 – суреттен көрініп тұрғандай, $X_{\text{шығу}}$ шығу шамасы $X_{\text{кіру}}$ шамасының өгеруін кешікпей немесе бұрмалай көшіреді (сондықтан күшейткіш звеносы инерциясыз деп атайды) Пропорционалды звено мысалдары:

- рычагты мүшелерге бөлінген;
- механикалық беріліс;
- электромеханикалық реттеу жүйесі не орналасқан электронды күшейткіштер;
- жұқа орамды потенциометр («кіруде» движокты қозғалту, потенциометрден алынған кернеу, - «шығу»).

4.2 Аперидоты звено

Аперидоты звено дегеніміз кірудегі шама секірмелі өзгергенде шығуда аперидоты (экспонент заңы бойынша) жаңа қалыптасқан мәнге ұмтылады.

Звеноның бұл қасиеті мына теңдікпен белгіленеді:

$$T \frac{dX_{\text{шығу}}}{dt} + X_{\text{шығу}} = KX_{\text{кіру}}, \quad (4.2.2)$$

K – күшейту коэффициенті;

dt – уақыт бойынша дифференциал;

T – аперидоты звеноның уақыт тұрақтысы уақыт тұрақтысы, сек. (6) теңдіктің шешімі келесі формула болады:

$$X_{\text{шығу}} = KX_{\text{кіру}}(1 - e^{-t/T}). \quad (4.2.3)$$

(4.2.3) формуласы бойынша құрылған өтпелі сипаттамасы және звеноның шартты бейнесі 4.2 суретте көрсетілген. Т шамасы қалыптасқан мәннің сызығына жанамалы рпоекциясы тәрізді табылуы мүмкін.

$$X_{шығу} = X_{сшығу},$$

мұнда $X_{сшығу}$ шығу шамасының қалыптасқан мәні.

Бұдан басқа Т-ны қасиетінен табуға болады, нүктесі $t = T$ ауыспалы $X_{шығу} = 0,63 X_{сшығу}$ болуы тиіс. 4.2 б суретте көрініп тұрғандай Т уақыт тұрақтысы үлкен болған сайын, $X_{шығу}(t)$ қисығы жайылып орналасады, яғни шығу шамасының қалыптасудың өтпелі үрдісі ұзағырақ болады.

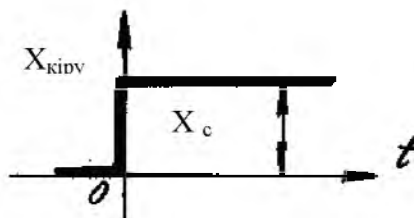
Сондықтан Т уақыт тұрақтысы апериодты звеноның белсенділігін сипаттайды.

T_c өтпелі үрдіс ұзақтығы $t_c = 3T$ уақытында қисық $X_{шығу} = X_{сшығу}$ түзілуімен қосылады, теория жүзінде $T =$ болғанда өтеді. Сонымен, апериодты звено екі сандық мәндермен сипатталады.

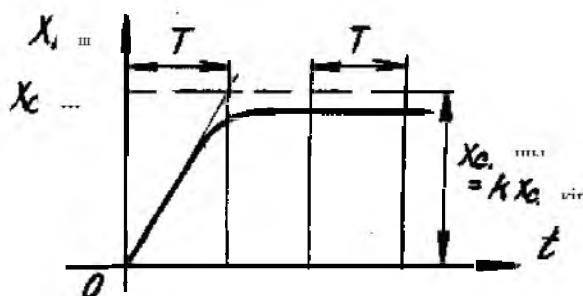
- звено қасиетін анықтайтын К күшейткіш коэффициентімен;
- звеноның динамикалық қасиетін анықтайтын Т уақыт тұрақтысы.

4.2 – суреттен көрініп тұрғандай, шығу шамасы кіру шамасының бірден өзгеруін көшірмейді, яғни звено инерциялы, сол себепті инерциялы деп аталады. $T =$ қалыптасқан мәнде және (4.2.3) формуладан $X_{шығу} = KX_{кіру}$, яғни теңдік күшейткіш звено үшін сәйкес мәннен ерекшеленбейді, өтпелі үрдіс аяқталған соң ақпараттық звено күшейткіш звенодан ерекшеленбейді. Апероидты звеноларға көптеген жылу объектілері, сондай-ақ термопара мен кедергі термометрлері жатады.

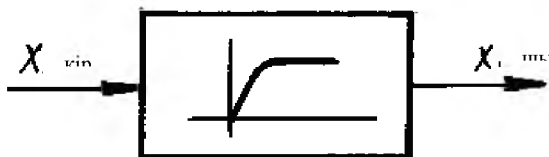
а)



б)



в)



а) кірмелі баспалдақты әсер; б) өтпелі сипаттама; в) звеноның шартты бейнесі.

4.2 сурет - Апероидты звеноның өтпелі сипаттамасы

4.3 Тербелісті звено

Тербелісті звено дегеніміз кіруде шама секірісті өзгергенде, шығуда шама сөнетін тербеліс жасай отырып, жаңа қалыптасқан мәнге ұмтылатын звеноны айтамыз.

Звенодағы тербелістер екі түрлі энергияны жинай алатын және осы қорлармен өзара алмаса алатын екі сыйымдылық бар болғанда пайда болады. Алмасу үрдісі бір түрден екінші түрге өтумен жүреді, мысалы, кинетикалық потенциалдыға.

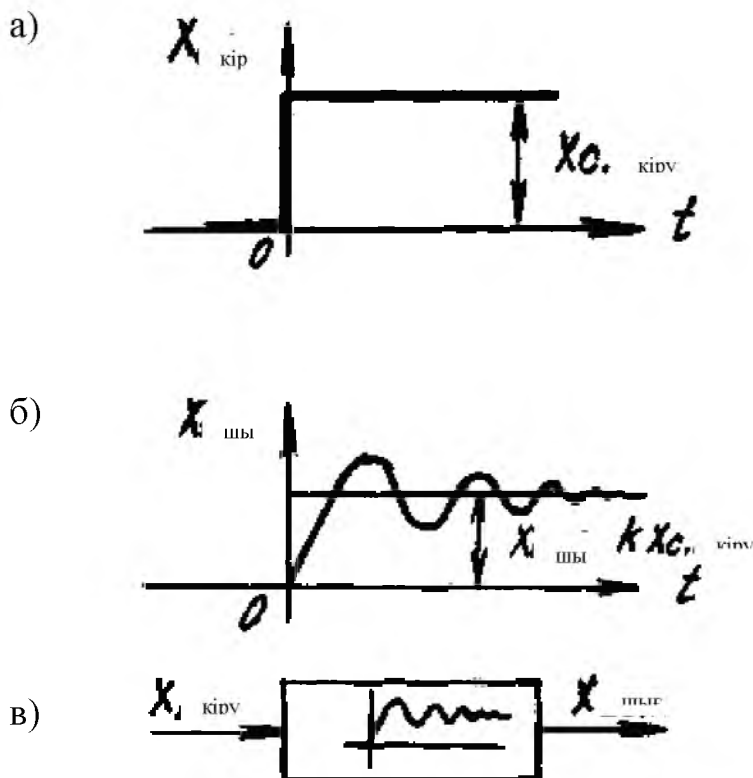
Егер звенода бастапқы әсерден алынған энергия қоры тербеліс нәтижесінде кемісе, онда тербелістер сөнеді және звено қалыпты күйде болады. Егер энергия қоры звенодағы өтпелі үрдісте ұлғайса, тербеліс амплитудасы ұлғаяды звено тұрақты бола алмайды.

Тербелісті звено қасиеттері дифференциалды теңдікпен бейнеленеді.

$$T_2^2 \frac{d^2 X_{\text{шығу}}}{dt^2} + T_1 \frac{dX_{\text{кіру}}}{dt} + X_{\text{шығу}} = KX_{\text{кіру}} . \quad (4.3.4)$$

T_1 тұрақтысы звеноның өз тербелісін демпфирленуін сипаттайды (яғни, тербелісті өшіруге әрекеттенетін үрдіс), ал T_2 тұрақтысы оның тербелуін сипаттайды, мұнда $T_1 < 2 T_2$

Тербелісті звеноның өтпелі сипаттамасы мен шартты бейнесі 4.3 – суретте келтірілген:



4.3 сурет - Тербелісті звеноның өтпелі сипаттамасы

Тербелісті звено мысалдары:

- ортадан тепкіш реттегіш маятникі;
- индуктивтіліктің, сыйымдылықтың және белсенді кедергінің тізбекті қосуы мен электр сызбалар; қалтқыш дифференциалды манометрлер.

4.4 Интегралды звено

Кіруде шаманың өзгеру жылдамдығы шығуда шаманың өзгеру жылдамдығына пропорционалды болатын звено интегралдық деп аталады.

Бұл звеноның қасиеті мына теңдікпен бейнеленеді:

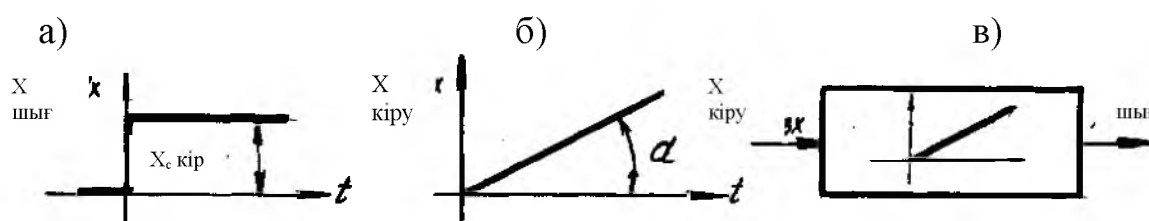
$$\frac{dX_{\text{шығу}}}{dt} = KX_{\text{кіру}} \quad (4.4.1)$$

Интеграциялы звенода шығу белгісінің шамасы уақыт бойынша кіру шамасынан интегралға пропорционалды, яғни

$$X_{\text{шығу}} = k \int_0^t X_{\text{кіру}}(t) dt, \quad (4.4.2)$$

Интегралды звеноның өтпелі сипаттамасы қисайған тік сызық $X_{\text{шығу}}(t)$ болады. Өйткені геометриялық түрде интеграл $X_{\text{кіру}}(t)$ сызығы мен уақыт осі (берілген жағдайда, $X_{\text{кіру}} = \text{const} = X_{\text{кіру}}$) арасындағы аудан, онда бұл аудан t уақытпен пропорционалды өседі $X_{\text{шығу}} = KX_{\text{с.кіру}} t$.

Интегралды звеноның өтпелі сипаттамасы мен шартты бейнесі 4.4 – суретте келтірілген. Интегралды звено мысалдары: аз қуатты электр қозғалтқышы, оның валының бұрыштық айналу жылдамдығы якорь тізбегінің кернеуіне пропорционалды, электр санауыш.



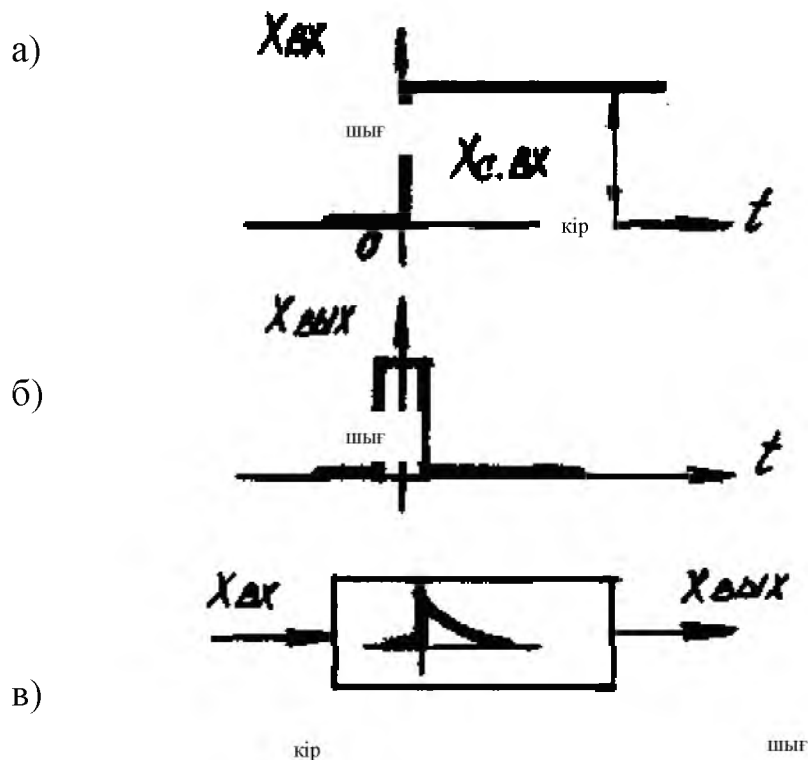
4.4 сурет - Интегралды звеноның өтпелі сипаттамасы

4.5 Дифференциалды звено

Шығудағы шама кірудегі шаманың өзгеру жылдамдығына пропорционалды болатын звено дифференциалды деп аталады. Дифференциалды звенода шығу белгісі звеноның кіруінде алынған белгінің туындысы. Бұл звеноның қасиеті мына теңдікпен бейнеленеді

$$X_{шығу} = K \frac{dX_{кіру}}{dt}. \quad (4.5.1)$$

Дифференциалды звеноның өтпелі сипаттамасын құру үшін тұрақты шама $X_{кіру} = X_{с.кіру}$ береміз. (4.5.1) теңдеуге сәйкес шығуда $X_{шығу} = 0$, өйткені $X_{кіру} = X_{с.кіру} = \text{const}$, ал тұрақты шаманың туындысы 0-ге тең. $X_{кіру}$ өзгеру сәтінде, яғни өз нүктесінде $t=0$, туындысы шексіз, ал өтпелі сипаттамасы бір сәттік импульс түрінде болады. Бірақ $X_{кіру}$ бір сәттік кенеттен өзгеруі тәжірибеде болмайды, онда шығуда импульс соңғы және өте қысқа уақытты болады. Дифференциалды звеноның өтпелі сипаттамасы және оның шартты бейнесі 4.5 суретте келтірілген. Дифференциалды звено мысалына тахогенератор жатады, кіру шамасына валды бұрудың бұрышы, ал шығу шамасына кернеу жатады. Дифференциалды звеноға жылдамдықты термopapa жатады, оның ЭҚК шығуда өлшенетін температураның өзгеру жылдамдығына пропорционалды.



4.5 сурет - Дифференциалды звеноның берілу сипаттамасы

4.6 Автоматты реттеу звеноларының берілу функциялары

Жоғарыда айтылғандай звеноны күшейту коэффициенті қалыптасқан режимде кіру және шығу параметрлері арасындағы тәуелділікті орнатады, жалпы жағдайларда осы параметрлер арасындағы байланыс, соның ішінде қалыптаспаған режимде звеноның беріліс функциясын орнатады.

Звеноның беріліс функциясын W шығу белгісінің кіру белгісіне қатынасы ретінде қарастыруға болады:

$$W = \frac{X_{шығу}}{X_{кіру}}. \quad (4.6.1)$$

Мысалы, апериодты звеноның беріліс функциясын оның дифференциалды теңдеуі бойынша анықталады:

$$T \frac{dX_{шығу}}{dt} + X_{шығу} = KX_{кіру}.$$

Бұл теңдеуді операторлық түрде жазамыз:

$$(T_p + 1)X_{шығу} = KX_{кіру}.$$

Соңғы теңдеуден звеноның беріліс функциясын алуға болады:

$$W = \frac{X_{шығу}}{X_{кіру}} = \frac{K}{T_p + 1}. \quad (4.6.2)$$

Звеноның беріліс функциясы есептеу жолымен звеноның жиілік сипаттамасын алуға мүмкіндік береді.

Беріліс функциясы формулада келтірілген апериодты звено үшін жасаймыз.

Осы формулада P_{gw} – ға ауыстырамыз, мұнда j – сызықты сандар, ал w – жиілік ауыстырған соң аламыз:

$$W_{(gw)} = \frac{K}{T_{gw} + 1}. \quad (4.6.3)$$

Яғни комплексті мән аламыз, ол амплитудалық – фазалық жиілік сипаттамасын мәні болып табылады.

Күшейткіш звено үшін беріліс функциясын анықтаймыз:

$$X_{шығу} = KX_{кіру}.$$

Беріліс функциясы мына формуламен анықталады:

$$W = \frac{X_{шығу}}{X_{кіру}} = \frac{KX_{кіру}}{X_{кіру}} = K. \quad (4.6.4)$$

Яғни күшейткіш звеноның беріліс функциясы оның күшейту коэффициентіне тең.

Тербелісті звено үшін беріліс функциясы.

Тербелісті звено мына теңдеумен сипатталады:

$$T_2^2 \frac{d^2 X_{шығу}}{dt^2} + T_1 \frac{dX_{шығу}}{dt} + X_{шығу} = KX_{кіру}$$

операторлық түрде жазғанда, тербелісті звеноның беріліс функциясын алуға болады:

$$W = \frac{X_{шығу}}{X_{кіру}} = \frac{K}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}. \quad (4.6.5)$$

Дифференциалды звеноның беріліс функциясы.

Дифференциалды звено мына теңдеумен сипатталады:

$$X_{шығу} = K \frac{dX_{кіру}}{dt} - \text{операторлық түрде:}$$

$$X_{шығу} = KpX_{кіру} . \quad (4.6.6)$$

5 Автоматты реттеу жүйесінің теңдеуі

Автоматты реттеу мен өндірістік үрдістің реттегішін дұрыс тандау үшін оның тек қана статикалық динамикалық сипаттамаларын ғана зерттемей, сондай – ақ реттеу объектісін де зерттеу керек: бұл былай түсіндіріледі, реттеу жүйесінің қасиеттері осы жүйені құрайтын барлық элементтердің қасиеттерімен, соның ішінде объектінің қасиеттерімен анықталады.

Егер реттелетін объектінің динамикалық қасиеттері берілсе, онда бүкіл жүйе қасиеттеріне реттегіш типін таңдау және оны күйге келтіру параметрлері есебінен ғана әсер етуге болады. Бұл үшін реттеу үрдісін зерттеу керек: жүйе тұрақтылығын анықтау керек, өтпелі үрдіс сапасы тиімді ме (реттелетін параметр ауытқуы қандай, өтпелі үрдіс ұзақтығы және т.б.).

Реттеу жүйесін зерттеу үшін осы үрдісті сипаттайтын теңдеу құру керек; біз көргендей, бұл теңдеу ары қарай дифференциалды болады. Мысал ретінде қарапайым объектінің дифференциалды теңдеуін құрастырамыз – деңгейді реттеу. Ыдысқа $Q \text{ м}^3/\text{сек}$ мөлшерде су келеді, $Q \text{ м}^3/\text{сек}$ мөлшерде су шығындалады.

Реттеу объектісі тепе – теңдікте болғанда, су ағуы су шығынына тең, яғни

$$Q_n = Q_p . \quad (5.1)$$

$Q_n - Q_p = 0$; мұнда деңгей h өзгермейді, деңгейдің берілген мәннен ауытқуы $\Delta h = 0$. Егер ағып келетін және ағып кететін су мөлшері өзгертін болса, онда ыдыстағы деңгей де өзгереді. Жаңа су ағуы Q_{nt} болса, ал жаңа су шығыны Q_{pt} болғанда:

$$Q_{nt} = Q_n + \Delta Q_n ; \quad (5.2)$$

$$Q_{pt} = Q_p + \Delta Q_p , \quad (5.3)$$

мұнда ΔQ_n және ΔQ_p – ағуы мен шығынға сәйкес өсуі.

Деңгейді ұлғайтуға шығындалатын секундтағы су мөлшері су ағуы мен шығынының айырмашылығына тең.

Яғни $Q_{nt} - Q_{pt}$. Бұл айырмашылық (5.2) және (5.3) ескере отырып тең болады:

$$Q_{n1} - Q_{p1} = Q_n + \Delta Q_n - Q_p - \Delta Q_p . \quad (5.4)$$

Басқа жағынан алғанда, су деңгейін ұлғайтуға ағымның уақыт бірлігіне су көлемі тең болады.

$$Q_{n1} - Q_{p1} = S \frac{d(\Delta h)}{dt}, \quad (5.5)$$

мұнда S – ыдыс негізінің ауданы;

$\frac{d(\Delta h)}{dt}$ – деңгей өзгеруінің жылдамдығы.

Біздің объектіде бактан шығын деңгей биіктігіне байланысты:

$$Q = f(h),$$

егер Δh аз болса, онда бірінші жуықтағанда есептеуге болады.

$$\Delta Q_p = K_1 \Delta h_1,$$

мұнда $K_1 = \frac{dQ_p}{dh}$ – тұрақты коэффициент (5.4) теңдеуді (5.5) ескере отырып, қайта жазамыз:

$$Q_{pi} - Q_{pi} = \Delta Q_n - \Delta Q_p = S \frac{d(\Delta h)}{dt},$$

осыдан $S \frac{d(\Delta h)}{dt} + \Delta Q_p = \Delta Q_n$,

$\Delta Q_p = \Delta Q_n$, соңғы теңдікке (5.6) формула мәнін қойып аламыз:

$$S \frac{d(\Delta h)}{dt} + K_1 \Delta h = \Delta Q_n. \quad (5.7)$$

Берілген сәтте Δh берілген мәннен реттелетін шаманың ауытқуын $X_{шығу}$ арқылы белгілейміз, берілген сәтте ΔQ_n (бу) судың агуын өзгеруін $X_{кіру}$ арқылы белгілейміз, онда (5.7) теңдікті келесі түрде жазылуы мүмкін:

$$S \frac{dX_{вых}}{dt} + K_1 X_{вых} = X_{вх},$$

мұнда $t = \frac{S}{K}$ – уақыт тұрақтысы;

$K = 1/k_1$ – объектіні күшейту коэффициенті.

Соңғы теңдеу – бірінші дәрежелі дифференциалды теңдеу, апериодты звено теңдеуі.

Осы теңдеуден көрініп тұрғандай зерттеу үшін тек $X_{шығу}$ реттелетін шаманы ғана емес, оның туындысын $\frac{dX_{шығу}}{dt}$ білу керек, яғни уақыт бойынша оның жылдамдығының өзгеруі.

Кейбір звенолар екінші дәрежелі теңдеумен сипатталады; мысалы пружиналы солиноид мына теңдеумен сипатталады:

$$T_2^2 \frac{d^2 X_{шығу}}{dt^2} + T_1 \frac{dX_{шығу}}{dt} + X_{шығу} = K^0 X_{кіру},$$

мұнда $X_{шығу}$ – якордың ауытқуы;

$X_{кіру}$ – соленоид катушкасының қысымындағы кернеудің өзгеруі;

T_1 және T_2 – уақыт тұрақтысы;

K – күшейту коэффициенті.

Берілген теңдеу тербелісті звено қасиетін сипаттайды.

Автоматты реттеудің теория мен тәжірибесінде жоғары дәрежелі теңдеумен жиі кездесеміз.

Жалпы түрде сызықтық жүйенің динамикалық қасиеттерін сипаттайтын тұрақты коэффициенттермен кәдімгі дифференциалды теңдеу мына түрде болады:

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n X_{шығу}}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} X_{шығу}}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dX_{шығу}}{dt} + a_0 X_{шығу} = \\ \epsilon_m \frac{d^m X_{кіру}}{dt^m} + \epsilon_{m-1} \frac{d^{m-1} X_{кіру}}{dt^{m-1}} + \dots + \epsilon_1 \frac{dX_{кіру}}{dt} + \epsilon_0 X_{кіру}, \end{aligned} \quad (5.8)$$

мұнда $X_{шығу}$ – шығу (реттелетін) шама;

$X_{кіру}$ – кіру шамасы (реттейтін немесе әсер ету);

$a_n, a_{n-1}, a_0; \epsilon_m; \epsilon_{m-1}, \dots, \epsilon_0$ – тұрақты коэффициенттер;

$\frac{d^n X}{dt^n}$ – n дәрежелі уақыт бойынша туындысы;

$\frac{d^m X}{dt^m}$ – m дәрежелі уақыт бойынша туындысы.

(5.8) дифференциалды теңдеу операторлық түрде былай жазылады:

$$\begin{aligned} a_n p^n X_{шығу} + a_{n-1} p^{n-1} X_{шығу} + \dots + a_1 p X_{шығу} + a_0 X_{шығу} = \\ \epsilon_m p^m X_{кіру} + \epsilon_{m-1} p^{m-1} X_{кіру} + \dots + \epsilon_1 p X_{кіру} + \epsilon_0 X_{кіру}, \end{aligned} \quad (5.9)$$

немесе $(a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0) X_{шығу} =$

(5.9) теңдеудегі көпмүше орнына белгілер ендіруге болады.

$L(P)X_{шығу} = N(P)X_{кіру}$, мұнда $L(P)$ және $N(P)$ – операторлық көпмүше $X_{шығу}$ көбейткіш болатын P оператордан функциясының, $X_{кіру}$ де болатын P оператор функциясына қатынасын $W(P)$ жүйесінің беріліс функциясы деп атайды:

$$W(P) = \frac{X_{шығу}}{X_{кіру}} = \frac{\epsilon_m P^m + \epsilon_{m-1} P^{m-1} + \dots + \epsilon_1 P + \epsilon_0}{a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \dots + a_1 P + a_0}. \quad (5.10)$$

Егер P орнына $j\omega$ қойсақ амплитудалық – фазалық сипаттаманың аналитикалық сипатын аламыз:

$$W(j\omega) = \frac{B_m (j\omega)^m + B_{m-1} (j\omega)^{m-1} + \dots + B_1 (j\omega) + B_0}{a_n (j\omega)^n + a_{n-1} (j\omega)^{n-1} + \dots + a_1 (j\omega) + a_0} = \frac{N(j\omega)}{L(j\omega)}. \quad (5.11)$$

Егер теңдеу (5.8) және (5.9) сол және оң жақтары болса, онда ол әсер ету арқылы өтетін өтпелі үрдісті сипаттайды.

Сол жақты теңдеуді шешу, яғни теңдеудің оң жағы нөлге тең,

$$(a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0) X_{\text{ивы}} = 0.$$

Сыртқы әсер жайылған соң жүйедегі өтпелі үрдісті бейнелейді (жүйенің еркін қозғалысы). Автоматты реттеу жүйесінің қозғалысын зерттеу үшін дифференциалды теңдеуді шешу керек. Бұл жүйе тұрақтылығын анықтау үшін, өтпелі үрдіс сапасын анықтау үшін керек. Үшінші дәрежедегі дифференциалды теңдеулерді шешу қиынырақ.

Сондықтан мұндай теңдеулерді шешуде есептеу машиналарын колданады немесе есептеудің жеке әдісін колданады.

Тәжірибеде экспериментті түрде динамикалық жиілік сипаттамасын дифференциалды теңдеу шешуге қарағанда жеңіл.

6 Автоматты реттеу жүйесінің тұрақтылығын зерттеу

Тұрақтылық түсінігімен байланысқан сұрақтарға дәл математикалық сипаттама берместен бұрын, тұрақтылық теориясының негізгі жағдайларымен азғантай қатаң тәртіпте реттеу теориясының қалай байланысқанын көрсетейік. Автоматтың жобалануына, ал дәлірек айтқанда басқару объектісінің қозғалысын суреттейтін теңдік:

$$\dot{X} = F(X, t, P, \xi). \quad (6.1)$$

мұнда $X(t)$ - фазалы кеңістікте ұшақ траекториясымен сипаттайтын вектор;

ξ – ауытқудың кездейсоқ векторы;

P – басқару мақсаттарына жетуді қамтамасыз ету үшін конструктормен таңдалынатын автоұшқыштың конструктивті параметрлерінің векторы. Есептік траекторияны біле отырып, бұл траекторияның ауытқуы болмаған жағдайда фазалық вектордың нөлдік шамалары жауап беретіндей координаталардың түрленуін үнемі тоқырауда болады, яғни

$$F(0, t, P, 0) = 0. \quad (6.2)$$

$t = t_0$ уақытының кейбір сәтінде ұшақ ауалы орта түсті, яғни ауытқу нәтижесінде есептік траекториядан ауытқып кетті делік:

$$X(t_0) = X0 \neq 0. \quad (6.3)$$

Сірә, мақсатқа қол жеткізудің қажетті шарт болып есептік фазалы траекториядан уақыт өте, ауытқудың нөлге ұмтылу шарты болып табылады. Бұл есептік траекториялардан ауытқуды анықтайтын $X(t)$ вектор- функциясы үшін келесі шарттың орындалуы дегенді білдіреді

$$\lim_{t \rightarrow 0} X(t) \rightarrow 0. \quad (6.4)$$

(6.4) шартты нақты өмірде басқару мақсаттарына қолд жеткізу үшін T уақытының соңғы аралығында орындалуы қажет қандайда бір идеализация болып табылады. Бірақта ауытқудың бәсеңдеу уақыты ұшу ұзақтығынан көпке кіші болатын болса, онда мұндай идеализация мүмкін болады, ол $t \rightarrow \infty$ функциясының әрекетін зерттеу ақырғы интервалдағыға қарағанда қарапайымдау болып табылады.

(6.4) шартын (6.1) теңдігінің тривиальды ($X=0$) шешімінің асимптоталы тұрақтылығының шарты деп атайды. Конструкторды ұшақтың ұшуы нақты параметірмен орнықты ма деген сұрақ қана емес, объект орнықты болатын авто ұшқыш параметрінің өзгеру аймағы да мазалайды (P векторы).

Орнықтылыққа зерттеуде алдыңғы тарауларда бірнеше қолданылған линеаризация әдісі жемісті. Шыныменде есептік траекториядан ауытқулар аз болғандықтан, 2-ші ретті болмашылардың мүшелерін ығысу арқылы мына түрдегі линеаризация (5.1) теңдігін аламыз:

$$\dot{X} = AX, \quad (6.5)$$

мұнда $A = \{a_{ij}\} \quad (i=1,2,\dots, n, \quad j=1,2, \dots, n)$ - $\partial F / \partial X \mid_{X=0, \quad \xi=0}$, коэффициенттері P компонент векторымен t уақытының функциялары болып табылатын матрица.

Зерттеудің ең қарапайым түрі (5.1) теңдігінің оң жағы уақыттың нақты түрінде болмайтын стационарлы қозғалыстардың тұрақтылығы, сондықтанда матрица элементтері A тұрақты. Сонымен асимптоталы тұрақтылық сұрағы, төменде көрсетілгендеи, таза алгебралық есепке келтіріледі.

6.1 Тұрақтылық теориясының негізгі түсініктері (математикалық тұжырымдама)

$$\frac{dX}{dt} = F(X, t), \quad (6.1.1)$$

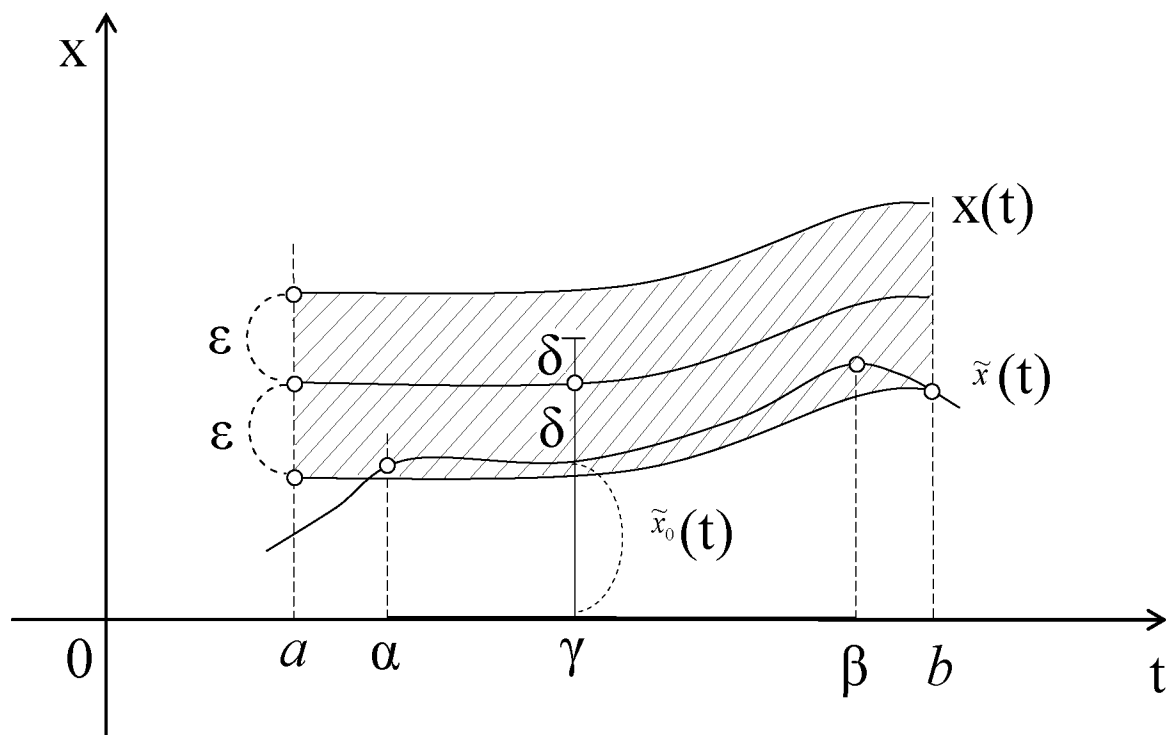
мұндағы $F(X, t)$ вектор функциясы $a < t < b$ болғанда уақыт бойынша үздіксіз және D_x -ң белгісіз аймағында X векторының x_1, x_2, \dots, x_n - компоненттері бойынша 1-ші ретті үздіксіз жеке туындыға ие. Бұл шарттарда Коши теоремасы тура болады. $(t_0, X(t_0))$ шамаларының әр жүйесі үшін уақыттың кейбір интервалында анықталып, $X=X(t)$ бастапқы шартын қанағаттандыратын (6.1.1) теңдігінің $X(t_0)=X_0$, жалғыз ғана шешімі бар, яғни Коши есебі сөзсіз шешіледі.

Тұтастық қасиеті мен оң жақ бөлігі үздіксіз дифференциал теңдеулер жүйесі үшін шешімнің интегралды үздіксіз орны бар, ал дәлірек айтқанда, егер $X(t)$ ($a < t < b$) болатын болса (6.1.1), шешімі бар.

Онда кез келген $\varepsilon > 0$ и $[\alpha, \beta] \subset [a, b]$ үшін $\tilde{x}(\gamma) = \tilde{x}_0$, бастапқы шартымен анықталатын $\tilde{X}(t)$ мұндағы $\gamma \in [\alpha, \beta]$ и $\|\tilde{X}(\gamma) - X(\gamma)\| < \delta, t \in [\alpha, \beta]$ (6.1

сурет) үшін әрі $\|\tilde{X}(t) - X(t)\| < \varepsilon$ болғандықтан $a \leq t \leq \beta$, мына түрде, яғни $\delta > 0$ болады.

9



6.1 сурет

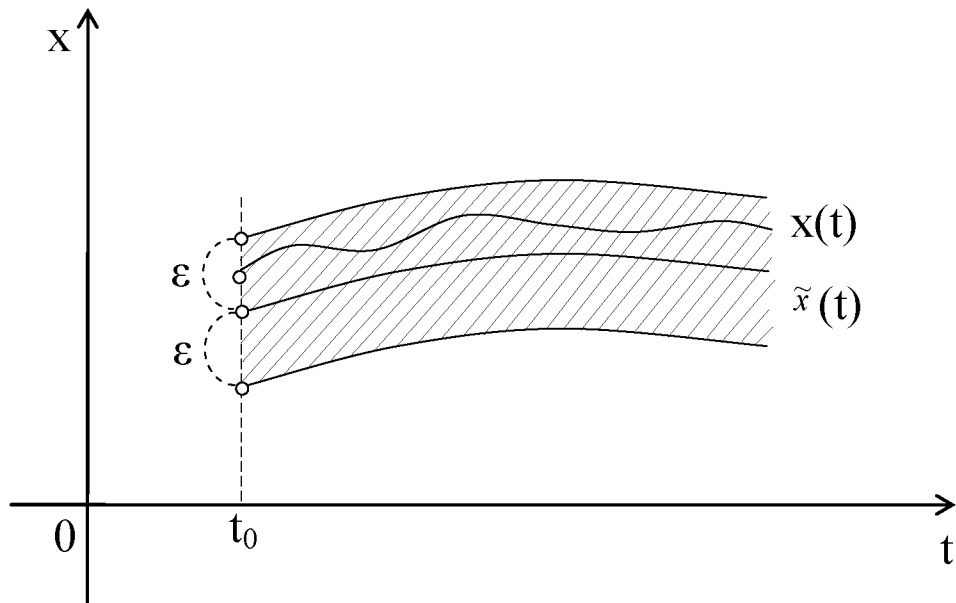
1. Теңдігінің $\eta = \eta(t)$ ($a < t < \infty$) шешімі $t \rightarrow \infty$, Ляпунов бойынша тұрақты деп аталады, егер кез келген $\varepsilon > 0$ және $t_0 \in [\alpha, \infty]$ үшін $\delta = \delta(\varepsilon, t_0) > 0$ болатын болса, онда мыналар:

1) Шартты қанағаттандыратын (6.1.1), барлық шешімдер $t_0 < t < \infty$, аралығында яғни $t \in [t_0, \infty]$ -те анықталады.

$$\|X(t_0) - \eta(t_0)\| < \delta. \quad (6.1.2)$$

2) Бұл шешімдер үшін мына теңсіздік тура $\|x(t) - \eta(t)\| < \varepsilon$ $t_0 \leq t < \infty$. (6.1.3)

Басқаша айтқанда, $\eta(t)$ шешімі тұрақты, егер де t_0 -ң кез келген бастапқы сәтінде оған жеткілікті жақын $X(t)$ шешімі $\eta(t)$ шешімінің (6.2 сурет). Төңірегінде тұрғызылатын тар түтікшеге ε -түтікшеге толығымен артылғанда;



6.2 сурет

(6.1.2) және (6.1.3) теңсіздіктерінен мағынасы бойынша үнемі $\delta \leq \varepsilon$ таңдап алуға болатындығы шығады. Соның ішінде, $F(t, 0) \equiv 0$ болғанда тривиальді шешім (есептік траектория – тепе-теңдік жағдайы) $\eta(t) \equiv 0$ ($a < t < \infty$) тұрақты болады, егер кез-келген $\varepsilon > 0$ және $t_0 \in (a, \infty)$ үшін $\|X(t_0) - \delta\|$ теңсіздігінен $\|X(t_0) - \varepsilon\|$ теңсіздігі шығатындай $\delta = \delta(t_0) > 0$ бар болатын болса, Ляпунов бойынша көптеген тұрақты шешімдердің арасынан біртекті тұрақты шешімдерді ерекше белгілейді. Егер $\delta > 0$ 1-ші анықтамада t_0 уақытының бастапқы сәтінен тәуелсіз деп алуға болатын болса, онда тұрақтылық біртегісті деп аталады.

2. $t \rightarrow \infty, \eta = \eta(t)$ ($a < t < \infty$) шешімі асимптоталы тұрақты деп аталады:

- егер бұл шешім Ляпунов бойынша тұрақты болатын болса;

- кез-келген $t \in (a, \infty)$ үшін $\|X(t_0) - \eta(t_0)\| < \Delta$ шартын қанағаттандыратын

барлық $X = X(t)$ ($t_0 \leq t < \infty$)-ң шешімдері $\lim_{t \rightarrow \infty} \|X(t) - \eta(t)\| = 0$ қасиеттеріне ие болатын

$\Delta = \Delta(t) > 0$ теңдігі бар. Сонымен асимптоталық тұрақты дегеніміз «жүктемесі бар тұрақты» 2-ші анықтамаға сәйкес $\eta(t) \equiv 0$ тривиальды шешімі үшін асимптоталық тұрақтылық шарты мына түрде болады:

1) Ляпунов бойынша тұрақтылық.

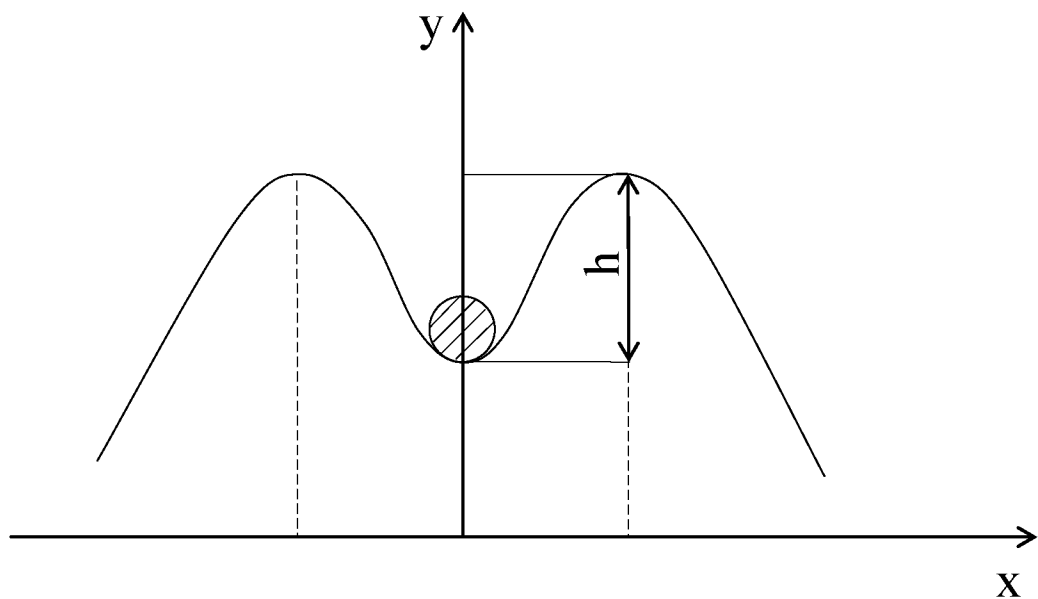
2) $\lim_{t \rightarrow \infty} X(t) = 0$ бойынша $\|X(t_0)\| < \Delta$.

(Шамасының физикалық мағынасы h тереңдікте ойықтық ішінде кішкене шар көрсетілген (6.3 сурет). Түсінікті болуы мүмкін. Сірә кішкене шар ойық аралығында ауытқығанда ғана тұрақты тепе-теңдікке ие болуы мүмкін).

Егер t_{0di} айқындасақ, онда $\|X\| < \Delta(t_0)$ аймағы тепе-теңдік жағдайының тартылу аймағы болып табылады. Егер $\Delta = \infty$ болса, онда шешімді тұтасымен асимптоталы тұрақты деп атайды. (6.1.1) жүйесімен қатар ауытқыған жүйе болсын делік

$$\frac{dZ}{dt} = F(t, Z) + \varphi(t, Z). \quad (6.1.4)$$

3. Егер кез келген $\varepsilon > 0$ және $t_0 \in (a, \infty)$ үшін $\delta = \delta(\varepsilon, t_0)$ бар болатын болса, $\|\varphi(t, Z)\| < \delta$ болғанда $\|Z(t_0)\| < \delta$ шартын қанағаттандыратын (6.1.4) жүйесінің барлық шешімдері (a, ∞) аралығында анықталған және де $t_0 \leq t < t_0 + \delta$ -де $\|Z(t) - \eta(t)\| < \varepsilon$ -де. Есептің интегралды үздіксіздігін пайдалана отырып, қандайда бір айқындалған $t_0 \in (a, \infty)$ үшін (6.1.1) жүйесінің $\eta = \eta(t)$ ($a < t < \infty$) шешімі Ляпунов бойынша тұрақты болатын болса онда оның Ляпунов бойынша $t_0 \in (a, \infty)$ үшін тұрақты яғни 6.1 анықтамасының мағынасында тұрақты болатындығын дәлелдеуге болады.



6.3 сурет

Осылайша, шешімнің тұрақтылығы, сондай-ақ оның асимптоталы тұрақтылығын тексеруде t уақытының кейбір берілген бастапқы менттеріне ғана арналған тексерулермен шектелуге болады.

Жоғарыда айтылғандардан $\eta(t)$ ($a < t < \infty$) шешімі $t = t_0$, болғанда тұрақсыз болса, онда ол $t'_0 \in (a, \infty)$ уақыттың кез келген басқа сәттері үшін тұрақты.

Автоматты реттеу жүйесінің тұрақтылығы олардың қалыпты жұмысы үшін қажетті жағдай болып табылады.

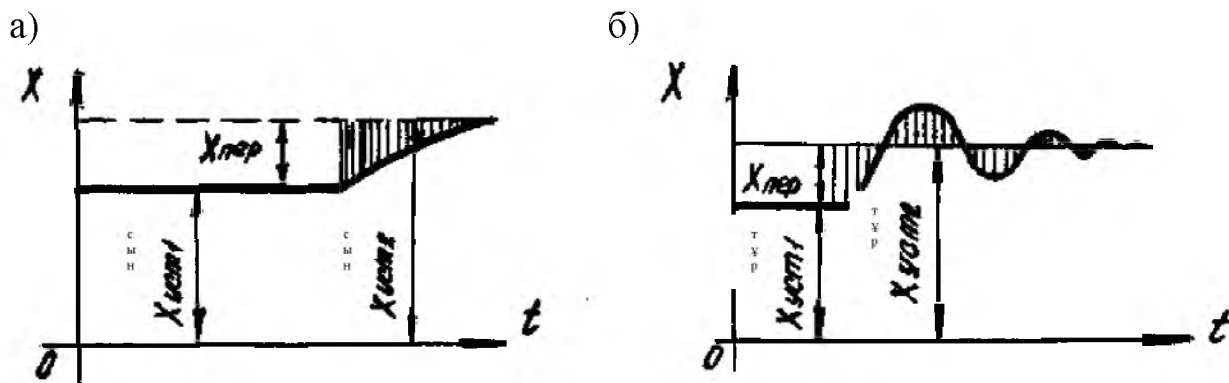
Жүйенің тұрақтылығы дегеніміз қалыпты дегеніміз қалыпты күйден ауытқығанда әсер тоқтаған соң қалыпты күйге қайта келуі.

Сөнетін өтпелі үрдісті реттеу жүйесін тұрақты деп атайды. Бұл үшін реттегіш объектіге әсер ету бағытын беру керек, ол реттелетін шаманың пайда болған ауытқуын жоюға бағытталған. Автоматты реттеу жүйесі қандай да бір әсерден қалыпты жағдайдан ауытқыған, бұрынғы қалыптасқан күй $X_{уст}$ реттелетін шамамен сипатталады (6.4 сурет). Егер жүйе тұрақты болса, онда өтпелі үрдісте реттелетін шама $X_{уст2}$ жаңа қалыптасқан күйге жақындайды,

суретте $X_{пер}$ арқылы белгіленген өтпелі ауытқу абсолютті шама бойынша үздіксіз кемиді.

6.4, а суретте монотонды өтпелі үрдісті тұрақты жүйе көрсетілген.

Бұл өтпелі үрдіс жаңа тепе – теңдікті жағдайдан ауытқу уақыт өткен сайын кемиді.



6.4 сурет - Автоматты реттеу тұрақты жүйелерінде өтпелі үрдістер графиктері

6.4,б суретте автоматты реттеудің тұрақты жүйесінің тербеліс үрдісінің графигі көрсетілген. Тербеліс амплитудасы үздіксіз кемиді, үрдіс сөнетін болып табылады.

6.4,а суретте автоматты реттеудің тұрақсыз жүйесінде тарату сипатындағы өтпелі үрдісі көрсетілген.

өтпелі үрдісте $X_{пер}(t)$ өтпелі айырмашылығы ұлғаяды, өтпелі үрдісте автоматты реттеу жүйесі тұрақсыз.

6.5,б суретте автоматты реттеу жүйесінің өтпелі тұрақсыз үрдісі көрсетілген.

Қалыптасқан режимнен ауытқыған жүйе $X_{уст}$ реттелетін шаманың жаңа мәні жанында тербелісті қозғалыс жасайды, өтпелі айырмашылық амплитудасы үздіксіз ұлғаяды.

Тұрақтылық сұрағы тұрақтылық критерий көмегімен шешіледі, яғни жүйенің дифференциалды теңдеуін шешпей – ақ, тек оның коэффициентімен тұрақтылық жөнінде шешімге келетін белгілермен (немесе осы коэффициенттерді анықтайтын параметрлермен).

А.М. Ляпунов анықтамасына сәйкес сызықты жүйедегі қозғалыс тұрақтылығы келесі жағдайлармен анықталады:

1) Сипатты теңдеудің түбірлерінің заттық бөліктері теріс болса жүйе тұрақты.

2) Егер кез келген бір түбірдің заттық бөлігі оң болса жүйе тұрақсыз.

Автоматты реттеудің сызықтық тұйық жүйедегі бос тербелістерді тұрақты коэффициенттермен дифференциалдық теңдеумен оперативті түрде жазуға болады:

$$(a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0) x = 0,$$

мұнда x – берілген мәннен шаманың ауытқуы.

Интеграл көмегімен келесі түрге келтіруге болады:

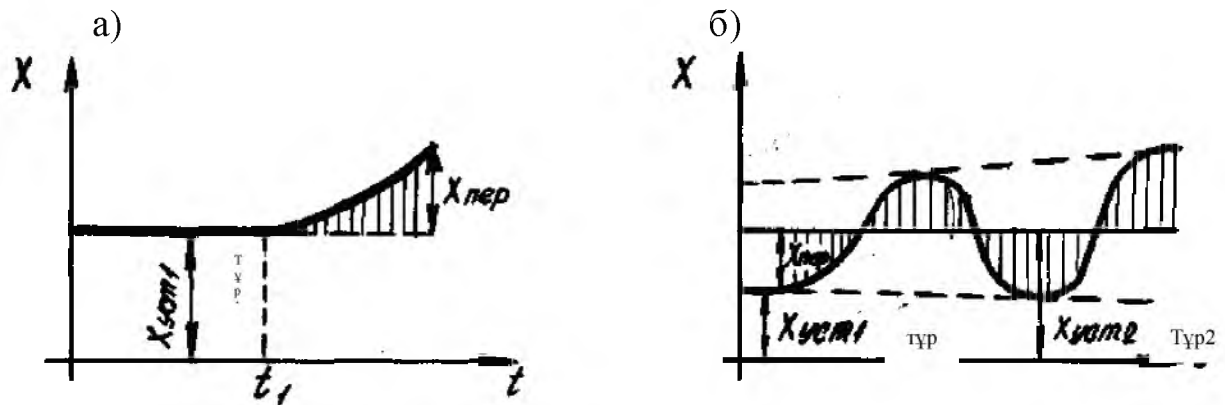
$$(a_n r^n + a_{n-1} + r^{n-1} + \dots + a_1 r + a_0) = 0,$$

мұнда r – тұрақты шама

Соңғы теңдік сипаттамалық болып табылады.

Алынған теңдеуді алдындағымен салыстыра отырып, көруге болады, олар p -ип r ауыстырылған. Сондықтан, сипаттамамыз теңдеуді мына формада қарастыруға болады:

$$a_n p^n + a_{n+1} * p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0 = 0. \quad (6.1.5)$$



6.5 сурет - Автоматты реттеудің өтпелі тұрақсыз үрдісі

Жүйенің тұрақтылығын анықтау үшін келесі шаралар қолданады:

- 1) Раус пен Гурвиңтің алгебралық критерийлері.
- 2) Найквист пен Михайловтың жиілік критерийлері.

Алгебралық критерийлер жүйенің тұрақтылығын бесінші дәрежеге дейін қолданылады. Жоғарғы дәрежедегі жүйелер үшін жиілік критерийлерін тек серген дұрыс. Раус ендірген, кейін Гурвиң ендірген тұрақтылықтың алгебралық критерийлері алгебралық критерийлерге жауап беретін алгебралық теңдеулер коэффициенті үшін жағдай болып табылады, онда реттеу жүйесі тұрақты болады.

Раус және Гурвиң критерийлері математикалық операциялар тізбегін анықтайтын ереже формасында берілген (есепті шешу үшін қажетті кесте мен матрица құрастыру). Өйткені жалпы түрде n – дәрежелі жүйе үшін алгебралық критерийлер күрделі түрде бейнеленгендіктен, 3 – дәрежелі жүйе үшін тұрақтылық жағдайымен шектелеміз.

1 – дәрежелі жүйе үшін сипаттылық теңдеу мына түрде болады:

$$a_1 p + a_0 = 0.$$

Тұрақтылық жағдайы: $a_0 > 0; a_1 > 0$.

2 – дәрежелік жүйе үшін сипаттылық теңдеу мына түрде болады:

$$a_1 p^2 + a_1 p + a_0.$$

Тұрақтылық жағдайы: $a_0 > 0; a_1 > 0; a_2 > 0$.

Сонымен, бірінші және екінші дәрежелі жүйе тұрақтылық жағдайына теңдеудің сол жағындағы барлық оң мәндер жатады.

3 – дәрежелі жүйе үшін сипаттылық теңдеу мына түрде болады:

$$a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0 = 0.$$

Тұрақтылық жағдайы: $a_0 > 0; a_1 > 0; a_2 > 0; a_3 > 0; a_2 a_1 - a_3 a_2 > 0$.

А.В. Михайловтың тұрақтылық критерий мәнін (1938 ж. ұсынған) 4 дәрежелі теңдеумен сипатталатын автоматты жүйе мысалында қарастырамыз.

Бұл жүйе үшін сипаттылық теңдеу:

$$a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0 = 0. \quad (6.1.5)$$

Теңдеудің сол жағын $L(p), ap, jw$ тән мәндеріне ауыстырсақ, сонда

$$L(jw) = a_4 (jw)^4 + a_3 (jw)^3 + a_2 (jw)^2 + a_1 jw + a_0 = 0.$$

Еске түсіреміз: $j = \sqrt{-1}, j^2 = -1; j^3 = -j; j^4 = 1;$

$$L(jw) = a_4 w^4 - ja_3 w^2 - a_2 w^2 + ja_1 w + a_0.$$

Сонда теңдеудің заттық және жалған бөлігін бөліп шығарамыз:

$$L(jw) = a_4 w^4 - a_2 w^2 + a_0 + (a_1 w - a_3 w^3)j. \quad (6.1.7)$$

Теңдеудің заттық бөлігін арқылы $x(w), a$, ал жалған бөлігін арқылы $y(w)$ белгілейміз, сонда

$$x(w) = a_4 w^4 - a_2 w^2 + a_0;$$

$$y(w) = a_1 w - a_3 w^3.$$

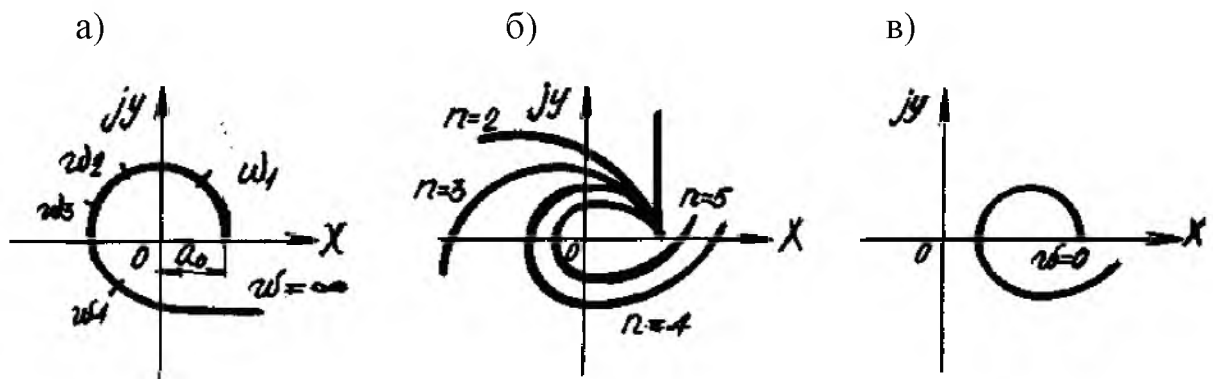
Формулаға қойып аламыз:

$$L(jw) = x(w) + jy(w).$$

Енді координата осінде w -ден o -ке дейін өзгергендегі тәуелділікті құрамыз. Бұл тәуелділік қисық түрде болады, сипатты функцияның ғодографы немесе Михайлов қисығы деп аталады.

Автоматты жүйе тұрақтылығы үшін Михайлов қисығы сипатты теңдеу дәрежесі қанша болса, сонша квадраттан тізбекті өту керек. Мұнда Михайлов қисығы сағат тіліне қарсы бағытта координата басын қоршауы тиіс.

6.6,6 суретте 1- ден 5 - ші дәрежедегі жүйе тұрақтылығы үшін Михайлов ғодографы көрсетілген.



6.6 сурет - Михайлов қисық сызығы көмегімен автоматты реттеу жүйесінің тұрақтылығын зерттеу

Көрнекі болу үшін барлық сызықтар бір нүктеден шығады, яғни барлық сипатты теңдеуде a_0 бірдей.

Бірінші дәрежелі теңдеуге одан a_0 қашықтықтағы жалған өстегі параллель түзу сәйкес келеді; жоғары дәрежелі теңдеуге қисық сызықтар сәйкес келеді. 6.6,в суретте тұрақсыз автоматты жүйе үшін Михайлов қисығы мысалда келтірілген.

6.2 Реттеу үрдісінің тұрақтылығын алу құралдары және сапасын жақсарту

Жоғарыда айтылғандай, автоматты реттеу жүйесі контур құратын элементарлы звено тізбегі түрінде болуы мүмкін. Осы тізбекті құрайтын звено сипаты мен санына, звено параметрлерінің мәніне байланысты жүйе құрылымды тұрақты және құрылымды тұрақсыз болады.

Жүйе құрылымды – тұрақсыз деп аталады, егер реттеу үрдісін тұрақты алу үшін реттеу жүйесінің құрылымдық кестесін өзгертетін болса, бұл деген осы жүйені құрайтын звенолардың кез келген мәнінің параметрлерінде реттеу үрдісінің тұрақтылығын алу мүмкін емес.

Құрылымдық – тұрақсыз жүйеде тұрақты үрдіс алу үшін жүйенің бір немесе бірнеше звеноларын басқа динамикалық қасиетті звеноға ауыстыру керек немесе жүйеге арнайы тұрақтандырғыш қондырғы ендіру керек.

Реттеу жүйесі құрылымды – тұрақты деп аталады, егер жүйенің тұрақтылығы оның құрылымын өзгертпей звено параметрлерінің мәнін өзгерту арқылы қол жеткізуге мүмкін болса, егер жүйе тұрақты болып, бірақ өтпелі үрдіс сипаты техникалық талаптарды қанағаттандырмаса, онда реттеудің сапасын көтеру жолдарын іздестіру керек. Реттеудің сапасын қамтамасыз ету дегеніміз, біріншіден статикалық қатені кеміту, екіншіден өтпелі үрдістің сапасын жақсарту. Статикалық қатені кемітуді реттегіштің жолын күшейту коэффициентін ұлғайту арқылы қол жеткізуге болады. Бұл амал тек статикалық қатені ғана кемітіп қоймайды, сонымен бірге өтпелі үрдіс ұзақтығын қыскартады. Шынымен де, реттегіштің күшейту

коэффициенті үлкен болған сайын, объектінің инерциялылығы кем болады (яғни кіру белгісінің шығуда берілуінің инерциялы кешігуі), сол себепті өтпелі үрдісте тербелістер жылдам сөнеді..

Бірақ, реттегіштің жалпы күшейту коэффициентін ұлғайту статикалық қатені жоймайды, тек кемітеді (реттегіш сезбегендіктен анықталатын қате шамасына дейін жоюды айтамыз).

Бұдан басқа, күшейткіш коэффициентін көп мөлшерде ұлғайту өтпелі үрдісте реттелетін шаманың артық тербелісіне, тіптен жүйенің тұрақсыздануына алып келеді. Реттеудің статикалық қатесін жою үшін реттегіш кестесін өзгерту арқылы қол жеткізуге болады: ол жұмыс қағидасы бойынша статикалық қатесі болмауы керек, бұл жағдайда реттеудің статикалық қатесі жоқ статикалық реттегішті астатикалық реттегішке ауыстыруы керек. Бұл жағдайда автоматты жүйенің құрылымын өзгерту керек, оған арнайы түзеуші қондырғы ендіру керек (тұрақтандырғыш элементтерін). Бұл қондырғыларды ендіру реттеуде статикалық қатені ғана кемітіп қоймай, өтпелі үрдістің сапасын біршама жоғары көтереді.

Реттеудің сапасын жоғарылатудың тиімді құралына реттеу заңына туындыларды ендіру болып табылады (реттеу заңы дегеніміз реттегіштің кіру және шығу шамаларының арасындағы, реттегіштің инерциялылығын ескермей құрастырылған тәуелділік).

Бұл үшін реттегіш кестесіне дифференциалды қондырғы қосылады. Осыдан объектіге реттеу әсері тек реттелетін шаманың ауытқуына ғана емес, сондай –ақ осы ауытқудың туындысына да пропорционалды болады.

Бұл өтпелі үрдістің жылдам сөнуін туғызады.

Реттеу сапасын жақсартудың тағы бір тиімді әдісі реттеу заңына интеграл ендіру.

Реттеу заңына интеграл ендіру реттегіш жұмысының қағидасын өзгертеді: реттегіш реттеудің статикалық қатесі жоқ астатикалық реттегішке айналады.

Егер статикалық реттегішке шығу шамасы реттелетін шама ауытқуына пропорционал болса, онда астатикалық реттегіште шығу шамасының өзгеру жылдамдығы реттелетін шаманың ауытқуына пропорционалды болады. Осыған байланысты реттеудің астатикалық заңы жылдамдықты, ал статикалық – позициялы деп аталады.

Астатикалық жүйеде реттелетін шаманың ауытқуынан интеграл бойынша реттелу жүреді, ал статикалық жүйеде тек реттелетін шаманың ауытқуы бойынша.

Реттеу заңына интеграл түрлі конструкция көмегімен ендірілуі мүмкін: электр механикалық, механикалық, электронды. Интегралды және реттеу заңына туындыларды ендіру әдістері – тізбекті түзету қондырғыларын қосудың түрлі жеке жағдайлары, реттеу үрдісін жақсарту үшін реттегішке параллельді түзеткіш қондырғы ендіріледі, бұл қосымша қайтымды байланыстар. Қосымша қайтымды байланыс дегеніміз соңғы звенодан оның алдындағы бір звеноға әсер беретін қондырғы.

Қосымша қайтымды байланыстар звеноға параллель немесе звено топтарына қосылуы, реттегіштің ішінде қосымша тұйық контур түзеді.

6.3 Автоматты реттеу үрдісінің сапасы және сапа көрсеткіштері

Автоматты реттеу жүйесін тағайындалуы бойынша қанағаттандыру үшін ол тұрақты болуы керек.

Тұрақтылық қажет, бірақ жүйе периодтығы үшін жеткіліксіз жағдай. Реттеу жүйесінің өтпелі үрдісіне тұрақтылықтан басқа сапа көрсеткіштерінің талаптары қойылады. Бұл былай түсіндіріледі, кез келген тұрақты жүйе жақсы бола алмайды. Автоматты реттеудің тұрақты жүйесінде өтпелі үрдіс сөнетін болады, сөну жылдам не баяу өтуі мүмкін, немесе реттелетін параметрдің берілген мәннен ауытқуы үлкен не кіші болуы мүмкін. Бұдан басқа өтпелі үрдіс ұзақтығы әр түрлі.

Жоғары сапалы реттеу үрдісінде өтпелі үрдістің сөнуі белсенді, реттелетін шаманың ең үлкен ауытқуы ең кіші, өтпелі үрдіс ұзақтығы ең кіші болуы керек. Аталған жағдайлар реттеу сапасының сипаттамасы үшін негізгі болып табылады.

Өтпелі үрдісте реттеу сапасының келесі көрсеткіштері болады:

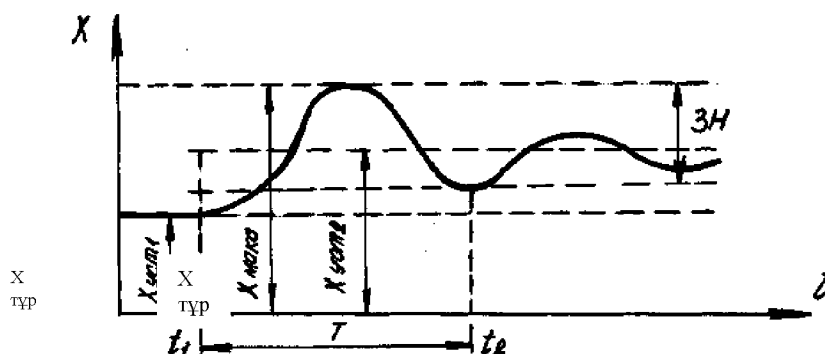
- а) реттелетін шаманың ең үлкен ауытқуы;
- б) қайта реттеу шамасы;
- в) реттеу айырмашылықтары;
- г) реттеу уақыты.

Осы көрсеткіштерді тереңірек қарастырайық:

1) Берілген реттелетін шамадан ең үлкен ауытқуы әр түрлі болуы мүмкін; реттелетін шаманың ең үлкен ауытқуы кіші болған сайын реттеу сапасы жоғары болады.

6.4 суретте тұрақты реттеу жүйесінің тербелісті өтпелі үрдіс көрсетілген. Жүйенің бастапқы қалыптасқан күйінде реттелетін шаманың әр түрлі мәні $X_{\text{тұр1}}$ болды; ары қарай реттелетін шаманың берілген мәні $X_{\text{тұр2}}$ дейін өзгертілді; сосын өтпелі үрдіс туады, осында шама түрлі мәнге ие болады.

Реттелетін шаманың берілген мәннен ең үлкен ауытқуы 6.7. – суретте $X_{\text{макс}}$ ординатамен анықтайды.



6.7 сурет - Реттеу сапа көрсеткіштері мен тұрақты өтпелі үрдіс графигі

2) Қайта реттеу шамалары. Қалыптасқан бір күйден екінші күйге өткенде, яғни өтпелі үрдісте реттелетін шаманың жаңа мәнге жуықтаудың екі жағдайы болуы мүмкін:

- реттелетін шама жаңа мәнге тапсырманың жаңа және ескі шектеулі мәнінде шектен шықпай бір жағынан ғана жуықтайды;
- реттелетін шама жаңа берілген мәнге жуықтайды, бірақ ауытқулар екі жақты болады, шектен шығады, яғни қайта реттеу болады.

Қайта реттеу шамасы ең үлкен мүмкін болатын мәннен аспауы керек. 6.4 суретте ең үлкен қайта реттеу $X_{\text{макс}} - X_{\text{уст}}$ кесіндісімен анықталады, қайта реттеу үлкен болған сайын үрдіс тербелісті және ұзақ болады.

3) Реттеу айырмашылықтары. Реттеу жүйесінің сапасын талқылау үшін реттеу айырмашылығын білу керек.

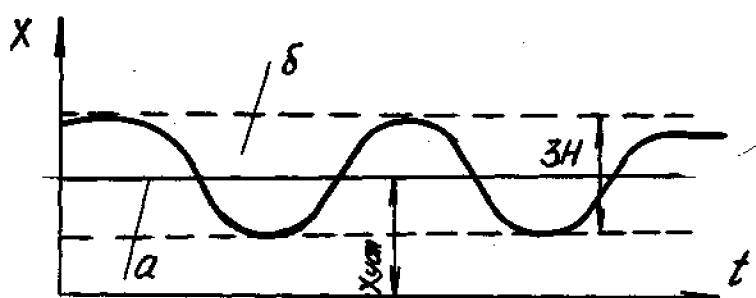
Реттеу айырмашылығы дегеніміз реттелетін шаманың берілген мәннен ауытқуы. Көбіне реттеу айырмашылығын 2 құраушыға бөлінеді: өтпелі немесе динамикалық және статикалық немесе қалыптасқан.

Динамикалық айырмашылық реттеудің қосымша қатесі болады; өтпелі режимде статикалық айырмашылыққа кіреді.

Статикалық айырмашылық 2 құрамнан тұрады. Бірінші құраушы реттеу жүйесінің жеке звеноларының орындалу дәлдігіне негізделген және кинематикалық парда тесікке, құрғақ үйкелісте күштің электр контактысына байланысты, яғни реттегіш сезімтал еместігін шақыратын себептер.

Қалыптасқан режимде реттелетін параметрдің мүмкін ауытқуының шегін реттегіштің сезімтал емес зона параметр шамасының өзгеруімен анықталады, ол үйкеліс күшін жеңу үшін, тесіктерді игеру үшін керек. 6.8 суреттегі $3H$ – сезімтал емес зона.

Сезімтал емес зона шамасы автоматты реттеудің берілген нақты жүйесі үшін техникалық шаралармен берілген.



6.8 сурет - Сезімтал емес зоналы реттеудің қалыптасқан үрдісі

Көбіне сезімтал емес зона берілген $X_{\text{уст}}$ реттелетін шамадан $+5\%$ аспауы тиіс. 6.5 суретте a түзуі реттелетін шаманың берілген мәні, b қисығы реттелетін параметрдің нақты өзгеруі; сезімтал емес зона пунктир сызықпен шектелген.

Статикалық айырмашылықтың екінші құраушысы – бұл статикалық қате, ол автоматты реттеу жүйесінің конструкциясына, оның жүктемесіне байланысты.

Жүктеменің ең үлкен өзгеруінен пайда болатын және өтпелі үрдіс біткен соң автоматты реттеу жүйесінде қалатын реттелетін шаманың ең үлкен ауытқуы статикалық қате деп аталады, ол реттеудің статикалық жүйесінде сипатты.

Статикалық қате $\sigma = X_{\text{тур.норм}} - X_{\text{тур}}$.

Мүмкін болатын мәннен аспауы керек.

Астатикалық реттеу жүйесінде статикалық қате жоқ.

Статикалық қатені пайызбен $X_{\text{тур.норм}}$ реттелетін шаманың номиналды мәніне есептейді.

$$\sigma\% = \frac{\sigma}{x_{\text{тур.норм}}} \cdot 100. \quad (6.3.1)$$

4) Неттеу уақыты. Реттеу уақыты дегеніміз реттеу жүйесіне әсер ету сәтінен өтпелі үрдістің реттелетін шама сезімтал емес зонаға енген сәтіне дейінгі уақыт аралығы.

Сапа көрсеткішінің анықтаудағы тура әдістер.

Егер ауыспалы үрдіс үшін аналитикалық өрнекті тауып және график құру немесе оны тәжірбиеде тіркесе, онда жоғарыда көрсетілген сапа көрсеткіштері арқылы тікелей зерттеліп жатқан үрдісті бағалау қиынға соқпайды.

Осыған ұқсас операцияларды тудыруға мүмкіндік беретін әдістерді *тура әдістер* дейміз.

Сапа көрсеткіштерінің тура әдістерін атайық. Бұларға:

а) қазіргі есептегіш техникамен қолдануға негізделген әдістер;

б) Фурье кері қайта құруына негізделген жиілік әдістері қарайды.

Әр әдістерді тереңірек қарастырайық:

Операциялық шығаруға қолданылуына негізделген әдістер.

Сипаттайтын АБЖ-гі ауыспалы үрдісі, қалыпты коэффициентті сызықты дифференциалды теңдеуді, мына формуламен есептеуге болады:

$$h(t) = \frac{W(p)}{p}. \quad (6.3.2)$$

Кері Лаплас қайта құру үшін сипаттамалық теңдеудің p_j ($j = 1, 2, \dots, n$) түбірлерін білу қажет:

$$D(p) = 0. \quad (6.3.3)$$

Бұдан, бұл әдісті қолдану кезінде практикалық біліктілікте қандайда бір жоғарғы реттілігі бар жүйенің сипаттамалы теңдеуінің түбірін анықтау керек. Мұндай шарттардың алгоритмді шешімі жалпы қазіргі барлық ЭСМ бар. Фурье кері қайта құруына негізделген, жиілік әдістер. Бұл тараудағы қарастырылып отырған сызықты АБЖ тұрақты, яғни ауыспалы функцияның барлық полюстары жорамалданған остің сол жағында жатса, онда Лаплас қайтақұруынан $\sigma_0 = 0$ деп санап және Фурье қайта құруына өтуге болады. Бұл

біз алдында АБЖ тұрақтылығын зерттегенде қолданғанда аналитикалық және тәжірбиелік арқылы табылған жиілік сипаттама көмегімен ауыспалы үрдістің есебін шығаруға көмектеседі. Жүйенің сипаттамалы теңдеуін шығару қажеттілігі жоқтығы, сонымен қатар есептің жақсы жобаланған әдістері және тәжірбиелі түрде табылған жиілік сипаттамасын қолдану мүмкіндігі бұл әдістерді өте қолайлы қылады. Келесі бөлімде осындай бір әдіс сипатталады.

Ауыспалы үрдіс пен жүйенің нақты жиілік сипаттамасы.

Жүйенің кіруіне $\delta(t)$ жекелік импульсті жібереміз және жүйенің салмақтық функциясын табамыз:

$$w(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} M(i\omega) e^{i\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} [\operatorname{Re} W(i\omega) + i \operatorname{Im}(i\omega)] (\cos \omega t + i \sin \omega t) d\omega. \quad (6.3.4)$$

Бұл $\delta(t) \equiv 1$ екендігін ескердік. $W(i\omega) = K(i\omega)/D(i\omega)$, где $K(i\omega)$ и $D(i\omega)$ - $i\omega$ -тен m және n ($n \geq m$) көпмүшелі деңгейі.

$$\operatorname{Re} W(-i\omega) = \operatorname{Re} W(i\omega), \quad \operatorname{Im} W(-i\omega) = -\operatorname{Im} W(i\omega). \quad (6.3.5)$$

$$\int_{-a}^a f(x) dx = \begin{cases} 0, & \text{егер } f(x) - \text{тақ функция,} \\ 2 \int_0^a f(x) dx, & \text{егер } f(x) - \text{ж\pm n функция,} \end{cases}$$

болған, онда (6.3.1) оң жағында тұрған интегральды өзгерткенде, латынымыз

$$w(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} [\operatorname{Re} W(i\omega) + i \operatorname{Im}(i\omega)] (\cos \omega t + i \sin \omega t) d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \{\operatorname{Re} W(i\omega) \cos \omega t - \operatorname{Im}(i\omega) \sin \omega t\} d\omega. \quad (6.3.5)$$

Ал уақыттың теріс мәндегі түпнұсқа нөлге тең болады, демек

$$w(-t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \{\operatorname{Re} W(i\omega) \cos \omega t + \operatorname{Im}(i\omega) \sin \omega t\} d\omega = 0, \quad (6.3.6)$$

бұдан

$$\int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(i\omega) \cos \omega t d\omega = - \int_0^{\infty} \operatorname{Im} W(i\omega) \sin \omega t d\omega. \quad (6.3.7)$$

Сонымен соңғы нәтиже:

$$w(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(i\omega) \cos \omega t d\omega. \quad (6.3.8)$$

Немесе баламасы

$$w(t) = -\frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Im} W(i\omega) \sin \omega t d\omega. \quad (6.3.9)$$

Бұдан бұрын 3.2.2 тарауда біз $h(t)$ ауыспалы функция мен $w(t)$ салмақтық функция арасындағы байланысты тауып едік:

$$w(t) = \frac{dh(t)}{dt}, \quad (6.3.10)$$

бұдан (6.3.6) сәйкесінше табатынымыз:

$$h(t) = \int_0^t \left\{ \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(i\omega) \cos \omega t d\omega \right\} dt.$$

Интегральдардың қатарын ауыстырып және мынаны есепке аламыз:

$$\int_0^t \cos \omega t dt = \frac{\sin \omega t}{\omega},$$

алатынымыз

$$h(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(i\omega) \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega. \quad (6.3.11)$$

Біз тапқан (6.3.9) теңдеуді жүйенің кешенді жиілік сипаттамасының салмақтық бөлімінен ауыспалы үрдісті есептеуге мүмкіндік береді. Практикада тәжірибеден алынған салмақтың жиілік сипаттамасы жиі таблица ретінде немесе график ретінде.

$\operatorname{Re} W(i\omega)$ үшін аналитикалық өрнек болса, онда ондай жағдайларда (6.3.11) интегралын тікелей шығару қиынға соғады. Сол үшін мұндай мақсаттарға әдетте ЭЕМ қолданады.

7 Өндірісті бақылаудың автоматтандырылуы

Өндірістің қатарына өнімді бақылау еңбек сыйымдылығының кеңдігі соншама, ол өнімді дайындауға кететін толық еңбек үлесін құрайды. Өйткені бақылау операциясының автоматы мен механикасына қарағанда өндіріс үрдісінің автоматы мен механикасы кеңінен жүргізіледі.

Осының нәтижесінде дайындау еңбек сыйымдылығы өнімнің өзіндік құндылығына маңызды әсер ететін бақылау еңбек сыйымдылығына қарағанда анағұрлым азаяды. Сондықтанда осы кезде барша өндіріс үшін бақылауды автоматтандыру мәселесі күннен күнге өте көкейісті болып келеді. Әсіресе операцияларды бақылау автоматы өндірістің ағынды түрінде маңызды болады, бұл операциялар ағынды желілердің жұмыс учаскелерінде жүргізілуі керек, сонымен қатар машинаның жұмыс темпына сай болуы керек.

Бөлшекті дайындауды бақылау автоматының маңызды мәселесі болып, оларды өңдеу үрдісіндегі үнемі бақылау табылады. Бұл бақылау басқа түрлерге қарағанда көп мүмкіншілігі бар, техникалық үрдістің жүрісіне белсенді әсер жолымен, ақаудың болуы мен механикалық өңдеудің өндірістілігін көтерудің алдын алады. Осыларды негізге ала отырып өңдеу үрдісіндегі автоматты бақылауды актив түрі деп, ал бақылаудың басқа түрлерін пассив деуге болады.

Пассивті бақылау қондырғысы тек өнімнің мөлшерін белгіледі және оларды әртүрлі топқа бөледі.

Барлық өндіріс пен бақылау автоматы әдістерінің дамуына байланысты барлық пассивтер, бөлшектің мөлшерін бақылайтын формасы – активті бақылауға жол беруі керек.

Бақылаудың негізгі мәселесі тіркеу емес, ақаудың профилактикасы, яғни тек активті бақылау ғана өнімнің біртектілігі мен сапасын шұғыл көтерілеуін қамтамасыз етеді. Металл кесетін станокта дайындалатын бөлшектердің размерлерін қалыпты болуын қамтамасыз ететін автомат өзінің негізінде активті бақылау келесі бағыттарға бөлініді:

1) Өңделетін дайындаудың мөлшерін оларды өңдеу үрдісі кезінде міндетті түрде өлшеу.

2) Упорды қолдану.

3) Блоктайтын құрылғы мен автоподналадчикті қолдану.

1 мен 3 бағыттағы аймақты басты салаларда пайдалану өңдеудің нақтылығын талап ететін және салалық жолдан ескеретін құралдарды пайдаланатын түзету операцияларда және негізгі дараларда шектеледі. Упорды пайдалану аймағы кеңірек және дайындауды механикалық өңдеу барлық операциясын қамтамасыз етеді.

Мына көрсеткіштер арқылы размерлерінің өзгеруін активті бақылау құралдары арқылы жіктеледі:

1) Өлшеу әдісі бойынша:

а) технологиялық үрдіске әсерінің сипаттамаы бойынша;

б) өңдеу технологиясына автоматты үрдістің әсер ету деңгейі бойынша.

2) Активті бақылау құрылғысын өлшеу әдісі бойынша бөлінеді:

а) құрылғыларда өлшеудің тікелей әдісі негізіндегі;

б) өлшеудің қосымша әдісі негізіндегі құрылғыларда.

Технологиялық үрдіске әсерінің сипаттамасы бойынша:

а) дайындаудың размерін оларды өңдеу кезіндегі бақылауға арналған құрылғы;

б) автоподналадкалар;

в) блоктайтын және қорғаныс құрылғысы.

3) Пассивті бақылау құрылғысына жататындар:

а) механикаландырылған бақылау қондырғысы;

б) бақылау-сорттау автоматтары.

Технологиялық өңдеу, активті бақылау құрылғысына автоматты үрдіс әсерінің деңгейіне байланысты 2-топқа бөлуге болады:

1) Механикаландырылған.

2) Автоматты құрылғылар.

1- топтың құрылғысы әдетте 3 элементтен тұрады:

1) Өлшеу импульсының алғашқы қайта құру датчигімен.

2) Өлшеу импульсының аралық қайта құруымен жіберу механизімінен.

3) Белгі беру мүшелерінен.

Екінші топқа дайындауды өлшеуді механизациялау үрдісу өлшеу датчигінен дайындаудың керекті размеріне жетті деген белгі алғаннан кейін автоматты түрде ауысады немесе беруді тоқтатады, станоктарды басқаруға арналған орындау органдары деп аталатын қосымша қамтамасыз етеді.

Пассивті бақылаудың механикасы мен автоматы құралдарының арасында бақылау – сорттау автоматтары үлкен мағына алады.

Пассивті бақылаудың толық автоматы бақылау-сорттау автоматтарында жетеді.

Бақылау-сорттау құрылғы деп бақылау кезінде адамның қатысынсыз әр өнімді бақылауда берілген мөлшермен салыстыруға қажетті барлық жұмыс әдістері орындайтын, ал бұл салыстырудың нәтижесінде өнімдерді бірнеше топтарға жіктейді:

- 1) Жүктеу құрылғысы.
- 2) Тасымалдау жүйесі.
- 3) Өлшеу құрылғысы.
- 4) Орындайтын (сорттайтын) мүше.

7.1 Өндіріс роботтарын пайдалану негізінде технологиялық үрдістерді автоматтандыру

Қазіргі кездегі жұмыстар ауыр, қажытатын бірдей жұмысты, жұмыс кезінде қоршаған ортаға залалды және кеселді шарттарда адамды ауыстырады. Роботтар технологиялық жабдықтардың мүмкіндіктерін пайдалануды, еңбек өнімділігін көтеруді, қосалқы операциялармен жұмыс істейтінадамдардың көбін босатуды қамтамасыз етеді.

Робот «*robota*» деген чех сөзінен шыққан, ол адам өміріне қауіпті немесе объектінің қатысты қол жеткізуге мүмкіншілігі болмаған жағдайлардағы жұмыстарды орындау кезінде адамды ішінара немесе толығымен алмастыратын антропоморфты әрекеттері бар автоматты құрылғы.

Робот деген өз алдына аты айтып тұр, оны оператор басқарады немесе алдын-ала құрылған бағдарлама арқылы жұмыс істейді. Роботтарды қолдану өндірісте, құрылыста, ауыр жүктермен, зиянды материалдармен жұмыс істеу кезінде, сондай-ақ басқа да ауыр немесе адам үшін қауіпті жағдайларда адам еңбегін жеңілдетуге немесе мүлдем алмастыруға мүмкіндік береді.

Бұл жердегі өндіріс роботтары – механикалық манипулятордан және әр түрлі өндіріс үрдістерінде қолданылатын кеңістіктердегі объектілерді орын ауыстыру үшін қолданылатын қайтадан бағдарламаланатын басқару жүйесінен тұратын автоматты құрылғы.

Өндіріс роботтары еңбек өнімділігін ұлғайтуға мүмкіндік беретін автоматтандырылған өндіріс жүйелерінің маңызды құрамы болып табылады.

Сандық бағдарлама басқаруы бар станоктардың пайда болуы станоктарды жүктеу және жүксіздеу бойынша әртүрлі операциялар үшін бағдарламаланатын манипуляторлардың пайда болуына әкеліп соқты. 1954 жылы Д. Девол америкаан инженері ауыстырмалы перфокарталардың көмегімен жүктемелі-жүксіздендіру манипуляторды басқарудың әдісіне рұқсаттама алды. Д. Энфельберген бірігіп 1956 жылы әлемдегі ең бірінші өндіріс роботтарын шығару бойынша компанияны ұйымдастырды. Ол компанияның аты «Unimation» «Universal Automation» (әмбебеп автоматика) терминінің қысқартылған түрі болып табылады. 1962 жылы АҚШ алғашқы өндіріс роботтары «Юнимейт» және «Версатран» жасалынған. Олардың адаммен ұқсастығы кішкене адам қолын еске салатын манипулятормен шектеледі. Олардың кейбірі адам еңбегінен 100 мың сағат артық жұмыс істеп әлі күнге дейін қолданылып келеді.

Өндірістік робот адам қолының функциясына ұқсас манипуляциялы функциялар орындайтын құрылғы болып табылады.

Соңғы жылдары роботтардың көптеген түрлері жасалынған. Қазіргі роботтар конструкциялары үш түрге жіктеледі:

1) Адам тәрізділері, олар қажет түрде дамымаған, пайдалы жұмысты керекті мөлшерде өндіре алмайды.

2) Ақпараттық, олар жоғары деңгейде жетілдірілген (спутниктер, айда жүретін машиналар, т.с.с.).

3) Өндірістік, адамның физикалық еңбегін алмастыруға арналған.

Өндіріс роботтарының конструкцияларын келесі белгілері бойынша жіктейді:

1) Тағайындалуы бойынша-эмбебап және арнайы. Арнайы өндіріс роботтары өндіріс түрі бойынша және қызмет көрсетілетін қондырғының типіне байланысты бөлінеді.

2) Адам қолы қозғалысының сипаты бойынша-цилиндрлік бетте қозғалатын (қол тігінен қозғалады және бұрылады) сфералық бетте қозғалатын (қол шарнирлі қозғалады).

3) Қозғалыс жетегінің түріне байланысты - гидравликалық, пневматикалық, электрлік және аралас.

4) Роботтардың қозғалыс түріне байланысты - жылжымайтын, еден бетінде қозғалатын, қозғалатын.

5) Басқару пультінің орналасуына байланысты – жеке пульт, роботтағы пульт.

6) Басқару пультінің конструкциясы бойынша бағдарлама перфолентада, магнитті лентада немесе барабанда жазылады, басқару ЭЕМ-дан жүргізіледі.

7) Техникалық мүмкіндіктері бойынша - I ұрпақ роботтары, қатаң бағдарлама бойынша жұмыс істейді және бөлшектердің дәлме-дәл орналасуын қажет етеді. II ұрпақ роботтары, қоршаған жағдайға бейімделуге мүмкіншілігі бар және бөлшектердің дәлме-дәл орналасуын қажет етпейді. III ұрпақ роботтары, қоршаған жағдайды қабылдауға және соған байланысты өз бетінше соңғы нәтижеге жету үшін қозғалыс бағытын таңдай алатын мүмкіншілігі бар.

8) Көтерілетін бөлшектердің салмағы бойынша, қол қозғалысы мен көтерудегі қармаудың ашылу шамасы.

Тәжірибе жүзінде өндіріс роботтарының екі сұлбасы қолданылады:

1) Каретадағы роботтар.

2) Жылжымалы немесе аспалы колонналардағы роботтар.

Роботтардың орын ауыстыруының ең үлкен жылдамдығы 1 м/с.

Қызмет көрсетуінің ең үлкен радиусы 1,5 м.

Роботтардың орналастыруының дәлдігі 0,1-3 мм.

Соңғы жылдары роботтардың әртүрлі түрлері жасалды. Роботтардың конструкциясына байланысты 3 класқа жіктеледі:

1) Пайдалы жұмысты көп мөлшерде өндіре алмайды, керекті дамуды алмаған адамтекес.

2) Ақпараттық, жоғарғы деңгейдегі дамуда жеткен (спутниктер, айкезбелер және с.с.).

3) Өндірістік, адамның еңбегін ауыстыратын.

Өндірістік роботтар келесі белгілері бойынша жіктеледі:

1) Тағайындалуы бойынша - арнайы және универсальды. Арнайылар, жабдыққа қызмет ету типіне және өндіріс түріне қарай бөлінеді.

2) Қол қозғалысы сипатына байланысты – цилиндрлік қабатта (қол көлденеңнен қозғалады және бұрылады) және сфералық қабатта (қол шар тәрізді тербеледі) жасалатын.

3) Қозғалыс желілер типіне байланысты гидравликалық, пневматикалық, электрлі және аралас.

4) Роботтарды қозғалысы түріне байланысты жылжымайтын, еденде қозғалатын, қозғалатын.

5) Басқару пультының орналасуы бойынша – дара пульт, роботтағы пульт.

6) Басқару пульті конструкциясында бағдарлама перфолентте, ЭЕМ басқару барабанында немесе магнитті ленталарында беріледі.

7) Техникалық мүмкіндіктер бойынша - I кезеңдегі роботтар, нақты бағдарлама бойынша жұмыс істейді және бөлшектердің нақты орналасуын талап етеді. II кезеңдегі роботтар, қоршаған қалыпты бейімделігіне және бөлшектердің нақты орындарын талап етпейді. III кезеңдегі роботтар қоршаған қалыпты қабылдауға бейім және соған байланысты өз бетінше аяққы мақсатқа жету үшін қозғалыс бағытын таңдайды.

8) Көтеретін бөлшек салмағына байланысты көтеруді қармауды ашу шамасы және қол қозғалысы.

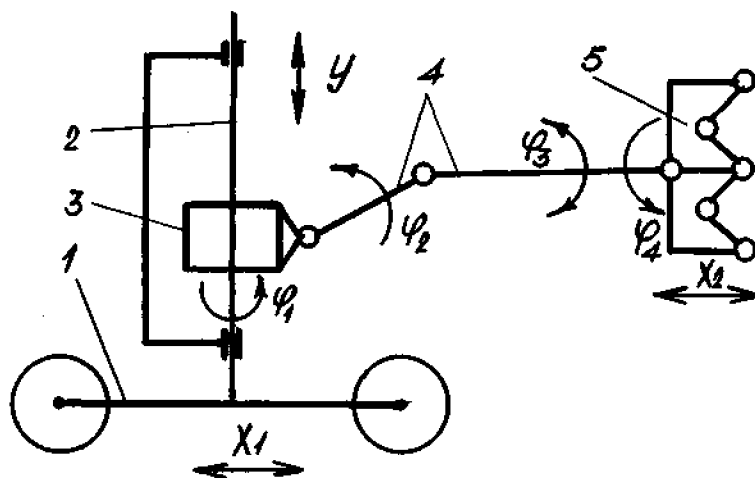
Тәжірибеде өндіріс роботтарының 2 сызбасы пайдаланылады:

1) Кареткадағы роботтар.

2) Қозғалатын, тек көтеретін колонкалардағы роботтар.

Роботтардың қозғалысының максимальды жылдамдығы 1 м/с. Максимальды қызмет көрсету радиусы 1,5 м.

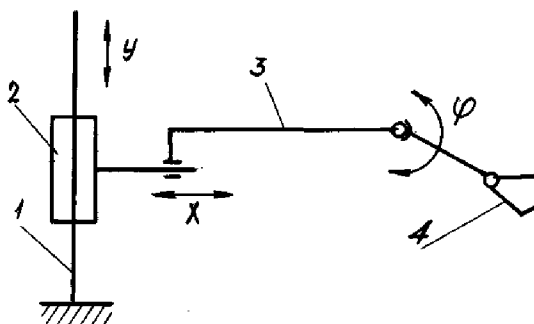
Роботтардың нақты көрнісі 0,1-3 м.



1- Каретка роботтың жүретін бөлшектерінің қозғалысы үшін қызмет атқарады. 2 - Колонна. 3 - Жылытатын. 4 - Механикалық қол. 5 - Роботтың ұстауы немесе кисть.

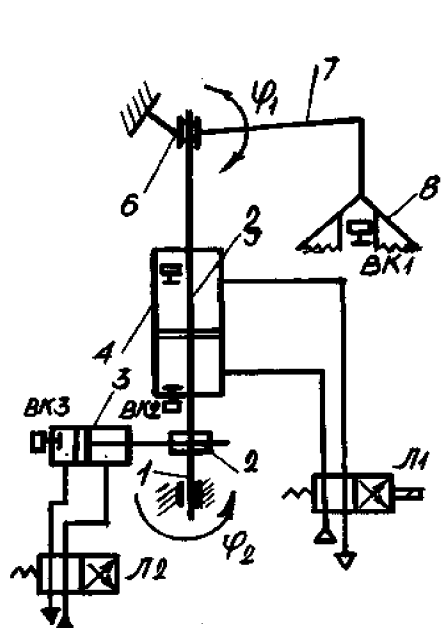
7.1 сурет - Кареткадағы робот сызбасы

Тағайындалуы: жинақтау, дәнекерлеу, көтеру, тасымалдау, сверлильді және басқа да роботтар.



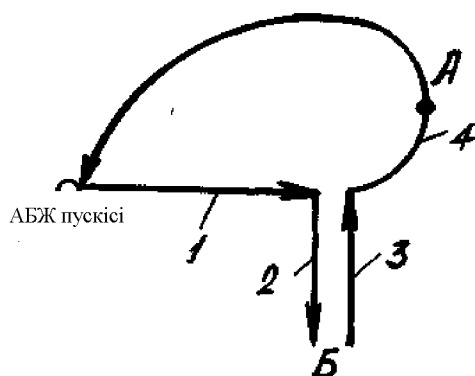
1- Колонна. 2.- Жылжытатын. 3 - Механикалық қол. 4 - Қармау.

7.2 сурет - Жылжымайтын колоннадағы робот сызбасы



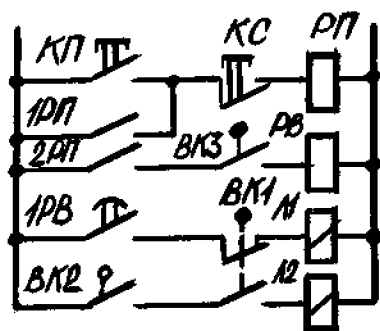
1 - колонна;
2 - тісті-реекті беру;
3 - роботты φ_2 бұрышына көлденең осьтің айналасынан бұратын пневмоцилиндр;
4 - колонна рөлін ойнайтын көлденең пневмоцилиндр корпусі;
5 - жылжытатынның рөлін атқаратын көлденең пневмоцилиндр поршені;
6 - тісті-реекті беру;
7 - механикалық қол;
8 - механикалық желісімен қолдың қармауы.

7.3 сурет - Рычагты берудің валиктерін жүктеуге арналған өндірістік робот сызбасы



1 - Жүйені жібегеннен кейінгі уақыт; t_1 .
2 - Механикалық қолдың түсірілуі
Б-рычагты берудің валикті қармауы.
3 - Механикалық қолдың көтерілеуі.
4 - Берілген бұрышқа қолдың бұрылуы.
А- қатты упорға тиген кездегі валикті Жіберу.
5 - Қолдың өз орнына келуі.

7.4 сурет



АБЖ

t_1 - ұстануы

Түсіру және қармау

Бұрылыс және қайту

7.5 сурет - Басқарудың принципіалды электрлік сызбасы

Былай жұмыс істейді: 4 цилиндр ішіне қысылған ауа беріледі. Шток-рейка поршеньге 5 байланған 7 рычагты, 8 қармаумен қозғалысқа әкеледі. Рычаг доғаны сипаттай келе, сонымен қатар төмен түсіп өңделетін бөлшекті алады. Осы кезде қысылған ауа жіберіледі және ол цилиндрдің төменгі жағына түседі. Нәтижесінде рычагпен қармау бөлшекті көтеріп, керекті жеріне апарады, адам кейін өз орындарына келеді.

Роботтың циклын циклограмма түрінде алып басқару жүйесінің аралас түрін аламыз.

7.2 Автоматты желілер және автоматтың көліктік үрдісін автоматты басқару

Автоматты өндіріс үрдісі кешенді формасына ауысуға жинау үрдісі әдетте жөндеу өте маңызды (40% дейін) және дайындау жалпы еңбек сыйымдылығы сияқты қолмен жасалатын жұмыстардың әдістерін автоматтандыру талап етіледі.

Автоматты жинаудың қай үрдісі болса да мынадай элементарлы үрдістерге бөлініп жасалады:

- 1) Жинақтайтын жерге жинақталатын бөлшектерді жинау.
- 2) Бөлшектердің бір-біріне сай келуін қадағалау.
- 3) Бөлшектерді сәйкестендіру.
- 4) Бөлшектерді бекіту.
- 5) Жинақталған түйіндерді келесі операцияға тасымалдау.

Сәйкестендірудің келесі негізгі түрлері бар:

- а) еркін сәйкес; б) жүктелген сәйкес; в) винтті сәйкес.

Көлік өндірісі үшін орындалатын жинақтау үрдісі еңбек сыйымдылығы, барлық еңбек сыйымдылықтардан 50-60% құрайды. Бұл жұмыстар әртүрлілігі мен қиыншылығымен дараланады. Солардың ішінде сәйкестендіретін элементтерді дәнекерлеу, шұрып және жапсырғы арқылы қосу операциясының әртүрлі операциясы негізгі болып табылады. Жинақтау үрдісі көбінесе қосымша жұмыстарды, қажет ететіндіктен қиындықтар туады.

Жинақтау-жөндеу жұмыстары механикалау және автоматтандыру кешенді-механикаланған желілер, арнайы технологиялық және бір-бірін

7.8 сурет - Көліктерді жөндеу позицияларына орналастыру үшін конвейермен басқарудың электрлік сызбасы

72

күштік шынжырлар және 2К контакт от береді. Қозғалтқыш тоқтағанда ВК батырмасын басқанда іске асырылады. Жүктік станция жұмысын бастайды. Әрі қарай КЭП валы 3КЭП – 5КЭП контакттары әрі қарай от бере отырып шамдық табло жұмысшыларды ырғақтың пайдаланғанын хабарлайтын Л1, Л2, Л3 белгі беру сигналдарын қосады. Барлық лампалардың қосылуы жинақтау циклының бітуін көрсетеді. Бұдан кейін 1КЭП от беруі белгі беру сигналдарын қосуға және 1 минуттан кейін 2 КЭП от беруі іске асырылады.

Үрдіс қайтадан қайталаанады.

Сызбада электр қозғалтқыштың қайта қосылудан қорғанысы карастырылады. Сызбада көліктерді мәжбүрлі ауыстыру карастырылып, КП1 батырмасын басумен іске асырылады.

8 Тәжірбиелік жұмыстар

8.1 Көлік және оның жабдықтарын технологиялық үрдіспен басқару алгоритімін есептеу

Автоматты желі өзара байланысты және берілген технологиялық үрдісті орындауын қамтамасыз ететін күрделі агрегаттардың үлкен санынан тұрады. Бүкіл түйіндердің агрегаттардың және барлық қосалқы қондырғылардың уақыт бойынша дәл және келісілген өзара іс-әрекетін қамтамасыз ететін механизмдер автоматты желіні басқару жүйесі есептік күйге келтіру және циклограммаларды өңдеудің технологиялық жүйесі негізінде жетілдіреді. Желінің циклограммасы желіде өтетін бүкіл үрдістерді кескіндей отырып, жұмыс циклінің графикалақ бейнесін береді. Автоматты басқару жүйесі (АБЖ – орысша САУ – системе автоматического управления) – бұл басқару объектілерінің және басқару құралдарының жиынтығы. Басқару объектісіне орындаушы механизмдер мен күш жетектерінің кез келген элементтері бола алады.

Басқару құралдарының тағайындалуы – бағдарламаны орындау үшін басқару объектісіне әсер ету.

Автоматты басқару жүйесі жіктеледі:

- 1 – орталықтандыру дәрежесі бойынша;
- 2 – басқару алгоритмы бойынша;
- 3 – функционалдық тағайындалуы бойынша.

Орталықтандыру дәрежесі бойынша орталықты, орталықты емес және арлас басқару жүйелері болып бөлінеді.

Орталықты басқару жүйесінде, басқару уақыт функциясында орталықты командалық қондырғыдан машинаның немесе автоматты желінің орындаушы механизмдерінің әрекетіне, жағдайына тәуелді емес түрде іске асырылады.

Басқарудың орталықты жүйелері іске асыруда, қызмет көрсетуде қарапайымдылығымен ерекшеленеді, әмбебап және жұмыстың басқа циклдарына жылдам ауыса алады. Басқарудың орталықты жүйесінде бағдарламаны тасымалдаушылар командоаппараттар, жұдырықшалы

жүйемен тарату валдары, уақыт релесі және перфолента болуы мүмкін. Басқару объектісі жементтерінің жұмысында бұзылу қауіпі (біреуі істен шыққанда) жоқ болғанда және технологиялық үрдіс қатаң тұрақты режимде жұмыс істеген жағдайларда ғана қолданылады.

Басқарудың орталықты емес жүйесінде жол функциясында басқару машинаның қозғалыстағы бөліктері ажырататын соңғы ажыратқыштар көмегімен іске асырылады. Бұл жүйелерде әрбір келесі бұйрық алдындағы бұйрық орындалғаны жөнінде белгі алынған соң беріледі.

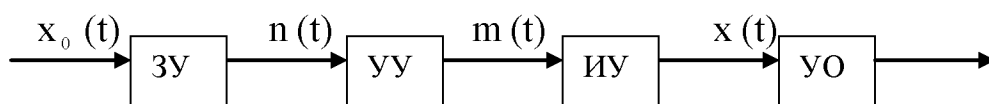
Орталықты емес жүйелер басқарудың тірегіне негізделген, ол ретінде соңғы ажыратқыштар қолданылады. Басқару кестесінде осы ажыратқыштардан бұйрықтық жүйе релеге, жібергіштер мен басқа аппараттарға беріледі. Басқарудың орталықты емес жүйелері өндіріс желілерінде жеке машиналар мен учасоктардың жұмысын автоматтандыру үшін кеңінен қолданылады.

Аралас жүйелер басқарудың бірінші екі жүйесінің рационалды бірігуі. Сондықтан оларда автоматиканың жоғарыда келтірілген барлық элементтері қолданылуы мүмкін. Олар көбіне технологиялық үрдістерді автоматтандыруда қолданылады.

Басқару алгоритмі бойынша жүйелер тұйық және ашық болып бөлінеді.

Басқару алгоритмі – жұмыстың берілген бағдарламасын осы объект орындау мақсатымен басқару объектісіне әсер ету сипатын анықтайтын ережелер жиынтығы.

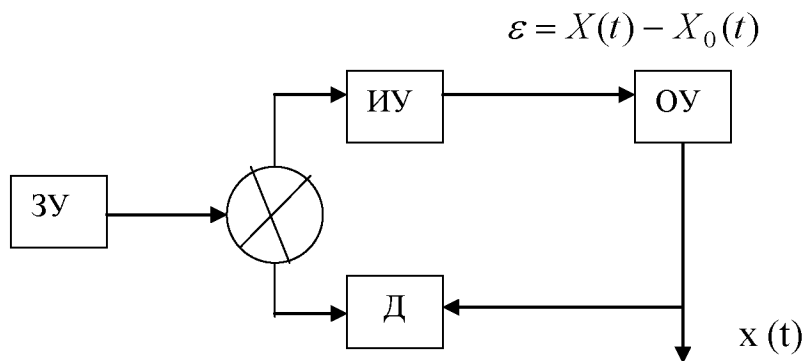
Ашық АБЖ (САУ) блок – кестесін қарастырамыз.



$ЗУ$ – беретін қондырғы; $УУ$ – басқаратын қондырғы; $ИУ$ – орындайтын қондырғы; $УО$ – басқарылатын объект; $X_0(t)$ – басқарылатын шаманың берілген мәні; $X(t)$ – басқарылатын шаманың нақты мәні; $n(t)$ – қондырғы өндіретін белгі; $m(t)$ – $ИУ$ -дың $УО$ әсер ету формасы.

8.1 сурет

Тұйық басқару алгоритмінің блок – кестесі

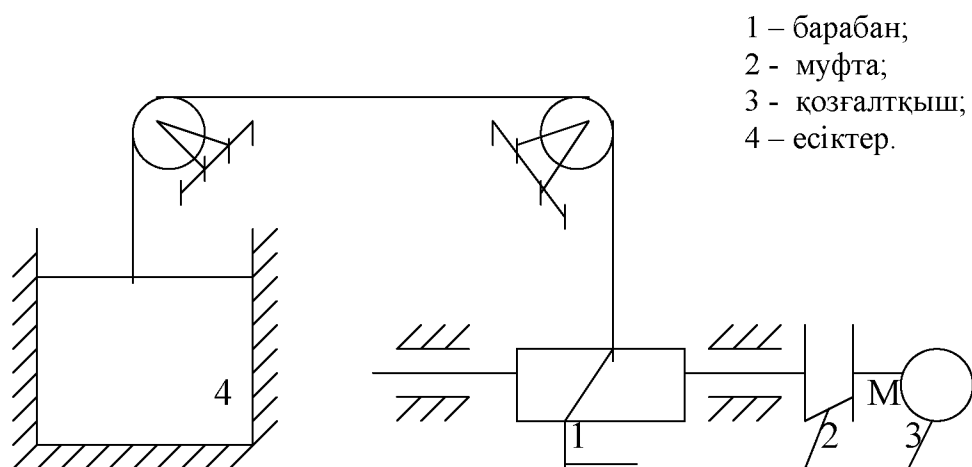


8.2 сурет

СУ – салыстыратын қондырғы.

Д – қайтымды байланыс датчигі.

ε - шаманың нақты мәні мен берілген мәнінің айырмасы.



8.3 сурет - Есікті ашу механизмі

Басқарудың ашық жүйесін қолданған жағдайда бұл алгоритмдерде басқарылатын шамалардың нақты және эталон мәндерінің сәйкес келуі осы жүйенің қаттылығымен қамтамасыз етіледі.

Есікті көтеру механизмін автоматтандыру үшін тұйық басқару алгоритмін қолданған жағдайда датчик көмегімен есікті көтеру жылдамдығын бақылау қажет. Егер көтеру жылдамдығы берілгенге тең болса, онда козгалтқыш осындай жылдамдықпен айналады, егер жылдамдық төмен болса, козгалтқышдің қалыпты айналу жылдамдығын қамтамасыз ететін қондырғыны қарастыру керек.

АБЖ (САУ) функционалдық мәні бойынша жіктеледі:

- 1) Автоматты бақылау жүйесі.
- 2) Автоматты белгі беру жүйесі.
- 3) Автоматты реттеу жүйесі.

Автоматты бақылау жүйесі өз кезегінде технологиялық үрдіске әсер ету сипаты бойынша пассивті және активті бақылау жүйесіне бөлінеді. Активті бақылау қондырғысы технологиялық үрдістің өтуін өзгерте отырып машинаға әсер етеді. Пассивті бақылау қондырғысы технологиялық үрдіске әсер етпей, тек өнімнің өлшемін белгілейді немесе түрлі топтарға сұрыпталады.

8.2 Автоматты күштік жетектің типтері

Автомат пен автоматты желілердің қондырғылары технологиялық процестердің мінездемесі мен өнімділік пен сенімділікті талап ететін олардың жұмыс шартына байланысты. Кез-келген автомат берілген

операцияны орындайтын технологиялық қондырғы, қысқыш қондырғы, көліктік қондырғы мен аталған механизмдердің қозғалысын синхрондайтын автоматты басқару жүйесінен тұрады. Автоматты немесе автоматты желілерді жобалауда жоғарыда аталып кеткен механизмдерді жасап немесе оларды 1 конструкцияға жинақтау қажет. Автоматтың конструктивті сұлбасын жасап шығару геометриялық ось бағытының таңдалуын, жұмыс жасау принципінің анықталуын, барлық түйіндердің құрастырылуын, кинематикалық, гидравликалық және пневматикалық жүйелерді орындап шығуды талап етеді. Автоматтың геометриялық осі деп барлық негізгі осьтерді жинақтап және координациялайтын осьті айтамыз.

Құрастырылушы сұлба геометриялық оське қатысты барлық түйіндердің жазықтықта орналасуын анықтайды. Автоматтардың құрастырушы сұлбалары жинақтаушы тиеу және түсіру қондырғыларының, технологиялық машиналарды, аудан, олардың формалары мен басқа учаскілермен өзара әсер ету сұлбасының орналасуын ескере отырып тұрғызылады.

Құрастырушы сұлбаның негізінде негізгі, көмекші механизмдерді, басқарушы және таратулы элементтерді өзара біріктіретін конструктивті сұлба құрылады.

Автоматтарда көбіне электромеханикалық, электрогидравликалық, пневмогидравликалық және электромагнитті жетекті орындау қондырғылары қолданылады. Мұндай жетектер тиеу және түсіру қондырғыларында, автоматтың технологиялық машиналарында, манипуляторлармен өнеркәсіп жұмыстарында қолданылады.

Электромеханикалық жетектің конструктивті сұлбасы 2.1 суретте көрсетілген.

Мұндай сұлбаларда электроқозғалтқыштың қуаты кВт-пен мына формула бойынша анықталады:

$$P = 1,1 \frac{(P_1 + P_2) \cdot z_6 \cdot n_d}{955 \cdot i \cdot \eta} , \quad (8.2.1)$$

мұндағы 1,1- блоктағы үйкелісті ескеретін қор коэффициенті;

P_1 – есіктердің, қаптама, қақпалардың ауырлық күші; Н

P_2 – противовестің ауырлық күші; Н

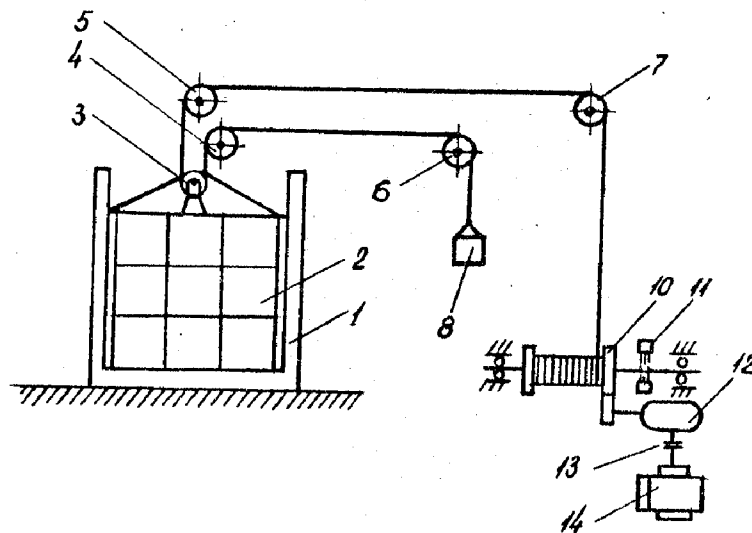
Z_6 – барабан радиусы; м

n_d – айналу жиілігі, об/мин;

$i = \frac{n_d}{n_6}$ – беріліс саны;

n_6 – барабанның айналыс жиілігі, об/мин;

η – берілістің ПӘК-і $\eta = (0,7 \div 0,9)$.



1-бағыттаушылар; 2-қақпалар (есік, қоршау қондырғылары); 3,4,5,6, және 7 –блок; 8-противовес; 9-барабан; 10-цилиндрлік беріліс; 11- колодкалы тежегіш; 12-червякты редуктор; 13-муфта; 14-электрокозгалтқыш.

8.4 сурет - Электромеханикалық жетек

8.4 суретте электрогидравликалық жетектің конструктивті сұлбасы келтірілген. Ұсақ жетектер гидроцилиндрдің кіші габариттерінде үлкен күштерді алу үшін және жатық орын ауыстыруды қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Гидрожүйеде мына типтегі 22П; ВНИИНЛ-403; индустриалдық 12,20,30; трансформаторлық майлар қолданылады. Көрсетілген майлардың тығыздығы сәйкесінше 901; 976-891; 881-901; 886-916; 805 кг/м³ –ді құрайды.

$$P = \frac{P_n \cdot Q_n}{1000 \cdot \eta} \quad (8.2.2)$$

$$P_n = \frac{P_o}{\eta_1}$$

мұндағы сорғымен болатын қысым, Па;

η_1 - жергілікті кедергілердің әсерінен болатын қысымның шығындарын ескеретін коэффициент $\eta_1 - (0,8 \div 0,9)$;

$$P_o = \frac{T + P_e \cdot (P_n - F_{шт}) + 10^4 \cdot F_n}{0,9 \cdot F_n} - \text{гидроцилиндрдегі жұмыс қысымы, Па;}$$

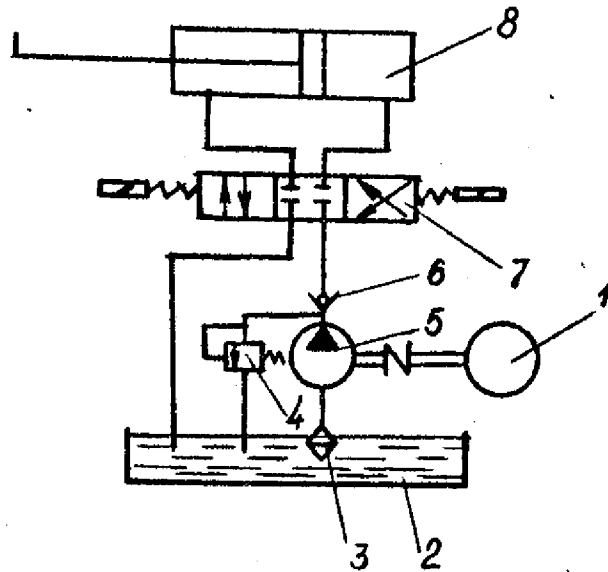
T - гидроцилиндрдің беруі қажет технологиялық күші, Н;

P - ағызу арнасындағы қысымға қарсы күш ($P_e = 1,5 \cdot 2 \cdot 10^5$ Па);

F_n – піспектің активті ауданы, м²;

$F_{шт}$ – штоктың ауданы, м².

Сорғының электрокозгалтқышының қуаты кВт-пен.



8.5 сурет - Электрогидравликалық жетектің конструктивті сұлбасы

$$Q_n = \frac{F_n \cdot S}{t \cdot \eta_o},$$

S – гидроцилиндр жүрісінің піспегі, м;

t – берілген жүріске піспектің орын ауыстыру ұзақтығы ($t=0,5-20$ сағ);

$\eta = 0,95$ сорғының көлемдік ПӘК;

η - берілістің ПӘК-і $\eta = 0,698$.

Гидрожүйенің жұмыс циклының ұзақтығы мына формуламен анықталады:

$$t_y = 2t_1 + t_{nx} + t_{ox}, \quad (8.2.3)$$

мұндағы t_1 – бөліп таратқышті таратқыштың іске қосылу уақыты ($t_1=0,03-0,1$ с);

t_{nx} - түзу жүрісте піспексіз орын ауыстыру ұзақтығы ($0,5-20$ с деп қабылданады);

$t_{ox}=0,9t_{nx}$ – кері жүрісте піспектің орын ауыстыру ұзақтығы.

Сонда электр жетегінің теориялық өнімділігі:

$$\Pi = \frac{1}{t_y}. \quad (8.2.4)$$

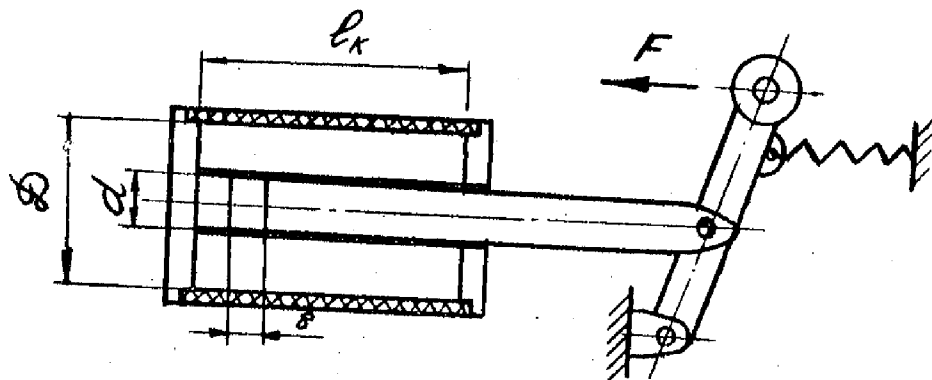
8.3 Электромагниттік жетек

Автомат пен автоматты желілердің қондырғылары технологиялық процестердің мінездемесі мен өнімділік пен сенімділікті талап ететін олардың жұмыс шартына байланысты. Кез келген автомат берілген операцияны орындайтын технологиялық қондырғы, қысқыш қондырғы, көліктік

қондырғы мен аталған механизмдердің қозғалысын синхрондайтын автоматты басқару жүйесінен тұрады. Автоматты немесе автоматты желілерді жобалауда жоғарыда аталып кеткен механизмдерді жасап немесе оларды 1 конструкцияға жинақтау қажет. Автоматтың конструктивті сұлбасын жасап шығару геометриялық ось бағытының таңдалуын, жұмыс жасау принципінің анықталуын, барлық түйіндердің құрастырылуын, кинематикалық, гидравликалық және пневматикалық жүйелерді орындап шығуды талап етеді. Автоматтың геометриялық осі деп барлық негізгі осьтерді жинақтап және координациялайтын осьті айтамыз.

Құрастырылушы сұлба геометриялық оське қатысты барлық түйіндердің жазықтықта орналасуын анықтайды. Автоматтардың құрастырушы сұлбалары жинақтаушы тиеу және түсіру қондырғыларының, технологиялық машиналарды, аудан, олардың формалары мен басқа учаскілермен өзара әсер ету сұлбасының орналасуын ескере отырып тұрғызылады.

Құрастырушы сұлбаның негізінде негізгі, көмекші механизмдерді, басқарушы және таратулы элементтерді өзара біріктіретін конструктивті сұлба құрылады.



8.6 сурет - Электромагнитті жетек

Автоматтардың орындаушы қондырғыларында көбіне тұрақты токтың электромагниттері қолданылады. Электромагниттерде жәкірдің орын ауыстыруы 4 см аспайды, электромагниттің іске қосылу уақыты 0,02-0,1с құрайды. Электромагнит параметрлерінің есептелуі келесі түрінде орындалады. Катушка ұзындығы L_k , катушкадиаметрі D , d диаметрі мен ұзындығы δ саңылау мен диаметрі $d=(0,08-0,7 \text{ мм})$ мыс сым беріледі.

Орам саны былай анықталады:

$$\omega = (068 - 069) \frac{L_k \cdot (D - d)}{2 \cdot d_n^2}, \quad (8.3.1)$$

бұдан соң катушканың кедергісі анықталады:

$$R = 4 \cdot \rho_m \frac{(D + d) \cdot \omega}{2 \cdot d_n^2}, \quad (8.3.2)$$

мұндағы $\rho_m = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ —мыстың меншікті кедергісі;

D -катушка диаметрі; мм;

D - ауалы саңлау диаметрі, м;

$d_{\text{п}}$ –мыс сымның диаметрі, мм.

Электромагниттің тарту күші былай анықталады:

$$P_m = \frac{U^2 \cdot \omega^2 \cdot \mu_o \cdot S_B}{2 \cdot R^2 \cdot \delta^2} > P_m, \quad (8.3.3)$$

мұндағы U -электромагниттің қоректену кернеуі, В;

$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Г/м –ауалы саңылаудың қимасы, м;

δ - ауалы саңылаудың ұзындығы, м;

P_m -электромагнит тудыруы қажет техникалық күш. Егер шарт орындалмасы, онда есеп өзгертілген бастапқы мағлұматтарды есептеу қайталанады.

8.4 Автоматты реттеу жүйесінің теңдеуі

Автоматты реттеу мен өндірістік үрдістің реттегішін дұрыс тандау үшін оның тек қана статикалық динамикалық сипаттамаларын ғана зерттемей, сондай – ақ реттеу объектісін де зерттеу керек: бұл былай түсіндіріледі, реттеу жүйесінің қасиеттері осы жүйені құрайтын барлық элементтердің қасиеттерімен, соның ішінде объектінің қасиеттерімен анықталады.

Егер реттелетін объектінің динамикалық қасиеттері берілсе, онда бүкіл жүйе қасиеттеріне реттегіш типін таңдау және оны күйге келтіру параметрлері есебінен ғана әсер етуге болады. Бұл үшін реттеу үрдісін зерттеу керек: жүйе тұрақтылығын анықтау керек, өтпелі үрдіс сапасы тиімді ме (реттелетін параметр ауытқуы қандай, өтпелі үрдіс ұзақтығы және т.б.).

Реттеу жүйесін зерттеу үшін осы үрдісті сипаттайтын теңдеу құру керек. Біз көргендей, бұл теңдеу ары қарай дифференциалды болады. Мысал ретінде қарапайым объектінің дифференциалды теңдеуін құрастырамыз – деңгейді реттеу. Ыдысқа $Q \text{ м}^3/\text{сек}$ мөлшерде су келеді, $Q \text{ м}^3/\text{сек}$ мөлшерде су шығындалады.

Реттеу объектісі тепе – теңдікте болғанда, су ағуы су шығынына тең, яғни

$$Q_n = Q_p. \quad (8.4.1)$$

$Q_n - Q_p = 0$; мұнда деңгей h өзгермейді, деңгейдің берілген мәннен ауытқуы $\Delta h = 0$. Егер ағып келетін және ағып кететін су мөлшері өзгертін болса, онда ыдыстағы деңгей де өзгереді. Жаңа су ағуы Q_{nt} болса, ал жаңа су шығыны Q_{pt} болғанда:

$$Q_{nt} = Q_n + \Delta Q_n; \quad (8.4.2)$$

$$Q_{pt} = Q_p + \Delta Q_p, \quad (8.4.3)$$

мұнда ΔQ_n және ΔQ_p – ағуы мен шығынға сәйкес өсуі.

Деңгейді ұлғайтуға шығындалатын секундтағы су мөлшері су ағуы мен шығынының айырмашылығына тең.

Яғни $Q_{n1} - Q_{p1}$. Бұл айырмашылық (8.4.2) және (8.4.3) ескере отырып тең болады:

$$Q_{n1} - Q_{p1} = Q_n + \Delta Q_n - Q_p - \Delta Q_p \quad (8.4.4)$$

Басқа жағынан алғанда, су деңгейін ұлғайтуға ағымның уақыт бірлігіне су көлемі тең болады:

$$Q_{n1} - Q_{p1} = S \frac{d(\Delta h)}{dt}, \quad (8.4.5)$$

мұнда S – ыдыс негізінің ауданы;

$\frac{d(\Delta h)}{dt}$ – деңгей өзгеруінің жылдамдығы.

Біздің объектіде бактан шығын деңгей биіктігіне байланысты:

$$Q = f(h). \quad (8.4.6)$$

Егер Δh аз болса, онда бірінші жуықтағанда есептеуге болады.

$$\Delta Q_p = K_1 \Delta h_1,$$

мұнда $K_1 = \frac{dQ_p}{dh}$ – тұрақты коэффициент (8.4.4) теңдеуді (8.4.5) ескере отырып, қайта жазамыз:

$$Q_{p1} - Q_{pt} = \Delta Q_n - \Delta Q_p = S \frac{d(\Delta h)}{dt},$$

осыдан $S \frac{d(\Delta h)}{dt} + \Delta Q_p = \Delta Q_n$, $\Delta Q_p = \Delta Q_n$, соңғы теңдікке (1.9.6) формула мәнін қойып аламыз:

$$S \frac{d(\Delta h)}{dt} + K_1 \Delta h = \Delta Q_n. \quad (8.4.7)$$

Берілген сәтте Δh берілген мәннен реттелетін шаманың ауытқуын $X_{шығу}$ арқылы белгілейміз, берілген сәтте ΔQ_n (бу) судың ағуын өзгеруін $X_{кіру}$ арқылы белгілейміз, онда (4.7) теңдікті келесі түрде жазылуы мүмкін:

$$S \frac{dX_{\text{бых}}}{dt} + K_1 X_{\text{бых}} = X_{\text{ах}}.$$

Мұнда $t = \frac{S}{K}$ – уақыт тұрақтысы;

$K = 1/k_1$ – объектіні күшейту коэффициенті.

Соңғы теңдеу – бірінші дәрежелі дифференциалды теңдеу, апериодты звено теңдеуі.

Осы теңдеуден көрінін тұрғандай зерттеу үшін тек $X_{шығу}$ реттелетін шаманы ғана емес, оның туындысын $\frac{dX_{шығу}}{dt}$ білу керек, яғни уақыт бойынша оның жылдамдығының өзгеруі.

Кейбір звенолар екінші дәрежелі теңдеумен сипатталады; мысалы пружиналы солиноид мына теңдеумен сипатталады:

$$T_2^2 \frac{d^2 X_{шығу}}{dt^2} + T_1 \frac{dX_{шығу}}{dt} + X_{шығу} = K^0 X_{кіру},$$

мұнда $X_{шығу}$ – якордың ауытқуы;

$X_{кіру}$ – соленоид катушкасының қысымындағы кернеудің өзгеруі;

T_1 және T_2 – уақыт тұрақтысы;

K – күшейту коэффициенті.

Берілген теңдеу тербелісті звено қасиетін сипаттайды.

Автоматты реттеудің теория мен тәжірибесінде жоғары дәрежелі теңдеумен жиі кездесеміз.

Жалпы түрде сызықтық жүйенің динамикалық қасиеттерін сипаттайтын тұрақты коэффициенттермен кәдімгі дифференциалды теңдеу мына түрде болады:

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n X_{шығу}}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} X_{шығу}}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dX_{шығу}}{dt} + a_0 X_{шығу} = \\ \epsilon_m \frac{d^m X_{кіру}}{dt^m} + \epsilon_{m-1} \frac{d^{m-1} X_{кіру}}{dt^{m-1}} + \dots + \epsilon_1 \frac{dX_{кіру}}{dt} + \epsilon_0 X_{кіру}, \end{aligned} \quad (8.4.8)$$

мұнда $X_{шығу}$ – шығу (реттелетін) шама;

$X_{кіру}$ – кіру шамасы (реттейтін немесе әсер ету);

$a_n, a_{n-1}, a_0; \epsilon_m, \epsilon_{m-1}, \dots, \epsilon_0$ – тұрақты коэффициенттер;

$\frac{d^n X}{dt^n}$ – n дәрежелі уақыт бойынша туындысы;

$\frac{d^m X}{dt^m}$ – m дәрежелі уақыт бойынша туындысы.

(8.4.8) дифференциалды теңдеу операторлық түрде былай жазылады

$$\begin{aligned} a_n p^n X_{шығу} + a_{n-1} p^{n-1} X_{шығу} + \dots \\ + a_1 p X_{шығу} + a_0 X_{шығу} = \\ \epsilon_m p^m X_{кіру} + \epsilon_{m-1} p^{m-1} X_{кіру} + \dots \\ + \epsilon_1 p X_{кіру} + \epsilon_0 X_{кіру}, \end{aligned} \quad (8.4.9)$$

немесе $(a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0) X_{ex}$.

(7.9) теңдеудегі көпмүше орнына белгілер ендіруге болады:

$$L(P)X_{шығы} = N(P)X_{кіру},$$

мұнда $L(P)$ және $N(P)$ – операторлық көпмүше.

$X_{шығы}$ көбейткіш болатын P_i оператордан функциясының, $X_{кіру}$ болатын P_2 оператор функциясына қатынасын $W(P)$ жүйесінің беріліс функциясы деп атайды.

$$W(P) = \frac{X_{шығы}}{X_{кіру}} = \frac{b_m P^m + b_{m-1} P^{m-1} + \dots + b_1 P + b_0}{a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \dots + a_1 P + a_0}. \quad (8.4.10)$$

Егер P орнына $j\omega$ қойсақ амплитудалық – фазалық сипаттаманың аналитикалық сипатын аламыз:

$$W(j\omega) = \frac{B_m (j\omega)^m + B_{m-1} (j\omega)^{m-1} + \dots + B_1 (j\omega) + B_0}{a_n (j\omega)^n + a_{n-1} (j\omega)^{n-1} + \dots + a_1 (j\omega) + a_0} = \frac{N(j\omega)}{L(j\omega)}, \quad (8.4.11)$$

Егер теңдеу (8.4.8) және (8.4.9) сол және оң жақтары болса, онда ол әсер ету арқылы өтетін өтпелі үрдісті сипаттайды.

Сол жақты теңдеуді шешу, яғни теңдеудің оң жағы нөлге тең:

$$(a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0) X_{шығы} = 0.$$

Сыртқы әсер жайылған соң жүйедегі өтпелі үрдісті бейнелейді (жүйенің еркін қозғалысы). Автоматты реттеу жүйесінің қозғалысын зерттеу үшін дифференциалды теңдеуді шешу керек. Бұл жүйе тұрақтылығын анықтау үшін, өтпелі үрдіс сапасын анықтау үшін керек. Үшінші дәрежедегі дифференциалды теңдеулерді шешу қиынырақ.

Сондықтан мұндай теңдеулерді шешуде есептеу машиналарын қолданады немесе есептеудің жеке әдісін қолданады.

Тәжірибеде экспериментті түрде динамикалық жиілік сипаттамасын дифференциалды теңдеу шешуге қарағанда жеңіл.

8.5 Қысқыш қондырғылар

Қысу қондырғылары бөлшектерді белгіленген қатаң тәртіпте бекітуі үшін арналған. Осы мақсатпен қысу қондырғыларын да пневматикалық, электромагниттік және электрогидравликалық жетектер қолданылады. Пневможетекті қарапайым қысу қондырғыларының конструктивті сұлбалары 8.6 суретте көрсетілген.

Бұл жүйелерде қысқыштық күш мына формуламен табылады:

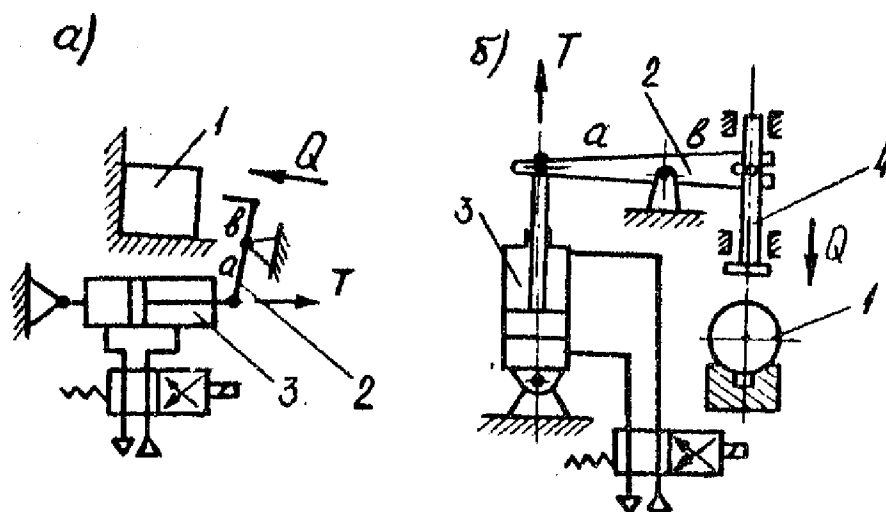
$$Q = T \cdot \frac{a}{b},$$

мұндағы a және b – рычаг иіні, м;

T - пневмоцилиндрмен пайда болатын күш, Н;

Қысу қондырғыларында пневматикалық және электромагнитті жетектердің қолданылуы олардың қарапайымдылығы мен тез әсер етуімен түсіндіріледі.

Кең диапазонда қысу күштерін реттеу қажеттілігі туған жағдайда электрогидравликалық жетек қолданылады. Бұл жағдайда гидрожүйлерде айнымалы қиманың дроссельдері пайдаланылады.



1-бөлшек; 2-рычаг; 3-пневмоцилиндр; 4-басқарушы звено.
8.6 сурет - Қысу қондырғылары а) және б)

8.6 Бұрылыс қондырғылары

Автоматта немесе автоматты желілерде бөлшектерді өндеу процесінде бөлшектердің ориентациясының өзгеруі үшін түрлі құрылыс қондырғылары; бұрылыс үстелдері, бұрылыс шеңберлері, контовательдер қызмет етеді. Көлік шаруашылығында доңғалақтар жұбы мен арбашалар ориентациясының автоматты өзгеруі үшін бұрылыс шеңберлері қолданылады; жартылай көліктердің түсіру люктарының қақпақтары, арбашаның рамасы мен балкасы үшін кантовательдер, автотіркегіш корпусы, букса мен басқа бөлшектер үшін – манипулятор қолданылады. 8.7 суретте пневможетекті бұрылыс шеңберінің конструктивті сұлбасы көрсетілген.

Бұрылыс пневмоцилиндрі тұндыруы қажет T күші айналу моменті мен кедергі теңдігінің шартынан мына формуламен анықталады:

$$T = \frac{(P_1 + P_2 + P_3) \cdot f_o \cdot \eta}{f_m}, \quad (8.6.1)$$

мұндағы P_1, P_2, P_3 – рельстік жол, бұрылыс үстелі, бұрылатын түйінге сәйкес ауырлық күші, Н;

f_o - үйкеліс коэффициенті, $f = 0,005-0,28$;

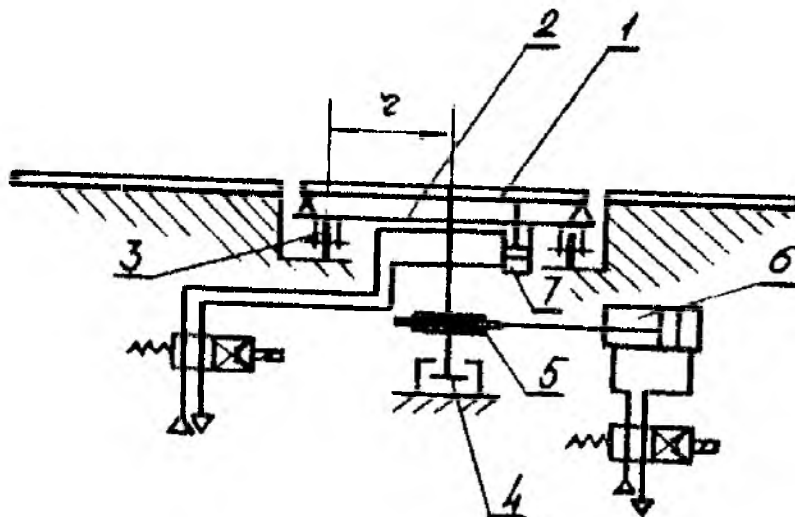
η – тегершік радиусы, м;

η - айналыс радиусы, м;

Пневмоцилиндрдің ішкі диаметрі поршеньнің тепе-теңдік теңдеуінен табылады:

$$D = \left[\frac{4T}{\Pi \cdot (P_o \cdot f - 0196 \cdot P_e)} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (8.6.2)$$

мұндағы T – сығылған ауаның жұмыс қысымы, $P = (3-6)10^5$ Па;
 P_e – қысымға қарсы күш, $P_e = (1-1,5)10^5$ Па;
 T – цилиндр арқылы пайда болатын күш.



1-рельс жолы; 2-бұрылыс үстелі; 3-роликтік тіректер; 4-2 жақты сырғанау мойынтірегі; 5- тісті беріліс; 6-үстел бұрылысының пневмоциліндрі; 7-бөлшек сақтығысының пневмоциліндрі.

8.7 сурет - Бұрылыс шеңбері

Диаметрдің табылған шамасы стандартты мөлшерге дейін дөңгелектенеді.

Пневмоцилиндр піспегінің жүрісі үстел бұрылғысының бұрышына тәуелді есептеледі:

$$S = \frac{\Pi \cdot \alpha \cdot \alpha}{180}, \quad (8.6.3)$$

мұндағы α – үстел бұрылысының бұрышы.

Бір операцияға кететін шығын, м³-пен мына формула арқылы анықталады:

$$Q = \frac{\Pi \cdot D^2}{4} \cdot S / t_3, \quad (8.6.4)$$

мұндағы t_3 – жетектің іске қосылу уақыты;

$$t_3 = 22,8 \cdot 10^{-6} \frac{E \cdot S}{\beta^2 \sqrt{e^{1,48\ell_n} - e^{1,715\ell_n}}}, \quad \text{егер } E > 0,528; \quad (8.6.5)$$

$$\{t_3 = 84,4 \cdot 10^{-6} \frac{E \cdot S}{\beta}, \quad \text{егер } E > 0,528,$$

мұндағы $E = \frac{P_c \cdot D^2 + d_{um}^2 \cdot (P_o - P_c)}{PD^2}$ - өлшемсіз параметр.

P_B – атмосфералық қысым, $P_B = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

$\beta = \frac{d_{om}}{D}$ - кіру сацылауы диаметрінің цилиндрдің ішкі диаметріне қатынасы.

Піспектің орын ауыстыру жылдамдығы (м/с) және моментальдық цилиндрдің айналу жылдамдығы (1/с) мына формуламен анықталады:

$$U = \frac{Q}{F_n}; \quad \varpi = \frac{8Q}{2B_1 + (D^2 - d_{um}^2)}. \quad (8.6.6)$$

Кері жүріс жылдамдығы мына формуламен анықталады:

$$U_{ox} = \frac{4Q}{\Pi \cdot (D^2 - d_{um}^2)}.$$

Жұмыс циклының ұзақтығы секундпен мына формуламен анықтаймыз:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (8.6.7)$$

мұндағы t_1 - колмен басқарушымен бөліп таратқышті таратқыштың іске қосылу уақыты $t_1 = 0,03 - 0,1 \text{ с}$;

$t_2 = \frac{L_o}{U_o}$ - бөлгіштен цилиндрге дейін ауалық ағынның таралу ұзақтығы,

с.

Мұндағы L_o – бөлгіштен цилиндрге дейінгі құбыр желісінің ұзындығы, м;

U_o – ауа ағысының таралу жылдамдығы, $U_o = 341 \text{ м/с}$;

$t_4 = \frac{S_o}{U_{ox}}$ - кері жүріс уақыты, с.

Цилиндрдің сыртқы радиусы см-мен анықталады:

$$R_n = m \cdot R_o \sqrt{\frac{\sigma + P}{\sigma - P}}, \quad (8.6.8)$$

мұндағы $m = 1,1 - 1,3$ – қор коэффициенті;

R_B – цилиндрдің ішкі радиусы, см;

σ - шекті кернеу (көміртекті болат үшін $\sigma = 1100 \cdot 10^3 - 1200 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$).

Штокты тігінен төзімділікке тексеру үшін мына формуламен қолданады:

$$P_{кр} = 2,5 \cdot \frac{E \cdot d_{шт}^4}{64 \cdot L_{шт}^2} \quad (8.6.9)$$

мұндағы E – шток материалының тығыздық модулі;

$L_{шт}$ – шток ұзындығы;

$L_{шт} = 1,55S$.

Вилка тәріздес контовательдің конструктивті сұлбасы 8.8 суретте көрсетілген.

Мұндай қондырғының көмегімен 4 білікті арбашалардың байланыстыру арқалықтарын, түсіру люктерінің қақпақтарын рессор үстілік арқалықтары мен басқа бұйымдарды 180-ге кантовкалау процестерін автоматтандыруға болады. Электрокозгалтқыш тудыруы қажет номиналды моментті мына формуламен есептеуге болады:

$$M_{\partial} = \frac{P_1 h_1 + P_2 h_2}{i \cdot \eta} \quad (8.6.10)$$

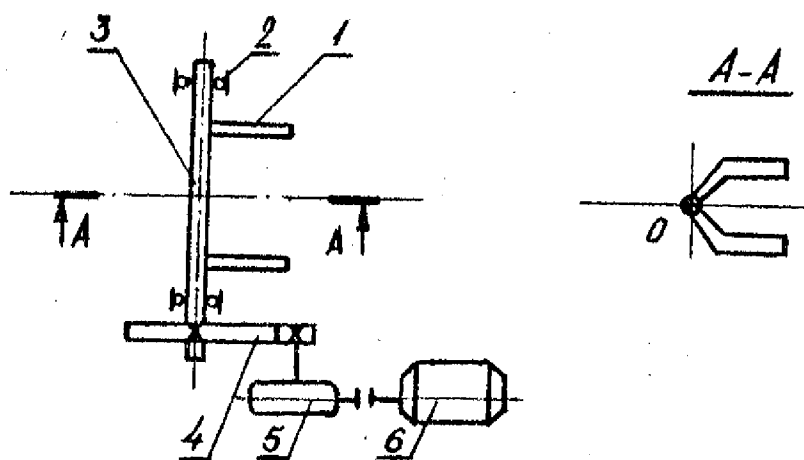
Мұндағы P_1 және P_2 – сәйкес вилкатәріздес қысқыш пен бұрылатын бөлшектің ауырлық күші;

h_1 – О нүктесінен бұрылатын бөлшектің ауырлық күшіне дейінгі ара қашықтық, м;

h_2 – О нүктесінен вилкатәріздес қысқыштың ауырлық күшіне дейінгі ара қашықтық, м;

i – беріліс саны;

η – берілістің ПӘК-і (0,7 ÷ 0,9).



1-вилкатәріздес қысқыш; 2-радиалды мойынтірек; 3-білік; 4-пісті беріліс; 5-червякты редуктор; 6-электрокозгалытқыш.

8.8 сурет - Вилка тәріздес контовательдің конструктивті сұлбасы

Электроқозғалтқыштың қуатын (кВт-пен) мына формуламен анықтаймыз:

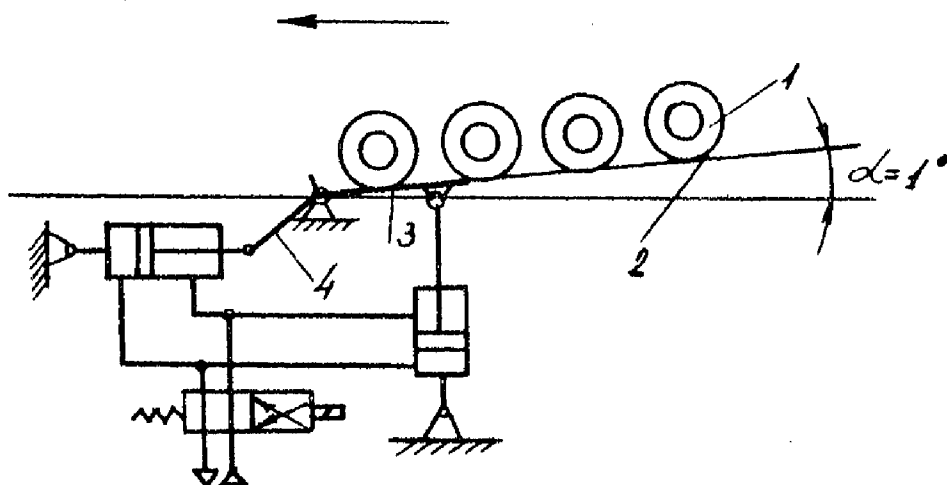
$$P = \frac{M_{\partial} \cdot n_{\partial}}{9550}.$$

Мұндағы n_{∂} - электроқозғалтқыш білігінің айналу жиілігі, айн/мин.

8.7 Тиеу қондырғылары

Тиеу қондырғылары жинаушы қоректендірілген және отсекателден тұрады.

Жинаушыда бөлшектер 1 қатарға, бір неше қатарға және жаппай сақталады. Қоректендіргіш жинақтаушыдан технологиялық машинаға бөлшектің берілеуі үшін, ал айырғыш бұл бөлшекті негізгі ағыннан бөлектету үшін қызмет етеді. 7.1 суретте доңғалақтар жұбы мен арбашаның тиеу қондырғысының конструктивті сұлбасы келтірілген. Бұл тиеу қондырғысының жұмыс жасау принципі келесідей. Бөліп таратқыш таратқышының электромагнитінің іске қосылуында бөліп таратқыш орын ауыстырады және сығылған ауаның цилиндрін цилиндрдің жұмыс арасымен магистральды жалғастырады.



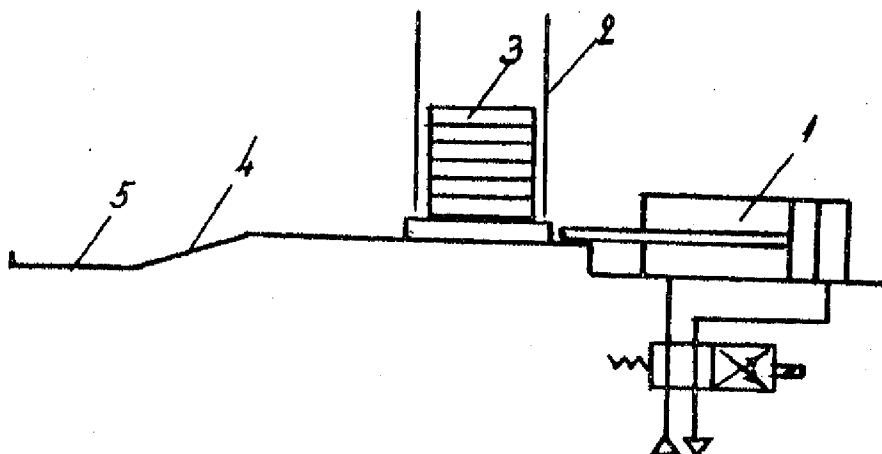
1- доңғалақтар жұбы немесе арбаша; 2-рельстік еңіс жолмагазиндік типтегі жинағыш;
3-қоректендіруші-айырғыш (платформа), 4-фиксатор.

8.9 сурет - Доңғалақтар жұбы мен арбашаларға арналған тиеу қондырғысы

Мұнда, піспектер фиксатор мен платформаны бұра отырып орын ауыстырады. Бұнымен 1-ші доңғалақтар жұбы технологиялық машинаға беріледі, ал қалғандары ажырайды.

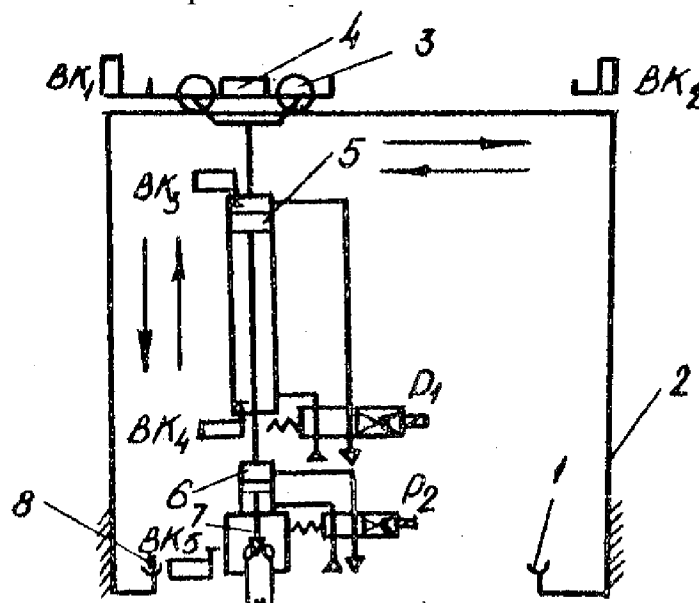
Электромагнит ауытқығанда бөлін таратқыш қайтымды серіппенің әсерінен солға жылжиды да жұмыс арнасын атмосферамен, ал выхлоп сығылған ауаның магистралімен жалғастырады. Қоректендіргіш –айырғыш

ретінде пневмоцилиндр қолданылған. Бұдан басқа коректендіруші ретінде өнеркәсіптік жұмыстар қолданылуы мүмкін.



1-2-лоток; 3-бөлшек; 4-склиз; 5-жинақтағыш
8.10 сурет - Пневмоцилиндрлі тиеу қондырғысы

8.10 - суретте порталды рамада аспалы өнеркәсіптік роботтың конструктивті сұлбасы келтірілген.



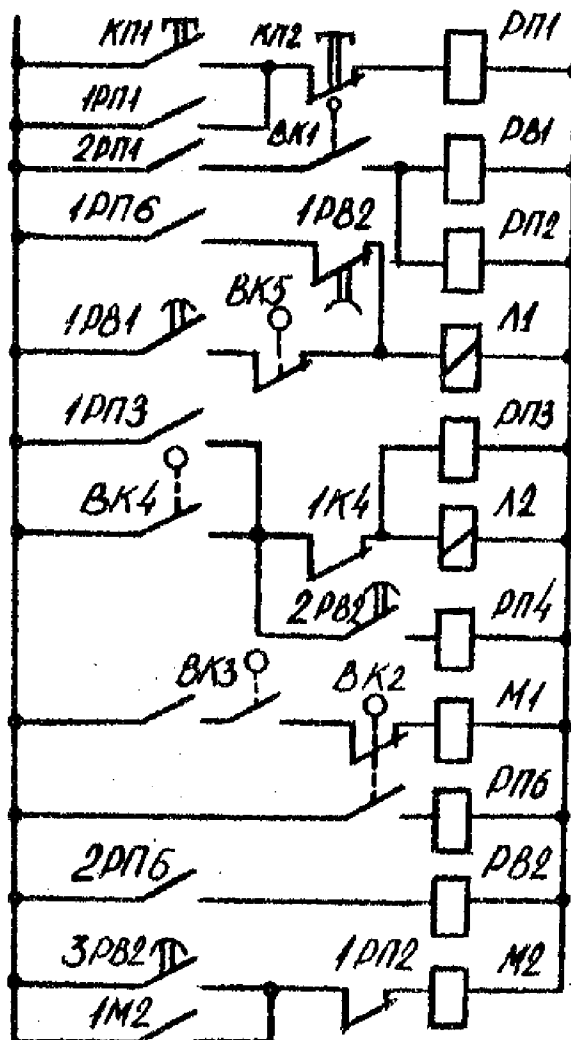
1-технологиялық машинаның қабылдағышы; 2-порталды рама; 3-робот кареткасы;
4-каретканың орын ауыстыру электрокозғалқышы; 5-вертикальды осьтің тігінен орналасқан механикалық қолдың орын ауыстыру пневмо жетегі; 6-қысқыштардың пневможетегі; 7-қысу қондырғысы; 8-бөлшек.

8.10 сурет - Порталды түрдегі өнеркәсіптік робот

Робот жергілікті бағдарлама бойынша жұмыс жасайды. Берілген уақыттан кейін роботтың механикалық рамасы төмен түседі, дайындаманы қысу іске асады, сонан соң қол көтеріледі де робот оңға технологиялық

машинаға қарай орын ауыстырады, қол қайта төмен түседі де, бөлшекті қысу орындалады да механикалық қол жоғары көтеріледі. Бұдан кейін робот бастапқы орнына қайта келеді де, процесс қайталанады.

Роботпен автоматты басқару жүйесінің принципіалды электр сұлбасы 8.11 суретте келтірілген.



8.11 сурет - Өнеркәсіптік роботпен автоматты басқару жүйесінің принципіалды электр сұлбасы

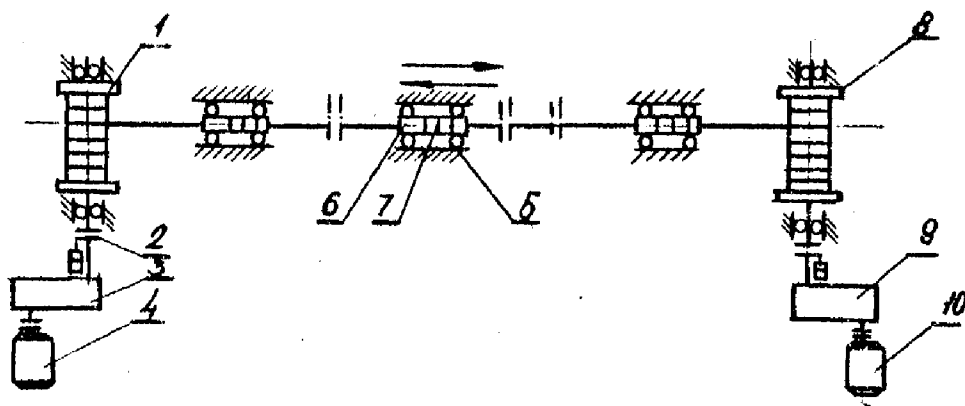
Жұмыс жасау принципі.

KPI-1 кнопкалы ажыратқышты басқанда өзінің 1PI1 және 2PI1 контакттерін тұйықтай отырып, PI аралық релесі іске қосылады. Бастапқы жағдайда BK1 ақырғы ажыратқыш тұйықталған. Сондықтан да белгілі бір уақыттан өз PI 1 контактсын тұйықталған PI уақыт релесі жұмыс жасай бастайды. Мұнда LI ауа бөлгіштің электромагнитті іске қосылады да сығылған ауа пневмоцилиндрдің жоғарғы арнасына келіп түседі. Механикалық қол төменге түседі. Механикалық қолдың төменгі тәртібінде BK4 ақырғы ажыратқыш тұйықталады. Осыған байланысты ауа бөлігінің LI2 электромагниті іске қосылады да бөлшек қысылады. Бөлшекті қысады да

микроажыратқыш ажыратылады. Л1 электромагниті тоқсызданады да, ауа бөлігінің золотнигі серіппенің әсерінен бастапқы қалпына қайтып келеді. Сонда сығылған ауа пневмоцилиндрдің төменгі арнасына келіп түседі де механикалық қол жоғарыға көтеріледі. Механикалық қолдың жоғары тәртібінде ВК 3 ақырғы ажыратқыш тұйықталады. Осының әсерінен каретканың орын ауыстыру электроқозғалтқышы іске қосатын М1 магнитті пускатель тоқсызданады да электроқозғалатқыш ажыратылады. Осымен бір уақытта 1РП6 және 2 РП6 контактлерін тұйықтайтын РП6 аралық релесі жұмыс жасайды. 1РП6 контакті тұйықталғанда Л2 электромагнитінің ажырауын және бөлшектің босатылуын қамтамасыз ете отырып 1РП4 контактсын үзеді. 1РВ2 контакті ажыратылғанда Л электромагниті тоқсызданады да қол жоғарыға көтеріледі. Сонан соң 3РВ2 уақыт релісінің контакті тұйықталады да, электроқозғалыштың реверсын қамтамасыз ететін, екінші М2 магнитті пускательі жұмыс жасайды. Сонымен робот бастапқы орнына қайта келеді. ВК1 қайта тұйықталады. 1РП2 контактімен М2 магнитті пускательдің тізбегін тұйықтайтын РП 2 аралық релесі іске қосылады. Электроқозғалтқыш ажыратылады. Осымен бір уақытта суреттелген процестер қайта қайталанады. Мұндай Жұмыс оператор КН 2 кнопкасын баспайынша жалғаса береді. Мұнымен барлық сұлба тоқсызданады.

8.8 Тасымалдаушы қондырғылар

Көліктердің, арбашалар мен көліктердің басқа бөлшектерін жылжыту үшін оларды дайындау мен жөндеуде тарту конвейерлері қолданылады. Тарту конвейерінің конструктивті сұлбасы 8.12 суретте келтірілген.



1,8-барабан; 2-пневможөтелкті фрикциондық муфта; 3,9-редуктор; 4-тұзу жүрістің электроқозғалтқышы; 5-тарту арбашаларының бағыттаушылары; 6-тарту арбашасы; 7- тарту арбашасының тірегі; 10-кері жүрістің электроқозғалтқышы.

8.12 сурет - Тарту конвейері

Конвейер электроқозғалтқышының қуаты (кВт) мына формуламен көрсетіледі:

$$P = \frac{\beta \cdot W_o \cdot g}{1000 \cdot \eta} . \quad (8.8.1)$$

Мұндағы β -есепте кедергі күшінің үлесін ескеретін коэффициент (конвейердің тура жүрісі үшін $\beta=0,15-0,30$);

$W_o = K_m \cdot \Theta \cdot T_b$ – қозғалысқа қарсы қосынды кедергі, Н;

$K_m=250-300$ Н/т – көлік тарсының әр тоннасына келетін тарту күші;

Θ - бір уақытта орын ауыстыратын көліктер саны;

T_b – көлік тарасы, т;

g - конвейердің орын ауыстыру жылдамдығы ($g=0,1-0,15$ м/с тура жүріс үшін 0,2; кері жүріс үшін 0,25);

η - берілістің ПӘК-і, $\eta=0,7-0,9$.

Конвейердің тура және кері жүрісі үшін редуктордың беріліс саны:

$$i = \frac{\Pi \cdot n_g \cdot D_g}{60 \cdot g} . \quad (8.8.2)$$

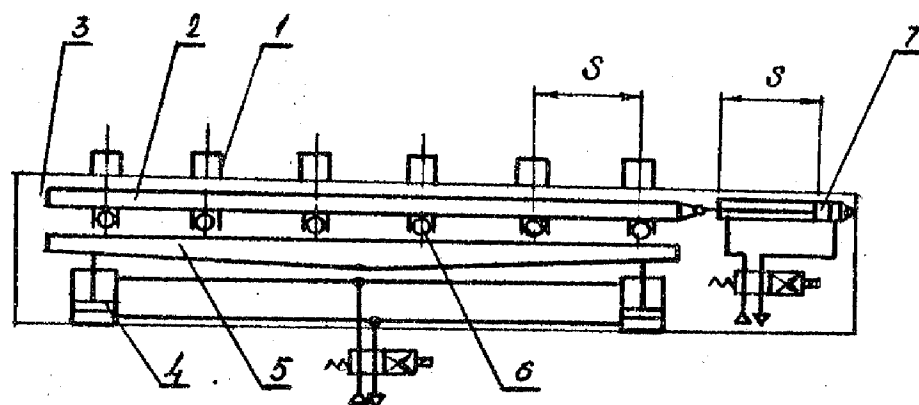
Мұндағы n_g – конвейердің тура және кері жүрісі үшін электроқозғалтқыш білігінің айналу жиілігі (1-ші қосымшада 1-ші кестеден алынады);

D_g – барабан диаметрі, м;

g -тура және кері жүрісте конвейердің орын ауыстыру жылдамдығы, м/с;

Редуктор сипаттамалары қосымшаның 2-ші кестесінде келтірілген.

8.13 суретте адымдаушы конвейердің конструктивті сұлбасы көрсетілген.



1-орын ауыстырушы бөлшек; 2-жылжымалы рама; 3-конвейер станинасы; 4-вертикальдық пневмоцилиндр; 5-аралық рама; 6-роликтер; 7-жылжымалы раманың орын ауыстырған горизонтальдық пневмоцилиндры.

8.13 сурет - Адымдаушы конвейер

Адымдаушы конвейерлер құю, жинақтау, дайындау, механикалық және термиялық нехтарда қолданылады. Берілген конвейерлер дара түрдегі жүктерді тасымалдауды автоматтандыру құралдарының бірі болып табылады. Олар сенімділігімен, төмен бағасымен, конструкциясының қарапайымдылығымен ерекшеленеді. Адымдаушы конвейер қозғалысының циклы бөлшектермен бірге жылжымалы раманың көтерілуі, олардың берілген S адымына орын ауыстыруы, бөлшектердің станинаға төмен түсуі және жылжымалы раманың бос жүрісінен тұрады.

Көлік жинақтау өндірісінде адымдаушы конвейерлер аралық жинақтаушылар, ал букса корпустарын автоматты түрде тасымалдауда оларды автоматтардың жуу үшін қолданылады.

Адымдаушы конвейердің вертикальды пневмоцилиндрлерінің ішкі диаметрі жуықтап мына формуламен анықтауға болады:

$$D \geq \left[\frac{4\delta \cdot (m_1 + m_2 + m_3)}{\pi \cdot K_o \cdot f} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Мұндағы δ - ауырлық күшінің үдеуі, м/с²;

m_1, m_2, m_3 – аралық аралық, арқалық рашкті жылжымалы арқалық пен орын ауыстыратын бөлшектерге сәйкес масса (кг);

K_o – параллель жұмыс жасайтын пневмоцилиндрлердің саны;

f - тығыздаушыларда үйкелісті ескеруші коэффициенті, $f=0,8-0,9$.

Конвейерлердің құрылысы мен адамдаушы конвейерлердің есебі толығымен [14] баяндалған.

8.9 Автоматика қондырғыларының сенімділігін бағалау

Өндіріс процестерін автоматтандыруда жобалау кезеңінде автоматика қондырғыларының тосынды төзімділігін бағалау өте маңызды болады. Кез келген техникалық бұйымның сенімділігі сының ең бір қажетті көрсеткіштерінің бірі болып табылатын сенімділік сөзінің астарында, осы берілген функцияларды орындау қабілеттілігі, қажетті уақыт аралығының белгіленген шегінде өзінің эксплуатациялық көрсеткіштерін сақтау түсініктері жатыр. Сенімділіктің қажетті көрсеткіштерін анықтау үшін ықтималдылық теориясы мен математикалық статистиканың әдістерін қолданылады. Келесі критерилерді жүргізеді: берілген уақыт аралығында қондырғының тоқтаусыз жұмыс жасау ықтималдылығы, тоқтап қалу интенсивтілігі, алғашқы тоқтап қалуға дейін орташа істелген жұмыстарды қолдана отырып, төзімділікті бағалайды.

Жөнделмеген қондырғының тоқтау интенсивтілігі деп уақыт бірлігінде тоқтап тұрған қондырғылардың $\Delta n(t)$ санының Δt уақыт аралығында бұзылмай жұмыс жасаушылардың орташа санына қатынасын түсінеді.

$$\ddot{\lambda}(t) = \frac{\Delta n(t)}{n_{op} \cdot \Delta t}. \quad (8.9.1)$$

Мұндағы $n_{op} = \frac{n_1 + n_2 + 1}{2}$ - Δt интервалында бұзылмай жұмыс жасайтын қондырғылардың орташа саны;
 n_i - қарастырылған интервалдың басындағы жұмыс жасаушы үлгілердің саны;
 $n_i + 1$ - қарастырылған интервалдың соңындағы жұмыс жасаушы үлгілердің саны.

Техникалық қондырғылардың көбі үшін қалыпты жұмыс жағдайында тоқтап қалу интенсивтілігі. Үнемі $\lambda = const$ болып калатындығы статистикалық зереттеулер көрсетіп отыр. Бұл шарттарда тоқтаусыз жұмыс ықтималдылығы уақыттың экспоненциалды функциясы ретінде көрсетілуі мүмкін.

$$P(t) = e^{-\lambda t}. \quad (8.9.2)$$

Мұндағы λ - жұмыстың 1 сағатына бірлік үлесінде келетін тоқтау интенсивтілігінің орташа тұрақты шамасы;
 t - сенімділік анықталатын, қондырғы жұмысының уақыты.

Қарастырылып отырған шарттарда ($\lambda = const$) алғаш тоқтағанға дейін істелген жұмыс мына түрде табылуы мүмкін:

Анықтамалық әдебиетте әдетте элементтер үшін сол элементтің критерисінің шамасы факторлардың үлкен санына байланысты болғандықтан тоқтау интенсивтілігінің ең кіші, орташа және ең үлкен мәндерін алады. 8.9.1 кестеде күштік сұлба мен басқару сұлбаларын жинақтау үшін өндірістік процестерді автоматтандыруда қолданылатын бір қатар элементтер үшін тоқтау интенсивтілігінің мәндері келтірілген. Жеке элементтерден құрастырылған ауыр қондырғылардың сенімділігін бағалауда элементтің қондырғының жұмыс қабілеттілігіне тоқтаудың әсерін ескереді. Егер жеке элементтің тоқтауы қондырғының жұмыс жасамауына әкеліп соғатын болса, онда бұл элементтердің тізбектей жалғанғандығын білдіреді. Бұл жағдайда қондырғының тоқтаусыз жұмыс жасау ықтималдылығы элементтердің тоқтаусыз жұмысының ықтималдылығының туындысы ретінде анықталады:

$$P_y(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t). \quad (8.9.3)$$

Мұндағы $P_i(t)$ - қондырғының i -ші элементінің тоқтаусыз жұмысының ықтималдылығы.

Бұл теңдеу (8.9.2) ескере отырып былай жазылуы мүмкін:

$$P_y(t) = e^{-\lambda_{2i}} \cdot e^{-\lambda_{2i}} \cdot \dots \cdot e^{-\lambda_{ni}} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t}. \quad (8.9.4)$$

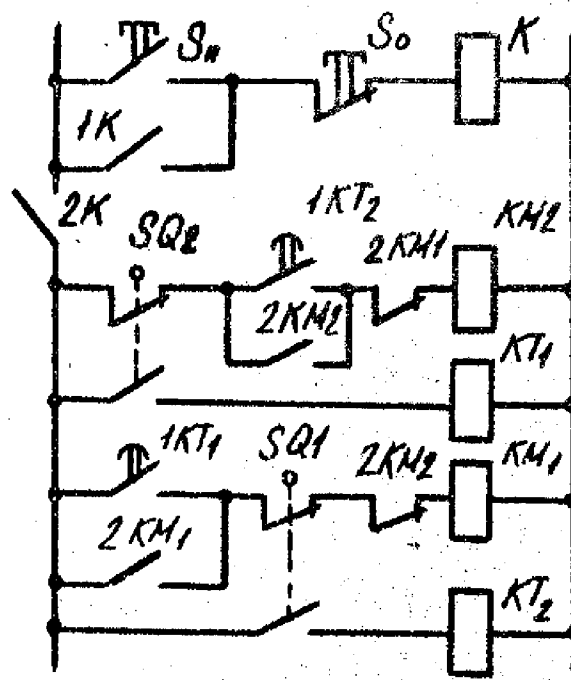
Ауыр қондырғылардың сенімділігін анализдеуде есепке элементтердің параллель жалғануын да қабылдау қажет, себебі олардың біруінің жұмысы тоқтап қалғанда оның функциясын басқасы жалғастырып орындай береді. Сонымен, параллель жалғанған элементтерден тұратын қондырғы біреуінің тоқтап қалғанымен басқа элементтері жұмыс жасай береді. Параллель жалғанған элементтерден тұратын қондырғының тоқтаусыз жұмысының ықтималдылығы былай анықталады:

$$P_{np} = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P(t)].$$

Мысалы: 8.9.1 суретте берілген басқару сұлбасының тоқтаусыз жұмысының ықтималдылығын бағалау.

8.9.1 кесте - Автоматика элементтерінің тоқтау интенсивтілігі

Элементтің аталуы	Тоқтау интенсивтілігінің мәндері		
	ең үлкен	орташа	ең кіші
Ажыратқыштар (тумблер)	0,123	0,06	0,015
Автоматты ажыратқыштар	0,4	0,137	0,045
Жылулық ажыратқыштар	0,5	0,3	0,25
Айнымалы ток генераторы	2,94	0,7	0,033
Тұрақты ток генераторы	6,24	0,9	0,3
Қысым датчиктері	6,6	3,5	1,7
Температура датчиктері	6,4	3,3	1,5
Германийлі диодтар	0,38	0,3	0,23
Кремнийлі диодтар	0,25	0,2	0,15
Қыздыру лампалары	32,0	8,0	5,2
Электромагнитті муфталар	0,93	0,6	0,95
Ауыстырып қосқыштар	0,14	0,05	0,009
Ауыстырып қосқыштар	0,11	0,063	0,043
Гидравликалық піспектер	0,35	0,2	0,08
Сымды сақтандырғыштар	0,83	0,50	0,38
Жібергіштер	16,1	10,0	3,03
Электромагнитті реле	0,5	0,3	0,11
Уақыт релесі	0,75	0,39	0,16
Реостаттар	0,19	0,13	0,07
Электрлі байланыстырулар	0,47	0,02	0,03
Трансформаторлар	0,62	0,2	0,07
Тахометрлер	0,55	0,3	0,25
Транзисторлар	1,02	0,61	0,38
Электроқозғалтқыштар	7,5	0,625	0,15
Қыздыру элементтері	0,04	0,02	0,01



8.14 сурет - 2 пункт арасында тоқтаумен уақыт бойынша пунктерде периодты орын ауыструмен басқару сұлбасы

Осы сұлбаға кіретін элементтердің тоқтау интенсивтілігі жөнінде есептеуге қажетті мәліметтер 8.9.1 кестеден алынады. Есептеу ыңғайлы болу үшін қарастырылатын сұлбаның барлық элементтеріне қажетті мағұлматтар 8.9.2 кестеде көрсетілген.

8.9.2 кесте – 8.14 суреттегі сұлбаның элементтерінің тоқтау интенсивтілігі

Элементтің аталуы	λ $1,4 \cdot 10^{-6}$	n сұлбасындағы саны	λ_i, h_i $1,4 \cdot 10^{-6}$
Электромагнитті реле	0,5	1	0,5
Жолдық ажыратқыш	0,14	2	0,28
Уақыт релесі	0,75	2	1,5
Кнопкалар	0,11	2	0,22
Жібергіштер	16,1	2	32,2
$\sum_{i=1}^n x_i n_i = 34,7 \cdot 10^{-4}$			

(8.9.4) теңдігін пайдалана отырып $t=1000$ сағ аралығында сұлбаның тоқтаусыз жұмыс ықтималдығы мынаған тең болатынын оңай табамыз:

$$P_i^{(1000)} = e^{-34,7 \cdot 1000 \cdot 10^{-4}} = 0,966$$

А қосымшасы

Анықтама материалдары

А.1 кесте - Гидро және пневмо сұлбасының дара элементтерінің әріптік және графикалық мағынасының шарттары

Элементтің атауы	Графикалық сурет	әріптік белгісі
Бак: Атмосфералық қысым арқылы Ішкі қысым атмосфералық қысымнан жоғары Ішкі қысыммен		Б Б Б
Сұйықтықтың келуі Сұйықтықтың шығуы Ауаның келуі Ауаны атмосфераға шығару Сұйықтық немесе газ ағымы бір бағытта		
Үнемі өндіріс сорғысы (үнемі бағыттық ағын)		Н
Үнемді реттемейтін гидрометр		М
Компрессор		КМ
Қалыпты бағыттағы ағынды реттелмейтін пневмометр		М
Цилиндр (гидро және пневмо)		Ц
Кері клапан		КО
Электрокозғалтқыштан өндірісті реттейтін желілі сорғы		
4/2 басқару бөлгіштері: жұдырықшасынан пружинаны қайтару		Р
Электромагниттан пружинаны қайтару		Р
2 - электромагниттан		Р
Қысымнан		Р
3/2 басқару бөлгіштері: электромагниттан пружинаны қайтару		Р
2/2 басқару бөлгіштері: фиксаторлы рукояткадан		Р
Сақтау клапаны (максималды қысым P_1 шектейді)		КП
Редукциялық, гидравликалық клапан		КР
Пневматикалық қысым реттегіші		РД

А.1 кестесінің соңы

Элементтің атауы	Графикалық сурет	Әріптік белгісі
Реттелететін дроссель		ДР
Фильтр		Ф
Ылғалдық бөлгіш		ВД
Аккумулятор: Пневматикалық, рессивер		РС
Гидроаккумулятор: 1-эркет принципі көрсетілмеген; 2-пружинногидравликалық; 3-пневмогидравликалық		АК
Трубопровод		
Трубопроводтың байланысы		
Трубопроводтың қиылысы		
Тиекті шұра (клапан): Өткел		ВН
Бұрыштық		
Үшжүрістік		

А.2 кесте - НМШ мотор насосының негізгі көрсеткіштері

Көрсеткіш	Насос типтері			
	НМШ 0.03	НМШ 0.06	2 НМШ 0.06	2 НМШ 0.09
1480 аин/мин ПӘК 0.9 л/мин(дм ³ /с)	40(0,67)	80(1,34)	80(1,34)	120(2)
Номинальды қысым, кгс/см ² (МН/м ²)	100(10)	80(8)	100(10)	80(8)
Ағының мөлшері	1	1	2	2
Пайдалыналытын қуат кВт	10,3	20,6	20,6	31
n=1000 кезіндегі мотордың беретін қуаты	3,43	6,9	6,9	10,3
Масса, кг	17,8	21,2	33,7	36,2

А.3 кесте - ЦРГП типтегі гидро-пневмоцилиндрлер өндірісінің шығарылатын негізгі көрсеткіштері

Көрсеткіш	Цилиндр типтері	
	ЦРГП 50·36/500	ЦРГП 50·36/1000
Қысым:		
Ауаның ном/макс, кгс/см ²	10/16	10/16
Майдың ном/макс, кгс/см ²	25/32	25/32
Поршеннің диаметрі, мм	50	50
Штоктың диаметрі, мм	36	36
Поршнің жүрісі, мм	500	1000

А.4 кесте - Бағыттағыш және реттегіш гидроаппаратураның негізгі көрсеткіші

Аппараттың атауы мен типі	Көрсеткіш							Реттелгі ш қысым, МПа
	Шартты белгісі, мм	Кіретін қысым, Мпа			шығын, л/мин			
		Мин	ном.	макс.	мин.	ном.	макс.	
Кері клапан Г51-31	8	0,25	20	22		16	25	
32	10					32	50	
33	16					63	100	
34	20					125	160	
37	50					800	900	
ФГС 32								
фильтр жұқа тазалағыш	32		32		40		160	
Дроссель								
ДР 12	12	32				25	40	
20	20					63	100	
32	32					160	250	
Редукционды клапан МКРВ-								
16/3Ф2Р3	16	32	35			100	200	1,5+31
25/3Ф2Р3	25					160	320	
32/3Ф2Р3	32					450	750	
Сақтағыш клапан МКПВ	16	32	35			63	160	5+35
16/3Ф2Р3	25					320	400	

25/3Ф2Р3								
Гидр клапан МКГВ- 16/3Ф1Р 25/3Ф1Р	16 25		32	35		100 160	200 450	
Пневмогидро клапан АПГ-Б 2,5/20 10/20 40/20			20 20 20			сыйымдылығы, дм ³ 2,5 10 40		

А.5 кесте - Бағыттағыш және реттегіш пневмоаппаратураның негізгі көрсеткіштері

Аппаратураның типi және атауы	Көрсеткіш			
	Шартты белгі, мм	Ном. қысым., МПа	0,63 МПа қысымы кезіндегі ауа шығыны Р ³ /мин	Өту мүмкіншілі гі К _v , л/мин
Кері клапан В51 – 12	8	0,63	0,36	7
13	10		0,58	11
14	16		1,16	23
15	20		2,30	46
5-желілік бөлгіш				
4152550100	12	0,1	-	2,36
4152550110	16	1,0	-	46

Әдебиеттер тізімі

Негізгі

- 1 Основы теории автоматического управления: Учебник./В.Г.Солоненко, Г.Д.Естемесова, Ш.Д.Абдиев, С.К.Кулжанов. – Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір», 2012. - 212 с.
- 2 Брюханов В. Н. и др. Теория автоматического управления. – М.: Высшая школа, 2000.
- 3 Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. – М.: Юнимедиастайл 2002. - 822 с.
- 4 Попов П.М., Попов С.П. Верификационные методы анализа оптимального управления процессами и системами. - Ульяновск: УлГТУ, 2001.- 194 с.
- 5 Поляков К.Ю. Основы теории цифровых систем управления: учеб. пособие; СПбГМТУ. – СПб., 2006. - 161 с.
- 6 Поляков К.Ю. Теория автоматического управления для «чайников». Учеб.пособие. - Санкт-Петербург, 2008. - 80 с.
- 7 Повзнер Л.Д. Теория систем управления: Учебное пособие для вузов. - М.: Изд. МГТУ, 2002. - 472 с.
- 8 Зайцев А.П. Основы теории автоматического управления: Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 152 с.
- 9 Гудвин Г.К., Греббе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления. - М.: Бином, Лаборатория базовых знаний, 2004.
- 10 Артамонов Д.В., Семёнов А. Д. Основы теории линейных систем автоматического управления: Учебн. пособие. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003.- 135 с.
- 11 Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы: Учебное пособие для вузов. - СПб.: Питер, 2005. - 336 с.
- 12 Дембоский В.В. Автоматизация управления производством: Учебное пособие. – СПб.: СЗТУ, 2004. – 81 с.
- 13 Мустапаева А.Д., Изтелеуова М.С., Доштаев К.Ж., Камзина А.Д. Автоматизированные системы управления (на транспорте) (Учебное пособие). - Алматы: КазАТК, 2008. – 92 с.
- 14 Клавдиев А.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах. Ч.II. Моделирование линейных непрерывных систем автоматики: Учеб. пособие. – СПб: СЗТУ, 2005. - 81 с.
- 15 <http://model.exponenta.ru/>

Қосымша

- 1 Мойсеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. - М.: Наука, 1981.
- 2 Бронштейн И.Н., Семендяев К.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. - М.: Наука, 1986.
- 3 Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы. - М.: Высшая школа, 1986. – 262 с.

- 4 Понтрягин Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. - М.: Физматгиз, 1991.
- 5 Боголюбов Н. Н., Митропольский Ю. А. Асимптотические методы в теории нелинейных комбинаций. - М.: Физматгиз, 1993.
- 6 Зуховицкий С. И., Авдеева Л. И. Линейное и выпуклое программирование. - М.: Наука, 1997.
- 7 Исследование операций / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. - М.: Мир, 1981.
- 8 Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1985.– 500 с.

Мазмұны

Кіріспе.....	3
1 Өндірістік үрдістерді автоматтандырудың мақсаттары.....	4
1.1 Автоматка мен өндірістік үрдістерді автоматтандыру дамуының тарихи кезеңдері.....	4
1.2 Автоматты басқару мақсаттарын топтастыру.....	5
1.3 Автоматты басқару жүйенің динамикалық және статикалық звеносы	8
1.4 Басқару объектісі үлгісінің теңестіру сұрақтары	18
.....	
2 Автоматты басқару қағидалары және автоматты жүйе құралдары.....	21
2.1 Типтік басқару объектілерін автоматты басқару жүйесі.....	26
3 Автоматты реттеу жүйесі.....	29
3.1 Автоматты реттеу жүйесінің АРЖ (САР) жіктелу классификациясы...	32
3.2 АРЖ (САР) функционалды кестесі.....	35
3.3 Автоматты реттеу звеноларының статикалық сипаттамалары	36
3.4 Автоматты реттеудің звеноларының өтпелі сипаттамалары	39
4 Автоматты реттеу звеноларының жіктелуі, типтері, сипаттамасы.....	41
4.1 Пропорционалды звено.....	41
4.2 Апериодты звено.....	42
4.3 Тербелісті звено.....	44
4.4 Интегралды звено	45
4.5 Дифференциалды звено.....	45
4.6 Автоматты реттеу звеноларының берілу функциялары.....	46
5 Автоматты реттеу жүйесінің теңдеуі.....	48
6 Автоматты реттеу жүйесінің тұрақтылығын зерттеу.....	51
6.1 Тұрақтылық теориясының негізгі түсініктері (математикалық тұжырымдама).....	52
6.2 Реттеу үрдісінің тұрақтылығын алу құралдары және сапасын жақсарту.....	59
6.3 Автоматты реттеу үрдісінің сапасы және сапа көрсеткіштері.....	61
7 Өндірісті бақылаудың автоматтандырылуы.....	65
7.1 Өндіріс роботтарын пайдалану негізінде технологиялық үрдістерді автоматтандыру.....	67
7.2 Автоматты желілер және автоматтың көліктік үрдісін автоматты басқару.....	71
8 Тәжірбиелік жұмыстар.....	73
8.1 Көлік және оның жабдықтарын технологиялық үрдіспен басқару алгоритмін есептеу.....	73
8.2 Автоматты күштік жетектің типтері.....	75
8.3 Электромагниттік жетек.....	78
8.4 Автоматты реттеу жүйесінің	80
теңдеуі.....	
8.5 Қысқыш қондырғылар.....	83
8.6 Бұрылыс қондырғылары.....	84

8.7 Тиеу қондырғылары.....	88
8.8 Тасымалдаушы қондырғылар.....	91
8.9 Автоматика қондырғыларының сенімділігін бағалау.....	93
А қосымшасы.....	97
Әдебиеттер тізімі.....	101

Естемесова Гульсара Даутхановна
Балбаев Гани Кудайбергенович

ӨНЕРКӘСІПТІК РОБОТОТЕХНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ МЕХАТРОНДЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІ

Оқу құралы

Редактор

Изтелеуова Ж

Басуға 2018 ж. қол қойылды.
Таралымы дана. Қалпы 60х84 1/16

№2 типографтік қағаз
Ес.-баспа б. 6,1. Тапсырыс № _____
Бағасы 3100 теңге.

Коммерциялық емес АҚ «АЭЖБУ»
Алматы қ., Байтұрсынов қ-сі, 126

Коммерциялық емес акционерлік қоғам
Алматы энергетика және байланыс университеті
Көшіру-көбейту бюросы
Алматы қ., Байтұрсынов қ-сі, 126