С.М. АНДРЕЕВ, Б. Н. ПАРСУНКИН

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР ЕРЕКШЕЛІГІНІҢ ЕСЕБІМЕН КҮРДЕЛІ ЕМЕС АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ

«Технологиялық процестер мен өндірістерді автоматтандыру (салалар бойынша)» мамандығының орта кәсіби білім беру бағдарламасын жүзеге асыратын білім беру мекемелерінің бағдарламаларын іске асыратын білім беру мекемелерінің оқыту процесінде қолдану үшін, оқу құралы ретінде «Білім беруді дамыту Федералды институты» Федералды мемлекеттік автономды мекемесі («БДФИ» ФМАМ) ұсынған

Рецензиялық тіркеу нөмірі 390,
2015 жылдың 23 шілдесі. («БДФИ» ФМАМ)

ACADEMIA

Мәскеу
«Академия» Баспа орталығы
2016

ӘОЖ 681.5(075.8)
КБК 32.965ші723
А655

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес ««ТжКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды.

Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды.

Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет.

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19,
«Алма-Ата» БО, 809С , телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

П і к і р б і л д і р у ш і —
«Оңтүстік Орал Мемлекеттік университеті» ЖКБ ФМББМ ҒЗИ,
техн. ғыл. д-ры., проф. *А.А.Радионов*

Андреев С. М.

А655 Технологиялық процестер ерекшелігінің есебімен күрделі емес автоматтандыру жүйесін әзірлеу және модельдеу: орта кәс. білім беру мекемесінің студ. арналған оқул.,/С. М. Андреев, Б. Н. Парсункин. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2016. — 272 бет.

ISBN 978-601-333-249-9 (каз)

ISBN 978-5-4468-1768-9 (рус)

Оқу құралы «Технологиялық процестер мен өндірістерді автоматтандыру (салалар бойынша)», «Технологиялық процестер ерекшелігінің есебімен күрделі емес автоматтандыру жүйесін әзірлеу және модельдеу» КМ.04 мамандығы бойынша кәсіби орта білім берудің федералды мемлекеттік білім стандартына сәйкес құрылды.

Технологиялық процестерді автоматтандыру жүйесі мен мехатронды жүйесін әзірлеу және модельдеу қағидаттары қарастырылған; автоматты реттеу контурын басқару, тағайындау, құру қағидаттары және математикалық сипаттаудың негізгі түсінігі келтірілген; басқару элементтері мен жүйелерін динамикалық сипаттау ұсынылған. Автоматтандыру жүйесінің техникалық құралдарын жіктеу берілген: технологиялық шама датчиктері, атқарушы құрылғылар, технологиялық контроллерлер мен ТП АБЖ интеграцияланған жобалау және басқару жүйесімен олардың өзара байланысы көрсетіледі. Жеке технологиялық параметрлерді автоматтандыру жүйелерін жобалау мысалдары келтірілген.

Кәсіби орта білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған.

ӘОЖ 681.5(075.8)
КБК 32.965ші723

© Андреев С.М., Парсункин Б.Н., 2016
© «Академия» білімдік баспа орталығы, 2016
© Дайындау. «Академия» баспа орталығы, 2016

ISBN 978-601-333-249-9 (каз)
ISBN 978-5-4468-1768-9 (рус)

Құрметті оқырман!

Осы оқу құралы «Технологиялық процестер мен өндірісті автоматтандыру (салалар бойынша)» мамандықтарының оқыту-әдістемелік құралы болып табылады.

Оқу құралы «Технологиялық процестер ерекшелігі есебімен жеңіл автоматтандыру жүйесін әзірлеу және модельдеу» КМ. 04 кәсіби модульдерін оқып білу үшін арналған.

Жас ұрпақтың оқыту-әдістемелік кешені жалпы білім беру және жалпы кәсіби пәндер мен модульдерді оқып білуді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін дәстүрлі және инновациялық оқыту материалдарын енгізген. Әр жиынтық жалпы және кәсіби құзіреттіліктерді игеру үшін, соның ішінде жұмыс берушінің талаптарын ескере отырып, қажетті болатын оқулықтар мен оқу құралдарынан, оқыту және бақылау құралдарынан тұрады.

Оқу құралы электронды білім беру ресурстарымен толықтырылады. Электронды ресурстар интерактивті жаттығулары және тренажерлары, мультимедиялық объектілер, қосымша материалдар мен Интернеттегі ресурстарға сілтемелері бар теориялық және практикалық модульдерінен тұрады. Оларға Терминологиялық сөздік пен оқыту процесінің негізгі параметрлерін белгілейтін электронды журнал қосылған: жұмыс уақыты, бақылау және практикалық тапсырмаларды орындау нәтижелері. Электронды ресурстар оқыту процесіне жеңіл ендірілген және әр түрлі оқыту бағдарламаларына бейім бола алады.

Кіріспе

XX ғ. соңғы онжылдығында ақпараттарды түрлендіру, өңдеу, беру және сақтаудың сандық әдісін қолдануға негізделген Өнеркәсіптік өндірістің технологиялық процестерді автоматты басқарау жүйесі (ТП АБЖ) иерархиялық құрудың заманауи тұжырымдамасы айқын қалыптасты. Әсіресе технологиялық параметрлер датчиктерін, типтік басқару заңын қалыптастыру, атқару механизмдері мен әдістерін іске асырудағы бар қағидаттар кезінде оперативті ақпараттарды өңдеу және алмастырудың техникалық құралдары түбегейлі өзгерді.

Жұмыс барысында адамдар араласатын басқару жүйесі *автоматтандырылған жүйе* деп аталады. Автоматтандырылған өндірісте адамдар үлесіне тек басты машиналарға, механизмдер мен қондырғыларға мезгіл-мезгіл ықпал етуге, басқару жүйесі үшін тапсырмалар құрылымдауға, сонымен қатар аспаптар көрсеткіштері бойынша технологиялық процестердің аса маңызды параметрлерін қадағалау тапсырмасы ғана қалады.

Жұмыс барысында адамдар араласпайтын басқару жүйесі *автоматты жүйе* деп аталады.

Автоматтандыру — бақылау және басқару қызметтері адамның қатысуын қажетсінбейтін автоматика әдістері және құралдарымен жүзеге асырылады. Кез келген өндіріске автоматтандыруды қолдануда адамды өндірістік процестерді басқару қызметтерін тікелей орындаудан босатып, осы қызметтерді автоматты құрылғыларға табыстаумен сипатталады. Автоматтандыру машиналарды, механизмдер мен қондырғыларды, сонымен қатар олардың күйлерін арнайы құрылғылар көмегімен адамдардың қатысуынсыз немесе ішінара қатысуы арқылы бақылауды бағамдайды.

Процестер мен қондырғыларды автоматтандыру келесі негізгі функцияларды орындайтын басқару жүйелерінің көмегімен жүзеге асырылады:

- технологиялық процестер параметрлерінің ағымдағы мәндерін бақылау (өлшеу);
- жабдықтың күйі туралы сигнализация;

- машиналар және тетіктерді қашықтан басқару;
- жабдықты пайдалану процесінде ықтимал зақымдардан автоматты қорғау;
- технологиялық процестерді үздіксіз автоматы реттеу және негізгі және көмекші қондырғылар арқылы басқару.

Микропроцессорлық техниканы дамытудың алғашқы кезеңдерінде көптеген өнеркәсіптік өндіріс салаларында автоматты жүйелерді іске асыру кезінде басқарушы ықпалды қалыптастырудың қатты логикалық құрылымымен техникалық басқару құралдары алды. ТП АБЖ техникалық құралдарын дамытудағы алдағы уақытта басым болашағы бары автоматты басқарудың еркін бағдарламаланған әмбебап техникалық құралдарын қолдану болып табылатындығы бірте-бірте айқын бола бастады.

Бағдарламаланатын техникалық микропроцессорлық автоматтандыру құралдарын дамыту процесінде осы екі түрді ажырату орын алды:

- әмбебап басқарушы есептеу машиналары (БЕМ) базасындағы техникалық құралдар;
- Өндірістік процестерді автоматтандыру бойынша проблемаларды басқаратын шешімге бағдарланған қарапайым БЕМ мен микропроцессорлы реттегіш контроллер (МРК) негізіндегі техникалық құралдар;

Өнеркәсіп өндірісінің заманауи ТП АБЖ автоматтандыру құралдарының екі түрінің дұрыс үйлесімін танытады.

ТП АБЖ синтезі кезінде бір уақытта автоматты бақылау және басқарудың дәстүрлі құралдарын жетілдірумен бірге дайын стандартты блоктар (модульдер) мен бағдарламалық технологиялар кеңінен таралды. Бұл жүйеге модульділік пен масштабталушылық сияқты маңызды қасиеттерді, яғни жасалып отырған ТП АБЖ қабілеті технологиялық процестердің параметрлерін басқару бойынша ұсынылған технологиялық талаптар кеңеюі мен шешілетін міндеттер шамасының артуына бейімделуді қамтамасыз етуге мүмкіндік етті.

ТП АБЖ заманауи құралымы иерархиялық қағидатпен қалыптасады және технологиялық процестерді басқару бойынша аясын қатаң шектеулер мен міндеттерді шешу мүмкіндігі бар бірнеше басқару деңгейінен тұрады, мұнда әрбір ішкі жүйесінің ішкі архитектурасы жалпы құрылымға аналогті.

ТП АБЖ иерархиялық құрылымын қолдану барлық қалған элементтерді өзгертпей, жеке жүйелерді автоматты басқару және жетілдіруде өндірістің кез келген ықтимал талаптарына бейімделетін типтік шешімдер құруға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта ТП АБЖ компоненттері мен техникалық

құралдарын әлемдік өндірушілердің барлығы олардың құрымының келесі қағидаттарын ұстанады:

- ТП АБЖ архитектурасының әр түрлі қолданыстарға ашықтығы мен бейімділігі;
- ТП АБЖ барлық аппараттық-бағдарламалық компоненттерінің базалық технологияларды кеңінен қолдану негізіндегі унификация және стандарттау;
- функционалды және аппараттық интеграция;
- ТП АБЖ әзірлемесінің, соның ішінде датчиктер мен атқарушы механизмдер сияқты аппараттық құралдарының технологиялық процесінің жоғары деңгейі;
- ТП АБЖ жиынтық құнына және оған қызмет көрсетуге шектеулер енгізу.

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР ЕРЕКШЕЛІГІНІҢ ЕСЕБІМЕН КҮРДЕЛІ ЕМЕС АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ МЕОДЕЛЬДЕУДІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

I

БӨЛІМ

1-тарау. Технологиялық процестерді басқару әдістері және функциялары

2-тарау. Технологиялық процестерді автоматтандыру жүйелері

3-тарау. Автоматтандыру жүйесіндегі типтік элементтер жүйесінің құрылымы мен жұмыс қағидаттары

4-тарау. Жобалау және басқару жүйелерін интеграциялау

1-ТАРАУ

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ БАСҚАРУ ӘДІСТЕРІ МЕН ФУНКЦИЯЛАРЫ

1.1. АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕСІНІҢ АРНАЛЫМЫ, МАҚСАТЫ МЕН ФУНКЦИЯЛАРЫ

Техникалық процестер мен өндірістік объектілерді автоматтандыру кезінде объектілерді автоматтандырудың жалпы жүйесіндегі жеке ішкі жүйелерге жүктелетін әр түрлі Функционалды міндеттерді жиі шешуге тура келіп отырады.

Автоматты басқару жүйесін жіктеу қолданылатын энергия және т.б. түрінде басқару және функционирлеу алгоритмдеріне қолданылатын жүйенің арналымы мен құрылымын сипаттайтын әр түрлі қағидаттар мен белгілер бойынша жүзге асады.

Автоматтандыру жүйесі арналым бойынша үш класқа бөлінеді: ақпараттық, басқарушылық және қорғаныштық (1.1-сурет.)

Ақпараттық жүйелер бақылау мен сигнализацияның ішкі жүйелерін біріктіреді.

Бақылаудың ішкі жүйесі бақылау өлшеу аспаптарының (БӨА) көмегімен автоматтандырылған объектілердің сандық (өлшеу) және сапалық (индикация) көрсеткіштерін алуды қамтамасыз етеді.

Сигнализация ішкі жүйесі бақылаудың ішкі жүйесіндегі техникалық құралдарды қолданады, алайда жарықтық, дыбыстық немесе басқа түрлі сигналымен ақпарат беру формасынан ерекшеленеді.

Сигнализацияның функционалды ішкі жүйелері командалық, бақылау, ескерту және авариялыққа бөлінеді.

Ақпараттық жүйелерге қойылатын негізгі талаптар - жеткілікті түрдегі ақпараттылық, сонымен қатар ешбір бұрмалаусыз және іркіліссіз ақпарат берілісі.

Басқарушы жүйелер алынған ақпараттар негізіне басқару объектісіне әсер беретін автоматтандырудың ішкі жүйелерінен тұрады. Бұл класқа автоматты реттеу (АРЖ), басқару (АБЖ) және басқарудың автоматтандырылған жүйелері (БАЖ) сияқты ішкі жүйелері кіреді.

Автоматты реттеу жүйелері кейбір басқару шамасының берілген заңдылығы бойынша тұрақты қолдау немесе өзгерту үшін арналған.

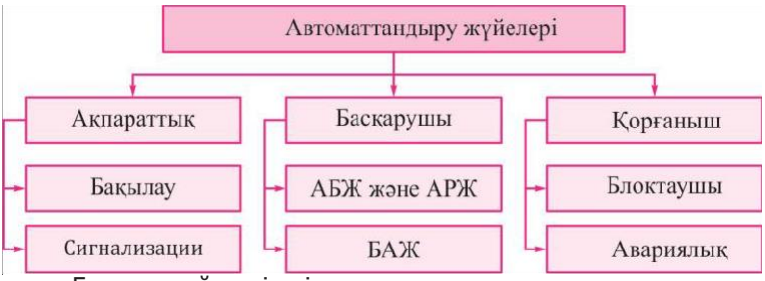
Автоматты басқару жүйелері белгілі бір басқару критерийлеріне қол жеткізуге бағыталған объектіге әсер етудің жиынтығын жүзеге асырады.

Жалпы жағдайда АРЖ және АБЖ локальді автоматика құралдары (реттегіштер) негіздегісі ретінде есептеу техникасын қолдана отырып жасалатын болады.

Автоматтандырылған басқару жүйелер есептеу техникасын міндетті түрде қолдана отырып, техникалық құрылғылар мен адамның бірлескен әрекетімен басқаруға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда техникалық құрылғылар стандартты басқару міндеттерін шешеді, қажетті есептеулер жүргізеді, сонымен қатар стандарты емес басқару міндеттерін шешетін адам ақпараттарын қамтамасы етеді.

АБЖ арасында өнеркәсіптік өндірістің технологиялық процестерді автоматты басқарау жүйесі (ТП АБЖ) және өзінің маңызы бойынша ақпараттық жүйелерге жатқызылатын өндірістік басқару жүйелерін (АӨБЖ) ажыратады.

Автоматты ***қорғау жүйелері*** техникада маңызды рөл атқарады. Осы кластың жүйелері адамның қатысуынсыз тек автоматты режимде, адамның қатысуынсыз жұмыс істейді және технологиялық параметрлердің нормадан ауытқуынан, сонымен қатар авариялық жағдайлар туындауынан объектілерді қорғайды.



1.1-сурет. Басқару жүйелерін жіктеу

Объектілерді автоматты қорғау кезінде объектілік (*блоктаушы жүйелер*) және объекті аралық (*синхрондаушы қорғау*) блоктауларға ажыратады. Блоктау және қорғау жүйелері іске қосылу нәтижесінде немесе қорғау объектілеріне материалды және энергетикалық ағындарға қолжетімділік тоқтатылады, немесе *авариялық жүйелер* қосылады (өрт сөндіру, желдету және т.б.)

1.2. ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЗАМАНАУИ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ФУНКЦИЯЛАРЫ

Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйесінің, әдеттегідей, үш деңгейден тұратын иерархиялық құрылымы бар және келесі функцияларды орындайды (МемСТ 34.003 — 90):

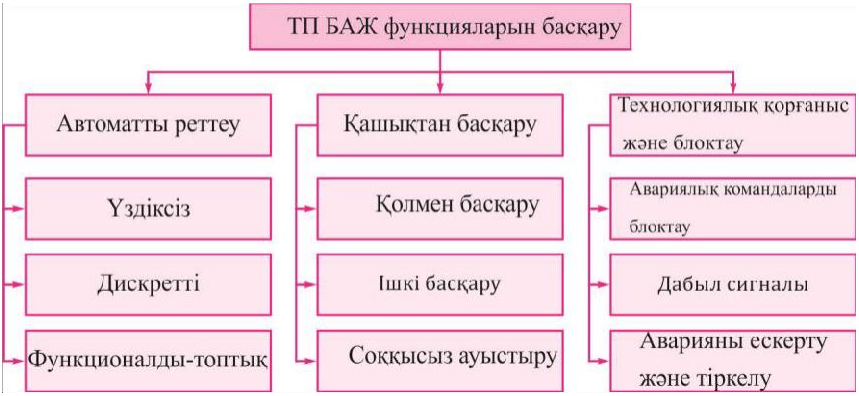
- басқарушылық – технологиялық басқару объектісінің күйі туралы ақпарат алуды, алынған ақпараттар бағасын, басқарушы әрекеттер мен оларды іске асыруды таңдаулардан тұратын функциялар;
- ақпараттық — технологиялық басқару объектісінің немесе сыртқы ортаның күйі туралы персоналданған ТП АБЖ немесе басқа жүйенің ақпараттарын өңдеу және беруді бағамдайтын функциялар;
- көмекшілік — жүйенің өзінің техникалық және бағдарламалық құралдарын функционирлеу күйін бақылауды қамтамасыз ететін функциялар.

ТП АБЖ-нің басқару функциялары. Басқарушыға мына төмендегі функцияларды жатқызады (1.2-сурет.):

- автоматты реттеу;
- қашықтан басқару;
- технологиялық қорғау және блоктау.

Автоматты реттеу функциялары автоматты тұрақтандыруды (*үздіксіз басқару*) немесе технологиялық процестердің үздіксіз параметрлерінің берілген заңдылығы бойынша өзгертуді, сонымен қатар *дискреттік* (логикалық) және *Функционалды топтық басқаруларды* қарастырады.

Дискретті (логикалық) басқару ілмекті арматура, механизмдер, реле, соңғы және жолдағы ажыратқыштар, датчиктер, индикаторлар мен сигнализаторлар болуын сонымен қатар басқарушы команданы



1.2-сурет. ТП АБЖ басқарушы функциясының құрылымы

қалыптастыру үшін, іске қосуға, блоктауға, тоқтатуға қорғау әрекеттері, сигнализациялар және т. б. күйлерін бақылау үшін қолданылады.

Функционалды топтық басқару (ФТБ) — дискретті басқару әрекеттерін қалыптастыру әр қадамдық күйін бақылай отырып, уақыт бойынша қадамдық түрде жүзеге асырылған кездегі дискретті басқарудың аса жоғары деңгейі. Функционалды топтық басқару әрбір адымның кезектілігінің белгіленген ұзақтылығын белгілейді және авариялық сигнал береді. Егер уақыт өтіп кетіп, ал команда толығымен орындалмаса, оператор күйді өзгерткенге дейін, кезектілік тоқтайды.

Қадамдық басқару алгоритмдері келесі функцияларды жүзеге асырады:

- жабдық күйін бақылау;
- механизмдер орындалысына басқарушы әсерін қалыптастыру;
- атқарушылық құрылғыларды тікелей басқаруды іске асыру;
- жергілікті контурлар тапсырмасының шамасын және автоматты реттегіштер күйлерін басқару;
- басқару алгоримдерін орындау, сонымен қатар олардың орындалмау себептерінің барысы туралы ақпараттарды қалыптастыру.

Қадамдық алгоритм жұмысының барысы туралы операторға арналған ақпарат нөмір мен ағымдағы операция қадамынан, сонымен қатар оның орындалу талаптарынан тұрады.

Қашықтықтан басқару объектілері стансаның атқарушы механизмдері болып табылады: ысырмалар, реттегіш клапандар, қозғалтқыштар және т.б.. Стансаның атқарушы механизмдерін жеке

қолмен басқарудан өзге оператор функционалды –топтық басқарудың логикалық схемасы немесе аса жоғары деңгейлі реттегіштерден *сыртқы автоматты басқаруға* ілмекті арматураның жұмыс режимін ауыстыру, резервті автоматты енгізу блоктау және сызбасын қосу/ағыту мүмкіндігі бар. Реттегіш клапандар үшін реттегіш параметр мәнін немесе клапанның ашылу дәрежесін арнауға немесе өзгертуге болады. Қашықтықтан автоматты басқаруға ауысу соққысыз, яғни басқарушы сигналдың күрт өзгерісінсіз жүзеге асырылады.

Технологиялық қорғау және блоктау функциялары автоматты реттеу және қашықтан басқару функцияларын қалыптастыратын басқарушы сигналдарының авариясыз іске қосылуын қамтамасыз етеді. Атаулы функция басқару объектісінде авариялық жағдайларға алып келуі мүмкін басқарушы сигналдарын блоктауға мүмкіндік береді. Мысалы, технологиялық механизмнің электржетегі үшін «алға» және «артқа» командасын бір уақытта құрылымдау кезінде басқарушылық әсер беруге жол бермейді немесе шеткі күй механизмдеріне қол жеткізген кезде, басқарушы сигналды үзеді. Бұдан өзге, қорғау сигналының іске қосылуынан сигнализациялық және оперативті дисплейге беруді, дыбыстық және жарықтық сигналдардың қосылуын, осы сигналдардың бейнесі үшін ТП АБЖ көмекші функцияларына беру қамтамасыз етіледі.

Қорғау және блоктау функцияларының негізімен бір уақытта авариялық жағдайларды тіркеу, жабдықтың авариялық тоқтауларының алғашқы себептерін талдау, персоналдарды авариялық жағдайларға алып келуі мүмкін орындалған немесе орындалмаған командалар мен әрекеттер туралы уақытылы хабарлау функциялары орындалады.

ТП АБЖ ақпараттық функциялары. Ақпараттық функцияларға мына төмендегі функциялар жатқызылады:

- ақпаратты бастапқы жинау және алғашқы өңдеулер;
- ақпаратты көрсету;
- хаттамалау және құжаттандыру.

Ақпаратты жинау және алғашқы өңдеулер ақпараттық функциялары ТП АБЖ базалық функциялары болып табылады. Технологиялық ақпараттан датчиктерінің тікелей сауалнамасынан өзге кіру ақпаратының дұрыстығына бақылау жүргізіледі. Бақылау нәтижелері бойынша әрбір енгізу каналы үшін жұмыста орын алған іркілісті талдауға мүмкіндік беретін жалпыланған дерексіздік индексі құрылымдалады.

Ары қарай енгізілетін сигналдар қолданылатын датчик, оны орнату орын мен жұмыс талаптарының есебімен масштабтауға, сүзгіден өтуге, тегістеуге, желілендіруге және түзетуге ұшырайды..

ТП АБЖ басым көп ақпараттық функциялары заманауи

өнеркәсіптік контроллерлер сигналын енгізу модульдерінде тікелей іске асырылады, және, ережеге сай алгортимдерді іске асырудың ерекшеліктері жүйені жобалаушыдан жасырылған. Кейбір жағдайларда контроллерлерді бағдарламалау кезінде датчик типі, оның шығыс сигналының өзгеру диапазоны мен оны пайдалану ерекшеліктері көрсетіледі. Ақпараттарды алғашқы өңдеулер бойынша қалған барлық әрекеттері кіріктірілген алгоритмдермен жүргізіледі.

Алайда, ақпаратты алғашқы өңдеуге мұндай тәсіл ақпаратты алғашқы өңдеу функцияларын жеке баптаудан толық бас тартуды білдірмейді. Әзірлеуші өңдеу алгоритмдерін тікелей контроллердің басқарушы бағдарламасында іске асырып, сигналдарды өңдеу бойынша қосымша әрекеттер қолдануы мүмкін.

Ақпаратты көрсетудің *ақпараттық функциясы* оператор-технологтарға технологиялық процесс туралы ақпаратты ұжымдық қолданудың проекциялық экрандарына, жұмыс орнының мониторына және пульттар мен қалқандардың аспаптық панельдеріне шығаруға мүмкіндік береді. Оператор мониторының экранына жабдықтың мнемосұлбасы реттауші органдар қалыбы, коммутациялық аппаратура, ілмекті арматура, реттегіштер мен механизмдер күйлері, сонымен қатар параметрлер өлшеу сызбалары, гистограммалар, ағымдағы параметрлер кестелері, анықтамалық ақпарат, қолданбалы міндеттер есебінің нәтижелері шығарылатын болады.

Оператор интерфейсі басқарудың немесе ақпарат пен объектінің жалпы күйінің жан-жақты шолуының қажетті объектісін тез іздеуді қамтамасыз етеді. Соңғы сағатта, аусымда, тәулікте, ай, жыл ішінде жүйеде орын алған оқиғалар хаттамасы жүргізіліп көрінеді.

Объекті күйлерін графикалық көрсетуінің басқа түрі – қарау мен баптаулардың кеңейтілген мүмкіндіктерімен сызбаны көрсететін тренділер. Функционалды топ немесе тораптар үшін екі типті көлденең және тік гистограмма түріндегі параметрлерін, яғни бірдей және әр түрлі көлемдегі параметрлерімен көрсету мүмкіндігі бар.

Ағымдағы параметр мәнінің графикалық кескінінен өзге гистограммаларда параметрлердің жол берілетін және авариялық мәндері келтіріледі. Параметр шығысы кезінде іске қосылу қондырғысынан тыс мысалы сары мен қызыл түстердің өзгеру сызығындағы іске қосылуын орнату.

Хаттамалау мен құжаттандырудың ақпараттық функциясы мөр мен экранды шығару үшін, тізімдеме мен журналдарды қалыптастыруға, сонымен қатар оператор-технолог, автоматика, қорғаныс пен жұмыс процесінде блоктау әрекеттерін хаттамалауға арналған.

ТП АБЖ көмекші функциялары. Көмекші функцияларына мына

төмендегілер жатады:

- технологиялық сигнализация;
- ТП АБЖ жабдығының диагностикасы .

Технологиялық сигнализация функциясы технологиялық персоналдар қатысуларын талап ететін технологиялық оқиғалар көрінуі туралы оперативті персоналдарды дыбыстық және көзбен шолу арқылы хабарлау үшін арналған.

Оқиғалардың орын алуы туралы ақпараттар ТП АБЖ басқару функцияларынан шыға отырып беріледі.

Технологиялық сигнализация сигналдары мен хабарламаларын шығару үш әдіспен жүзеге асырылады:

1) тек сигналдардың бөлігі авариялық-резервті жүйелер құрамына кіретін дербес сигналды табло ға ана шығарылады;

2) барлық технологиялық сигнализация ұжымдық қолданудың кескінінің моносұлбалы жүйесінде орналасқан сигнализациялық дисплейге немесе табло ға шығарылады. Сигналдың әрбір көрінісі магний және дыбыспен ілеседі;

3) авариялық сигналдар оперативті жұмыс орындарының дисплейлеріндегі хабарлама жолында көрінеді.

Технологиялық сигнализация технологиялық персоналдың оқиғаға әрекет ету дәрежесі мен деңгейін анықтайтын *ескертушілік* және *авариялық* болып бөлінеді.

ТП АБЖ жабдығын диагоностикалау функциясы ТП АБЖ техникалық кешені мен бағдарламалық құралдарының жұмыс қабілеттілігін бақылау мен күйін көрсетуді жүзеге асырады. Ақаулылығын технологиялық процесс жылжу шапшаңындағы аппаратық немесе бағдарламалық модуліне дейін дәлдікпен анықтайды. Осы функцияны ТП АБЖ-де қолдану қамтамасыз етеді:

- төменгі деңгейдің контроллердері мен жоғарғы деңгей есептеу құралдарының іркілісі/істен шығуын табу;
- аналогті және ұқсас сигналдар енгізу/шығару модульдерінің жұмыс қабілеттерін бақылау;
- деректер берілісі өнеркәсіптік ақпараттық желісінің жұмыс қабілеттілігін бақылау;
- контроллерлер бағдарламалық жұмыс қабілеттілігінің деңгейін бақылау;
- ТП АБЖ жабдығының істен шығуы мен ажыратыруының табылуы туралы хабарламаларды құрылымдау;
- Қызмет көрсетуші персонал мен операторға технологиялық процестің істен шығуы туралы алынған ақпаратты ұсыну.

Ақаулықтар туралы ақпараттар стансаның қызметкерлеріне хабарламалар мен дыбыстық сигнализациялар, сонымен қатар істен

шыққан элементтер бөлінетін жерде ТП АБЖ техникалық құралдарының арнайы мнемосұлбалы кешенінде беріледі. Істен шығу туралы ақпараттар істен шығуларды тіркеу тізімдемесіне енгізіледі.

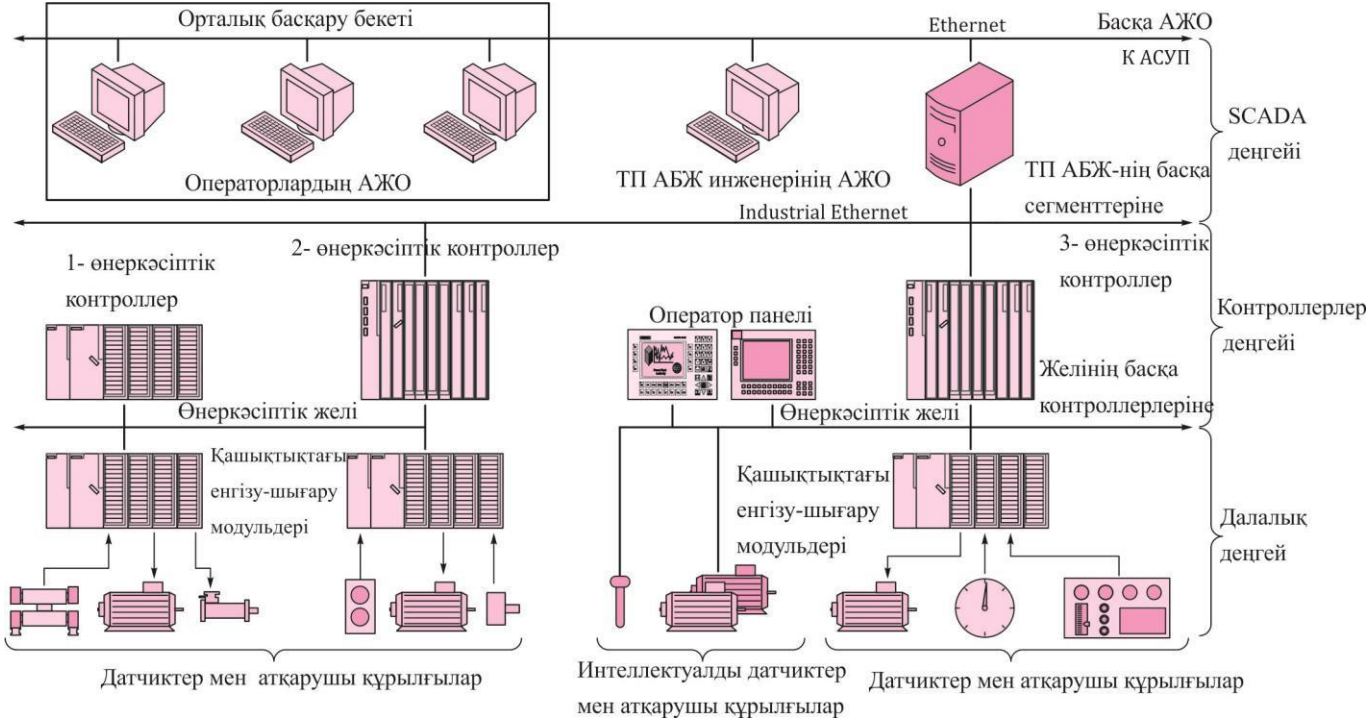
ТП АБЖ деңгейлері. Замануи ТП АБЖ жеке деңгейлер міндеттері айқын анықталған иерархиялық жүйені танытады. Орындалатын міндеттер мен жабдықтың орналасуына қарай ТП АБЖ-нің үш деңгейін ажыратады. Әр деңгей функционалды белгілер мен орындалатын тапсырмалар бойынша техникалық құралдарын біріктіреді. (1.3-сурет.).

Төменгі деңгей (далалық (Field), енгізу/шығару деңгейі **(I/O))** құрылымы ТП АБЖ негізі болып табылады және ақпарат алу мен әсер ету процесінің функцияларын орындайтын құралдарды қосады. Бұл құралдар басқару объектісімен тікелей өзара әрекет жасайды. Олар жоғарыда орналасқан сызбадағы барлық ақпараттарды қамтамасыз етеді және басқарылатын объектіге олардың кез келгенінің басқарушылық әсерін беруді жүзеге асырады. Күрделі құралдар әдістерімелерімен байланысты емес параметрін өлшеу датчиктер (өлшеу түрлендіргіштері) көмегімен жүзеге асырылады. Күрделі құралдық әдістемелерді талап ететін өлшемдерді өткізу үшін, өлшеу кешендерін қолданады.

Бұдан өзге, төменгі деңгей басқару объектісіне тікелей жақын орналасқан үлестірілген енгізу/шығару модульдерін қосады және атқарушы құрылғыға өлшеу түрлендіргішінен және басқарушы әрекеттерден ақпарат «концентраторларының» функцияларын жүзеге асырады.

Далалық деңгей құрылғылары интеллектуалды болып келеді, онда осы құрылғылармен ақпараттар айырбастау деректер берілісінің желісі бойынша сандық формада тікелей ықтимал.

Орташа деңгей (локальді, контроллерлер деңгейі) ТП АБЖ құрылымы қарапайым объектілерді бақылау және реттеудің бір контурлы жүйелерін құру және күрделі объектілердің жеке параметрлерін автономды бақылау және реттеуге арналған локальді бақылау және автоматтандыруға арналған құралдардан тұрады.



1.3-сурет. Заманауи ТП АБЖ деңгейлерінің құрылымы

Осы деңгейде өндірістік процестің технологиялық параметрлерін тікелей автоматты басқару функцияларын іске асырады.

Заманауи ТП АБЖ локальді деңгейі басқарушы әсерді қалыптастыру және атқарушы механизмдермен басқару өлшеу аспаптарымен белгіленген технологиялық параметрлердің нақты және берілген мәндерінің ағымдағы шамалары туралы ақпаратты өңдеу кезінде белгілі бір алгоритмдер бойынша (басқару заңдары) жүзеге асырылатын бағдарламаланған өнеркәсіптік контроллерлерді қолдана отырып жасалған.

Бұдан өзге, локальді деңгейдің техникалық құралдары оператор панельдерін, контроллерлерді бағдарламалау құрылғыларын, деректер берілісі желісін басқару құралдары мен басқа желілермен жалғауға арналған шлюздерді қоса алады.

ТП АБЖ-ін басқарудың аппараттық-бағдарламалық локальді деңгейінің техникалық құралдары келесі негізгі талаптарға сәйкес келуі тиіс:

- нақты уақыт режиміндегі автоматты басқарудағы барлық локальді жүйенің жұмысын қамтамасыз ету;
- жоғары сенімділік (технологиялық жабдық сенімділігі деңгейінде);
- технологиялық жабдық негізінде техникалық бақылау және басқару құралдарын кірістіру мүмкіндігі;
- нақты өндірістік жағдайларда қалыпты функционирлеу мүмкіндігі (ластанған ауа, температураның елеулі өзгерісі, күшті электр өрісі, діріл және соққы жүктемелері және т.б.).

Локальді басқару деңгейінде басқарудың тарату/үлестіру жүйесін танытатын және жалпы басқару міндетін шешетін бірнеше контроллерлер жұмыс істей алады.

Жеке контроллерлер арасындағы деректер берілісі келесі әрекеттерді орындайтын локальді өнеркәсіп арқылы жүзеге асырылады:

- жеке контроллерлер, технологиялық параметрлер, өлшеу құрылғылары, атқарушы механизмдер мен құрылғылар арасындағы деректер берілісі;
- автоматтандырылған технологиялық өндірістік агрегатта орнатылған бақылау-реттеу аппаратураларының техникалық жағдайы мен жұмыс қабілеттілігінің диагностикасы;
- техникалық агрегат бойынша қашықтан таратылған датчиктер мен әр түрлі атқарушы құрылғылар қорегі;
- интеллектуалды датчиктер мен атқарушы механизмдер арасындағы ақпараттар берілісі;
- жоғары деңгей ТП АБЖ контроллерлері мен құрылғыларының

арасындағы байланыстарды жүзеге асыру.

Өнеркәсіптік желілердегі деректер берілісі үшін кабельді желілерді, талшықты-оптикалық линияларды, радиомодемдерді қолданады. Өнеркәсіптік желілерді көбіне далалық деңгей немесе далалық шина (field bus) желісін атайды. Өнеркәсіптік желі мысалы ретінде Siemens AG (Германия) компаниясы жасаған «Profibus» далалық деңгейінің желісін келтіруге болады.

Жоғарғы деңгей (адам-машина интерфейсінің деңгейі) бір немесе бірнеше басқару стансасынан тұрады. Адам-машина интерфейсі іске асыратын бағдарламалық-инструментальді негізгі құрал ретінде бір қолданушылық АЖО ретінде де, сонымен қатар жаһандық желілерде және Интернет желісінде деректер ұсынудың деңгейін қоса отырып, өзіндік көпдеңгейлі құрылымы бар бірнеше деректер серверлері бар күрделі бөлінген жүйелерін жасауға мүмкіндік беретін *SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерлік басқару және деректер жинау*)* жүйесі қолданылады.

SCADA жүйесі шешетін негізгі міндеттерді келтірейік (нақтырақ – 4-бөлімді қар.):

- басқару деңгейінің - өнеркәсіптік контроллерлер құрылғылары бар деректермен айырбас;
- технологиялық процестерін оперативті басқару үшін, басқару жүйесі бар оператордың өзара әрекеттерінің ыңғайлы интерфейсін ұсыну;
- технологиялық процесс туралы монитор экранында қолайлы және түсінікті формадағы (мнемосұлба, сызбалар, кестелер және т.б.); ақпарат бейнесі (көзбен шолу);
- басқару объектісін басқару сапасының берілген көрсеткіштеріне және ағымдағы параметрлеріне сәйкес келетін басқару, баптау, тағайындама заңдарының есебі және таңдау;
- технологиялық процестер параметрлерінің өзгерісін архивтеу, деректер қорында барлық технологиялық базаны сақтау;
- технологиялық процестерді басқару барысында туындаған авариялық немесе сынижағдайларда АЖО табу және экранға шығару;
- технологиялық процестің ағысы, жабдық күйі, өндірілген өнім төлқұжаттары және т.б. туралы қажетті есептерді құрылымдау

ТП АБЖ жоғары деңгейінің есептеу құралдары әдетте Ethernet стандартының локальді ақпараттық желісіне біріктірілген және жаһандық желіге, мысалы, кәсіпорынның жаһандық желісіне немесе Интернет желісіне шығулары болады. ТП АБЖ жоғарғы басқару деңгейінің ақпараттық желісі өзара әсер мүмкіндігін болдырмау үшін,

контроллер желісінен тәуелсіз. Деректер берілісі арнайы құрылғылар – шлюздер, ТП АБЖ жеке элементтері істен шыққан кезде, деректер берілісінің желілері мен каналдарын автоматты түрде жаңадан конфигурациялауға мүмкіндік беретін бағдарламалық жасақтамалар арқылы жүзеге асыралады.

2-ТАРАУ

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕЛЕРІ

2.1. АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ПРОЦЕСІНІҢ МАҢЫЗЫ

Экономикалық дамудың маңызды факторы заманауи жетістіктерін өнеркәсіптік өндірісте автоматтандыруда қолдану болып табылады.

Автоматты бақылау және басқару жүйелерін үздіксіз дамытуға қарамастан, осы процестің келесі негізгі кезеңдерін ажыратуға болады:

1) өндірістік технологиялық агрегаттарды технологиялық процесс параметрлерін заманауи бақылау жүйелерімен және қажетті ақпараттық жасақтамамен жабдықтау;

2) негізгі отын-энергетикалық ресурстар өзгерістерін басқаратын қашықтық, автоматты және сырттай бақылаушылық атқарушы механизмдерін басқаруды қолдану;

3) технологиялық процестердің негізгі мәнінен тұратын параметрлерін (температура, шығын, қысым және т.б.) автоматты тұрақтандыру (реттеу);

4) технологиялық агрегаттар немесе процестерді басқарудың тиімді критерийлерін қамтамасыз ету мақсатында бірнеше локальді тұрақтандыратын басқару контурынан тұратын кешенді автоматты басқару жүйесін қолдану.

Автоматты басқару жүйесін қарқынды қолданудың үлкен әлеуметтік маңызы бар. Өндірістік процестерді автоматтандыру өндірістегі іркілістерді төмендетуге, еңбек өндірімділігін арттыруға және осы арқылы дайын өнімнің бірлігінің құны қысқарған кездің өзінде өндірімділіктің экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл автоматтандыруға шығынның тез өтелімділігіне ықпал етеді және бәсекеге қабілетті өнімнің жеткілікті санын өндіруге мүмкіндік береді.

Автоматтандырылған жүйені қолдану қоғамдағы техникалық прогрестің және өндірістік күшті дамытудың негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Егер ертеректе (АБЖ енгізілгенге дейін) технологқа өндірістік процестерді білікті басқару әдістерін игеру үшін ұзақ мерзім талап етілген болса, онда бақылау және басқарудың заманауи автоматтандырылған жүйелерін қолдану кезінде қажетті біліктілікке ие болуы мерзімі көп есе қысқарды және технологтар квалификациялы еңбекпен айналыса отырып, аса ыңғайлы жағдайларда еңбек етуге мүмкіндік алды. Алайда сонымен қатар технологиялық персоналдар білімінің деңгейіне қойылатын талаптар артты.

Автоматтаудың әлеуметтік мәнінен өзге АБЖ-нің экономикалық тиімділігін бағалаудың маңызы зор. Негізгі агрегаттар қызмет ететін технологиялық персоналдардың біршама санына қатысты заманауи өнеркәсіптік өндіріс жағдайларында АБЖ енгізу орын босатылуына алып келмейді, керісінше автоматты бақылау және басқару жүйесіне қызмет ету үшін білікті мамандардың қосымша санын тартуды талап етіледі. Өндірімділікті арттыру, технологиялық агрегаттар жұмысын ұйымдастыруды жақсарту және шығарылатын өнім сапасын жоғарылату, автоматизацияға жұмсалатын жоғары шығынды өтемдейді. Көптеген персоналдар жұмысын талап ететін көмекші операцияларды автоматтандыру (бақылау, әрлеу, таңбалау, орау және т.б.) біліктілігі төмен жұмыскерлер еңбегін қолданудан бас тартуға, маңызды экономикалық нәтиже алуға, еңбек төлемінің деңгейін арттыру талаптарын жасауға мүмкіндік береді.

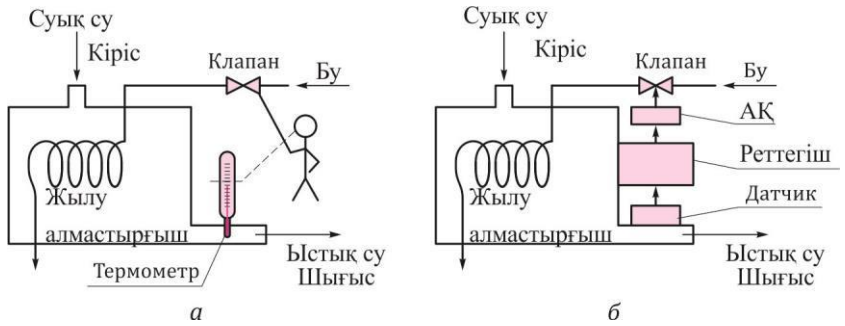
Автоматты басқару жүйесінің жұмысын бағалау өлшемдері өндірістік процестің автоматтандырылуына шығынның орны толтырылуының мерзіміне қызмет етеді. Технологиялық агрегаттарды автоматтандыру кезінде еңбек өндірімділігін арттыру жаңасының құрылысымен эквивалентті, сондықтан да автоматты бақылау және басқару жүйесін енгізу экономикалық мақсаттылығы және өндірістік процестерді басқарудың технологиялық негіздемелі деңгейін қамтамасыз ету есебімен жүргізілуі тиіс. Өндірістік және техникалық процестерді автоматты басқаруды тиімдендіру барлық экономикалық және әсіресе әлеуметтік аспектілерді міндетті түрде ескеруі тиіс.

2.2. АВТОМАТТЫ РЕТТЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ НЕГІЗГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

Кез келген технологиялық процесс оның қалыпты ағысын бұзатын әр түрлі ауытқу және соңғы өнім сапасын төмендетуге алып келетін берілген мәндерден бақыланатын параметрлер ауытқуын туындататын факторларының әсерімен бірге жүреді. Автоматты реттеу жүйесін қолдану процесс параметрлерін тұрақтандыруға мүмкіндік береді. Мысал ретінде бойлерден шыққан су температурасы тұтыну шамасына тәуелсіз түрде тұрақты болып қалғандағы бойлердегі суды қыздыру процесін қарастырамыз (2.1-сурет.).

Бойлердің жұмыс қағидаты келесіде жатыр. Бу мен суық су судың жылуы тек бу жылуының есебінен орын алатын жылу алмастырғышқа түседі. Жылу алмастырғыштан шығатын жылытылған судың температурасын бақылау үшін термометр орнатылған. Қолмен басқарылған кезде, су температурасын бу шығынын реттеу туралы шешім қабылдайтын оператор көзбен шолып бақылайды. (2.1, а сурет). Ыстық суды тұтыну артқан кезде, оператор клапанға әсер бере отырып, бу берілісін жылу алмастырғыштан шығудағы су температурасы берілгенге тең болуы үшін бу берілісін арттырады, ал су тұтынуды азайтқан кезде, бу берілісін төмендетеді. Оператор жүргізетін операция *технологиялық процесті басқару* деп аталады.

Технологиялық процесті басқару бойынша әрекеттерді автоматты реттеу жүйесін қолдану кезінде автоматты реттеу құрылғыларымен – реттегіштермен жүргізеді (2.1, б сурет.)

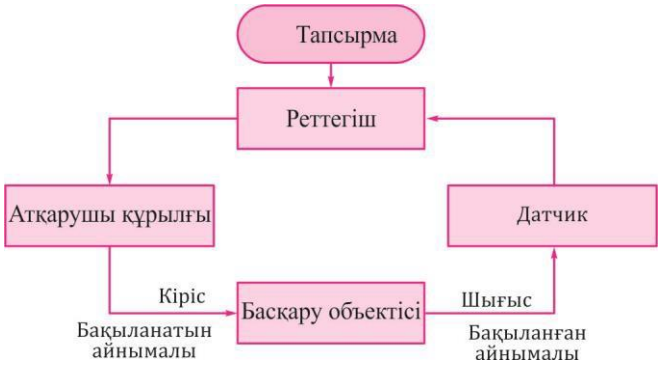


2.1-сурет. Бойлердегі суды қыздыру процесін басқару, а – қолмен басқару, б – автоматты басқару

Реттегішке технологиялық процесс параметрінің шамасы - жылу алмастырғыштан шығыс жолындағы су температурасы беріледі. Бұл сигнал берілген мәнмен салыстырылады және шығыс параметрінің берілген және ағымдағы мәндерінің арасындағы келісім шамасына байланысты, реттегіш бу беру клапанының ашылуы немесе жабылуына сигналды қалыптастырады. Реттегіш жұмыс істей алатын сигналға жылуалмастырғыштан шыққан су температурасының параметрін өзгерту үшін, реттегішке беретін электр сигналына температура сигналы түрлендіретін өлшеу түрлендіргіші - температура датчигі қолданылады. Реттегіш атқарушы құрылғыға (АҚ) түсетін басқарушы сигналды құрады. Клапанмен жалғасқан атқарушы құрылғы жетегі бу шығынын өзгертеді.

2.2-суретте жылу алмастырғыштың шығатын су температурасын басқару процесіндегі құрылымдық схемасы көрсетілген.

Құрылымдық сызбада *басқару объектісін (БО)* – суды жылытудың автоматтандырылған технологиялық процесін енгізетін басқару контуры көрсетілген. Басқару объектісінің кіріс және шығыстары бар. Келтірілген мысалда кіріс бу берудегі клапан күйі, ал шығыс - жылу алмастырғыштан шыққан су температурасы болып табылады. БО шығыс сигналының шамасын басқару атқарушы құрылғысымен Реттегіштен басқарушы әсерін іске асыру жолымен жүзеге асырылады.



2.2-сурет. Жылу алмастырғыштан шыққан су температурасын автоматты басқару процесінің құрылымдық сызбасы

Шығыс сигналын бақылау — параметрді реттегіш реттегішке беру үшін, электрлі сигналға технологиялық процесс (температура) физикалық сигналын түзетін датчикпен жүргізіледі.

Объектінің кіріс және шығыс сигналдары ***ауыспалы процесс*** деп аталады: БО шығыс сигналдар — ауыспалы басқаратын, шығыс — ауыспалы бақылайтын.

БО кіріс және шығыс сандары бір өзгермелімен міндетті түрде шектеледі. Күрделі технологиялық объектілер үшін кіріс және шығыс өзгермелілерінің саны бірнеше ондыққа және тіпті жүздікке жетуі мүмкін.

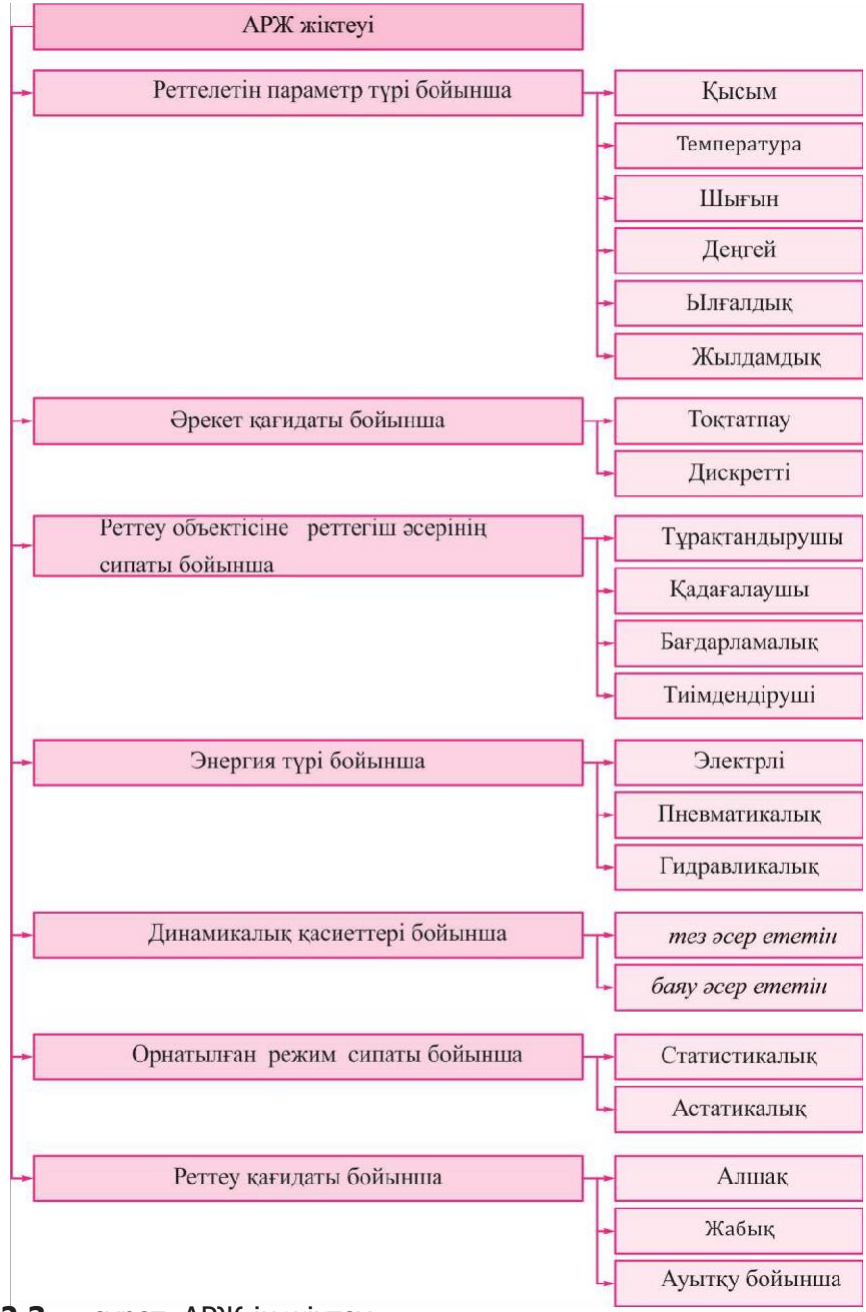
2.3. АВТОМАТТЫ РЕТТЕУ ЖҮЙЕЛЕРІН ЖІКТЕУ

Басқару үшін арналған басқару және техникалық құрылғылар объектісінің жиынтығын автоматты реттеу (басқару) жүйесі деп аталады. Әр түрлі белгілер мен қасиеттерге, сонымен қатар басқарылатын объектінің түріне байланысты олардың жұмыс қағидаты бойынша АРЖ-ін (қаз) жіктеу қабылданған.

АРЖ-ін әр түрлі негіздемелер бойынша жіктейді (2.3-сурет.):

- реттелетін параметрлер түрі бойынша — қысым, температура, деңгей, ылғал және т.б. АРЖ жіктеудің осы түрі ТП АБЖ жалпы құрылымындағы технологиялық процестің реттелетін параметрлерін көрсету үшін қолданылады. (Мысалы, 2.1, *б* суретте жылу алмастырғыштың шығыс су температурасының АРЖ-і (қаз) келтірілген;
- жұмысқағидатыбойынша — үздіксіз және дискретті жұмыс. *Үздіксіз* АРЖ-де (қаз) АРЖ құрылмына кіретін элементтер арасында тұрақты функционалды байланыс жүзеге асырылады, ал басқарушы әрекеттің өзгерісіне реттелетін параметр уақытында үздіксіз өзгерту сәйкес келеді (Мысалы, 2.2-суретте келтірілген құрылымдық сызба). *Дискретті* АРЖ-де (қаз) немесе басқарудың бір өзгермелі процесі дискретті өзгереді, немесе ең болмағанда осы элементтерінің бірінде сигналдардың дискретті өзгерістер орын алады;
- реттегіштің реттеу объектісіне әсерінің сипаты бойынша — тұрақтандырушы, абайлаушы, бағдарламалық және тиімдендіруші және АРЖ.

  Тұрақтандырушы жүйеде реттелетін көлемнің берілген мәні орнатылады және процестің қалыпты барысында өзгеріссіз күйінде қалады.



2.3 -сурет. АРЖ-ін жіктеу

Қадағалаушы жүйелерде тапсырма қандай да бір басқарылатын немесе өзгермелі процесті өзгертуге байланысты өзгереді.

Бағдарламалық реттеу жүйелерінде ертеректе белгіленген график бойынша уақытта өзгереді.

Тиімдендіруші жүйелерде реттелетін көлем мәні берілмейді, ал реттегіш кейбір берілген өлшемнің максималды немесе минималды мәнін іздеуді жүйеге асыру үшін, басқарушы әрекеттерін құрайды (басқару мақсаттары);

- Реттегіште қолданылатын энергия түрінде және атқарушы механизмде — *электрлі, пневматикалық* және *гидравликалық*. Қазіргі уақытта өнеркәсіптік өндіріс процестерін автоматтандыру үшін қолданылатын АРЖ-нің басым көпшілігі электр энергиясында жұмыс істейді. Гидравликалық және пневматикалық АРЖ әр түрл типтегі мехатронды жүйелерді басқару кезінде, жабдықты пайдаланудың экстремалды жағдайларында, сонымен қатар элементтерді жеткілікті түрдегі ықшамды орналастыру кезінде басқару объектісінің жұмыс органына ықпал ету үшін, маңызды күштер талап еткенде таралады;
- Динамикалық қасиетімен — *тез әсер ететін және баяу әсер ететін*. АРЖ-інің (қаз) осы екі типтері арасында айқын шекараға қарамастан, тәжірибе жүзінде техникалық құралдарды басым көп өндірушілерді кіріс ықпалының 30...50 мс аз құрайтын әсерлестігі тез әсер етуші АРЖ-ін санайды. Ережеге сай, өнеркәсіптік өндірістің барлық технологиялық процестері үшін баяу әрекет ететін АРЖ жеткілікті. Тез әрекет ететін АРЖ-сін (қаз) техникалық бағдар жүйелерінде, мобильді жүйелер бағдары жүйелерінде және т.б. басқару жетегі үшін қолданады;
- Орнатылған режим сипатына қарай — статикалық және астатикалық.

  Астатикалық жүйелерде өтпелі процесс аяқталған соң, реттелетін көлем берілген мәнге туре тең.

  Статикалық жүйелерде өтпелі кезең аяқталған соң, реттелетін көлем арасындағы берілген және орнатылған мәндерінің арасында түрлілік туындайды -— статикалық қателік.

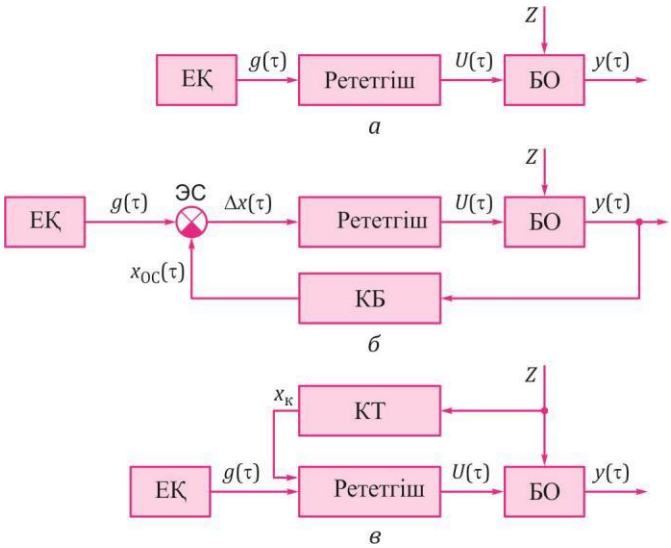
  Автоматты реттеудің бір ғана жүйесі ауытқу әсері бойынша статикалық және басқарушы әсер бойынша астатикалық және керісінше болады;
- реттеу қағидатына қарай — алшақ тұрған, тұйықталған және ауытқуы бойынша.

Реттеудің алшақ тұрған қағидаты (беретін әсер бойынша) басқарушы әсер $U(\tau)$ объекті сипаттамасы мен басқару мақсатының негізінде өндірілетіндігінде жатыр. Мұндай жүйелерде басқарушы құрылғы басқарылатын көлем мәні $y(\tau)$ мен сыртқы ауытқулар шамасы Z туралы ақпарат алмайды.

Атаулы қағидатты іске асыратын басқару берілетін әсер бойынша басқару деп аталады. Осы қағидат бойынша жасалған жүйе алшақ тұрған немесе тұйықталмаған болып табылады. Алшақ тұрған жүйенің құрылымдық схемасы 2.4, *а* суретте ұсынылған.

Мысалы, беретін құрылғы (БҚ) құратын заңды өзгертулерге сәйкес шығыс шамасының уақытында y(τ) қолдауды қамтамасыз ету керек. Бұл үшін БО кірісіне кіруге тапсырма шамасына g(τ) әсер ететін басқарушы құрылғы – басқарушы сигналмен - басқарушы құрылғы (реттегіш) қосылады. Құрылымдық сызбаның алшақ тұрған тізбек түрі бар, осыдан қағидат атауы шығады.

Сызбадан көріп тұрғанымыздай, не Z ауытқу, y(τ) не шығу шамасы g(τ) бсқарушы сигналының ауытқуына ешқандай әсер етпейді.



2.4-сурет. АРЖ құрлымдық сызбалары:
а- алшақ салынған б – тұйықталған; ауытқу бойынша реттеумен

Осы себеп бойынша жүйені функционирлеу алгоритміне салынған өзгертудің болжамдағы заңына көлемнің кез келген ауытқулары y(τ) осы жүйемен жойылмайды. Алшақ тұрған жүйелердегі реттеу дәлдігі

(реттеу процесінде $g(\tau)$ -ге $y(\tau)$ жақындығы) реттеу объектісі мен басқарушы құрылғы (Реттегіш) түзетін буындар сипаттамасының тұрақтылығымен ғана қамтамасыз етіледі. Алшақ тұрған қағидат бойынша жұмыс істейтін жүйелер мысалы болып оған белгілі бір комбинациядағы монеталар түсірген кезде, қандай да бір заттар беретін сауда (мысалы, билеттер, шоколад) автоматы болып табылады.

Реттеудің тұйықталған қағидаты (ауытқушылық бойынша) реттеудің аса кең таратылған және әмбебап тәсілі болып табылады. Ауытқушылық бойынша типтік басқару жүйесінің функционалды схемасы 2.4, *б* суретте келтірілген. Бұдан өзге, ертеректе қарастырылған мысал (2.1 және 2.2-сур. қар.) сонымен қатар ауытқушылық бойынша реттеу қағидаттарын іске асырады.

Қағидат негізіне реттеу қателігінің шамасын анықтау (келісілмеу) – салыстыру элементінде (СЭ) тапсырма шамасының берілген (қалаған) сигналдар мен реттелетін көлемнің нақты параметрі $x_{OC}(x)$ арасындағы айырмашылық салынған:

$$\Delta x(\tau)=g(\tau)-x_{oc}(\tau).$$

Басқару сигналдар $U(\tau)$ осы қателік шамасының функциясы ретінде құралады.

Жүйенің әсер ету берілісі нұсқармен көрсетілген бағытта орын алғандағы әсерді бергендегі тұйықталған тұйық алған контур түрі бар. Келісілмеу есебі үшін реттелетін параметр шамасы берілетіндегі канал *кері байланыс* (КБ) каналы деп аталады.

Реттеудің жоғары дәлдігін алу мүмкіндігі реттеудің тұйықталған жүйелерінің кеңінен таралуына ықпал етті.

Ауытқу бойынша реттеу (ауытқуды өтемдеу) берілген мәннен $g(\tau)$ реттелетін көлем $y(\tau)$ ауытқушылығын тудыратын *Z* ауытқу шамасын өлшеуге мүмкін болған жағдайда қолданады, өлшеуге мүмкіндік болады, осыдан соң осы өлшемдер нәтижелері бойынша реттеу қателігі минималды болуы үшін, Реттегіштің басқарушы сигналын түзету керек. Осы мақсатпен өлшеу құрылғысын - өтемдеу торабына (ӨТ) *Z* ауытқу берілісінің ауытқу каналы (2.4, в сурет), әрі осылайша $x_к$ өтемдеуші сигнал әрекеті *Z* ауытқу әрекетіне қарама–қарсы болатындай етіп ұйымдастырылады. Тек ауытқу өлшемімен туындаған қателікті реттеу ауытқуы бойынша реттеу жүйелерінде тиімді жойылады.

Есепке алынбаған басқа ауытқу, мұнда тіпті жойылмайды. Қаралған қағидат жеткілікті түрде қимылы бар және қағидаты жоқ және ауытқу өлшеуі стандартты құрылғыларға ықтимал болған кезде және басым көп техникалық қиындықтар келтірмеген жағдайларда тиімді қолданылады.

2.4. БАСҚАРУ ТЕОРИЯСЫНЫҢ НЕГІЗГІ ЕРЕЖЕЛЕРІ

Өндірістік және технологиялық процестер тұтынушылық құны бар соңғы өнімдегі бастапқы материалдар мен энергетикалық ресурстарды түрлендірудің динамикалық (уақытта өзгеретін) процестерді танытады.

Кез келген өндірістік процестегі технологиялық параметрлерді өзгерту немесе уақытта, немесе кеңістікте өзгеретін процестің бір, немесе бірнеше өзгермелі шамасының көмегімен үнемі анықтауға болады. Басқарылатын технологиялық процесс қаншалықты күрделі болған сайын, соншалықты процесті объективті ұсыну үшін, әр түрлі көлемдерін қолдануға болады.

Басқару теориясының ұғымы мен оларды анықтау. Автоматты басқару теориясының маңызды ұғымдары басқаратын және ауытқу әсерінің басқару объектісі, басқару құрылғы (реттегіш), болып табылады.

Автоматты басқарудың негізгі мақсаты мен басты міндеттері кез келген процеспен нақты әрбір нақты жағдайларда алға қойылған мақсаттарға тиімді қол жеткізуді қамтамасыз ететін осындай шешімі қабылдау және іске асыру болып табылады. Автоматты басқару объектісі жеке агрегаттардағы технологиялық процесс, цехтағы немесе барлық кәсіпорындағы, тірі ағзалар және т.б. өндірістік процесс болады. *Басқару объектісіне* технологиялық жабдық, өндірістік процесстер мен машиналар және т.б. жатады. Басқару объектісіне қандай да бір өзгерістер енгізу әдеттегідей мүмкін емес немесе елеулі қиындықтар туғызады. Сондықтан да БО жүйенің «өзгермейтін бөлігі» болып табылады.

АРЖ жеке элементтерінің арасындағы өзара байланыс әдетте элементтері тікбұрыштармен көрсетілген құрылым сызбасы, ал осы элементтер арасындағы байланыс – әр түрлі ақпараттық берілісі мен сигналдарын басқаратын беріліс бағытын көрсететін нұсқары бар жалғау сызықтары түрінде ұсынылады.

Құрылымдық сызба — элементарлы буындар мен олардың арасындағы графикалық модельдердің бір түрінің арасындағы байланыс жиынтығы. Құрылымдық сызба құрылғының жалпы құрылысының және негізгігі блоктар арасындағы байланыстар көрінісі үшін, сонымен қатар құрылғының жалпы функционалы мен оның бөлшектерінің өзара әсерін анықтау үшін арналған.

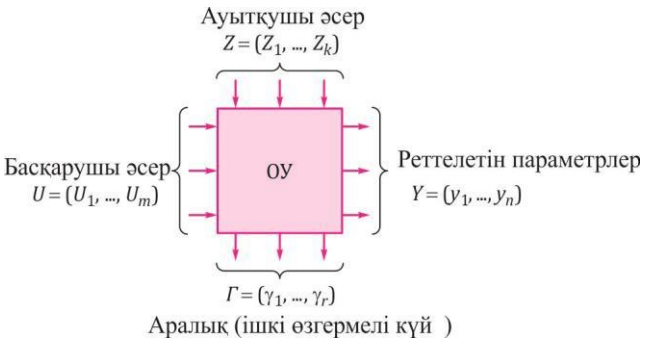
Уақыт бойынша басқару объектісінің күйі мен жосығы оның табиғатын сипаттайтын және объектінің математикалық объектісін түзетін дифференциалды теңдік жүйесімен ұсынылатын болады, сонымен қатар объектінің қасиеті статикалық және динамикалық сипаттамаларымен көрсетілетін болады.

Жалпы түрде басқару объектісі объектінің реттелетін параметрлері y_v ..., y_n, ауытқу әсерлері Z_1 ..., Z_k басқарушы әсерлер U_1, ..., U_m, сонымен қатар объектінің аралық (ішкі) өзгермелі күйлері y_1, ..., y_r көрсетілген құрылымдық сызба түрінде ұсынуға болады

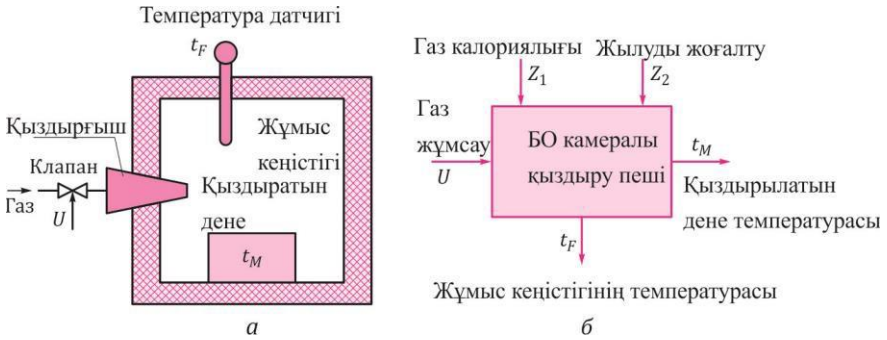
Реттелетін параметрлер басқару объектісінің жұмысын сипаттайды және технологиялық процеспен немесе жұмыс механизмімен анықталады.

Басқарушы әсерлер басқару объектісінің кірісіне беріледі және реттелетін параметрлер технологиялық процеске немесе жұмыс механизмдеріне сәйкес өзгеретіндей етіліп құралады.

Ауытқу әсері кездейсоқ түрде басқару объектісіне әрекет етеді және басым жағдайларда бақыланбайды. Дегенмен, олардың әсері берілген мәндерден шығыс ауысуының ауытқушылығын тудырады.



2.5 -сурет. Басқару объектісінің жалпы құрылымы



2.6-сурет. Басқару объектісінің мысалы
а — камералық қыздыру пешінің жалпы көрінісі; б — құрылымдық сызба

Аралық (ішкі) өзгермелі технологиялық процестің барысына тікелей ықпал етпейді, алайда басқару объектісінің қалыпты функционирлеуде маңызды рөл атқарады.

Газ тәрізді отынмен жағылатын камералық қыздыру пешінің жұмысын басқару объектісін мысал ретінде қарастырайық (2.6, а сурет).

Реттелетін параметрлер (2.6, б сурет.) қыздырудың технологиялық процесінің негізгі параметрі - өзгерту үшін пешке газ беруді реттеу (газ шығыны) талап етілетін t_M, қыздырылатын дененің температурасы болып табылады. Сондықтан басқарушы әсер ретінде U газ клапанын ашу (айналу бұрышы) дәрежесін таңдаймыз.

Осы объектідегі ауытқу әсерлері Z_1 жылыту газының калориялылығы мен пеш қалауы арқылы жылу жоғалту шамасы, қарау саңылауы және Z_2 тиеу терезесі болады. Ауытқу әсерінің параметрлері туынды түрде өзгереді және атаулы технологиялық процесте бақыланбайды.

Аралық өзгермелі температура датчиктермен өлшенетін t_F, пештің жұмыс кеңістігінің жұмыс температурасы болып табылады. Датчик пештің жұмыс кеңістігінің жұмыс температурасын қадағалауға мүмкіншілік береді.

Реттеу контурын әр түрлі типтегі элементарлы буындарды жалғаудың барлық комбинациялары түрінде ұсынуға болады. Технологиялық параметрлерді басқарудың сәйкес контурын дұрыс құру және физикалық тұрғыда негіздеу үшін, статикалық және динамикалық сипаттамалар, сонымен қатар басқару контурының әр буынының динамикалық параметрлерін білу керек.

Элементарлы буын мағынасында элементарлы функцияны іске асыратын объектінің немесе басқару системасының бір бөлігі. Элементарлы буындар тікбұрыштармен, ал олардың арасындағы байланыс – буын әрекетінің бағытын көрсететін нұсқарлары тұтас сызықтармен кескінделеді. Тікбұрыш алаңында буындағы сигнал түрлендірілуінің заңын немесе оның графикалық белгісінің математикалық заңды көрінісін тізімге кіргізеді.

Буындардың байланысты элементтерінің жеке топтарын нақты іске асырылуын ашпауы мүмкін белгілі бір функцияларды орындайтын ***автоматтандыру жүйелерінің элементтері*** құрайды (сонымен қатар оларды тікбұрыш түрінде көрсетеді). Мысалы, 2.4-суретте ұсынылған әр түрлі функцияларды атқаратын (реттегіш, атқарушы құрылғы және т.б.) элементтерден және әр түрлі типтерді реттеу жүйесін іске асырудың жалпы тәсілі туралы ақпарат алып жүреді, бұл ретте әр элементтің функцияларын нақты іске асыру ашылмайды.

Әдеттегідей орындалатын функцияларға сәйкес АРЖ элементтері үш топқа бөлінеді:

- ***өлшеу*** — бақыланатын және реттелетін параметрлер (датчиктер, өлшеу кешендері және т.б.) туралы ақпараттар алудың әр түрлі элементтерінің типін көрсетеді;
- ***түрлендіргіштер*** — қандай да бір функциялармен немесе алгоритмге (реттегіштер, түзетуші құрылғылар, беретін құрылғылар және т.б.) сәйкес ақпараттық сигналды түрлендіру үшін қызмет етеді;
- ***атқарушы*** — басқару объектісінің реттеу органдарына тікелей әсер ететін және басқарушы сигналдар берілісін жүзеге асыратын атқарушы құрылғылардың кешенін енгізеді.

Осы үш топтың кез келген элементінің кіруі және шығуы бар. Кіруге бұдан әрі формасы қозғалыс немесе әсер ету үшін қажетті болатын басқасына түзілетін ақпарат түседі. Элементтердің өздері Автоматты реттеу және басқару жүйесіне дейін аса ірі түзілімге бірігетін болады. Кез келген элементтегі бірігу дәрежесіне байланысынан тыс ең болмағанда, бір кіріс пен бір шығыс болуы тиіс.

Элементарлы буын, басқару жүйесінің элементтері, сонымен қатар басқару жүйесі екі режимдердің бірінде болады:

- ***орнатылған (статикалық),*** кіріс және шығыс сигналының элементтері, сонымен қатар барлық ішкі буында уақыт бойынша тұрақты болып қала береді;
- ***өтпелі (динамикалық)****, кіріс және шығыс* (немесе ішкі буындар сигналдарының бірі) уақыт бойынша өзгереді.

Элемент (жүйе) тұрған режим түрі математикалық сипаттамаларының түрлерін және қолданылатын математикалық теңдігінің тегін анықтайды.

Орнатылған режим алгебралық теңдікті білдіретін статика теңдігімен, өтпелі режим дифференциалды теңдік болып табылатын динамика теңдігімен сипатталады.

Статикалық сипаттамалары. Орнатылған режимдегі кіруден (реттегіш әсер) x(τ) бастап шығу (реттелетін) шамасына y(τ) байланыстылығы элементтің статикалық сипаттамасы деп аталады. Орнатылған режимді объектідегі өтпелі процестердің барлығы аяқталған кездегі объектінің осындай күйін атайды.

Жалпы түрде бір шығыс сигналдар үшін статикалық сипаттаманың математикалық сипаты келесі түрде ұсынылуы мүмкін:

$$y(\tau) = f(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

мұндағы x_1, x_2, ..., x_n — кіріс сигналдары.

АРЖ элементтерінің статикалық сипаттамаларын түріне қарай сызықтың сызықтық емес және релелік деп бөледі. Егер статикалық сипаттама анықтаманың барлық саласында дифференциалданатын болса (туындылығы бар), онда мұнай сипаттама үздіксіз болып табылады. АРЖ релелік элементтерінде статикалық сипаттамаларының ажыраулары бар (ережеге сай бірінші тектегі). Статикалық сипаттамаларының ықтимал түрлері 2.7, а... е суреттерде ұсынылған.

Сызықтық статикалық сипаттамалар үшін (2.7, а сурет.) кіріс сигналының барлық өзгеру диапазонында

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = K = \text{const};$$

талаптары, сызықтық емес статистикалық сипаттамалар үшін (2.7, *б,* в сурет.) —

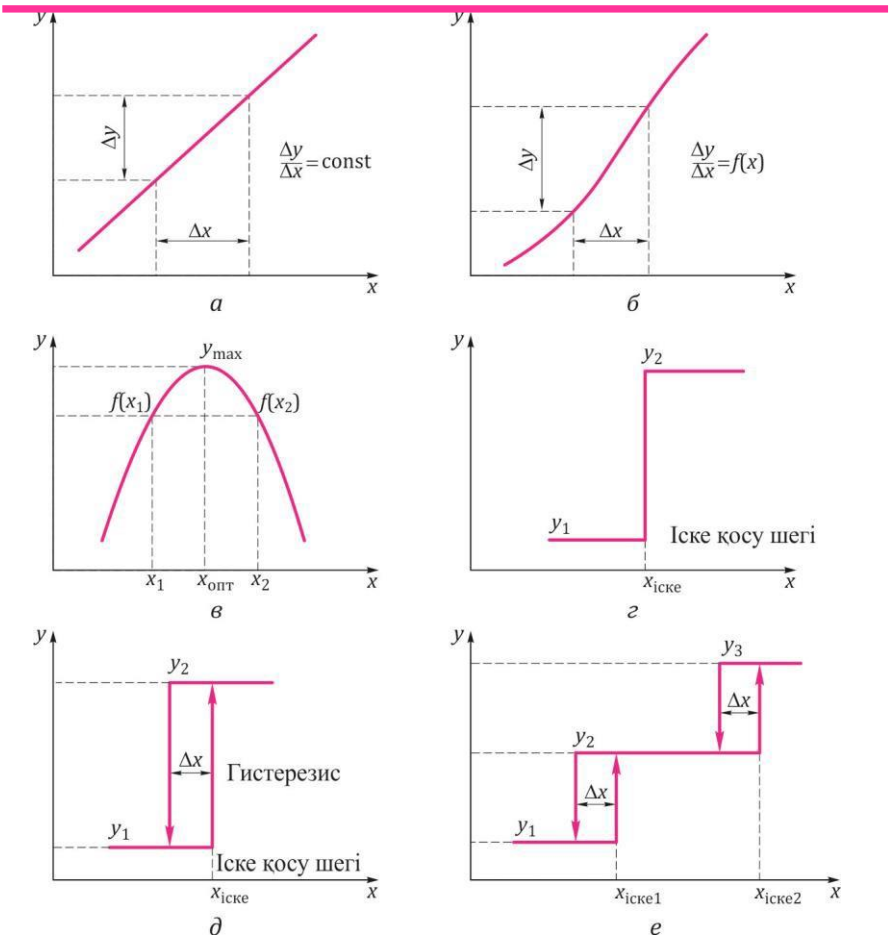
$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = f(x). \qquad (2.1)$$

талаптары орындалады.

АРЖ элементтерінің сызықтық емес статистикалық сипаттамаларының арасынан шығыс сигналының бір мәніне x_x және x_2 екі мәні сәйкес келетін және функционалды тәуелділік белгіні айырбастайтын (2.1) сипаттамалары болады.

Мұндай сипаттамалар экстремалды статикалық сипаттамаларға жатқызылады.

2.7, *г... е* суретте релелік статикалық сипаттамлар мысалдары келтірілген. *У* шығыс шамасы белгілі бір мәндерді ғана қабылдай алады. Бұдан өзге, релелік сипаттама гистерезиске ие болуы (2.7, *г* сур. қар) немесе гистерезиске (2.7, *д,* е сур. қар.) ие болмауы мүмкін, яғни релелік статикалық сипаттамалары мен гистерезисімен АРЖ буынының сығыс сигналының шамасы тек шығыс сигналының мәндерінен ғана емес, сонымен қатар оның өзгеру тарихына да байланысты болады.



2.7. сур. АРЖ элементтерінің статикалық сипаммалараның түрлері:

а — сызықтық; б, *в* — сызықтық емес; *г... е* — релелік

Статикалық сипаттамадағы нұсқарлармен *x* сигналдардағы кіру өзгерісінің бағыты көрсетілген.

Статикалық сипаттамалар біріншіден БО басқарушылық шекаралары, яғни реттелетін параметрді x_{min} -нен x_{max} дейін өзгертуге болатын (y_{min} ... y_{max}) шегінде, ал екнішіден, құрамына АРЖ элементтері кіретін жүйенің сызықтығын бағалауға мүмкіндік береді.

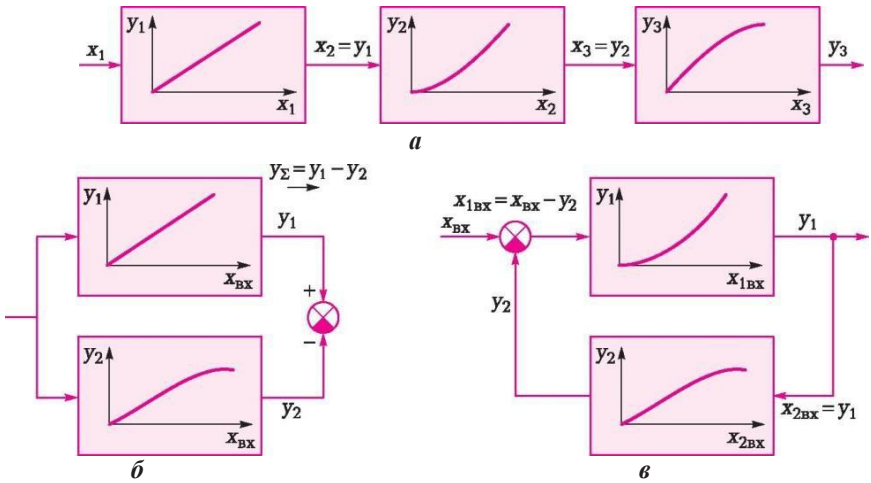
Автоматты басқарудың күрделі жүйелерінде әрқайсысының өзінің статикалық сипаттамалары бар біріктірілген АРЖ элементтерінің әр түрлі тәсілімен қолданылады.

Элементтерді жалғаудың үш тәсілі бар:

- кезекті ;
- параллельді ;
- қосуға қарсы (кері байланыс).

Элементтерді *кезекті жалғау* кезінде алдыңғы буынның шығыс шамасы кезектіге арналған кіріс шамасы болып табылады. Осындай жалғау мысалы ретінде реттегіш орган мен басқару объектісінің сипаттамаларына қызмет етеді (2.8, а сурет).

Кезекті жалғанатын буындардың максималды саны әзірленетін басқару контурының сенімділігімен шектеледі, яғни басқару контурының қасиетінсіз кідірмей әрекет ету.



2.8 -сурет. Элементтерді жалғау :

а — кезекті; *б* — параллельді ; *в* — қосуға қарсы

Элементтер санын арттырған кезде, сенімділік төмендейді.

Басқару контурының элементтерін *параллельді жалғау кезінде* кіріс шамасы бір уақытта барлық осы элементтерге, ал әрбір элементтің шығыс параметрлері алгебралық тұрғыда жинақталады (белгілер есебімен).

Элементтерді параллельді жалғау және статикалық сипаттаманы нәтижелеуін анықтау мысалы 2.8, *б* суретте көрсетілген. Параллельді жалғанған локальді элементтерден тұратын жүйелер сенімділігі (егер екі элемент болса, қайталау кезінде) ұлғаяды.

Қосылуға қарама-қарсылық кезінде немесе кері байланыспен элементті қамтуда кері байланысқа қосылған элементтің шығыс шамасы бірінші (негізгі) элемент кіріс шамасына әсер етеді.

Егер кері байланыс әсерінің нәтижесінде негізгі объектінің шамасы артатын болса, онда осындай кері байланысты оң кері байланыс (ОКБ) деп аталады. Егер азаятын болса, онда – теріс (ТКБ) . Автоматты басқару жүйелерінде негізінен ТКБ қолданылады. Теріс кері байланыс қамтыған буынның құрылымдық сызбасының мысалы және нәтижелейтін статикалық сипаттама құру мысалы 2.8, в. суретте келтірілген.

Беріліс коэффициентінің көмегімен параметрлердің физикалық шамасын түрлендіруде жатқан статистикалық сипаттамаларының тағы бір маңызды қасиеттерін атап өту керек.

Мысалы, реттеу органының статикалық сипаттамасы отын шығынындағы атқарушы механизм білігінің айналым бұрышын түзеді, мұнда беріліс коэффициенті

$$K = \frac{Q}{\varphi},$$

мұндағы Q — отын шығыны, м3/сағ; ф — айналым бұрышы, жүріс %-ы.

Жұмыс кеңістігінің температурасы бойынша пештің жұмыс кеңістігінің статикалық сипаттамасы жұмыс кеңістігінің температурасында отын шығынын түзеді:

$$K = \frac{t_F}{Q},$$

мұндағы t_F — пештің жұмыс кеңістігінің температурасы, °С; Q — отын шығыны, м3/сағ.

Басқарудың нақты өнеркәсіптік объектілерінің немесе басқару контурының жеке элементтерінің статикалық сипаттамасы әдетте нақты өндірістік жағдайларда жұмыс істеп тұрған объектіде эксперимент өткізу жолымен алынады. Эксперименталь сипаттамаларды

математикалық сипаттау үшін, талдаудың әр түрлі әдістері қолданылады. Ең төменгі шаршылардың жиі қолданылатын әдісін қарастырайық.

Басқару объектілерінің статикалық сипаттамаларын баяндау үшін, ең кіші шаршылар әдісін қолдану. Басқару объектісінің сатикалық қасиеттерді математикалық баяндау кезінде эксперименталді немесе есептік жолмен бастапқы деректер қолданылады.

Өндірістік жағдайларда БО статикалық сипаттамасы *x* және у екі параметрлер арасындағы эксперименталді статикалық байланыстылықты танытады. Статикалық сипаттамалардың математикалық баяндалуы үшін,

$$y = f(x),$$

түріндегі функционалды байланысты анықтайтын өрнектер қолданылады.

мұндағы *x* —АРЖ элементінің кіру параметрі (әдетте басқарушы әсер); *y* — объектінің шығыс параметрінің мәні (әдеттер реттелетін параметр). *x* және у арасындағы статикалық баланысты анықтатын $y = f(x)$ *функционалды* тәуелділікті, ***теориялық регрессия сызығы*** деп атайды.

Регрессия сызығының түрі мен параметрлерін анықтау шараларын ***регрессиялық талдау*** деп атайды.

Регрессия сызығын математикалық тұрғыда көрсетуге болатын функциялар қоры әр түрлі, алайда басымдылық:

$$\bar{y}(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_k x^k,$$

түрінің тұтас оң дәрежесінің көпмүшесіне беріледі.

мұндағы $\bar{y}(x)$ — регрессияның теориялық сызығының координатасы ; *k* —полином дәрежесі.

Полином дәрежесі статикалық сипаттаманың оң түрінен таңдалады.

Осылайша, бірінші дәреженің көпмүшесі (тік сызық) функцияның тең дәрежедегі өсуі немесе құлауын көрсетеді; екінші дәреженің көпмүшесі — у(τ) бір қалыпты үдемелі және бір қалыпты кемімелі өзгеріс және функцияның экстремумының (айналымының) бір нүктесін, max немесе min көрсетеді; үшінші дәрежелі көпмүше — экстремумның екі нүктесі, k- дәрежесінің көпмүшесі — (k - 1) регрессияға немесе У = f(x) экстремалды сипаттамасына *x* қатысты симметриялы емес экстремум сызығының нүктелері.

Статикалық тәуелділіктерді қолдану кезінде келесілерде есте сақтау керек: дәлме-дәл немесе басқаша көпмүше аргументтің

өзгерісінің берілген аралығындағы ізделіп отырған тәуелділік жаңғырмаса, бұл осы интервалдан тыс атаулы көпмүше функцияның өзгерісінің нақты жүрісіне сәйкес келетіндігін болжамдауға негіз береді.

Регрессия сызығы интерполяция мәселесін шешеді, яғни аргументтің мәндерінің кейбір интервалдарының ішіндегі функциялар мәнін табу және қарастырылып отырған интервалдардан тыс процесстер ағымын нашар бағалайды (экстраполяция).

Сызық типін таңдап, негіздеу үшін, әмбебап әдіс жоқ және әрбір нақты жағдайларда нақты талаптармен анықталатын тапсырмалар шешудің өз әдісін таңдау қажет, алайда кез келген жағдайда регрессияның теориялық сызық теңдігін анықтау кезінде, ізделіп отырған сызық мүмкіндігінше экмпериментальді нүктелерге сәйкес келгені дұрыс.

Әрбір экспериментальді нүктенің $y(\tau)$ регрессия сызығына жақындығы ординаттар кесігімен (қалдығымен) өлшенеді.

$$\Delta y_i = y_i - \bar{y}(x_i),$$

мұндағы y_j — $x = x_t$ кезіндегі экспериментальді мән; $y(x_;)$— $x = X_j$ кезіндегі регрессия сызығының ординатасы.

Әдетте аргументті өзгертудің барлық интервалы үшін әрбір экспериментальді нүктеге жақындаудың келесі жағдайлары орындалуы талап етіледі:

$$\underline{y} = \sum_{i=1}^{n} \left[y_i - \bar{y}(x_i) \right]^2 \to \min, \qquad (2.2)$$

мұндағы $n \in \mathrm{N}$ —элементарлы жұп саны .

Талаптарды сақтауға негізделген регрессия сызығы коэффициентінің тәсілін (2.2) ең кіші шаршы әдісі (ЕШӘ) деп атайды (сонымен қатар 7-бөлімді қараңыз).

Регрессияның теориялық сызығы теңдігінің осы әдісі біреу ғана емес, алайда бұл әмбебап, сондықтан инженерлік практикада экспериментальді деректерді өңдеу кезінде жиі қолданылады.

Автоматты реттеу жүйесінің табыстама функциялары.

Автоматты реттеудің сызықтық жүйелеріндегі және олардың элементетріндегі процестер әдетте сызықтық дифференциалды теңдіктермен, ішінара, тұрақты коэффициенті бар теңдіктерімен суреттеледі.

Сызықтық дифферециалды басқару жазбалары кезінде y шығыс шамасы мен олардың туындыларынан тұратын теңдіктің барлық мүшелеріне сәйкес теңдіктің сол жағына, ал x кіріс әсері және оның

туындылары сол жағына жазылады:

$$a_0 \frac{d^n y}{d\tau^n} + \ldots + a_{n-1} \frac{dy}{d\tau} + a_n y = b_0 \frac{d^m x}{d\tau^m} + \ldots + b_m x, \qquad (2.3)$$

мұндағы $a_0, \ldots, a_n$ және $b_0, \ldots, b_m$ — теңдік коэффициенттері (параметрлері).

Теңдік параметрлерін басым жағдайда (2.3) тұрақты етіп қабылдауға болады. Уақыт бойынша параметрлерді өзгерту жағдайларында өзгермелі параметрлері бар жүйе деп атайды.

Реттеу жүйесінің теңдігі (2.3) p операторының дифференциялау символымен алмастыра отырып, символикалық (операторлық) формада ұсынуға болады:

$$\frac{d}{d\tau} = p.$$

Алмастырудың осындай операциялары дифференциялық теңдік алгебрациялау (2.3) атауын алады. Тұрақты параметрлері бар сызықтық жүйелерді ол уақытта берілген және түпнұсқа деп аталатын у(τ) функциясындағы Лаплас түрлендіріліміне формальді түрде сәйкес келеді, Лаплас бойынша у(τ) функциясын бейнелеу деп аталатын Р кешенді өзгермелі $Y(p)$ функциясының сәйкестілігі қойылады.

Атаулы жағдайлар реттеу жүйелерінде, операциялық есептеу әдістеріндегі процестерді суреттейтін дифференциалды теңдік шешімі үшін қолдану мүмкіндігін береді.

Алгебрациялау операцияларынан соң, келесі дифференциалды теңдік операторлық жазбасын аламыз (2.3):

$$\left(a_0 p^n + \ldots + a_{n-1} p + a_n\right) Y = \left(b_0 p^m + \ldots + b_m\right) X. \qquad (2.4)$$

Алынған теңлдіктің барлық мүшелірін, шығу өзгермелі кезінде Y a_n коэффициентіне бөле отырып, операторлық формада АРЖ элементінің дифференциалды теңдігі жазбасының *стандартты формасын* аламыз:

$$\left(T_n p^n + \ldots + T_{n-1} p + 1\right) Y = k\left(T_m p^m + \ldots + 1\right) X, \quad (2.5)$$

мұндағы $T_n = \frac{a_0}{a_n}$; $T_{n-1} = \frac{a_{n-1}}{a_n}$; $k = \frac{b_m}{a_n}$; $T_m = \frac{b_0}{a_n}$.

Y, шығу өзгермелі кезінде жақша ішінде тұрған көпмүшені сипаттамалық (дербес) оператор деп атау қабылданған, ал Х кіріс шамасында – шығу операторы, немесе әсер ету операторы деп аталған.

Уақыт өлшемдері бар T_i коэффициенттерін тұрақты уақыт деп атайды. Дифференциалды теңдіктің стандартты формасының маңызды

ерекшелігі сипаттамалық операторға кірмейтін қосылғыш кезінде өлшемділік деп аталады, зерттеліп отырған объектінің физикалық табиғатына байланысты емес: y шығыс өзгермелісі кезіндегі коэффициент өлшемсіз және бірлікке тең, ал қалған қосылғыштарда (y туындыларында) коэффициенттердің уақытта ғана өлшемділігі бар.

2.1-кесте. Лаплас түрлендіргішінің кестесі

Түпнұсқа	Кескін	Түпнұсқа	Кескін
1	$\frac{1}{p}$	$t\sin\omega t$	$\frac{2p\omega}{(p^2+\omega^2)^2}$
t	$\frac{1}{p^2}$	$t\cos\omega t$	$\frac{p^2-\omega^2}{(p^2+\omega^2)^2}$
t^2	$\frac{2}{p^3}$	$\mathrm{sh}\omega t$	$\frac{\omega}{p^2-\omega^2}$
$t^n,\ n\in\mathbb{N}$	$\frac{n!}{p^{n+1}}$	$\mathrm{ch}\omega t$	$\frac{p}{p^2-\omega^2}$
$t^\alpha\ (\alpha>-1)$	$\frac{\Gamma(\alpha+1)}{p^{\alpha+1}}$	$e^{\lambda t}\sin\omega t$	$\frac{\omega}{(p-\lambda)^2+\omega^2}$
$e^{\lambda t}$	$\frac{1}{p-\lambda}$	$e^{\lambda t}\cos\omega t$	$\frac{p-\lambda}{(p-\lambda)^2+\omega^2}$
$te^{\lambda t}$	$\frac{1}{(p-\lambda)^2}$	$\frac{\sin t}{t}$	$\mathrm{arcctg}\,p$
$t^n e^{\lambda t},\ n\in\mathbb{N}$	$\frac{n!}{(p-\lambda)^{n+1}}$	$\frac{1}{t}(1-e^{-t})$	$\ln\left(1+\frac{1}{p}\right)$
$t^\alpha e^{\lambda t},\ \alpha>-1$	$\frac{\Gamma(\alpha+1)}{(p-\lambda)^{\alpha+1}}$	$\delta(t)$	1
$\sin\omega t$	$\frac{\omega}{p^2+\omega^2}$	$\delta(t-\alpha),\ \alpha>0$	$e^{-\alpha p}$
$\cos\omega t$	$\frac{p}{p^2+\omega^2}$		

Бұл жағдайлар жүйелердегі (электрлі, механикалық, жылу және басқалары.) өзінің физикалық табиғаты бойынша әр түрлі процестерінің жылжуының бірдей заңды жылдамдығын табуға мүмкіндік береді.

Дифференциалды теңдікті шешу шаралары (2.3) алгербалық теңдеу (2.4) немесе (2.5) шешумен алмастырылады, осыдан соң Лаплас түрлендіру кестесінің көмегімен y(τ) функциясының түпнұсқасына кескіннен өту жасалады (2.1-кесте).

Дифференциалды теңдігін шешу үшін, Лаплас түрлендіруін қолдану кезінде түрлендрудің келесі қасиеттерін ескерген жөн:

- сызықтық:

$$L\{\alpha f(\tau)+\beta g(\tau)\}=\alpha F(p)+\beta G(p),$$

мұндағы α, β — кез келген кешенді тұрақтылар; L —Лаплас түрлендіру операциясы;

- ұқсастық:

$$L\{f(\alpha\tau)\}=\frac{1}{\alpha}F\left(\frac{p}{\alpha}\right);$$

- түпнұсқаны дифференциялау:

$$L\{f'(\tau)\}=pF(p)-f(0),$$

Немесе жалпы жағдайды

$$f^{(n)}(\tau)=p^nF(p)-p^{n-1}f(0)-p^{n-2}f'(0)-\ \ldots-f^{(n-1)}(0), \quad (2.6)$$

мұндағы $f^{n-1}(0)$ ... f(0) — f туынды функциялар үшін бастапқы талаптар.

Мысал. Бастапқы жағдайларда y'(0) = 4 ; y(0) = 0 Лаплас түрлендіруін қолдана отырып, дифференциалды теңдікті шешу:

$$y''+16Y=0 \quad (2.7)$$

Шешуі. (2.6) қасиетін қолдана отырып, бастапқы теңдік түрлендірілуін жүргіземіз:

$$p^2Y(p)-py(0)-y'(0)+16Y(p)=0.$$

Осы жерден $Y(p)$ кескінін білдіреміз және бастапқы талаптарды қоямыз, алынады:

$$Y(p)=\frac{4}{p^2+16}=\frac{4}{p^2+4^2}.$$

2.1 кестеге сәйкес функцияның алынған кескінінен түпнұсқаны табамыз:

$$y(\tau) = \sin(4\tau).$$

Алынған функция берілген дифференциалды теңдік шешімі болып табылады (2.7).

АРЖ элементінің динамикалық қасиеттерін суреттейтін практикалық қосымшалардағы тағы бір маңызды және ыңғайлы сипаттамасы нөлдік бастапқы жағдайларда алынған $X(p)$ кіруге $Y(p)$ өзгермелі шығу бейнесіне қатысы ретінде анықталатын *табыстама функциясы* деп аталады:

$$W(P) = \frac{Y(P)}{X(P)}.$$

Мысалы, АРЖ элементінің дифференциалды теңдігі үшін (2.5) Y(p) шығу өзгермелі бейнесіне арналған өрнек үшін төмендегіше жазылады:

$$Y(P) = W_1(P)X(P),$$

мұндағы $W_1(P) = \dfrac{k\left(T_m P^m + \ldots + 1\right)}{\left(T_n P^n + \ldots + T_{n-1}P + 1\right)}$

«кіріс сигналы X(p) — шығыс шамасы Y(p)» каналы бойынша табыстама функция.

Мысал. Дифференциалды теңдік және оның шешімін нақты технологиялық (физикалық) процесс – камералық типтегі қыздыру пешіндегі жылутехникалық әлсіз дене қыздыру үшін жазу.

Шешуі. Қыздырудың математикалық моделі құрылатын қыздыру пешінің жалпы түрі 2.6, *а.* суретте көрсетілген. Шығыс параметрі ретінде жүйелер t_M қыздырылатын дене температурасына, кіріс параметрі ретінде - t_p қыздыру пешінің жұмыс кеңістігінің температурасы.

Дене бетіндегі жылу ағыны t_F қыздыру пешінің және t_M қыздырылатын дененің жұмыс кеңістігінің температурасының түрлілігіне пропорционалды және:

$$q = a(t_F - t_M),$$

формуласы бойынша есептеледі
мұндағы а — жылу берілісінің коэффициенті, Вт/(м^2' К).

Δτ уақыты ішінде қыздырылатын дене жылуды:

$$Q = AF(t_F - t_M)\ \Delta\tau,$$

санында жинақтайды.

мұндағы F— қыздырылатын дене бетіндегі жылу қабылдайтын алаң, м^2.

Жинақталған жылу Δt_M шамасында дене температурасының көтерілуіне жұмсалады. Жылылық теңгерім теңдігін құрайық (денеге берілген жылу энергиясын сақтау заңына сәйкес оның энтальпиясын арттыруға жұмсалатындығын ескере отырып):

$$\alpha F\left(t_F - t_M\right)\Delta\tau = cM\,\Delta t_M,$$

мұндағы c — қыздырылатын дененің шекті жылу сиымдалағы, Дж/(кг'К); M — қыздырылатын дене салмағы, кг.

Бұдан:

$$\frac{\alpha F}{cM}\left(t_F - t_M\right) = \frac{\Delta t_M}{\Delta\tau}. \qquad (2.8)$$

аламыз.

мәнін енгіземіз:

$$\frac{\alpha F}{cM} = K.$$

Алынған коэффициент өлшем бірлігін анықтаймыз:

$$\frac{\dfrac{Вт}{М^2\cdot К}\cdot М^2}{\dfrac{Дж}{кг\cdot К}\cdot кг} = \frac{Вт}{Дж} = \frac{Дж}{Дж\cdot с} = \frac{1}{с}.$$

(2.8)-ден қыздырылатын пештің жұмыс кеңістігінің температурасынан өрнектейміз:

$$t_F = \frac{1}{K}\frac{\Delta t_M}{\Delta\tau} + t_M.$$

Мәнді енгіземіз $\dfrac{1}{K} = T_0$, мұндағы T_0 — тұрақты уақыт, с:

$$t_F = T_0\frac{\Delta t_M}{\Delta\tau} + t_M.$$

$x = t_F$, $y = t_M$ мәндерін енгіземіз және $\Delta\tau \to 0$ қабылдай отырып, қыздыратын пеш пен қыздырылатын дененің жұмыс кеңістігі арасында жылуалмасуды сипаттайтын бірінші тәртіптегі сызықтық дифференциалды теңдігін аламыз:

$$x = T_0\frac{dy}{d\tau} + y. \qquad (2.9)$$

Алынған дифференциалды теңдігі үшін табыстама функциясын жазамыз. $d = p$ өзгермеліні айырбастаған соң, дифференциалды теңдік (2.9) операторлық қалыпта:

$$X(p) = T_0 p\,Y(p) + Y(p)$$

түрінде болады.

Ұқсастарын келтірейік, аламыз:

$$X(p) = Y(p)(T_0 p + 1). \qquad (2.10)$$

Осы жерден жүйелердің табыстама функциясы:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{1}{T_0 p + 1}.$$

түрінде жазылады.

Дара сатылы әсер жүйелер кірісіне беру кезінде Лаплас түрлендіру кестесін (2.1-кестені қар.) қолдана отырып, дифференциалды теңдіктің (2.9) аналитикалық шешімін табамыз, яғни x(τ) = 1 кезінде:

$$X(p) = \frac{1}{p}.$$

Функцияның алынған бейнесін (2.10) қоямыз және $Y(p)$ өрнектеймiз:

$$Y(p) = \frac{1}{p}\frac{1}{T_0 p + 1} = \frac{1}{p(T_0 p + 1)}.$$

2.1-кестесінде алынған функция бейнесі жоқ, сондықтан да бейнесі 2.1-кестесінде болатын функциялар сомасының жиынтығы түрінде бейне функциясын ұсынамыз.

Жиынтықтың бейнесінің жалпы түрін:

$$Y(p) = \frac{A}{p} + \frac{B}{p + \lambda}, \qquad (2.11)$$

ретінде жазуға болады.

Мұндағы $\lambda = \frac{1}{T_0}$; A, B — келесі ұғымнан шыға отырып, құрылған теңдік жүйесінің шешімінде тұрған сан мәні

$$\frac{A}{p} + \frac{B}{p + \lambda} = \frac{A(p + \lambda) + Bp}{p(p + \lambda)} = \frac{(A + B)p + A\lambda}{p(p + \lambda)} = \frac{\lambda}{p(p + \lambda)},$$

сол жерден теңдік жүйесі осы түрде болады:

$$\begin{cases} A + B = 0 \\ A = 1. \end{cases}$$

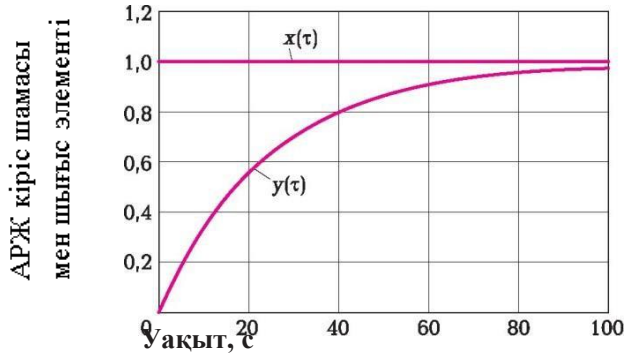
Осы жерден B = -1. Функцияға арналған бейне аламыз (2.11):

$$Y(p) = \frac{1}{p} - \frac{1}{p + \lambda}.$$

2.1 кестесінен нөлдік бастапқы жағдайлар кезінде бейне түпнұсқасын (2.12) жазамыз:

$$y(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-\frac{t}{T_0}}. \qquad (2.13)$$

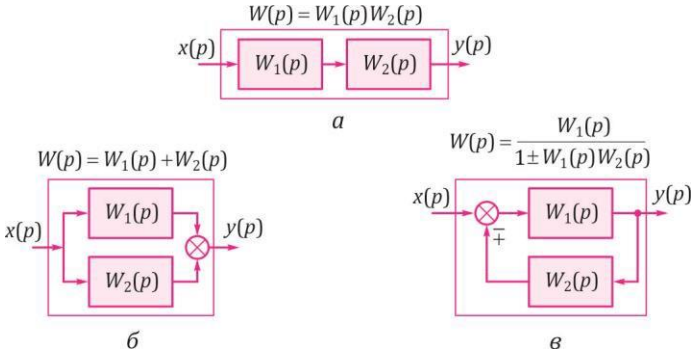
T_0 = 25 кезіндегі дифференцалды шешім графигі (2.9) 2.9-суретте көрсетілген.



2.9 -сурет. T_0 = 25 с кезіндегі дифференциалды теңдік шешімінің графигі (2.9)

Табыстама функциясын қолдану кез келген күрделіліктегі АРЖ талдауларын жүргізуге мүмкіндік береді. АРЖ жеке элементтері әр түрлі үйлесімдерде бірге алады, алайда күрлелі жүйені буындарды жалғаудың барлық түрлерінің жиынтығы ретінде үнемі қарастыруға болады: кезекті, параллельді және қарама-қарсы параллельді. Олардың буындарына кіретін белгілі табыстама функциялары бойынша осы қосындылардың табыстама функциясын қалай табуға болатынын қарастырайық.

Алдыңғы буынның шығыс шамасы кезектінің кіріс шамасы (2.10, *а сурет)*, болып табылғандағы к*езекті қосылған буындар жүйесінің табыстама функциясы жеке буындардың* табыстама функциясының туындысына тең:



2.10-сурет. Буындарды қосудың кезекті (а), параллельді (б) және қарама-қарсы-параллельді (в) болғандағы табыстама функциясы

$$W(p)=\prod_{i=1}^{n}W_i(p). \quad \textbf{(2.14)}$$

Кіріс шамасы бір уақытта барлық буындардың кірісіне бір уақытта берілгендегі, ал шығыс шамасы жеке буындардың шығыс шамасының жиынтығына тең (2.10, б сурет.) осы буындардың табыстама функциясының жиынтығына тең болғанда,» *параллель қосылған буындардан тұратын жүйелердің табыстама функциясы:*

$$W(p)=\sum_{i=1}^{n}W_i(p). \quad \textbf{(2.15)}$$

Кіріс шамасы бар кіріске бір уақытта табыстама функциясы бар звено арқылы берілетін *қарама-қарсы –параллельді жалғанымдары бар (кері байланыс жалғанымымен) буындар жүйесінің табыстау функциясы,*

тең болады**:**

$$W(p)=\frac{W_1(p)}{1\pm W_1(p)W_2(p)}.$$

Бөлгіштегі «+» белгісі ТКБ-қа, яғни $x_{вх1} = x_{EX} - x_{OC}$болғанда; «-» белгісі — ОКБ-қа жатады ($x_{M1} = x_M + x_{OC}$).

Реттеу жүйесінің типтік кіріс сигналдары мен шығу сипаттамалары. АРЖ-ін сипаттайтын дифференциалды теңдік шешімі - жеткілікті түрдегі қиын процесс. АРЖ талдауы жұмыс талаптарының, объектілер күрделілігімен, және басқару жүйесінің түрлілігімен күрделенеді. Сондықтан жүйелердің әр түрлі нұсқалары мен жеке элементтерінің динамикалық қасиеттерін салыстыру ыңғайлылығы үшін АРЖ элементтеріне кіруге берілетін кіріс сигналдарының типтік (стандартты) жинағы қабылданған, және шығыс сигналының талдауы бойынша олардың параметрлерінің салыстырылымы жүргізіледі.

Типтік әсер — реакциясы жеткілікті түрде анық жүйенің динамикалық қасиетін толық бейнелейтін жасандық сынақтық әсер ету. Ол жиі кездесетін және барлық ықтимал мүмкіндіктерден аса қолайсыз болып табылады.

АРЖ теориия және практика жүзінде келесі типтік әсер етулері бар:

- даралық сатылы функция $1(\boldsymbol{\tau})$ (дара секіртпе, Хевисайд функциясы);
- даралық импульсті функция $\delta(\tau)$ (дельта-функция);
- гармоникалық әсер ету**.**

2.11 суретте x(τ) типтік әсер ету және y(τ) осы әсерге АРЖ элементтің ықтимал әрекеттері көрсетілген.

Сатылы функция τ = 0 уақыты сәтінде бірлікке тең мәнге, ары қарай тұрақты болып қала береді.

Жазуға болады.

$$1(\tau) = \begin{cases} 0, \tau < 0; \\ 1, \tau \geq 0. \end{cases}$$

Өнеркәсіптік автоматтандыру жүйесі үшін сатылы сигнал құбылысы тапсырма шамасы, жүктеме қосымшасы, жүйенің элемент кіруін қосу және т.б. автоматты кіру жүйесінің кіруде күрт өзгерісін білдіреді.

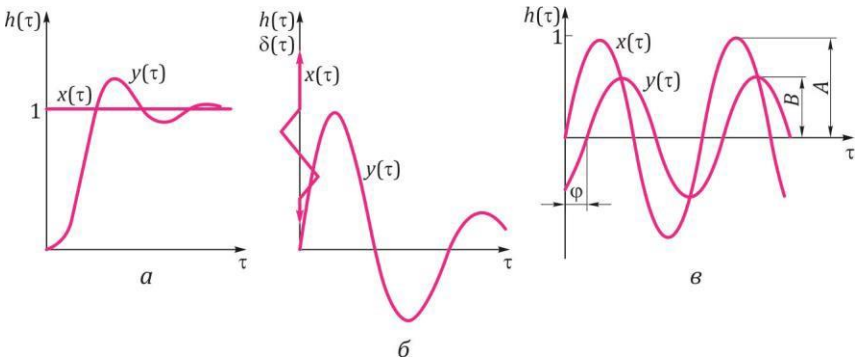
Сатылы функция кіріс сигналының қосымшасының аса қарапайым және көрнекі жағдайы болып табылады. (2.11, а сурет).

Сатылы функция буынның немесе жүйенің шығуындағы өтпелі процесті туындатады, ал осы процестің қисығын буынның немесе реттеу жүйесінің өтпелі сипаттамасы (функциясы) деп атайды.

Буын немесе жүйенің өтпелі функция h(*τ*) нөлдік бастапқы жағдайлар кезінде даралық сатылы әсер ету. Ол бір орнатылған режимнен басқасына өту жүйесін сипаттайды. Өтпелі функция есебінің мысалы 41-бетте, ал есеп нәтижесі және алынған өтпелі сипаттамалары түрі 2.9-суретте келтірілген.

Импульсті функция дара сатылы функцияны дифференциялау нәтижесі болып табылады, яғни өзімен шексіз көлем импульсін және шексіз шағын ұзақтылығын ұсынады.

δ (τ)= 1’(τ)



2.11-сурет. Типтік кіру әсеріне жүйелердің реакциясы:
а — дара сатылы; *б* — импульсті; *в* — гармоникалық

$$\int_0^{\tau} 1'(\tau) d\tau = 1.$$

болғандықтан, импульс алаңы бірлікке тең

Импульстік функцияны $h \to \infty$, $\Delta\tau \to 0$ болғанда, h биіктігімен және $\Delta\tau$ ұзақтылығы меншегі ретінде қарастыруға болады, алайда:

$$h\Delta\tau = 1.$$

шарты сақталады.

Қысқа уақыттық импульсті әсер ету уақыттарының мысалдары механикалық жүйелерде, атуы кезінде беріліс күшінде және т.б. соққылары қызмет етеді.

Нөлдік бастапқы жағдайлар кезінде импульсті функцияға жүйенің реакциясы импульстік өтпелі функция, импульстік сипаттамалар немесе таразылы функция жүйесі атауын алып жүреді. Импульстік өтпелі функция схемасы уақыт ішінде *импульстік өтпелі сипаттама деп атайды* (2.11, б сурет).

Гармоникалық (синусоидальді) әсер етуді ю = 0... °° жиілігімен және *А.* дара амплитудасы бар синусоидальді сигнал түрінде береді. АРЖ элементінің шығыс шамасы сонымен қатар ю жиілігімен, алайда ф бұрышына кіріс сигналына қатысты фаза бойынша В басқа амплитудасы мен синусоидальді заң бойынша өзгереді (2.11, в сурет) Жиілік кіріс сигналынан кіріске (яғни В/А) шығыс сигналының амплитудасы қатынасының тәуелділік сипаттамасы *амплитудалық-жиілікті сипаттама (АЖС)* ; кіріске қатысты шығыс сигналының фазасын жылжыту қатынасының сипаттамасы – *фазалық-жиілік сипаттамасы (ФЖС)* деп аталады

2.5. ОБЪЕКТІЛЕРДІ ЖІКТЕУ ЖӘНЕ ҚИСЫҚ ЕКПІН БОЙЫНША ОБЪЕКТІ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ

Өндірістік жағдайларда объектінің аса қарапайым динамикалық параметрлері қисық екпін бойынша анықталады.

Қисық екпінде - бұл бір реттік секіріс тәріздес ауытқу мен кіріс әсері кезінде объектінің шығыс параметрі уақытындағы өзгеру траекториясы.

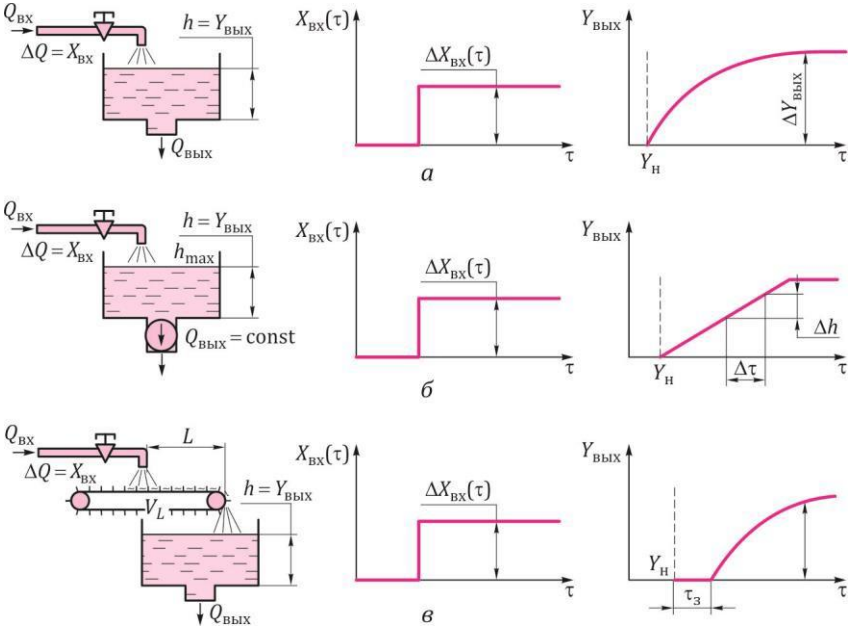
Басқару теориясында қисық екпін орнына дара секіріс тәріздес кірістің ауытқу әсері кезінде шығыс параметрінің өзгерту траекториясын көрсететін өтпелі функция (немесе уақытша сипаттама) қолданылады.

Екпіннің қисығы өтпелі функциясын айырбастау дара ауытқу әсерін іске асыру қиындылығымен (атқару механизмінің жүрісінен 1 %) және кездейсоқ технологиялық кедергі әрекеті жағдайларында дара ауытқуға объекті реакциясын бөлу мүмкін еместігімен түсіндіріледі. Сондықтан екпін қисығын шешу кезінде кіріс әсерінің максималды (100%) мүмкіндігінен 10... 15 % қабылдайды..

Екпін қисығы траекториясына байланысты барлық басқарудың нақты өнеркәсіп объектілерін үш түрге бөлуге болады:

- өздігінен түзелетіні бар объектілер (статикалық);
- өздігінен түзелусіз (астатикалық);
- өздігінен түзелетіні бар және өздігінен түзелусіз кешігетін.

Әр түрлі объектілер мен екпін қисығының сәйкес траекториясы 2.12, *а* . . . *в* суретте ұсынылған.



2.12 сур. Басқару объектілерінің мысалы:
а — өздігінен түзелетіні бар объект; *б* — өздігінен түзелусіз объект; *в* — кешігуімен және өздігінен түзелетіні бар объект

2.12-суретте «Су құйылған бак» объектісі ұсынылған. Су толтыруға кететін шығын $О_{кр}$ — бұл объектінің кіріс шамасы;; *h* бактағы су деңгейі —объектінің шығу шамасы; $О_{шыг}$ ағызуға су шығынын құрайды. Тапсырмаларды нышандау үшін, $Х_{кр}$ арқылы кіріс шамасын, —$У_{шыг.}$ арқылы шығу шамасын белгілейік. Кейбір уақыттары толтыруға жұмсалатын су шығыны $\Delta О = = \Delta Х_{кр}$ шамасына артады. Бактағы су деңгейі артуы жағына қарай $У_н$ бастапқы деңгейінен өзгере бастады. 2.12, *а* суретте еркін ағызылуымкн бак көрсетілген, ағызылатын су шығыны бактағы су деңгейін байланысты. 2.12, *б* суретті ағызылатын су шығыны сорғы берілісімен анықталады және деңгейге байланыссыз түрде тұраты боп қала береді. 2.12, *в* суретте бакқа толтыруға арналған су бакқа тікелей емес, керісінше конвейер арқылы бакқа су түсуінің кешігуіне алып келетін L ұзындығымен түседі.

Өнеркісіптік және металлургиялық өндірістің басым көп объектілері - өздігінен түзелетіні бар объектілер. Мұндай объектілерде бір сиымдылықты объектілер үшін секіріс тәрізді ауытқудан кейін шығыс шамасының өзгерісі жаңа орнатылған мәнге жеткізу сәтінен дейін үнемі азаятын жылдамдықпен (экспонент бойынша) орын алады (2.12, а сурет қар.). Объектінің осы қасиеті жаңа деңгейдегі бұзылған тепе-теңдікті қайта қалпына келтіруді өздігінен түзелу деп атайды.

Өздігінен түзелу қасиетінің болуы ауытқу әсерінің физикалық факторлар, өтемдеуші ықпалдар әрекетімен түсіндіріледі. 2.12-суретте көрсетілген мысалда ыдыстағы сұйықтық деңгейі артқан кезде гидростатикалық қысым үдеуі ағын артуы өтемделуіне қарағанда, ыдыстағы су шығыны арутына алып келеді.

Өздігінен түзелетін объектілерде (2.12, *б* сур. қар.) шығыс шамасының өзгеруі тұрақты жылдамдығымен және шексіз (авариялық жағдайлар туындағанға дейін) орын алады. Мұндай объектіде берілген деңгейде реттелетін параметрді қолдау $О_к = О_ш$ (ағын шығынға тең) кезіндегі жағдайларда ғана ықтимал. Мысалы, МНЛ3 кристалдандырғыштағы болат ағыны кристалдандырғыштан созып алатын металл шамасына тең.

Кешігетін объектілерде (2.12, в сур. қар.) реттелетін көлем бір уақытта емес, *кешігу уақыты деп* аталатын керісінше $т_з$ уақытынан кейін кіру өзгерісімен өзгере бастайды:

$$\tau_з = L/V_L,$$

мұндағы *L* — көліктік учаске ұзындығы; V_L — көліктік құрылғы қозғалысының жылдамдығы.

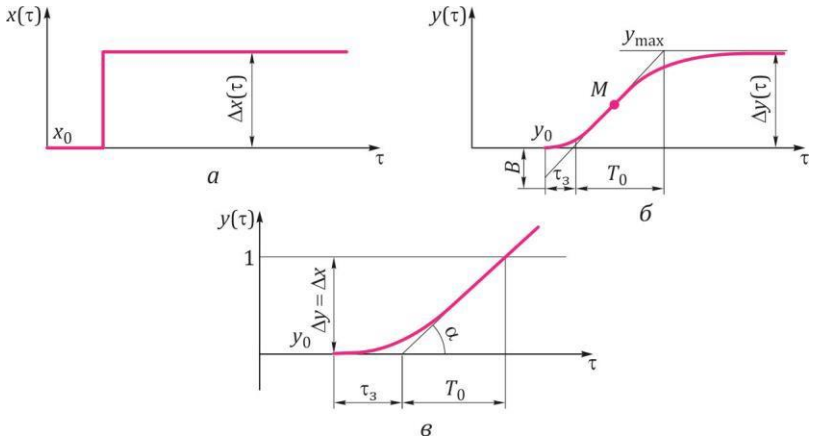
Кешігу эффектісі әрқайсысының кешігуі жоқ бірнеше инерциялық буындардың кезекті қосындысы кезінде көпсиымдылықты объектілерде туындауы мүмкін. (60-беттегі екінші тұрған инерциялық буынды қар.).

Экспериментальді түрде нақты алынған қисық екпін 2.12, *а* және *б* суретте келтірілгеннен ерекшеленеді - олардың S-тәрізді түрлері бар (2.13-сурет.).

Объектінің динаминалық параметрі сандық түрде келесі көрсеткіштермен бағаланады:

■ $т_з$ — кешігу уақыты — $\tau = 0$ ауытқудан бастап $\left(\frac{dy}{d\tau}\right)_{max}$ тұрақты максималды жылдамдығы бар шығыс шамасын өзгертуді бастаған сәтке дейін уақыт өсімен/ максималды жылдамдық $\left(\frac{dy}{d\tau}\right)_{max}$ нүктесіндегі қатысты $\tau = 0$ сәтінен $y(\tau)$ траекториясының қиылысы сәтіне дейінгі уақыт интервалы (2.13, б сур. қар.);

■ T_0 — объекті екпінінің уақыты (тұрақты уақыт), объектінің инерциялық қасиетін сипаттайды - $y(\tau)$ шығыс шамасы y_0 (τ)бір орнатылған жағдайдан $y_{max}(x)$ басқасына өткен кездегі уақыт, егер осы шаманың өзгерісі/тұрақты максималды $\left(\frac{dy}{d\tau}\right)_{max}$ жылдамдықпен орын алатын болса.



2.13-**сурет.** Объектіге кіріс сатылы әсер(а) (қалыптастырылған тапсырмаға бактағы су шығынын өлшеу сәйкес келеді) және қисық екпіндер (нақты объектінің кіріс сатылы әсеріне реакция*:*

б — өзіндік тегістеумен*;* **в** — өзіндік тегістеусіз.

■ $K_{об}$ — ***объектіні беру коэффициенті*** — кіріс параметрін өлшеу бірлігіне келетін шығыс шамасының өлшеу бірлігінің саны:

$$K_{об} = \frac{\Delta y}{\Delta x}. \qquad (2.17)$$

Бұл сипаттама АРЖ сызықтық элементінің статикалық сипаттамасы бойынша анықталатын беріліс коэффициентіне аналогті.

Екпін қисығы екі нүктеден тұратындығын есте сақтау керек — $y_0(\tau)$және $y_{max}(x)$ объектінің статикалық сипаттамалары; объектінің статикалық сипаттамаларын анықтау екпін қисығын кезекті алумен жүзеге асырылады; объектінің орнатылған күйін кіріс параметрінің секірісті бір реттік сәтінен бастап (3... 4) 70 тең болатын уақытының интервалын есептеген жөн.

T_0 объектінің тұрақты уақытының орнына жылу энергетикалық объектілердің динамикалық сипаттамасын анықтау кезіндегі кейбір жағдайларда Е параметрін қолданады ζ– төмендегіше анықталатын *объекті екпінінің жылдамдығы*:

$$\xi = \frac{B}{\tau_ç \Delta x} = \frac{tg\alpha}{\Delta x}. \qquad (2.18)$$

Бұл параметр Δx кіріс параметрі өзгерісінің бірлігіне келетін өзгерістің масималды жылдамдығын y(τ) сипаттайды.

$K_{об}$ объектінің беру коэффициентінің орнына:

$$\rho = \frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{1}{Kоб}. \qquad (2.19)$$

Өздігінен тегістелу коэффициентін қолдануға болады:

$\tau_з$ (2.13, б сур. қар) жалпы кешігу таза көліктік кешігу (2.12, сур. қар ***в***) мен сиымдылықты (өтпелі) кешігуден дестеленетіндігін есте сақтау керек.

Объектінің екпін қисығы астатикалық объектісі келесі динамикалық параметрлермен сипатталады: $\tau_з$ — кешігу уақыты; ***$K'_{оБ}$*** — орнатылған *Ax* — 1 ретінде анықталатын берілістің шартты коэффициенті **(**мәніне қарай **£** бұл шама – объекті екпінінің жылдамдығы**):**

$$K'_{об} = \frac{\Delta y(\tau)_{max}}{\Delta x} \frac{\text{реттелетін шаманың өлшем бірлігі}}{\text{атқарушы механизм қозғалысынан \%}}$$

Астатикалық объектілердің динамикалық қасиеттерінің сипаттамалары үшін Δx=1 дара ауытқу кезінде оны өлшеу бірлігіне шығыс шаманы өзгерту уақытына тең T_1 шартты тұрақты уақытты қолдануға болады. Әлбетте:

$$K'_{об} = \frac{1}{T'}.$$

Объектінің динамикалық тән $\frac{\tau}{T_0}$ қасиеттері қатынасы болып табылады. Осы қатынас қаншалықты аз болған сайын осындай объектіні автоматты басқаруға арналған талаптар да оңтайлы.

Динамикалық сипаттамалардың әр алуан түрлерін БО бірдей динамикалық параметрлер анықтайтындықтан, динамикалық сипаттамалардың өзара түрлендіруінің түрлендіру әдістері бар.

2.6. КОНТУР ҚҰРАЙТЫН ТИПТІК ЗВЕНОЛАРДЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ МЕН ПАРАМЕТРЛЕРІ

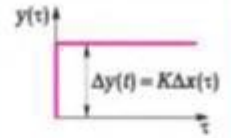
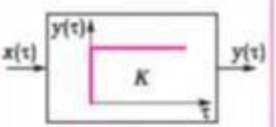
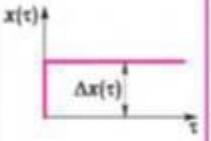
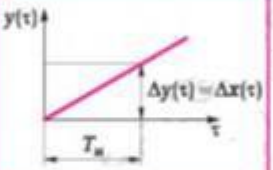
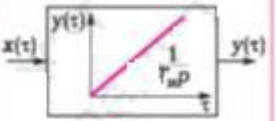
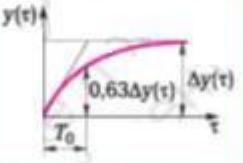
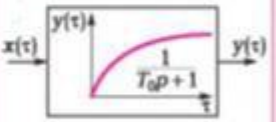
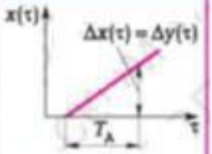
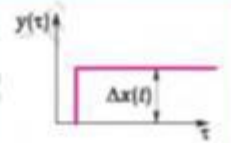
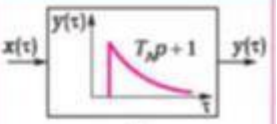
Автоматты реттелетін контур жүйелерін әртүрлі үлгідегі бөлімшелерді біріктіру тәсілдері түрінде ұсынуға болады. Сонымен бірге, қарапайым алгебралық және дифференциалдық теңдеулермен сипаттауға болатын бөлімдерді атап көрсетуге болады. Осындай бөлімдерді АРЖ қарапайым бөлімдері деп атайды. Осы бөлімдердің теңдеулері мен сипаттамасын қарастырайық (2.2-кесте).

Пропорционалды (бей инерциялық) бөлім. Пропорционалды бөлімдердің кіріс және шығыс бөлімдері арасында уақыт бойынша жылжу жоқ. Шығыс шамасы пропорционалды кіріспен лезде өзгереді.

Осындай бөлім үшін мына ара қатынас дұрыс:

$$\frac{y(\tau)}{x(\tau)} = K,$$

2.2-кесте АРЖ белгілеу және өтпелі түрлерінің сипаттамасы

сілтеме түрі	кіріс әсері	шығыс әсері	сілтеме тағайындау
Пропорционалды			 а
Біріктіру			 б
Инерциалды			 в
дифференциалды			 г

типтік бөлімдердің өтпелі сипаттамалары у(τ) — уақыт бойынша шығыс параметрдің өзгеруі; х(х) — уақыт бойынша кіріс параметрдің өзгеруі; К — буынды беру (күшейту) коэффициенті.

Коэффициент К, бірлікке кіріс бөлік өзгерген кезде шығыс шамасы қаншалықты өзгеретіндігін көрсетеді. У(τ) және х(х) шама өлшемдерінің, әдетте, К шамасының күшею коэффицентіне қарағандағы шама өлшеміне ие болғанда, сәйкес келмейтіндігін еске алған жөн.

Сызбада (2.2-кестені қараңыз), пропорциялық бөлімнің шартты белгісі, табыстама функциясы мен өтпелі сипаттама (пропорционалды бөлімге мысал кернеу бөлгіші, механикалық редуктор болады)

көрсетілген.

Біріктіруші бөлім. Біріктірілген бөлімде шығыс бөлімнің dy/dx өзгеру жылдамдығы x(τ) кіріс шамасына тепе-тең:

$$\frac{dy(\tau)}{d\tau} = \frac{x(\tau)}{T_и}$$

немесе

$$y(\tau) = \frac{1}{T_И}\int_0^{\tau} x(\tau)d\tau \qquad болғанда, \quad y(\tau) \in [0, y_{max}].$$

x(τ) _ 0 болғанда, y(τ) _ const шығарып аламыз. Шынайы буындарда өзгеріс y(τ) кейбір шекке дейін (әдетте берілген) жүруі мүмкін.

$T_и$ тұрақты шамасын *біріктіру уақыты* деп атайды. Бұл шама санмен кіріс шаманың x(τ) өзгеру бірлігіне келетін, шығыс параметрлерінің өзгеру жылдамдығы сипатталады. Ти қаншалықты көп болса, уақыт бірлігіне соғұрлым шығу шамасы өзгереді.

Егер кіріс және шығыс шамасы өз физикалық табиғатына қарай біртекті болса, онда $T_и$ сандық мәні б сызбасына сәйкес біршама қарапайым анықталады (2.2-сур.қар.).

Егер уақыт мезетінде, т _ 0 x(τ) шамасы нөлден кейбір Δx мәніне дейін секіріп өзгерсе, онда шығу шамасы y(τ) сызықтық түрде өседі және Ти уақыты ішінде y(τ) мәнінің өсуі Δx шамасына тең болады.
У (τ)өзгеріс аралығын анықтайтын, біріктірілетін өтпелі функция, x (τ)бірлікте өзгерген кезде, мына өрнек арқылы анықталады:

$$h(\tau) = \frac{y(\tau)}{x(\tau)} = \frac{\tau}{T_И},$$

мұндағы Ти бөлімнің кешіктірілген қасиетін сипаттайды.

Біріктіруші бөлімге мысал ретінде тұрақты жылдамдықтағы атқарушы механизмі (АМ) білігінің айналым бұрышын келтіруге болады. Бұл механизмдер технологиялық параметрдегі басқару контурларында кеңінен қолданылады.

Басқару кернеуі болмаған кезде, қозғалтқыш білігі қозғалмайды. Басқару пәрмені берілген кезде (кіріс шама сатылы өзгергенде x(τ)), АМ білігі тұрақты жылдамдықпен айнала бастайды, ол АМ техникалық сипаттамасымен анықталады.

Біріктірілетін бөлімнің тағы да бір мысалы бакты сумен толтыру болып табылады. Кранды ашу кезінде және суды үнемі шығындағанда, бактағы су деңгейі сызықтық түрде өзгере бастайды. Кранды жапқан кезде деңгей тұрақты болып қалады.

Біріктіретін қасиеті бар нысандар, басқару үшін, өте күрделі және басқаратын контурдың жұмыс тиімділігін мұқият бақылап отыруды талап етеді.

Дифференциялау бөлімі. Егер бөлімнің шығу шамасы кіріс шаманың өзгеру жылдамдығына тепе-тең болса, онда осындай бөлім сараланған деп аталады.

Бөлімнің осы қасиеті теңдеу түрімен сипатталады:

$$y(\tau) = T_A \frac{dx(\tau)}{d\tau},$$

мұндағы $T_д$ — дифференциялау уақыты деп аталатын тепе-тепдік коэффициенті.

$T_д$ шамасы шығу шамасының кіріс шамасына өзгеруіне қатысты сезімталдық дәрежесін анықтайды. $T_д$ мәнінің сандық бағасының физикалық мағынасы г нобайында көрсетілген (2.2-кестені қар.).

Егер, x(x) және y(τ) параметрлері физикалық табиғаты бірдей болса, (мысалы, кернеу), онда $T_д$ шамасын x (x) тұрақты жылдамдықпен өзгеретін болған жағдайда ғана анықтауға болады.

$$\frac{dx(\tau)}{d\tau} = \text{const}.$$

Дифференцияланатын элементте, $T_д$ дифференциялау уақыт бар, кіріс шама, тұрақты жылдамдықпен өзгере отырып, шығу шама мәніне жетеді.

Егер, мүлтіксіз дифференциялайтын бөлім кірісінде x (x) белгісін кенет өзгертсе, онда y (x) функциясы Δx ^ 0 уақытта, алдымен өседі, ал содан кейін нөлге дейін кемиді және y(τ) = 0 тең болғанда:

$$\frac{dx(\tau)}{d\tau} = 0.$$

Шынайы жүйелер үшін, әдетте, шынайы дифференциялайтын бөлім қолданылады, ол табыстау функциясына ие:

$$W(p) = T_Д p + l.$$

Инерциялық бөлім. Инерциялық бөлімді, әдетте инерциялылық деп атайды. Осы және өзге шамада инерциялылық қасиеті барлық реттеу нысандарына тән. Бұл теріс құбылыстардың бірі және өндірістік нысандарды басқаруды олармен күресу қажет.

Кейде, кіріс ақпараттық белгінің жоғары жиілікті кедергілері болған кезде (мысалы, пеште қыздырылған дайындаманың бетін өлшеу және температурасын реттеу үшін, оптикалық қадағаларды қолдану кезінде), реттегіш кірісіндегі инерциялылық жасанды түрде жасалады. Осындай тәсіл деңгейлестіру (демпфирлеу) деп аталады.

Инерциялық бөлімде, бірінші кезекте шығыс шамасы у(τ) кіріс шаманың х(τ) өзгеруінен тікелей ілеспейді.

т --°° болғандағы анықталған ара қатынас күйі у(τ)/х(τ) тең бірлікті қабылдайды.

Кіріс х(τ) және шығу у(τ) шаманың график түріндегі өзгерісі және бірінші реттегі инерциялық бөлімнің шартты белгісі сызбада көрсетілген. (2.2-кестені қар.).

Буынның (нысан) инерциялылығы санмен тұрақты T_0 — уақытпен бағаланады, онда шығу шамасы у(τ) бір белгіленген режимнен екінші х (τ)секірмелі өзгерген кезде, егер өзгеріс тұрақты жоғары жылдамдықта жүретін болса).

Сызықтық бөлімдердегі T_O мәні тұрақты, сондықтан да ол тұрақты уақыт деп аталады және нақты санмен нысанның инерциялық қасиетін сипаттайды.

T_0 шамасы кіріс әсерінің шамасына байланысты. Бірінші реттегі инерциялық бөлімнің дифференциялық теңдігі мына түрде болады:

$$T_0 \frac{dy(\tau)}{d\tau} + y(\tau) = x(\tau). \qquad (2.20)$$

Егер, х(τ) шамасы секірмелі өзгерсе, онда денені қыздыруда у(τ) дифференциалды теңдеуді шешу кезінде көрсетілгендей, мына өрнек арқылы анықталады:

$$y(\tau) = 1 - e^{-c},\ c = \frac{\tau}{T_0},$$

мұндағы т — ағымдағы уақыт.

Теңдікті келесідей үлгіде түрлендірейік (2.20):

$$\frac{dy(\tau)}{d\tau} = \frac{x(\tau) - y(\tau)}{T_0}.$$

шексіз кіші өсімшені соңғы өсімшеге ауыстырамыз:

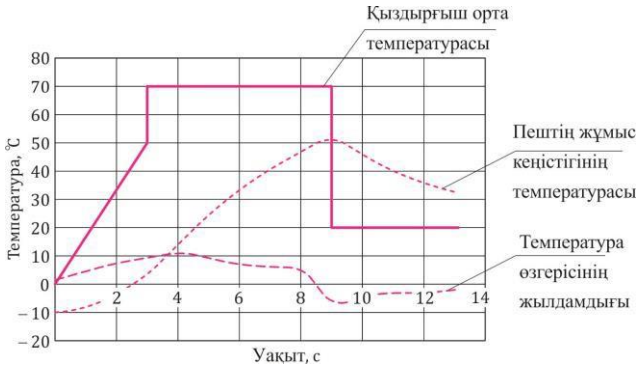
$$\frac{\Delta y(\tau)}{\Delta\tau} = \frac{x(\tau) - y(\tau)}{T_0}.$$

Өсімше Ду(τ) Δх уақыт интервалының, шығыс шаманың басында және аяғындағы мәнінің әртүрлілігін білдіреді. шығыс шаманың Ду(τ) = ук — уk-\ ауыстырамыз, мұндағы к — Δх уақыт интервалының нөмірі, әрбір кезекті уk мәнді есептеу үшін, әртүрлі формула аламыз:

$$y^k = \frac{\Delta\tau}{T_0}\left(x^{k-1} - y^{k-1}\right) + y^{k-1}. \qquad (2.21)$$

Бұл өрнек санмен (жуық) кез келген аралықтағы х(х), у (х) өзгеру аралығын есептеуге, яғни, Эйлер әдісін қолдана отырып, уақыт бойынша кіріс әсерге инерциялық нысан реакциясын есептеуге мүмкіндік береді.

Мысал. Пештің жұмыс кеңістігі температурасының tр өзгерісін, уақыт бойынша (жылытатын орта tт.с. факел температурасының өзгерісінің берілген траекториясында, Т = 5 тұрақты уақыты бар терможұпты өлшеу арқылы есептеу. Жылытатын орта температурасы отын шығынына байланысты. 2.14-суретте тұтас сызықпен жылытатын орта температурасы өзгерісінің траекториясы көрсетілген.



2.14-сурет. Пеш пен қыздырғыш ортаның жұмыс ортасының қыздырғыш ортасының және температурасының өзгерутраекториясы

Шешуі. Теңдік (2.21) есеп шартына сәйкес мына түрде болады

$$t_F^k = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t_{ã.ñ}^{k-1} - t_F^{k-1}\right) + t_F^{k-1}.$$

Уақыт τ = 0 тең болған мезетте, пештің жұмыс кеңістігінің температурасы жылытатын орта температурасынан 10 °С-ке кем деп шамалайық. 2.14-суретте келтірілген мәндерді есепке ала отырып, tТ С = 0 °.С, tF = -10 °С (бірл.қат.) аламыз. τ = 1 болғанда, пештің жұмыс кеңістігінің температурасы мынаны құрайды:

$$t_F^1 = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t_{T.C.}^0 - t_F^0\right) + t_F^0 = \frac{1}{5}\left(0 - (-10)\right) + (-10) = -8\ °C.$$

Уақыт мезеті τ = 1 болғанда, пештің жұмыс кеңістігінің температурасын біле отырып, τ = 2 болғанда пештің температурасын есептеуге болады:

$$t_F^2 = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t_{T.C.}^1 - t_F^1\right) + t_F^1 = \frac{1}{5}\left(15 - (-8)\right) + (-8) = -3{,}4\ °C.$$

2.3-кесте. Металл температурасы және уақыт бойынша пештің температурасына тәуелділік

Уақыт, с	Температура, °С	
	Жылытатын орта tт.с.	Пештің жұмыс кеңістігі t_F
0	0	-10,0
1	15	-8,0
2	35	-3,4
3	50	4,3
4	70	13,4
5	70	24,7
6	70	33,8
7	70	41,0
8	70	46,8
9	20	51,5
10	20	45,2
11	20	40,1
12	20	36,1
13	20	32,9

Барлық нүктелерде ұқсас есептер келтіре отырып, 2.3 және 2.14.-суреттерде келтірілген, жылытатын орта температурасының өзгеру жылдамдығы мен пештің кеңістіктік температура мәнін шығарып аламыз.

Инерциялылықтың болуы, бақыланатын (басқарылатын) параметр траекториясының біршама өзгертеді және бұл жағдайды өндіріс жағдайларында басқару контурларын ретке келтіру кезінде есепке алу қажет.

Егер, y(τ) және x(x) шамалары әртүрлі өлшемде болса, онда теңдеудің шешімі (2.20) бұл жағдайда мына түрде болады:

$$x(\tau) = 1 - e^{-c}\hat{E}, \quad c = \frac{\tau}{T},$$

секірмелі өзгеріс кезінде, мұндағы $K = \frac{\Delta y(\tau)}{\Delta x(\tau)}$

Екінші реттегі инерциялық бөлім. Нысанның динамикалық қасиеті, әдетте бірінші реттегі инерциялық бөлім ретінде аппрокселенді (ұсынады). Өкінішке орай, бұл сапалы басқару үшін үнемі мүмкін бола бермейді. Нысанның динамикалық қасиетін анағұрлым дәл ұсынуға бірінші реттегі бірнеше (екіден кем емес) инерциялылық кезекті қосуға мүмкіндік береді немесе екінші реттегі инерцилық бөліммен, бөлім қасиеті дифференциялық теңдеу түрімен анықталады

$$T^2 \frac{d^2 y(\tau)}{d\tau^2} + 2T\xi \frac{dy(\tau)}{d\tau} + y(\tau) = x(\tau),$$

мұндағы T —бөлімнің жеке тұрақты уақыты; ζ — өтпелі процесс түрін анықтайтын, өшудің қатыстық коэффициенті (ζ ≥ 1 болғанда— термелмелі өшепелі процесс ζ ≥ 1 болғанда — бей периодты өтпелі процесс).

Егер, бірінші реттегі екі инерциялық бөлімшенің кезекті қосылысы қолданылса, онда мына ара қатынас тура:

$$T^2 = T_1 T_2; \quad 2T\xi = T_1 + T_2; \quad \xi = \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{T_1}{T_2} + \frac{T_2}{T_1} \geq 1;$$

$$T_1 = \frac{T}{\xi} - \sqrt{\xi^2 - 1}; \quad T_2 = \frac{T}{\xi} + \sqrt{\xi^2 - 1},$$

мұндағы T_1, T_2 —бірінші реттегі екі инерциялы бөлімшенің тұрақты уақыты.

Әділ жағдай: *бірінші реттегі екі (немесе одан да көп) қосылыс*

өзін бей периодты бөлім ретінде болуы, яғни, өзін-өзі теңестіру қасиетіне ие болуы мүмкін.

Екінші реттегі инерциялық бөлімге мысал ретінде, қорғаныс стақанында орнатылған, терможұп арқылы жылу техникалық агрегаттың жұмыс кеңістігі температурасын өзгертуге болады.

Бұл жағдайда, T_1 терможұптың өзінің, терможұпқа қатысты жылытатын ортадан келетін жылуды беру кезіндегі T_2 –қорғаныс стақанының инерциялылығын сипаттайды.

Кезекпен енгізілген, БО бірнеше инерциялық элементтердің болуы, нысанды сыйымды немесе өтпелі, кешігудің пайда болуына әкеліп соқтырады. Бұл жағдайда нысан қандай да бір уақытта басқарылатын әсерге мүлде жауап қайтармайды. Бұл басқару сапасы мен тиімділігіне кері әсер етеді.

Мысал. Қыздырылатын пештердің жұмыс кеңістігін өлшеу кезінде, пештің жұмыс кеңістігінде орнатылған, алундалы немесе карбофракстті стақанның түбіне қойылған оптикалық пирометр (әдетте толық сәулеленетін) қолданылады. Отын шығыны өзгерген кезде, жылытатын орта (факел) температурасының секірмелі өзгерісінде датчик температурасының шығу белгісін есептеу қажет; пирометрдің тұрақты уақыты $T_2 = 2$ с болғанда, алунда стақанының тұрақты уақыты $T_1 = 6$ с және жылытатын орта температурасы 50 °С-ке дейін өзгереді. Секірмелі ауытқу болғанша, жүйе белгіленген күйде болды, яғни алунда стақанының температурасы жылытатын орта температурасымен бірдей және 1 300 °С-ке тең.

Шешуі. Д с (τ)— жылытатын орта температурасы; tG(T) — алунда стақанының ішкі бетінің температрасы; Д (τ)—оптикалық (ең жылдам әрекет ететін) датчикпен өлшенетін температураның ағымдағы мәні деп белгілейік.

Уақыт мезеті τ = 0 болғанда жылытатын орта секірмелі түрде 50 °С-ке өсті. Себебі, ауытқуға дейін, жүйе белгіленген күйде болды, мұндағы tF(0) = tG(0) = Дс(0) = 1 300 °С. tG(T) және Дс (τ) траекторияларын есептеуде, координат басын температура шкаласы бойынша τ = 1 300 °С нүктесіне орналастыра отырып, қатыстық бірліктерді шығарамыз.

Т = 0 болғанда, белгілі мәндермен есептейміз: tF(T) = 0 °С; tG(T) = 0; tF(T) = 50 °С. Эйлер әдісін қолданып, бірінші реттегі екі инерциялық бөлімдерді кезекті қосу үшін сандық шешім аламыз. Бірінші инерциялық бөлімнің tG(T) шығуының өзгеру траекториясын келесі формула бойынша шығаруға болады:

■ τ = 1 болғанда:

$$t_c^1 = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t_{T.C.}^0 - t_C^0\right) + t_C^0 = \frac{1}{6}(50 - 0) + 0 = 8,33\ °C;$$

■ τ = 2 болғанда:: $t^2_c = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t^1_{т.с} - t^1_c\right) + t^1_c = \frac{1}{6}\left(50 - 8,33\right) + 8,33 = 15,27\ °C;$

■ τ = 3 болғанда:: $t^3_c = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t^2_{т.с} - t^2_c\right) + t^2_c = \frac{1}{6}\left(50 - 15,27\right) + 15,27 = 21,06\ °C.$

Ұқсастықтарына\h \z кториясын келесі формула бойынша шығаруға болады:кті қосу үшін сандық шешім аламыз. Бірінші инерциялық бөлімніңнда ста

tF(T) траекториясын есептеу кезінде кіріс әсерлер ретінде алдыңғы қадамда ^ (τ)есептелген мәндерді қолдану қажет. T = 0: tF(0) = ^(0) = ^.c(0) тең екендігін ескеретін болсақ, онда шығу температурасының өзгеріс жылдамдығы, сонымен қатар нөлге тең болады, яғни бірінші қадамда, τ = 1 болғанда, ағымдағы мәнді шығарамыз: tF(T) = 0°C:

$$t^1_F = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t^0_c - t^0_F\right) + t^0_F = \frac{1}{2}\left(0 - 0\right) + 0 = 0.$$

2.4-кесте.Кештің жұмыс кеңістігі температурасының есептеу мәндері.

Уақыт, с	Температура, °С		
	Жылытқыш орта *т.с(;)	алунда стаканы у-о	ағымдағы мән У.)
0	50	0,00	0,00
0,5	50	4,17	0,00
1	50	8,33	1,04
2	50	15,28	4,69
3	50	21,06	9,98
4	50	25,89	15,52
5	50	29,91	20,71
6	50	33,26	25,31
7	50	36,05	29,28
8	50	38,37	32,66
9	50	40,31	35,52
10	50	41,92	37,91

Шынайы өнеркәсіп жүйелерінде сезбейтін аймақ бар және шығыс параметрінің бастапқы мәні есептеуді дискреттеудің бірінші интервалында сақталады.

Есептеудегі қателіктерді азайту үшін, дискреттеу интервалын (тым болмағанда бір қадамға) азайту қажет.

$\Delta\tau$ = 0,5 с болғанда, есептеудің бірнеше қадамына толық сипаттама келтірейік:

■ τ = 0,5 болғанда:

$$t_{ñ}^{(0,5)} = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t_{ã.ñ}^{0} - t_{ñ}^{0}\right) + t_{ñ}^{0} = \frac{0,5}{6}\left(50 - 0\right) + 0 = 4,17\ °C;$$

$$t_{F}^{(0,5)} = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t_{c}^{0} - t_{F}^{0}\right) + t_{F}^{0} = \frac{0,5}{2}\left(0 - 0\right) + 0 = 0\ °C;$$

■ τ = 1 болғанда:

$$t_{F}^{1} = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t_{c}^{(0,5)} - t_{F}^{(0,5)}\right) + t_{F}^{(0,5)} = \frac{0,5}{2}\left(4,17 - 0\right) + 0 = 1,04\ °C;$$

■ τ = 2 болғанда:

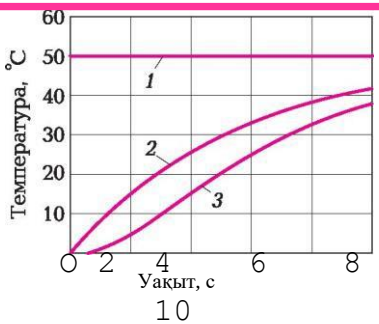
$$t_{F}^{2} = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t_{c}^{1} - t_{F}^{1}\right) + t_{F}^{1} = \frac{1}{2}\left(8,33 - 1,04\right) + 1,04 = 4,69\ °C;$$

■ τ = 3 болғанда:

$$t_{F}^{3} = \frac{\Delta\tau}{T}\left(t_{ñ}^{2} - t_{F}^{2}\right) + t_{F}^{2} = \frac{1}{2}\left(15,27 - 4,69\right) + 4,69 = 9,98\ °C.$$

Ұқсастықтарына қарай, басқа уақыт мезеттері үшін $t_F(\tau)$ өзгеру траекториясын анықтаймыз. Есептеу мәндері 2.4-кестеде келтірілген.

2.15–суретте $t_{T.C}$ $t_c(\tau)$және $t_F(\tau)$есептеу траекториялары келтірілген. $t_F(\tau)$траекториясы кешігу элементтерінен тұрады. τ = 3 болғанда, Д t_F (τ)траекториясының бүгілу нүктесі болады. Осы нүктеде белгінің өзгеру жылдамдығы жоғары болады.



2.15-сурет. Уақыт бойынша температураның өзгеру траекториясы:
1 — $t_{T.C}$ (τ); 2 — t_c (τ); 3 — $t_F(\tau)$

Есептеу нәтижесінде динамикалық параметрлермен нәтижелі бөлімдерге ие боламыз: $\tau_з$ = 1,4 с, Т = 8 с, мұндағы $\tau_з$ — кешігу уақыты, яғни кіріс параметрінің тұрақты жоғары жылдамдығы бар шығыс параметрінің өзгерісі басталған мезетке дейінгі өзгеру мезетіндегі уақыт. Осындай кешігу сыйымды, өтпелі деп аталады және бірнеше инерциялық бөлімдердің кезекті қосылуымен анықталады. Бұл өтпелі (динамикалық) кешігуді «таза» (көліктік) кешігумен шатастырмаған жөн.

Кешігу буыны. Егер шығу шамасының өзгеруі кіріс өзгеру шамасын қайталайтын болса, (мысалы, дозатормен материал шығынын өзгерту кезіндегі көлік таспасындағы материалдар саны), онда олардың арасында уақыт бойынша жылжу пайда болады, онда бұл жағдайда шығу шамасының кіріс шамасына қатысты кешігуі орын алады және талап сақталады:

$$y(\tau) = x(\tau - \tau'_ç),$$

мұндағы τЗ — «таза» кешігу уақыты немесе көлік уақыты.

Кешігу құбылысын бірінші реттегі кезекті қосылған инерциялық бөлімдердің шексіз санына қарай белгінің өту нәтижесі ретінде көрсетуге болады, уақыт бойынша тұрақты жекелеген бөлім жиынтығы кері байланыссыз тз. тең.

Егер, τ аз болса, бөлімді кешігумен есептеу кезінде бірінші реттегі инерциялық бөліммен жуықтап ауыстыруға болады. Мұны, егер кешігу бөлімі бар бір басқару контурына тұрақты уақыты біршама үлкен бірінші реттегі инерциялық бөлім немесе біріктірілетін бөлім қосылған жағдайда жасауға болады.

Шынайы басқару контурының құрлымдық сызбалары қарастырылған типтің бөлімдерді қосу тәсілдері мен түрлерінен тұрады. Заманауи техникалық реттеу құралдарын — микропроцессорлық реттеу бақылаушыларын (МРБ) қолдану кезінде типтік бөлімшелерді бағдарламалық іске асыру ешбір қиындық тудырмайды.

2.7. РЕТТЕУДІҢ ТИПТІК ЗАҢЫ

Жалпы мәліметтер. Қазіргі уақытта өнеркәсіп өндірісінде қолданылатын автоматты үздіксіз реттегіштер мен олардың сандық ұқсастары (микропроцессорлы бақылауыштарда) үздіксіз әрекет ететін атқарымдық құрылғыға жатады, бұл реттегіштің кіріс және шығыс параметрлері арасыедағы үздіксіз атқарымдық байланыстың болуын

білдіреді.

Реттегіштің кіріс параметрлері, реттелетін параметрлердің ағымдағы берілген және қолданыстағы мәніне тепе-тең белгілер болып саналады.

Реттегіштің өлшеу (кіріс) сызбасында талапқа сәйкес үйлесімсіздік (немесе реттеудегі қателік) белгісі қалыптасады:

$$\varepsilon(\tau) = x_З(\tau) - x_Д(\tau),$$

мұндағы $e(\tau)$ — үйлесімсіздік белгісі; τ — уақыт; $x_з(\tau)$, $x_д(\tau)$ — реттелетін параметрдің сәйкес берілген және қолданыстағы ағымдағы мәні.

Реттегіштің шығу шамасы, реттеуші органды ауыстыратын атқарушы механизмнің жұмысын басқаратын командалық импульстер болып табылады, сондықтан реттегіштің шығыс параметрін АМ шектелген соңғы ажыратқыштарымен (АМ 0...100% жүрісі) қол жетімді орын ауыстыру шегінде бағлау анағұрлым қолайлы.

Реттегіштің кіріс және шығыс шамалары арасында реттеу заңы деп аталатын, белгілі атқарымдық байланыс бар. Реттеу заңы әртүрлі кері байланыс түрлерін қолдану арқылы басқару контурында тікелей құрылады.

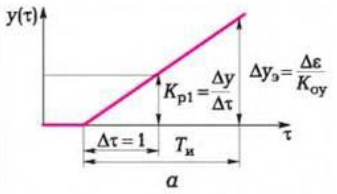
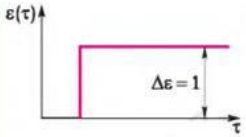
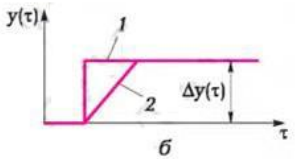
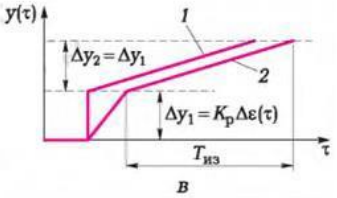
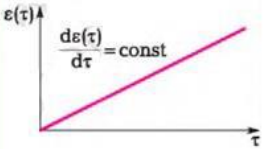
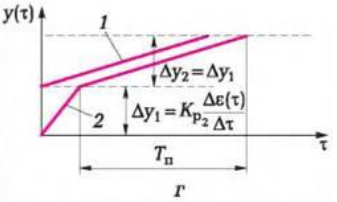
Таңдап алынған реттеу заңын кезінде реттеуші контур жұмысының тиімділігі, реттеу заңын анықтайтын, теңдеудегі тұрақты коэффицент түрінде кіретін, реттегіштің динамикалық реттеу параметрінің мәніне байланысты.

Қолданылатын реттеу заңын жүзегеасырудағы сызбалы немесе бағдарламалық шешім кең ауқымда осы коэффиценттер мәнін өзгеруге мүмкіндік береді.

Реттегішті еттеудің динамикалық параметрлері, басқару нысанының динамикалық параметрлеріне сәйкес келуі қажет.

Реттегішті реттеу коэффиценттерін дұрыс таңдау шынайы өндіріс нысанында басқару контурын технологиялық баптауда басты міндет болып табылады.

Өндіріс жағдайларында шынайы түрде бар басқару контурлары, оларда қолданылатын реттеу заңдарына сәйкес бес түрге бөлінеді: интегралды (И-Реттегіші); тепе-тең (Т-Реттегіші); тепе-тең-интегралды (ТИ-Реттегіші), тепе-тең-дифференциалды- (ТД-Реттегіші) және тепе-тең-дифференциалды-интегралды реттегіш. (ТИД-Реттегіш).

2.5-кесте. Реттегіштің өтпелі сипаттамалары		
Реттеуіштің типі	Сигнал кірістегі реттеуші	Кіріс сигналын реттеуші
И-реттеуіш		
П-реттеуіш		
ПИ-реттеуіш		
ПД-реттеуіш		

Ескерту: 1 — мүлтіксіз реттегіш ; 2 — шынайы реттегіш

Басқару контурларының жұмыс қағидаты, ұқсас контурлары мысал етіле отырып, қарапайымдылығы қарастырылған. (2.5-кесте).

Интегралды реттегіштер. Бұл реттегіштердің кері байланысы жоқ және интегралды реттеу заңын жүзеге асырады, оларды кейде астатикалық деп атайды.

И-реттегіштің кіріс және шығыс шамалары арасындағы тәуелділік

мына өрнек арқылы анықталады:

$$y(\tau) = K_{p1}\int_0^{\tau}\varepsilon(\tau)d\tau,$$

немесе

$$\frac{dy}{d\tau} = K_{p1}\varepsilon(\tau),$$

мұндағы y(τ) — реттегіштің шығыс параметрі (атқарушы механизмі білігінің айналым бұрышы), %.

И-Реттегіштің өзгеше ерекшілігі талаптарды орындау болып табылады: АМ білігінің орын ауыстыру жылдамдығы реттелетін параметрдің берілген параметрден тепе-тең ауытқуы болып саналады.

И-Реттегішті баптаудың динамикалық параметрі, реттелетін параметрдің ауытқу бірлігінде берілген параметрге келетін, АМ шығыс білігінің орын ауыстыру жылдамдығына санмен тең

$$K_{pt} = \frac{\Delta y/\Delta\tau}{\varepsilon(\tau)}. \qquad (2,22)$$

Кр1 параметрінің физикалық мағынасын И-реттегіштің өтпелі (уақытша) сипаттамалар траекториясын талдау арқылы анықтауға болады (2.5-кестедегі нобайды қар.). е(х) = 1 болғанда (2.22), Кр1 = Ду/Δх шығарып аламыз, яғни Δх = 1 с, Кр1 параметрі сан түрінде уақыт бірлігінде АМ білігінің айналу бұрышына Ду өсімшесіне тең болады, яғни АМ жылдамдығына.

Алайда біріктірілетін бөлім сипаттамалары үшін, әдетте тұрақты біріктіру уақыты $T_и$ қолданылады.

И-реттегіштің кіріс параметрлерін шығыс параметрінің физикалық шамасына Ду ауыстыру үшін е(х) өрнек қолданамыз:

$$K_{OY} = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta y} \qquad \text{Немесе} \qquad \Delta y_э = \frac{\Delta\varepsilon}{K_{OY}},$$

мұндағы $\Delta y_э$ — балама параметр; Δε— АМ білігінің айналу бұрышы; $K_{оу}$ —нысанды басқару параметрі.

Осы жерден уақыт бойынша тұрақты Ти, сонымен қатар атқару механизмінің жылдамдық сипаттамасы болып саналады және атқару шы механизм білігінің айналу бұрышы Ду, Дуэ білігінің балама айналу бұрышына тең болғандағы уақытты білдіреді.

K_{p1} мен $T_и$ арасындағы ара қатынас мына түрде болады:

$$K_{p1} = \frac{1}{T_и},$$

Яғни, $T_и$ қаншалықты көп болса, K_{p1} соншалықты аз болады.**И-реттегіштің табыстау функциясы мынадай түрде болады**

$$W_и(p) = \frac{1}{T_и p}. \qquad (2.23)$$

Интегралды реттегіш қалдық ауытқусыз жұмыс істейді (қолданылатын техникалық құралдардың үйлесімсіз аймақтарын есепке ала отырып), бірақ біршама баяу. $К_{р1}$ ($Т_и$ азайту) өсіру есебінен жылдам әрекет етуді арттыру, тербелмелі режімде жұмыстың пайда болуына әкеледі.

И-Реттегіштің кемшілігі, басқару нысанының инерциялық параметрлерімен атқарушы механизмнің жылдамдығын дәл келісу қажеттілігінде. Осы себеп бойынша И-Реттегіштерді, тұрақты жылдамдықты электрлі атқарушы механизмдері бар технологиялық процесс параметрлерін басқару үшін қолдану біршама күрделі.

Тепе-тең реттегіштер. Тепе-тең реттегіштер (Т-Реттегіштер) талаптарға сәйкес тепе-тең реттеу заңдарын жүзеге асырады:

$$y(\tau) = K_p \varepsilon(\tau).$$

Т-реттегіштердің өзгеше ерекшелігі мына жағдай болып табылады: АМ білігінің айналу бұрышы реттелетін параметрдің берілген параметрге тепе-тең ауытқуы.

Тепе-тең заң атқарушы механизм білігінің орналасу жағдайы бойынша «қатаң» кері байланысты қолдану арқылы іске асырылады.

П-реттегіш кірісінде АМ білігі орналасқан қалпындағы датчиктенқосымша белгі беріледі. (техникалық параметрдерді басқару жүйелерінде бұл әдетте индукциялық немесе реостатты датчик).

Тепе-тең реттегіштің бір динамикалық баптау параметрі — Кр беріліс коэффиценті бар, ол санмен реттелетін параметрдің ауытқу бірлігіне келетін берілген параметрінің, яғни өлшем бірлігіне келетін, атқарушы механизм білігінң айналу бұрышына тең:

$$K_р = \frac{\Delta y}{\Delta \varepsilon} = \frac{\text{\% АМ жүрісі}}{\text{реттелетін параметрдің өлшем } \textit{бірлігі}}.$$

Тепе-тең реттегіш тез қамтамасыз етіледі, бірақ дәл реттелмейді. Бұған себеп статикалық (орнатылған) қателіктердің болуы саналады.

Реттеу заңына тепе-тең Кр физикалық мағынасы мен аталған реттегіште орнатылған Кр нақты мәні, 2.5-сурет. б)-нобайында ұсынылған, өтпелі функция талдауынан белгілі болса (уақытша сипаттамалар Т-реттегіштің қисық үдеуі). Себебі шынайы өнеркәсіптік атқарушы мнханизмдерінде тұрақты және шектелген, Т-реттегіштің мүлтізсіз және шынайы өтпелі сипаттамалары бастапқы уақытта ажыратылмайды.

Т реттегіштің табыстау функциясы мына түрде болады:

$$Wn(p) = K\,p. \qquad (2.24)$$

Т-реттегіштердің кемшіліктері орнатылған қателіктердің болуы, яғни басқарудағы олқылықтар болып саналады.

Тепе-тең-интегралды реттегіш (ТИ-реттегіштер).

ТИ-реттегішін, кейде изодромды немесе «икемді» кері байланысы бар реттегіштер деп атайды. Икемді кері байланыс өтпелі режім кезеңінде қолданылады және реттегіштің ішкі кері байланысы болып табылады. Бұл өндіріс жағдайларында, И және П-реттегіштермен қасиеттері үйлесетін және И-реттегіш пен П-реттегіштің қатар қосылуын құрылымды түрде ұсынатын ең көп тараған түрі.

Реттегіштің кіріс және шығыс шамалары арасындағы байланыс мына өрнекпен берілген:

$$y(\tau) = K_p \varepsilon(\tau) + K_{p1} \int_0^{\tau} \varepsilon(\tau) d\tau$$

немесе

$$y(\tau) = K_p \left(\varepsilon(\tau) + \frac{1}{T_{из}} \int_0^{\tau} \varepsilon(\tau) d\tau \right),$$

мұндағы $T_{из} = \frac{K_p}{K_{p1}}$ — изодром уақыты (интергалды бөлік әрекетінен атқарушы механизм білігінің орташа айналу жылдамдығын сипаттайды).

$T_{из}$ изодерма уақыты мен $T_и$ біріктіру уақыты арасындағы функционалдық байланыс мына түрде ұсынылады:

$$T_{из} = \frac{Кр}{K_{p1}} = \frac{Кр}{1/T_И} = K_p T_И.$$

Аталған реттегіштің екі динамикалық баптау параметрі бар: тепе-тең бөлікті — $К_р$ және интегралды бөлік баптауы — $Т_{из}$.

Реттегішке шынайы орнатылған $K_р$ және $T_{из}$ мәндерінің физикалық мағынасы (сандық бағасы) эксперимент түрінде алынған өтпелі сипаттмалар (қисыз разгон) траекториясынан анықтауға болады (2.5-кесте, нобайды қар). Осыдан Тиз белгілі изодром уақытын анықтаған жөн: бұл тепе –тең бөлігінің әрекетінен атқарушы механизм білігінің айналу уақыты, $\Delta y1 = K_{pe}$, $\Delta y2 = A_{yi}$ интегралды бөлігімен екі еселенеді.

ТИ-реттегіштің табыстау функциясы:

$$W_{ПИ}(p) = K_p \frac{1 + T_{из} p}{T_{из} p},$$

яғни, ТИ-реттегіштің алдын ала (дифференциалды) 1 бөлігі + табыстау функциясының санындағы $T_{изр}$ бар, бұл оны инерциялық нысандарды қолдану үшін тиімді етеді.

Тепе-тең-интегралды-дифференциалды реттегіш (ТИД – реттегіш). Аталған реттегіш түрлерін изодромды алдын алу немесе алдын алатын ТИ-реттегіштер деп атайды. олар ұзақ мерзімді бір сарында ауытқуға ұшырағыш басқару нысандарында (мысалы, шыңдық жүктемесі үлкен нысандарда немесе өнімділігі әркелкі уақытша орнағы бап пештерде тиімді қолданылады. Бұл жағдайларда ТИД-реттеу заңы қолданылады, басқарушы әсерді қалыптастыру кезінде, тек ауытқу шамасы ғана емес, сонымен қатар осы шаманың интегралды бағасы, сонымен қатар осы ауытқудың өзгеру жылдамдығы есепке алынады.

ТИД-реттегіштің кіріс және шығу шамасының тәуелділігі мына түрде болады:

$$y(\tau) = K_p \varepsilon(\tau) + K_{p1} \int_0^{\tau} \varepsilon(\tau) d\tau + K_{p2} \frac{d\varepsilon(\tau)}{d\tau}$$

немесе

$$y(\tau) = K_p \left(\varepsilon(\tau) + \frac{1}{T_{ИЗ}} \int_0^{\tau} \varepsilon(\tau) d\tau + T_П \frac{d\varepsilon(\tau)}{d\tau} \right),$$

мұндағы $T_п$— алдан ала уақыт, дифференцияланатын реттегіш бөлігін баптау параметрі, $T_п = K_{p2}/K_p$.

K_{p2} мәні, АМ білігінің қандай айналу бұрышы реттелетін параметрден берілген параметрге дейінгі ауытқу жылдамдығының өзгеру бірлігін анықтайды, яғни $\Delta y = K_{p2} \frac{d\varepsilon}{d\tau}$, одан $K_{p2} = \frac{\Delta y / d\tau}{d\varepsilon}$.

Сонымен бірге

$$T_П = \frac{K_{p2}}{Kp} = \Delta y \frac{\Delta\tau}{\Delta\varepsilon(\tau)} : \frac{\Delta y}{\Delta\varepsilon(\tau)} = \Delta\tau.$$

Алдын ала уақыт, ТИД-реттегіштердің басқару әрекеттерін құруда, санмен дифференцияланған реттегіш бөлігінің қатысу үлесін сипаттайды.

Алдын ала уақыттың физикалық мағынасы 2.5-кестедегі нобайда суреттелген. ПИД- реттегіш Тиз ^ °°, онда ПИД- реттегіш ТД-Реттегішке айналады деп есептейік, себебі 1/Тиз ^ 0. Кірісте, осылайша алынған ТД-реттегіштің ауытқуы мен оның тұрақты жылдамдықпен өзгермелі ықпалмен жүргізіледі: dE/dx = const. Кірісте e(t) және шығу y (x) параметрлер өзгерген траекторияларда, сонымен қатар e(t) г нобайында көрсетілген. (2.5-кестені қар.).

Осы жерден алдын ала уақытты анықтау Тп —Δy1 дифференцияланған бөлігінің әсерінен АМ білігінің айналу бұрышы, Δy2 тепе-тең қатынаста екі еселенеді, яғни талап сақталатын уақыт

$$\Delta y_1 = \Delta y_2$$

Табыстау функциясы шынайы түрде ТИД-реттегіштің мына түріне ие:

$$W_{ТИД}(p) = K_p \frac{(1 + T_{ИЗ} p)(1 + \grave{O}_i p)}{T_{ИЗ} Đ}.$$

Өндірістік жағдайларда ТИД-реттеу заңын ТИ-реттегішті қолдану кезінде және ол кіре берісте дифференцияланатын құрылғысы бар қосымша белгі беріледі.

2.8. ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСПЕН ЛОКАЛЬДІ КОНТУРДЫ ДИНАМИКАЛЫҚ БАПТАУ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Жалпы мәліметтер. Статикалық және динамикалық сипаттамалар реттеу процесіндегі өтпелі процестің таңдаулы көрсеткіштерін алу мақсатында басқару контурын баптаудағы динамикалық параметрлердің талап етілген мәндерін анықтау үшін қолдану қажет.

Басқару контурының баптауларын оңтайландырудың берілгенін шешу АБЖ жобалау кезеңінің өзін де жүзеге асыру керек. Бұл тапсырманы мақсатты түрде кезекті екі бөлесіз:

- *құрылымдық оңтайландыру* — осы кезеңде статикалық және динамикалық параметрлері белгілі типі, объектісі үшін реттеу заңын таңдауды жүзеге асырады;
- *динамикалық оңтайландыру* - таңдаулы параметрлері бар тұрақты өтпелі процесс кепілдігін қамтамасыз ететін контур баптауларының динамикалық параметрлері анықталады. Құрылымдық оңтайландыру . Құрылымдық оңтайландыру негізіне берілген тапсырманы тиімді және жеткілікті түрде қарапайым шешуге мүмкіндік беретін Ф.Фрер мен Ф. Орттенбургер ұсынған әдіс салынған.

Әдіс мәні құрылымдық оңтайландыру кезеңінде басқару (Реттегіш) заңын дұрыс таңдау есебінен басқару объектісінің инерциялық қасиеттерін өтемдеуден тұрады.

$W_{ЗК}$(т) әрекетінің берілген ықпал кезіндегі тұйық контурдың табыстау функциясы:

$$W_{ЗК}(p) = \frac{W_0(p)}{1 + W_0(p)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{W_0(p)}},$$

мұндағы W_0(р) — өз кезегінде Wр(р) табыстау функциясының реттегіші мен $W_{оу}$(р) табыстау функциясының БО сияқты екі элементін ретімен жалғауды көрсететін ашық жүйелерінің табыстау функциясы:

$$W_0(p) = W_p(p) W_{OY}(p) = \frac{Z_0(p)}{N_0(p)},$$

мұндағы Z_0(р) және $N_0(p)$ —р-ге қатысты көпмүшелер.

Сонда тұйық контурдың табыстау функциясы былай беріледі:

$$W_{ЗК}(p) = \frac{1}{1 + \frac{1}{Z_0(p)/N_0(p)}} = \frac{Z_0(p)}{Z_0(p) + N_0(p)}. \qquad (2.27)$$

Нақты өнеркәсіптік объектілер инерциялыққа ие. Қарапайым жағдайда K_{OY} берілісінің коэффициентімен инерциялық объектінің табыстау функциясына арналған:

$$W_{OУ}(p) = \frac{K_{OУ}}{T_0 P + 1}.$$

Табыстау функциясының $W_{оу}(p)$ түрінен алдын алу құрылымдық санағында (1 + $T_п$р), мысалы ТД-реттегіште бар болатын реттегішті, табыстама функциясын иеленуін білген жөн. Сонда егер $T_п = T_0$ қабылдаса, $W_{оу}(p)$ бөлімде (1 + T_0р) және (1 + $T_п$р) — алдымда табыстау функциясын қысқартуға болады. Мұндай әдіс *бірінші рететгі инерциялық өтмдегіші* деп аталады.

Мысал. Өтемдеу әдісін қолдануды қарастырайық.

Шешуі $W_{OУ}(p) = \frac{K_{OУ}}{T_{OУ} p + 1}$. табыстау функциясымен және $W_р(р)$=

=$К_р(Т_п р + 1)$ ПД-реттегіш табыстау функциясымен инерциялық объектіні кезекті жалғау бойынша қосатын басқару контурының құрылымдық сызбасы. *Бұл жағдайда* ашық жүйелердің табыстау функциясы мына формула түрінде болады:

$$W_0(p) = \frac{K_{OУ}}{Ò_{OУ} p + 1} K_p (T_П p + 1).$$

$T_п = T_{OУ}$ кезінде ашық жүйелердің табыстау функциясын аламыз:

$$W_O(p) = K_р К_{БО}$$

Нақты жағдайларда T_0 қателікпен анықталады, сондықтан да өтемдеу әдісінің тиімділігі $T_п$. шамасын дұрыс таңдауға байланысты болмақ.

Реттегіш баптауларының шамасын дұрыс таңдау кезінде ($T_п$ алдын алу уақыты) объектінің инерциялық қасиеті Реттегіштің алдын алу қасиеттерімен өтемделеді.

Осылайша ПД-(ТИ)-теттегіш бір инерциялықты, ТИД-реттегіш екі инерциялықты өтемдеуге қабілетті. Мұнда олардың үлкені $T_{из}$изодром уақытының есебінен, ал азы—$T_п$ алдын алу уақытының есебінен өтемделеді,

Негізгі инерциялықтан өзге БО-де тұрақты уақыттары негізгімен салыстырған кезде, шамалас болатын басқа да көптеген инерциялықтары бар. Басқару процесіне осы инерциялықтардың жиынтық ықпалын бір эквивалентті тұрақты уақытпен бағалауға болады

$$o = \sum_{i=1}^{n} \tau_i,$$

мұндағы τi — аз тұрақты уақыт.

Егер басқару объектісінің құрылымдық сызбасында $T_0 \geq (4...5)\sigma$ тұрақты уақытымен интеграциялайтынын немесе инерциялық звено бар. Болса, онда инерциялық практикалық ықпалы өтпелі кешігу ықпалына эквивалентті, яғни әділ қатынас:

$$e^{-\tau_\varsigma p} = \frac{1}{\sigma p + 1}.$$

Осыдан «таза» кешігу звеносының табыстама функциясының ертеректе белгілі бір талаптарының болуы кезінде а тұрақты уақытпен инерциялық звеноның табыстау функциясы елеулі залалсыз айырбастауға болады.

Динамикалық оңтайландыру. Егер объектінің динамикалық параметрлері мен сипаттамалары белгілі болса, онда басқару контурын динамикалық оңтайландыру тапсырмасы реттегішпен құрылымдалатын басқарушылық ықпалы берілген мәнге реттелетін шама дәл және тезірек (тербеліс туындатпай) қайтуын қамтамасыз еткенде, реттегіш баптауларын осылай таңдауда жатыр.

Егер $y(\tau)$ БО реттелетін шығыс шамасы берілген әсерге тез арада, кешігусіз және тербеліс туындауынсыз ықпал ететін болса ғана реттеудің мінсіз басқару режиміне қол жеткізуге болады, яғни мына талап орындалуы тиіс:

$$\frac{y(\tau)}{x_3(\tau)} = 1 \quad \text{немесе операторлық формада} \quad \frac{Y(p)}{X_z(p)} = 1.$$

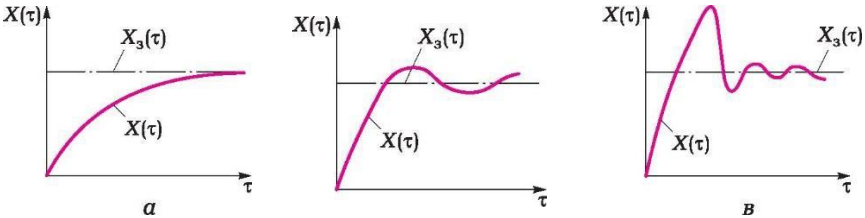
Бұл жағдайда реттелетін шама x_2 әсеріне оның сыртқы ауытқуының өзгерісіне әсер етпеуі тиіс, яғни:

$$\frac{y(\tau)}{x_z(\tau)} = 0 \quad \text{U немесе операторлық формада} \quad \frac{Y(p)}{X_z(p)} = 0.$$

талабы орындалуы керек.

Реттеу контурының осындай мінсіз шарасына қол жеткізуге объектінің инерциялылығы болып табылады.

Динамикалық оңтайландыру кезеңінде келесі тапсырма шешіледі: *өтпелі процестің қабылданарлық сапа көрсеткіштерін алу үшін объектінің инерциялылығын мүмкіндігінше толығырақ өтемдеуді қамтамасыз ететін осындай реттегіштер, динамикалық типтің атаулы басқару объектісі үшін қолдану*.



2.16-**сурет. Реттеу кезіндегі өтпелі процестердің ықтимал түрлері**

Өтпелі процесс сапасын бағалау үшін, реттеу контурында x_3 тапсырмасының сатылы өзгерісі кезінде алынған өтпелі процесс қолданылады.

Тұрақты өтпелі процестердің ықтимал түрлері 2.16, *а... в* суреттерінде көрсетілген. Ұсынылған процестер талдаулары жүйеде тездік әрекетін арттырғанда, тербелісті режим туындау ықпалы артатындығы туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді (2.16, в сур. қар.). Алайда тапсырмаға реттелетін шаманы баяу жақындату дәлелін де қолайлы деп қабылдауға болмайды (процесті ұзарту, 2.16. а сурет қар). Бір берілген мәннен басқаға маңызды қайта реттеу немесе процесті ұзартусыз салыстырмалы түрде тез өтуді қамтамасыз ететін өтпелі процесті есептеген жөн (2.16. а сурет қар).

Әр түрлі өтпелі процестерді және олардың көрсеткіштерінің сандық бағаларын ықтимал салыстыруды қамтамасыз ету мақсатында жеңіл анықтауға тән шамалар орнатылған (2.17 сур. қар.):

- **$т_{р1}$** реттеудің алғашқы уақыты — ауытқу сәтінен реттелетін шама бірінші рет жаңа берілген мәнге бірінші рет жеткен кездегі сәтке дейінгі уақыт;
- **$т_{р2}$** реттеудің аяқтау уақыты — реттелетін шама тапсырма тарапынан енгізге ауытқудан Δx = 2.2,5 % болғанда $2\Delta x$ енінің орнатылған жаңа мәні бар аймақта біржола түскен уақытта осы реттеу процесін аяқталған деп есептеуге болады;
- Δx_{max} қайта реттеу амплитудасы (шама) — қайта реттеуді секірмелі әсердің әрекетімен шартталған реттелетін шаманы толық өзгертуге жатады және $\Delta x_з$. тапсырмаларында өзгеру шамалаларынан пайыздарда өрнектеледі.

Егер өтпелі процесс тербелісті сипатқа ие болса, онда Δx_{max} ретінде тек бірінші жарты толқынды қайта реттеуді қабылдайды.

Реттеу контурын динамикалық оңтайландыру барысында тұйық контурдың тапсыру функциясының модулі ауытқу жиіліктерінің бүкіл спектріндегі бірлікке мүмкіндігінше жылдамырақ жақындауы талап етіледі. Мұндай тәсіл *тұйық жүйенің тапсыру функциясының модулін бірлікке «келтіру» арқылы реттеуіштің икемделуін оңтайландыру* деп аталады.

Іс жүзінде әдетте тапсыру функциялары екі түрлі болуы мүмкін басқару контурларымен жұмыс істеуге тура келеді (2.27):

1) $$W_3(p) = \frac{b_0}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2}; \qquad \textbf{(2.28)}$$

2) $$W_3(p) = \frac{b_0 + b_1 p}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3}, \qquad \textbf{(2.29)}$$

мұндағы $a_0 = b_0$, $a_1 = b_1$, a_2, a_3 — p операторлардың сәйкес дәрежелері барысындағы коэффициенттер **.**

Егер тұйық контурдың табыстау функциясы бүкіл жиіліктер ауқымында бірлікке тең болуы, яғни $W_3(p) = 1$ болуы талап етілсе, онда контурда келесі шарттардың орындалуын қамтамасыз ету керек**:**

$$\boxed{a_1^2 = 2a_0 a_2;} \qquad \textbf{(2.30)}$$

$$\boxed{a_2^2 = 2a_1 a_3.} \qquad \textbf{(2.31)}$$

Оңтайландырудың мұндай шарттарын тек өздігінен тегістелетін объектілерді басқару барысында пайдалану керек. Тұйық контурдың тапсыру функциясын бірлікке келтіру шарттарын дәл орындау тек ***ω***-> 0 жағдайында ғана мүмкін болатыны анық.

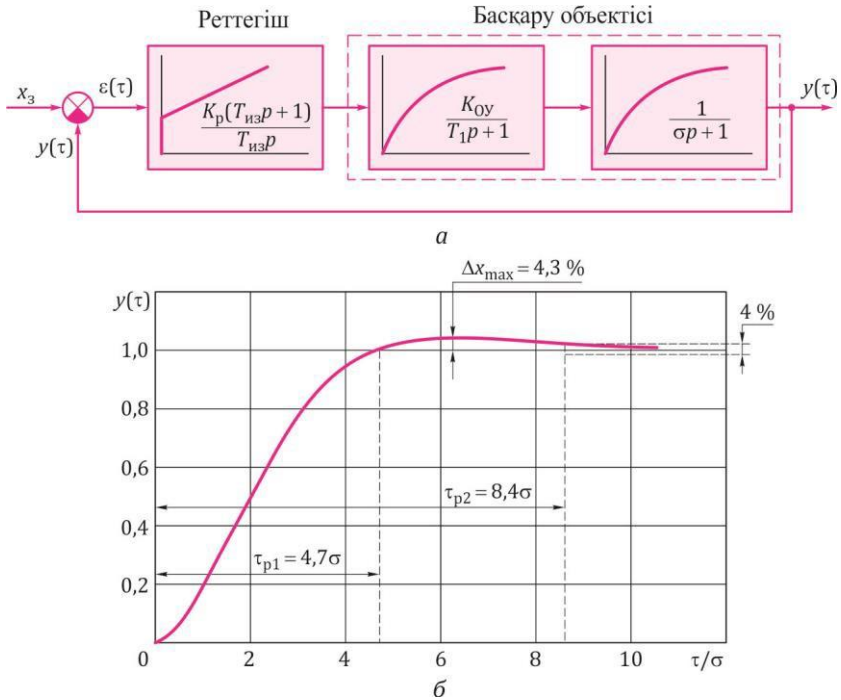
Мысал. Өздігінен тегістелетін басқару объектілерінің инерциялық кешігуін басқару үшін ТИ-реттеуішті пайдаланудың неғұрлым типтік жағдайын қарастырып көрейік. Басқару контурының құрылымдық схемасы 2.17, *а* суретінде келтірілген.

Ш е шім . ТИ- реттеуіші бар ажыратылған контурдың тапсыру функциясын төмендегідей жазуға болады:

$$W_0(p) = \frac{K_{\text{р}}(T_{\text{из}}p + 1)}{T_{\text{из}}p} \frac{K_{\text{ОУ}}}{T_1 p + 1} \frac{1}{\sigma p + 1}.$$

Көбірек инерциялылықты өтеу үшін Г,,. изодромының уақыты Т,, яғни $T_{\text{пз}} = T$, көбірек тұрақты уақытына тең болуы қажет.

Осыны ескерсек, тұйық контурдың алынған табыстау функциясы мынадай түрде болады:



2.17-сурет. ТИ-реттеуіші және БО инерциялық кешігуі бар тұйық контурдың құрылымдық схемасы (а) және тапсыру функциясының модулін бірлікке келтіру әдісі бойынша икемделген контурдағы типтік өтпелі процесс [б]

$$W_{ЗК}(p) = \frac{x_p(p)}{x_3(p)} = \frac{W_0(p)}{1 + W_0(p)} = \tag{2.32}$$

$$= \frac{K_{ОУ}K_p}{K_{ОУ}K_p + T_{ИЗ}p + \sigma T_{ИЗ}p^2} = \frac{K_{ОУ}K_p}{K_{ОУ}K_p + T_1 p + \sigma T_1 p^2}.$$

Табыстау функциясы (2.32) бірінші түрдің контурына жатады. Ауыстыруды орындаймыз:

$$a_0 = K_{ОУ}K_p;\ a_1 = T_1;\ a_2 = T_1\sigma.$$

Модульді бірлікке келтіру шартын, яғни $a? = 2a_0o_2$ қолданайық, сонда K_p шамасының қолайлы мәнін аламыз:

$$T_1^2 = 2K_{ОУ}K_pT_1\sigma \Rightarrow$$

$$K_p = \frac{T_1}{2K_{ОУ}\sigma}.$$

Осылайша, басқару контурының осы түріне арналған ТИ-реттеуішін икемдеу параметрлері төмендегідей түрде болады

$$T_{ИЗ}^{ОПТ} = T_1;$$

$$K_p^{ОПТ} = \frac{T_1}{2K_{ОУ}\sigma},$$

мұндағы $\sigma \approx \tau_3$

Егер енді $W_3(p)$ үшін өрнекке алынған $T_{ИЗ}^{ОПТ}$ және $K_p^{ОПТ}$ оңтайлы мәндерін қойсақ, онда тұйық контурдың тапсыру функциясын аламыз, оның параметрлері басқару объектісінің параметрлері арқылы беріледі:

$$W_{3K}(p) = \frac{\frac{T_1}{2K_{ОУ}\sigma}K_{ОУ}}{\frac{T_1}{2K_{ОУ}\sigma}K_{ОУ} + T_1 p + \sigma T_1 p^2} = \frac{T_1/2\sigma}{\frac{T_1}{2\sigma} + T_1 p + \sigma T_1 P^2} =$$

$$= \frac{1}{1 + 2\sigma p + 2\sigma^2 p^2}.$$

Алынған табыстау функциясы келесі түрдегі тапсырма бойынша ауытқу барысында контурдағы өтпелі процестің дифференциалдық теңдеуін анықтайды:

$$2\sigma^2 \frac{d^2 y(\tau)}{d\tau^2} + 2\sigma \frac{dy(\tau)}{d\tau} + y(\tau) = x(\tau). \qquad (2.33)$$

Бір мәрте секірмелі сигнал кіріске берілген кезде , x, (τ)шығыс сигналының өзгеруі дифференциалдық теңдеудің шешімімен анықталады (2.33). Бастапқы нөлдік жағдайда теңдеудің шешімі (2.33) мынадай болады:

$$h(\tau) = 1 - e^{-\frac{\tau}{2\sigma}}\left(\cos\left(\frac{\tau}{2\sigma}\right) + \sin\left(\frac{\tau}{2\sigma}\right)\right).$$

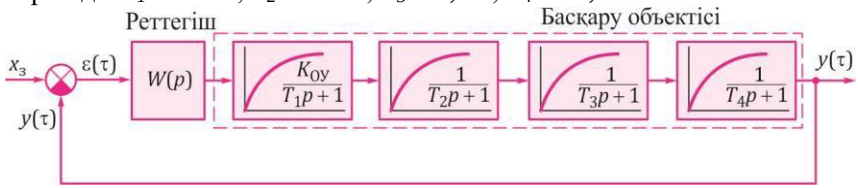
Өтпелі процестің салыстырмалы $\left(\frac{\tau}{\sigma}\right)$ уақыттағы траекториясы 2.17, *б суретте көрсетілген.*

Алынған өтпелі процесс $\tau_{p1} = 4{,}7\sigma$, $\tau_{p2} = 8{,}4\sigma$, $\Delta x_{max} = 4{,}3$ % параметрлері бар нақты әдіске тән болып табылады

ОУ реттеу контурын оңтайландырудың тағы бір мысалын келтіріп кетейік.

Мысал. Құрылымдық схемасы 2.18-суретте келтірілген реттеу контурының құрылымдық және динамикалық оңтайландырылуын қарастырып көрейік

Шешім. Басқару объектісі келесідей параметрлері бар бірінші тәртіптегі бірізді біріктірілген төрт инерциялық звенолармен беріледі: T_1 = 40 с, T_2 = 10 с, T_3= 1,5 с, T_4 = 0,5 с



2.18-сурет. Әртүрлі реттеу заңдарында өтпелі процестің сапа көрсеткіштерін салыстырмалы бағалауына арналған инерциялық объектісі бар реттеу контурының құрылымдық схемасы.

Бұл жағдайда басқару объектісінің табыстау функциясы келесі түрде болады:

$$W_0(p) = \left(\frac{K_{ОУ}}{T_1p+1}\right)\left(\frac{1}{T_2p+1}\right)\left(\frac{1}{T_3p+1}\right)\left(\frac{1}{T_4p+1}\right).$$

Реттеуішті таңдап, оның қолайлы икемдеулерін анықтау керек. Өтпелі процестің соңында қалдық ауытқулар рұқсат етілмейді.

Реттеуіштердің түрлі типтерінің қолданылуын қарастырып, алынған өтпелі процестердің параметрлерін белгілейік.

1. Басқару үшін И-реттеуішті пайдаланамыз. Бұл жағдайда барлық инерциялылықты айтарлықтай шағын деп есептеу керек және интеграциялау уақытының қолайлы мәні $T_И$ мынадай болады: $T_И = 2K_{ОУ}\sigma < 2K_{ОУ}\sigma = 2K_{ОУ}(40 + 10 + 1,5 + 0,5)$. Бұл жағдайдағы бірінші реттеу уақыты $\tau^{И}_{р1} = 4,7 \cdot 52 = 244$ с.

2. Контурдың жылдам әсер етуін арттыру үшін, пропорционалды бөлігін қосып, Т ИД-реттеуішті аламыз. Көбірек инерциялылықты теңгерімдеу үшін ТИЗ = Т1 = 40 с қабылдаймыз. Сонда реттеуіштің икемдеу шамасы K_p былайша анықталады:

$$K_p = \frac{40}{2K_{ОУ}\sigma} = \frac{40}{2K_{ОУ}\cdot 12} = \frac{5}{3K_{ОУ}}.$$

ТИД-реттеуішті пайдаланған кезде, бірінші реттеу уақыты $\tau^{ПИ}_{р1}$ = 4,7σ = 4,7(10+ 1,5+ 0,5) = 56,4 с.

3. Басқару жеделдігін арттыру үшін, дифференци алаушы бөлікті қосып, ТИД-реттеуішті аламыз. ТИД- реттеуішті икемдеу параметрлері мынадай болады: $T_{из}$ = 40 с, $T_П = T_2$ = 10 с. Осындай икемдеулердегі бірінші реттеу уақыты $\tau^{ПИД}_{р1} = 4,7\sigma = 4,7 \cdot 2 = 9,4$ с.

Қосымша дифференциялаушы элементтерді қосқан кезде, ТИД^2 заңын пайдалана отырып, болмашы шаманың басқа тұрақты уақыттарын теңгерімдеу кеңес етілмейді, себебі реттеуіштің параметрлерін тәуелсіз икемдеу өте қиындатылады немесе мүлдем мүмкін болмайды

2.9. ӨЗДІГІНЕН ТЕГІСТЕЛМЕЙТІН БАСҚАРУ ОБЪЕКТІСІНІҢ КОНТУРЛАРЫН ДИНАМИКАЛЫҚ ИКЕМДЕУ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Егер БО динамикалық қасиеттері оның астатикалық қасиеттерін анықтайтын болса, онда объект өздігінен тегістелу қасиетіне ие болмайды, және бір немесе екі ең маңызды инерциялылықтың өтелуі қажетті нәтиже бере алмайды, себебі бұл жағдайда объектінің интегралды буынына реттеу заңындағы интегралды құрамдас қарсы қойылады.

Өздігінен тегістелмейтін БО реттеу контурының динамикалық параметрлерін оңтайландыру тапсыру функциясының модулі бойынша оңтайлау әдісі бойынша емес, *симметриялық оңтайлау әдісімен* жүзеге асырылуы керек. Бұл жағдайда оңтайландырудың басқа шарттарын пайдалана отырып, табыстау функциясы модулінің бірлікке «келтірілуіне» қол жеткізу керек.Аталған шарттарды анықтау үшін, интеграциялаушы буыннан тұратын объектіні және ТИ-реттеуішті пайдалану шартымен бірізді қосылған бірінші кезектегі **инерциялылықтардың біршама мөлшерін қарастырайық. Қарастырылатын контурдың құрылымдық схемасы 2.19, *а суретте*** келтірілген.

Ажыратылған жүйенің тапсыру функциясы:

$$W_0(p) = \frac{K_p(T_{ИЗ}p+1)}{T_{ИЗ}p}\frac{1}{T_0 p}\frac{K_{об}}{\sigma_1 p+1} = \frac{K_p K_{об}}{T_и p(\sigma p+1)},$$

мұндағы $\sigma = \sum_{i=1}^{n} T_i$ (Т, — бірінші кезектегі инерциялылықтардың бірізді

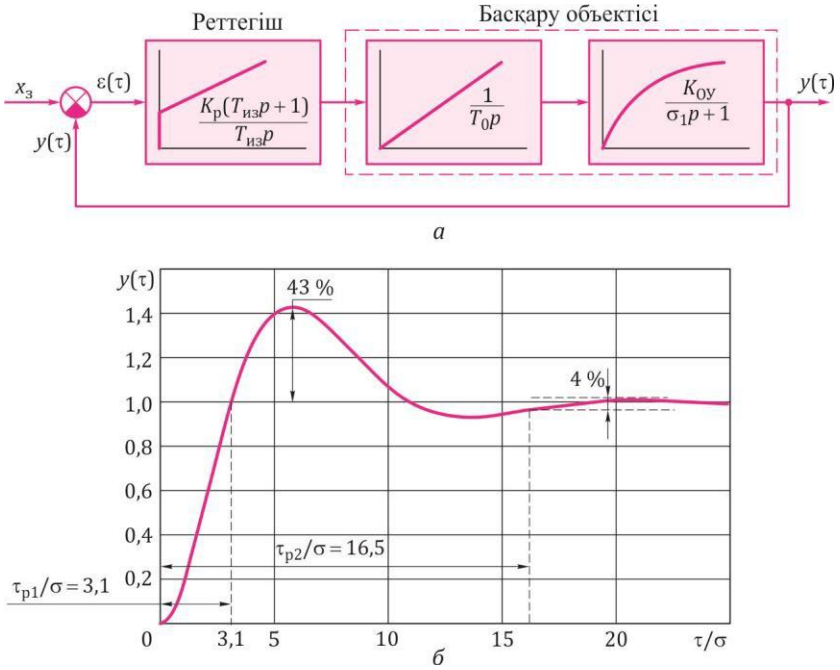
қосылуының 1=1 шағын тұрақты уақыты).

ТИ- немесе ТИД-реттеу заңын қолдана отырып объектіге кіретін барлық инерциялылықтарды өтеу мүмкін емес.

Екінші түрдегі контур болып табылатын тұйық контурдың тапсыру функциясына арналған теңдеу (2.29) теңдеуіне, яғни екінші түрдегі тарату функциясына **сәйкес** келеді:

$$W_3(P) = \frac{y(p)}{x_3(p)} = \frac{W_0(p)}{1+W_0(p)} =$$

$$= \frac{K_p K_{об}(T_{ИЗ}p+1)}{\left(K_p K_{об} + K_p K_{об} T_{из} P + T_{из} T_0 p^2 + T_{из} T_0 \sigma p^3\right)}$$



2.19-сурет. Интегралды қасиеттері бар инерциялық объектіні басқару контуры [а] мен контурдағы өтпелі процестің (б) құрылымдық схемасы

$b_0 = a_0$ және b_1 барысында, $= a_1$, яғни: $a_0 = K_рK_об$; $a_1, = K_рK_обT_из$; $a_2 = T_0T_из$; $a_3 = T_0T_из\boldsymbol{\sigma}$.

$a^2 = 2a_0a_2$ оңтайландыру шарттары бойынша аламыз:

$$K_p^2K_{об}^2T_{из}^2 = 2K_pK_{об}T_{из}T_0, \qquad \text{немесе } 2T_0 = K_{об}K_pT_{из},$$

бұдан

$$K_p = \frac{2T_{об}}{K_{об}T_{из}}. \qquad (2.34)$$

$a_2^2 = 2a$ қ өңтайландыру шарттарынан алатынымыз:

$$T_{из}^2T_0 = 2K_pK_{об}T_{из}T_0T_{из}\sigma,$$

және қайта өзгерткеннен $T_0 = 2K_pK_{об}\sigma$. кейін алатынымыз: .

Қолайландырудың бірінші және екінші шарттарының T_0 мәндерін салыстыра келе, мынадай теңдікке келеміз:

$$K_р K_{об} \frac{T_{из}}{2} = 2K_р K_{об}\sigma \quad н/е \quad \frac{T_{из}}{2} = 2\sigma,$$

бұдан изодром уақыты $T_{из} = 4\sigma$

$K_р$ мәнін $T_{из}$ анықтауға арналған теңдеуге (2.34) қою арқылы алатынымыз.

$$K_р = \frac{T_0}{2K_{об}\sigma}.$$

Егер алынған $T_{из}$ және $K_р$ мәндерін $W_З(P)$ теңдеуіне қоятын болсақ (2.29), онда инерциялық астатикалық объектіні басқаруға арналған ТИ-реттеуішінің икемдеуін пайдаланған кездегі тұйық жүйенің типтік теңдеуін аламыз

$$W_З(P) = \frac{(1+4\sigma)}{\left(1+4\sigma P+8\sigma^2P^2+8\sigma^3P^3\right)}. \qquad (2.35)$$

Тапсыру функциясының алынған теңдеуінен байқалып тұрғандай, симметриялық оңтайлау әдісін пайдаланған кезде, контурдың әрекеті тек σ уақыт тұр ақтыларының жиынтығына ғана байланысты болады.

Параметрлері симметриялық оңтайлау әдісі бойынша оңтайландырылатын контурдағы уақыт ішінде өтпелі процесс траекториясы тапсыру функциясына сәйкес дифференциалды теңдеу шешімінен анықталады (2.35)

$$4\sigma\frac{dx_З(\tau)}{d\tau} + x_З(\tau) = y(\tau) + 4\sigma\frac{dy(\tau)}{d\tau} + 8\sigma^2\frac{d^2y(\tau)}{d\tau^2} + 8\sigma^3\frac{d^3y(\tau)}{d\tau^3}.$$

Осындай типтік теңдеу шешімінің нәтижесінде төмендегідей теңдеумен сипатталатын өтпелі процесс траекториясын аламыз

$$y(\tau) = 1 + e^{-\frac{\tau}{2\sigma}} - 2e^{-\frac{\tau}{4\sigma}}\cos\left(\frac{\sqrt{3}\tau}{4}\right).$$

Теңдеу $x_{p1\,\tau=} = 3{,}1\sigma$, $\tau_р 2 = 16{,}5\sigma$, $\Delta x_{max} = 43$ % параметрлері бар өтпелі процесті анықтайды, ол өздігінен тегістелмейтін объектілерді $y(\tau) - \left(\frac{\tau}{\sigma}\right)$ басқару контурлары үшін тиіптік болып табылады және симметриялық

оңтайлау әдісі бойынша белгіленген икемдеулері бар ТИ-реттеуіші болып табылады. координаттарындағы өтпелі процесс кестесі 2.19, *б суретте* келтірілген.

ТИД-реттеуішті пайдалану бұл жағдайда/$_n$мәндегі ең көп инерциялылықтың орнын толтыруға мүмкіндік $\sigma = \sum_{i=1}^{n} T_i$. береді

Икемдеулері симметриялық оңтайлау әдісі бойынша оңтайландырылған контурға тән Δx_{max} = 43 % қайта реттеу шамасы айтарлықтай көлемді. Бұл алымда $W(p) = 4\sigma p + 1$ табыстау функциясы бар алдын алушы элементтің W4, (τ)тапсыру функциясының болуымен түсіндіріледі, оның болуы себебінен басқару контуры өзгеру шамасына ғана емес x,, тапсырманың өзгеру жылдамдығына да тәуелді.

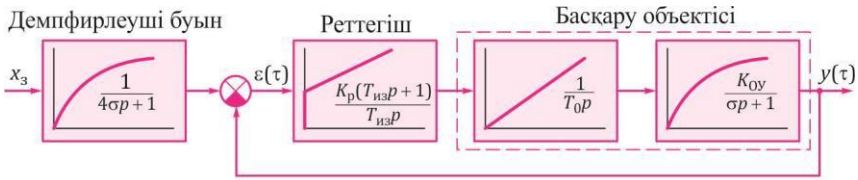
Осындай жағымсыз факторды жою үшін, белгілеуші сигналды

$W_{г.з}(p) = \dfrac{1}{4\sigma p + 1}$ табыстау функциясы бар инерциялық буын

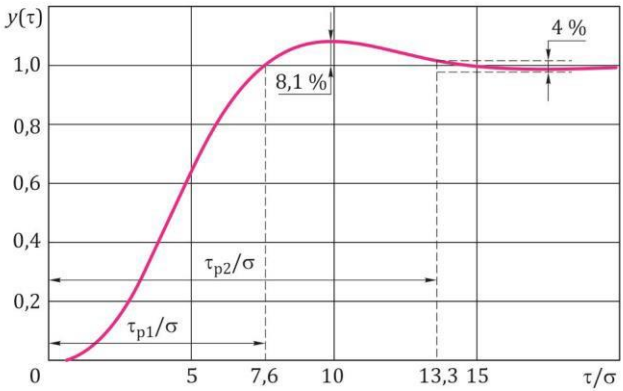
арқылы өткізіп,

$x_з$ белгілеуші әсердің жағымсыз алдын алуын өтеу орынды болады.

Белгілеуші демпфирленген (тегістелген) жағдайда, басқару контурының құрылымдық схемасы 2.20, *а суретте* көрсетілген түрде болады.



а



б

2.20 сурет. Тікелеті демпфирлеуші элементтері бар автоматтық объектіні басқару контурының құрылымдық схемасы [а] және белгілеуші әсерінің демпфирленуімен жүйедегі өтпелі процесс (б)

Реттеу контурының тапсыру функциясын бұл жағдайда келесі түрде келтіруге болады :

$$W_{3Д}(p) = W_{Г.3}(p) W_3(p) = \frac{1}{4\sigma p + 1} \cdot \frac{4\sigma p + 1}{\left(1 + 4\sigma p + 8\sigma^2 p^2 + 8\sigma^3 p^3\right)}.$$

Бұл жағдайда алымның қысқаруы себебінен реттеу уақыты мәнінің τ_{p1} ұлғаюын күту керек. Бұл тапсыру функциясына өтпелі процестің траекториясын анықтайтын дифференциалды теңдеу сәйкес келеді

$$y(\tau) + 4\sigma \frac{dy(\tau)}{d\tau} + 8\sigma^2 \frac{d^2 y(\tau)}{d\tau^2} + 8\sigma^3 \frac{d^3 y(\tau)}{d\tau^3} = x_3.$$

Бастапқы нөлдік шарттарда бұл теңдеудің шешімі келесі түрде болады:

$$y(\tau) = 1 - e^{-\frac{\tau}{2\sigma}} - \frac{2}{\sqrt{3}}\left(e^{-\frac{\tau}{4\sigma}} \sin \frac{\tau\sqrt{3}}{4\sigma}\right).$$

$y(\tau) - \left(\frac{\tau}{\sigma}\right)$ координаталарындағы өтпелі процесс кестесі 2.20, б суретте көрсетілген Өтпелі процесс параметрлері симметриялық оңтайлау әдісі бойынша икемдеулері оңтайландырылған контурға тән мәнге ие болады ($\tau_{p1)} = 7{,}6\sigma$: $\tau_p = 13{,}3\sigma$; $\Delta x_{max} = 8{,}1$ %), және белгілеуші әсердің тегістелуі пайдаланылуы керек.

Басқарудың тұрақтандырушы контурларының икемдеу параметрлерін оңтайландырудың қарастырылған әдістері кепілді түрде тұрақты реттеу режимдерін алуға мүмкіндік береді. Осындай икемдеу параметрлерінде АБЖ тұрақтылық зерттеуі өткізілмейді.

Жиіліктік сипаттама модулін бірлікке келтіру әдісімен реттеуішті икемдеу әдістерінің оңайлығы мен тиімділігі айқын және шынайы жағдайда қолдануға тиімді екендігі сөзсіз, ол басқа әдістермен салыстырғанда, артықшылыққа ие.

3-ТАРАУ

АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТИПТІК ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ТИПТІК ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ПРИНЦИПТЕРІ

3.1. ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛДАР КЕШЕНІ ТУРАЛЫ ТҮСІНІК. АСПАПТАРДЫҢ МЕМЛЕКЕТТІК ЖҮЙЕСІ

Технологиялық процесті басқару оның күйі мен жүрісі туралы алынатын ақпарат негізінде ықтимал. Өнеркәсіптік өндірістің әр түрлі салалардағы технологиялық процестер түрлілігі технологиялық параметрлердің басым саны туралы ақпарат алу қажеттілігін шарттайды. 1970 жылдарың басында зерттеулерді басқару мәселелерінің институты жүргізген осы ақпараттар саласындағы өлшемдерді бағалау бойынша зерттеулер өлшеуге тиесілі кадастр шамасын құруға мүмкіндік берді. Кадастр өнеркәсіп және ауыл шаруашылығы салалары бойынша сегіз топқа бөлінген шамасының 2 мыңнан астам атауларанан тұрады (3.1-кесте).

Кадастр — бұл периодтық құралатын және сәйкес объектілер үстінде үздіксіз қадағалау жолымен мәліметтердің жүйелендірлген жинағы. Ол әр түрлі салалардағы басқарудың технологиялық объектілерін анықтайды. Оларға кеңістік және уақыт, механикалық, электрлі, магнитті, акустикалық, жарықтық сонымен қатар қатар қатыстық шамасы жатады.

Кадастр – өлшеу құралдары – технологиялық процестер датчиктерінің даму номенклатурасының болашағын анықтайды. Өлшенетін технологиялық параметрлер көптүрлілігі олардың жүйелілігі мен унификациясын талап етеді.

Автоматизация техникалық құралдарының және олардың құрылымдық элементтері мен тораптарының номенклатурасын тиімді қысқарту қарапайым функционалды блоктардан бастап, күрделі автоматтандырылған басқару жүйелерін жобалайдан аяқтай отырып, төменнен жоғары салудың агрегатты тәсілімен кезекті қолдану негізінде қол жеткізіледі.

3.1-кесте. Өлшенетін көлем кадарстырының құрылымы

Мөл шер тобы	Мөлшер атауы
Уақыт және кеңістік	Алаң
	Көлем
	Уақыт
	Жылдамдық
	Тездету
	Жиілік
	Жазық бұрыш
Акустикалық	Дыбыстық қысым
	Дыбыс қарқындылығы
Механикалық	Масса
	Тығыздық
	Шекті көлем
	Күш
	Сәт
	Қысым
	Энергия
	Қуат
	Тұтқырлық
	Шығын (көлемді)
	Шығын (жиынтық)
Ядролық реакциялар және радиоактивті сәулелендірулер	Сәулелену мөлшері
	Сәулелену ағыны
Электрлі және магнитті	Ток
	Электр мөлшері
	Электр кернеуі

3.1 – кесте жалғасы

Мөлшер тобы	Мөлшер атауы
Электрлі және магнитті	Электір өрісінің кернеуі Сиымдылық Диэлектрлі өткізгштік Электрлі кедергі Магнитті ағын Магнитті индукция Индуктивтілік Белсенді қуат Қуат коэффициенті Жиілік Магнитті потенциал \ Электрлі магнитті энергия Реактивті қуат Фазалық қозғау бұрышы ТермоЭДС Фаза түрлілігі
Жылу	Температура Жылу мөлшері Жылу сиымдылығы Шекті жылу сиымдылығы Жылу беру коэффициенті Жылу ағыны Жылу өткізгіштік Жылу өткізгіштік коэффициенті Термикалық кедергі
Жарықтық	Жарықтандырушылық

3.1 – кесте жалғасы

Мөлшер тобы	Мөлшер атауы
Жарықтық	Ашықтық
	Оптикалық тығыздық
	Сәуле шағылту және дифракция
	Жарық шашырау
Қатысты	Үйкеліс коэффициенті
	ПӘК
	Өнеркісіп өнімінің құрамы
	Өнім құрамы
	Концентрация
	pH
	Қышқылдық
	Түстілік
	Ылғалдық

Салудың агрегатты қағидатында базаланған аспаптар жүйесін құрылымдаудың ғылыми негізін 1950 жылдардың басында академик В.А. Трапезник анықтаған болатын. 50 жылдардың соңына қарай агрегаттау қағидаттарын қанағаттандыратын және автоматтандырылған өлшеу, бақылау, реттеу және әр түрлі өнеркәсіп салаларында технологиялық процестерді басқару жүйелерін салу үшін арналған аспаптар пен құрылғылар тиімді ұйымдасқан жиынтығын танытатын біртұтас Мемлекттік өнеркәсіп аспаптары мен автоматизациялау жүйесін (МӨЖ) салу мәселесі қалыптастырылды.

1960 жылдары МӨЖ, құрылымын салудың ғылыми негіздері, аспаптар мен құрылғылар сәйкестілігінің қағидаттары жасалды. Сол уақыттар унифицирленген пневматикалық және электрлі аналогті байланыс сигналдарының мәндері негізделіп анықталды. 1990 жылдары МӨЖ стандарттар кешені, соның ішінде МӨЖ салудағы заңды құрылым мен негізгі қағидаттарын бекіткен МемСТ 12997 — 84 «МӨЖ бұйымы. Жалпы техникалық талаптар» әзірленді:

- типті функциялардың шектеулі санына автоматы бақылау, реттеу және басқару функциясының көптүрлілігінің мәліметтер мүмкіндігі;
- техникалық құрылғылардың агрегатты кешені мен аспаптар параметрінің қатарын салу негізінде техникалық құралдары номенклатурасын минималдандыру;
- типтік сәйкестендіру блоктар мен модульдер негізінде техникалық құралдар (аспаптар мен құрылғылар) салу;
- типтік сәйкестендірілген аспаптар мен құрылғылар (блокты-модульді қағидат) негізінде басқарудың күрделі жүйелерін агрегатты салу;
- МӨЖ бұйымы (ақпараттық сәйкесттілік), құрылымлдар мен жалғау өлшеидері (құрылымлдық сәйкестілік), жүйелерде өлшеу тьізбегін тиімді салудың осы негізінде өлшеу және қамтамасыз ету құралдарының метрологиялық сипаттамалары арасындағы алмасу үшін қолданылатын байланыс сигналдарын сәйкестендіру есебінен жүргізілетін жұмыс кезінде МӨЖ аспаптары мен құрылғыларының сәйкестілігі.

Техникалық құралдарды аналогті сәйкестендіру автоматты бақылау, реттеу және басқарудың халықаралық әмбебап жүйелерінің құрамына кіретін басқа елдерде де жүргізілді — ӘБЖ (СТ СЭВ 4702-84).

Барлық МӨЖ бұйымдары техникалық құралдардың агрегатты кешені түрінде шығарылады (агрегатты кешен мағынасында функционалды арналымы бойынша байланысты және жалпы құрылымдық, әрі техникалық сипаттамалары бар бұйымдар жиынтығы түсіндіріледі.)

МӨЖ-не кіретін техникалық құралдар агрегатты кешені жалпы техникалық сипаттамаларға (дәлдік, тез әрекет жасау, сенімлділік, климаттық жұмыс жағдайлары) қойылатын талаптарын регламенттейтін және кіру және шығыс сигналдарының параметрлерін нормалайтын (аналогті - әр түрлі параметрлер мен сандық модуляцияларымен), стандарттарды, құрылымның сәйкестендіретін элементтерін, соның ішінде МемСТ 26032 — 83 «МӨЖ агрегатты кешенінің сәйкестендірілген типтік құрылымының жүйесі. Жалпы техникалық талаптар.» сақтау отырып жасалады.

Агрегатты кешен бұйымы әр түрлі пайдалану талаптарында талап етілген өлшеу диапазонын қамтитын функционалды –параметрлі қатар түрінде жасалады. Осының арқасында сәйкес агрегатты кешенге кіретін атаулы функционалы арналымымен басқа бұйым жасау қажеттігі алынады.

Техникалық құралдардың отандық агрегатты кешенінің мысалдары мына төмендегілер болып табылады: РЕМИКОНТ - реттеуші микропроцессорлы контроллер; КОНТРАСТ; КРОСС — тарататын ашық жүйелер контроллері; ОВЕН.

Техникалық құралдардың шет ел агрегатты кешенінен Siemens фирмасынан шығарылатын Siemens сауда маркасымен шығарылатын өнімдер кеңінен таралады.

МӨЖ құрамына кіретін аспаптар мен құрылғылар сәйкес тілігі үшін келесі сәйкестендіру сипаттамалары қолданылады:

- ақпараттық сигналдар;
- метрологиялық, энергетикалық және конструктивті;
- математикалық және бағдарламалық құралдар.

Мысал. МӨЖ-не кіретін кіріс және шығыс сигналдарының параметрлерін нормалау мәнін түсіндірейік. 0-ден 5 мА дейінгі мәндер диапазоны бар тұрақты токтың сәйкестендірілген сигналдар кеңінен таралды. Егер атаулы техникалық құралдарының агрегатты кешенінде осындай сигнал қабылданған болса, онда бұл өлшейтін параметр мен диапазон түріне байланыссыз оның мәндері (x_{min}... x_{max}) оған 0-ден 5 мА дейінгі тұрақты ток сигналдары диапазонын нормалаушы түрлендіргішінің шығуында сәйкес келетіндігін білдіреді. Осы кезде сигнал 0-ден 2,5 кОм дейінгі диапазондағы нормалаушы түрлендіргіш шығуында жүктеменің кедергісін өзгерту кезінде өзгермеуі тиіс.

Шығуда нормалаушы түрлендіргішті орната отырып, мысалы 1 кОм кедергілі резисторды жалпы диапазонға барлық каналдар бойынша сигналдарды 0-ден 5 В дейін келтіруге және нақты осы диапазонға АСТ жобалау керек.

Сәйкестендіру тогы түріндегі нормалаушы түрлендіргіштерді сигнал мен АӨБ қабылдағыштан бастап бірнеше километрге дейінгі елеулі ара қашықтықта орналастыруға болады. Бұл жағдайда жеткізуші сымдар кедергісі өлшеу дәлдігіне кедергі келтірмейді. Мұндай ықпал 10 км астам ара қашықтықта жою кезінде сезіледі.

Сәйкестендірілген сигналдарды аспап жасау тәжірибесіне енгізу сәйкестендірілген шығыс сигналдар бар датчиктер өндірісінің қажеттілігіне алып келді. Осындай құрылғыларда бір блокта бастапқы өлшеу түрлендіргіші мен нормалаушы түрлендіргішті біріктіреді.

МӨЖ құрылғысын функционалды белгісі бойынша үш топқа бөлуге болады:

- басқару объектісі туралы ақпарат алу үшін арналған датчиктер мен бастапқы;
- басқарушы әсерді қалыптастыру мақсатында ақпарат түрлендіргіші үшін орталық бөлік деп аталатын құрылғы;

■ басқарушы серді іске асыру құрылғысы. МӨЖ құрылғысын құрылымдау МӨЖ аса күрделі құрылғысы аса қарапайым стандартталған блоктар мен модульдердің шектеулі санынан құрылатындығында жатқан бұйымды жасаудың блокты-модульді қағидаты бойынша жүзеге асырылады.

МӨЖ бұйымын салу кезінде осы қағидатты қолдану аспаптарды әмбебап етеді, оларды жасау кезінде құрылымдау элементтерінің рационалды минимумын қолдануға мүмкіндік береді (бөлшектер номенклатурасы қысқарады), аспаптардың өзара алмасушылығы олардың тұтас және жеке буындарында қамтамасыз етеді, көп жағдайларда істен шыққан типтік тораптар мен модульдер айырбастауға алып келетін аспаптардың жөндеуін едәуір оңайлатып, құныны төмендетеді.

Блокты –модульді қағидатты іске асыру жаңа бұйымды әзірлеу және енгізу мерзімін қысқартатын тораптар мен блоктардың маңызды жинағынан жаңа өлшеу және реттеу құралдарын жасауға мүмкіндік береді.

Жоғарыда атап өткеніміздей, МӨЖ техникалық құралдарының номенклатурасы қазіргі уақытта 30%-ы физикалық шама мен технологиялық параметрлер датчиктерін жасайтын 2т мыңнан астам бұйым есептеледі. Жаңа өндіріс, МӨЖ техникалық құралдарының номенклатурасы мен бірінші кезекте датчиктерді қамтитын қолданыстағы басқару жүйелері мен олардың қолдану саласының кеңейтілімінің функциясының күрделілігінің артуымен бірте-бірте кеңейді.

Номенклатураны жетілдіру кезінде негізгі әдістерінің бірі артықшылықты сандар жүйесіндегі базадағы бұйымдардың параметрлік қатарын жасау болып табылады. Параметрлік қатар — қатардың алдыңғы санынан кезектіге өту кезінде басты параметр мәнінің өзгеруі заңдылықтармен анықталатын бір ғана негізгі параметрлері бар бірдей функционалды арналымы бар бұйымдар жиынтығы Артықшылықты сандар жүйесі бойынша МӨЖ бірінші параметрлер қатары болып сәйкестендірілген пневматикалық және электрлі датчиктер қатары болып табылды.

МӨЖ бұйымдарының параметрлік қатарын жасау әдістемесі регламентациялауға олардың санынан басты парметрді ажыратуға және басты параметр бойынша аспаптардың тиімді өлшемдік қатарын орнатуға тиесілі аспаптар мен құрылғылардың негізгі параметрлерін таңдаудан тұрады.

Осы кезде МемСТ 8032 — 84 «Артықшылықты сандар мен артықшылықты сандар қатарына» сәйкес келетін сандық міндері бар

геометриялық прогрессия негізінде салынған қатарлар басым түрде қолданылады.

Қазіргі уақыттары электр өлшеу аспаптарының қысымы, шығын, деңгей түрлендіргіштерінің параметрлік қатары жасалды (геометриялық және басқа кезектілік заңына бағынатын).

Мысал. Келесі сандар кезіктілігінен тұратын R40 қатарын қарастырайық: 1; 1,06; 1,12; 1,18; 1,25; 1,32; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2; 2,12; 2,24; 2,36; 2,5; 2,65; 2,8; 3; 3,15; 3,35; 3,55; 3,75; 4; 4,25; 4,5; 4,75; 5; 5,3; 5,6; 6; 6,3; 6,7; 7,1; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10. (Зер салынған мәндер сонымен қатар R5 қатарына тиесілі.) Қалған мәндер 10 санының тұтас дәрежесінің мәніне қатар санын көбейту кезінде алынады.

Аспаптар өндірісі және оларды пайдалану параметрлік қатар «қоюлығына» қарама-қарсы талаптар ұсынады (қатардағы типтік өлшем санына). Бір жағынан типтік өлшемдерді арттыру аспаптар өндірісін күрделендіреді және олардың құнын арттырады, ал келесі қырынан келетін болсақ – типтік өлшемдер санын азайту бақылау және автоматтандыру жүйесінің дәлдігін төмендетеді және қолданылатын құралдар артықшылығына алып келеді. Осы жерден негізін аспаптардағы өнеркәсіптік өндіріс қажеттілігі, аспаптардың негізгі параметрлерінен қажеттілік пен шығын тәуелділігі, сериялық және басқа да факторлардан құнының тәуелділігі сияқты техникалық-экономикалық деректер жиынтығының талдауының есебін құрайтын МӨЖ бұйымының параметрлік қатарын тиімдендіру міндеті туындайды. Тиімділік критерийі ретінде дайындаушы (өндіруге жұмсалатын шығын) мен тұтынушы (пайдалануға жұмсалатын шығын) мүдделерінің арасындағы қарама-қайшылықты талдау салдары болып табылатын берілген қажеттілікті қанағаттандыруға жиынтық шығын минимумын көрсетеді.

Дайындаушыда аспаптар қатарын қысқартқан кезде, материалдардың едәуір үнемділігіне қамтамасыз ететін игеруге жұмсалатын шығын төмендейді, шығарылатын бұйым сериялылығы артады. Қатар «қоюлығының» артуы тұтынушыда өндірістік процестің регламентін дәл сақтау есебінен үнемділікке алып келеді.

Осылайша, тиімді параметрлік қатарды негізгі параметрлер мен қабылданған критерий мағынасындағы тиімді реттелген техникалық құралдардың функционалды арналымы бойынша бірдей қатар деп есептеуге болады.

Мұнда тиімді параметр қатары геометриялық немесе басқа кезектілік заңына қатаң түрде бағынуы міндетті емес екенін атап өтуге болады. Зерттеулер кейбір бұйымдардың тиімді қатары артықшылықты сандар жүйесі бойынша салынған қатардан елеулі түрде үнемді екендігін көрсетті.

3.2. ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕР ДАТЧИКТЕРІНІҢ АРНАЛЫМЫ, ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ ӘРЕКЕТТЕР ҚАҒИДАТЫ

Электрлік емес шамаларды өлшеу қағидаттары. Өндіріс және өлшеудің кешенді автоматтандыру механикалық, жылу, химиялық, оптикалық және электрлі емес деп айту қабылданған басқа да объектіні басқару (зерттеу) күйін сипаттайтын әр түрлі физикалық шамалар туралы деректер алуымен байланысты. Әсіресе электрлі емес шамасының басым көп саны металлургиялық және химиялық экономика салаларында өлшей және бақылауды талап етіледі.

Өлшеу техникаларын дамыту аса көп артықшылықтары бар электрлік емес шамаларды өлшеудің көптеген әдістерінің арасында мына төмендегілерді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін электрлі әдістерге ие екендігін көрсетті:

- өте аз шамадағы сигналдарды өлшеу мүмкіндігі – электрлік күшейткіштерді қолдану ешқандай басқа тәсілдермен өлшенбейтін сигналдарды өлшеуге мүмкіндік береді;
- өлшеу шамасын ара қашықтықта беру мүмкіндігі, ал ізінше, әрі әр түрлі процестермен қашықтықтан басқару мүмкіндігі;
- өлшеудің жоғары дәлдігі мен жылдамдығы, өлшеу құралдарын пайдаланудағы ыңғайлылық, атқарудағы жеңілдік (жобалау, өндіріс);
- сәйкестендірілген өлшеу қондырғыларын құру мүмкіндігі.

Электрлі емес шаманы (температура, қысым, шығын, жылдамдық) өлшеу кезіндегі кез келген өлшеу құрылғысында энергияның деңгейі, спектрі және түрі бойынша бірнеше өзгерістерге ұшырайтын аспаптың түрлендіргіш тізбегі арқылы өтетін шығу электрлі сигналындағы бастапқы өлшеу түрлендіргішінің көмегімен оның түрлендірілуі орын

алады.

Нәтижесінде талап етілетін өлшем бірліктеріндегі өлшенетін шаманың мәндерін анықтайтын саны (коды) алынады.

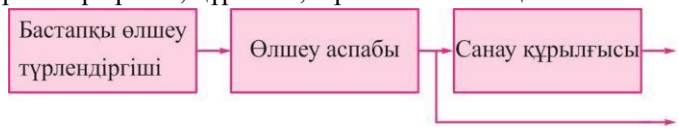
Өлшеу түрлендіргішінің міндетті талаптары - өлшенетін көлемнің сандық мәні туралы ақпараттың шығу шамасында сақталады. Өлшеу түрлендіргіші - кез келген өлшеу құрылғыларын салудың жалғыз тәсілі. Өлшеу түрлендіргіші басқа түрлендіргіштерден ерекшелігі - орнатылған дәлдікпен түрлендіруді жүзеге асыру қабілеті. Өлшеу шамасын қабылдаудан өлшеу нәтижесін алғанға дейін бірнеше кезекті түрлендіруді жүзеге асыратын құрылғы сияқты өлшеу құрылғыларын ұсыну тұжырымдамасы алғашқы рет елімізде М.Л. Цукерман алға тартты және Ф.Е. Темников және Р.Р.Харченко электрлік емес шаманы өлшеуге қолданбалы ретінде біржола құрылымдалды (1948). 1960 жылдары бұл өлшеу техникаларының, аспаптар жасау және метрологияның барлық салаларында көпшілік қабылдаған тұжырымдама болды.

Жалпы жағдайда электрлі емес шаманы өлшеуге арналған құрылғыны 3.1-суретте ұсынылған құрылымдық сызбасын көрсетуге болады.

Санау құрылғысы ретінде электр өлшемін көрсететін аспап қолданылады. Жеке жағдайларда өлшеу нәтижелері сандық формада ұсынылады (кодталады).

Электрлік емес шаманы электрліге түрлендіретін элементті белгілеу үшін «бастапқы өлшеу түрлендіргіші » терминінен өзге «электрлік емес шама датчигі» немесе қарапайым ғана «датчик» терминін қолданады. Шет ел әдебиетінде «sensor» — сенсор ретінде белгіленеді.

Бастапқы өлшеу құралдарына $y = f(x)$ түрлендіру сипаттамасының жаңғырмалылығы мен біртектілігі, уақыттағы тұрақтылығы, зерттелетін объектіге мен тез қозғалыс ділдігі және басқаларының талаптарын ұсынады. Бастапқы өлшеу түрлендіргіштер әрекет, құрылғы, кіріс сигналының



энергия түрі, метрологиялық және пайдалану сипаттамаларының қағидаттары бойынша әр алуан.

3.1-сурет. Электрлік емес шаманы өлшеуге арналған құрылым

Өлшеу түрлендіргіштерінің тізбегі аралық және сәйкестендіргіш өлшеу түрлендіргіштерін енгізеді.

Аралық өлшеу түрлендіргіші алдыңғы түрлендіргішінен өлшеу ақпаратының сигналын алады және оны түрлендірген соң келесі түрлендіргішіне береді. Мысалы, Өлшеу аспаптарында гальваникалық шешу тізбегі - өлшеу аспабының кіріс және шығыс арасындағы тікелей электрлік баланысты жоятын аралық түрлендіргіштер қолданылады.

Сәйкестендірілген өлшеу түрлендіргіші алғашқы өлшеу түрлендіргішінің сигналын нормаланған шығу шамасына түрлендіруге мүмкіндік береді. Мұндай түрлендіргіштерді сонымен қатар нормалаушы деп атайды.

Өлшеу түрлендіргіштерінің негізгі сипаттамалары. Өлшеу түрлендіргіштерінің негізгі сипаттамаларын қарастырайық.

Түрлендіргіштің статистикалық сипаттамасы (функциясы) — бұл аналитикалық және графикалық тұрғыда сипаттауға болатын кіріс сигналының тұрақтыдан уақыт бойынша шығыс сигналына байланыстылығын көрсететін байланыс. Түрлендіргіш сипаттамасының аналитикалық түрінде y = f(x) сызықтық және сызықтық емес байланыстылығы түзіледі. Өлшеу түрлендіргіштері үшін белгіленген және

Өлшеу түрлендіргішіне арналған номиналды түрлендіру функцияларын және түрлендіргіш шынымен де ие болатын нақтылықты (жұмыс) МемСТ-тармен, техникалық талаптармен және басқа да нормативті құжаттармен ажыратады .

Түрлендіргіштердің *динамикалық сипаттамасы* кіріс сигналының өзгерісі кезінде уақыттан түрлендіргіштің шығыс сигналы өзгерісінің байланыстылығын танытады. Түрлендіргіштердің динамикалық қасиеттері түрлендірудің жылдамдығы мен уақыты сияқты түсініктермен сипатталады. *Түрлендіру жылдамдығы* (өлшеу) нормаланған терістікпен орындалған уақыт бірлігіндегі түрлендіру (өлшеу) санымен анықталады. *Түрлендіру жылдамдығы* (өлшеу) – түрлендіруден бастап (өлшеу) нормаланған терістігі бар нәтиже алғанға дейінгі өткен уақыт.

Түрлендіргіш *сезгіштігін* шығыс шаманың кіріс шамасының осы өзгеруіне туындататын ара қатынасын атайды. Сезгіштік $\boldsymbol{S = dy/dx = Ay/Ax}$ түрлену функциясының туындысына тең және түрлену функциясының кез келген нүктесіне қатысты еңіс бұрышының тангенсімен геометриялық тұрғыда өрнектеледі.

Сызықтық түрлендіргіштер үшін сезімталдық тұрақты— $S = \Delta y/\Delta x$ = const, ал сызықтық емес үшін үнемі шығыс сигналының шамасына байланысты болады, яғни S = g(τ) функционалды тәуелділікпен өрнектеледі.

Абсолютті, қатысты және келтірілген түрлендіргіш ***тепістігі*** кіріс және шығыс бойынша анықталады, себебі кіріс және шығыс шамалары әр түрлі физикалық табиғатына ие сонымен қатар осының салдарынан жұмыс түрлендіргішін тексеруге мүмкін болатын өлшеу түрлендіргіші көбіне болмайды. кіріс және шығыс бойынша терістікті анықтау мағынасы. 3.2, ***а.*** сур. түсіндіріледі**.**

Ау шығуы бойынша түрлендіргіштің ***абсолютті тепістігі*** — х-тің көру шамасынлағы бір ғана мәні кезіндегі түрлендіру функциясының y_F айқын және $y_{ном}$ номиналды мәнінің түрлілігі:

$$\Delta y = Y_р - Y_{ном}$$

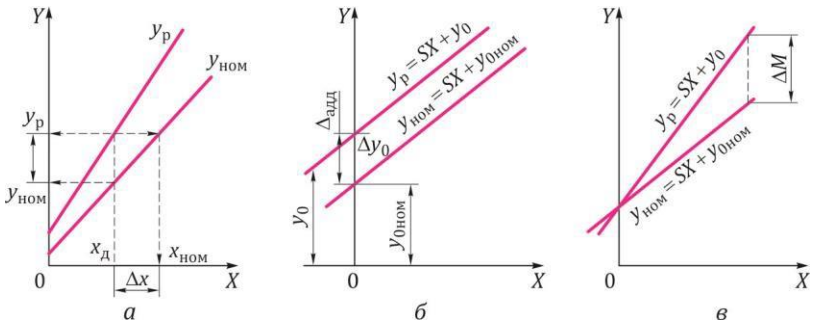
Терістік түрлендіргіштің өзімен жасалады, сондықтан түрлендіргіш терістігінің сәйкес кіріс сигналының мәнін білу керек.

Кіру бойынша түрлендіргіштің абсолютті терістігі:

$$\Delta x = X_{ном} - X_д,$$

формуласымен анықталады.

мұндағы x_Δ — кіріс шамасының нақты мәні; $X_{ном}$ — номиналды функция бойынша анықталатын кіріс шамасының мәні



3.2-сурет. Терістік сызбасы:
а —*X* кіріс және *У* шығыс бойынша; *б* — аддитивті; *в* — мультипликативті

Кіріс және шығыстың *қатысты терістіктері*

$$\sigma_{вых} = \frac{\Delta y}{y_р} \text{ и } \sigma_{вх} = \frac{\Delta x}{x_А},$$

сәйкес теңдігімен анықталады

Кіріс және шығыс бойынша *келтірілген терістіктер* сәйкесінше:

$$\sigma_{пр.вых} = \frac{\Delta y}{(y_{max} - y_{min})} \text{ и } \sigma_{пр.вх} = \frac{\Delta x}{(x_{max} - x_{min})},$$

мұндағы Xmax, ^mim ymax, ymin — түрлендіргіштің кіріс және шығыс шамасының максималды және минималды мәндері.

Түрлендіргіш терістігі түрлендіргіш қасиеттері мен жұмыс талаптарына байланысты (қоршаған орта температуралары мен ылғалдылығы, сыртқы электр және магнит өрісінің және. т.б болуы.) Өлшеу түрлендіргіштерінің дәлдігін нормалау кезінде әдетте қалыпты жұмыс жағдайлары кезінде түрлендіргішпен іске асырылатын түрлендіргіш терістігінің жол берілген мәні (негізгі терістік) мен ықпал ететін белгілі бір өзгерістер кезінде түрлендіру функциясының жол берілетін өзгерістерін көрсетеді.

Тәжірибе жүзінде координата басы арқылы өтпейтін түрлендірудің сызықтық функциясы бар түрлендіргіштер қолданылады (3.2, *б сурет):*

$$y_р = SX + y_о,$$

мұндағы РК — кірістің нөлдік мәні кезіндегі шығу шамасының мәні; *S* — сезгіштік.

y_0 және S ауытқушылығымен туындаған номиналдыдан айқын функция ауытқушылығы кірістің нөлдік мәні кезіндегі шығыс шамасының номиналды емес мәнімен шартталған терістікті *аддитивті* деп атайды*:*

$$\Delta_{адд} = \Delta y_0 = y_0 — y_{оном},$$

мұндағы $y_{0ном}$ — нөлдік мәні кезіндегі шығу шамасының номиналды мәні**.**

Түрлендіру функциясының графигі өзгерген y_0 кезде (3.2, *б* сур. қар.*)* , өз-өзіне ауысады, яғни аддативті терістік кіріс шамасына байланысты болады.

S сезгіштік номиналды мәнімен шартталған терістікті *мультипликативті* деп атайды. Негізгі терістіктің мультипликатьивті құрамдауышын танытатын сезгіштік тірістігі номиналдыға қатысты түрлендіргіштің нақты сипаттамасының көлбеу бұрышының өзгеруіне алып келеді. (3.2, *в* сур.). Осы кезде Ahабсолютті терістік ДМ = = Уо — Уном *x* шығу шамасына байланысты болады. Абсолютті

мультипликативті терістік х кіріс шамасына пропорционалды.

Өлшеу түрлендіргіштерін жіктеу. Түрлендіргштерді әдетте олардың жұмыс қағидаттарына немесе практиакалық қолданылуына байланысты жіктейді.

Арналымы бойынша түрлендіргіштерді бастапқы (датчиктер), сәйкестендіретіндер және аралықтарға ажыратады.

Бастапқы түрлендіргіш бірінші өлшеу тізбегі болып табылады және өзіне сезгіштік элементін (зонд, мембрана) мен шығу электрлі шамасына электрлі емес кіру шамасының түрлендіруге арналған қажетті элементтерін қосады. Датчик біртұтас құрылымға біріктірілген бір немесе бірнеше өлшеу түрлендіргіштерінен тұрады. Датчикке өлшенетін электрлі емес шама (күш, қысым, деңгей, температура және т.б.) тікелей әсер етеді.

Сәйкестендірілген түрлендіргіш датчик пен келісім сызбасынан тұрады, сонымен бірге өлшенетін физикалық шама нормаланған шығу шамасына энергия көздерін қолдана отырып түрленеді.

Тұрақты токтың нормаланған сигналдары 0... ±5 немесе 0... ±20 мА диапазоны аралығында тұрады. Ығысқан нөлді құрылғылары үшін ток диапазоны мына мәнге дейін тарылған: ±1.±5 немесе ±4. ±20 мА.

Шекараларын реттеу қажеттіліктері кезінде ток сигналдары диапазоны төменгі 0 . 5 мА, жоғарғы 12 . 25 мА шегінде жатыр.

Нормаланған ток сигналдары бар құрылғыларда 1 кОм артық емес ішкі кедергісімен әр түрлі аспаптарын қолдануға жол беріледі. Кернеу сигналының нормаланған мәндерінің диапазоны 1 кОм артық емес өлшеу аспаптарының ішкі кедергісі кезінде 0. ±1 және 0. ±10 В құрайды. Жиіліктің шығу шамасы ретінде қолдану кезінде ұсынылатын диапазон 5.25 Гц құрайды. Пневматикалық жүйелерде газдың нормативті қысымы - ол 0,02.0,1 МПа. диапазонында болу керек.

Аралық түрлендіргіш алдыңғы түрлендіргіштен өлшеу ақпаратының сигналын алады және түрлендірген соң кезекті түрлендіргішке табыстайды.

Кіріс шамасынің түрлендіру сипатына қарай түрлендіргіштер сызықтық және сызықтық емес деп бөлінеді.

Сызықтық түрлендіргіштерде кіріс және шығыс шамаларының арасындағы функционалды тәуелділік сызықтық; ал *сызықтық емес түрлендіргіштерде* - сызықтық емес.

Әрекеттер қағидаты бойынша датчиктер генераторлық және параметрикалық болып бөлінеді. Г*енераторлы датчиктердің* шығыс сигналы ЭДС, кернеу, ток немесе мысалы ЭДС термобулар тәрізді өлшенетін көлеммен функцоналды байланысты электр қуаты болып табылады

Генераторлыларға жатқызылады: индукционды, пьезоэлектрлі, термоэлектрлі датчиктер, электрлі химиялық датчиктердің кейбір түрлері және басқалар.

Параметрлі датчиктерде шама электр тізбегінің (R, L, C), мысалы реостатты датчик кедергісінің параметрін пропорционалды өзгертуді туындатады. Параметрлікке жатқызады: резистивті, электромагнитті, жинақы және басқа датчиктер.

Датчиктерің негізгі сипаттамалары типі, өлшенетін шама диапазоны, жұмыс температурасының диапазоны және кіріс және шығыс кедергісінің жалпыланған осы диапазонындағы терістік, жиілікті сипаттама.

3.3. ПАРАМЕТРЛІК ТҮРЛЕНДІРГІШТЕР

Параметрлік түрлендіргіштер жұмысы сыртқы өлшенетін шамасымен туындаған сыртқы әсер кезінде электр тізбегінің параметр өзгерісіне негізделген. Электр тізбегінің параметрлерінің өзгеруіне байланысты түрлендіргіштер *индуктивті, сиымдылықты* және *резисторлыға* (кедергі түрлендіргіштері) бөлінеді.

Параметрлі түрлендіргіштерден өлшеу құралдарының ішінде *кедергі түрлендіргіштері* кеңінен таралған. Өткізгіш кедергісін өзгерту әр түрлі сыртқы әсерлер кезінде орын алуы ықтимал. Өнеркәсіптік өндірісте электр тізбегінің кедергісі сәуле шығару, температура, ығыстыру, механикалық кернеу және т.б. әсерімен өзгергендіктен, түрлендіргіштер кеңінен қолданылады. Резисторлы түрлендіргіштерінің кеңінен таралған типтерінің қолданылуын қарастырайық: *жылылық, реостатты, тензорезисторлы* және *бейнеэлектрлі.*

Жылылық түрлендіргіштер қоршаған ортамен жылу алмасуының жүзеге асыратын үлкен температуралық коэффициенті бар тогы бар өткізгішті немесе жартылай өткізгішті танытады.

Жылу алмасуының бірнеше тәсілі бар: конвекция, ортаның жылуөткізгіштігі, өткізгіштің өзінің жылу өткізгіштігі, сәулелену.

Қоршаған ортамен өткізгіштің жылу алмасу қарқындылығы келесі факторларға байланысты:

- газды немесе сұйық ортаның жылдамдығы;
- ортаның физикалық қасиеттері (тығыздық, жылу өткізгіштікті, тұтқырлық);
- орта температурасы;
- өткізгіштің геомертикалық өлшемдері.

Өткізгіш температурасының тәуелділігін, ізінше, тізімделіп көрсетілген факторлардан оның кедергісін газды немесе сұйық ортаны сипаттайтын электрлі емес әр түрлі шаманы өлшеу үшін қолдануға болады — температуралар, жылдамдықтар, концентрациялар, тығыздықтар (вакуум).

Жылу түрлендіргіші болып электр кедергісінің жоғары және тұрақты температуралық коэффициенті бар өткізгіш қызмет етеді. Осы талаптарды негізінен химиялық таза металдардан жасалған өткізгіштер (платиналар, мыстар, никель және басқ.) қанағаттандырады, себебі олардың басым көпшілігі 1 °С - 0...100 °С температура аралығында 0,35-тен 0,68 %-ға дейінгі оң температуралық коэффициентіне ие.

Кеңінен таралған жылылық түрлендіргіштерінің бірі – температура өлшеу үшін қолданылатын *кедергі термометрлері.* Сезгіш элементтің қолданылатын материалына байланысты (негізінен мыс пен платина) оларды 50М, 100М, 50П, 100П градустарындағы платиналық кедергі термометрлері (ПКТ) және мысты кедергі термометрлеріне (МКТ) бөледі. 50 және 100 сандары 0 °С кезіндегі сезгіш элемент кедергісін білдіреді, М және П әріптері— кедергі термостатының материалы — сәйкесінше мыс пен платина .

Температура өзгерген кезде, термометрлердің электр кедергісі градусталған деректермен және жуық формуламен анықталады:

$$R_{\tau} = R_{0}\,(1 + \alpha t), \qquad (3.1)$$

мұндағы R_t —термометр кедергісі, Ом; R_0 — 0 °С кезіндегі термометр кедергісі; а — температуралық коэффициент (мыс үшін а = = 4,3- 10^{-3} K^{-1}).

Мыс термометрінің құрылымдық сезгіш элементі пластмассалы каркасына оралып, 0,05.0,1 мм қалыңдықтағы оқшауланған мыс сымды білдіреді. Сымды каркасты лакпен жабады және жұқа қабырғалы болат гильзаға орналастырады.

Каркас типінен өзге платиналық термометр кедергілерінің сезгіш элементтерін дайындау кезінде басқа да құрылымдық шешімде

қолданылады. Мысалы, артықшылығы шағын габариттілігі, төмен инерциялылығы мен жеткілікті түрдегі тұрақтылығында болатын күміс шығыстарымен керамикалық каркаста тозаңдатылған жұқа қабықты пластиналы сезгіш элемент.

Қазіргі уақыттары әр түрлі металдар тотығының қорытпасынан жасалған жартылай өткізгішті терморезисторлар (термисторлар) қолданылады: мыс, кобальт, магний, мырыш және басқ. Түрлендіргішті дайындау процесінде нәтижесінде оксидтер кішкене шар, бағанша немесе шайба түрінде тығыз массаға айналатын жоғары температурада күйдіреді. Кейін оған электродтар тозаңдалып, мыс сымнан жасалған өткізгіш дәнекерленіп жалғанады. Сыртқы әсерлерден қорғау үшін, термистордың сезгіш элементін бояумен жауып, герметикалық металл корпусқа орналастырады немесе әйнекке дәнекерлейді.

Температуарсы артқан кезде, термисторлар кедергісі азаяды. Темпетарурадан кедергі тәуелділігі:

$$R_{\tau} = Ae^{в/m},$$

формуласымен көрінеді.

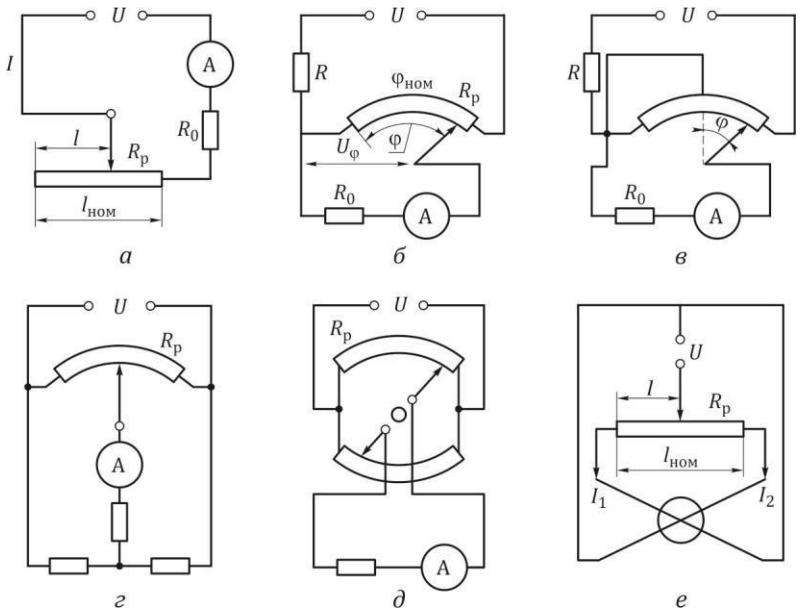
мұндағы А — термистор материалына, оның өлшемі мен формасына тәуелді болатын тұрақты; *В* — жартылай өткізгіштердің физикалық қасиеттеріне байланысты тұрақты; *Т* —түрлендіргіштің абсолютті температурасы.

Дермисторлар құндылығы өте жоғары (кері) температуралық кедергі коэффициентінде (1 °С-ге 2,5... 4%), жоғары сезгіштік, алты –он есе асатын металды терморезисторлар сезгіштігі, аз жылылық өткізгіштігі және инерциялылығы.

Кемшіліктері температурадан олардың кедергісіне, үлкен шашылымда сызықтық емес тәуелділігінде және бір үлгіден басқаға сипаттамасының тұрақсыздығында жатыр.

Реостатты түрлендіргіш (3.3, *а... е сур.)* өлшенетін электірлі емес шама әсеріне орналасатын реостат, қозғалтқышты танытады. Ізінше, реостатты түрлендіргіштердің кіру шамасы электрлі емес шамамен өлшенетін механикалық байланысты реостат қозғалысына, ал шығу шамасы - белсенді кедергіге ауысу болып табылады.

Конструктивті реостатты түрлендіргіштер каркасқа оралған сыммен де, сонымен қатар реохорд типтімен де орындайды. Сым матариалы ретінде нихром, манганин, константан және басқалар қолданылады.



а — кезекті қосылуымен; *б... д* — кернеуді ұзартқыш схемасы бойынша; *е* — логометрді қолданып;

Жауапты жағдайларда тозуға бекем контактілі беттерге қойылатын талаптар жоғары немесе контактілі қысым өте аз болғанда иридий, палладий қосылған платина қорытпалары пайдаланылады. Реостат сымы көршілес орамдардан оқшаулау үшін немесе эмальмен, немесе тотық қалыңдығымен жабылуы тиіс. Қозғалтқыштар 0,003.0,005 Н контактілі қысымымен немесе 0,05.0,1 Н күшейткішімен пластиналық (күмістен, фосфорлы қоладан) контактілі сымды (платина және иридий құймасының екі-үш сымынан жасалған) болып келеді.

Электрі емес шамаларды өлшеу үшін, реостатты түрлендіргіштер қолдану кезінде өлшенетін электрлі емес шамасынан сілтеуіш ауытқу бұрышының сызықтық тәуелділігін алу міндеті жиі туындайды. Осындай жағдайларда каркас бойына сызықтық емес кедергі тарата отырып, функционалды реостатты түрлендіргіштер қолданылады. Кедергіні осылай таратуды мысалы, каркас биіктігін өзгерте отырып,

3.3-**сурет. Реостатты түрлендіргішті қосу сызбасы**

тұрақты кедергілермен сызықтық реостат бөлігін тұйықтап, өзгермелі

адыммен орауды әр түрлі диаметрдегі сымдармен немесе әр түрлі шекті кедергілер және т.б. каркастың жеке учаскелерінің орауын қолданып қол жеткізеді**.**

3.3, *а* суретте келтірілген сызбалар үшін реостатты түрлендіргіші бар аспаптар жасау нұсқаларын қарастырайық . I ток күшін формуламен көрсетуге болады,

$$I = \frac{U}{R_0 + R_p\left(1 - \frac{l}{l_{НОМ}}\right)},$$

мұндағы *U* — кіру кернеуі; *1* —өлшенетін шаманың ағымдағы мәніне сәйкес келетін қозғалысты ауытқыту; $1_{ном}$ — $R_p = 0$ сызықтық реостатының кедергісі кезінде номиналды ауытқушылық; R_0 —санау құрылғысының кедергісі.

Егер қозғалтқыш ауытқушылығы бұрыштық болса, онда *1* және $1_{ном}$ орнына *1* және $1_{ном}$ φ және $\varphi_{ном}$ қабылдаған жөн.

(3.2) көріп тұрғанымыздай, қозғалтқыш ауытқушылығы бар ток байланысы сызықтық емес болады, сондықтан да. 3.3, *а,* суретте бейнеленген тізбекті сирек қолданады.

3.3, *б,* суретте көрсетілген тізбекте реостатты түрлендіргіш кернеу қозғалтқышының схемасы бойынша қосылған. Түрлендіргішпен құрылымдалатын $и_ф$ кернеуінің шамасы

$$U_\varphi = \frac{U\left(\varphi / \varphi_{НОМ}\right)}{\frac{R}{R_0} + 1 - \frac{\varphi / \varphi_{НОМ}}{1 + R_0 / \left(R_\delta \varphi_{НОМ} / \varphi\right)}}. \qquad \textbf{(3.3)}$$

формуласы бойынша анықталады.

$\varphi_{ном}/\varphi$ мүшесінің бөлгіші болуы φ ауытқушылығынан ***Uφ*** кіру кернеуіне байланысты сызықтық емеске алып келеді. Алайда R_0 санау құрылғысының (зорайтқыш арқылы қосылған сілтегішті қолданған кезде, өте көп кедергісі кезінде) бұл мүше нөлге тең болады және U_φ шығу кернеуі мен φ бұрышы арасындағы байланыс сызықтық болады және формуламен анықталады.

$$U_\varphi = \frac{U \varphi / \varphi_{НОМ}}{\frac{R}{R_\delta} + 1}. \qquad (3.4)$$

3З , в, *г,* сур. ұсынылған электрлі тізбектер сызықтық еместігімен сипатталады, алайда екі жақты шкаласы бар сілтеуішті қолданған кезде нөлден екі жақтың да өлшенетін шамасының ауытқушылығын анықтауға мүмкіндік береді. 3.3, g суретте сызба бойынша түрлендіргіш қосылған кезде, сызықтық еместік елеусіз.

Сілтеуіш ретінде логометр қолданылған 3.3, е, суретте көрсетілген аспап көрсеткіш қорек көзі кернеуінің тұрақтылыған белгілі бір дәрежеде байланысты емес, себебі логомтер ауытқуы токқа қатысты функциялар болып табылады, ізінше қозғалтқышты жылжыту 1, яғни логометр нұсқарының ауытқу бұрышы функция болып табылады.

$$\gamma = f_1\left(I_1/I_2\right) = I_2\left(R_1/R_2\right) = f\left(l\right),$$

яғни осы тізбектегі 1-ығыстырудан I_1 және I_2 ток айырмашылығы сызықтық емес. Алайда логометрдің өлшеу механизмдерінің полюстік ұштықтары мен өзегінің формасын өзгерте отырып, $y = f_1(I_1/I_2)$, тәуелділігінің қажетті түрін, ал ізінше өлшеу құрылғысынан $y = f(1)$ талап етілген шкала сипатын алуға болады.

Реостатты түрлендіргіштер деңгей, тездету, ығыстыруды өлшеу құрылғыларында және ығыстыру шамасы 0,005...0,5 м шегінде жатқан басқа құрылғыларда кеңінен таралды.

Тензорезисторлы түрлендіргіштер жұмысының негізінде қысу-созу деформациясы кезінде өткізгіштердің белсенді кедергісіне негізделетін өзгертуде тензоэффекті құбылысы жатыр. Өткізгіш деформациясы кезінде оның 1-ұзындығы және S көлденең қиылысы; кристалды торлар деформацияланған кезде, р шекті кедергісі өзгереді. Бұл өзгерістер өткізгіш кедергісінің өзгеруіне алып келеді:

$$R = \frac{\rho l}{S}. \qquad \textbf{(3.5)}$$

Материал тензоэффектісінің маңызды сипаттамасы - өткізгіш ұзындығының өзгеруіне кедергі өзгеруінің қатысы ретіне анықталатын $S_{кат}$ сезгіштігіне қатысты коэффициенті

$$S_{отн} = \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_l},$$

мұндағы $\varepsilon_R = \Delta R/R$ — сым кедергісінің қатысты өзгерісі; $\varepsilon_L = \Delta 1/1$ — сым ұзындығының қатысты өзгерісі.

Тензотүрлендіргіш материалдарына келесі талаптар қойылады:

- S^ қатысты сезгіштік коэффициентінің үлкен мәні ықтимал;

- кедергінің температуралық коэффициентінің аз ғана мәні; себебі түрлендіргіш қызуы жұмыс өзгерісіне шамалас оның кедергісін туындатуы мүмкін және сәйкесінше темпеатуралық терістікке алып келеді;
- түрлендіргіштің габаритті өлшемдерінің азаюы үшін қажет болатын жоғары шекті кедергі.

Тензорезисторлар дайындау үшін негізінен константан, нихром, манганин, никель, хромель, висмут, титанды алюминий құймасы және жартыла өткізгішті материалдар (германий, кремний және т.б. қоспалары) қолданылады.

Қазіргі уақыттары сымды, фольгалы, пленкалы және жартылай өткізгішті тензорезисторлар қолданылады.

Бейнеэлектрлі түрлендіргіштер (бейнеэлементтермен) шығыс сигналы түсетін жарық ағынына байланысты өзгеретіндерді атайды. Бейнеэффект құбылысын ғалым А. Г. Столетов (1888) ашқан болатын. Бейнеэлектрлі түрлендіргіштердің үш типін ерекшелеп көрсетеді: бейнеэлементтер сыртқы бейнеэффектімен, ішкі бейне эффектісі бар бейнеэлементтер және бейнегальваникалық түрлендіргіштер. Қазіргі уақытта *ішкі бейнеэффектісі* (фоторезисторлар) және бейне*гальваникалық* (фотодиодтар және бейнетранзисторлар) бар жартылай түрлендіршішті бейне*электрлі* түрлендіргіштер кеңінен таралды. Ішкі бейнеэффект заттек ішінде еркін қалатын атомдардың электронды орбитінен жарық квантымен соғылған еркін электрондар пайда болуында жатыр. Электрлі кедергіні эквивалентті төмендету материалындағы еркін электрондар пайда болуы. Бейнерезисторлардың жоғары сезгіштік және сызықтық вольт-амперлі сипаттамасы (ВАС) бар, яғни олардың кедергісі салынған кернеуге байланысты емес. Қараңғы кедергісі, сезгіштік, және инерциялыққа температура ықпал етеді. Температулық терістікті төмендету үшін көпірдің іргелес бөлігіне бейнерезисторларды қосуға ұсыныс айтылады. Ішкі бейнеэффект селен (Se), қорғасын сульфиді (PbS), кадмий сульфиді (CdS), кадмия селениді (CdSe) және басқ. Жартылай өткізгіштерде қатты көрінеді. Жарық күшіне байланысты бейнерезистормен жарықтандырылған электрлі кедергі 100 Ом-нан 1 кОм дейінгі шектерде өзгереді.

Спектральді сезгіштік материал таңдаумен анықталады. Осылайша, CdS спектірлің жасыл саласында максималды сезгіштікке ие, сондықтан әсіресе өлшегіш жарықтанлырылуы үшін жарамды. Осыған қарама-қарсы CdSe спректральді сезгіштігінің максимумы шеткі салада, ал PbS/PbSe-легі бейнерезисторлар — спектрдің инфрақызыл саласында тұр.

Фоторезисторлар қолдану мүмкіндігінің әр түрлілігін қамтамасыз ететін әр түрлі конструктивті шешімдерде шығарады. Бейнерезисторлар құндылығы кей уақыттар күш салмай өтуге болатын, төмен температуралық коэффициентте, шашырап таралудың салыстырмалы түрдегі басым қуатында (0,6...0,7 Вт); жарамдылық мерзімінің шектеусіздігінде және жеткілікті тұрақтылығында сезгіштіктің жоғары шектілігінде (7 000 мкА/(лм-В) дейін) жатыр. Осы бейне элементтер кемшілігіне едәуір инерциялылық пен салыстырмалы түрдегі жоғары шуыл деңгейін жатқызуға болады.

Фотоэлектрлі түрлендіргіштер Қазіргі уақытта әр түрлі электрлі емес шамаларды өлшеу үшін кеңінен қолданылады - денені жылжыту, бет сапасы, айналыс жылдамдығы ерітінділер концентрациясы және т.б.

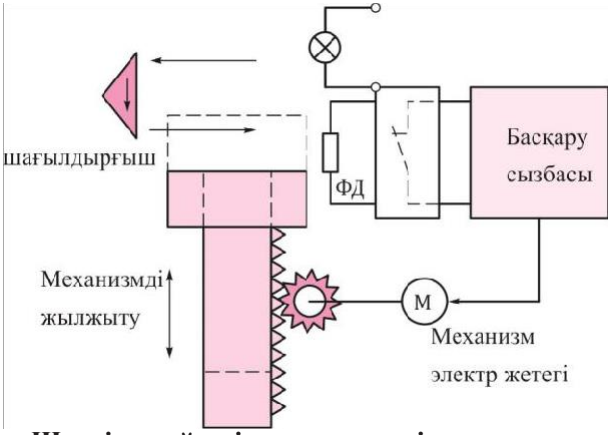
Қарапайым бейнэлектр датчиктерінің оптикалық сызбасының үш негізгі өзге түрі бар: 1) жарықтандыруға жұмыс; 2) кері шағылыс; 3) сәуле шағылысы.

Жарықтандыруға жұмыс жүргізетін датчиктерде қабылдағыш пен сәуле таратқыш бір біріне қарама-қарсы орналасқан. Осылайша жарық ағыны сәуле таратқыштан тікелей қабылдағышқа түседі. Объектінің күйі оның сәуле таратқыштан қабылдағышқа жапқанында анықталады (жарық бөгеті құрылады). Датчиктердің өзара орналасуын баптау сәуле таратқыштан түскен жарықтың максималды санының қабылдағышқа түсуінде жатыр. Бұл сәуле таратқыш пен қабылдағышты бір-біріне қарама-қарсы орналастырған кезде, соңғысының жарығы қабылдағыштың көру алаңының ортасына түседі.

*Кері көрініс*те іске қосылатын датчиктер сәуле таратқыш пен қабылдағыш сызбасының бір корпусында бар. Жарықтық сәуле таратқыштан кері шағылысқа дейін таралады және қабылдағышқа түседі. Кері шағылыстырғыштың басым көпшілігі текше бұрышынан түзілген басым көп шағын призмалардан орындалған. Жарық сәулесім призмаға түскен кезде, үш беттен параллельді түсетін сәулеге кері бағытта сәуле шағылысады және шағылысқан сәуле қабылдағышқа түседі. Басқа сөзн айтқанда кері шағылыстырғыш оның түсу бағытынан сәуле шағылыстырады.

Мысал. Шеткі күй механизміне қол жеткізу сәтінен бастап бақылау үшін бейнеэлектрлі ұштық ажыратқыштар әрекеттерінің қағидаттарын қарастырайық.

Шеткі күйге қол жеткізу бейнеэлементке шағылыстырғыштан түсетін жарық ағынының жабыны бойынша анықталады.



3.4 -сурет. Шеткі күйдегі механизмнің тоқтау сызбасына бейнедатчикті (ФД) қолдану

3.4-суретте механизмді тоқтатуға арналған бейнеэлементті қолдану қағидаты көрсетілген. Осындай қағидатта объектілер болуына кеңістіктің белгілі бір аймағында бақылау жүйесі негізделген. Атаулы сызба кері таралу қағидаты бойынша да, жарықтандырылуға да жұмыс істеуге болады.

Таралған шағылысқа іске қосылатын фотоэлектрлі датчиктер (ФД) объектіден датчиктің өзіне сәуле таратудан шағылысу бойынша датчик алдында орналасқан объектіні табады. Сәуле таратқыштан түсетін жарық беттерге түседі және сәулелену объектісін бетінен сейіліп тараған біршама үлесі датчик қабылдағышына түскендіктен, әр түрлі бұрышта көрінеді. Таралған шағылысымен жұмыс схемасы сәуле таратқыштан жарықтың аз ғана бөлігі қабылдағышқа түсетіндіктен, соншалықты тиімді емес. Ашық ақ түсті объектіден іске қосылу диапазоны қараға қарағанда, едәуір артық.

Сиымдылықты түрлендіргіш өлшенетін электрлі емес шаманың әрекетімен өзгеретін конденсатор, сиымдылықты танытады.

Сиымдылықты түрлендіргіш ретінде

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{\delta}, \qquad (3.6)$$

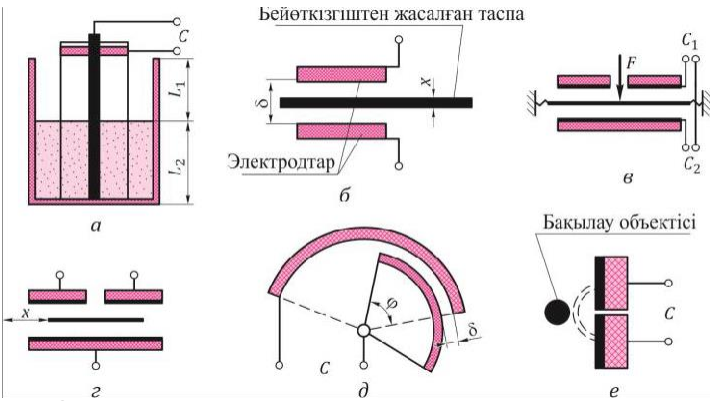
формуласымен өрнектеуге болатын жазық конденсатор, сиымдылық қолданады.

мұндағы ε_0 — тұрақты диэлектрлі ($\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м); ε — конденсатор қоршауларының арасында ортаның қатысты диэлектрлі өткізгіштігі, Ф/м; *S* — қоршау алаңы, м^2; 5 — қоршау арасындағы ара қашықтық.

Өлшенетін электрлі емес шама осы параметрлердің кез келгенімен функционалды болатындықтан, сиымдылықты түрлендіргіш құрылғысы қолданылу саласына байланысты әр түрлі болуы мүмкін (3.5, *а*... е сурет). Сұйық және сусымалы дене деңгейін өлшеу үшін, цилиндр немесе жазық конденсаторларды; шағын жылжытуларды, тез өзгеретін күш пен қысымды қоршаулар арасында ауыспалы саңылауы бар дифференциалды сиымдылықты түрлендіргіштер қолданады.

3.5, *а* суретте сиымдылықты деңгейөлшегіш көрсетілген. Осындай түрлендіргіштегі С сиымдылығы деңгей функциясы деп аталады және параллель жалғанған екі конденсаторлар сиымдылығы ретінде анықталады. Олардың бірі (Q) электрод бөлігімен және диэлектрмен - деңгейі өлшенетін Sj диэлектрлі өткізгішті сұйықтығы бар диэлектрлі өткізгіштігімен, ал басқасы (C_2) электродтардың қалған бөлігімен және диэлектрикпен - e_2. Диэлектр өткізгіштігі бар ауамен түзілген. Сиымдылықты деңгейөлшегіш формасы сыртқы және ішкі цилиндр үшін ***R**j* және ***R*2** радиусымен әдетте цилиндрлі болғандықтан, сиым дылық формуламен анықталады.

$$C = C_1 + C_2 = \left[L_2 \varepsilon_2 + L_1 \varepsilon_1\right] \frac{2\pi}{\ln\left(R_1/R_2\right)}.$$



3.5-сурет. Сиымдылықты түрлендіргіштерді қолдану нұсқалары (а... е)

Сиымдылықты қалыңдық өлшегіш (3.5, б сурет.) диэлектриктен шығатын таспа (резеңке, полиэтилен және т.б.) қалыңдығын өлшеу үшін қызмет етеді. Таспаны қоршаулар арасына жүргзеді және оның қалыңдығына байланысты электрод арасындағы кеңістіктің диэлектрлі өткізгіштігін өзгертеді.

Сиымдылықты формуласымен көрсетуге болады

$$C = \frac{S}{\frac{\delta - x}{\varepsilon_0} + \frac{x}{\varepsilon_A}},$$

мұндағы δ — саңылау ені; *x* — таспа қалыңдығы; $\varepsilon_д$ — таспаның диэлектрлі өткізгіштігі.

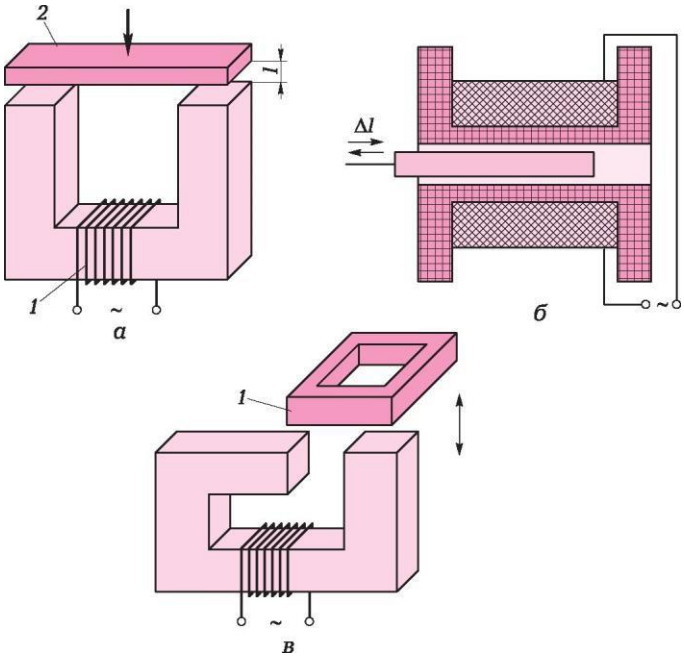
3.5, *в* сур. сиымдылықты сиымдылықты күш өлшегіш көрсетілген. Орташа қоршау серіппелерге бекітілген және өлшенетін F күші әсерімен параллельді жылжымайтын қоршаулармен жылжиды. Осы кезде қоршаулар арасындағы саңылау өзгереді және сәйкесінше C_1 сиымдылықты кішірейін, C_2 сиымдылығы ұлғаяды.

Жылжуларды өлшеу үшін, 3.5, *г* суретте көрсетілген сиымдылықты жылжуды өлшегіш қолданылады. Жылжымалы электрод өзгеріссіз саңылауымен бойына жылжиды. Осы жағдайда сиымдылық жабатын қоршау алаңына пропорционалды.

3.5, д суретте *білік бұрылысының бұрышын өлшеу үшін* сиымдылықты түрлендіргіш құрылғысы бейнеленген. Өлшегіштің жылжымалы қоршауы білікке қатты бекітілген және қоршаулар арасындағы саңылау өзгеріссіз қалатындықтан, қатысты түрде қозғалыссыз ауысады, ал қоршаудың жабын алағы, ізінше, түрлендіргіш сиымдылығы өзгереді.

3.5, *е* сур. объектідегі сиымдылықты датчик әрекетінің қағидаты көрсетілген. Объектінің әрекет ету аймағына кірген кезінде қоршаулар мен сәйкесінше сиымдылық арасында ортаның диэлектрлі өткізгіштігі өзгереді. Сиымдылықты өзгерту сигналы жұмыс датчигінің аймағында объектінің болуы туралы куәлік етеді.

Индуктивті түрлендіргіш электр тізбегінің индуктивтілігі мәнінлегі өлшенетін (механикалық) шаманың мәнін түрлендіреді. Магнитті сым элементтерінің өзара қатысты жылжытылуы кезінде өзгеретін индуктивтілік шарғысын, толық кедергіні танытады. (3.6, *а*... в сурет). 3.6, *а* сур.шамасы *P* өлшенетін шама (жинақталған күш, қысым, сызықтық жылжу) әрекетімен өзгеретін *l* ауа саңылауы бар кең таралған түрлендіргіш, ал осыдан кейін - магнитті тізбектегі және білікке кигізіліп, айнымалы ток тізбегіне қосылған шарғы индуктивтілігіндегі магнитті кедергі кескіндеген.



3.6-**сурет. Индуктивті түрлендіргіштердің өзге түрі:**
а — с ауа саңылауымен өзгеретін *(1* — қошау; *2* — білік); *б* — магнит тізбегімен ажыратылған; *в* — қысқаша тұйықталатын жылжымалы ораумен *(1* — қысқаша тұйықталған орау)

L шарғысының индуктивтілігі формуласы бойынша анықталады.

$$L = \frac{\omega^2}{R_м} \quad \text{н/е} \quad L = \frac{\omega^2}{R_{м.ст} + R_S} = \frac{\omega^2}{R_{м.ст} + \frac{2l}{\mu_0 S}},$$

мұндағы Ю — шарғы орауының саны; $R_ы$ — магнитті тізбектің толық кедергісі, $Гн^{-1}$; $Я_{ы \cdot ст}$ — болатан жасалған учаскенің магнитті кедергісі; R_S — ауа саңылауының магнитті кедергісі, $Гн^{-1}$; *l* — ауа саңылауының ені, м; щ = 1,26 • 10^{-6} Гн/м — ауа саңылауының магнитті өткізгіштігі; *S* — ауа саңылауының алаңы, $м^2$.

Осылайша, атаулы түрлендіргіште табиғи кіру шамасы білікті жылжыту, ал шығу - оның Z толық кедергісінің өзгерісіне алып келетін индуктивті шарғының өзгерісі болып табылады.

Осыған байланысты P өлшенетін механикалық шама мен түрлендіргіштің *Z* электр кедергісі арасында функционалды тәуелділік туындайды.

Ажыратылған магнитті тізбегі бар түрлендіргіш (3.6, *б сурет.)* ішіне болат білік орналастырылған шарғыдан тұрады.

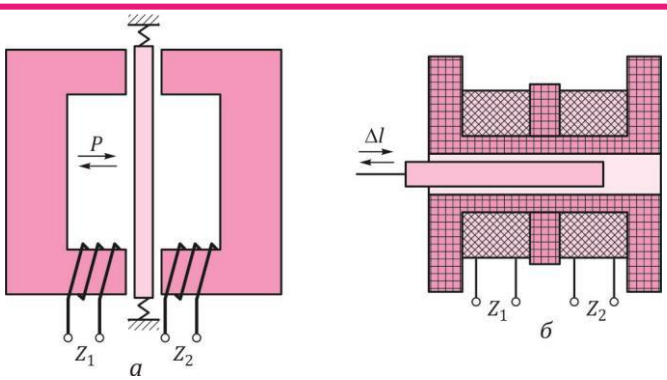
Білікті жылжыту салдарынан өлшенетін механикалық шама функциясы болып табылатын шарғының индуктивтілігі өзгереді.

3.6-суретінде ұсынылған түрлендіргіште ауа саңылауына *қысқаша тұйықталған орау* енгізі кезінде ораудағы индукцияланған токтар ауаның жұмыс саңылауының алаңын төмендетумен қатар жалпы магнитті кедергіні, орамды пропорционалды түрде ауыстыруды арттыратын реактивті магнитті кедергінің магнитті тізбегіне баламалы түрде енгізетін белсенді жоғалтуларын құрайды.

Индуктивті түрлендіргіштердің негізгі кемшіліктері түрлендіру функциясының сызықтық еместігі, едәуір аддитивті терістік болуы (мысалы ораудың белсенді кедергісінің өзгеруімен байланысты температуралық терістік) және жәкірдің едәуір тартылу күші болып табылады.

Бұл кемшіліктер жалпы жылжымалы элементі бар екі бірдей түрлендіргішінен тұратын *дифференциалды түрлендіргіштерден* айрылған (3.7, *а, б сурет*).

Жәкірді жылжытқан кезде, Z_1 иінінің индуктивтілігі артады, ал Z_2 иіні азаяды.



3.7-сурет. Дифференциалды түрлендіргіштердің өзге түрлері а - жылжымалы өзегімен; б – алшақ магнитті тізбегімен

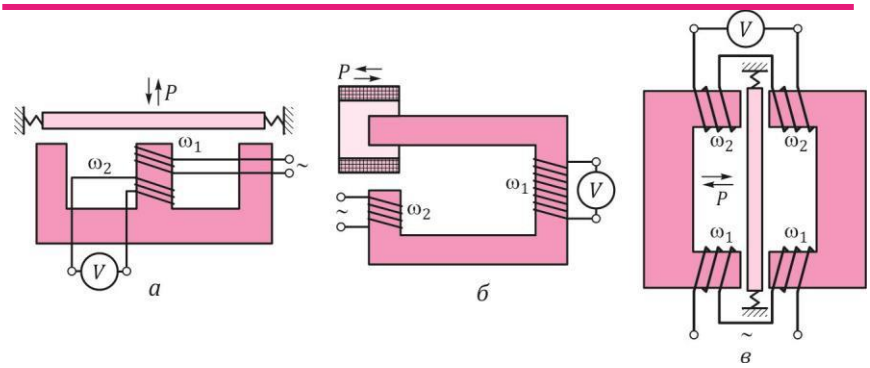
Дифференциалды тізбектерді қолдану арқасында аддитивті терістік азаяды, функция сызықтығы артады, сезгіштік шамамен екі есе артады да, дифференциалды түрлендіргіштерді кеңінен қолдануды шарттайтын жәкірдің тартылыс күші азаяды.

Сонымен қатар өзара индуктивті немесе трансформаторлылар кеңінен таралған, түрлендіргіштер — индуктивті түрлендіргіштердің өзге түрлерінің бірі. Оларда өзара индуктивтілік мәніндегі өлшенетін шама мәнінің түрлендірілуі орын алады. Магнитті тізбектегі екі орау болуы кезінде $Я_ы$ магнитті кедергі өзгерісі кезінде шарғылар арасындағы M өзара индуктивтілігі өзгереді (ω_t, ω_2 — сәйкесінше бастапқы және қайталама орау орағышының саны):

$$M = \frac{\omega_1 \omega_2}{l_м}$$

Трансформаторлы түрлендіргіштердің екі түрін ажыратады: өзгермелі магнитті кедергісімен (3.8, а сурет.) және тұрақты магнитті кедергісімен және жылжымалы шарғымен (3.8, б сурет). сонымен қатар жылжымалы білігі бар трансформаторлық түрлендіргіштер дифференциалды трансформаторлы түрлендіргіштер түрінде орындады (3.8, *в сурет*).

Магнитті серпімді түрлендіргіштер әрекеттерінің қағидаттары P механикалық күшінің (созу, қысу, бүгу, бұрау) ферромагнитті денесіне әсерімен байланысты ондағы механикалық кернеуде туындайтын байланыстылықта ферромагнитті дененің магнитті өткізгіштік өзгерісіне негізделген.



3.8-сурет. Трансформаторлы түрлендіргіштер:

а — жылжымалы өзгеімен; *б* — с жылжымалы шарғымен; *в* — дифференциалды жылжымалы өзегімен

Ферромагнитті біліктегі магниттік өтімділікті өзгерту білікте тұрған L шарғысы индуктивтілігінің өзгеруіне алып келетін $Л_м$, білігінің магнитті кедергісінің өзгеруін туындатады. Осылайша, магнитті серпімді түрлендіргіште түрлендірудің келесі тізбегінің орны болады:

$$\boldsymbol{P \rightarrow \sigma \rightarrow \mu \rightarrow R_M \rightarrow L.}$$

Магнитті өткізгіштік өзгерісі салдарынан күш әсеріндегі екі орамды магнитті түрлендіргіштерде (трансформаторлы типтегі) орамдар мен Е қайталама орамының ЭҚЖ дәлдейтін *М* өзара индуктивтілігі өзгереді, түрлендіру тізбегі мына төмендегі түрде көрінеді:

$$\boldsymbol{P \rightarrow \sigma \rightarrow \mu \rightarrow R_M \rightarrow M \rightarrow E.}$$

Механикалық деформациялар ықпалымен ферромагнитті материалдардың магниттік қасиеттерінің өзгеру эффектісін *магнитті серіппелі эффекті* деп атайды. Кері құбылыс та бар: магнит өрісіне енгізілген ферромагнитті дене өзінің өлшемдерін өзгертеді.

Ферромагнитті дененің механикалық және магнитті күйлер арасындағы өзара байланыстылық салдарынан туындайтын құбылысты *магнитострикционды* деп атайды.

Магнитті серіппелі түрлендіргіштер шамасы білікке салынған механикалық күшпен және ораулар арасындағы өзара айнымалы индуктивтілігі бар трансфоматорлы түрлендіргіштермен анықталады.

Магнитті серіппелі түрлендіргіштерінің магнитті тізбегін әдетте тұтас материалдан орындайды. Біліктің орауды орналастыруға арналған тесігі бар.

Екінші ораудағы ЭДС айнымалы тогында трансфоматор типіндегі магнитті серіппелі түрленліпгіштер біліктің магнитті өткізгіштігін өзгертумен шартталған шарғылар арасындағы өзара индуктивтілікті өзгерту функциясы болып табылады. Егер трансформатор типтес магнитті серіппелі түрлендіргішінің бастапқы орауын тұрақты токпен қоректендіретін болса, онда ол индукционды типтегі магнитті серіппелі түрлендіргішке айналады. Бұл жағдайда қайталама ораудағы тез өзгермелі процесстерді өлшеу кезінде ЭҚЖ,

$$e = -\omega_2 \frac{d\Phi}{d\tau} = -c\omega_2 \frac{d\sigma}{d\tau},$$

формуласы бойынша анықталатын сәттік мән индукцияланатын болады.

мұндағы Ф — магнитті ағын; *c* — материал қасиетіне және магниттеу өрісінің кернеулігіне байланысты коэффициент.

Магнитті серіппелі түрлендіргіштер едәуір қысымды (10 Н/мм^2 астам, немесе 100 кг/см^2 (10 МПа) өлшеу үшін қолданылады, себебі олар қысымды тікелей қабылдайды және қосыша түрлендірулерге және күшті өлшеуге (осы жағдайда аспаптың өлшеу шегі магнитті серіппелі түрлендіргішпен анықталады) мұқтаж.

3.4. ГЕНЕРАТОРЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРГІШТЕР

Генераторлы түрлендіргіштерде энергияға өлшенетін шаманың тікелей түрлендірілуі орын алады. Олардың арасында пьезоэлектрлі, индукционы және термоэлектрлі кеңінен таралған.

Пьезоэлектрлі түрлендіргіштер пьезоэлектрлі эффект ықтимал болатын материалдардан дайындалған (пьезоэффект) — тікелей және кері, әрі айнымалы күш, қысым, дірілді жеделдетулерді өлшеу үшін қолданады.

Тікелей пьезоэффект оған материалда кернеу туындататын механикалық күш әсер еткен кезде пьезоэлектрик шегінде электр туындауы қуаттарында жатыр. Күш жойылған кезде зарядтар да жоғалады.

Кері пьезоэффект электр өрісіне орналастырылған пьезоэлектрик өзінің геометриялық өлшемдерін өзгертуінде көрінеді.

Әдетте пьезоэлектрик ретінде кристаллдардағы кварцты X электрлі, *Y* механикалық және *Z* оптикалық басты біліктерден ажырату қабылданған сегнетті тұзы, барий титанаты, кварцты қолданады. Шеттері басты білікке параллельді түрде келетіндей етіп кварц кристалынан кесіліп алынған параллелепипед келесі қасиеттерге ие:

- осы білікке перпендикулярлы шектерде X электр өсінің түбіне бағытталған F_X, күшінің әсері кезінде бойлық пьезоэффектімен электр қуаттары шығады;
- Y механикалық өсінің түбіне бағытталған F_Y күшінің әсері кезінде көлденең пьезоэффектіде қуаттар осы шектерде табылады;
- *Z* оптикалық өсі түбінде механикалық күш, салған кезде қуаттар болмауы.

Fx күшінің әсерімен кристалдың қырында туындайтын зарядтар кристалдың геометриялық
өлшемдеріне тәуелді емес:

$$q = d_1 F_x, \tag{3.7}$$

мұндағы d_1 — тұрақты коэффициент, *пьезоэлектрлік тұрақты деп аталады.*

F_y күшінің әсерімен туындайтын зарядтар кристалдың геометриялық өлшемдеріне байланысты және қарама-қарсы таңбалары бар:

$$q = -\frac{d_1 F_Y b}{a}, \tag{3.8}$$

мұндағы b және a — тиісінше қырларының ұзындығы мен ені. Формуладан (3.8) көрініп тұрғандай, қажет болған жағдайда b/a қатынасын ұлғайтып пьезоэлектриктің сезгіштігін арттыруға болады.

X және Y білігінің бойымен созғыш күш пайда болатын жағдайда қысқыш күш жағдайына қарама-қарсы туындайтын зарядтардың таңбалары болады.

Соңғы уақытта пьезоэлектрик ретінде жаңа пьезокерамикалық материалдарды қолданады, мысалы 200 °С дейінгі температурада жұмыс істей алатын қорғасын және барий негізінде.

F күшінің әсерімен кристалдың қырында туындайтын зарядтар жылыстаудың болмағанда ғана, яғни, өлшеу тізбектерінің шексіз үлкен кіріс кедергілері кезінде сақталады. Іс жүзінде бұл шарт орындалмайды, сондықтан статикалық күшті өлшеу үшін пьезоэлектрлі түрлендіргіштер қолданылмайды. Динамикалық, яғни айнымалы уақыт күші әрекет еткен жағдайда қырындағы электр саны барлық уақытта толықтырылады және токты өлшеуіштік тізбекпен тұтыну мүмкін болады.

Индукциялық түрлендіргіштер деп өлшенетін шаманың өзгеру жылдамдығы индуцирленген ЭҚК айналатын түрлендіргіштерді атайды. Олар электромагниттік түрлендіргіштердің бір түрі болып табылады. Осы түрлендіргіштерде табиғи кіру шамасы механикалық орын ауыстыру жылдамдығы болып табылады (және сондықтан олар тікелей сызықтық және бұрыштық жылдамдықтың орын ауыстыруларын өлшеу үшін ғана қолданылуы мүмкін), ал шығу шамасы — индукцияланған ЭҚК.

Қолданылу қағидаты бойынша индукциялық түрлендіргіштерді екі топқа бөлуге болады. Бірінші топтың түрлендіргіштерінде индукцияланған ЭҚК шарғының магниттің саңылауында сызықтық

немесе бұрыштық тербелісі арқасында шарғыда тураланады.

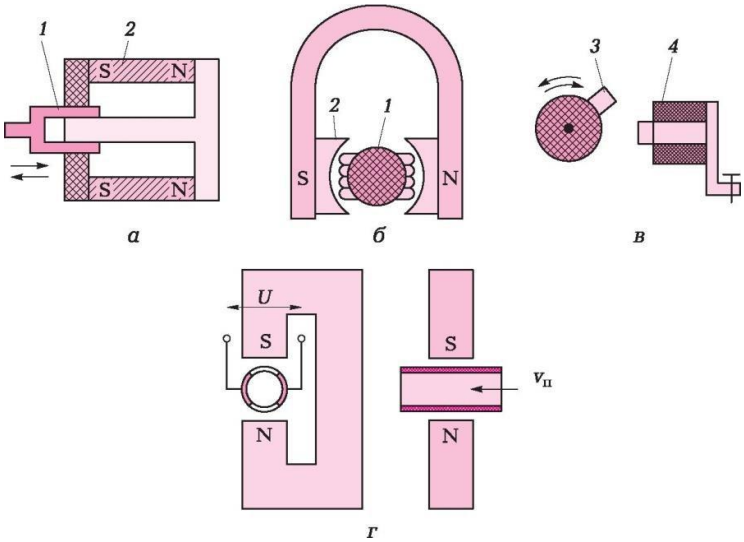
Өз орнын ауыстыру кезінде шарғылардың орамдары магниттік өріс желісін тік бұрышпен кесіп өтеді, және оларда ЭҚК индуцияланады. Егер Д1 сызықтық орын ауыстыру Д1 = /(х) уақытының кейбір функциясы болса, онда ЭҚК лездік мәні:

$$e = \omega B l_{а} \frac{df(\tau)}{d\tau},$$

мұндағы ω — орам саны; В— саңылаудағы индукция; l_e— орамның белсенді ұзындығы.

Түрлендіргіштердің екінші тобында индукцияланған ЭҚК көбінесе осы тізбектегі әуе саңылауының өзгеруінен құрылатын магниттік тізбектің толық магниттік кедергісінің тербелісі салдарынан магнит ағынын өзгерту арқылы тураланады. Түрлендіргіштердің мысалдары 3.9, а... г суретте көрсетілген.

3.9, а, б суретте орын ауыстыру жылдамдығын және тұрақты магнитке қатысты шарғының айналу жылдамдығын өлшеу арналған индукциялық түрлендіргіші бар датчиктердің сызбалары бейнеленген. Индукцияланған ЭҚЖ шарғыны сәйкесінше жылжыту немесе



3.9 - сурет. Индукциялық түрлендіргіштер :
а — шарғының сызықтық және *б* — бұрыштық орын ауыстыруымен; *в*

— с өзгеретін әуе саңылаумен; *г* — индукциялық шығын өлшегіш; *1* — шарғы; *2* — тұрақты магнит; *3* — болат «тіс»; *4* — магниттік жүйе; $г_п$ — ағынның жылдамдығы.
айналдыру жылдамдығына пропорционалды болмақ.

3.9 суретте айналу жылдамдығы датчигінің құрылғысының схемасы ұсынылған. Білігінде 3 болат "тіс" нығайтылған, ол осы жүйенің саңылауының магниттік кедергісін азайта отырып білігі айналған кезде, тұрақты магнитті қозғалыссыз орнатылған магнитті жүйелердің саңылауларынан жанынан өтеді. Магниттік жүйелердің шарығында ЭҚК импульстер бағытталған.

Әрбір импульс біліктің бір айналымына сәйкес келеді, демек, импульстардың жүру жиілігі секундына біліктің айналым жылдамдығының санына сәйкес келеді.

Айналу және қозғалу жылдамдығын өлшеу қағидаты тахогенераторлардың, акселерометрлардың, діріл датчиктерінің, ротациялық және индукционды шығын өлшеуіштердің және т. б. жұмысына негізделген.

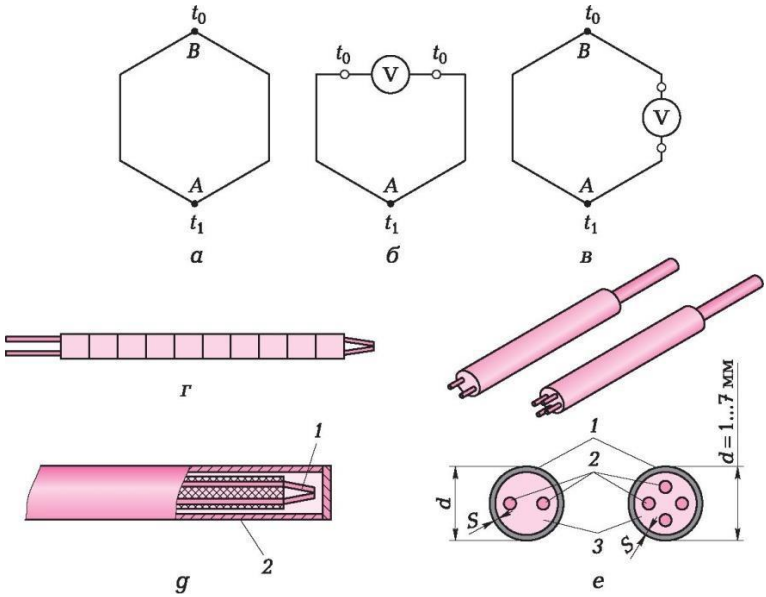
Индукциялық шығын өлшегіште (3.9, г сур. қар.) магнит өрісінде қозғалатын өткізгіштегі электр тогының пайда болған әсері пайдаланылады. Ағып сұйықтық өткізгішпен бірдейленеді, яғни оның белгілі бір ең төменгі өткізгішті болуы тиіс. Фарадей Заңына сәйкес магнит өрісі арқылы ағып өтетін электр өткізгішті бар сұйықтық электр өрісінде туындайды.

Бақыланатын ағын оның қабырғасында магнит өрісінің және орта ағынының перпендикуляр бағытына екі диаметрлі орналасқан электрод орнатылған, орта ағынының орташа жылдамдығына пропорционалды кернеуін басатын оқшаулағыш арматураланған құбыр бойынша ағады. Жоғары кедергілі сигнал кернеуі көзінен құрылған бірнеше бұл милливольт кабель арқылы оның одан әрі өңдеуін күшейтетін және жүзеге асырушы өлшегіш түрлендіргішке беріледі.

Термоэлектрлі түрлендіргіштер жылу түрлендіргішінің түріне жатады және термоэлектрдің құбылысына негізделген, оның жұмыс қағидаты келесілер болып табылады. Егер А және В екі түрлі өткізгіштерден (жартылай өткізгіштер) тізбек құрастырсақ және олардың өзара (3.10, а сурет.) қоссақ, оның бір қосылыстар орынының температурасын t_1 басқасының температурасынан t_0 ерекшеленетіндей жасасақ, онда тізбекте өткізгіштердің біріктіру орындарының температура функцияларының әртүрлілігінің салдары ретінде термоэлектроқозғалғышты күш (термоЭДС) деп аталатын ЭҚК пайда болады

$$E_{AB}(t_1,t_o) = F(t_I - to).$$

Осы тізбекті термоэлектрлі түрлендіргіш немесе жылу сезгіш (ЖС); терможұптарды құрайтын өткізгіштер — термоэлектродтар, ал олардың қосындыларын — дәнекерленген жерлер деп атайды.



3.10 - сурет. Термоэлектрлік түрлендіргіштерді қосу схемасы (а...в) және сындарлы орындау нұсқалары (г... е):
г — корпуссыз ашық шетімен; д — қорғаныш қабында (1 — корунд түтік; 2 — сыртқы қорғаныс қабы); е — кабельді (1 — кабельдің қабықшасы; 2 — термоэлектродтар; 3 — минералды оқшаулау (MgO))

Терможұпты температураны өлшеу үшін пайдалануға болады. Егер терможұптың бір дәнекерленген орнын (жұмысшы спай) өлшеу қажет болатын t_1температураны ортаға орналастырса, ал басқа дәнекерленген орынның (жұмысшы емес) температурасын f(t0) = const тұрақты ұстап тұрса, онда термо – ЭҚК тек t1 температураға байланысты болады:

$$E_{AB}\ (\text{firf0}) = f\ (t_1 - t_0) = f\ (t_1),\ \text{t0 кезінде} = \text{const}.$$

Соңғы білдіру температураны терможұптың әдісімен өлшеудің негізіне салынған.

Осылайша, терможұптың кіріс шамасы жұмысшы дәнекерлеудің t_1 температурасы болып табылады, терможұп жұмысшы емес дәнекердің t_0 температурасында дамытатын шығыс шамасы — термо ЭҚК болады.

Өлшеуішті (көрсеткіш) терможұптың тізбегіне екі сызба бойынша (3.10, б және в сурет.) қосуға болады. Әдетте бір нүктеде температураны өлшеу үшін бірінші сызбаны қолданады, ал температура айырмасын өлшеу үшін— екінші. Терможұптың тізбегіне көрсеткішті қосу ЭҚК маңызын өзгертпес үшін, көрсеткіштің

термоэлектродтармен қосылу тізбегі бірдей температурада болуы тиіс.

Өнеркәсіпте терможұптың қолданылуына олардың қарапайымдылығы, құрау қолайлылығы, жергілікті температураны өлшеу мүмкіндігі себеп болды. Терможұптардың жақсы сипаттарының қатарына сонымен қатар өлшейтін температурасының кең диапазоны, шағын инерциялылығы, аз айырмашылықты өлшеу мүмкіндігі жатады. Терможұптардың температура өлшеудің жоғары дәлдігін — ±0,01 °С дейін қамтамасыз ете алады.

Өлшеу диапазонына және жағдайына байланысты әртүрлі терможұптар типтері қолданылады. МЕМСТ 6616 — 94 сәйкес ТМД елдерінде терможұптар типтері стандартталған, олардың ең кең таралғандары 3.2 кестеде келтірілген.

Температураның жұмысшы диапазонының жоғарғы шегі термотүрлендіргіш ұзақ уақыт пайдаланылатын (1 000 сағаттан артық) максималды температура деп саналады. Осы мерзім ішінде терможұптың статикалық сипаттамаларының өзгерісі номиналдығы қатысты 1 %-дан аспауы тиіс. Қыс уақытты деп термотүрлендіргіштің жұмыс ұзақтығы 100 сағатқа дейін болғанда саналады. Осы уақыт ішінде терможұптың статикалық сипаттамасы// сипаттамасы 1 %-дан артыққа өзгермеуі тиіс.

3.3 кестесінде 3.2 кестесінде келтірілген терможұптар типін қолдануға арналған ұсынылған жұмысшы атмосфера берілген, сонымен қатар температураның көрсетілген диапазонындағы дифференциалдық сезгіштік көрсетілген. Ұсынылған деректерден екі терможұп әмбебап терможұп болып табылады: мыс-константалы (τ)және темір-константалы (J). Біріншісі 0 °С-ден жоғары аймақта температура диапазонының тарлығына бола өнеркәсіпте кең қолданыс таппады және негізінен төмен температураларды өлшеу үшін пайдаланылады. J типті терможұп батыс елдерінде кеңінен қолданылады, бірақ Ресейде кең қолданыс таппады, себебі тазалығы жоғары термоэлектродты темір өндірісінің жоқтығы болса керек. Бұдан өзге, терможұптың кемшіліктеріне темір электродтың коррозияға төзімділігінің төмендігі мен деформацияға жоғары сезгіштігін жатқызуға болады.

Вольфрамрений-вольфрамренийлі термотүрлендіргіштер (ВВТ) ұзақ қолданудың ең жоғары шегіне ие — 2 200 °С, бірақ тек тотықтырмайтын ортада қолданылады, себебі ауада 600 °С температурада тез тотығу және термоэлектродтардың бұзылуы жүреді. Терможұп аргон, гелий орталарында тұрақты,

3.2-кесте. Терможұп типтері мен белгілері

Терможұптар типі	МЭК белгісі	Буквенные обозначения НСХ	Термоэлектродтардың химиялық құрамы, масс. %		Өлшенетін температура шегі, °С		
			Оң	Теріс	**төменгі**	**Жоғарғы**	**Қыска мерзімді**
Мыс-константалы	Cu-CuNi	T	Си (Кор)	Cu + (40...45)Ni +	-200	350	400
(МКнТ)				+ Mn + 0,7Fe			
Хромель-копельді	_	L	Ni + 9,5Cr	Cu + (42... 44)Ni +	-200	600	800
(ХКТ)				+ 0,5Mn + 0,lFe			
Хромель-констан-	NiCr-CuNi	E	Ni + 9,5Cr(Ф)	Cu + (40...45)Ni +	-200	700	900
талы (ХКнТ)				+ Mn + 0,7Fe			
Темірлі-констан-	Fe-CuNi	J	Fe(4)	Cu + (40...45)Ni +	-200	750	900
тановая (ТКТ)				+ Mn + 0,7Fe			
Хромель-алюмельді	NiCr-NiAI	К	Ni + 9,5Cr(3)	Ni + Si + 2AI + 2,5Mn	-200	1 200	1 300
(ХАТ)							
Нихросил-нисильді	NiCrSi-NiSi	N	Ni + 14,2Cr +	Ni + 4,4Si + 0,lMg	-270	1 200	1 300
(ННТ)			l,4Si(r)				

Платинородий- платиналы (ППТ 13)	—	R	Pt+ 13 Rh (O)	Pt	0	1 300	1 600
Платинородий- платиналы (ППТ10)	—	S	Pt+ 10Rh(O)	Pt	0	1 300	1 600
Платинородий-платинородийлі	—	B	Pt + 30Rh	Pt + 6Rh	600	1 700	—
Вольфрамрений-вольфрамренийлі	A-1; A-2; A-3	—	W + 5 %Re	W + 20 %Re	0	2 200	2 500

Ескертпе: 1. Терможұптың номиналды статикалық сипаттамаларының көрсетілген әріптік белгіленуі (НСХ)МЭК 584-1 стандартының белгіленуіне сәйкеседі, осы стандартпен нормаланбайтын хромель-копель (L) терможұбынан өзге.

2. ФРГ DIN 43710 стандарты бойынша Lтипі Fe-Cu-Ni (темір-мыс-никель) терможұбына сәйкеседі, оның теріс термоэлектроды құрамы бойынша копельге жақын. Оның термоЭҚК-нің мәні темір-константалы терможұбынан (J) аздап жоғары.

3. Терможұптардың оң электродтарының химиялық құрама бағанында жақшаның ішінде электродтардың МЭК 584-3 стандартына сәйкес түстік кодталуы көрсетілген: Кор — қоңыр; Ф — күлгін; Ч — қара; З — жасыл; О — қызғылт сары; Г — көгілдір.

3.3-кесте. Әртүрлі типтегі терможұптардың ұсынылатын жұмысшы атмосфералары және сезгіштігі

Терможұп типі	Жұмысшы атмосфера				Температура диапазонындағы сезгіштік	
	Тотықтандырғыш	Қалыпқа келтіргіш	Инеьдертті	Вакуум	Диапазон, °С	*dE/dT*, мкВ/°С
МКнТ(Т)	+ +	+	+	+	0.400	40...60
ХКТ (L)	+ +	-	+	+	0.600	64...88
ХКнТ (Е)	+ +	-	+	+	0.600	59...81
ЖКТ (J)	+ +	+ +	+	+	0.800	50.64
ХАТ (К)	+ +	-	+	+	0.1 300	35.42
ННТ (N)	+ +	-	+	+	0.1 300	26.36
ППТ (R, S)	+ +	-	+	+	600.1 600	10.14
ПРТ (В)	+ +	-	+	+	1 000. 1 800	8.12
ВРТ	-	Н2++	+ +	+ +	1 300.2500	14.7

Ескертпе: 1. «++» — ұсынылатын атмосфера; «+» — бұл атмосферада пайдалауға болады; «-» — ұсынылмайтын атмосфера.
2. Тотықтандырғыш атмосфера ретінде әдетте ауа (21 об. % О2) немесе оттегі артық газдар қоспасы айтылады, онда заттардың тотығуы жүреді (электрондар атомдарының және иондарының жоғалтуы). Әлсіз тотықтандыратын атмосфера құрамында 2... 3 об.%. деңгейінде газ қоспасының құрамында О2 болады. Қалпына келтіруші атмосферада химиялық реакциялар жүреді, олардағы атомдар мен иондар электрондарды біріктіреді. Қалыпқа келтіруші орта мысалы — құрғақ Н2, СО, көміртек құрамдас газды орталар, эндогаз, экзогаз, диссоциияланған аммиак, жану камералары бөлетін газдар. Инертті атмосфера N2, Ar, Не газдарында,
құрғақ сутекте және азотта, сонымен қатар вакуумде болады.

Негізгі кемшілігі термоэлектродты жұптарды А-1, А-2, А-3 номиналды статикалық сипаттамалары бойынша топтастыруға мәжбүрлейтін термоЭҚК-тің нашар жаңғыртылуында жатыр.

Өнеркәсіп өндірісінде 1 000.1 600 °С диапазонында термоөңдеу кезінде әдетте ТПП10 және ТПП13платинородий-платиналы

термотүрлендіргіштерді қолданады.ТПП13 түрленімі АҚШ-да кең таралған. ТПП10 Терможұптары сонымен қатар эталондық құрал ретінде қолданылады.

Платина және платиналық-родийлі қорытпалар терможұптар үшін бірегей материал болып табылады. Олардың негізгі қасиеті – газ коррозиясына жақсы кедергісі, әсіресе жоғары температура жағдайындағы ауадағы кедергісі. Бұл қасиеті жоғары балқу температурасымен және көптеген оқшаулағыш және қорғаныс материалдарымен жақсы сәйкесетін барынша үлкен термо ЭҚК-пен біріккенде, сонымен қатар жақсы технологиялылығымен және метрологиялық сипаттамаларының жаңғыртылымдығымен бірге оларды тотыққан орталарда жоғары температураны өлшеуге арналған терможұп электродтарын жасауда таптырмас сипат береді.

Бұл қорытпалар аргон мен гелий орталарында тұрақты, азот және сутекті ерітпейді, нитридтер мен гидридтер түзбейді, СО-мен және СО2-мен өзара әрекетке түспейді.

Осыған қарамастан, платинородий-платиналы термотүрлендіргіштерді қалыпқа келтіру атмосферасында қолданбауға кеңес беріледі, себебі бұл жағдайда платина мен платинородийлі қорытпа қорғаныс немесе оқшаулаушы керамикадан (әдетте оксидті) қалыпқа келтірілген элементпен ластанады.

1 200 °С дейінгі температурада платина және родиймен қорытпалары отқа төзімді материалдармен өзара әсерге түспейді. Жоғарырақ температурада отқа төзімді материалдардың тазалығы терможұптың тұрақтылығына әсер етеді. Материалды SiO2 (кремний тотығы) болуы термо ЭҚК өзгерісіне әкеледі, ал қалыпқа келтіру атмосферасында 1 100 °С-ден жоғары температурада Pt5Si2 силицидінің және тез балқитын (τ = 830 °С) эвтектиканың Pt-Pt5Si2. түзілу себебінен платинаны бұзады.

Темір, хром және марганец булары сонымен қатар платина термоэлектродтар үшін, әсіресе, вакуумда қатер төндіреді. Металл буларымен өзара әрекетке түсу термоЭҚК-тің күшті дрефіне және терможұптың мерзімінен ерте бұзылуына әкеледі. Осы себеп бойынша платина терможұптарын ешқашан тікелей метал қаптамаға орнатпайды.

Текті емес металдардан жасалған электродтар негізінде түрлендіргіштерден Ресейдегі ең кең таралған терможұптар типі хромель-копельді (ТХК, тип L) және хромель-алюмельді (ТХА, К типі). ТХК (L типі) терможұптары барлық өнеркәсіптік терможұптар ішінен үлкен сезгіштікке ие, ол температураны дәл өлшеу үшін, сонымен қатар шағын температуралық айырмашылықты өлшеу үшін қолданылады. Терможұптардың техникалық ресурсы бірнеше

мыңдаған сағаттарды құрауы мүмкін. ТХК кемшіліктеріне деформацияға жоғары сезгіштікті жатқызуға болады.

ТХА (К типі) терможұбы – өнеркәсіптегі және ғылыми зерттеулердегі ең кең таралған термотүрлендіргіш. Терможұп тотықтырғыш және инертті орталарда 1 100 °С (ұзақ уақыт) дейінгі температураны және 1 300 °С (қысқа уақыт) дейінгі температураны өлшеуге арналған. Терможұп өнеркәсіптің барлық салаларында пештерде, қыздырғыш құрылғыларда, энергокүш құрал-жабдығында кеңінен пайдаланылады.

Номиналды статикалық сипаттама // ТХА сипаттамасы желілікке жуық, дифференциалды термоЭДС өлшенетін температуралардың барлық диапазонында 40 мкВ/°С жуық шаманы құрайды.

ТХА-ның басқа текті емес металдардан жасалған терможұптармен салыстырғандағы басты артықшылығы жоғары температурада тотығуға біршама үлкен беріктігінде.

850 °С-ден төмен температуралардағы терможұптардың техникалық ресурсы тек термоЭДС дрейфімен шектеледі, өйткені хромельдің және алюмельдің ыстыққа төзімділігі оларды осы температурасы ондағын мың сағат бойы пайдалануға мүмкіндік береді.

Батыс Еуропа елдері мен АҚШ-да, сонымен қатар нихросил-нисил терможұптары (ТНН, N типі) кеңінен қолданылады. Нихросил және нисил термоэлектродтардың материалдары никельдегі хром және кремний концентрациясын арттыру, сонымен қатар термоэлектродтар материалдарының тотығу процесін ішкі кристалл аралықтан беткіге ауыстыратын нисилге магний енгізу есебінен ХА қорытпасымен салыстырғанда, термоЭДС-тің елеулі үздік тұрақтылығын көрсетеді.

Термоэлектродтарда түзілетін оксидтердің қорғаныс пленкасы әрі қарай тотығуды басады.

Терможұптардың конструкциялық орындалуының негізгі нұсқалары 3.10, г... е суреттерінде көрсетілген.

Корпуссыз жіңішке сымды ұшы ашық терможұптардың нұсқасы (3.10, г сур. қар.) әдетте зертхана жағдайында қысқа мерзімді өлшеулер жасау үшін қолданылады немесе өнеркәсіпте бір мәртелік қолдануда пайдаланылады. Электродтардың қандай да бір механикалық қорғанысының жоқтығы мұндай терможұптардың құнын төмендетеді және тура пайдаланар алдында қолда бар электродтардан жасап алуға мүмкіндік береді. Терможұп қосымша минималды инерттілігімен сипатталады, ал интерттілігі қолданылатын термоэлектродтардың қалыңдығына байланысты.

Ұзақ уақыт немесе керамикадан жасалған қорғаныс қаптамаға орналастырады. Электродтар арасындағы оқшаулау фарфор моншақтардың көмегімен жүзеге асады (3.10, д суретін қараңыз).

Алайда мұндай терможұптың инерттілігі материалдық жылу өткізгіштігіне және қорғаныс қаптама қабырғасының қалыңдығына байланысты.

Қазіргі уақытта бүкіл дүние жүзінде терможұптық кабельден жасалатын термоэлектрлі түрлендіргіштер кең қолданыс тапты (3.10, е сур. қар.). Ол ішінде бір немесе бірнеше бір-біріне параллельді орналасқан екі жұп терможұбы бар диаметрі 1 .7 мм болатын икемді металл түтікше болып келеді. Оның маңындағы кеңістік қатты тығыздалған ұсақ дисперсті минералды оқшаулағышпен толтырылған (әдетте MgO).

Кабель қабықшасы ыстыққа төзімді болаттан немесе қорытпадан әзірленген. Терможұптары кабель жоғары тығыздалған толтыру есебінен кабель диаметрінен бес есе үлкен диаметрге ие цилиндр маңында 180° бүгуге төзімді. Мысалы, диаметрі 3 мм болатын кабельді диаметрі 15 мм болатын құбырға орауға болады. Бұл ретте электродтардың өзара немесе қабықшамен тұйықталуы болмайды. Терможұптарының мұндай типін Мысалы, «Тесей» Өндірістік компаниясы» ЖШҚ (Обнинск қаласы) өндіреді. Сонымен қатар терможұптардың өлшенетін температураның орнына байланысты анықталатын басқа конструкциялары болады.

Осылайша, беттің температурасын өлшеу үшін ашық бетке қысыла орналасқан жалпақ диск түріндегі терможұптар қолданылуы мүмкін.

3.5. АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ДЕРЕКТЕР БЕРІЛІСІНІҢ ҚАҒИДАТТАРЫ

Нормалаушы түрлендіргіштер. Сәйкестендірілген байланыс сигналы туралы түсінік. Нормалаушы түрлендіргіштер бастапқы өлшеу түрлендіргіштерінің табиғи шығыс сигналдарын сәйкестендірілген байланыс сигналдарына түрлендіруге арналады.

Сәйкестендірілген байланыс сигналы — бұл ақпарат тасымалдаушы түрі мен оның өзгеріс диапазоны өлшенетін шама түріне, өлшеу әдісі мен диапазонына тәуелді емес сигнал.

Сәйкестендірілген байланыс сигналының өзгеріс диапазоны : 0.5 мА; 0.20 мА; 4.20 мА; 0.10 В.

Табиғи шығыс сигналы — бұл бастапқы өлшеу түрлендіргіштерінің шығыс сигналы, оның түрі мен өлшеу диапазоны түрлендіргіштің физикалық құрылысына және өлшенетін шама диапазонына тәуелді.

Генераторлық түрлендіргіштерден шығатын табиғи шығыс

сигналдарын немесе өлшеу көпірлерінен шығатын кернеу сигналдарын күшейту үшін, нормалаушы түрлендіргіштің құрылымдық схемасы 3.11, а суретінде көрсетілген түрге ие.

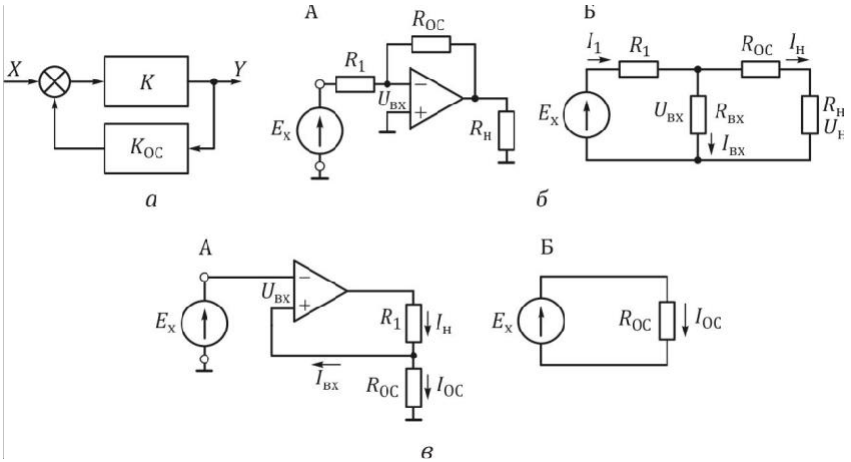
Нормалаушы түрлендіргіш К – тұрақты тізбегінің күшейту коэффициентіне, КОС - кері байланысты күшейту коэффициенті бар теріс кері байланысқа ие тұрақты ток күшейткішінің схемасы бойынша тұрғызылады. Теріс кері байланыс күшейткіштің өздігінен қозуына жол бермейді және қоршаған орта температурасы өзгергенде оның сипаттамаларын тұрақтандырады.

Токтық шығыс сигналы бар түрлендіргіштерде Y – жүктеме тогы, кернеуі бойынша шығыс сигналы бар түрлендіргіштерде Y — жүктемедегі кернеу. Кіріс пен шығыс арасындағы байланыс келесі формула бойынша анықталады.

$$Y = \frac{K}{1 + KK_{OC}} X.$$

Егер К →∞ болса, онда $\lim Y = \lim \frac{K}{1 + KK_{OC}} X = \frac{X}{K_{OC}}.$

Осылайша, нормалаушы түрлендіргіштің түрлендіру функциясы тікелей тізбекті күшейтуінің үлкен коэффициенті кезінде кері байланыс звеносының қасиеттерімен анықталады.



3.11-**сурет. Нормалаушы түрлендіргіш:**
а — құрылымдық сызба; *б* — ККТ; *в* — ТКТ; А — операциялық күшейткіштегі электрлі сызба; Б — эквивалентті электр сызбасы

Бастапқы генераторлық түрлендіргіштер үшін табиғи шығыс сигналдар кернеу түріндегі сигналдар болып табылады. Сәйкестендірілген байланыс сигналдары тоқтық болуы мүмкін, сонымен қатар кернеу сигналы түрде де болады. Сондықтан нормалаушы түрлендіргіштер кернеуді кернеуге түрлендіргіш (ККТ), немесе кернеуді токқа түрлендіргіш (КТТ) болып келеді.

Операциялық күшейткіштегі ккт түрлендіргішінің схемасы және эквивалентті электрлік схеманың түрі 3.11, б суретінде көрсетілгендей.

Схемаларды талдағанда кернеу бойынша күшейту коэффициенті $K_U \to \infty$, $R_{кір} \to \infty$, $R_{шығ} \to \infty$, болады деп шамалайтынын атап өту қажет. $R_{кір} \to \infty$, болғандықтан, операциялық күшейткіш кірісі сигнал көзінен токты тұтынбайды; өйткені $K_U \to \infty$, болғандықтан, $U_{кір} \sim 0$ деп санайды.

Түрлендіргіш шығысындағы кернеуді байланыстыратын қызметті анықтаймыз, ол үшін келесі қатынасты қарастырамыз (эквивалентті электр схемасынан):

$$E_x = I_1 R_1 + U_{кір}; \qquad \textbf{(3.9)}$$

$$U_{кір} = I_H R_{OC} + U_H; \qquad \textbf{(3.10)}$$

$$I_1 = I_{кір} + I_H;$$

$$I_{кір} = \frac{U_{кір}}{R_{кір}}.$$

(3.9) және (3.10) бізде бар:

$$I_1 = \frac{E_x}{R_1} - \frac{U_{кір}}{R_1};$$

$$I_H = \frac{U_{кір}}{R_{OC}} - \frac{U_H}{R_{OC}}; \qquad (3.11)$$

$$\frac{E_x}{R_1} - \frac{U_{кір}}{R_{OC}} = \frac{U_{кір}}{R_{кір}} + \frac{U_{кір}}{R_{OC}} - \frac{U_H}{R_{OC}}.$$

Алынған теңдікті түрлендіреміз (3.11.)

$$\frac{E_X}{R_1} + \frac{U_i}{R_{OC}} = U_{кір}\left(\frac{1}{R_{кір}} + \frac{1}{R_{OC}} + \frac{1}{R_1}\right)$$

Формуласы екенін ескереміз **Uкір** $\approx 0 \Rightarrow \frac{E_x}{R_1} + \frac{U_н}{R_{OC}} \approx 0 \Rightarrow U_н = -\frac{R_{OC}}{R_1} E_x.$

Алынған функция — ККТ түрлендіру қызметі

Операциялық күшейткіштегі ТКТ түрлендіргішінің схемасы және оның эквивалентті схемасы 3.11, в суретінде көрсетілген.

Кірістегі кернеуі бар түрлендіргіштің шығысындағы токты байланыстыратын функцияны анықтаймыз (эквиваленттік схемадан):

$$I_{OC} = \frac{E_X}{R_{OC}}; \; I_H = I_{кір} + I_{OC}; \quad I_{кір} \approx 0;$$

$$I_H = I_{OC} = \frac{E_X}{R_{OC}}.$$

Алынған функция — ТКТ түрлендіргіштің функциясы

Параметрлік бастапқы түрлендіргіштер үшін шығыс шамасы әдетте кедергімен, сыйымдылықпен және индуктивтілікпен беріледі. Мұндай шамаларды түрлендіргіштер үшін кернеу мәніне көпірлік өлшеу схемасы жиі қолданылады. Кедергімен көрсетілген шығыс сигналы үшін Ех сигнал қалыптастырудың көпірлік схемасын қарастырайық (3.12-сурет.).

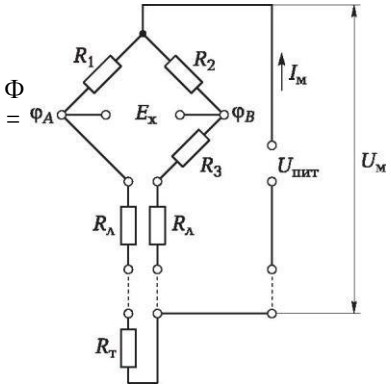
Келесі қатынастан көпірлік түрлендіргіштің функциясын анықтаймыз:

$$R_3' = R_3 + R_Л; \tag{3.12}$$

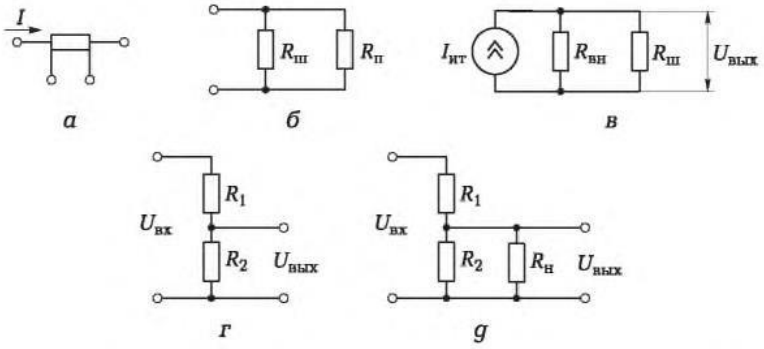
$$R_4 = R_T + R_Л; \tag{3.13}$$

$$\varphi_A = \frac{U_M}{R_1 + R_4} R_1; \tag{3.14}$$

$$\varphi_A = \frac{U_M}{R_2 + R_3'} R_2, \tag{3.15}$$



3.12-сурет. Ех кернеу мәніндегі бастапқы түрлендіргіш кедергісінің RТ кедергісі түрленімінің көпірлік электрлі сызбасы



3.13-сурет. Тұрақты ток (а...в) және кернеуді резисторлы бөлгіш (г, д) шунты
а —шунт қысқыштары; *б* — $R_Н$ жүктемені қосу; *в* — ток көзіне қосу /ит; *г* — бөлгішті қосу; *д* — жүктемені кернеу бөлгішке қосу.

мұндағы Rj... R3 — көпір иығының кедергісі; RK — байланыс желісінің кедергісі; RT — бастапқы түрлендіргіштің кедергісі; UM — көпір кернеуі.

(3.12) — (3.15) қатынастарынан түрлендіргіш функциясының түрі мынандай болады:

$$E_x = \varphi_B - \varphi_A = U_M \left[\frac{R_2}{R_2 + R_3} - \frac{R_1}{R_1 + R_4} \right].$$

Ыдыс түрінде ұсынылған бастапқы параметрлік түрлендіргіштің шығыс шамасы немесе индуктивтілік үшін (яғни реактивті кедергі немесе кедергі түрінде) айнымалы токтың көпірлік өлшеу схемалары қолданылады.

Электр шамаларын өлшеу үшін және сәйкестендірілген сигналдар қалыптастыру үшін, токтың және кернеудің резисторлы түрлендіргіштері кең таралған.

Кернеудегі токтың қарапайым өлшейтін түрлендіргіші тұрақты ток шунты болып табылады (3.13, а... в суреттері), ол төрт қысқышты резистор болып келеді. Ток келетін қысқыштар – тоқтық қысқыштар, ал кернеу кетірілетін қысқыштар – потенциалды қысқыштар болады.

Токты кернеуге түрлендіру үшін шунт ток көзінің тізбегіне қосылады (3.13, в суреті). Кіріс кедергі едәуір төмендегенде, яғни егер Rкір >> Rш болса, онда Uшығ = IитR1m.

Шунтқа қосылатын жүктеме шунттың кіріс кернеуін өзгертеді (3.13, б суреті):

$$R_{кір} = \frac{R_H R_Ш}{R_H + R_Ш} = \frac{R_Ш}{1 + R_Ш/R_H}.$$

Шунт кедергісі Яш-ты Лн жүктемесінің кіріс кедергісі аз дәрежеде ауытқытуы үшін Ян-ның мүмкіндігінше үлкен мәнге ие болуы қажет.

Кернеуді бірнеше есе азайту үшін кернеу бөлгіштерді пайдаланады (3.13, г, д суреті).

Кіріс кернеудің шығыс кернеуге қатынасы (бөлгішті түрлендіру коэффициенті) бөлгіштің кедергісінің қатынасымен келесі формула бойынша анықталады:

$$\frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{\frac{U_{вх}}{R_1 + R_2} R^2}{U_{вх}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

Бөлгішке қосылған жүктеме (3.13, д суретін қараңыз), сонымен қатар келесі формулаға сәйкес түрлендіргіш коэффициентін өзгертеді:

$$\frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{1}{U_{вх}} \left(\frac{U_{вх}}{R_1 + \frac{R_2 R_H}{R_2 + R_H}} \frac{R_2 R_H}{R_2 + R_H} \right) =$$

$$= \frac{1}{\frac{R_1 (R_H + R_2)}{R_2 R_H} + 1} = \frac{R_2 R_H}{R_1 (R_H + R_2) + R_2 R_H} = \frac{R_2}{R_1 \left(\frac{R_2}{R_H} + 1 \right) + R_2}.$$

Кернеуді резисторлық түрлендіргіштердің көмегімен кернеуге түрлендірудің қателігін азайту үшін мүмкіндігінше бөлгіш жүктемесінің кедергісін азайту қажет.

Электр сигналдарының нақты көздерінің эквиваленттерін санау. Кез келген электр сигналдарының көзі ЭҚК Ех-мен және ішкі кедергі Лвн-мен сипатталады. Егер ЭҚК әсерімен осы көз арқылы I тогы жүретін болса, онда ток көзінің қысқышындағы кернеу келесіге тең болады:

$$U = E_x - R_{вн} I.$$

Вольт-амперлік электр сигналы көзінің сипаттамасы (ВАХ) бұл жағдайда 3.14, а суретінде көрсетілген түрде болады.

Электр сигналының көзіне жүктеме қосылады, сондықтан U көзі қысқышындағы кернеу осы жүктеме кернеуіне тең.

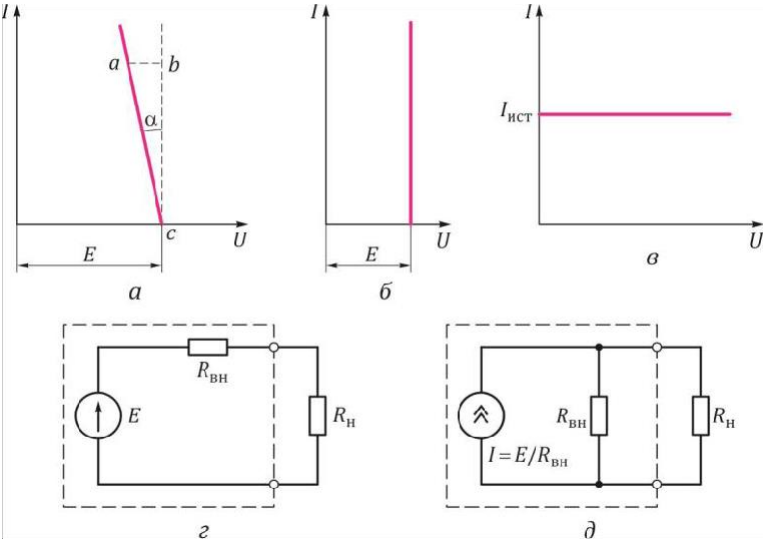
Көлбей бұрышының Лвн тангенсінің ішкі кедергісінің артуымен а ВАХ көлбеуі өседі. Екі шектеулі жағдайды қарастырайық.

1 - жағдай. $R_{вн}$ = 0. Мұндай идеалдандырылған электр дабылының көзі ЭҚК көзі деп аталады (схемаларда (↑) белгісімен белгіленеді). Нұсқар ЭҚК ішіндегі потенциалдың өсу бағытын көрсетеді. ЭҚК көзі - бұл идеалдандырылған электр дабылының көзі, оның қысқыштарындағы кернеу тұрақты және ЭҚК Е шамасына тең және жүктеме тұтынатын токқа байланысты емес. Вольт-амперлік сипаттама // мұндай көздің 3.14, б суретінде көрсетілген.

2 - жағдай. Е →∞; R_{bh} →∞; tga →∞;a →∞.

Мұндай идеалдандырылған электр дабылының көзі

ток көзі деп аталады (схемаларда (ретінде белгіленеді). Нұсқар көз ішіндегі ток бағытын көрсетеді. Ток көзі – электр дабылдарының нақты көздерінің эквиваленттері (г, д):



3.14-сурет. Вольт-амперлік сипаттамалар (а... в) және электр дабылдарының нақты көздерінің есептейтін эквиваленттері (г, д):
а —ЭҚК нақты көзінің ВАХ; б — ЭҚК идеалды көзінің ВАХ; в — токтың идеалды көзінің ВАХ; г — ЭҚК көзі түріндегі эквивалент; д — ток көзі түріндегі эквивалент

Бұл сондай электр дабылының идеалдандырылған көзі, оның тогы жүктеме кедергісіне байланысты емес. Вольт-амперлік сипаттама

мұндай көздің сипаттамасы 3.14, в суретінде көрсетілген.

Бақылаудың электр схемаларын талдағанда, электр сигналдарының нақты көздері оларды есептеу эквиваленттерімен алмастырады, олар ретінде келесілердің әрекет етуі мүмкін:

1) Rвн ретімен қосылған кедергісі бар ЭҚК көзі, электр дабылы көзінің ішкі кедергісіне тең (3.14, г суреті);

2) көз тогы бар ток көзі 1ис τ = Е/Явн және Я вн параллельді қосылған кернеу, электр сигналы көзінің ішкі кедергісіне тең (3.14, д сурет).

Бірінші есептеу эквиваленті түрінде терможұптарды ұсынған қолайлы, сонымен қатар әр түрлі кернеу түріндегі шығыс сигналы бар нормалаушы түрлендіргіштерді ұсынуға болады. Бұл түрлендіргіштер келесідей орындалады: олардың ішкі Явн кедергісін Ян жүктеме кедергісімен салыстырғанда нөлге тең деп санауға болады. Бұл жағдайда түрлендіргіштердің шығыс сигналы Ян кедергісіне байланысты болады (яғни жүктеме тұтынатын токқа). Демек, сигнал кернеуінің шамасына енгізілген ақпарат жоғалмайтын болады.

Екіншілік есептеу эквиваленттері түрінде шығыс ток дабылы бар Нормалаушы Түрлендіргіштердің барлығын ұсынған қолайлы. Бұл түрлендіргіштер осылайша орындалады: Явн >> Ян, демек, ток шамасына енгізілген ақпарат Явн арқылы токтың шығып кетуі салдарынан жоғалмайтын болады.

Электр сигналы көзінің есептеу эквиваленттерінің параметрлерін анықтау. Бұрыннан белгілі, кез келген схемада бір бұтақты ажыратып бөлуге болады, ал схеманың қалған бөліктері оның күрделігіне және құрылымына қарамастан екі өрісі бар - қосөрісті тік төртбұрыш түрінде шартты түрде белгіленеді.

Егер қосөрістің ішінде ЭҚК көзі болса немесе ток көздері болса, онда мұндай қосөріс белсенді деп аталады және схемаларды тіктөртбұрыштың ішіне А әрпі қойылады; ал олай болмаған жағдайда (ЭҚК көзі және ток көздері болмағанда) пассивті деп аталады, және тіктөртбұрыштың ішіне ешқандай белгі қоймайды (немесе Р әрібін қояды).

Бақылау және автоматты бақылау схемасын талдағанда барлық өлшеу схемалары мен өлшейтін Түрлендіргіштерді активті қосөріс ретінде ұсыну қажет. Электр дабылдарын қабылдағыштар, мысалы екіншілік түрлендіргіштер, — бұл пассивті қосөрістер.

Кез келген қосөріс қандай да бір есептеу эквивалентімен ұсынылуы мүмкін, әдетте эквивалентті генератормен бірге, оның ЭҚК қысқышы бар қосөрістінің бос жүрісінің кернеуіне тең, ал ішкі кедергісі Лвн қосөрістердің қысқыштарына қатысты кіріс кедергіге тең, демек бірінші есептеу эквиваленті пайдаланылады (3.14, г сур. қар.).

Бос жүріс кернеуі (Uxx) келесі екі әдіспен анықталуы мүмкін:

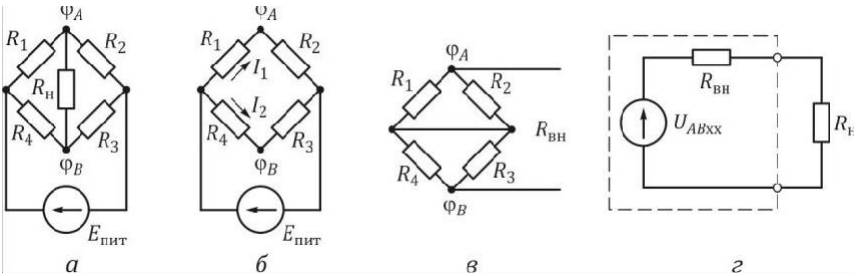
- бос жүріс тәжірибесін жүргізумен, бұл жолы $R_н$ жүктемесі өшіп тұрғанда қосөрістің қыстырғышындағы кернеу токты аз тұтынатын вольтметрмен өлшенеді, десек үлкен $R_{вх}$;
- екіншісі $R_н$ жүктемесі өшіп тұрғанда, есептеу жолымен.
- $R_{вн}$ ішкі кедергісін сонымен қатар екі тәсілмен анықтауға болады:
- қысқы тұйықталу тәжірибесімен, мұнда $R_н = 0$:

$$I_{КЗ} = \frac{U_{XK}}{R_{BX}} \rightarrow R_{BH} = \frac{U_{XX}}{I_{КЗ}},$$

мұндағы 1кз амперметрмен анықталады.

- ЭҚК көзі қысқартылған жағдайда есептеу жолымен (себебі ЭҚК көзінің ішкі кедергісі нөлге тең) және ток көзі тұйықсыздандырылғанда (себебі ток көзінің ішкі кедергісі ∞ тең).

Мысал, көпірлік өлшеу схемасын ұсынуды бірінші есептеу эквивалентімен қарастырайық (3.15, а суреті).
Электр сигналын қабылдағыштың кіріс кедергісі Лвн-ға тең. Ян жүктеме өшіп тұрғанда Uxx бос жүрісінің кернеуін табамыз.



3.15-**сурет.** Көпір схемасын есептеу эквивалентімен ұсыну қадамдары: а —бастапқы көпір схемасы; б — ихх анықтау; в — Ян анықтау; г — бірінші есептеу эквивалентімен ұсыну

(3.15, б сурет.) Кирхгофтың екінші режесін қолдана отырып, $ф_л$ және $Ф_в$ потенциалы арқылы құрғақ айналыс кернеуін табамыз.

$$\varphi_A = \varphi_B + I_2 R_4 - I_1 R_1; \qquad (3.16)$$

$$I_1 = \frac{E_{ПИТ}}{R_1 + R_2}; \qquad (3.17)$$

$$I_2 = \frac{E_{ПИТ}}{R_3 + R_4}. \qquad (3,18)$$

(3.16)-де (3.17), (3.18) қоя отырып, аламыз:

$$\varphi_A = \varphi_B + \frac{E_{ПИТ}}{R_3 + R_4} R_4 - \frac{E_{ПИТ}}{R_1 + R_2} R_1. \qquad (3.19)$$

(3.19)-дан U A_{BXX} құрғақ жүріс кернеуін өрнектей отырып, аламыз :

$$U_{ABxx} = \varphi_A - \varphi_B = E_{ПИТ}\left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) =$$

$$= E_{ПИТ}\frac{R_1R_4 + R_2R_4 - R_1R_3 - R_1R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} = E_{ПИТ}\frac{R_2R_4 - R_1R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}.$$

Көпір тепе-теңдікте болғанда, яғни $R_2R_4 = R1R3$ болғанда кернеу UABxx = 0 болады.$R_{ВН}$ жүктемесі өшіріліп тұрғанда $R_Н$ кедергісін және қысқартылған ЭҚК $Е_{пит}$ (3.14, в суретін қараңыз) анықтаймыз, сонда алатынымыз:

$$R_{ВН} = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3R_4}{R_3 + R_4}.$$

Бірінші есептеу эквиваленті түрінде берілген схема 3.15, г суретінде көрсетілген. Бірінші есептеу эквиваленті әрқашан екінші есептеу эквивалентімен алмастырылуы мүмкін (3.14, д суретін қараңыз). Егер қосөріс пассивті болса, онда бір ішкі кедергімен $R_{ВН}$ беріледі.

Электр сигналдарының көздері мен қабылдағыштарының біріккен жұмысының ерекшеліктері. Егер электр сигналдарының көзіне электрлік өлшеу приборы жалғанған бола, онда сол көзден біраз қуат тұтынады. Бұл электр сигналы көзінің жұмыс режимін бұрмалайды, бұл өлшеу әдісінде немесе токтарды және кернеулерді беру әдісінде кемшіліктің туындауына әкеледі.

Кемшілікті есептеу үшін, электр сигналы көзінің есептеу эквивалентінің параметрлерін білу қажет.

Электр сигналын қабылдағыш көзге қатысты жүктеме болып табылады, сондықтан оның кіріс кедергісі R^ арқылы белгіленеді, бірінші есептеу эквивалентінің көмегімен электр сигналын өлшеу немесе беру схемасын қарастырайық (3.14, г сур. қараңыз).

Мұндай схемадағы ақпарат тасымалдаушы кернеу шамасы болады. Сондықтан, ин жүктемесіндегі кернеу электр сигналы көзіне неғұрлым жақын болса, терістік өлшеу немесе сигнал беру соғұрлым аз болады: Салыстырмалы кемшілік

$$\sigma = \frac{Uxx - U_{\text{i}}}{U_{XX}} 100\ \%. \qquad (3.20)$$

Жүктемедегі кернеу

$$U_H = \frac{U_{xx}}{R_{BH} + R_H} R_H. \qquad (3.21)$$

(3.20)-ға (3.21)-ді қойып кернеу түрінде берілген ақпараттық сигналдар берудің салыстырмалы кемшілігін есептеуге арналған өрнек аламыз:

$$o = \frac{1}{U_{xx}} \left(U_{xx} - \frac{R_H}{R_{BH} + R_H} U_{xx} \right) 100\ \% =$$

$$= \left(1 - \frac{R_H}{R_{BH} + R_H} \right) 100\ \% = \frac{R_{BH}}{R_{BH} + R_H} 100\ \%.$$

Бұдан Лн кедергісі неғұрлым көп болса (электр сигналдық қабылдағыштың кіріс кедергісі), сигнал берудің салыстырмалы терістігінің соғұрлым аздығы байқалады. Осы себеп бойынша шығыс сигналы бар түрлендіргіштердің техникалық сипаттамасында кернеу түрінде үнемі жүктеме кедергісі үшін төменгі шекара көрсетіледі Ян > RKmin.

Өлшеу схемасын екінші есептеу эквивалентімен қарастырайық (немесе ақпараттық сигнал беру) (3.14, д суретін қараңыз). Мұнда ақпарат $1_{ИТ}$ ток күші ретінде көрсетіледі.

Салыстырмалы кемшілік:

$$\sigma = \frac{I_{ИТ} - I_H}{I_{ИТ}} 100\,\%. \qquad (3.22)$$

Ток жүктеме арқылы:

$$I_H = I_{ИТ} \frac{R_{BH} R_H}{(R_{BH} + R_H) R_H}. \qquad (3.22)$$

(3.22)-ге (3.23)-ті қойып салыстырмалы кемшілікті анықтауға арналған өрнек аламыз:

$$o = \frac{1}{I_{ИТ}}\left(I_{ИТ} - I_{ИТ}\frac{R_{ВН}}{R_{ВН}+R_{Н}}\right)100\ \% =$$

$$= \left(1 - \frac{R_{ВН}}{R_{ВН}+R_{Н}}\right)100\ \% = \frac{R_{Н}}{R_{ВН}+R_{Н}}100\ \%.$$

RH кедергісі неғұрлым аз болса (ток қабылдағыштың кіріс кедергісі), өлшеу немесе ток берудің салыстырмалы терістігі соғұрлым аз. Осы себеп бойынша токтық шығыс дабылы бар түрлендіргіштердің техникалық сипаттамасында жүктеме кедергісіне жоғарғы шекараны көрсетеді $R_H < R_{Нmin}$.

Автоматтандыру жүйелеріндегі қашықтықтан байланыс сигналдары. Қандай да бір дабылды таңдау берілетін ақпарат түріне, кабельдік активті кедергісіне, оқшаулаудың жетілмеуінен токтың шығып кетуіне, және байланыс желісінің максималды ұзындығына байланысты.

Қашықтықтан байланыс сигналының екі түрі болады: үздіксіз (аналогтық) және дискретті (сандық).

«Аналогтық» деген термин бұл шаманың ұқсас шама – аналогтың көмегімен берілетінін көрсетеді (Мысалы, температура кернеудің немесе байланыс желісіндегі токтың көмегімен).

«Үздіксіз» термині мұндай шаманың қасиетін – мәндер арасында осы шама қабылдайтын үзік жоғын білдіреді.

Дискретті шамалар барлық ықтималдарды қабылдай бермейді, тек қатаң түрде анықталған мәндерді ғана қабылдайды (Мысалы, «0» немесе «1»).

Сонымен қатар дискретті сигналдарды сандық деп жиі атайды, өйткені дискретті сигналдардың әр мәніне есептеу жүйесі анықтаған қандай да бір санды қоюға болады.

Үздіксіз байланыс сигналдарында ақпарат кернеу шамасында, немесе ток шамасында көрсетіледі.

Байланыс желісінің эквивалентті электр схемасы ақпарат тасымалдаушы ЭҚК болып табылған жағдайда бірінші есептеу эквиваленті түрінде болады (3.14, г сур. қар.).

Жүктемедегі кернеу келесі жолмен анықталады:

$$U_H = \frac{E}{R_Л + R_H} R_H,$$

мұндағы Ra — байланыс желісі сымдарының кедергісі.

Датчик ЭС өзгермейтін жағдайдағы жүктемедегі кернеу Rл — байланыс желісі сымдарының кедергісі өзгергенде өзгеретін болады, бірақ бұлай болмаған дұрыс, өйткені бұл ақпарат беру кемшілігінің

туындауына әкеледі.

Басқаша айтқанда байланыс желісі кедергісінің электр сигналын қабылдағышты градуирлегенде жасалған мәннен кез келген ауытқу ақпарат беру кемшілігінің пайда болуына әкеледі.

Токтық беру жүйелерінің эквивалентті электр схемасы екінші есептік эквивалент түріне ие (3.14, д суретін қараңыз).

Мұндай схемада Rл байланыс желісі сымдарының кедергісі қаншалықты өзгергенімен жүктеме арқылы ток датчик тогына тең болады. Демек, идеалында токтық беру жүйесінің кемшілігі нөлге тең.

Осылайша ақпарат берудің аз кемшілігін алу тұрғысында байланыстың ток жүйелерін пайдаланған дұрыс деген қорытынды жасауға болады.

Алайда, токтық беру жүйесінің оқшаулағыштың мінсіз еместігіне байланысты кабель тарамдары арасындағы токтың шығып кетуіне байланысты кейбір кемшілігі болатынын есте ұстау керек. Кабель тарамдары арасындағы шығып кетуге кедергі $R_{ут}$ кабель ұзындығының артуына байланысты азайып отырады. Кабельдің ұзына бойы метрге сәйкес шығып кетуге қарсы белгілі бір кедергісі бар. Эквивалентті электр схемасында оны жинақталған шама $R^0_{ут}$. ретінде көрсетеді.

Кабель ұзындығының артуы Эквивалентті электр схемасында қосымша паралельді қосылған $R^0_{ут}$. кедергісінің пайда болуына әкеледі.

Жүктеме кедергісінің ақырғы мәні Rн жағдайындағы терістік токтық беру жүйесін анықтаймыз. Салыстырмалы терістік құрайды:

$$\sigma = \frac{I - I_H}{I} 100\ \%;$$

$$I_H = I \frac{R_{ут}\left(\frac{R_л}{2} + R_H\right)}{R_{ут} + \left(\frac{R_л}{2} + R_H\right) \parallel \left(\frac{R_л}{2} + R_H\right)},$$

Одан:

$$\sigma = \left(1 - \frac{R_{ут}}{R_{ут} + \frac{R_л}{2} + R_H}\right) 100\ \%.$$

Түрлендірілгеннен кейін Rл, Rн, Rут кедергілері арқылы

салыстырмалы кемшілікті анықтау үшін өрнек аламыз:

$$\sigma = \frac{R_л/2 + R_H}{R_{ут} + \frac{R_л}{2} + R_H} 100\ \%.$$

Әдетте Rл >> Rн, Rн >> Rут, сондықтан салыстырмалы кемшілікті анықтау үшін алынған өрнекті оңайлатуға болады

$$\sigma = \frac{R_H}{R_{ут}} 100\ \%.$$

Мысал. $\sigma < 0{,}1$ % ретінде берілген кемшілікте шығып кету Rут кедергісін анықтаймыз:

$$\frac{R_H}{R_{ут}} 100\ \% \le 0{,}1\ \% \Rightarrow R_{ут} \ge 10^3 R_H.$$

Rн = 3 кОм, Rут > 3 • 10^6 Ом = 3 МОм болғанда.

Бұл шарт кәдімгі ПВ және ПГВ кабельдерін пайдаланғанда төсеу аймағындағы температура 50 °С болғанда және байланыс желісі 10 км дейін болғанда орындалады.

Егер төсеу аймағындағы температура 20 °С болса, онда байланыс желісінің ұзындығы мұндай кабельді пайдаланғанда 65 км дейін ұзартылуы мүмкін.

Осылайша ұзақ байланыс желілері үшін ақпарат берудің токтық жүйесін қолдану қажет. Сонымен қатар кернеуі бойынша шығыс сигналы бар приборлар конструкциясы өте қарапайым болып табылады, сондықтан байланыс сигналының аралас жүйесі қолданылады: токтық-қашықтағы датчиктерден жүйенің орталық бөліміне беру үшін және кернеуі бойынша – жүйенің орталық бөлімдерінің приборлары арасында.

Байланыстың дискретті сигналдары ақпараттық сигналдар ретінде және қашықтағы атқарушы құрылғыларды басқару үшін қолданылады. Соңғысы атқарушы құрылғыларды басқарудың үлкен қуатты қажет ететіннен туындап отыр.

Қуатты сигналдарды бергенде байланыс желісінің ПӘК үлкен маңызға ие.

Электротехника курсынан байланыс желісінің ПӘК неғұрлым жоғары болса желідегі кернеу соғұрлым жоғары және токтың соғұрлым аз болатыны белгілі. Байланыс желісінің ПӘК келесі өрнек арқылы анықталады:

$$\eta = \frac{P_H}{P_1},$$

мұндағы $P_1 = U_1I$ — кернеу көзінен алынатын қуат, ол қуат $P_н$ тұтынылатын жүктеме қуатынан және байланыс желісінде шашыраған қуаттан тұрады:

$$P_1 = P_н + 1^2R_{л.}$$

Бұдан

$$P_н = P_i - 1^2R_{л}.$$

Демек, байланыс желісінің ПӘК былай өрнектеуге болады:

$$\eta = \frac{P_1 - I^2R_л}{P_1} = \frac{U_1I - R_лI^2}{U_1I} = 1 - \frac{R_лI^2}{U_1}.$$

Осылайша токтық сигналдарды қашықтағы атқарушы құрылғыларды басқару үшін қолданған энергетикалық тиімсіз болып табылады. Бұл мақсатта кернеудің дискретті сигналдарын қолданған энергетикалық тиімді және техникалық тұрғыда қолайлырақ.

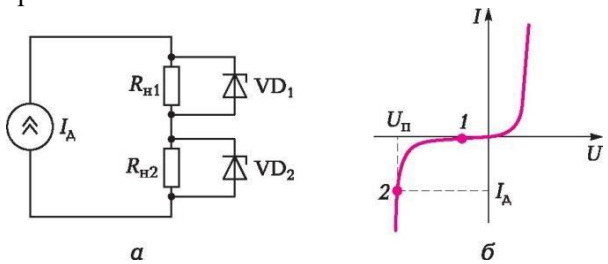
Кернеудің дискретті сигналдары сандармен және белгілермен кодталады (шартты белгімен белгіленеді).

Мысалы, тұрақты токтың атқарушы құрылғыларын басқарғанда басқару жүйелерінде шартты нөлге ортаңғысы мен шеткі сым арасында кернеудің жоқтығы сәйкеседі. «+1» сигналына «Ср.» және «Б» арасындағы айнымалы токтың 220 В сәйкеседі; ал «-1» сигналына «Ср.» және «М» арасындағы кернеу сәйкеседі, сонымен қатар дискретті сигналдарды беру үшін технологиялық жүйелерде басқа да кернеу деңгейлері (24, 110 және 115 В) қолданылуы мүмкін.

Мұндай байланыс желісінің ұзақтығы және кедергіден қорғануы шартты нөл мәнінің және шартты бірліктің мәндерінің үлкен жол берулерімен қамтамасыз етіледі, сол жағдайда сигнал қабылдағыштың қалыпты жұмысы сақталады (Мысалы, технологиялық басқарылатын бақылағыштардың көпшілігі үшін «0» шартты белгісімен 0...7 В диапазонында өзгеретін тұрақты ток кернеуі түсініледі, ал логикалық «1» дегеніміз —18.30 В тұрақты токтың кернеуі.

Тізбекті үзілуден қорғайтын қорғанысы бар токтық сигналды тұтынушыларды қосу схемасы. Токтық сигнал тұтынушылары сигнал көзіне ретімен қосылады. Сондықтан әлдеқандай бір тұтынушыны өшіргенде токтық сигналдың басқа да тұтынушылары өшіп қалады. Осыған жол бермес үшін токтық сигналдың басқа тұтынушыларының әрқайсысының қыстырғышына паралельді қорғаныс құрылғы қосылады, бұл ретте қорғаныс құрылғы қызметін стабилитрон атқарады. Стабилитронды қосу схемасы 3.16, а

суретінде көрсетілген.



3.16 **сурет.** Үзілуден қорғанысы бар токтық сигнал тұтынушыларын қосу схемасы:
а —стабилитронды тізбекке қосу; б — вольт-амперлік сипаттама // стабилитрон сипаттамасы

Қалыпты режимде стабилитрондағы кернеу жүктемедегі кернеуге тең болады: ин = 1дЯн. Бұл кернеу стабилитрон ип ашудың табалдырық мәнінен біршама кем болады, яғн ин < ип болады, сондықтан стабилитрон жабылады және ол арқылы өтетін ток шамамен нөлге тең болады (1 нүкте, 3.16, б суреті).

Жүктеменің өшіргенде ток көзі тізбектегі ток күшін сақтауға ұмтылады. Осының салдарынан стабилитрондағы кернеу өседі, ип табалдырық мәнінен асады, стабилитрон ашылады және ол арқылы өткен ток көздегі токқа тең болады (2 нүкте, 3.16, б суреті).

Қорғаушы құрылғылар блоктар түрінде шығарылуы мүмкін және (ТҚЖ - КТС) (Мысалы, «КАСКАД» ТӨЖ-да В-01 (UH = 5,6 В) қорғаныс құрылғысы бар).

Байланыс желілеріндегі бөгеттер түрлері, олардың пайда болу себептері және жою тәсілдері. Автоматты құрылғыларды пайдалану практикасында бөгет сигналы прибордың кіріс тізбегінде пайдалы сигналдан соң әрекет етеді. Мұндай бөгетті қалыпты түрдегі бөгет, немесе *көлденең бөгет* деп атайды.

Көлденең бөгеттің пайда болуының бір себебі электромагниттік өрістердің өлшеу контурына әсері болып табылады, соның нәтижесінде онда ЭҚК пайда болады. Көлденең бөгеттің пайда болуының басқа себебі - паразитті индуктивті және өлшеу желісі мен «жерге» қатысты потенциал астындағы желі арасындағы сыйымдылық байланыстар.

3.17 суретте прибордың өлшеу тізбегіндегі Е бөгетінің әсері көрсетілген, мұндағы С1, С2 — паразитті сиымдылықтар; М1, М2 — паразитті индуктивті байланыстар.

Бұл схемада көлденең бөгет өлшеу контуры симметрия болмағанда, яғни М1 ф М2, L1 ф L2, Ra1 ф R^, С1 ф С2 болғанда ғана өзін байқатады. 3.17, б суретінде көлденең бөгеттің әсерін көрсететін

прибордың өлшеу тізбегінің эквивалентті электр схемасы көрсетілген.

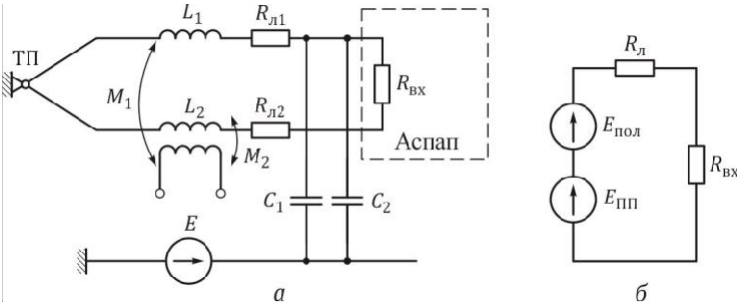
Көлденең бөгет айнымалы кернеу болып келеді, ол прибордың кіріс тізбегінде тұрақты ток кернеуі болып келетін пайдалы сигналмен ретті әрекет етеді.

Көлденең бөгет бәсеңдетудің барынша тиімді тәсілі байланыс желісі сымдарын максималды жақындату болып табылады. Бұл ретте өлшеу контурының ауданы кішірейеді, яғни оныңмен бірге ондағы ЭҚК те кішірейеді, М1 мен М2 өзара индуктивтілігі, Ra1 және Ra2 байланыс желісі сымдарының кедергісі, сондай-ақ С1 мен С2 паразиттік сыйымдылықтар теңестіріледі.

Егер және бұл жағдайда көлденең бөгет тым үлкен болса, онда сымдарға бұрау және экрандай жүргізу қажет және мүмкіндігінше байланыс желісінің ұзындығын кішірейту керек. Көлденең бөгетпен күрестің тағы бір тәсілі төмен жиілік сүзгісін қолдану болып табылады.

Егер бөгет аспап кірісі мен «жер» (аспап корпусы) арасында туындаса, онда мұндай бөгетті ***бойлық бөгет*** деп атайды.

Бойлық бөгеттің түзілуіне өлшеу тізбегінің бір сымы, немесе екі сымы да қатысады, екі сымы қатысқан жағдайда бойылық бөгет тогы сымның бойымен бір бағытта жылжиды. Кері сым «жер» болады.



3.17 сурет.Көлденең бөгеттің қылаптасуы:
а — өлшеу желісі мен «жерге» қатысты потенциал астындағы желілер арасындағы паразиттік индуктивтік және сыйымды байланыстар әсері; б — көлденең бөгеттің әсерін көрсететін өлшеу тізбегінің эквивалентті электр схемасы(Епол — пайдалы ЭДС; Епп — көлденең бөгет ЭДС-і)

Аспаптың өлшеу тізбегіндегі бойлық бөгеттің қалыптасуы 3.18, а суретінде көрсетілген.

Аспаптың кіріс тізбегіндегі бөгет шамасын анықтаймыз.

Байланыс желісінің толық кедергісі Z_1 және Z_2 келесі қатынастармен анықталады:

$$Z_1 = R_{л1} + \frac{1}{j\omega C_1};$$

$$Z_2 = R_{л2} + \frac{1}{j\omega C_2}.$$

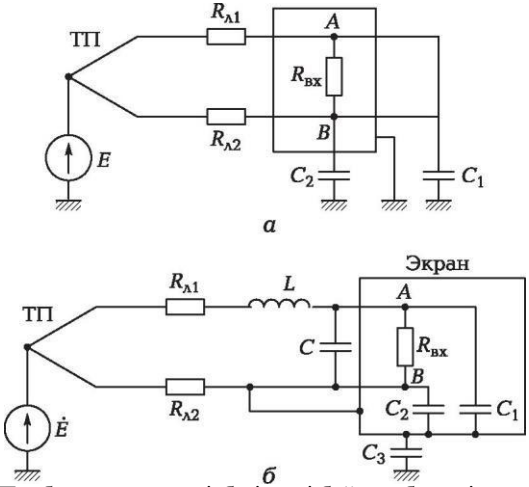
жағдайында аспап кірісіндегі Rвх>> Z_1, Z_2 потенциалдары аспап кірісінде (А және В нүктелерінде) құрайды:

$$\varphi_A = \frac{E}{Z_1}\frac{1}{j\omega C_1};$$

$$\varphi_B = \frac{E}{Z_2}\frac{1}{j\omega C_2}.$$

Онда аспап кірісіндегі бөгет кернеуі:

$$\dot{U}_{AB} = \dot{\varphi}_A - \dot{\varphi}_B = \dot{E}\left(\frac{1}{j\omega C_1 Z_1} - \frac{1}{j\omega C_2 Z_2}\right).$$



3.18 сурет. Прибордың өлшеу тізбегіндегі бойлық бөгеттің қалыптасуы (а) және прибордың кіріс тізбегіндегі қалқымалы экранды қолдану (б)

Егер $R_{л1} = R_{л2}$, $C_1 = C_2$, онда $U_{AB} = 0$, яғни бойлық бөгет прибордың өлшеу тізбегінің симметриясында өзін байқатпайды, симметрия болмаған жағдайда бойлық бөгет өзін көрсетеді, неғұрлым айқын дәрежеде көрсетсе, симмериясыздығы соғұрлым үлкен.

Аспап кірісінде сүзгіні қосу өлшеу тізбегінің симметриясыздығын күшейтеді. осының салдарынан бойлық бөгеттің әсері артады. Бұдан өзге, бойлық бөгеттен кернеу $R_{вх}$-ге бөлінгендіктен, бөгет сүзгіні айналып өтіп әсер етеді.

Бойлық бөгеттің ең үлкен әсеріне электр кедергі пештеріне орнатылған терможұптармен бір жинақта жұмыс істейтін приборлардың өлшеу тізбегі ұшырайды.

Терможұпты әдетте желі кернеуі берілетін қыздырғыш пештің маңына орнатады. Терможұп мен қыздырғыштың потенциалды өрісінің арасында әрқашан паразитті сыйымдылық және шығып кетудің ақырғы кедергісі $R_{ут}$ болады.Әдетте реттеу контурының инерттілігін азайту үшін, терможұпты реттеу контурының инерттілігін азайту үшін, пештің қыздырғышында дәнекерлейді. Сондықтан терможұп мен «жердің» арасында айнымалы кернеу әрекет етеді, ол эквивалентті электр схемасында ЭҚК түрінде бейнеленеді.

Бойлық бөгетпен күрестің барынша тиімді тәсілі қалқымалы экранды қолдану болып табылады. Бұл экранға прибордың кіріс элементтерін орналастырады, ол элементтерде бойлық бөгет кернеуі бөлінеді, экран аспап корпусынан мұқият оқшаулайды және байланыс желісінің сымдарының бірімен жалғастырады (3.18, б суреті).

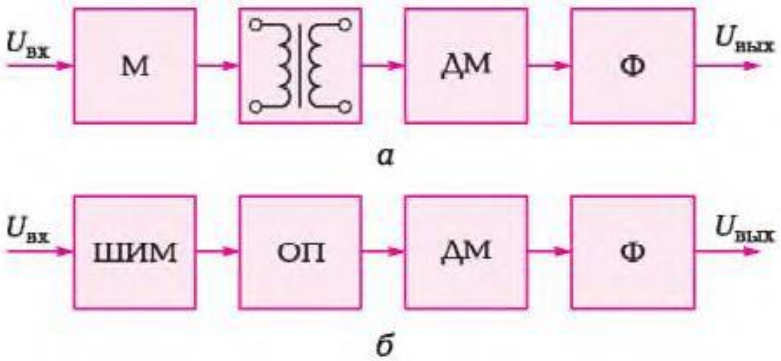
Егер экрандау барынша мұқият орындалған болса, онда ол прибордың кіріс элементтері мен «жер» арасындағы паразитарлы сыйымды байланысты толығымен жояды. Олардың орнына прибордың кіріс элементтері мен экран (C_1 және C_2) арасында және экран мен «жер» арасында (C_3) паразитті сыйымды байланыс пайда болады.

Экран конструкциясы экран мен аспап корпусы арасындағы минималды паразиттік сыйымдылықты – C_3 сыйымдылығын қамтамасыз етуі тиіс.

Бойлық бөгетпен күрестің тиімді тәсілдерінің тағы біреуі тізбектерді гальваникалық оқшаулау болып табылады.

Қуат көздерінің тізбектерін және электр сигналдарын қабылдағыштарды гальваникалық оқшаулау тізбектер арасындағы тікелей электр байланыстарын жоюды білдіреді. Бұл үшін тізбектерді гальваникалық бөлудің арнайы түйіндері пайдаланылады.

- ажыратқыш трансформаторлар;
- оптоэлектронды түрлендіргіштер.



3.19 сурет. Гальваникалық бөлу түйіндерінің құрылымдық схемасы: а —бөлгіш трансформатормен; б — с оптоэлектрондық түрлендіргішпен.

Гальваникалық бөлу түйіндерінің кез келген типін пайдаланғанда тұрақты ток кернеуі болып келетін пайдалы сигналды алғашында тасымалдаушы сигналдарды модуляциялау үшін пайдаланады, содан соң модульденген сигнал гальваникалық бөлу түйініне жіберіледі.

Тізбектердің гальваникалық оқшауланыу бөгеттерді бір басқару контурына жинауға жол ашады және бұл бөгеттердің басқа контурларға таралуына мүмкіндік бермейді.

Бөлгіш трансформаторларды пайдаланып, тізбектерді гальваникалық бөлу (гальваникалық шешу түйінінің құрылымдық схемасы 3.19, а суретінде көрсетілген) келесі жолмен жүзеге асырылады.

Бұл схемада тұрақты ток кернеуінің сигналын тасымалдаушы жиілікті модуляциялау үшін, модулятор (М) пайдаланады. Содан кейін модуляцияланған сигнал бөлгіш трансформаторға беріледі және әрі қарай – демодуляторға (ДМ) жіберіледі, ол фазосезімтал түзеткіш болып келеді. Осыдан соң сигнал сүзгімен (Ф) сүзіледі.

Оптоэлектрондық түрлендіргіштерді пайдаланып, тізбектерді гальваникалық бөлу (гальваникалық шешу (ОП) түйінінің құрылымдық схемасы 3.19, б суретінде көрсетілген) келесі жолмен жүзеге асырылады.

Бұл схемада тұрақты ток кернеуінің сигналы ендік-импульстік модуляторына (ЕИМ) беріледі, ол оны тұрақты ілесу жиілігіне және кіріс сигналына пропорционалды сіңіргіштікке ие дискреттік импульстер жүйесіне түрлендіреді. Дискреттік импульстер жүйесі гальваникалық бөлу түйініне – оптоэлектрондық түрлендіргішке, содан соң демодуляторға және сүзгіге түседі.

ЖОБАЛАУДЫҢ ЖӘНЕ БАСҚАРУДЫҢ БІРІКТІРІЛГЕН ЖҮЙЕЛЕРІ

4.1. БІРІКТІРІЛГЕН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ

Технологиялық процестердің күрделілігі, технологиялық қызметкерлер үшін процесс жүргізу қауіпсіздігіне қойылатын талаптар, сонымен қатар автоматтандыру жүйелерінің құнын, иелену құнымен қоса төмендету тілегі көпшілік құрал-жабдық өндіруші фирмалардың технологиялық процестерді автоматтандыру үшін ақпарат алудан және басқарушы әрекеттерді – датчиктер мен атқарушы құрылғыларды жүзеге асырудан бастап, және адам-машина интерфейсі құралдарымен және ақпарат берудің біртұтас ортасымен біріктірілген процесті диспетчерлік басқарумен аяқтай отырып, жалпы автоматтандыру процесі бойынша кешенді (біріктірілген) шешімдері әзірлей және ендіре бастауына әкелді.

Жобалаудың және басқарудың мұндай интеграцияланған жүйелерін (ЖБИЖ) жасауда бірыңғай стандартты және типтік шешімдер қолдану жалпы жүйелер әзірлеу, енгізу және қызмет көрсету шығындарын төмендетуге жол ашады, ал қызмет көрсетуші қызметкерлерден мамандарды кешенді даярлау - құрылғыны жөндеу және баптау мерзімдерін қысқаруға жағдай жасайды.

Автоматтандырудың толығымен біріктірілген жүйелері (Totally Integrated Automation) әлемдік өндірісі пен технологияны автоматтандыру жүйесін бірізділендірудің сапалы жаңа әдісі болып келеді, онда аппараттық және бағдарламалық басқару құралдары біртұтас жүйеге бірігеді.

Мұндай жүйелерді SIMATIC Totally Integrated Automation тұқымдасының Siemens фирмасының біріктірілген жүйелері мысалында тұрғызуды және пайдалануды қарастырайық.

Siemens фирмасының біріктірілген жүйелеріне келесі компоненттер кіреді:

- SIMATIC S7 және SIMATIC C7 және автоматтандыру жүйелері;
- SIMATIC DP бөлінген кіріс-шығыс жүйелері;
- (ПО) SIMATIC MANAGER өнеркәсіптік бағдарламалық жасақтамасы;
- SIMATIC PG бағдарламалағыштар;
- SIMATIC PC өнеркәсіптік компьютерлері;
- SIMATIC WinAC компьютерлік басқару жүйелері;
- SIMATIC HMI WinCC адам-машина интерфейсі;
- SIMATIC NET байланыс құралы;
- SIMATIC PCS7 өнеркәсіптік процестерді басқару жүйелері.

Бұрын аталап өтілгендей жалпы автоматтандырылған бақылау жобалары және техникалық құралдармен орындалатын функциялар бойынша басқаруды үш деңгейге бөлді (1.3-суретін қараңыз).

Төменгі (өрістік) деңгейде – басқару процесі деңгейінде - датчиктер және атқарушы құрылғы орналасады. Өрістік деңгейдің негізгі арналымы – тікелей басқару объектісінде орналасқан құрылғының барлық сигналдарын біріктіру. Классикалық аналогтық және процестің дискретті датчиктері ретінде, сонымен қатар тікелей сандық түрде сигнал қалыптастырушы және осы сигналды басқару деңгейіне бергіш ретінде пайдаланылуы мүмкін. Интеллектуалдық датчиктердің ақпарат беру ортасы ретінде AS-Interface және PROFIBUS хаттамаларының өнеркәсіптік желісі қолданылады.

Біріктірілген жүйелердің **орташа деңгейі** технологиялық процестің жекелеген элементтерінің жергілікті контурын басқарудың негізгі алгоритмін жүзеге асырушы бағдарламаланатын логикалық бақылаушы болып келеді. Өнеркәсіптік желі бойынша өрістік деңгей датчиктерінен деректер ала отырып, бағдарламаланатын бақылаушылар атқарушы құрылғыларды басқарушы сигналдар қалыптастырады, ол сигналдар төменгі деңгейге беріледі.

Басқарушы бақылағыштардан бүкіл ақпарат процесті және адам-машина интерфейсін визуалдандыру қызметін жүзеге асатын **жоғары деңгей** жүйесіне түседі.

Әзірлеу құралдарының деңгейін жеке бөлуге болады, ол бақылағыштарды баптауды, оның ішінде бағдарламалауды, оператор интерфейсін әзірлеуді, атқарушы құрылғыдағы датчиктерден сигналдар мекен-жайларын процессор сигналын өңдеу жүзеге асатын бақылағыш адресіне «байластыруды» жүзеге асыруға көмектеседі.

Басқарушы бақылағыштар деңгейі – технологиялық процесті автоматтандыру жүйесінің негізгі деңгейі. Сигналдар датчиктерден

бағдарламаланатын логикалық бақылағыштарға (БЛК — PLC) беріледі, берілген алгоритм бойынша өңделеді. Нәтижесінде атқарушы құрылғыда басқарушы сигнал қалыптасады. Осы деңгейде басқарудың таратылған жүйесі болып келетін және бір басқару міндетін атқаратын бірнеше бақылағыш жұмыс істей алады. Жекелеген бақылағыштар арасындағы деректер берілісі өнеркәсіптік желінің көмегімен жүзеге асырылады.

Деректер берудің өнеркәсіптік желісі ретінде PROFIBUS желісі кеңінен таралған. Осы жалпы атпен үш әртүрлі, бірақ сәйкесетін хаттамалар жиынтығы біріктірілген: PROFIBUS-FMS, PROFIBUS-DP және PROFIBUS-PA.

Жалпы арналымдағы PROFIBUS-FMS хаттамасы бақылағыштар мен интеллектуалдық құрылғылар байланысы үшін жасалған. Оның негізгі арналымы – деректердің үлкен шамасын беру.

PROFIBUS-DP хаттамасы жүйелерді басқару міндетін орындау үшін пайдаланылады, ол жүйелер нақты уақытты қызмет етуі тиіс, мұндағы басты параметр — деректер беру циклінің ұзақтығы. PROFIBUS-DP хаттамасы пайдаланылатын жағдайлар мен қолданыстағы техникалық құралдар үшін деректер берудің максималды ықтимал жылдамдығын қамтамасыз етеді (Мысалы, 512 бит дерек беру үшін 32 станция бойынша 6 мс қажет).

PROFIBUS-DP хаттамасы ұшқынқауіпсіз жалғауды және сигнал беру сенімділігін талап ететін қауіпті өндірісте жұмыс істейтін құрылғыларда қолданылады.

Таратылған басқару жүйесі хаттаманың барлық үш типін жүзеге асыратын құрылғылардан тұруы мүмкін.

PROFIBUS желісінің құрылғылары жетекші және жетектелуші болып бөлінеді. Желі құрылымында 122 құрылғыға дейін пайдалануға жол беріледі, олардың 32-сі жетекші бола алады. жетекші құрылғылар қатаң түрде тәртіппен өзінің жетектелуші құрылғыларына сұрау жүргізеді. Бір жетекші құрылғының сұрау жүргізу уақыты қатаң кесімделген. Хаттама деректер беру кезінде туындаған қателерді анықтауға және түзетуге мүмкіндік береді.

Адам-машина интерфейсінің деңгейіне (HMI — Human- Machine Interface) диспетчердің/оператордың автоматтандырылған жұмыс орны (АРМ); деректер базасының сервері; мамандар үшін жұмыс орны (компьютерлер) және т.б. болып табылатын басқарудың бір немесе бірнеше станциясы кіреді.

Басқару станциялары технологиялық процесс барысын бейнелеуге және жедел басқаруға арналған. Осы станциялардың мамандандырылған БЖ диспетчер мен басқару жүйесі арасындағы интерфейсті қамтамасыз етуге, сонымен қатар сыртқы әлеммен

коммуникацияға бағдарланған.

АЖО жалғыз пайдаланушы жүйелері шағын қосымшаларда қолданылады, бірақ оларды технологиялық процестің өз бетінше бөлімдерінде басқару және бақылау үшін пайдалануға болады. Жалғыз пайдаланушы жүйесі тәуелсіз жұмыс істейді, яғни ол барлық өндіріс үшін қажетті құралдармен жабдықталған.

Автоматтандыру деңгейімен немесе желімен байланыс мысалы нүкте-нүкте қосылуы арқылы жүзеге асады. Әдетте, ПЛМ бақылағышының Ethernet желісіне деректер беруге арналған шлюзі бар, оған оператор станциясы жалғанады. Кейбір жағдайларда өнеркәсіп желісін қосудың интерфейстік платасы оператор станциясына орнатылады.

АЖО көп пайдаланушылар жүйелері технологиялық процестерді бірнеше оператордың басқаруына мүмкіндік береді, және олардың әрқайсысы технологиялық тізбектің жеке учаскесін басқаруды жүргізе алады, және технологиялық тізбектің басқа учаскелеріндегі операторлардың іс-әрекеттерін бақылай алады.

Көп пайдаланушылар жүйелері бүкіл технологиялық тізбекті бірмезгілде бақылау қажет болғанда алынады. Бұл жағдайда әр мониторда тізбек бөлігі көрінеді, ал бүкіл процесті басқаруды бір оператор жүргізе алады, басқаруды тізбектің бір бөлігінен, екінші бөлігіне беруге болады.

Көп пайдаланушылар жүйелері клиент-сервер қағидаты бойынша жұмыс істейді. Сервер технологиялық процестермен (бақылағыштар деңгейімен) байланыс және архивтеу міндетін атқарады, ал станция-клиент серверден деректер алады, ол үшін стандартты TCP/IP хаттамасын және Ethernet жергілікті желісін пайдаланады.

Бірнеше сервері бар АЖО таратылып бөлінген жүйесі. Технологиялық процестерді басқару міндетін бірнеше серверге бөлу жалпы жүйелердің жоғары өнімділігін қамтамасыз етеді. міндеттер типін серверлер бойынша бөлу қағидатты маңызға ие (Мысалы, архивтеу, графиктерді, апаттық хабарламаларды көрсету және т.б. міндеттер бөлінеді). Өнімділікті арттыру үшін бақылағыш деңгейінен деректерді *бірнеше коммуникациялық процессорды қолдану есебінен Ethernet желісіне беруге және оны бірнеше жергілікті кіші желілерге бөлуге арналған деректер берудің бірнеше каналы пайдаланылады.

4.2. БІРІКТІРІЛГЕН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОНЫ РЕТТЕУ ҚҰРАЛЫ

Жалпы мәліметтер. Біріктірілген басқару жүйесін баптауға және бағдарламалауға байланысты барлық процедуралар мамандандырылған бағдарламалар пакетін пайдалана отырып жүргізіледі. Simatic тұқымдасының басқару деңгейінің бақылағыштарын баптау үшін, Simatic Manager пакетін қарастырайық.

Simatic Manager пакеті модульді пакет болып табылады, яғни қандай бір белгілі әрекетті орындау үшін, өз бағдарламасы пайдаланылады.

Simatic Manager базалық жинағына операторлар тізімін (Statement list, STL),контактілік (Ladder diagramm, LAD) және функционалдық жоспар немесе функционалдық блоктар диаграммалары (Function block diagram, FBD) бағдарламалау тілдері кіреді. Базалық пакеттен өзге сонымен қатар S7-SCL (Structured control language — басқару тілін құрылымдау), S7- GRAPH (Sequence planning — ретті жоспарлау) және S7-HiGraph (State-transition diagram — ауысу-күйінің диаграммалары) қол жетімді.

Осы пакеттегі жұмыс ретін қарастырайық.

Simatic Manager пакетіндегі жаңа жоба жасау операцияларының реті. Simatic Manager кәдеге жарату пакетін пайдаланып, жаңа жоба жасау келесі ретті қадамдарды қарастырады:

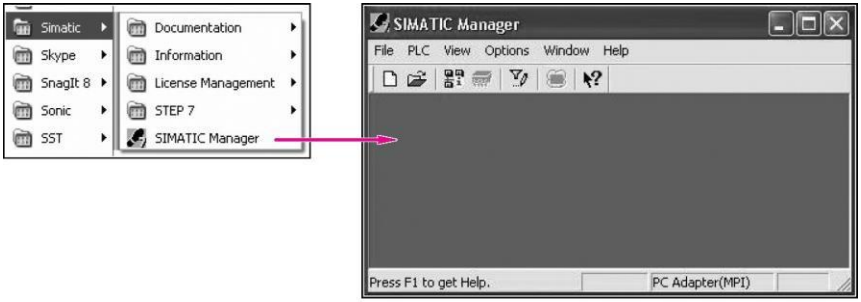
- Simatic Manager қосу;
- утилитті пайдалана отырып, жаңа жоба жасау, жоба жасау:
- пайдаланылатын CPU типін таңдау, ұйымдастыру блогының типі мен бағдарламалау тілі және жобаға ат беру;
- жасалған жобаны ашу, жоба құрылымынан аппараттық бөлімді таңдау, утилитке конфигурация ашу және станцияның аппараттық бөлігін конфигурациялау;
- символдар кестесін ашу және символдық аттар беру;
- бағдарламалық блок таңдау немесе жасау, утилитке STEP 7 тіл редакторын ашу, талап етілетін бағдарламалауды орындау;
- жобаны бақылағышқа жүктеу және қажет болса оның жұмысын мониторинг режимінде тестілеу.

Жұмысшы жоба жасау бойынша қадамдардың бұл реті бекітілген болып табылмайды – реті де, қадамдар саны да өзгеруі мүмкін.

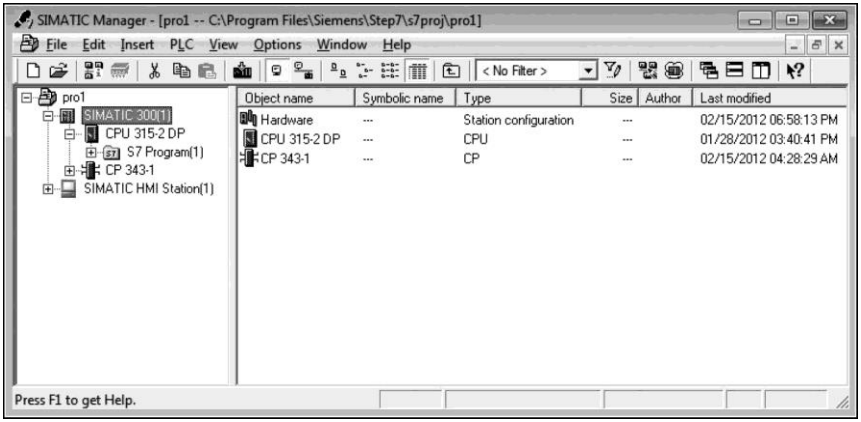
Simatic Manager қосу және жаңа жоба жасау. Simatic Manager қосу басты мәзірден жүзеге асырылады немесе жұмысшы үстелде

орналасқан затбелгінің көмегімен жүзеге асады. 4.1 суретінде бағдарлама терезесінің түрі және Simatic Manager қосу әдісі көрсетілген. Жаңа жоба үшін <File>мәзір тармағында <'New Project' Wizard...> командасын таңдау қажет, ол жаңа бағдарлама жасау мастерін іске қосады. Мастердің көмегімен жоба жасау төрт қадамнан тұрады.

Бірінші қадамда болашақ жобаның құрылымын (Preview командасы) қарау ұсынылады. Екінші қадамда бақылағыш слотына орнатылған процессор типі таңдалады. Үшінші қадамда логикалық бағдарлама ұсыну түрі анықталады. Төртінші қадамда жоба атауы енгізіледі. Содан соң жоба жасалады және ол дискіге жазылады.



а



б

4.1 сурет. Simatic Managerортасында жоба жасау:
а — негізгі бағдарламаны қосу; б — жасалған бағдарлама терезесінің түрі

Жасалған бағдарлама түрі 4.1, б суретінде көрсетілген.

Жоба терезесі үш бөлікке бөлінген: сол жағында жобаның иерархиялық құрылым көрсетілген, оң жағында осы құрылымның әр элементінің құрамы, атауында – жобаның атауы мен оның дискідегі физикалық орналасу орны.

«Бос» жоба жасалғаннан кейін оның жекелеген элементтерін толтыру басталады. Осы кезеңдерге жобаның аппараттық бөлігін конфигурациялау, пайдаланылатын айнымалылардың символдық аттарының кестесін жасау бойынша операциялар, жобаның бағдарламалық бөлігін тікелей жасау, жобаны қосу және реттеу операциялары кіреді.

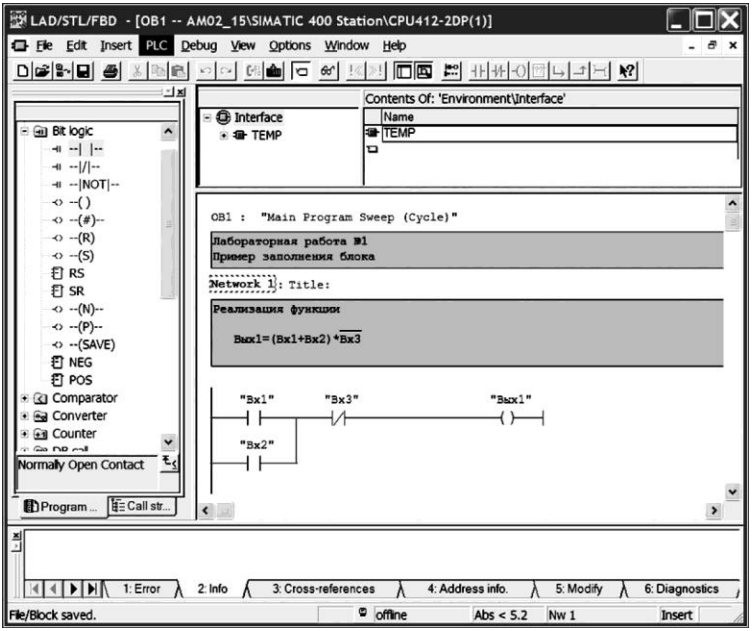
Жобаның *аппараттық бөлімін конфигурациялау* қолданылатын аппаратура туралы ақпарат жобасын енгізуге мүмкіндік береді. Пайдаланылатын процесс типі бойынша, енгізу-шығару модульдерінің (сигналды модульдердің), коммуникациялық модульдердің және т.б. параметрлері келтіріледі. Сонымен қатар бақылағыштың желілік конфигурациясы бойынша ақпарат пен өнеркәсіп желісінің басқа бақылағыштарымен өзара әрекет көрсетіледі.

Символдар кестесі процессордың нақты мекен-жайларына символдық белгінің орнату үшін қажет. Бұл жағдайда айнымалылардың символдық аты нақты Адрес синониміне айналады, онда сол айнымалы орналасады.

Технологиялық бағдарламалаудың бір немесе бірнеше тілдерін пайдалана отырып, *жобаның бағдарламалық бөлігін редакциялағанда*, басқарушы алгоритм жүзеге асады. S7 LAD тілін редакциялағанда бағдарлама редакторының утилиттері терезесінің түрі 4.2-суретінде көрсетілген.

Технологиялық бағдарламалаудың негізгі тілі STEP 7. Реле логикасының негізгі түсініктері.STEP 7 Технологиялық бағдарламалау тілдерінің тобы бағдарламалау саласындағы және алгоритм тілдерін пайдаланудың минималды біліммен технологиялық процестерді басқару алгоритмін жүзеге асыруға жол ашады. Осы топтың барлық тілдері МЭК 61131-3 стандартына сәйкеседі.

Көпшілік басқару алгоритмдері терминдермен және түсініктермен берілген және автоматизацияға тән бағдарламалық элементтерді пайдалана отырып, жүзеге асады. Микропроцессорлық бақылағыштың басқару алгоритмдерін әзірлеудің мұндай тәсілдемелері басқару бағдарламасының графикалық ұсынылуын пайдалануға жол ашады, бұл оның оқылуын біршама арттырады және қателер санын азайтады.



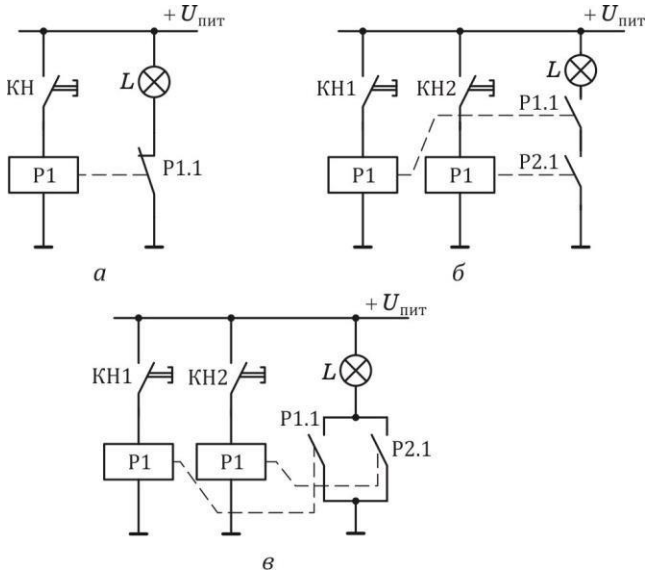
4.2-сурет. Бағдарлама редакторы терезесінің түрі

Бұл тілдер арасында басқарушы алгоритмдерді жүзеге асыру мүмкіндіктерінде қағидатты айырмашылық жоқ, алайда кейбір алгоритмдер, мысалы, ретімен қосылу схемасына ие алгоритмдер дәстүрлі түрде S7-LAD тілінде жүзеге асады, ал кейбіреуі, мысалы бүтін және заттай шамаларды өңдеу алгоритмі S7-STL тілінде орындалады.

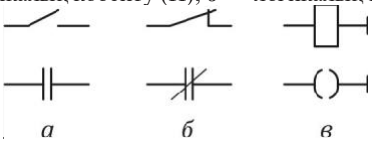
Бағдарлама әзірлеу принципін түсіндіру ретінде нақты элементтер түрінде кейбір реле схемаларын жүзеге асыру мысалдарын қарастырайық (4.3-сурет.).

Осы реле схемаларының қызметін бағдарламалық қалыптастыру үшін нақты элементтер мен олардың графикалық белгіленуін LAD тілінде сәйкестікке келтіреміз. 4.4-суретінде LAD тіліндегі элементарлық әрекеттер белгіленген нақты электрлік реле схемасы элементтерінің сәйкестігі көрсетілген.

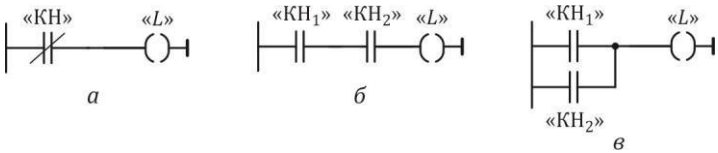
Осы белгілеулерге сәйкес 4.3-суретінде көрсетілген схемалардың бағдарламалық баламалары 4.5-суретінде көрсетілген түрге ие болады. Реле схемасының бағдарламалық жүзеге асуында аралық элементтер жоқ. Схемада тек логикалық қызметті жүзеге асыруға керекті элементтер көрсетілген.



4.3-сурет. Релелік сызбалардың логикалық операцияларын іске асыратын электрлі сызбалар мысалдары:
а — кері (НЕ); *б* — логикалық көбейту (И); *в* — логикалық қосу (ИЛИ)



4.4-сурет. Нақты электрлік реле схемасы (жоғарыда) элементтерінің олардың LAD тіліндегі графикалық бағдарламалық ұсынылуына сәйкестігі (төменде):
а — қалыпты тұйықсыздандырылған немесе ашық контакт; б — қалыпты тұйық түйісу; в — реле шарғысы



4.5-сурет. 4.3-суретке сәйкес негізгі логикалық операцияларды жүзеге асыратын LAD тіліндегі реле схемасының мысалдары:
а — терістеу (НЕ); б — конъюнкция (И); в — дизъюнкция (ИЛИ)

Күрделірек операциялар элементарлық операциялардың

комбинациясы болып табылады.

Алайда LAD тілінде реле схемасын жобалағанда бірқатар шектеулер бар:

- тізбектегі токтың шартты қозғалысы солдан оңға қарай жүруі мүмкін («+» шартты сигналдан «жалпыға»);
- контактісі жоқ тізбектер жол берілмейді.

STL тілінде релелік схемасы арнайы тіл көмегімен – операторлар тізімін сипаттайды.

STL тілінің базалық операцияларын сипаттау үшін келесі операторлар қызмет етеді:

- A, AN — И логикалық операциясы және инверсиямен;
- O, ON —ИЛИ логикалық операциясы, немесе инверсиямен;
- X, XN —ИЛИ-ді жоққа шығарушы операциялар, немесе инверсияны жоққа шығарушы немесе инверсиямен;
- = — реле шарғысы.

Командалар сол ретпен жолдарға жазылады, онда логикалық өрнекті есептеу жүреді.

Мысалы, STL тілінде негізгі логикалық операцияларды жүзеге асыру (4.5-суретін қараңыз) былай жазылады: терістеу (4.5, а суретін қараңыз):

AN «KH»
= «L»

логикалық және (4.5, б суретін қараңыз):

A «KH1»
A «KH2»
= «L»

логикалық немесе (4.5, в суретін қараңыз):

O «KH1»
O «KH2»
= «L»

«ИЛИ жоққа шығарушы» операциясы элементарлы логикалық операция болып табылмайды, алайда STL тілінде бұл операция үшін команда қарастырылған.

«ИЛИ жоққа шығарушы» операциясын STL тілінде жүзеге асыру келесідей болып жазылады:

=X «KH1»
X «KH2»
= «L»

4.3. SCADA-ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚҰРАМЫ. ӨНДІРІСТІК ӨНЕРКӘСІПТЕ ҚОЛДАНУ

ТП АБЖ жоғарғы деңгейі SCADA-жүйе негізінде құрылады, SCADA-жүйе оператормен диалогқа негізделген автоматтандырылған жүйені тұрғызудың барынша перспективалы технологиясы болып табылады. SCADA жүйелері (Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерлік басқару және деректер жинау) өнеркәсіптің көптеген салаларында қолдау тапты және бұл технологияға қызығушылық соңғы онжылдық бойы өсу үстінде.

SCADA технологиясы негізінде адам-машина интерфейсінің дамыған құралдары алынған, олардың көмегімен технологиялық процесс барысы туралы ұсынылатын ақпараттың көрнектілігі, процесті басқару «тетігінің» қол жетімділігі, кең еске салу және анықтамалық ақпарат жүйесі алынған.

Сонымен қатар SCADA тұжырымдамасының дайын типті шешімдерді және стандартты операциялық жүйе құралдарын пайдалану есебінен автоматтандыру бойынша жобалар әзірлеу мерзімін қысқартуды көздейді, бұл әзірлемеге кететін тікелей қаржы шығындарын қысқартуға әкеледі.

Кез келген SCADA-жүйелерінің құрылымы келесі негізгі міндеттердің жүзеге асуын қамтамасыз етеді:

- технологиялық процесті монитор экранында визуалдандыру (көрсету);
- технологиялық деректерді сақтау;
- деректер жинау және өңдеу бойынша басқа жүйелерімен өзара әрекет;
- монитор экранында визуалдандыру әрекетінің алгоритмін жүзеге асыру;
- технологиялық ақпараттарды жергілікті желіге және Интернет желісіне беру және бұл ақпаратты ақпараттық порталға ұсыну.

Визуалдандыру құралы —SCADA-жүйе жүйесінің базалық қасиеттерінің бірі. Әзірлеме пакеті негізіне анимациялық қызметтің белгілі бір жинағымен графикалық объектілік-бағдарланған редактор алынған. Қолданылатын векторлық графика таңдалған объектілерге операциялардың кең аясын жүзеге асыру мүмкіндігін береді. Объектілер қарапайым (сызықтар, тіктөртбұрыштар және т.б.), және бірнеше қарапайымнан құралған күрделі болуы ықтимал. Бұдан өзге, қолдануға дайын өнеркәсіп өндірісінің барлық салаларын қамтитын

графикалық объектілердің үлкен кітапханасы бар. Сонымен қатар, визуалдандырылған құралдарға уақыттағы (трендтер) графиктер түріндегі технологиялық параметрлерді ұсыну құралын және дабыл қалыптастыру құралын (алармалар) жатқызуға болады.

Ақпарат сақтау құралдары SCADA-жүйенің дерек қорын басқару жүйесі (ДҚБЖ) өзара әрекетін қамтамасыз етеді, деректерді басқару базасы SCADA-жүйе құралдарын пайдаланып жүзеге асырылуы және сыртқы (Мысалы, Microsoft Access, Oracle және басқа) болуы мүмкін. SCADA-ның барлық жүйелері ашық жүйелерге, яғни стандартты әдістерді пайдаланып, деректер алмасу үшін басқа ашық жүйелермен өзара әрекет жасайтын жүйелерге жатады, мысалы, DDE (dynamic data exchange) хаттамасын қолданатын, немесе OPC (Object Linking and Embedding for Process Control) технологиясын қолданатын. Мұндай өзара әрекеттестік микропроцессорлық құралдардан және әртүрлі өндірушілердің бағдарламалық жасақтамасынан шоғырландырылған жүйелер жасауға жол ашады, бірақ бұл жағдайда оларды бір жүйеге біріктіру әр жүйешенің ашық интерфейсі арқылы стандартты әдістермен жүзеге асады.

Кіріктірілген *scripts* бағдарламалау тілі тұтынушыға графикалық объектілер қасиеттерін жүзеге асыру бойынша есептеу операцияларын жүргізуді, математикалық және статистикалық есептеулер жүргізуді, технологиялық объектілерді басқару логикасын қалыптастыруды талап ететін күрделі қосымшалар әзірлеу үшін икемді аспап ұсынады.

Өнеркәсіпте WinCC (Siemens), InTouch HMI (Wonderware), Trace Mode (AdAstra) сияқты SCADA- жүйелер кең таралған.

Кез келген SCADA-жүйе бір-бірімен өзара әрекетке түсетін бағдарламалық құралдар кешені болып келеді. SCADA-жүйенің негізгі графикалық құралдарына жатады:

- жүйелер құрамына кіретін және жобаны жедел басқаруға арналған проводник (жол сілтеуші) немесе қосымшалар менеджері;
- графикалық қарапайымдарды, ТП АБЖ сигналы бар графикалық элементтерді байластыру құралы, анимация құралдары және т.б. кіртін қосымша терезесін әзірлеу ортасы;
- бақылау, диагностикалау және ақпаратты сақтау құралдары;
- орындау ортасы.

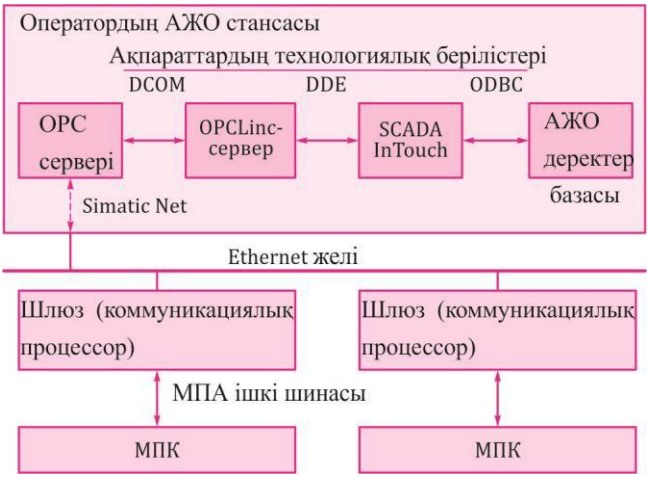
Бақылаушылар деңгейінен (басқарудың жергілікті контуры) процесті диспетчерлеу деңгейіне ақпарат беру арнайы МПК техникалық құралдар кешенінің құрамына кіретін құрылғылар — шлюздер немесе коммуникациялық процессорлар арқылы жүзеге асырылады.

Деректер берілісі ТП АБЖ-де стандартталған OPC технологиясын

пайдаланып жүзеге асырылады. Байланысты ұйымдастыру үшін АЖО операторының компьютерінде арнайы бағдарламаны - OPC-серверді баптау қажет, ол МПК-мен ақпарат алмасуды жүзеге асырады. МПК-ның әр типі үшін өндіруші өз OPC-серверін шығарады, онда бақылағыштың нақты типімен алмасу хаттамасы жүзеге асады. SIMATIC тобының бақылағышы үшін алмасу хаттамасы мамандандырылған Simatic NET БЖ көмегімен жүзеге асырылады, онда OPC-сервердің өзі, және оны баптау құралдары бар.

Windows ортасында жүзеге асқан SCADA-жүйесі үшін OPC-сервер DDE қосымшалары арасында ішкі деректер беру хаттамас бойынша деректер ұсынады. Хаттамаларды түрлендіру үшін қосымша бағдарламалық модульдер (Мысалы, OPCLink) пайдаланылады. МПК және АЖО операторы арасындағы деректер беру механизмін жүзеге асырудың оңайлатылған схемасы 4.6 суретінде берілген.

SIMATIC NET байланыс құралы — бұл Siemens фирмасы мен PC бақылағыштары арасындағы байланысты ұйымдастыруға арналған мамандандырылған драйверлер. Драйверлердің екі түрі болады — SOFTNET PG және SOFTNET S7. SOFTNET PG Драйверін Simatic Manager арқылы тек бағдарламалау үшін және станцияның (бақылағыштың) жағдайын диагностикалау үшін пайдалануға болады; ал SOFTNET S7 драйвері OPC-сервер құрамына кіретін деректерді алу және бақылағышқа беру мүмкіндігін береді.



4.6 сурет. InTouchSCADA-жүйелерін пайдаланып, МПК және оператор АЖО-ы арасында деректер беру механизмін жүзеге асырусхемасы.

Wonderware фирмасының OPCLink Server арнайы бағдарламалық жасақтамасы InTouch-тің SCADA-жүйесіне OPC-серверінің деректеріне кіруге мүмкіндік береді. InTouch-тің SCADA-жүйесі DDE (dynamic data exchange) — Windows операциялар жүйесінің хабарламалар механизмі негізінде әртүрлі қосымшалар арасында динамикалық деректер алмасу аппараты арқылы OPCLink Server-мен өзара әрекет жасайды. В SCADA-жүйелерінде ODBC технологиясы – API қызметтерінің жинағы (Application Interface — интерфейс-қосымша) — деректердің реляциялық базасына кіру технологиясы жүзеге асады.

Технологиялық процестер датчигінен сигналдарды PLC бақылағышы оқиды және басқару жүйесінде пайдаланылады. Әр жергілікті контурға арналған бақылағыш берілген басқару алгоритміне сәйкес басқарушы сигнал қалыптастырады. Бірмезгілде осы сигналдар оператор бақылауы үшін SCADA-жүйесіне түседі. Осы ақпараттың негізінде мнемосхемадағы объектіні ұсыну іске асады. Оператор тапсырманы өзгерту, басқару режимін ауыстырып қосу, қолмен басқару сигналдарын қалыптастыру жолымен басқару процесіне араласу мүмкіндігіне ие. Бұл командаларды оператор АЖО интерфейсі арқылы да, және жергілікті жолмен де, Контурдың техникалық құралдарын пайдалану арқылы бере алады (қолмен бергіш, қолмен басқару блогы).

.

МЕХАТРОНДЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ЖЕКЕ КҮРДЕЛІ ЕМЕС МОДУЛЬДЕРІН ӘЗІРЛЕУДІҢ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУДІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

II

БӨЛІМ

5-тарау. Микропроцессорлық басқарушы жүйелерін құру және аппараттық қамтамасыз ету қағидаттары.

6-тарау. Автоматтандырудың техникалық құралы.

7-тарау. Объектілер мен басқару жүйелерін модельдеу

МИКРОПРОЦЕССОРЛЫҚ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚҰРУ ЖӘНЕ АППАРАТТЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҚАҒИДАТТАРЫ

5.1. ТИПТІК МИКРОПРОЦЕССОРЛЫҚ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ

Жалпы мәліметтер. Өнеркәсіптік өндірістің заманауи мехатрондық жүйелері микропроцессорлық басқару жүйесі бар техникалық құралдардың біріктірілген кешені болып келеді.

Типтік микропроцессорлық басқару жүйелер архитектурасы 5.1 суретінде көрсетілген. Мұндай жүйеде сандық машинаның барлық бес негізгі бар: ақпарат енгізу құрылғысы; басқарушы құрылғыдан (БҚ) және арифметикалық логикалық құрылғыдан (АЛҚ) тұратын (АЛУ микропроцессор; жадыға сақтаушы құрылғы – тұрақты жадыға сақтаушы құрылғы (ТЖҚ) және сыртқы жадыға сақтау құрылғысы (СЖҚ); ақпарат шығару құрылғысы.

Адрес шинасы (АШ) құрылғының адресін (нөмірін) анықтау үшін пайдаланылады, сол мекен-жаймен процессор осы сәтте ақпарат алмасады. Әр құрылғыға (процессордан өзге) әр ұяшықта микропроцессорлық жүйеде өзінің мекен-жайы беріледі. Қандай да бір мекен-жайдың кодын процессор Адрес шинасына қойған болса, осы Адрес жазылған құрылғы оны ақпарат алмасу күтіп тұрғанын түсінеді. Адрес шинасы бір- және екібағытты болады.

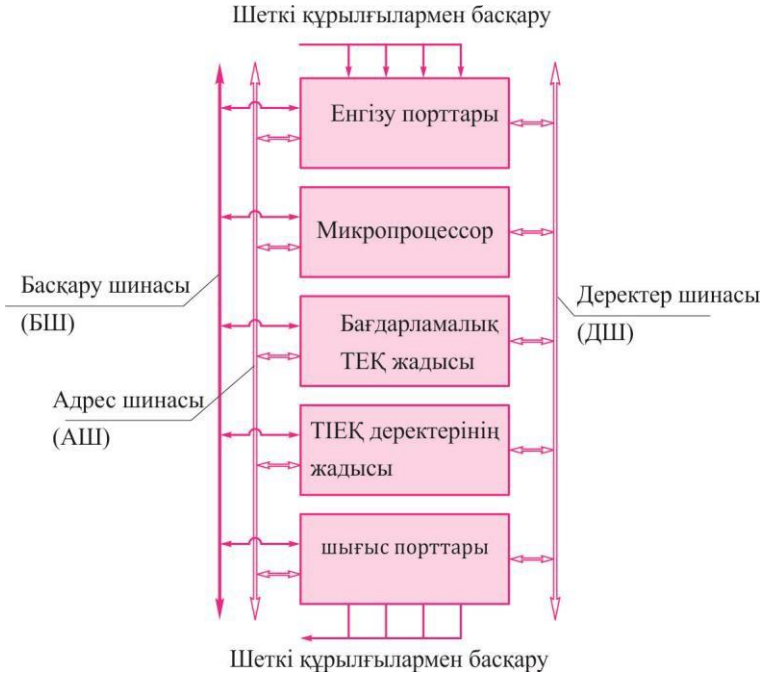
Деректер шинасы (ДШ) – негізгі шина, ол микропроцессорлық жүйеде барлық құрылғылар арасында ақпараттық кодтарды беру үшін пайдаланылады. Әдетте, ақпаратты қайта жібергенде, қандай да бір құрылғыға немесе ұяшыққа код жіберетін (қабылдайтын) процессор қатысады. Сондай-ақ құрылғылар арасында процессордың қатысуынсыз да ақпарат беруге болады. Деректер шинасы үнемі екі бағытты.

Басқару шинасының (БШ-ШУ) ША-дан және ШД-дан айырмашылығы ША мен ШД жекелеген басқарушы сигналдардан тұрады. Осы сигналдардың әрқайсысы ақпарат алмасқан кезде өз функциясын атқарады. Кейбір басқарушы сигналдар берілетін немесе қабылданатын деректерді стробирлеу қызметін атқарады, яғни

ақпараттық кодтың деректер шинасына орнатылған уақыт сәтін анықтайды. Басқа басқарушы сигналдар деректердің қабылдауды растау, барлық құрылғыларды бастапқы жағдайға келтіру үшін және т.б. пайдаланылуы мүмкін. Басқару шинасының желісі бір немесе екі бағытты болуы мүмкін.

Тұрақты жадыға сақтаушы құрылғы микропроцессорлық жүйеде жүйенің барлық элементтерін басқаратын кейбір бағдарламаны қамтиды.

Бағдарламалар еркін таңдауға ие жадыға сақтаушы құрылғыға (ЕЖСҚ-ЗУПВ) сыртқы жадыға сақтаушы құрылғыдан алынып жүктелуі мүмкін. Бұл пайдаланушы құрастырған басқару бағдарламасы.



5.1 сурет. Типтік микропроцессорлық жүйе құрылымы

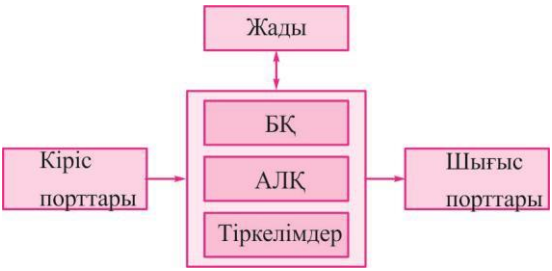
Микропроцессордың сипаттамасы, функционалдық ұйымдастырылуы және жұмыс алгоритмі. Микропроцессор басқару құрылғысынан, арифметикалық-логикалық құрылғыдан және соларға байланысты регистрлерден (5.2-сурет.) тұрады. Регистр дегеніміз ішкі тез әрекет етуші процессор жады болып келеді.

Басқару құрылғысы регистрлерді пайдаланып, жад, енгізу-шығару порты және арифметикалық-логикалық құрылғы арасында ақпарат алмасуды, сонымен қатар АЛҚ операциясын орындауды басқарады.

АЛҚ-дағы операция орындау процессі ағымдағы орындалатын команда анықтаған алгоритм бойынша вентиль схемасын ашудың және жабудың белгілі бір реті болып табылады. Әр команданы орындаудың алгоритмі микрокомандалар реті түрінде микропроцессорды басқару құрылғысында сақталады. Ең қарапайым микрокоманда биттер жинағы болып келеді, олардың әрқайсысы белгілі бір вентиль жүйесін басқарады. Егер битте логикалық «1» сақталса, онда бұл тиісті схеманы ашу қажеттігін білдіреді, егер «0» онда жабу қажет.

Бағдарлама командасын микрокомандалар ретіне түрлендіру дешифрация деп аталады. Осылайша микропроцессордың жұмысы таңдау-дешифрация-орындау микрошараларын ретті жүзеге асыру болып келеді. Алайда, микропроцессорлық жүйедегі операциялардың нақты ретін бағдарламалар жадына жазылған командалар анықтайды (ТЖҚ).

Процессор орындайтын барлық командалар процессор командасының жүйесін құрайды. Процессор командасының құрылымы мен жүйелер шамасын оның тез әрекет етуі, пайдалану икемділігі мен қолайлығы анықтайды. Процессордың барлық командалары бірнеше ондағаннан бастап, бірнеше жүзге дейін болуы мүмкін. Командалар жүйесі шешілетін міндеттердің тар аясына есептелген (мамандандырылған процессорлар) немесе максималды кең міндеттер



5.2 сурет. Микропроцессордың функционалдық құрылымы

Микропроцессордың жұмыс алгоритмі келесі циклдік қайталанатын, реттілік түрінде болуы мүмкін:

- негізгі жадтағы бағдарламалар командасын таңдау;
- команда дешифрациясы;
- арифметикалық, логикалық және командада кодталған басқа операцияларды орындау;
- тіркегіш пен негізгі жад арасында немесе тіркегіштер және енгізу/шығару құрылғылары арасында ақпаратты қайта жөнелту.

Микропроцессордың сандық басқару жүйесіндегі негізгі сипаттамасы болып табылады:

- *тактілік жиілік* — элементтерді ауыстырып қосудың максималды орындау уақыты;
- *разрядтылығы* — бір мезгілде өңделетін қосарлы разрядтардың максималды саны. Микропроцессордың разрядтылығы былай белгіленеді: m/n/k (m — процессордың қандай да бір класына жататындығын анықтайтын ішкі тіркегіштің разрядтылығы; n — ақпарат беру жылдамдығын сипаттайтын деректер шинасының разрядтылығы; k — Адрес шинасының разрядтылығы, яғни Адрес кеңістігінің өлшемі). Мысалы, микропроцессор разрядтылығы i8088: m/n/k = 16/8/20;
- *архитектура* — командалар мен Адрес беру тәсілдерінің жүйесі, уақыттағы командалардың орындалуын ауыстыру мүмкіндігі, микропроцессор құрамында қосымша құрылғылардың болуы, жұмыс принциптері мен режимдері. Микро- және макроархитектура түсініктерін ажыратады.

МИКРОПРОЦЕССОРЛЫҚ ЖҮЙЕДЕГІ АҚПАРАТ АЛМАСУ ТӘСІЛДЕРІ

Микропроцессор жүйесінде ақпарат енгізудің/шығарудың (ВВ) үш режимі қолданылады:

- бағдарламалық-басқарылатын ЕШ (сонымен қатар бағдарламалық немесе форсирленбеген ЕШ);
- үзу бойынша алмасу (форсирленген ЕШ);
- жатқа тікелей қол жеткізу.

Микропроцессор жүйесінің жүйелік магистралінде орындалатын әрекеттері екі негізгі принципке бағытталады:

- «басқарушы» - «басқарылушы» қағидаты (master — slave): кез келген екі құрылымның өзара әрекеті процесінде олардың біреуі міндетті түрде белсенді, басқарушы роль атқарады және

тапсырма беруші болып табылады, екіншісі басқарылады, орындайды. Тапсырма беруші – ол процессор;

- квиттеу қағидаты (сұраныс — жауап): тапсырма беруші жіберген әр басқарушы сигнал орындаушының сигналымен расталады.Орындаушының жауап сигналы болмаса белгілі бір уақыт үзігі ішінде тайм-аут қалыптасады, тапсырма беруші алмасу қателігін белгілейді, және бұл операцияны тоқтатады.

Бағдарламалық-басқарылатын енгізу/шығару ЕШ келесі белгілерімен сипатталады: бастамалауды және басқаруды процессор орындайтын бағдарлама басқарады. Ал сыртқы құрылғылар пассивті роль атқарады және тек өзінің жағдайы туралы сигнал береді, атап айтқанда енгізу/шығару операцияларына дайындық туралы, мысалы жарықдиодтағы индикатор. Қажет болса ЕШ бағдарламаның тиісті орынында ақпарат енгізу/шығару командасы порт (IN/OUT) арқылы орындалады. Мұндай деректер беру синхронды немесе шартсыз, ЕШ деп аталады.

Алайда көпшілік сыртқы құрылғылар үшін ЕШ операциясын орындағанға дейін олардың алмасуға, демек ЕШ-дың синхронды болып табылатынына көз жеткізу қажет. Құрылғының жалпы жай-күйі READY дайындық жалауымен сипатталады, сонымен қатар оны дайындық/іспен айналысу жалауы (READY/BUSY) деп атайды. Кейде дайындық пен айналысу жағдайын құрылғы жай-күйі сөзінің құрамына кіретін жекелеген READY және BUSY жалаулармен сәйкестендіріледі.

Процессор дайындық жалауының бір немесе бірнеше команданың көмегімен тексереді. Егер жалау орнатылған болса, онда деректің бір немесе бірнеше сөзін енгізу немесе шығару бастамаланады. Жалау жоқ болғанда процессор екі-үш командадан тұратын циклді қайта орындайды және READY жалауын құрылғы ЕШ операциясына дайын болғанға дейін қайтадан тексереді. Бұл цикл сыртқы құрылығының күту (дайын болу) циклі деп аталады. Құрылғы дайын болғаннан кейін онымен деректер алмасу жүреді. Деректер өңдеу алгоритмдеріне немесе алмасудың басқа алгоритмдеріне беріледі, осыдан соң цикл қайталанады.

Бағдарламалық ЕШ негізгі кемшілігі процессордың күту циклдеріндегі еріксіз уақыт жоғалтуында. Ал артықшылығына оны пайдалану жеңілдігін, қосымша аппараттық құралдар қажет етпейтінін жатқызуға болады.

Үзілістер бойынша алмасу қандай да бір сыртқы оқиғаға микропроцессорлық реакция қажет болғанда, сыртқы сигнал келгенде пайдаланылады. Құрылғының деректер беруге дайындығы туралы сигналына назар аудара отырып, процессор үзіліс тудырған құрылғыға қызмет көрсететін бағдарламашаға басқаруды береді. Осы

бағдарламаша орындайтын әрекетті пайдаланушы анықтайды, ал тікелей ЕШ операцияларын процессор басқарады. Басқарушы микропроцессорлық жүйелер жағдайында сыртқы оқиға ретінде мысалы, ұштық ажыратқыштың қосылуын немесе ақпараттық желіден деректер пакетінің келуін атауға болады. Микропроцессорлық жүйе жаңа басқарушы командағы немесе желі бойынша қабылданған пакетті оқуға және өңдеуге назар аударуы тиіс.

Оқиға орын алғанға дейін процессор нақты енгізу/шығару құрылғысына байланысы жоқ басқа міндеттер орындай алады, бұл әрекетті күтуге уақыт кетірмеуге мүмкіндік береді.

Жадыға тура қол жеткізу (ЖТҚ, DMA) — бұл режим бұрын қарастырылғандардан мүлде ерекше болып келеді, бұл жолы жүйе шинасы бойынша алмасу процессордың қатысуынсыз жүреді, яғни деректер берілісі тікелей негізгі жад пен тез әрекет етуші құрылғының арасында жүзеге асады. Қызмет көрсетуді қажет ететін сыртқы құрылғы процессорға сигнал береді, бұл ЖТҚ режимінің қажеттігін хабарлайды, жауап ретінде процессор ағымдағы команданың орындалуын аяқтайды және барлық шинадан өшіп қалады, өшіп қалуы сұраған құрылғыға ЖТҚ режимінде алмасуда бастауға болатынын хабарлайды.

ЖТҚ операциясы енгізу/шығару құрылғысынан ақпаратты жадыға немесе жадтан енгізу/шығару құрылғысына жіберуді іске асырады. Ақпарат жіберу аяқталғанда процессор қайтадан үзілген бағдарламаға оралады, оны сол үзіліп қалған нүктеден бастайды, бұл үзілістерге қызмет көрсету режиміне ұқсас, бірақ бұл жағдайда процессор алмасуға қатыспайды.

Бұл жағдайда жүйеге қосымша құрылғыны (ЖТҚ бақылағышын) енгізу қажеттігі түсінікті болады, ол процессордық қатысуынсыз жүйелік магистраль бойынша толыққанды алмасуды жүзеге асырады. Бұл жағдайда процессор алдын ла осы ЖТҚ бақылағышына ақпаратта қайдан алу керектігін және/немесе қайда орналастыру қажеттігін хабарлайды. ЖТҚ бақылағышы мамандандырылған процессор болып саналады, ол алмасуға өзінің қатыспайтындығымен ерекшеленеді, ол ақпарат қабылдамайды және оны бермейді.

ЖТҚ режимінде алмасу деректер шинасының өткізгіштік қабілеті шектейтін жылдамдықпен жүруі мүмкін, бұл осы режимді сыртқы құрылғымен деректер алмасуға арналған жалғыз режимге айналдырады, ол режимнің тез әрекет етуі процессордың тез әрекет етуімен бірдей.

БАЙЛАНЫС ИНТЕРФЕЙСІ ТУРАЛЫ ТҮСІНІК. ИНТЕРФЕЙСТЕР ТИПІ

Жалпы жағдайда байланыс интерфейсі ретінде екі және одан артық объектілер арасындағы өзара байланысты қамтамасыз ететін бағдарламаларды және аппаратураны түсінеді. Интерфейстің техникалық құралдарының құрамына байланыстың электрлі желілері, сондай-ақ әрбір объектіде бар және алмасу хаттамасына сәйкес байланыс желілері бойынша сигналдарды беру мен қабылдауды басқаратын арнайы электрондық схемалар кіреді.

Алмасу интерфейстерінің бірнеше негізгі түрлері бар: магистральді, радиальді, сақиналық, құрамдастырылған (5.3-сурет.).

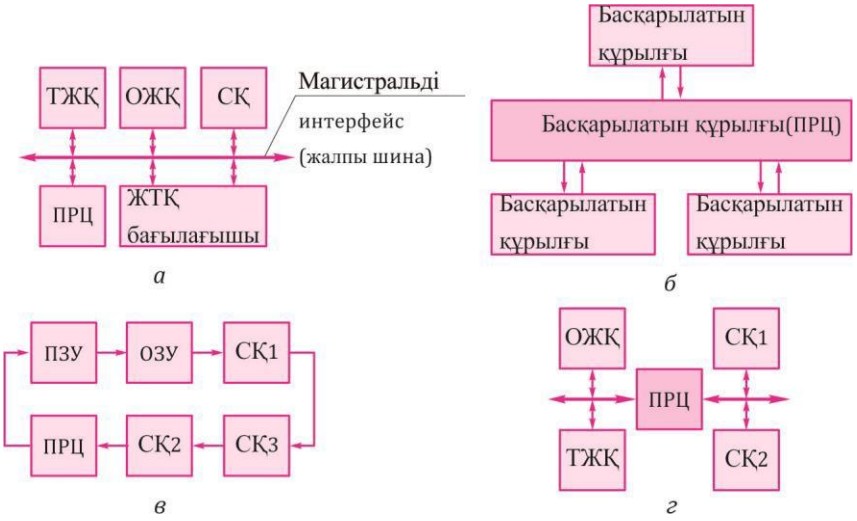
Магистральді интерфейс басқарылатын микропроцессорлық кешеннің барлық құрылғылары ортақ жүйеленген байланыс шинасына қосылады, және микропроцессорлық құрылғылар ішіндегі ең көп тарағаны болып табылады. магистральді интерфейсті микропроцессорлық жүйенің құрылымдық схемасы 5.3, *а суретте* ұсынылған.

Магистральді интерфейс ортақ алмасу хаттамасына және ортақ шинамен бірдей жанасу аппаратурасына иеленуге мүмкіндік береді. Алмасу «белсенді құрылғы — енжар құрылғы» түрі бойынша жүргізіледі. Енжар құрылғы тек қана орындаушы бола алады, деректерді қабылдауды және беруді ол тек қана белсенді құрылғының басқаруымен жүргізе алады

Магистральді интерфейстерде әдетте оперативті жадыға сақтаушы құрылғы ОЖҚ, тұрақты жадыға сақтаушы құрылғы ТЖҚ және сыртқы құрылғылар СҚ бақылаушылар тіркеуіші үшін ортақ адрестік кеңістік қолданылады. Магистральді шина МШ — жүйенің таңдалған элементінің (порттың немесе жады ұяшығының) адресін беруге арналған, ДШ — деректерді беруге арналған және БШ — құрылғыларды басқару командаларын беруге арналған болып бөлінеді. Кейбір жағдайларда өткізгіштердің санын қысқарту үшін адрес шинасын және деректер шинасын мультиплектеуді қолданады — деректер және мекен-жайлар бір өткізгішпен, бірақ әртүрлі уақыт аралықтарында беріледі.

Әрбір уақыт сәтінде ақпаратпен алмасу тек қана екі құрылғы арасында жүруі мүмкін — белсенді және енжар. Белсенді құрылғы үнемі алмасудың бастамашысы болып табылады — енжар құрылғы таңдау сигналын қалыптастырады, енжар құрылғының алмасуға дайындығын бағалайды, таңдалған енжер құрылғымен деректердің

алмасуын жүргізеді. Алмасуға қатыспайтын құрылғылар магистральді интерфейстен ажыратылады. Белсенді құрылғы ретінде әдетте жүйелер процессоры ЖПР танылады. Алайда кейбір жағдайларда сыртқы құрылғы мен жады — белсенді құрылғы арасындағы деректермен алмасу үшін — ЖТҚ бақылаушысы танылады.



5.3-сурет. Микропроцессорлық жүйелердің интерфейстер түрлері:
а — магистральді; б — радиальді; в — шиыршықты; г — құрамдастырылған

Магистральді интерфейс әдетте асинхронды түрде жобаланады, яғни деректермен алмасу жылдамдығы алмасу қатысушыларының ең баяу жылдамдық әрекетіне және байланыс желісінің ұзындығына тәуелді.

Магистральді интерфейстің негізгі артықшылығы оның әмбебаптығы және салыстырмалы түрдегі іске асырылуының төмен құны. Кемшіліктеріне өткізгіштердің көп саны және алмасуға дайын құрылғылар үшін күту (кезек) циклдарының болуы.

Радиальді интерфейсте бір басқарушы модуль болады, оған радиальді схема бойынша басқарылатын модульдер қосылады (5.3-сурет, б).

Радиальді интерфейсті пайдаланған кезде басқарылатын интерфейстер ақпаратпен өзара тікелей алмаса алмайды. Мұндай алмасу тек қана басқарушы модуль арқылы ғана мүмкін.

Радиальді интерфейсте әдетте деректерді беру үшін, бірбағытты

кіші шиналар қолданылады, яғни басқарушы модульден сигналдар шинаның бір бөлігі бойынша, ал басқарылатын модульден сигналдар – бірбағытты шинаның басқа бөлігі бойынша беріледі. Деректердің адрес шинасы бұл жерде әдетте қолданылмайды.

Радиальді интерфейстің негізгі артықшылығы бірнеше басқарылатын модульдер арасында деректердің біруақытта алмасу мүмкіндігі болып табылады. Кемшіліктері басқарылатын құрылғылардың көп саны және жоғары құны болатындығында.

Сақиналық интерфейс ақпаратты жүйелі беруді микропроцессорлық жүйенің барлық элементтері арасында қамтамасыз етеді (5.3-сурет, *в)*.

Деректермен алмасу жүйеге кіретін барлық құрылғылар арасында бір уақытта жүргізіле алады. Әрбір құрылғы өз ақпараттар топтамасын қалыптастырады, оған дереккөз бен қабылдағыш адресін береді және қалыптастырылған топтаманы ақпараттың ортақ ағымына қосады.

Топтама келесі құрылғымен қабылданғаннан кейін деректер топтамасының «талап етілуі» тексеріледі. Кері жауап алынған жағдайда бүкіл деректер топтамасы өзгеріссіз келесі құрылғыға беріледі. Егер деректер қажет болса, онда оларды көшіру жүргізіледі, топтамаға деректердің құрылғымен талап етілгендігі туралы ақпарат қосылады, содан кейін, топтама келесі құрылғыға өтеді.

Топтама толық айналымды жасағаннан кейін және оны қалыптастырған құрылғыға келгеннен кейін, ол ағымнан алынады және ақпараттың жалпы ағымына қайтадан қосылатын жаңа топтама қалыптастырылады.

Сақиналық интерфейстің шинасы бойымен жүйе құрылғыларының *мекен-жайлары,* деректері және басқару командалары беріле алады, бұл шинаның өткізгіштер санын күрт төмендетеді. Бұдан өзге, кейінгі кезде *сақиналық интерфейсті* жүйелер пайда болды, оларда сандық ақпараттың жекелеген сөздерді берудің жүйелілік қағидаты іске асырылған, бұл шинаның өткізгіштер санын үш-төртке дейін қысқартуға мүмкіндік береді.

Осы интерфейстің тағы бір маңызды артықшылығы ретінде байланыс желілерінің шектеулі санды бөлінген есептеу жүйелерін құру мүмкіндігі болып табылады, бұл осындай жүйелерді орынында «жинауды» айтарлықтай жеңілдетеді. Негізгі кемшілігі, осындай жүйенің әрбір модулінде, негізгі функционалдық элементтерінен басқа, цифрлық деректердің қабылдағышы және таратқышының болуы қажеттілігінде.

Құрамдастырылған интерфейс кейінгі кезде таралуы бойынша магистральді интерфейстерді ығыстыруда және өзінде магистральді және радиальді интерфейстердің жағымды қасиеттерін біріктіреді. Әдетте құрамдастырылған интерфейс басқарушы процессорға

радиальді түрде қосылған екі ортақ шинаны қамтиды (5.3-сурет, г). Бұл жағдайда «жылдам» құрылғылар бір шинаға, «баяулар» — басқасына қосылады. Бұл қолжетімдік кезінде, негізінен, процессор тарапынан жадыға қолжетімдік кезінде уақыттың үлкен шығындарын болдырмауға мүмкіндік береді. Қолжетімдік кезінде периферияльық құрылғының дайындықты күту уақыты ықпал етпейтін болады.

5.4. ЖАДЫҒА САҚТАУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ ТИПТЕРІ ЖӘНЕ СИПАТТАМАЛАРЫ

Жалпы мәліметтер. Микропроцессорлық жүйелерде ақпаратты сақтау үшін , жартылай өткізгіш материалдар негізіндегі жадыға сақтау құрылғылары, сонымен қатар магнитті және оптикалық сыртқы тасымалдағыштар қолданылады. Компьютердің ішкі жадысы тікелей бағдарламаларды және деректерді сақтау функциясын орындамайтын, басқа интегралды микросхемалар (ИМС) құрамына енгізілген, тікелей жады және элементтердің жекелеген ИМС түрінде ұсынылған, — бұл орталық процессордың ішкі жадысы да, әртүрлі құрылғылардың бақылаушылары да бола алады.

Жадыға сақтау құрылғыларының элементтерін құру үшін негізінен кремний негізіндегі (өйткені диэлектрик ретінде әдетте кремний оксидін SiO_2 қолданады, оларды әдетте МОЖӨ (металл-оксид-жартылай өткізгіш) – құрылымдар деп атайды) МДЖӨ (металл-диэлектрик- жартылай өткізгіш) құрылымды интегралды схемаларды қолданады.

Микропроцессорлық жүйелердің жұмыс істеуі үшін қорек көзін өшірген кезде ақпаратты сақтауды қамтамасыз ететін, ОЖҚ-ның да, және ТЗҚ-ның да болуы қажет (ОЖҚ статикалық және динамикалық, ал ТЗҚ — бір- немесе бірнеше рет бағдарламаланатын болуы мүмкін).

Жадыға сақтау құрылғыларының сипаттамалары. Жартылай өткізгіш жады п а р а м е т р л е р д і ң көп санымен сипатталады, оларды жүйені жобалау кезінде ескеру қажет:

- *жады шамасы* — сақталатын ақпараттың биттер саны. Кристалл шамасы әдетте сонымен қатар биттермен бейнеленеді және 1 024 бит, 4 кбит, 16 кбит, 64 кбит және т.б.құрайды. Кристаллдың маңызды сипаттамасы ретінде M x N жады кристаллының ақпараттық ұйымы болып табылады, мұндағы M — сөздер саны; N — сөздің разрядтылығы. Мысалы, шамасы 16 кбит кристалл

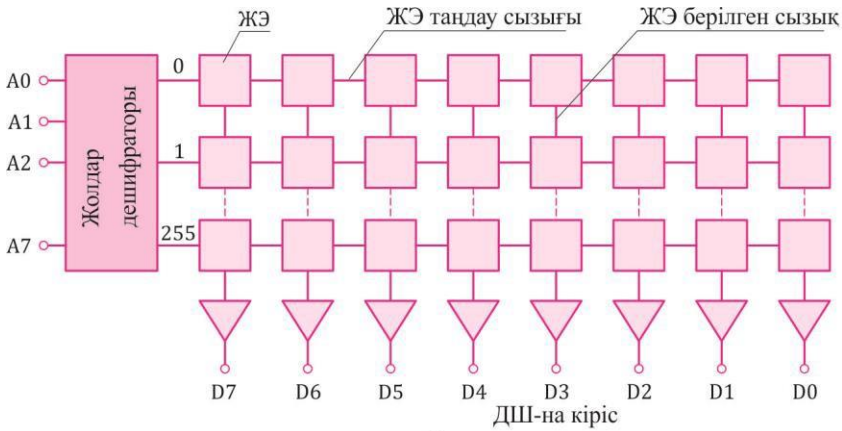
әртүрлі ұйымда болуы мүмкін: 16Кх1, 4Кх2, 1Кх8. Айналымның бірдей уақыты кезінде іріктемесі неғұрлым кең жадыда неғұрлым айқын ақпараттық сиымдылық болады.

- *қолжетімдік уақыты* — орталық процессор шинаға жадының талап етілетін ұяшығының адресін қоюын айқындайтын және басқару шинасымен деректерді оқуға немесе жазуға бұйрық жіберген сәттен бастап, жолданған ұяшықтың деректер шинасымен байланысты жүзеге асырған сәтіне дейінгі уақыттық аралық;
- *жазу уақыты* — деректер шинасының мазмұнын жады ұяшығына жазу үшін қажетті уақыт. *Жазу уақыты физикалық қасиеттермен айқындалады. Жадыны дайындаған кезде оған* арнайы схеманы кіріктіреді, ол қажет ұзақтықтағы жазу импульсін қалыптастырады. Осы импульсті әзірлеуге команда қолжетімдік уақытының аяғында қалыптасады. Жазу импульсі аяқталғаннан кейін жады басқару шинасымен «дайын» сигналын жібере отырып, «жазу» рәсімінің аяқталғандығы туралы процессорды ақпараттандырады.
- *қалпына келтіру уақыты* — процессор МШ-дан адрес сигналын және БШ-дан «оқу» немесе «жазу» сигналын алғаннан кейінгі жады элементтерін бастапқы күйге келтіру үшін қажетті уақыт;
- *оқу немесе жазу циклі* — процессордың осы операцияны орындау бойынша барлық әрекеттердің аяқталу сәтіне дейін талап етілетін ұяшықтың адресін және оқу» немесе «жазу» сигналын беру уақытының аралығы.

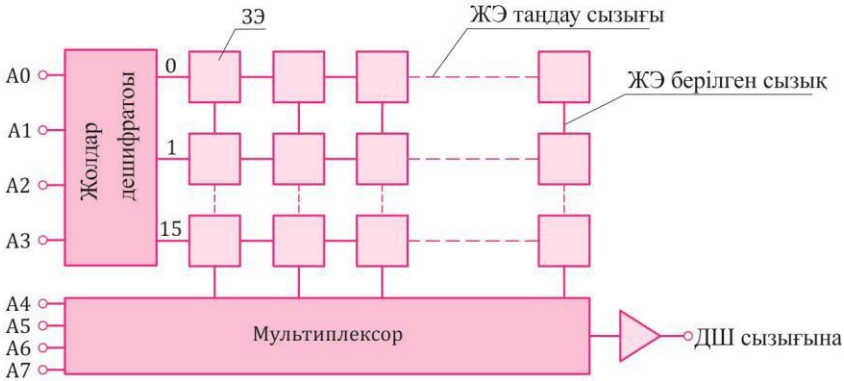
Жадыға сақтау құрылғылардың түрлері. Жадыға сақтау құрылғылардың жіктемесін келесі н е г і з д е р бойынша жүргізеді:

- *ақпараттың өзгеру мүмкіндіктерінен* — ОЖҚ және ТЖҚ. Өздерінің күйлерін салыстырмалы түрде жеңіл өзгертетін жадыға сақтайтын элементтерді еркін қолжетімді жадыны құру үшін қолданады — ОЖҚ. Бір рет қана «0» немесе «1» деп жазуға болатын элементтерден ТЖҚ құрастырылады (ТЖҚ нұқсаларының бірі ретінде өшірілетін қайта бағдарламаланатын ТЖҚ (ӨҚБТЖҚ) болып табылады);
- ***ақпаратты іріктеу тәсілінен*** — жадыға сақтайтын құрылғыдан еркін және жүйелі *іріктеу тәсілі. Бірінші жағдайда сөздерге қолжетімдік уақыты олардың орналасуына тәуелді емес, ал екіншісінде* — тәуелді. Еркін *іріктеу тәсілді* жадыға сақтайтын құрылғыны статикалық және динамикалық ОЖҚ ретінде бөледі. Жүйелі *іріктеу тәсілді* жадыға сақтайтын құрылғыны — ығыстыру тіркегіштеріне және зарядты байланысты аспаптарға (ЗБА) бөледі;
- ***қорек көзін өшіру кезіндегі ақпаратты сақтау мүмкіндігімен*** — энергияға тәуелді емес және энергияға тәуелді;
- ***жадыға сақтайтын құрылғының ұяшықтарын адрестеу тәсілі*** — бір- және екі-мөлшерлік. Жадыға сақтайтын элементтердің (ЖЭ)

бір мөлшерлік адрестеу схемасы әрбір жолда сегіз жадыға сақтайтын элементтен 256 жолға мекен-жайлауды ұйымдастырады және 256x8 түрінде белгіленеді (5.4-сурет, а)



а



б

5.4-сурет. Жадыға сақтайтын элементтерге ЖЭ адрестеу схемасы:
а — бір мөлшерлік; б — екі-мөлшерлік

.

Жолдар дешифраторына МШ бойынша адрес сигналы түскен кезде, дешифратордың шығыстарының бірінде логикалық сигнал қалыптасады. Бұл сигнал бір мезгілде барлық жадыға сақтайтын жолдардың «ЖЭ таңдауы» кірістеріне түседі. Нәтижесінде жады жолының қамтылуы деректер желілерінде пайда болады және шығыстары деректер шинасына қосылған оқу зорайтқышының кірістеріне беріледі.

Жады шамасын көбейту қажеттілігі жолдар дешифраторы шығыстар санының артуына және дешифратордың функционалдық ұйымдасуына алып келеді. Сондықтан үлкен көлемді жадыға сақтаушы құрылғылар үшін жадыға сақтайтын элементтердің екі өлшемдік адрестеу тәсілі қолданылады.

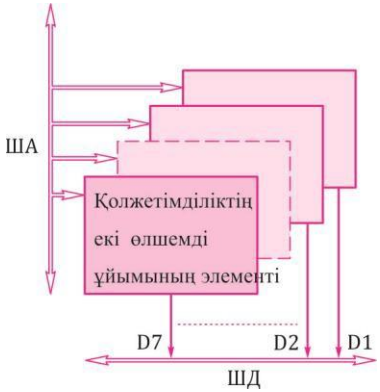
Екі өлшемді мекен-жайлауды ұйымдастыру қағидатын құрылымдық схемамен (5.4-сурет, *б) түсіндірейік. Бұл жады 256* жадыға сақтау элементтерін қамтиды және 256*1 түрінде белгіленеді. Жолдар дешифраторында 16 шығыс болады. Жолдар дешифраторының кірісіне адрестік желілер сигналдардарының тек қана жартысы түседі. Жолдар дешифраторы шығыстарының бірінде логикалық бірлік пайда болған кезде бұл сигнал осы жолдың әрбір жадыға сақтау элементінің «ЖЭ таңдауы» кірісіне түседі. Нәтижесінде тік желілерде (бағаншаларда) осы жолдың қамтылуы пайда болады.

Мультиплексор оқу зорайтқышын 16 бағаншалардың біріне ғана қосылады. Бағаншалар нөмірі адрестік желілердің екінші жартысының сигналдарымен айқындалады.

Ақпарат сөзін сақтауға қабілетті толыққанды жадыға сақташы құрылғыны ұйымдастыру үшін, әрқайсы қатаң белгілі бір сөз разрядын қалыптастыратын бірнеше екі өлшемді схемалар қолданылады. Барлық схемалардңы адрестік желілері біріктіріледі, ал схеманың әрбір шығысы деректер шинасындағы өзінің өткізгішіне қосылады. Мекен-жайлаудың екі өлшемді тәсілді элементтерінде құрылған жадыға сақтаушы ы құрылғының ұйымдастырылу құрылымы 5.5-суретте көрсетілген;

- ***өлшенетін шаманың уақыттық сипатына*** — статикалық және динамикалық ОЖҚ. *Статикалық* жадыға сақтаушы ы элементтің ұяшығы, қорек көзінің ұяшығының жұмысы үшін міндетті түрде қолданылатын алты МОП-транзисторларында құрылған триггер түрінде болады. Ұяшықтың электрлік схемасы 5.6, *а суретте келтірілген. Мұнда* VT3 және VT4 жүктегіш резисторлардың, ал VT5 және VT6 — электрлік кілттердің рөлін атқарады. Айқышталып қосылған VT1 және VT2 транзисторлары үнемі қарама-қарсы күйлерде болады — бір транзистор ашық болғанда, одан екінші транзисторға бекітуші әлеует беріледі. Өз кезегінде,

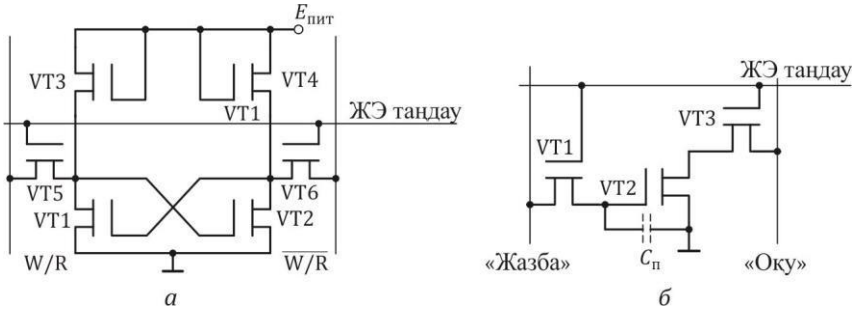
жабық



5.5-сурет. Қолжетімдіктің екі өлшемді ұйымдастырушылықты жадыға сақтаушы құрылғыны ұйымдастыру құрылымы

транзистордан ашық транзистордың өткзуші күйін қолдайтын әлеует алынады. Бұл күйде триггер, «ЖЭ таңдауы» желісі бойынша Vr5 және Vr6 электрондық кілттерді өткізетін күйге ауыстырғанға дейін және осымен бір уақытта «Оқу»—«Жазу» (W/R) желісі бойынша, ашушы бірлік немесе жабушы нөл түріндегі логикалық сигнал түскенге дейін болады. Бұл жағдайда триггер қарама-қарсы күйге өтеді.

Жадыға сақтаушы элементтің үлкен мөлшері үлкен көлемді жады модульдерін құруды шектейді. Алайда, статикалық ОЖҚ-да қолжетімдік және ақпаратты жазуға және оқуға үнемі дайындыққа



5.6-сурет. ОЖҚ ұяшығының электрлі схемасы: *а* — статикалық түрдегі; *б* — динамикалық түрдегі

уақыты аз болғанымен, олар процессормен және неғұрлым жиі қолданылатын ақпаратты сақтау ОЖҚ (әдетте кэш-жады деп

аталады)арасындағы аралық жады ретінде кең қолданыс тапқан.

Үш МОП-транзисторлардағы жадыға сақтаушы элементтің электрлік схемсы 5.6, *б суретте* көрсетілген. Мұнда ақпарат, үнемі транзистордың электродтары арасында болатын, $C_п$ паразитті сиымдылықта сақталады. Егер $C_п$ сиымдылығының заряды белгілі бір шектік мәннен асса, онда УТ2 транзисторы өткізуші күйде болады. Олай болмаған жағдайда УТ2 транзисторы жабық. УТ1 және УТ3 транзисторлары «Жазу» және «Оқу» желілерін қосу кезінде кілт рөлін атқарады.

Транзистордың ашық күйі өзін өзі қолдайтын болып табылмайды, өйткені сиымдылық кему тоғымен разрядталады. Тиісінше, $C_п$ сиымдылығын жүйелі қуаттап отыру қажет.

$C_п$ сиымдылығын қуаттап отыру келесі түрде орындалады. «Жазу» және «Оқу» желілері қалыптастырғыш (зорайтқыш) арқылы біріктіріледі, ал «ЖЭ таңдауы» желісі бойынша УТ1 және УТ3 транзисторларын өткізуші күйге өткізетін сигналдар жүйелі түрде беріліп тұрады. Осының нәтижесінде «Оқу» желісінде осы жадыға сақтаушы элементтің ішіндегілері пайда болады, ол қалыптастырғыш арқылы осы жадыға сақтаушы элементтің «Жазу» желісіне беріледі, яғни жадыға сақтаушы элементтің ішіндегісін қайтадан жазуды орындайды. Мұндай процесті *регенерация* деп атайды. Регенерацияны әрбір 1 ...2 мс сайын өткізу талап етіледі. Бұл үшін жады модульдерін арнайы схемалармен жабдықтайды.

Регенерациялау кезінде жады процессорға қолжетімсіз, сондықтан процессор жадысына жүгіну командаларын орындау бөгеледі. Егер бұл қажет етілмейтін болса, онда жады процессордың сұранымын өңдеу уақытына регенерациялау процесін үзетін қосымша блоктармен жабдықталады. Барлық осы элементтер жадыны басқару схемасын күрделендіреді.

Жадыға сақтау элементтерін басқару схемасының күрделілігі және процессор жадысына жүгіну кезіндегі бөгелулер динамикалық жадының негізгі кемшіліктері болып табылады.

Артықшылығы жадыға сақтау элементі ұяшығының шағын мөлшерінде, және салдары ретінде үлкен сиымдылықты жады модульдерін құру мүмкіндігі.

Қазіргі уақытта динамикалық модульдерінде құрылған оперативті жадыға сақтау құрылғыларының ішіндегі — ең кең тарағаны микропроцессорлық жүйелердегі ОЖҚ түрі.

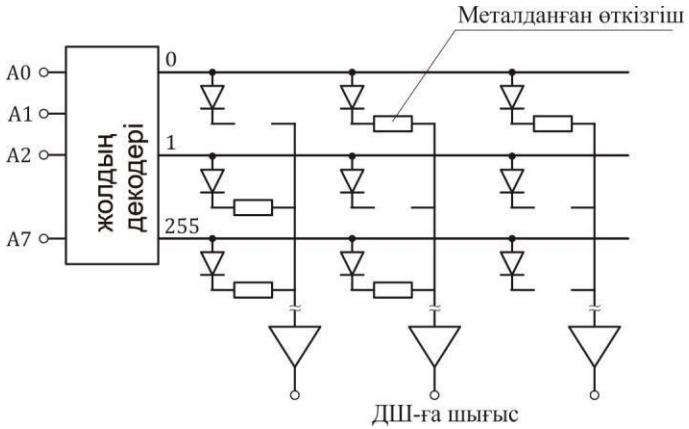
Тұрақты жадыға сақтау құрылғылары маскалық бағдарлаушы ТЖҚ, бағдарлаушы ТЖҚ және өшірілетін бағдарлаушы ТЖҚ түрлеріне бөлінеді.

Маскалық бағдарлаушы ТЖҚ-ға (5.7-сурет.) ақпарат оларды дайындау процесінде бірден және біржола жазылады. Жазба мәні

МОП-транзисторлар немесе диодтар арқылы тиісті жолдар мен бағаншалардың желілерін қосатын аралықтарды металдауда. Бұл үшін бейнешаблондарды қолданады. Жолдар дешифраторы адрес сигналына байланысты тиісті жолға «1» логикалық сигналын береді. Егер қандай да бір разрядқа металданған аралық сәйкес келсе, онда «1» оның оқу желісінде пайда болады. Егер аралық металданған болмаса, онда «0» оқылатын болады.

Бағдарлаушы ТЖҚ-да жады жолдары мен бағаншаларының желілерін балқымалы сақтандырғышы диодтармен қосады, яғни, дайындау кезінде барлық жадыға сақтау элементтеріне «1» жазылады. Осындай жадыға сақтау құрылғыларды бағдарламалаудың мәні, тиісті орындарда балқығыш сақтандырғыштар қысқа импульстер көмегімен бұзылатындығында.

Өшірілетін ТЖҚ-да жолдар мен бағаншалар желілері балқығыш ысырмалы МОП-транзисторлардың көмегімен қосылады. МОП-транзисторларда бастапқы күйінде үлкен кедергі болады, яғни жабық. Мұндай жадыны дайындау кезінде барлық жадыға сақтау элементтеріне алдымен «0» жазылады. Үлкен амплитудалы импульстарды берумен тиісті МОП-транзисторлар өткізуші күйге өтеді, онда транзисторлар ұзақ уақыт бойында (≈10 жыл) қала бере алады.



5.7-сурет. Маскалық бағдарламалы ТЖҚ құрылымдық схемасы

Құбылмалы ысырма диэлектрикпен (әдетте кремний оксидімен) қоршалған, поликремний саласы түрінде болады, яғни ол басқа электродтармен электрлі байланысты емес және оның әлеуеті

«құбылады». Әдетте төменгі диэлектрлік қабаттың қалыңдығы ондаған ангстремді (1А = 10^{-10}м) құрайды. Бұл күшті электрлік өрісте электрондарды құбылмалы ысырмаға инжекторлауға мүмкіндік береді. Осындай жадыға сақтау элементтерін бағдарламалау мәні, ағым және көздің арасындағы үлкен амплитудалы кернеу импульстарын берумен ағымды (ρ—η)-өтпенің электрлік ақауын туындатуында. Бұл ретте физикалық процестерде құбылмалы ысырма электрондар инжекциялануынан кері зарядталады.

Кері зарядталған құбылмалы ысырма шекаралық аумақтан электрондарды ығыстырады, соның нәтижесінде осы аумақта тесіктер үшін жол босатылады, яғни ρ-типті өткізгіш арна индукцияланады. Транзистордың кедергісі күрт түседі, тиісінше, әрбір жадыға сақтаушы элементте «1» жазылатын болады. Құбылмалы ысырма барлық жақтан оқшауланған болғандықтан, оның кері заряды ұзақ уақыт бойында сақталатын болады, және транзистор өткізуші күйде ақалады.

Транзисторды өткізуші күйге ауыстыру, яғни кері зарядты жою, не кварц терезесі арқылы ультракүлгін сәулеленумен, не транзистордың МТЖ-құрылымына жазатынның белгісі бойынша қарама-қарсы кернеу импульсін берумен жүзеге асырылады.

5.5. СЫРТҚЫ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ БАҚЫЛАУШЫЛАРЫ ТУРАЛЫ ТҮСІНІК

Процессорға әртүрлі сыртқы құрылғылар қосылады. Бұл датчиктер, атқарушы құрылғылар, ақпаратты ұзақ мерзімді сақтау құрылғылар және т.б. Осы құрылғылардың көпшілігі қандай да бір микропроцессорлық жүйенің немесе процессордың нақты түріне байланыссыз әзірленген. Құрылғылардың әрқайсы жылдам әрекет ету, басқарушы сигналдар жиынтығы, деректерді ұсыну нысаны сияқты және басқа қасиеттерімен сипатталады, яғни, сыртқы құрылғының интерфейсі әдетте, процессордың интерфейсімен немесе жалпы микропроцессорлық жүйемен үйлесімде болмайды. Сондықтан сыртқы құрылғыны микропроцессорлық жүйеге қосуды ұйымдастыру үшін сыртқы құрылғылар бақылаушылары қолданылады.

Микропроцессорлық жүйеде *сыртқы құрылғылар* ретінде процессормен тікелей түйіспейтін, бірақ оған қосымша аралық түрлендіргіштер — сыртқы құрылғылар бақылаушылары арқылы қосылатындар сияқты элементтерді атайды. Олар электрлік

сигналдардың деңгейлерін келіседі, сондай-ақ машиналық деректерді қажетті форматқа, және керісінше түрлендіреді. Әдетте сыртқы құрылғылар бақылаушылары процессормен бірге интерфейстік платалар түрінде конструктивті ресімделеді.

Кейінгі уақытта, микропроцессорлық жүйелердің интерфейстерін толық үйлестірілуімен байланысты, көпшілік өндірушілер осы құрылғының кіріктірілген бақылаушысымен бірге сыртқы құрылғыларды шығара бастады, бұл оларды классикаалық функцияларды орындайтын, басқару жүйесінің жекелеген құрамдасы ретінде де, сонымен қатар, микропроцессорлық жүйеге қандай да бір қосымша құрылғыларсыз стандартты интерфейстердің бірі бойынша құрылғыны тікелей қосуды пайдалануға мүмкіндік береді.

Процессор және сыртқы құрылғы бақылаушысы арасындағы ақпаратты енгізу/шығару процесінде екі түрдегі ақпарат беріледі: басқарушы деректер (сөздер) және деректердің өздері, немесе хабарлама-деректер.

Процессордан шығатын, сонымен қатар *командалық сөздер,* немесе бұйрықтар деп аталатын, тікелей деректерді берумен байланысты емес әрекеттерді бастамалайды, мысалы, құрылғыны қосу, үзулерге тиым салу және т.б.Өз кезегінде сыртқы құрылғы бақылаушысы сыртқы құрылғының өзімен басқарудың электрлі сигналдарын қалыптастырады.

Сыртқы құрылғылардан басқарушы деректерді *күйдің сөздері* деп атайды; олар белгілі бір белгілер туралы ақпаратты, мысалы, құрылғының деректердің беруге дайындығы, алмасу кезіндегі қателіктердің болуы туралы және т.б.ақпараттарды қамтиды. Күйі әдетте қайта кодтау нысанында ұсынылады — әрбір белгі үшін 1 бит.

Жалпы жағдайда сыртқы құрылғы төрт енгізу/шығару тіркеуішін қамтиды (5.8-сурет.): *кіріс деректер тіркеуіші* (кіріс порт), *шығыс деректер тіркеуіші* (шығыс порт), *басқару тіркеуіші және күйді тіркеуіш. Осы тіркеуіштердің әрқайсында бір мағыналы мекен-жайы болуы тиіс, ол адрес дешифраторымен сәйкестендіріледі.*

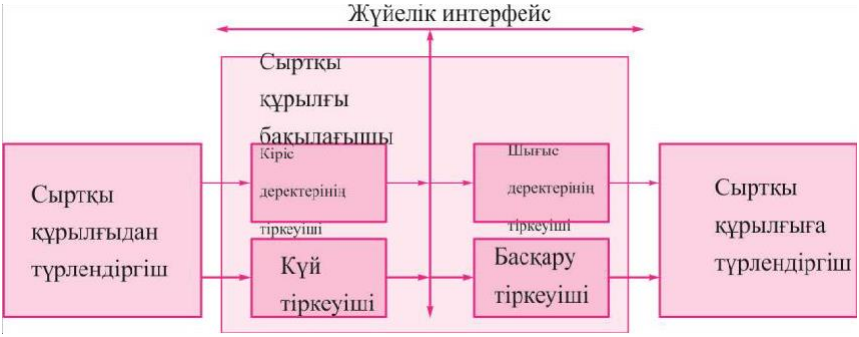
Жұмыс ерекшеліктеріне байланысты сыртқы құрылғы бақылаушысы

нақтылайды, мысалы, жекелеген күйдің және басқарудың тіркеуіштері бір

тіркеуішке біріктірілетіндігі фактісін; енгізу/шығару құрылғысында кіру

(шығу) тіркеуіші ғана болады; енгізу және шығару үшін екі бағытты порт

қолданылады және т.б.



5.8-сурет. Сыртқы құрылғылар басқарушысының құрылымдық **схемасы**

5.6. САНДЫҚ АҚПАРАТПЕН АЛМАСУ ҚАҒИДАТТАРЫ

Жалпы мәліметтер. Сандық құрылғылар арасындағы ақпараттармен алмасу тұтас алғанда, басқарудың ең маңызды құрамдас жүйелерінің бірі. Деректермен сенімді алмасудың болмауы жүйелердің толық жұмыс қабілетсіздігіне немесе біршама уақытқа басқаруды жоғалтуға алып келеді.

Микропроцессорлық басқару жүйелерінің құрамына кіретін құрылғылардың көптүрлілігі, сонымен қатар олардың кең қолданылу саласы сандық ақпарат алмасуының аса лайықты қағидатының (әдісінің) нақты жағдайларында қолдану қажетті етеді.

Құрылғылар арасындағы сандық ақпараттарды алмасу үшін сол немесе басқа әдістерді таңдау негізінен келесі факторларға байланысты:

- Деректер берілетін ара қашықтық;
- Айырбас жылдамдығы;
- Байланыс желісінің қолданылатын түрі;
- Деректер берілісінің сенімділігі мен қауіпсіздігі.

Деректер берілісі жүйелеріне қойылатын тым қатты талаптар тұтас алғанда, басқару жүйесінің жоғары құнын ескертеді. Деректер берілісі жүйелерінің құнын төмендету кейбір функционалдылықтың жоғалтылуына алып келеді, бұл кейбір жүйелерге жол беруге болғанымен, басқаларына тиімсіз. Сондықтан жүйелер әзірлемесі кезінде бірінші кезекті деректер берілісінің жүйелерін таңдау мақсаттылығын ескеру керек.

Сандық ақпарат берілісі жүйелерінің негізгі жұмыс қағидаттарын қарастырайық.

Байланыс желісі бойынша сандық деректер беру. Деректер берілісі үшін қолданылатын түрі бойынша ерекшелейді: байланыс желісінің симплексті, жартылай дуплексті және дуплексті.

Симплексті байланыс желісі тек бір бағыттағы деректер берілісі үшін қызмет етеді. Байланыс желісінің мұндай түрі тек бір ғана табыстайтын және тек бір ғана қабылдайтын құрылғы болған кезде қолданылады.

Жартылай дуплексті байланыс желісі екі бағытта да, алайда екі уақыт сәтінде деректер берілісін қамтамасыз етеді (беріліс каналын уақытша бөлу деп аталатын қолданылады).

Дуплексті байланыс желісі екі бағытта да бір уақытта деректер берілісін қамтамасыз етеді.

Сандық ақпарат алмасу қағидаттары бойынша ерекшелейді: синхронды, асинхронды және үзілу бойынша алмасу.

Алмасудың синхронды қағидаты бір операцияны (әрекетті) орындау уақыты белгілі болатын сыртқы құрылғылар үшін қолданады. Алмасу алгоритмі осылайша құрылады, яғни алмасуға командалар бір операция алмасу уақыты орындалуынан аз болатын біршама уақыттан соң іске қосылады.

Қабылдағыш пен тапсырғыш үшін ақпарат беру және қабылдау темпін беретін және байланыс желісі бойынша әр разрядтың өтуін синхрондайтын синхроимпульстарының жалпы генераторын береді.

Ақпарат алмасудың *асинхронды қағидаты* егер деректер берілісінің арасындағы уақыт аралықты құрылғының өзі анықтаса және ертерек белгілі болған жағдайда қолданады.

Сыртқы құрылғы контроллерінің арнайы регистрі бар, яғни - жағдай регистрі. Осы регистрдің мазмұны сыртқы құрылғының алмасуға дайындығын білдіреді. Циклдегі процессор регистрден жағдай туралы үздіксіз сұратып отырады.

Алмасу алгоритмі бұл жағдайда келесі түрде құрылады.

1. Регистр мазмұнындағы сартқы құрығы күйі сұратылады.
2. Егер сыртқы құрылғы алмасуға дайын болса, 3-т өту жүргізіледі. Кері жағдайда 1-т қайту жүзеге асырылады.
3. Ақпараттың кезекті үлесінің беріліс жүргізіледі (әдетте сөздер).

Алмасудың асинхронды қағидаттары кезінде процессор сыртқы құрылғының алмасуға дайындық сәтін үздіксіз анықтайды. Дайындық бағдарламалық тәсілмен тексеріледі, сондықтан да процессор осы уақытта басқа қандай да бір бағдарламамен жұмыс жүргізбегені жөн.

Үзілу бойынша алмасу алмасуға дайындық процессордың басқару құрылғысының құрамына кіретін үзіліс контроллерінің көмегімен

аппараттық тәсілмен тексеріледі. Контроллерге сыртқы құрылғы контроллерлерінен үзіліс желісі қосылады.

Бұл жағдайда алмасу алгоритмі келесі түрде функционирлейді.

Процессор алмасумен байланысты емес қандай да бір бағдарламаны орындайды. Сыртқы құрығы алмасуға дайын болған уақытта сыртқы құрылғы контроллері үзілу сигналын қалыптайды. Бұл сигнал өзінің кезегінде ағымдағы бағдарламаның орындалуын үзіп, осы құрылғымен алмасу бағдарламасын беретін үзілу контроллерімен қабылданады. Басқарудың барлық деректерімен алмасу өткізілгеннен кейін, қайтадан үзілген бағдарламаға қайтады.

Асинхронды айырбасқа қарағанда, сыртқы құрылғы дайындығы сыртқы құрылғының өзінің контроллерінің аппаратурасымен анықталады.

Осы тәсіл кезінде орталық процессор іске қосылмаған, басқа тапсырмалардың параллельді түрде орындалу жүргізілуіне мүмкіндік береді (соның ішінде басқа сыртқы құрылғылармен деректер алмасу). Бұл тұтас алғанда микропроцессорлық жүйелер өндірімділігін маңызды түрде арттырады.

Сандық ақпараттың жеке сөздерін беру тәсілдері

Сандық ақпараттардың жеке сөздерінің берілісінің параллельді (берілетін сөздердің барлық биттері бір уақытта беріледі) және кезекті (мұнда мысалы төменгі разрядтан бастап сөздердің биттері кезегімен беріледі) тәсілдері ерекшеленеді.

Сандық сөздер беру тәсілдерін таңдау талап етілген жылдамдыққа және беріліс жүзеге асырылатын ара қашықтыққа байланысты.

Деректерің *параллельді берілісі* үшін шиналар өткізгіштерінің арасында электрлі сиымдылық үнемі орын алады, сондықтан бір өткізгіштен басқа өткізгіштерде логикалық «1» берілуі кезінде ақпарат битінің алдыңғы және артық беріліс фронтындағы уақытта кернеу шығарындысы туындайды.

Шина ұзындығын арттыра отырып, өткізгіштер арасындағы сиымдылық берілісі артады, ізінше, кедергі ықпалы да көбейеді, сондықтан деректердің параллельді берілісі кезіндегі шинаның жұмыс ұзындығы 1 ...2 м шектеледі. Құны аса жоғары шинаны қолдану есебінен, алмасу жылдамдығын төмендету, оның ұзындығын 10.20 м дейін арттыруға болады.

Бұл себеп, сонымен қатар телефонды және телеграф сымдарын қолдану ниеті деректер берілісінің кезекті тәсілдерінің кең тарауына себепші болды.

Кезекті синхронды және асинхронды деректер берілісін ерекшелейді:

Синхронды кезекті деректер берілісі кезінде ақпараттың әрбір берілетін биті жеке желі бойымен берілетін және байланыс желісінде

деректер туралы қабылдағышты ақпараттандыратын синхронды импульспен (синхроимпульспен) бірге жүреді.

Асинхронды кезекті деректер берілісі кезінде синхронды импульстар қолданылмайды (бұл жағдайда сигналды синхронизациялау үшін жеке желінің қажеттілігі жоқ).
Қабылдағыш пен таратқыштың өздерінің деректер сөзін берер алдында синхрондалуы тиіс болатын ішкі генераторлары бар.

Қабылдағыш деректер сөзінің берілісінің басталуы мен аяқталу сәттерін анықтау үшін, асинхронды кезекті берілісінің стандартты форматы қолданылады.

Жалпы жағдайда форматтың келесі түрі бар:

- *N* ақпараттық биттерге берілетін сөз қосылады

Үш –төрт қосымша биттер, олардың бірі — стартты, екінші— жұптық және үшінші-төртінші тоқтату;

- Қабылдағыштың және таратқыштың бірдей жиілік генераторлары орнатылады.

Қабылдағыш әрекетсіз күйде болған кезде, байланыс желісінде логикалық «1» сәйкес жоғары сигнал деңгейі орнатылады. Таратқыш кез келген сәтте старттық биттерді генерациялау жолымен, яғни битті беру уақытына тура болатын уақытқа логикалық «0» -ге сәйкес баланыс желісінің ауысуы есебінен беруді бастай алады.

Осыдан кейін ақпараттық биттер, оның артынан логикалық «1»-ге сәйкес күйдегі байланыс желісіне ауысатын жұптық жәнет тоқтату биті беріледі. Егер жұптық биттер логикалық «1»-мен толтырылған болса, тоқтату биті байланыс желісінің күйін өзгертпейді.

Тоқтату биті аяқталғаннан кейін, таратқыш кез келген сәтте деректер берілісінің жаңасын бастай алады.

Қабылдағыш пен таратқыш биттің номиналды ұзақтығын қоса алғанда деректер берілісінің форматының барлық параметрлерімен келісуі керек. Бұл үшін қабылдағышта таратқыштың аналогті генераторына сәйкес келуге тиіс болатын синхроимпульстар генераторы, жиілік орнатылады.

Деректер қабылдауды бастағаннан оның аяқталуына дейінгі және келесі сөздің тактілік битін табу режиміне өткен уақыттағы қабылдағыштың жұмысын қарастырайық.

Егер байланыс желісі логикалық «0» күйіне өтетін болса, және биттің ұзақтығының жартысынан кем емес уақыттағы күйінде болса, онда қабылдағыш берілетін сөздер биттерін есептеу режиміне өтеді.

Кері жағдайда қабылдағыш стартты битті табу режимінде қалады, себебі барлық ықтималдылық бойынша байланыс желісінің логикалық «0» күйіне өту процесі кедергімен туындаған.

Сөзді қабыладу кезінде таратқыш олардың ұзақтылығының ортасында берілетін сөздің биттерін санайды. Егер қабылдау

уақытында тоқтау бірлігінің орнында логикалық нөл табылатын болса, онда кадр қателігі кеткен деп есептеледі және ақпарат қате қабылданады.

Кадр деп старттық биттен бастап тоқтату (тоқтату) битіне (биттеріне) дейінгі уақыт аралығын атайды.

Егер стоптық биттерде бәрі дұрыс болса (яғни логикалық «1» болмаса), онда ақпараттық биттерде және жұптық биттердегі бірліктер саны тексеріледі.

Егер бірлік саны жұп болса, онда берілетін сөздің жазбасы қабылдағыштың буферінде жүргізіледі.

Осы кезде соңғы тоқтату битінің жартысын алатын уақыт қабылдағыш буферіне қабылданатын сөз жазбасы үшін және кадр қателігін табу үшін қабылдағыштың қолданатындығын білу керек.

Кадр қателігі көп жағдайларда қабылдағыш пен таратқыш синхроимпульстар генераторлар жиілігі қайта синхрондау үшін орын алады.

Осының нәтижесінде биттер есептеу арасындағы уақыт аралығы биттің номиналды ұзақтығынан артық немесе кем болады.

5.7. САЛЫНҒАН КЕДЕРГІСІ БАР СИГНАЛДЫ ӨҢДЕУДІҢ САНДЫҚ ТӘСІЛДЕРІ. ТӨМЕН ЖИІЛІКТІ СҮЗГІНІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ІСКЕ АСЫРУ

Жалпы мәліметтер. Аналогты сигналдар тізбегін беруден туындаған кедергілер, сандық түрлендіруден кейін пайдалы сигналдан ерекшеленбейтін деректердің сандық ағынының ажырамас бөлігі болып табылады.

Кедергінің осындай тегін тану - күрделі арифметикалық тапсырма. Өңдеудің сандық бар болып табылатын сандық алгоритмі, әдетте, кедергі сипаттамасына арналған қандай да бір белгілі дербес баптауларын талап ететіндіктен, мәселелер тереңдей береді. Басқа сипаттамалары бар кедергілер осы жағдайларда пайдалы сигнал ретінде алгоритммен сәйкестендіріледі. Әрі әлсізденуге ұшырамайды. Керісінше, кедергі сипатына жақын келетін сипаттамалары бар пайдалы сигнал жойылып, маңызды түрде әлсізденеді.

Сандық түрде ұсынылған аналогты сигналдарды өңдеудің кеңінен таралған алгоритмдерінің жұмыс қағидаттарын қарастырайық.

Нәтижені болжамдай отырып, алгоритмде қабылдау. Алгоритм идеясы атаулы уақытта сигналдардың инерциялық кіріс мәнінен негізделген, алдыңғы қабылданған мәннен аз мөлшерде ерекшеленеді.

Сигналдың күтілген мәнін анықтау үшін, алдыңғы қабылдау бойынша бағаланатын осы сигналдың өзгеру жылдамдығы бағаланады. Егер қабылданған шешім күтілетініне қарағанда, едәуір ерекшеленетін болса, онда ол кезекті есептерде қолданылмайды. Атаулы жағдайлардағы кедергі критерийлері сигналды өзгертудің берілген максималды жылдамдығы болып табылады (әдетте секундына өлшенетін параметр бірлігі немесе бір өлшеу).

Алгоритм кемшілігі пайдалы сигналдың ықтимал күрт өзгерістерін алгоритм ешқандай бақыланбайтындығында жатыр, себебі кедергі астында сигналдардың жалпы заңдылықтардан ауытқыған өзгерістерінен ерекшеленбейді.

Статистикалық өңдеу. Статистикалық өңдеудің кеңінен таралған әдістерінің бірі соңғы бірнеше санау бойынша сигналдардың орташа арифметикалық мәнінің есебінің әдісі, сонымен қатар *ағымдағы орташа әдіс* деп аталатын есептеу әдісі болып табылады.

Есеп:

$$x_{cp}(k) = \frac{x(k) + x(k-1) + \ldots x(k-n)}{n+1},$$

формуласымен жүргізіледі.
мұндағы *x(к)*, *x(к* -1),..., *x(к* - n) — сәйкесінше *к*, *(к* — 1),*(k* — n) уақыт сәтіне кіріс сигналдарының мәні.

Егер ағымдағы сәттің өлшенетін мәні кездейсоқ шама болып табылатын болса, онда орта арифметикалық, сонымен қатар кездейсоқ шама, нәтижелеуші мәннің дисперсиясы жеке қадағалау дисперсияларына қарағанда, *n* есе аз.

Егер сигнал мәні орта арифметикалық жинау ретінде ғана жинақталған өлшеулерді есептесе, әрі кезекті есеп үшін жаңа өлшеу жинағы қолданылатын болса, онда кедергілермен күресінің ең тиімді әдістерінің бірі болатын *интеграциялау әдісін* қолданады.

Сигналдың сандық сүзгісі. Кедергілерді жиі басу үшін табыстама функциясының төмен жиілігінің сүзгісін сандық жолмен іске асыруды қолданады.

$$W(p) = \frac{1}{T_{\phi} p + 1}, \qquad (5.1)$$

мұндағы Тф — сүзгіні тұрақты уақыты.

Мұндай сүзгілерді сонымен қатар *математикалық* және *сандық* деп атайды. Сүзгі бағдарламалық тәсілмен іске асырылады және шама сигналдарының қабылдағышқа бұрмалаусыз түсуі үшін және басқа жиілік сигналдарының көбірек басылуымен ұстау немесе өткізу үшін арналған.

Басылумен регламенттелген сүзгі өткізіп жіберетін жиілік диапазонын *өткізу жолағы* немесе анықтылық жолағы деп атайды. Өткізу жолағының төмен жиілігінің сүзгісі үшін - бұл диапазон төмендегі қатынас орындалуы үшін, ю = 0-ден бастап, $ю_0$ кейбір жиілігіне дейін:

$$A(\omega_0) = \frac{\sqrt{2}}{2} A(0) = 0,707 A(0). \qquad (5.2)$$

Төмен жиіліктегі сүзгі үшін амплитудалық-жиілік сипаттамасы (АЖС)
өрнегімен анықталады

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{T_{\phi}^2 \omega^2 + 1}}. \qquad (5.3)$$

Сүзгі жұмысының диапазонын анықтаймыз. ω = 0 кезінде A(0) = 1. $\omega = \omega_0$ кезінде (5.2) және (5.3)-ден аламыз:

$$A(\omega_0) = \frac{1}{\sqrt{T_\phi^2\omega^2 + 1}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Осыдан, түрлендіруден кейін бар:

$$\frac{1}{\sqrt{2\left(T_\Phi^2\omega^2 + 1\right)}} = \frac{1}{2}.$$

Теңдіктің екі бөлігін де шаршыға шығарамыз:

$$T_\Phi^2\omega^2 + 1 = 2,$$

Одан

$$\omega_0 = \frac{1}{T_\Phi}.$$

Осылайша, сүзгі айқындылығының жолағын алдық:

$$0 \le \omega \le \frac{1}{T_\Phi}.$$

Сүзгіні бағдарламалық іске асыруды қарастырайық.

Сүзу процесін табыстама функциясынан алған дифференциалды теңдікпен көрсетуге болады (5.1). Сүзгінің кіріс сигналын *x,* а шығысты —*y* арқылы аламыз:

$$\frac{1}{T_\Phi p + 1} x = y.$$

Осы жерден

$$\left(T_\Phi p + 1\right) y = x$$

Операторлық форма жазбасынан дифференциалды теңдікке өтеміз:

$$T_\Phi \frac{dy}{d\tau} + y = x. \qquad (5.4)$$

Бірінші реттегі соңғы түрлілік дифференциалды теңдіктегі туындымен алмастырамыз, яки.

$$\frac{dy}{d\tau} \approx \frac{\Delta y}{\Delta\tau}.$$

Сандық жүйелерде сигналды санау Ти берілген кезеңімен орын алатындықтан, өлшенетін шаманың кезекті санауларын былай көрсетуге болады:

$$y((k-1)T_и), \quad y(kT_И), \quad y((k+1)T_И), \ldots,$$

мұндағы *к* — санау нөмірі .

Онда дифференциалды теңдік (5.4) келесі түрдегі ұқсас айырымымен алмастыруға болады:

$$x = \frac{y(kT_и) - y((k-1)T_и)}{T_и} T_ф + y(kT_и).$$

Жазбаны оңайлату үшін, сүзгінің дифференциалды теңдігінің уақыты сәтімен *к* үшін келесі айырымдық теңдеуі алмастырылғанда, сүзгінің кіріс және шығыс сигналдарының Ти кезеңдерін түсіреміз:

$$x = \frac{y(k) - y(k-1)}{T_И} T_ф + y(k). \qquad (5.5)$$

(5.5) өрнегінен алымын шығарамыз

$$y(k) - y(k-1) = \frac{T_И}{T_Ф}(x(k) - y(k)).$$

$\frac{T_И}{T_Ф} = \varphi$,алмастыру жүргізіп, аламыз:

$$y(k) - y(k-1) = \varphi(x(k) - y(k)).$$

у(к) сигналдың ағымдағы мәнінің соңғы теңдігінің оң жақ бөлігіндегі үлкен терістік сигналының инерциялық төменжиілікті кіріс сигналдары үшін алдыңғы у(к - 1) айырбастауға болады, сонда у(к) сүзгінің шығыс сигналы *x(k) кіріс сигналы және шығыс* у(к - 1) алдыңғы мәні арқылы келесі түрде өрнектеледі:

$$y(k) = y(k-1) + \varphi(x(k) - y(k)).$$

Осындай түрде төмен жиіліктегі сүзгіні бағдарламалық іске асыру экспоненциалды тегістеу алгоритмі деп аталады. Сүзгінің шығыс сигналы ағымдағы кіріс сигналына және алдыңғы санаудағы сүзгінің шығыс сигналына байланысты болады. φ = 1 у(к) = х(k) кезінде — тегістеу жоқ.

Төмен жиілікті сандық сүзгіні іске асырудың екінші нұсқасы, егер айырымды теңдеуде у(к)-ні у(к - 1)-ге айырбастау жүргізілмейтін болса, онда бұл жағдайда төмен жиілікті сандық сүзгі функциясы мына түрде болады:

$$y(k) = \frac{\varphi x(k) + y(k-1)}{1-\varphi}.$$

Сандық сигналды беріліс каналдарында кедергілерімен күрес әдісі. Сандық сигналдар берілісінің каналдарында туындайтын кедергі электрлі кедергі әрекетімен орын алатын ақпарттық сөздің жеке биттерін инвертирлеуді көрсетеді. Қателіктер туындауын табудың негізгі әдістері - *жұптық биттерін қолдану әдісі.*

Атаулы әдіс жұптықтың бір немесе бірнеше биттерінің ақпараттық сөздерін биттерге қосуында жатыр. Осы биттердің мазмұны кеңейтілген сөздің дара биттерінің жалпы саны жұп болуы үшін осылай жиналып алынады.

Ақпараттық сөзге қосылатын жұптықтың бір битін қолдану бір қателіктің ғана туындау дәлелін табуға мүмкіндік береді. Қателік туындау орнын (яғни қателік туындаған разряд) табу мүмкін емес. Сонымен қатар егер беріліс кезінде екі бірлік жоғалатын болса (олардың инверсиясы логикалық «0»-мен орын алады), онда жұптық бұзылмайды және қателік табылмайтын болады.

Егер *N* ақпараттық биттерге жұптықтың К битін қоссақ және сәйкес түрде оларды ақпараттық биттер арасына орналастырсақ, онда қателік туындаған орынды анықта, он түзетуге болады.

Мұндай кеңейтілген кодтарды алғаш рет 1948 жылы Р. Хемминг ұсынған болатын және сол уақыттан бері *Хемминг коды* деп атайды.

Хемминг кодтарында берілетін сөздердің барлық биттері солдан оңға қарай нөмірленеді нөмірлеу бірліктен басталады (қарапайым сөзді беру кезіндегі сияқты нөлден бастап емес).

2 санының дәрежесіне тең нөмірлі биттер жұптық биттерімен толтырылады. Қалған биттер ақпараттық болып табылады. Осылайша, мысалы, берілетін сөздің 16 ақпараттық биттеріне 1, 2, 4, 8, 16 разрядтарда орналастыра отырып, жұптықтың 5 биттерін қосу керек. 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21 нөмірлі биттер ақпараттық сөз разрядтарына ие (5.9-сур.).

Жұптық биттің әрбір разряды кеңейтілген сөздің белгіленген разрядтарын қатаң түрде бақылайды. Жұптық биттерге арналған бақыланатын разрядтар нөмірі 5.1-кестесінде көрсетілген.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
×	×	+	×	+	+	+	×	+	+	+	+	+	+	+	×	+	+	+	+	×

5.9 сур. Хемминг кодының сөзімен кеңейтілген сөзінің құрылымы («х» — жұптық биттер разрядтары; «+» — ақпараттық сөздер разрядтары)

5.1. кесте. Жұптық биттерімен кеңейтілген сөздердің бақыланатын разрядының нөмірлері

Бақылау разряды	Бақыланатын разряд
1	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25
2	2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 22, 23, 26
4	4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 28
8	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 24, 25, 26, 27
16	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29
32	32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44

Бақылау санының разрядтарына жұптық биттерінің өздері қосылады. Әрбір биттің мазмұны бақыланатын разрядтардың бірлігінің жалпы саны міндетті түрде жұп босылай таңдалады.

Жұптықтың бес битінің көмегімен оның ішінде 26 разряды ақпараттандырылатын 31 разрядын бақылауға болатындығы белгіленген. Хемминг кодтарын әдебиеттерде H (31,26) белгілейді.

Есептегіш техникада ақпараттық сөздердің 8, 16, 32, ... биттік ұзындықтары болса, онда жұптықтың бес биті төмен разрядтардан аз қателіктерден қорғайды, яғни 16 бит.

Мысал. Ақпараттық сөздер берілісінің дұрыстығын бақылау үшін, Хемминг кодын қолдануды қарайық.

Қабылданған сөздің түрі болуы тиіс:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1

Қателіктер болуына қабылданған сөздер болуына талдау жасайық.

Жұптықтың бірінші битінің дұрыстығын анықтаймыз: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 разрядтарда алты бірлік бар — бұл биттер дұрыс қабылданды.

Жұптықтың екінші битінің дұрыстығын анықтаймыз: 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 18, 19 разрядтарда төрт бірлік бар — бұл биттер дұрыс қабылданды.

Жұптықтың төртінші битінің дұрыстығын анықтаймыз: в разрядах 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 20, 21 разрядтарда алты бірлік бар — бұл биттер дұрыс қабылданды.

Жұптықтың сегізінші битінің дұрыстығын анықтаймыз: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 разрядтарда төрт бірлік бар — бұл биттер дұрыс қабылданды.

Жұптықтың он алтыншы битінің дұрыстығын анықтаймыз: 16, 17, 18, 19, 20, 21 разрядтарда төрт бірлік бар — бұл биттер дұрыс қабылданды.

Осылайша сөздің қабылданғандығы туралы қорытынды жасауға болады.

Егер бесінші битте қателік болса, яғни логикалық «1» орнына логикалық «0» қабылданса, осы ақпараттық сөзді қарастырайық.

Жұптықтың бірінші битінің дұрыстығын анықтаймыз: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 разрядтарда бес бірлік бар — бұл биттер қате қабылданды.

Жұптықтың екінші битінің дұрыстығын анықтаймыз: 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 18, 19 разрядтарда төрт бірлік бар — бұл биттер дұрыс қабылданды.

Жұптықтың төртінші битінің дұрыстығын анықтаймыз: 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 20, 21 разрядтарда бес бірлік бар — бұл биттер қате қабылданды.

Жұптықтың сегізінші битінің дұрыстығын анықтаймыз: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 разрядтарда төрт бірлік бар — бұл биттер дұрыс қабылданды.

Жұптықтың он алтыншы битінің дұрыстығын анықтаймыз: 16, 17, 18, 19, 20, 21 разрядтарда төрт бірлік бар — бұл биттер дұрыс қабылданды.

Осылайша қабылданған сөзде қателік бар екендігін белгілеуге болады. Қателік орын алған жерді анықтаймыз.

Осылай жұптықтың бірінші бит қате болғандықтан, осы қателік 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 биттерде орын алуы мүмкіндігін білдіреді. Жұптықтағы екінші бит қате болса, онда ол 3, 7, 11, 15, 19 күмәнді биттер арасынан шығаруға мүмкіндік береді. 5, 13, 21 биттер қалады.

Сегізінші және он алтыншы биттер дұрыс қабылданса, онда 13 пен 21-биттер қатесіз қабылданады. Қателік орын алған 5-бит қалады. Егер осы битті инвертирлесе, қатілік түзетілетін болады.

Қателік орнын (разрядын), сонымен қатар келесі *ереже* бойынша анықтауға болады, қатесі бар разряд нөмірі жұптықтың қате биттері нөмірінің жиынтығына тең.

Атаулы әдістің оын алған кемшіліктерінің бірі - екі немесе одан көп қателіктердің орналасқан орнын анықтау мүмкінсіздігі.

6-ТАРАУ

АВТОМАТИЗАЦИЯЛАУДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРЫ

6.1. ӨЛШЕУЛЕР ЖӘНЕ ӨЛШЕУ ТЕХНИКАЛАРЫ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Автоматизациялаудың техникалық құралдары. Автоматтындырудың техникалық құралдарына басқару жүйесіне кіретін және ақпарат алу, беру, сақтау және түрлендіру, сонымен қатар басқару объектісіне басқарушылық әсерді жүзеге асыру үшін арналған барлық құрылғылар жатады:

- датчиктер және бақылау-өлшеу аспаптары;
- күшейтілген түрде түрленетін зорайтқыш құрылғысы;
- беретін құрылғылар;
- атқарушы механизмдер мен реттеуші органдар;
- автоматты реттегіштері;
- микропроцессорлық құрылғылар мен есептеу техникасы.

Автоматтандырудың техникалық құралдарын тиімді таңдау технологиялық процестері, автоматтандыру тапсырмаларымен, сенімділік критерийлерімен, үнемділік қауіпсіздік, эргономикалық және т.б. ерекшеліктерімен анықталады.

Өлшеу және өлшеу техникасы. ***Өлшеу***— арнайы техникалық құралдары көмегімен тәжірибе жолдарының кейбір физикалық шамаларының мәнін табу.

Өлшеу құралдары — бұл нормаланған метрологиялық сипаттамалары бар техникалық құралдар:

- шаралар;
- өшеу аспаптары;
- *өлшеуіш түрлендіргіш* ;

- өлшеу жүйелері;
- қондырғылар;
- кешендер.

Ш а р а — Берілген мөлшер мен санның физикалық шамасын жаңғыртуға арналған эталоны өлшеу құралы.

Өлшеу аспабы — форманы қабылдау үшін қолжетімді өлшеу шамасы туралы сандық ақпарат беру үшін арналған өлшеу құралы. Өлшеу аспаптары көрсетуші және тіркеушілерге бөлінеді. Көрсетуші өлшеу аспаптары аналогті немесе сандық формада өлшеу нәтижелерін есептеу үшін, ал тіркеушілер – өлшеу нәтижелерін тіркеу (жазба немесе баспа) үшін арналған.

Өлшеуіш түрлендіргіш — беріліс, ары қарай түрлендіру, өңдеу жіне сақтау үшін ыңғайлы, алайда датчиктерге (сенсорлар), нормалаушы және масштабтаушы құрлғылар, күшейткштер мен басқаларына тікелей түсетін формада өлшеу ақпараттарының сигналын өндіруге арналған.

Датчик — өлшенетін шаманың әсерін тікелей қабылдауға арнаған бастапқы өлшеуіш түрлендіргіш.

Өлшеу құралының метрологиялық арналымы бойынша эталонды, үлгілік және жұмыс түрлеріне бөледі.

Өлшеудің *жұмыс* құралдары өлшеу шараларын берумен байланысты емес өнеркәсіптік және зертханалық жағдайларда күнделікті өлшеу үшін қолданады.

Үлгілік өлшеу құралдары өлшеудің жұмыс құралдарына эталондардан өлшеу шараларын беру үшін арналған, яғни оларды тексеру үшін қызмет етеді.

Эталон ертеректе көрсетілгенге қарағанда, тым төмен дәрежелі өлшеу құралдарына оның өлшемін беруге арналған физикалық шаманың бірлігін жаңғыртуды және сақтауды қамтамасыз етеді.

Өлшеу нәтижелерін алуға байланысты тікелей, жанама және жиынтық өлшеулерді ажыратады.

Тік өлшеулер тікелей тәжірибелік деректерден ізделіп отырған физикалық шаманы анықтауды қарастырады. (мысалы, температураны термометрмен немесе тізбек-амперметрде өтетін токпен анықтау және т.б.).

Жанама өлшеулер — бұлар физикалық шаманың өзін емес, керісінше оныңмен функционалды байланысы барлар шамасын өлшеу (мысалы, $P = UI$ белгілі тәуелділігі бойынша қуаттың кезекті есебімен амперметр және вольтметр көмегімен тұрақты ток қуатын немесе тарылатын құрылғыда қысымның деңгей айырмасы бойынша тексеру).

Жиынтық өлшеулер — ізделіп отырған шаманы табу негізінде бірнеше біртекті шамаларды бір уақытта өлшеу.

Өлшеу әдістері. Өлшеулер жүргізер алдында талап етіліп отырған дәлдікке және өлшеу аспаптарының болуына байланысты сәйкес өлшеу әдістерін таңдау**.**

Өлшеу әдісі — өлшеу қағидаттары мен құралдарын қолдану әдістерінің жиынтығы. Өлшеу екі әдістің бірімен жүргізіледі: тікелей бағалаумен немесе шараларды салыстыру.

Тікелей бағалау әдісін қолдану кезінде ізделіп отырған шаманың мәнін өлшеу аспабының есептік құрылғысы бойынша тікелей анықталады (Мысалы, қысымды манометрмен, температураны — термометрмен, токты — амперметрмен және т. б. өлшеу).

Шараны салыстыру әдісі шарамен жаңғыртылатын біртекті шамадан, ізделіп отырған шаманы салыстыру қарастырады

Атаулы әдістің бірнеше өзге түрлері бар: дифференциалды (айырымдық) әдіс, нөлдік әдіс, ауыстыру әдісі (өтемдік).

Дифференциалды әдіс кезінде өлшеу аспабы өлшенетін шама мен өлшеммен жаңғыртылатын үлгілер арасындағы түрлілікке әсер етеді. Дифференциалды әдістің шекті жағдайлары түрлілігі нөлге дейін жеткізілетін *нөлдік әдіс* болып табылады.

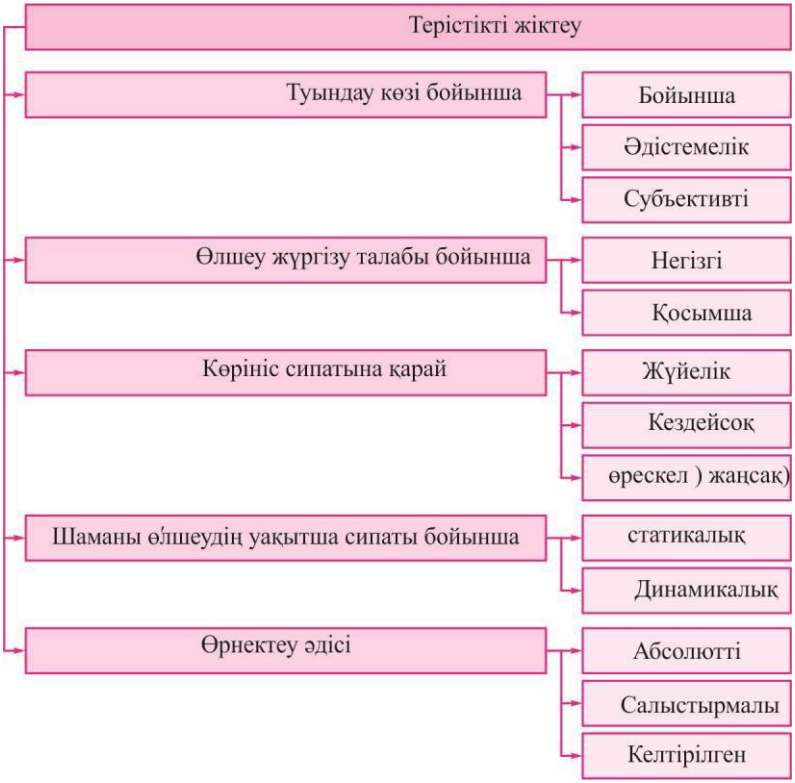
Ауыстыру әдісі қолдану кезінде өлшенетін шама өлшеммен жаңғыртылатын белгілі шамамен ауысады. Өлшенетін шаманы аспап көрсеткіші екі жағдайда да бірдей болғанда, яғни ешқандай өлшеулер орын алмайтындай етіп жүргізеді.

Өлшеу терістігі.

Физикалық шамаларды өлшеу нәтижелері *терістік* деп аталатын кейбір шамаға нақты мәнінен үнемі ерекшеленеді

Туындау көзіне, өлшеулер жүргізу жағдайларына, оның өрнегінің уақыт және тәсілдегі өлшенетін шама құбылысының сипатына байланысты терістік жіктеулері 6.1-суретте келтірілген.

Әдістемелік терістік өлшеу құралдарын қолдану әдістері мен тәсілдерінің жетілмеуімен шартталған (мысалы көрсетілген аспаптармен тұтынылатын қуат есебінсіз амперметр және вольтметр көрсеткіштері бойынша тұрақты ток қуатын анықтау кезінде әдістемелік терістік туындайды).



6.1 - сурет. Өлшеу құралдарының терістігін жіктеу

Аспап терістігі өлшеу құраларын дайындау терістігімен байланысты (Мысалы, аспаптар дайындау кезіндегі дәлсіздік, арт қан саңылау, люфтілер, градустау дәлсіздігі және т.б.)

Субъективті терістік оператор сезгіштік органының жетілмеуімен шартталған.

Негізгі терістік — стандарттар мен техникалық талаптарда көрсетілетін және нормаланған өлшеу құралдарын (температура, ылғалдық, қорек кернеуі және т.б.) қалыпты пайдалану жағдайларында туындайтын терістік.

Қосымша терістік қалыпты мәннен бір немесе бірнеше ықпал ететін шаманың ауытқушылығымен байланысты (Мысалы, қоршаған орта температурасының өзгерісі, ылғалдық өзгерісі, қорек ортасының кернеу тербелісі).

Қосымша терістік мәні нормаланады және өлшеу құралдарына берілетін техникалық құжаттамамен көрсетіледі.

Жүйелілік терістігі — өлшеудің бірлей талаптарында бір ғана шамада қайталап өлшеу кезінде өлшеу құралдарының өзгеретін терістігі тұрақты және заңды (Мысалы, қорек батареясының разрядымен шартталған, өлшеу кезінде ампервольметр кедергісімен туындаған терістік).

Кездейсоқ терістік — өзгеру сипаты бір ғана шаманы қайта өлшеу кезінде бірдей жағдайларда кездейсоқ болатын өлшеу терістігі. Кездейсоқ терістікті өлшенетін шаманың әр түрлі мәндерін көп реттік өлшеулер үшін статистикалық талдау әдістерін қолдана отырып қана анықтауға болады.

Өрескел терістік (қателік) өлшеу атаулы өлшеулерде елеулі түрде артады.

Статикалық терістік — уақыт шамасы бойынша тұрақты болатын өлшеу кезінде туындататын терістік (Мысалы, температура, қысым және т.б. өлшеу кезінде өзгермейтін өлшеу терістігі).

Динамикалық терістік — уақыт шамасында өзгеретін өлшеу терістігі (Мысалы, өлшеу аспабын қосу сәтінде коммутация кезінде өтпелі процестермен шартталған технологиялық процестерде өлшеу аспабын немесе әр түрлі коммутациялар қосу сәтінде туындайтын өлшеу терістігі, өлшеу аспабының тез әрекетіне байланысына тәуелді).

Δ өлшемінің *абсолютті терістігі* —*X* өлшеу нәтижесі мен X_0өлшенетін шаманың нақты мәні арасындағы айырмашылық:

$$\Delta = X - X_0.$$

Абсолютті терістік өлшенетін шаманың бірліктерінде көрінеді.

δ өлшемінің *қатысты терістігі* — X_0 өлшенетін шаманың нақты мәніне Δ өлшеуінің абсолютті терістігінің қатынасы:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_0} = \frac{X - X_0}{X_0} 100\ \%.$$

Қатысты терістік — өлшемсіз шама (пайыздарда көрінуі мүмкін). X_0 өлшенетін шаманың нақты мәні белгісіз болса, $X_д$ өлшенетін шаманың нақты мәнін қолданады, осы кезде $X_0 = X_д$ қабылданады.

$X_д$ нақты мәні өлшеудің аса нақты әдістер мен құралдарын қолдану жолымен эксперименталді түрде табады. Әдетте нақты мәнге өлшеудің үлгілік құралдарының көрсеткіштерін қабылдайды.

У өлшеуінің *келтірілген терістігі* — бұл X_N = (X_{max} - X_{min}) өлшенетін шаманың кейбір нормалау мәніне - сипаттамалар мәндерінің өрнегі жататын белгілі бір мәнге немесе диапазон енінің орнатылған мәніне Δ абсолютті терістік қатынасы:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_{max} - X_{min}} 100\%,$$

мұндағы X_{max} және X_{min} —өлшеу диапазонының жоғарғы және төменгі шекарасы.

Дәлдік класы — бұл негізгі және қосымша терістіктің жол беретін шегінің, сонымен қатар олардың дәлдігіне ықпал ететін өлшеу құралдарының басқа қасиеттерімен анықтайтын өлшеу құралдарының жалпыланған сипаттамасы

Жол берілетін терістік шегі өлшеу құралдарының жеке түрлерінің стандарттарынла бекітіледі. Дәлдік класы өлшеу құралдарынң тікелей дәлдік көрсеткіші болып табылмайды, керісінше өлшеу дәлдігі сонымен қатар өлшеу жүргізу әдістер і мен талаптарына ықпал ететіндіктен олардың дәлдікке қатысты қаситеттерін сипаттайды.

Өлшеу құралдарынң жол берілетін негізі мен қосымша терістік шектері дәлдіктің әр класы үшін абсолютті, қатысты және келтірілген терістік түрінде орнатылады.

Егер өлшеу құралы үшін қосымша терістік шегі абсолютті өлшем бірлігінде өрнектелетін болса, онда дәлдік класы шартты реттік нөмірмен ұсынылады, мұнда басым көп жол берілетін терістік көп реттік нөмірмен класын меншіктейді. (Мысалы, Кл. № 1, Кл. № 3 және т.б.).

Келтірілген немесе қатысты терістіктер түрінде берілген терістіктің жол берілетін шегі, өлшеу құралдарына стандартты қатарлан таңдалып алынатын дәлдік класы меншіктеледі:

К = (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0)10^n, мұндағы n = 1, 0, -1, -2.

Жақша ішінде пайыздарда өрнектелген терістік мәні көрсетілген, дәлдік класы қаншалықты жоғары болған сайын ол соншалықты аз мәнмен белгіленген.

Мысалы, 0,5 (К = 5; *n* = -1) дәлдік класы 1,5 (К = 1,5; *n* = 0) дәлдік класынан жоғары.
Осылайша, өлшеу құралдары үшін пайыздарда көрінетін барлық өлшеу диапазонынан келтірілген теристік негізінің шегі ретінде анықталады.

6.2. ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР ПАРАМЕТРЛЕРІН АВТОМАТТАНЫРЫЛҒАН БАҚЫЛАУ

Жалпы мәліметтер. Өнеркәсіптік өндірістің типтік технологиялық процестері келесі негізгі параметрлерімен өзіне бақылау және басқаруларды енгізеді:

- қыздыру құрылғыларының температуралық материалдары мен жұмыс кеңістігімен;
- сұйықтық және газ шығынымен;
- қысыммен;
- сұйық және сусымалы материалдар деңгейімен.

Осы параметрлерді бақылау үшін, басқару жүйесіне талап етілген параметрді өлшеуді және өлшенген шаманы беруді жүзеге асыруға мүмкіндік беретін типтік техникалық құралдар жиынтығы қолданылады.

Негізгі технолгиялық параметрлерді бақылаудың типтік техникалық құралдарының жұмыс қағидаттарын қарастырайық.

Температураны өлшеу. Температураны өлшеу әдістері термометрлік белгілер бойынша жіктеледі:

- *жылылық кеңейтілім* — аспаптардың жұмыс қағидаттары термометрдің жұмыс шамасында қорытындыланған (сұйықтықты шыны термометрлер) немесе температура өзгерісіне байланысты қатты дененің өлшемдерін өлшеуде (биметалды және дилатометрикалық термометрлер) сұйықтықты жылылық кеңейтуге негізделген;
- *тұйық кеңістікте қысым өзгерісі (көлем)* - температураға байланысты жұмыс заттегінің шамасы мен қысымың өзгерісі (сұйық, газды және конденсациялық манометрикалық термометрлер);
- *Томсон мен Зеебектің термоэлектрлі эффектісі* — аспаптар әрекеттерінің қағидаттары олардың түйісу орнынан жылылық тепе-теңдік бұзылған кезде екі әр текті өткізгіштерден тұратын тізбектегі ток туындауына негізделген (термоэлектрлі түрлендіргіштер немесе терможұп);

- *электрлі кедергі өзгерісі* — температура өзгерген кезде, металл кедергісінің немесе жартылай өткізгіш материалдар өзгерісі (кедергі термометрлері);
- *жылу сәулесі* — жылу сәулесі орын алатын температура мен толқын ұзындығына байланысты абсолютті қара дененің энергетикалық жарқырағыштық өзгерісі (радиациялық, жарықтық және түстік пирометрлер).

Температура өлшеудің аса ыңғайлы әдістері басқару жүйесін құру кезіне термометрикалық белгімен электрлі сигналдар болып табылатындар болады.

Өлшеу және бақылау жүйелеріндегі температура өлшеудің әр түрлі қолданысын қарастырайық.

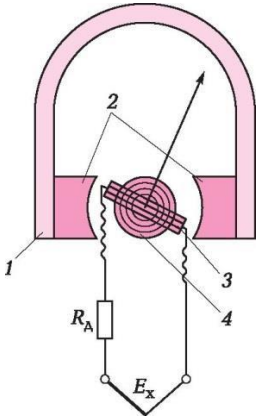
Термоэлектрлі түрлендіргіштер (3.10 сур. қар.) екі жүйенің бірінің бойымен өлшеу аспабына (милливольтметрге, потенциометрге және т.б.) қосылады (3.10, *б,* в сур. қар).

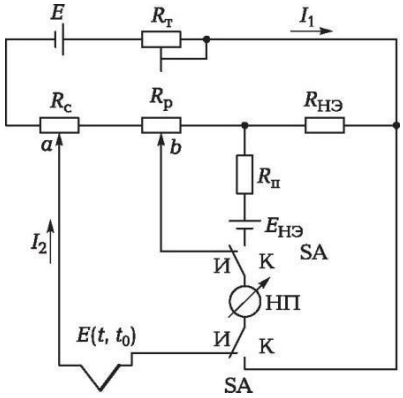
Терможұп контурына өлшеу аспабын қосу екі сызба бойынша бірдей құқылы.

ТермоЭДС өлшеудің әр түрлі әдістерін жүзеге асыратын және терможұппен қолданылатын өлшеу аспаптарын (ӨА) қарастырайық.

Милливольтметрдің негізгі бөліктері 2 қосу ұштықтарымен 1 тұрақты магнит, магнитті жұмсақ болаттан жасалған 3 өзек, көптеген орамнан тұратын 4 қаңқа (ережеге сай, мыс сымдар) (6.2-сурет.). Қаңқа нұсқармен қатты бекітілген және өзінің білігінің бойымен айналатын жылжымалы милливольтметр жүйесін түзеді. Қаңқаға жеткізетін ток жетегі шиыршық серіппелер арқылы жүзеге асырылады. Қаңқа арқылы өтетін ток тұрақты магниттің магнит өрісімен өзара әрекеттеседі, осы кезде рамканы токқа пропорционалды ағатын белгілі бір бұрышқа айналдыратын сәт құрылады. Қаңқа құрылған айналу сәті шиыршық серіппелердің серпінді күштерімен тоқтайды.

Потенциометрлер белгілі мәні бар кедергідегі қатаң түрдегі белгілі бір токтан алынатын бергілі кернеумен өлшенетін термоЭДС теңдестіруге негізделген өтемдеу әдіспен жұмыс істейді.
Потенциометрдің электрлі схемасы үш тізбекпен құрылған (6.3-сур.): бірінші —батарея тізбегі —Е тұрақты ток көзінен, R_x реостат кедергісі, R_g секциялық резистор, $R_?$ реохорда кедергісі және R_{U3} резистордан тұрады*;* екінші — жылу өткізгіш элемент тізбегінен —E(t, t_0) термоЭДС көзін, R_c секциялық резистор бөлігін, R_p реохорд кедергісі және нөл- аспап (НА) өзіне енгізеді; үшінші — қалыпты элемент тізбегі — бірінші тізбектегі жұмыс тогын орнату үшін қызмет етеді және және $E_{ҚЭ}$ қалыпты элементі мен R_n. резисторынан тұрады .





6.2 сурет. Милливольтметр құрылғысы 6.3. сур. Тенциометрдің электрлі сызбасы

Жұмыс тогын орнатқан кезде, SA ауыстырып қосқышы К-бақылау күйін ауысады. Осы кезде батарея тізбегі қалыпты элемент тізбегіне қосылады. Нөл-аспап нұсқары осы кезде $Л_т$ реостат көмегімен нөлге орнатылады.

ТермоЭДС өлшеу үшін ауыстырып қосқыш өлшеу күйіне, ал *E* ток көзінің тізбегі жылу өткізгіш элемент тізбегіне қосылады. R_c секциялық резистор мен R_p реохорд қозғалтқыштары термоЭДС жылу өткізгіш элементтері *ab* учаскесінде батарея тогы құрған потенциалдар түрлілігімен тең және қарама қарсы бағытта толығымен өтемделгенге дейін ауысады. Осы жағдайда нөл-аспап нұсқары нөлге орнатылады, ал есеп милливольттарда (мВ) R_c секциялық резистор және R_p реохорд кернеудің төмендеу жиынтығы бойынша жүргізіледі.

Диск-250 Ш *қайталама аспабының* жұмыс негізіне электрлі механикалық бақылау теңестіру қағидаты салынған (6.4-сур.).

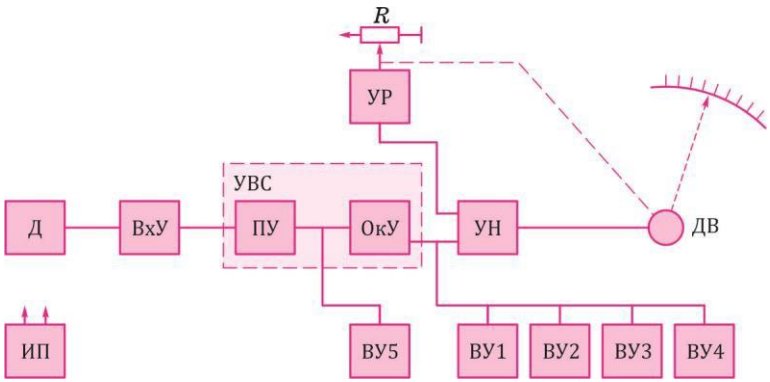
Датчиктен (Д) кіріс сигналы (КС) бастапқы кезде өлшеудің төменгі шегі бойынша нормаланатын кіріс құрылғысына түседі, кейін – ең бірінші өлшеудің төменгі шегі бойынша нормаланатын кіріс құрылғысына (КҚ), кейін жоғарғы өлшеу шегі бойынша нормаланатын кіріс сигналының зорайт қышына (КСЗ)түседі (АЗ – алдын ала зорайту, СЗ - соңғы зорайту). Күшейткішпен күшейтілген реохорды (R)(УР) бар сигнал КСК сигналымен теңгерімсіздікті күшейткіш (ТК) кірісінде салыстырылады.

Аспап жұмысы келесі түрде жүргізіледі. УН кіру күшіндегі параметр өзгерген кезде, күшейетін және жұмыс қозғалтқышын (ЖҚ) басқаратынт теңгерімсіздік сигналы пайда болады. Қозғалтқыш өз кезегінде РК күшейткішінен келетін сигнал (абсолютті шамасы бойынша) КСК күшейткіштен келетін сигналға тең болмайынша *R* реохорд қозғалтқышы өз кезегінде орналастырады. Осылайша, өлшенетін параметрдің әрбір мәніне реохорд қозғалтқышының белгілі бір күйі мен олармен байланысты аспап көрсеткіші сәйкес келеді.

КСК күшейткіш сигналы шығыс құрылғысының күшейткіш кірісіне түседі:

- СҚ/ШҚ1 —0...5 немесе 4... 20 мА шығыс электрлі сәйкестендірілген сигналындағы кіріс сигналын түрлендіру құрылғысы ;
- СҚ/ШҚ 2 —үшпозициялы реттеу құрылғысы;
- СҚ/ШҚ 3 — төменгі жол берілетін шектегі өлшенетін параметр шығысы туралы сигнализация құрылғысы;
- СҚ/ШҚ 4 — төменгі жол берілетін өлшеу шегіндегі өлшенетін параметр шығысы туралы сигнализация құрылғысы;
- СҚ/ШҚ 5 —Т- функциясын немесе ТИ-Реттегішті сіке асыратын шығыс құрылғысы.

Өлшенген термоЭДС температураға ауысуы t_1 - t_0 температура айырмашылығына байланысты термоЭДС мәнін анықтайтын терможұптарды қолдану типіне байланысты номиналды статистикалық сипаттамаларды (НСС) қолдана отырып, жүзеге асырылады. Егер t_0 температурасы (еркін ұштары) нөлге тең болса, онда термоЭДС мәні өлшенетін t_1 температурасының мәніне сәйкес келеді, бұл әрі өлшеу аспабын көрсететін болады



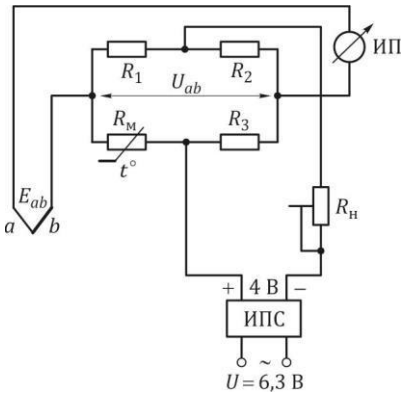
6.4 – сурет. Диск – 250 қосалқы құрылғысы (ҚК қуат көзі).

Егер терможұптың еркін ұшының температуралары нөлден ерекшеленетін болса, онда аспап көрсеткіші градусталған сипаттамаларда ерекшеленетін болады.

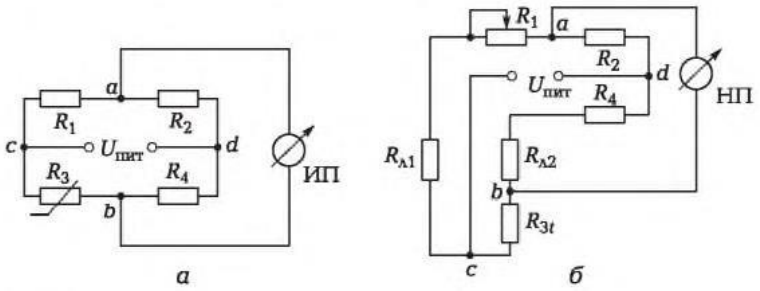
Терможұптың еркін ұшының температураларына түзетулер енгізу келесі тәсілдермен жүргізіледі:

- Түйісу орындарында түзілген паразитті термоЭДС қарама қарсы қосылып, шамасы бойынша тең болғанда қосылған 0-ден 100...200 °С-қа дейінгі температура интервалында қолданылатын термоэлектрлі түрлендіргішінің сипаттамасына сәйкес келетін термоэлекртлі сипаттамасы бар материалдардан дайындалған термоэлектродты ұзартылған сымдарын қолданады;
- 0 °С кезінде тепе-теңдікте тұрған R_1, R_2, R_3 тұрақты манганинді резисторлармен *және* $R_Н$ мыс резисторларымен әркелкі көпірді танытатын түзетулерін автоматты енгізу үшін өтемдеуші көпір көмегімен (6.5-сурет.); U_{ab} көпірінің теңгерімінің бұзылуында туындаған еркін ұштарының температурасы ауытқу кезінде өлшенетін термоЭДС төмендету мүмкіндігін өтемдейді (ТҚК - тұрақтандыру қорек көзі);
- автоматты потенциометрлерде мысты кедергілерді қолданады;
- 0°С немесе (50 ± 0,5)°С тұрақты температура кезінде еркін ұштарын термостатирлеу

Кедергі термометрлері. Кедергі термометрлерінің жұмыс қағидаттары температура өзгерісі кезінде терморезистордың белсенді кедергісі өзгерісіне негізделген (металды-мысты және платиналы және жартылай өткізгішті).



6.5 - **сурет. Өтемдеуші көпір көмегімен түзетулер енгізу**



6.6-сурет. Термокедергілерді көпірлік өлшеу схемалары:
а-теңестірілмеген көпір сызбасы; б-теңгерілген көпір схемасы

Кедергі термометрлерімен берге қолданылатын кедергі өлшеудің екі схемасы бойынша қағидатты түре құрылады: теңестірілмеген көпір схемасы және теңестірілген сызбасы.

Теңестірілмеген қарапайым көпір схемасы R_1, R_2, R_3, R_4 мен екі диагональдан тұрады: *cd* қорек диагоналы және *ab* өлшеу диагональдары (6.6, а,-сурет.).

Көпір тепе-теңдігінің негізгі күші көпір иығында қарама-қарсы туынаған тепе-теңдік болып табылады:

$$R_1R_4 = R_2R_3.$$

Егер тепе-теңдік сақталатын болса, онда тепе-теңдігі сақталмаған кернеу көпірінің өлшеу диагональдары - $U_{ab} = 0$. Егер кедергілердің бірі (Мысалы, R_3) мыс немесе пластинадан орындалса және өлшенетін ортаға орналастырылса, ал қалғандары (R_1, R_2 және R_4) манганиннен жасалса, орта температурасы өзгерген кезде көпір тепе-теңдігі бұзылады және өлшеу аспабы арқылы ток өтеді. Ток күші көпір тепе-теңдігі көбірек бұзылған сайын көбірек болады.

Тепе-теңдігі бұзылған көпір басымдылығы кедергінің аз өзгерісіне олардың жоғары сезгіштігі болып табылады, алайда температураны өзгерту үшін оларды шкала сызықтық болмауы себебінен де жиі қолданбайды.

Температура өлшеу үшін, әдетте *теңдестірілген көпірлер* қолданылады (6.6, б сурет). Оларға R_1, R_2, R_4 кедергілерінің біріне өзгермелі қолданады, ал өлшеу аспабының (ӨА) орына нөл-аспапты қолданады. Көпір тепе-теңдігі бұзылған кезде НА нөлді көрсеткенге дейін R_1 реохорд қозғалтқышын ауыстырады. Көпір теңдестірілді. Өлшенетін кедергі санағы реохорд қозғалысының күйі жүргізіледі. Осындай аспаптың шкаласы сызықты болып келеді.

Байланыстырушы сымдар кедергісін жою үшін, белдіктің қуат көзі (с нүктесі) термометрге тікелей қосылады. Бұл жағдайда белдіктің тепе-теңдіктің күйі келесідей жазылады:

$$(R_1 + R_{\lambda 1})R_{3t} = R_2(R_4 + R_{\lambda 2}).$$

Термоэлектрлік пирометрлер, температура өлшеуінде қызған денелердің сәуле энергиясын қолданатын, үлкен таратылым тапты. Сәулелену бойынша температура өлшеу әдісі абсолютті қара дегене қойылған заңында құрайды. Абсолютті қара дененің энергетикалық жарықтығын Планғаның теңдеуі бойынша анықтауға болады. Қысқа толқынды ұзындығы үшін қара дененің толқын ұзындығындағы энергиялық жарықтылық тәуелділігі Вина теңдеуі арқылы көрінуі мүмкін:

$$E^0_{\lambda T} = C_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda T}} \Delta\lambda,$$

Мұндағы $E^0_{\lambda T}$ –Энергетикалық жарқырағыштықғ Вт/м^2; λ- толқын ұзындығы, м;

Δ λ – спектрлі аралық, м; С1, С2 – тұрақты коэффициенттер: С1 – 3,7418*10 16 Вт/м^2 – 1,438*10 ^{2} м* К; Т- температурасы, К,

Әрбір абсолютті қара дене мәнінің барынша энергетикалық жарқырағыштық температурасы белгілі ьолқын ұзындығына сәйкес келеді. Жылжыту түрінің барынша сәуле шығаруы Вина жылжыту заңымен көрсетіледі:

$$E^0_{\lambda\, \max T} = AT^5 \Delta\lambda,$$

Мұндағы А – ара қатынастан анықталатын ауыстыру коэффициенті:

$$A = \frac{C_1}{C_2} \frac{\gamma^5}{e^{-\gamma} - 1}; \gamma = \frac{C_2}{\gamma_{\max} T}$$

Барлық шоғырлықта сәулелендіру күші Стефан-Боцман заңының абсолютті қара денесімен анықталады:

$$E^0_T = \sigma T^4,$$

Мұндағы σ - тұрақты (σ =5,6696*10 – 8Вт (м2К4))

Жылу бөлінуінің заңы келесі негізгі өлшеу температура әдісіне жатады:

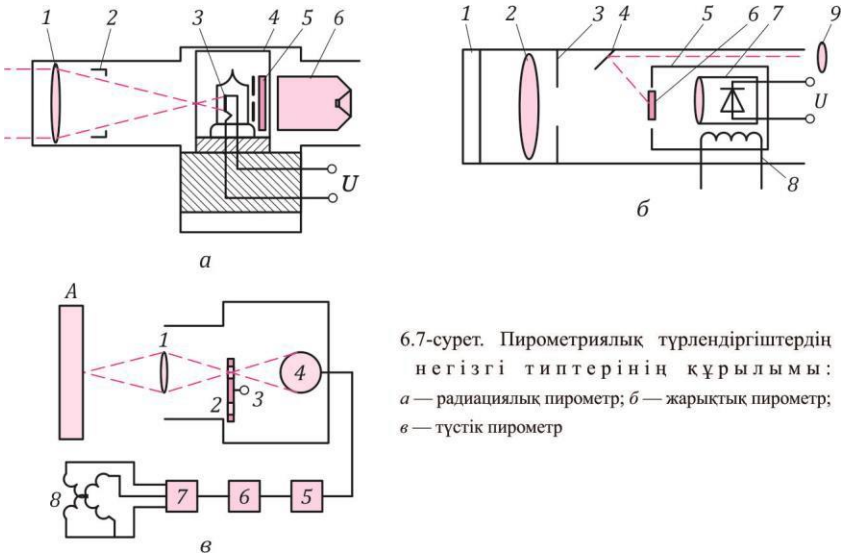
- радиацияның пирометриясы, кең спектральды диапазондағы дененің сәулеленуінің жалпы шамасының (жалпы радиациялық пирометрлер) температуралық тәуелділігін пайдаланады;

- жарықтылық пирометриясы —қызған дененің жарықтығын белгілі бір толқын ұзындығындағы температурадан (ішінара сәулелендіру пирометрлерінде) өзгерту;
- түсті пирометриясы — радиациялық спектрдің берілген бөлігінің ішіндегі температура функциясы (спектральды сәулелендіру пирометрлері) ретінде энергия бөлуін өзгерту.

Радиациялық пирометрдің құрылысы 6.7, а -суретте көрсетілген, а. Зерттеліп жатқан сәулелендірілуі 2 диаграмма арқылы 1 объектив жұмыс шегіндегі термобатареймен шоғырланады. Термобатарея платиналы *3* желекке балқытылып жабысқан және қара платинамен қапталған біріккен бірнеше терможұптарын құрайды.
Сәулелерді жақсы сіңдіру үшін, оған түскен сәулелер 98...99% осындай желекпен сіңеді.

Термобатарея желекпен шыңы қорапшасына салынды. Экран *4* пайдалану талаптарына байланысты өзгеретін телескоп, температура қабырғаларының тарапынан сейілген сәулелер мен механикалық зақымдардан термобатареяны қорғайды.

Жоғары температураны өлшеу кезінде көзді қорғау үшін телескоп орнатқан кезде көру алаңындағы көздік алдына қызыл әйнек 5 орнатады. Туралау көздіктегі 6 қыздырылған беттің жарқырауымен қоршалған жапырақша көрінген кезде жапырақша өлшеу объектісінің кескінін толық жабатындай етіліп жүзеге асырылады. Аспапты дұрыс орнату үшін, сәуле көзі диаметрінің ара қатынасы телескоптан сәуле таратқышқа дейінгі ара қашықтығы шамамен 1/15 болуы тиіс.



6.7-сурет. Пирометриялық түрлендіргіштердің негізгі типтерінің құрылымы: *а* — радиациялық пирометр; *б* — жарықтық пирометр; *в* — түстік пирометр

Жапырақшаның ең жоғарғы температурасы 250 °С құрайды, өйткені ең жоғары температураларында қаратымды коагуляциялап, сұр болады. Температураны осындай пирометрмен өлшеу шегі 900... 1800°С-тен. Пирометрдің жарқындық конструкциясы 6.7, *б. суретінде көрсетілген. Фотодиод- генераторлық тәртібінде жұмыс істейтін, сезімтал элементі.* Фотодиодпен тудырылған кернеу беткі темперамен пропорционалды.

1 әйнегі *2* оптикалық жүйені ластанудан қорғайды. Оптикалық жүйе фотодиод жазықтығындағы сурет бетіне бұрыштама қою үшін арналған. *3* Апературалық диафрагмамен пирометрдің сатыланған сипаттама қиюластырылуы қалыптасады. Қабылдау құрылғысы спектральдік жұмыс саласында фотодиод жұмысын қамтитын *7* фотодиод және6 жарық сүзгішінен тұрады. Түрлендіргішті нысанға бағыттау үшін, *9*-ші және*4*-шы айналар қызмет етеді.

5 термостат қабырғалар оқшауланған (*мысалы,* пенопласт*)* арасындағы қос қабатты цилиндр болып табылады. Термостаттың тұрақты температурасы *8* жылытқышпен қуаттанып тұрады.Қолданылатын фотодиодтардың сипаттамаларын ескере отырып, термостатин температурасы 30 ... 50 ° С болады. Термостаттың болуы қоршаған ауа температурасының пирометрдің көрсеткіштеріне әсерін жоюға мүмкіндік береді.

Әр түрлі пирометрлермен әр түрлі температураларды өлшейді. Қызған қара дене барлық толқын ұзындығының сәулелерін шығарады. Бұл жағдайда, берілген температурадағы максималды сәулелендіріуіне сәйкес келетін толқын ұзындығы $Л_{max,}$ түс пирометрлері арқылы температураны өлшеу үшін, негіз ретінде пайдаланылатын ауыстыру туралы заң деп аталатын формуладан

$$\lambda_{max}\ T = const = 0{,}2884,$$

табуға болады. *Т* корпусының абсолюттік температурасы максималды сәулелену қарқындылығы орын алған толқын ұзындығынан анықталады.

Температураны өнеркәсіптік өлшеулерде пирометрлер арқылы, бұл дененің сәулелену қарқындылығын екі алдын-ала таңдалған толқын ұзындығына қатысты анықтау керек. Әрбір температура үшін бұл ара қатынас әртүрлі болады және толықтай айқын болады және де дененің абсолюттік температурасы үшін өлшемі ретінде қызмет етуі мүмкін:

$$\frac{E_{\lambda 1}}{E_{\lambda 2}} = \frac{e^{-\frac{C_2}{\lambda_1 T}}}{e^{-\frac{C_2}{\lambda_2 T}}} = f(T).$$

Пирометрлер сурет элементтерімен әр түрлі температураны өлшейтін әр түрлі температурасын өлшейтін пирометрлер, әдетте, сурет элементтерімен қолданылады. Олардың әрекет қағидасын қарастырамыз (6.7, в суреті).

А өлшеу нысанындағы сәулеленуі синхронид 3 электр қозғалтқышпен айналғанда келтіретін 2 тығыздама 1 линзамен сосын 4-сурет элементімен қабылданады.

Тығыздама дискінде жартысы қызыл жарық сүзгішпен ЖС, ал басқа жартысы көк ЖС қапталған бірнеше тесіктер бар.

Осылайша, сурет элементіне не қызыл, не көк сәулелер түседі. Бірнеше саңылаулардың болуына байланысты сурет тоғы тозаңдаушы тесіктердің санын және оның айналу жылдамдығымен анықталатын тасымалдаушы жиілігімен модуляцияланлуы мүмкін.

Модуляцияланған тоқ сурет элементтерінің жүктемесінде 5 күшейткішімен, ал сосын фаза сезімтал 6 түзетуші түйінімен, содан кейін 7 коммунатор арқылы қызыл және көк сәуле қарқындылығына сәйкес электр магниттік логометрмен анықталады. Логометрдің бір шеңберінде қызыл сәулелену қарқындылығына байланысты токтың ағымы, ал екіншісінде сәулелену нысанындағы, көк сәуленің қарқындылығына байланысты ток өтеді.

Әр түрлі пирометрлері екі толқын ұзындығының сәулелену қарқындылығының арақатынастағы функциясын өлшегендіктен, сәулелену толық еместігі мен оқылымдардың сәулеленуінің бетіне дейінгі және соңғы өлшемдерінің тәуелсіздігі салдарынан қателік азаяды. Сурет элементінің тиісті жұмыс тәртібі бойынша фото электрлік әр түрлі пирометрлер 2500 ° С дейін ±1 %. аспайтын қателікпен өлшеуді қамтамасыз етеді.

Сұйықтық (газдың) шығының есептеу . Көптеген салалардың технологиялық процесстерінде ең маңызды параметрлердің бірі құбыр арқылы өтетін сұйықтықтың (сұйықтық, газ) ағымы болады. Осы параметрді нақты бақылау, реттеу немесе жазу процестің бағытына, демек, соңғы өнімнің сапасына ықпал етуге мүмкіндік береді.

МемСТ 8.563.1-97-ге сәйкес, тұтыну ағым жылдамдығының бағытына перпендикуляр секция арқылы құбырдың ағымындағы массаның (көлемнің) немесе сұйықтықтың (газдың) ағымының артуына, уақыт аралығындағы шексіз қысқырту қатынасына, тең келетін физикалық шаманы білдіреді-

Заттың тығыздығына байланысты көлемді және салмақ шығынын анықату. ӨБ-де негізгі көлем шығыны м3/с, ал салмақ шығыны - кг/с

құрайды. Техникалық өлшемдер үшін м3/сағ және кг/сағ жиі қолданылады .

Бір заттың шығынын өлшеу үшін қолданылатын өлшеу құралы - шығын өлшеуіш деп аталады, ал шамасын (салмағын) өлшеуге арналған құрылғы санауыш болып табылады. Әр нақты жағдайларда осы шарттарға реттелетін орта аттары (мысалы, сұйықтық шығынын өлшеуіш, сұйықтық өлшегіш) қосылуы керек.

Шығын өлшегіштің келесі өзге түрлері кеңінен таралды:

- Ағымдық шығын өлшегіштер - ағынның динамикалық қысымын сезетін сезімтал элемент позициясының тәуелділігіне негізделген ағымдық шығындар;
- Тахомерриялық - шығыс ағымына орнатылған шығын өлшеуіш элементінің жылдамдығына тәуелділігін іске асырады;
- Электрлі магниттік - электр өлшегіштік ортаны магнит өрісінің ағынмен өзара әрекеттесу тәуелділігін іске асырады;
- ультрадыбыстық - ауытқу жиілігінің ағынның жылдамдығына тәуелділігін пайдалану;
- құйындылық - жұмыс қағидаты ауытқу жиілігінің ағымнан шығатын ағымға тәуелділігіне байланысты;
- жылу - термиялық түрлендіргіш көмегімен ағынның температурасын температураға айналдырып, осы температураның ағынның жылдамдығына тәуелділігін пайдаланыңыз;
- оптикалық лазерлі түрлендіргішпен - жарық сәулесінің жылдамдығын ортаның ағымынан тәуелділікті жүзеге асырады;
- иондау - орта ағымның жасанды иондалуын пайдалану және оның құны ортаның шығыс жылдамдығына байланысты иондалу тогын өлшеу;
- таңбалаушы - жасанды түрде жасалынған белгінің өту уақытының ағын бойынша құбыр бөлігінің ағымына тәуелділігіне негізделеді.

Сұйықтықтың (газдың) ағынын өлшеу келесі әдістермен жүзеге асырылады:

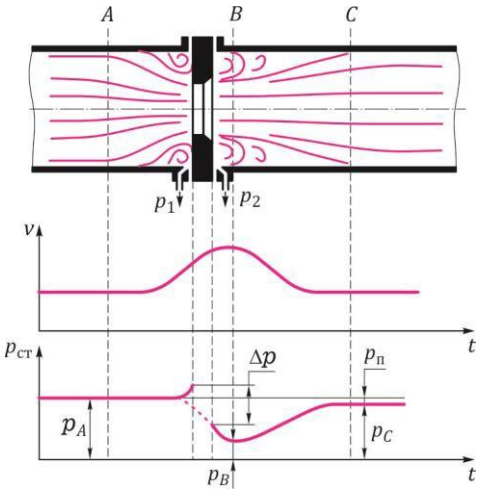
- шығыннан тарылу құрылғысында статикалық қысым деңгей айырмасы мәніне байланысты негізделген *қысымның өзгермелі деңгей айырмасы*;

- айнымалы деңгей әдісі, жұмыс қағидаты шығын саңылауы арқылы еркін ағыс кезінде шығын өлшегіштегі деңгейге байланысты негізделген.

Тарылту құрылғысындағы қысым деңгей айырмасы бойынша шығын өлшеу өлшенетін ортаның шығынынан құбыр желісінде орнатылатын жылжымайтын тарылтушы құрылғыдағы қысымның деңгей айырмасына байланысты.

Бұл құрылғыны шығынды бірінші түрлендіргіш ретінде қарастырған жөн. Тарылтушы құрылғыда құрылатын қысымның деңгей айырмасы шығынның бірлігінде градусталған қаталама аспаппен байланыс желісінің жалғануы бойынша дифференциалды манометрмен (дифманометрмен) өлшенеді.

Өлшеу қағидаты тарылтушы құрығының саңылауы арқылы ақып өткен кезде қысуға дейінгі жылдамдықпен салыстырмалы түрде оның жылдамдығы артады. Жылдамдықты ізінше, кинетикалық энергияны арттыру, потенциалдық энергия мен сәйкесінше статикалық қысым азаюын туындатады. Шығын градусталған сипаттамалаға сәйкес дифманометрмен өлшенген қысым деңгей айырмасы бойынша анықталады. 6.8-суретте қысылған құрылғы - диафрагманы құбыр желісінде орнату кезінде у жылдамдығы мен $p_{ст}$ статикалық қысым тарату ағынының сипаты көрсетілген..



6.8-сурет. Ағын сипаты, тарылтушы құрылғы – диафрагманы құбыр жетегінде орнату кезінде жылдамдықты тарату және статикалық қысым.

Тепе теңдігі жергілікті кедергілерінің болуы мен шартталған құбыр желісаінің қиылысы бойынша жылдамдықты таратуды теңестіру үшін белгілі бір ұзындықтағы құбыр желісінің тік учаскесінде қолданылады.

Тегіссіздіктің өту коэффициентінің мәніне ықпалын ұқсас құрылымдық жолмен болдырмау мүмкін емес, сондықтан да ол құбыр желісінің ішкі бетіндегі тегіссіздікке түзету коэффициентінің көмегімен түзетіледі.

Тарылтышы құрылғы ретінде сұйықтық (газ, бу) шығынын өлшеу үшін диафрагма, шүмек және Вентури шүмегі едәуір сирек қолданылады (аз жоғалтуға Вентури шүмегі ие).

Нақты тарылтушы құрылғыны таңдау кезінде тарылтушы құрылғымен туындалатын қысымды жоғалтуды басшылыққа алады. Шығын мен деңгей айырмасы арасында шаршылы тәуелділік орны алған. Дифманометрлердің кинематикалық және электрлі сызбаларында немесе қайталама аспаптарда шығын өлшегіштің тең дәрежелі шкаласын алу үшін, шаршы түбіріне алына тын құрылғыны әр түрлі типтері қосылады. Мұндай құрылғылардың болуы - қысымның деңгей айырмасы бойынша шығын өлшеудің әдістерінің жеткіліксіздерінің бірі.

Басқа да күрделі кемшіліктер әрбір нақты шығын өлшегішті өлшеудің тарылған диапазоны болып табылады – аса көп өлшенетін шығынның әдетте 30... 100 %-ы. Шығын өлшегіштің дәлдігіне де осы шектер арасында ғана кепілдік береді..

Өзгермелі деңгей айырманың шығын өлшегіштерінің негізгі терістігі 1.4% құрайды.

Шығынды қысымның тұрақты деңгей айырмасының әдісімен өлшеу әрекет принциптері қалқыманың екі жағы бойынша қысымның деңгей айырмасы сұйықтық шығынынан тұрақты болып қалғандықтан құбырдың өтпелі қиылысының алаңын өлшейтін қалқыманы тік жылжытуға байланыстылығына негізделген арнайы *ротаметр* деп аталатын шығын өлшегіштер көмегімен жүзеге асырылады.

Ротаметрлердің екі типтері қолданылады:

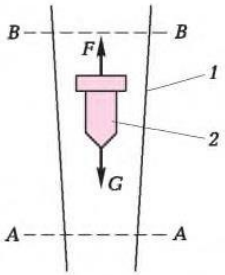
- көрсететін;
- ара қашықтықтың электрлі немесе пневматикалық көрсеткіш берілісіне.

Ротометр қарапайым түрде ішінде қалқыма 2 (6.9-сурет.) орналасқан конустық тік (жоғары таралатын) шыны құбыршаны 1 танытады.

Қалқымалар әр түрлі формаларда болуы мүмкін, мысалы төменгі коустық бөлігімен цилиндрлі және онда кесілген қиғаш жиектері бар жоғарғы борттар.

Бақылаудағы орта жиек арқылы ағып өткен кезде, қалқыманың айналуын қамтамасыз етеді., осы кезде ол құбырша білігі бойымен орталықтандырады және бұл қабырғаға үйкелуін болдырмауға мүмкіндік береді.

V орташа көлем, *f* басым көп қиылыс, $p_п$ орташа тығыздығы бар жұмыс үстіндегі қалқыманың күшін қарастырайық. Қалқыманың жоғары жағынан төменіне қарай $G = Vp_Hg$ (g — еркін құлауды тездету) ауырлық күші әсер етеді. Қалқымаға төменнен жоғары қарай қабырға мен қалқыма арасындағы шығыршық саңылаудағы ағын салдарынан туындаған p_1 - p_2, қалқымасынан кейін және дейінгі статикалық қысымның түрлілігімен шартталған қысым әрекет етеді, $F = (p_1 - p_2)f$.



6.9-**сурет. Қарапайым ротаметр сызбасы**

Қалқыма жоғары және төменнен әсер ететін кштер тепе-теңдігін сақтай отырып, яғни, $G = F$ немесе $p_1 - p_2 = G/f$, сұйықтық (газ) ағынында қозғалыссыз қалқып тұрады,

Q сұйықтығының шығыны артқан кезде қалқыма мен құбырша және қалқыма арасындағы қабырғалар арасындағы шығыршықты саңылау 4 өзгеріссіз қалады, осы күшпен $p_1 - p_2$ артады,, осы кезде тепе-теңдік жоғалады да, қалқыма жоғары көтеріле бастайды, Сонымен қатар үлкейетін 4 (құбыршаның конустық профилінен) болады, бұл p_1 — p_2 кішіреюіне алып келеді. Қалқыманың көтерілуі күштер тепе-теңдігі қайта сақталғаннан кейін барып орнына түседі. Кез келген шығынға белгілі бір алаң 4, яғни қалқыманың белгілі бір күйі сәйкес келуі сөзсіз. q_0 және 4-ті байланыстыратын теңдік әдетте қысым өзгермелі деңгей айырмасының шығын өлшегіштері үшін шының теңдігіне ұқсас түрде жазылады (а —ротаметр шығынының коэффициенті):

$$q_0 = \alpha f_k \sqrt{2qV(\rho_П - \rho)/(\rho f)}.$$

Формуладан заттектің бақылаудағы шығыны q_0мен 4 арасындағы тәуелділік а = const болғанда, сызықтыққа жақын. Ротаметр шығынының коэффициенті көптеген факторларға байланысты (Re сандары, қалқыма формалары) және аналитикалық анықтамаға берілмейді. Осыған байланысты осы ротаметрлерге эксперименталді түрде градусталады. Қалқыма күйіне бақылана тын ортаның тығыздығы да әсер бередіғ яғни ротаметр градусталуы оның есебімен жүргізілуі тиіс.

Басқа орталар үшін ротаметрді қолданған кезде көрсеткішті К

түзету көбейткішіне көбейту керек. Егер өлшенетін және градусталатын орта тұтқырлығы жақын болса, онда

$$K = \sqrt{\frac{\rho_{гр}(\rho_п - \rho)}{\rho(\rho_п - \rho_{гр})}},$$

мұндағы $p_{гр}$ және p — ортаның градустау және нақты тығыздығы; $p_п$ — қалқыма материалының тығыздығы.

Әдетте газдар үшін $p << p_п$, және бұл $K = \sqrt{\rho_{гр}/\rho}$. жағдайда орын алады.

Ротаметрді қайта градустау $p_п$ қолдана отырып мысалы, бос денелі қалқыманы немесе басқа материалдан жасалған қалқыманы қолдана отырып жүзеге асырылады.

Ротаметрлер үшін q_{min} ең аз өлшенетін шығын q_{max} аса көп шығыннан 0,1 ...0,2 тең болуы тән. Ротаметрлермен өлшеу терістігі ±1,5; ±2,5 құрайды және дербес градустаумен екі-үш есе азайтылуы мүмкін.

Көрсететін ротаметрлер бойына шкала салынған шыны құбыршалардан тұрады, ал көрсеткіштер қалқыманың жоғарғы бөлігінің күйі бойынша визуалды түрде есептеледі. Мұндай ротаметрлар газ шығынын өлшеу үшін немесе 2,5.3 000 л/сағ (су үшін) шегінде және 0,063.40 м3/сағ (газ үшін) және негізгі терістігімен ±1,5 % аясында қысым 0,6 МПа-дан жоғары болмаған уақытта мөлдір сұйықтық тарды өлшеу үшін қолданылады.

*Көрсеткіштерді қашықтықтан беретін ротаметрлер (*шкаласыз) жезден немесе тот баспайтын болаттан жасалған металды құбыршалардан дайындайды. Олар 6,4 МПа дейінгі қысым кезінде шығын өлшеу үшін арналған

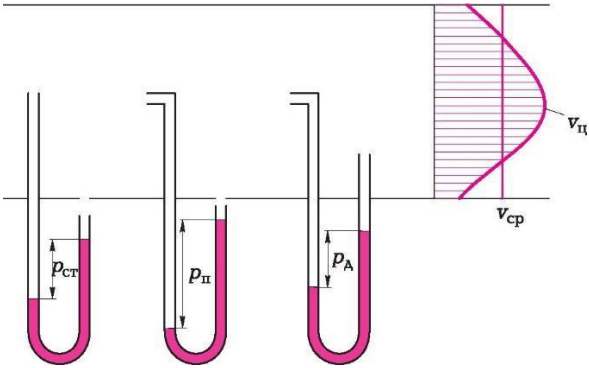
Шығын туралы ақпарат беру үшін дифференциалды-трансформаторлы түрлендіргіш, қалқымамен бірге орналастырылатын плунжер қызмет етеді. 0,025.63 м3/сағ (су үшін) өлшеу шегімен және ±2,5 % негізгі терістігімен РЭ типіндегі тораметрлерді шығарады. Аспапты қайталау ретінде Диск-250 қолданылады.

Ротаметрлер бірнеше басымдылыққа ие: құрылғының қарапайымдылығы, аз шығынды және аз диаметрлі құбыр желілеріндегі шығынды өлшеу мүмкіндігі, тең дәрежедегі шкаласымен.

Ротаметрлер кемшілігі құбыр желілерінің тік учаскелерінде ғана орнату қажеттілігі, аз ластанған ортаның бір қалыпты өзгеретін шығынын ғана өлшеу мүмкіндігі болып табылады..

Динамикалық қысым бойынша шығын өлшеу өлшенетін ортаның ағынының жылдамдығынан динамикалық қысым тәуелділігіне негізделген.

Бернулли теңдеуі бойынша $p_п$ толық және $p_{ст}$ статикалық қысым арасындағы қысым түрлілігі $p_д$ динамикалық қысымға тең (6.10-сурет.):



6.10-сурет. Ағынның динамикалық тегеурінін өлшеу сызбасы: $p_п = p_с + p_д$ — ағынның толық қысымы; $p_{ст}$ — ағынның статикалық қысымы; $p_д$ — ағынның динамикалық қысымы; $y_ц$ — ағын орталығындағы жылдамдық; $v_ц$ — орташа жылдамдық

$$p_д = p_п - p_{ст} = \frac{pv^2}{2}, \qquad (6.1)$$

мұндағы v — ағынның сызықтық жылдамдығы, м/с; р — орта тығыздығы, кг/м^3.

Өрнектен (6.1) шығады

$$v = \sqrt{2(p_П - p_{СТ})/\rho} = \sqrt{2p_Д/\rho}, \qquad (6.2)$$

а шығын (S — құбыр желісінің өтпелі қиылысының алаңы):

$$q_0 = v_{ср}S. \qquad (6.3)$$

Динамикалық қысым дифференциалды манометрлерімен жинақтағы жылдамдықты (тегеурінді) құбыршалармен (Пито құбыршаларымен) өлшенеді.

Құбыр желісі өсінің бойына орнатылған тегеурінді құбыршалар үнемі орташа жылдамдықтан артық болатын v_4 ағын орталығындағы жылдамдығын өлшейді.

$v_4/v_{ср}$ жылдамдық қатынасы Рейнольдс — Re санына байланысты. Технмкалық анықтамаларда келтірілген осы тәуелділіктер үлкен диаметрлі құбыр желісіндегі және ағын жылдамдығының басым жағдайларында, сонымен қатар шеңберлі емес қиылыстағы құбыржелілеріндегі сұйықтықтар мен газдардың шығынын өлшеу үшін қолданылады.

Тензометрикалық түрлендіргіштер көмегімен сұйықтық (газдар) қысымын өлшеу. Заманауи электрлі қысым датчиктерінде өлшеудің әр түрлі тәсілдері қолданылады.

Аспап жасаудың әлемдік тәжірибесінде пьезорезистивті, сиымдылықты, резонансты және басқа да әдістеріне негізделген электрлі қысым датчиктері қолданылады. Алайда елеулі шарада жұқа қабықты және микроэлектронды техниканың қарқынды дамуына шартталған жартылай өткізгішті және жұқа қабықты металды тензосезгіш сызбаларды қолдана отырып, тензометрикалық датчиктерді алу кеңінен таралған. Мұндай датчиктерді АҚШ, Франция, Ұлыбритания, Жапония және Ресейде («НИИТеплоприбор») фирмалары шығарады.

Тензорезисторлық өлшеу әдісін қолдану аз жылжыту режиміндегі қарапайым кинематикамен және онсыз, аз салмақты жылжымалы элементтер, аз габаритті тегіс элементтері бар аспаптар жасауға мүмкіндік береді.

Қысым датчиктеріне қолданбалы түрдегі тензорезисторлық әдісінің мәні тегіс манометрлік элемент деформациясының тікелей түзілісіне немесе көрсетілген элементтердің біріне бекітілген тензорезисторлардың электрлі кедергісін өзгертуде тегіс күштік элементтің онымен байланысында жатыр. Тензорезисторлар кедергісінің бұл өзгерісі қашықтық берілісі үшін шығыс сигналындағы электрлі өлшеу сызбасымен түрленеді.

Метран фирмасының аса жиі қолданатын қысым датчиктерін қарастырайық. ***Метран-22 қысым датчиктері*** - өлшенетін параметр мәнін үздіксіз түрлендіру үшін арналған – артық қысым (ДИ), абсолютті (ДА), ыдырату (ДВ), қысым-ыдырату (ДИВ), бейтарап және агрессивті ортаның қысымдарының түрлілігімен (ДД), сонымен қатар гарзтәрізді оттегі мен қашықты берілісінің бірегейлендірілген шығыс ток сигналындағы оттегімен байытылған ауаны.

Датчик қысым түрлендіргішінен (өлшеу блогынан) және электронды түрлендіргішінен (аналогты немесе микропроцессорлы) тұрады.

Датчиктің жұмыс қағидаты келесіде жатыр. Өлшенетін параметр өлшеу блогының камерасына беріледі және осы кезде өлшеу блогында орналастырылға тензотүрлендіргіш тензорезисторларының электрлі кедергісін өзгертуді туындататын сезгіш элементінің деформациясына түрленеді.

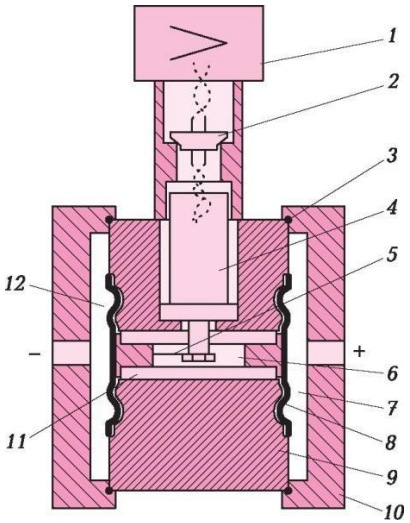
Тензотүрлендіргіштің сезгіш элементі металды мембраналы тензотүрлендіргішпен мықты жалғанған кремнийлі қабықшалы тензорезисторлармен (КНС құрылымы) монокристалды сапфирден жасалған пластина болып табылады.

Датчиктің электронды түрлендіргішітокты шығыс сигналында тензотүрлендіргіш көпірінің кедергісін өзгертуді түрлендіреді.

2130 модельді Метран-22 ДИ датчигінің схемасы 6.11-суретте келтірілген.

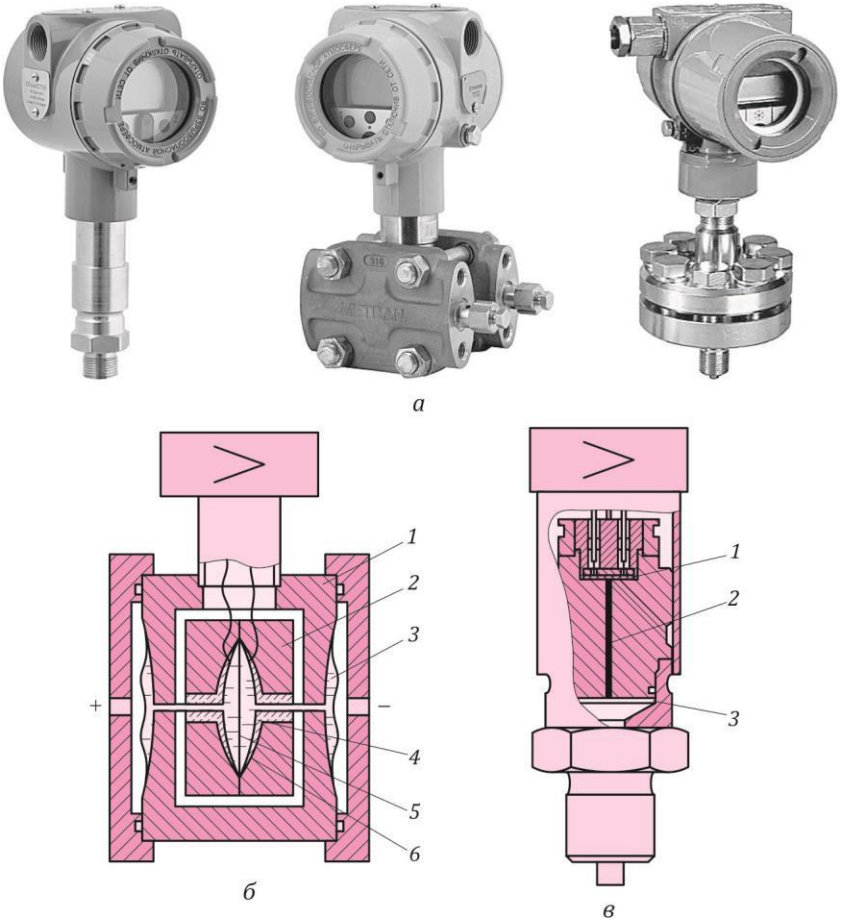
Мембраналық-тұтқыш типіндегі тензотүрлендіргіш *4* кремнийлі органикалық сұйықтық толтырылған негіз 9 және тұйық қуыс 11 ішіне орналастырылған (оттегі датчиктері үшін ПЭФ-70/110 сұйықтығы қолданылады) және өлшенетін ортадан металды гофрирленген мембраналармен 8 алшақтатылған.

Мембраналар негізге сыртқы контур бойынша дәнекерленген және күш 5 көмегімен тензотүрлендіргіш тұтқышының ұшымен байланыстағы орталық штогмен өзара жалғасқан. Күштің басқа ұшы гофрирлерген беттегі дискіге өтетін штокпен 6 байланыстырылған. Ернемектер 10 төсемдермен 3 тығыздалған. Камера 12 қоршаған атмосферамен хабарланады. Қысымның өлшенетін түрлілігінің әсері (көп қысым 7-камераға, азы 12-камераға беріледі) мембрананы 8 майыстыруды, тензотүрлендіргіш мембранасын бүгуді және тензрорезисторлар кедергісін өзгертуді туындатады. Тензотүрлендіргіштен берілетін электрлі сигнал гермоенгізбе 2 арқылы жетек бойымен электронды түрлендіргіштегі 1 өлшеу блогына беріледі. Өлшеу блогы артық жұмыс қысымын бір тараптық артық жүктеудің қысқа уақыттық әсерін бұзбай ұстайды. Бұл осындай жүктемеде мембраналардың 8 бірі негіздің 9 прфилирлернген бетіне салынады.



6.11-сурет. 2130 модельді Метран-22 датчигінің сызбасы

Метран-100 (150) интеллектуалды қысым датчиктері (6.12, а сурет.) автоматты бақылау, реттеу және технологиялық процестерді басқару жүйелеріндегі жұмыс үшін арналған және қашықтықтан берілістің бірегейлендірілген ток сигналын, немесе HART хаттамасы стандартындағы сандық сигналды, немесе артық қысым (АҚ), абсолютті қысым (ДА), ыдырату (ДВ), қысым-ыдырату (ДИВ), қысым түрлілігі (ҚҚ), гидростатикалық қысым (ДГ) PS485 интерфейсінің базасындағы сандық сигналын, үздіксіз түзуді қамтамасыз етеді).



6.12-**сурет.** Метран-100(150) интеллектуалды датчиктер**:**

а — жалпы көрінісі; *б* — 150CD және 150CG модельдерінің Метран-150 датчиктерінің сызбасы; *в* — сол 150TG, 150TA

датчик параметрелерін басқару ICP-Master және компьютерді немесе ТП АБЖ бағдарламалық құралдарын қолдана отырып, түймешік, HART-коммуникаторының көмегімен кіріктірілген панельде жүзеге асырылады.

Датчиктерде радиокедергінің кіріктірілген сүзгісін, «0» орнатылымының сыртқы түймешігі бар және үздіксіз өздігінен диагностика жасау қасиетіне ие. Өлшенетін орталар: сұйықтықтар, бу, газ, соның ішінде газтәрізді отегі және оттегі құрамды газ қоспалары, тағам өнімдері. Өлшенетін қысым диапазоны: минималды 0...0,04 кПа; максималды 0... 100 МПа. Өлшеудің негізгі терістігі: диапазоннан бастап ±0,1 % дейін. Өлшеу шегін қайта баптау диапазоны: 25:1 дейін.

Метран-100 датчигінің әрекет қағидаты жасанды жақұттан жасалған монокристалды пластина бетінде жасалған кремний гетероэпитаксиальді қабықта пьезорезисторлы эффектіні қолдануға негізделген. Жақұттағы монокристалды кремнийлі сезгіш элемент «Метран» тегіндені датчиктерінің блогының негізі болып табылады.

Кіріс өлшеу шамасының әсерінен сезгіш элемент деформациясы кезінде (мысалы қысым түрлілігінде) сезгіш элемент бетіндегі көпірлік сызба кремнийлі тензорезисторларының электрлі кедергісі өзгереді.

Датчиктер 0.5 немесе 4.-20 мА тұрақты ток стандартты сигналдарын немесе HART-хаттама базасында сандық сигнал қабылдайтын қайталама тіркеуші және аппаратураны, басқару жүйелерімен жұмыс үшін арналған.

Аналогті сандық түрлендіргіштегі (АСТ) сенсорлы блок жадысы қысым мен температураның барлық жұмыс диапазонындағы сенсорды калибрлеу нәтижесінде сандық форматта сақталады. Бұл деректер датчик жұмысы кезінде шығыс сигналын түзетуінің коэффициентінің есебі үшін микропроцессормен қолданылады.

Сенсорлы блоктағы АСТ платасының сандық сигналы түзету коэффициентімен бірге электронды түрлендіргіш кірісіне, сенсорлы блоктар сипаттамаларының түзетілуі мен линеризациясы жүргізілетін датчиктің шығыс сигналының түзетілген мәнін есептейтін микроконтроллерге түседі және одан ары қарай:

- МП, МП1, МП2, МП3 кодтары бар датчиктер үшін HART (МП2, МП3 кодтары) стандартында оның сандық немесе аналогті шығыс сигналын түрлендіретін сандық аналогті түрлендіргіште (САТ) береді;
- тапсырыс бойынша RS485 драйверінің көмегімен МП4, МП5 кодтары бар датчиктер үшін сандық байланыс желісіне қысым мән береді (берілген форматта).

Сұйыккристалды индикатор (СКИ) жақсы шолуы мен екі жеке электронды түрлендіргішке ыңғайлы қолжетімділігі үшін сағат тіліне қарсы 90°артық болмайтын белгіленген күйден өлшеу блогына қатысты бұру керек.

Метран-150 датчигі сенсор мен электронды түрлендіргіштен тұрады.

Сенсор өзіне өлшеу блогын және АСТ платасын енгізеді. Қысым блоктың өлшеу камерасына беріледі. Сезгіш элемент деформациясы және электр сигналының өзгерісі түрленеді.

Электронды түрлендіргіш сәйкес шығыс сигналымен электр сигналын түзеді.

150CD, 150CG модельдерінің ернемек орандалымының датчиктерінің схемасы 6.12, *б.* суретте ұсынылған

Датчиктердің өлшеу блоктары корпустан өлшеу және қоршаған ортадан механикалық, электрлі және термикалық тұрғыда қоршалған 1 өлшеу ұяшығының сиымдылығынан және өлшеу ұяшықтарынан 2 тұрады. Өлшенетін қысым айырғыш мембраналар 3 және айырғыш сұйықтық 4 арқылы сиымдылық ұяшығының ортасында орналастырылған өлшеу мембранасына 5 беріледі.

Қысым әсері өлшеу мембранасының екі жағында да орналастырылған өлшеу мембранасы мен пластиналы конденсатор 6 арасындағы сиымдылық түрлілігінің көрінісін беретін өлшеу мембранасының күйін өлшеуді туындатады. Сиымдылық түрлілігі АСТ-пен өлшенеді және сәйкес шығыс сигналында электронды түрлендіргішін түзеді.

150TG, 150TA модельдерінің штуцерлік орындалысының датчиктернің схемасы 6.12, *в с*уретте келтірілген.

Датчиктердің өлшеу блоктары сезгіш элементі қабықты тензорезисторлы кремний пластинасы 1 (КК құрылымы - кремнийге кремний) болып табылатын кремнийлі төсемде тензорезистивті тензомодульден тұрады.

Айырғыш мембрана 3 пен айырғыш сұйықтық 2 арқылы қысымы тензомодульдегі сезгіш элементке береді. Қысым әсері сезгіш элемент деформациясын туындатады, бұл оның тензисторларының электрлі кедергісі мен көпір сызбасының үйлесімсіздігіне алып келед. Осы кезде түзілетін электр сигналы АСТ-де өлшенеді және сәйкес шығыс сигналы түзілетін электронды түрлендіргішке беріледі.

150TA моделінде сезгіш элемент үсті вакуумдалған және герметизацияланған.

Сусымалы материалдар деңгейін өлшеу. Деңгейді өлшеу мағынасында санау басында қабылданған қандай да бір көлденең жазықтыққа қатысты екі түрлі тығыздық ортасы бөлімдері күйлерінің индикациясы түсіндіріледі. Деңгейді өлшеу үшін қолданылатын техникалық құралдарды деңгей өлшегіш деп аталады. Шекті сұйықтық (сусымалы) деңгейінің сигнализациясына арналған аспаптарды деңгей сигнализаторлары беп атайды.

Деңгей өлшегіштерінің барлық талаптарға сәйкестілігі белгілі бір

топтарға олардың бөлінуін жүргізуге мүмкіндік береді. Осылайша, МемСТ 28725 — 90 келесі белгілерімен деңгей өлшеуіштерінің бөлінуін қарастырады:

- қолданылатын энергия түріне қарай (электрлі, пневматикалық, құрамдалған);
- қоршаған орта әсерінен қорғау;
- механикалық әсерлерге бекемділік.

Деңгей өлшегіштерге келтірілген ажыратылым құрылымдық орындалу белгілері бойынша бөлу болып табылады және оның қайталама қасиеттерін сипаттайтындықтан қажетті деңгей өлшегішінің таңдауына көмек бере алмайды..

Негізгісі деп өлшеу деңгейінің қолданбалы әдісі бойынша, яғни қолдану қағидаты бойынша деңгей өлшегішін жіктеуді есептеген жөн. Деңгей өлшеу әдістері бөлім бетінде түзілетін заттектердегі айырмашылықтар, физикалық қасиеттер бойынша топталады, әдіс негізіне салынған.

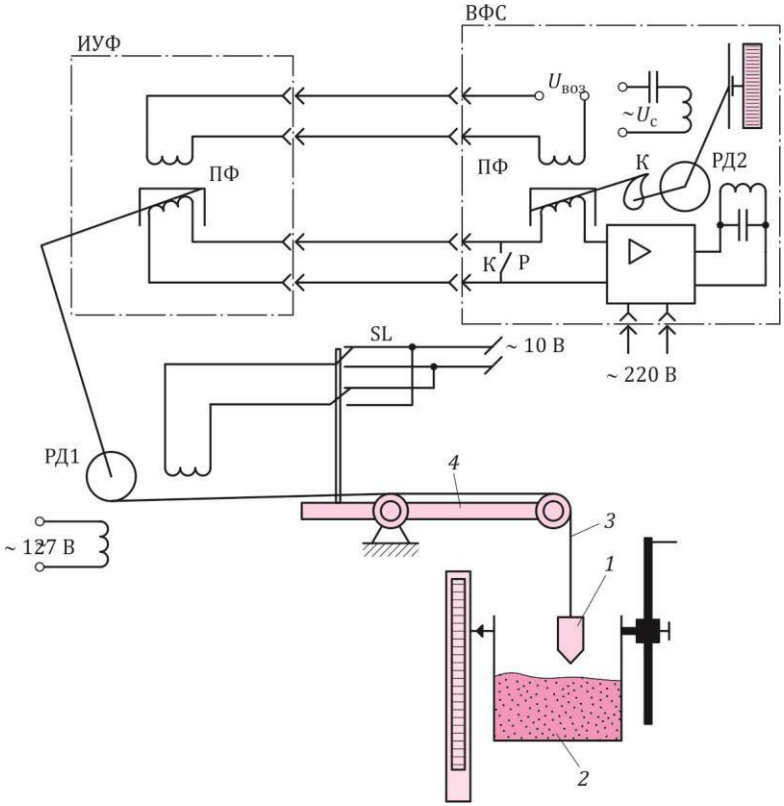
Әрекеттер қағидаты бойынша сусымалы материалдарағы арналған деңгей өлшегіштер алты топқа бөлінеді.

- Тығыздық түрлілігін қолданатын (салмақты, радиоизотопты, гидростатикалық, қалқымалы);
- акустикалық (локациялық, диссипативті, резонансті);
- жылылық (дилатометрикалық, терморезисторлы, термоЭДҚ);
- оптикалық (фотоэлектрлі, визуалды, сыну, сіңірілу, шағылысу);
- электромагниттік (кондуктометрикалық, индуктивті, сиымдылықты, радиотолқынды);
- механикалық (иілгіш қуыс бұрғымен, зондты, маятникті, айналмалы денелі, тербелмелді дене).

Зонд әдісінің көмегімен сусымалы материалдар деңгейін өлшеуді қарастырайық (6.13-сурет.).

Массивті дене *1* иілгіш байланыста 3 сусымалы ма ериалы 2 бар түтік ішіне асылып қойылған. Реверсивті қозғалтқыш (РҚ1) білігінде и жүгі бар арқан орап алған барабан бекітулі. Қозғалтқышты қосу темір арқан әлсізденгенде (жүк сусымалы материалға қатысты), қозғалтқыш темір арқанды орағанда және жүкті көтере бастағанда орындалады. Темір арқаны иін ағаш 4 арқылы көтеру сәтінде SL түйістіргісі іске қосылады және РҚ1 қозғалтқышы темір арқанды әлсіретеді. Осылайша, жүк сусымалы материалдар бетінде үнемі тұрады.

РҚ1 қозғалтқышы сигналы өздігінен жазатын қайталама аспапқа (ФӨА) түсетін ферродинамикалық түрлендіргіші бар (ФТ) бұрылыс бұрышының индикаторымен (ББИ) кинематикалық тұрғыда байланысқан.



6.13-**сурет. Сусымалы материалдардың деңгейін өлшеудің зондтық әдісі**

Күшейткіш кірісіне түрлендіргіш қаңқасының келісілген күйі кезінде *AU* = U_2 – Uj кернеуінің айырмашылығы берілетін болады. *AU* тепе-теңдігінің сигналы күшейеді және реверсивті қозғалтқышты (РҚ), өтемдеуші түрлендіргіш қаңқасымен және қималық құлақша (К) арқылы кинематикалық жалғанған шығыс білігін -нұсқарымен әрекетке келтіреді, нұсқарымен *AU* тепе теңдік кернеуі азаймай, күшейткіш сезгішінің шетінен азайғанша, айналдырады (Б/Ж түйісулері — тақылау/жұмыс).

Толық өтемдеуге жеткен кезде реверсивті қозғалтқыш роторы тоқтайды, ал қаңқа қайтала аспаптың түрлендіргішінің қаңқасы мен оның нұсқары бастапқы аспап түрлендіргішінің (ИУФ) қаңқасы

айналысының сәйкес бұрышының күйіне орналасады, ал ізінде едәуір дәрежеде шаманы өлшейді. Асппа шкаласы өлшем бірліктерінде градусталған (мм).

Сұйықтық деңгейін өлшеу. Деңгей өлшегіштер резервуарлардаңы, бактағы және басқа да құрылғылардағы сұйықтық деңгейін өлшеу үшін өнеркәсіптік әр түрлі салаларында қолданылады.

Әрекет қағидаты бойынша сұйықтық өлшеуге арналған аспаптар бес топқа бөлінеді:

- ***механикалық*** (қалқымалы, буйкалық);
- ***пьезометрикалық*** (гидростатикалық) (барботажды, манометрикалық);
- ***электрлі*** (электрлі түйістіргі, сиымдылықты, индуктивті, радитолқынды);
- ***акустикалық*** (локациялық, диссипативті және резонансты). Өлшенетін ортадағы ультрадыбыстық толқынды тараты уақыты бойынша деңгей анықтайтын локациялық деңгей өлшегіш қолданылады;
- ***радиоизотопты.***

Қалқымалы деңгейөлшегіштердің өлшенетін сұйықтық бетінде орналасқан және өлшем таспасы немесе темір трос арқылы көрсеткіш деңгейінің мәнін беретін сезгіш элементі бар; буйкалық (кері жүзулігіндегі қалқымалар) деңгей өлшегіштерде сезгіш элемент ретінде буйка салмағының өзгерісіне сұйықтыққа батырғандағы деңгей өзгерісі кезінде әсер беретін өтемдеу құрығымен байланыстырылған буйка қолданылады..

Барботажды деңгейөлшегіштер резервуар түбінен бекітілген күйде ауаға арналған шығысы бар пневматикалық құбыршаны танытады. Сұйықтық деңгейі құбырша бойынша айдалатын ауа қысымы бойынша анықталады;

манометрикалық деңгей өлшегіштер манометрмен (дифференциалды манометр) қабылданатын сұйықтығының пьезометрикалық бағанының қысымы бойынша анықтайды).

Электрлі түйісу деңгей өлшегіштеріндегі жұмыс қағидаты өлшенетін ортаның электрлі өткізгіштігін өлшеуге негізделген; сиымдылықтылар ауаның(ε = 1) және өлшенетін сұйықтықтың (воды е = 81) әр түрлі диэлектрлі қасиеттерін қолданады; деңгей датчигінің индуктивті импедансы индуктивті сипатқа ие және сұйықтықтың газдалған сұйықтықтың электр өткізгіштігінің түрлілігінен сұйықтық деңгейінің өзгеруімен ауысады; *радиотолқынды* бақылаудағы деңгей шамасынан электрлі магнитті тербеліс процесінің қандай да бір сипатамаларына тәуелділігіне негізделген (радиолокациялық, радиоинтерференциялық, эндодірілдеткішті және резонансты әдістер); *радиоизотоптылар* радиоактивті сәуле таратқышы сәуле тарататын у-сәулесінің сұйықтығымен сіңірілуін белгілейді.

6.5. ӨНЕРКӘСІПТІК АВТОМАТТЫНДЫРУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ АТҚАРУШЫ МЕХАНИЗМДЕР МЕН РЕТТЕУШІ ОРГАНДАР

Атқарушы механизм (АМ). Бұл құрылғы автоматты реттеу және қашықтан басқару жүйелерінде реттеуші органды (РО) ауыстыру үшін, сонымен қатар қадағалаушы жүйелер, көлік машиналарының рөлдік құрылғыларының элементтерінің көмекші жетегі ретінде арналған.

Атқарушы құрылғылар (механизмдер), немесе сервомоторлар күшейткіштен сигнал алады және реттеуші орган әрекетіне жетек үшін алмастырымды күшін құрайды.

Қолданылатын энергия түріне қарай АМ гидравликалық, пневматикалық, электрлі және құрамдалған деп бөлінеді.

Жұмыс органын ауыстыру сипаты бойынша АМ үздіксіз және дискретті қасиеттер (ашық және жабық), сонымен қатар түсу және айналма қозғалысына ажыратады

АМ негізгі сипаттамалары : шығыстағы қуат, жылдамдық (тұрақты немесе өзгермелі) және күш (ауысу) бойынша коэффициент.

АМ контруктивті түрде күшейткішті дара торапта, әсіресе, гидравликалық және пневматикалық құрылғыларда орындалады.

Автоматикада кеңінен таралған *электрлі АМ* арасында электрлі қозғалтқыштар мен электрлі магнитті жетектерді атауға болады.

Электрлі магнитті жетектер бекітпенің – клапандар, ысырмалар, бөліп таратқыштардың түсу қозғалысымен реттеуші органдар әрекетіне келтіру үшін қолданылады.

Электромагнитті сервомоторлар релелік режимде (ашық-және жабық); тартушы өзегімен (соленоид) тік жүрісті электр магниті кеңінен таралған.

Құрылғысы және қағидаттары бойынша *электрлі қозғалтқыштар* асинхронды, синхронды және коллекторлы болып жіктеледі.. Асинхронды және синхронды қозғалтқыштар ауыспалы токта жұмыс істейді, коллекторлылар — ауыспалы немесе тұрақты токта, ал әмбебаптар - ауыспалы да, тұрақты токта да жұмыс жүргізе береді. Асинхронды қозғалтқыштарды айналудың реттелетін және тұрақты жиілігі бар жетегі үшін, синхрондыларды - тұрақты айналу жиілігі бар жетек үшін қолданады. Автоматты реттеу жүйелерінде атқарушы механизм ретінде шығыс білігінің тұрақты айналу жиілігі бар электр қозғалтқышымен АМ табады. Мұндай АМ тұрақты жылдамдығымен реттеуші органның ауыстыруын жүзеге асырады, сондықтан да әдебиеттерде оларды тұрақты жылдамдығының атқарушы механизмдері деп атайды.

ЭБМ (электрлі бір айналымды механизм) типті атқарушы механизм — реттеуші органның арнайыландырылған жетегі. Ол - реттеуші органының арнайыландырылған жетегі. Ол редукторлы қозғалтқышынан, шығыс білігінің күйіндегі шеткі және жолды ажыратқыштардан және датчиктерден тұрады. Тұрақты жылдамдықтың атқарушы механизмі үш негізгі күйлерде ғана болады: 1) v_0 тұрақты жылдамдықпен РО ауыстыру; 2) қозғалыссыздық; 3) РО тұрақты жылдамдығы бар кері жаққа ауыстыру. Біліктің шекті жағдайларына қолжеткізген кезде, шеткі ажыратқыштар іске қосылады да, АМ тоқтайды.

Бір айналымды атқарушы механизмдерге шығыс білігінің бұрышы 360° аспайтын механизмдер жатқызылады. Бір айналымды АМ түйістіргімен және түйістіргісіз іске қосу құрылғыларымен жұмыс істейді.

ЭБМ типіндегі атқарушы механизм келесі шамалармен сипатталатын бірнеше түрлерде шығарылады:

- $M_{кр}$ — шаманы дайындап шығарушы көрсететін шығыс білігіндегі номиналды айналу сәті, кг • м немесе Н • м ($M_{кр}$ = 40, 100, 250, 630, 1 600, 4 000 Н • м);

- Тим —фим шегінде минимумнан бастап, максимумға дейін АМ шығыс білігі қозағлысының уақыты, с ($T_{им}$ = 10, 25, 63, 160 с);
- φим — шығыс білігінің бір айналымы үлесінде АМ шығыс білігнің номиналды толық жүрісі (φим = 0,25; 0,63 об.).

Мысалы, ЭБМ (каз)40/63-0,25 модификациясының осындай параметрлері бар: $M_{кр}$ = 40 Н * м; ТИМ = 63 с; ФИМ = 0,25 об.

ЭБМ тптегі АМ басқару түйістіргісіз де және соынмен қатар түйістіргімен де болуы мүмкін Релелік реттегішпен жүзеге асырылады.(6.14-сурет.). Екпін мен тежеу уақытын есепке алмай, қайтару зонасынсыз іске қосу құрылғысымен жиынтық ішінде осындай d μ/dτ = f(Z) статикалық сипаттамасы теңдеу жүйелеріндегі түрде жазыла алады:

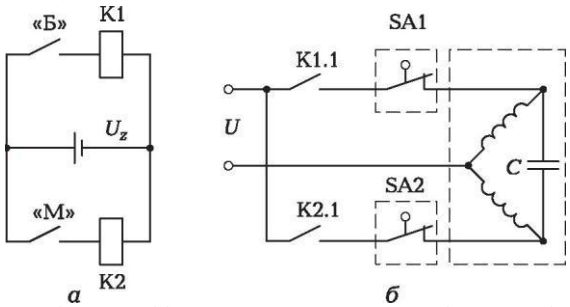
$$\frac{d\mu}{d\tau} = v \quad при\ Z_0 > \frac{\Delta_{нч}}{2};$$

$$\frac{d\mu}{d\tau} = 0\ при\ |Z| < \frac{\Delta_{нч}}{2};$$

$$\frac{d\mu}{d\tau} = -v \quad при\ Z_0 < -\frac{\Delta_{нч}}{2},$$

мұндағы $\Delta_{нч}$ — іске қосу құрылғысының сезгіш аймағы; dμ/dτ — РО ауысу жылдамдығы; *Z* — іске қосу құрылғысының кірісіндег сигнал; ^ — ауыстыру.

ЭБМ типті АМ статикалық сипаттамасы елеулі түрде сызықтық емес болып табылады. Оны Z кіріс сигналының әр түрлі өзгеру диапазондары кезінде нақты дәлдік есебі үшін жеткілікті түрде желілендіруге болмайды.



6.14-сурет. Электрлі магнитті іске қосу құрылғысы көмегімен АМ басқару схемасы (К1, К2 — электромагнитті реле; К1.1, К2.1 — түйістіргі реле; «Б», «М» —ИМ «артықе» және « кем» АМ білігін айналдыру сигналы):
а — түйістіргілі; *б* — түйістіргісіз

Алайда осындай АМ кріс сигналының релелік-импульстік өзгерісі кезінде сызықтық жүйелерге жеткілікті түрде жақын болады. Егер $Г_{пер}$ ілесу кезеңімен және ұңғымалылығымен Z_K кернеу импульсінің АМ кірісіне беретін болса:

$$\gamma = \frac{t_{ИМП}}{T_{ПЕР}},$$

мұндағы Т пер $=t_{нмп} + t_{паузі}$ $t_{нмп}$ —импульс ұзақтылығы; $t_{пауз}$ — үзіліс ұзақтылығы.

Импульс түскен кезде, Ам v_0 = dg/dx = tga тұрақты жылдамдығымен жылжитын болады, ал үзіліс кезінде АМ қозғалыссыз қалпында қалады (6.15-сурет.).

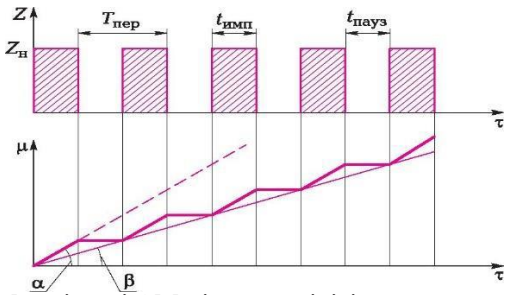
РО (v_{GF}) орташа жылжыту жылдамдығы тең болады: (v_{CP})

$$v_{cp} = \text{tg}\beta = \frac{t_{имп} v_0}{T_{пер}} = \gamma v_0 .$$

$1_{имп}$ ұзақтылығындағы әрбір импульс Δφ кейбір бұрышына механизмінің шығыс білігінің айналысын туындатады. Импульстар реттілігінің механизміне әсер кезінде шығыс білігі әр импульстен алынған айналым бұрышының жиынтығына тең бұрышқа бұрылады, яғни АМ интеграциялаушы құрылғы болып табылады..

Реттеуші органдар. Бұл басқарылатын объектіге тікелей ықпал көрсететін әсер тізбегіндегі элементтер.

РО көмегімен объект арқылы өтетін энергия (заттек) мөлшерін өзгерту жүзеге асырылады. Осылайша, реттеуші органдар функциясына әр түрлі жұмыс ортасының шығынын өлшеу кіреді.



6.15-**сурет.** ЭБМ типіндегі АМ-нің оның кірісіне тұрақты импульстар сериясының түскен кезіндегі жылжу сипаты

.

РО тағайындалымы бойынша ілмекті, дроссельді реттеуші,

сақтандырғыш және арнайы болып бөлінеді.

Дроссельді деп магистральда, сонымен қатар органның өзінде де қысым жоғалтуын қайта үлестіретін РО-нын атайды. Қысым жоғалту, тұрақты болып қала отырып, дроссель ашылуының (V шығыны) дәрежесіне бейланысты әр түрлі құрамдағыштармен жинақталады.

Бекітпе құрылымы бойынша (бекітпенің жылжымалы элементтерінің жылжытылу сипатына) РО жіктеледі: параллель ағынға ілмекті жылжытуымен арматураға (клапандар мен бөліп таратқыштар), ағынға перпендикулярлы (шиберлі ысырмалар), бекітпені айналдыра отырып (айналма жапқыштар, крандар) және өтпелі каналды қысуымен (құбыршекті және диафрагмалы клапандар).

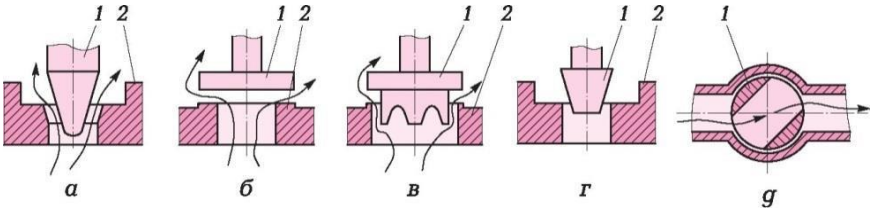
Технологиялық көптеген объектілер үшін реттегіш органдарды үш топқа бөлуге болады:

- *дроссельді типтегі,* ортаның жылдамдық өзгерісінің және оған дроссельдеуші құрылғы, өзгермелі шама болып табылатын гидравликалық кедергі арқылы өткен кезде ағын қиылысының алаңы есебінен өзгеретін шығыны (клапандар, жапқыш пен сұқпа жапқыштар);
- *көлемді типі,* мұнда шығын ортасы оның шамасына байланысты болады. (Мысалы, мөлшерлеуші құрылғы);
- *жылдамдықты тип,* оның айналым жылдамдығының есебінен реттеуші құрылғының өзгертетін өндірімділігі. Осы типтегі реттеуіш органдарға бастапқы қозғалтқыштардың айналым жиілігін реттеу құрылғысы жатқызылады (булы немесе электрлі сорғылар, желдеткіштер, тозаңсорғылар және басқалар).

Дроссельді реттегіш клапандар құбыр желісі бойымен тасымалданатын сұйықтық (газ, бу) шығынын өлшеу үшін қызмет етеді.

Плунжер *1* мен ершік *2* әр түрлі формаларын ерекшелейтін клапандардың бірнеше құрылымдық өзге түрлері бар. (6.16, *а ••• д сурет.).*

Жұмыс беттерінің формасы РО жұмысы үшін үлкен мәнге ие. Ол Ро сипаттамасын, яғни жұмыс жағдайларында оның бекіткішін жылжытудан РО арқылы заттек шығынының тәуелділігін анықтайды. Табақшалы типтегі жұмыс беттері бар клапандарда, ережеге сай сипаттама -сызықтық, яғни клапанның өткізу қабілеттілігі плунжер жүріміне пропорционалды. Басқа типтегі клапандардағы сипаттама математикалық заңдылықтарға сүйенуі мүмкін (қандай да бір қисықпен - парабола, логарифмдік қисық және т.б.).



6.16-**сурет. Реттеуші органдардың өзге түрлері:**
а – инелі; б - табақшалы, в – бөліп тарататын; г – плунжерлі; д - шарлы

Көлденң қиылысты құбыр желісі үшін негізінен құбыр желісінің көлденең қиылысында орнатылатын дискіні танытатын реттеуші бұрылысты жапқыш қолданылады. Диск сальникті тығыздағыштар арқылы құбыр желісінен шығарылатын және мойынтірекке бекітілетін өс айналасында айналады..

Реттеуші бұрылысты жапқыш артықшылығы құрылымының қарайымдылығында, жұмысының жоғары сенімділігінде жатыр; оның кемшілігі құбыр желісінің ішкі беті мен жапқыш арасындағы саңылаудан жапқыштың еркін айналысын қамтамасыз ету мүмкінсізідіг болып табылады.

Бұрылыс жапқыштарын шағын статикалық қысым ортасында ілмекті реттегіш арматура ретінде қолданылады.

6.6. АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БАҚЫЛАҒЫШТАРЫ

Жалпы мәліметтер. 1950 жылдардан бастап өнеркәсіптік өндіріске технологиялық процестерді автоматты енгізуді және технологиялық регламенттен ауытқу процесінің шамасын төмендетуді қамтамасыз етуге үнделген реттеу жүйелерін жаппай енгізе бастады.

Технологиялық жабдықты күрделендіру, аналогті және релелік-контакторлық сызбаларды қолдана отырып, жасалған жаңа процестер мен технолгиялық басқару жүйелерін енгізумен технологиялық жабдықтың жұмысының қауіпсіздігі мен сенімділігінің талаптарын қанағаттандыру басылды. Бұдан өзге, элементтік базаның әр түрлілігі осындай жүйелерді жөндеуді едәуір қиындатты.

Қазіргі уақытта автоматты заманауи басқару жүйелерінің басым көп контуры микропроцессорлы басқару контурларын қолдана отырып, құрылады. Кең көлемді функционалды мүмкіндіктерін ие болатын осы аспаптар локальді басқару контурын автоматтандыруға арналған шағын кәсіпорындармен бірге едәуір көлемді алаңы бар, жүздеген және мыңдаған бақыланатын және реттелетін параметрлері бер кәсіпорындар, технологиялық объектілерде ТП АБЖ құруға мүмкіндік береді және бағасы да аса жоғары емес.

Шығыс сигналдарын бақылауды орындайтын әрекеттер мен шығыс сигналдарын жасау бағдарламалық түрде анықталады, бұл әр түрлі басқару заңдарын іске асыруға және қосымша үшін лық құралдарды тартпай сигналдарды арнайы өңдеуді жүргізуге мүмкіндік береді.

Есептеу құралдарымен (соның ішінде, дербес ЭВМ) микропроцессорлы контроллерлер сәйкестілігі басқарушылық әсер құру және процесс күй туралы ақпарат көрсету үшін бұрыннан бар бағдарламалық құралдарды қолдануға мүмкіндік береді. Осылардың барлығы ТП АБЖ-ін икемді, аса көрнекі және жеңіл басқарылымды етеді.

Қазіргі уақытта екі форм-факторлы басқарушы технологиялық контрллерлер кеңінен таралды: көпблокты және модульді.

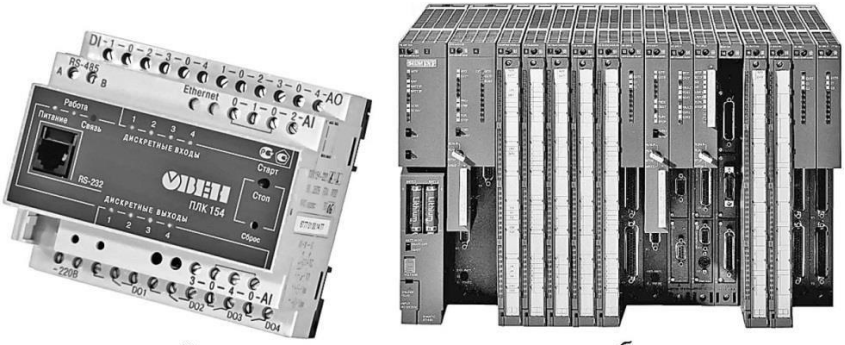
Көпблокты контроллерлер ішінде барлық контроллер элементтері орналастырылған дара блокты көрсетеді: қорек тізбегі, процессор, енгізу-шығару құрылғысы, желілік интерфейс және т.б. (Мысалы, 6.17, *а сурет* (ПЛК) ОВЕН ПЛК154 бағдарламалаушы логикалық контроллер ұсынылған).

Атаулы типтегі технологиялық контроллері шағын және орта объектілерді басқару жүйесі, сонымен қатар диспетчерлеу жүйелерінде деректер жинау жүйелері үшін арналған.

Модульдік контроллерлер жеке құрылғылар ретінде орындалатын өзара арнайы кабельдермен және шиналармен жалғанған немесе модульдер орналастырылу үшін қызмет ететін монтажды тіреуде интеграцияланатын модульдердің жеке блоктарынан тұрады.

Модульді контроллерлерде шығарылатын есептерге сәйкес олардың типтерін таңдай отырып, модульдерді құрамдастыруға, сонымен қатар айырбастау немесе жаңа модульдерді қосу мүмкіндігі есебінен орындалатын контроллер функциясын кеңейту мүмкіндігі бар.

Модульді контроллерлердің ең танымал типтері Siemens фирмасы шығаратын Simatic 300/400 тегінің контроллерлері болып табылады. (6.17, б сурет).



а *б*

6.17-сурет. Технологиялық контроллерлердің сыртқы түрі:
а —ОВЕН ПЛК154 көпблокты контроллер; *б* —S7-400 модульді контроллер

Осы типтес контроллерлер мысалымен технологиялық контроллерлер құрылымы мен құрамын қарастырамыз: Мысал ретінде Simatic S7-300/400 тегінің технологиялық контроллерлерін таңдаймыз.

Simatic S7-300/400 контроллерлерінің аппараттық құралдары. Simatic S7-300/400 контроллерлер тегіне S7-300 және S7-400 сериялы контроллерлер кіреді.

S7-300 бағдарламаланатын контроллерлер сериясы оперативті ақпараттарды тез өңдеу күрделілігінің орташа дәрежелі автоматты басқару тапсырмаларын шешу үшін арналған; S7-400 контроллерлер сериясы орта және жоғары дәрежедегі күрделіліктегі автоматты басқару есептерін шығарады. Атаулы серияның контроллерлері ақпарат өңдеудің ең төменгі уақыт цикліне ие.

6.1 кестесінде S7-200, S7-300 және S7-400 сериялы кейбір модельдердің процессорлық құрылғыларының негізгі салыстырмалы сипаттамалары келтірілген.

Серияларындағы ерекшелік процессорлық блокпен операциялар орындау жылдамдығында және сақталатын және өңделетін ақпараттар шамасында жатыр. бағдарламалаудың тілдері мен технологиясы барлық сериялар үшін бірдей.

Серияларының конструктивті айырмашылығына қарамастан, контроллерлер объектімен байланысты құрылғы (ОБҚ) сәйкестендірілген оқу интерфейсін және объектімен байланыс құрылғысының (ОБҚ) электрлі сигналдарын қалыптастыру, қосу сызбасы, сандық деректер берілісінің хаттамасы және STEP 7 технологиялық бағдарламалау тіліне ие.

6.1. кесте. S7-200/300/400 сериялы кейбір модельдердің процессорлық құрылғыларының негізгі салыстырмалы сипаттамалары

Параметр атауы	Процессор типі		
	CPU 212	CPU 315-2DP	CPU 412-2DP
Бағдарламалар мен деректер жадысының шамасы, кб	1,5	64	144
1 000 логикалық команданы орындау уақыты, мс	1,2	0,3…0,6	0,2
Есептегіштер саны	64	64	256
Таймерлер саны	64	128	256
Дискретті кіріс/шығыс саны	До 78	До 1 024	До 4 096
Аналогті кіріс/шығыс саны	До 8	До 128	До 256
Коммуникациялық интерфейс	PPI	MPI + DP	MPI + DP

Модульдер жүйесі өзінің құрамына келесі компоненттерді қосады:

- тіреулер *(Racks)* — модульдерді орналастыру, бекіту және оларды шиналық жалғағыштар арқылы жалғау үшін қызмет етеді.
- Қорек көздері *(Power Supply,* PS) — ішкі құрылғылар мен модульдерге электр энепгиясын беруді қамтамасыз етеді;
- орталық процессорлық құрылғы *(Central Processing Unit,* CPU) — қолданушы бағдарламасын сақтайды және өңдейді;
- интерфейстік модульдер *(Interface Modules,* IM) — оларға орналастырылған модульдері бар тіреулерд басқа да тіреумен жалғайды, яғни контроллер модулінің санын кеңейту немесе желілік құрылым құру үшін қызмет етеді.
- сигнальді модульдер *(Signal Modules,* SM) — аналогті және дискретті сигналдарды қабылдау немесе құру және контроллердің жүйелік шинасымен олардың байланыстарын қамамасыз ету үшін арналған. Сигнальді модульдер, өзінің кезегінде дискретті енгізу (SM DI — *discrete input),* дискретті шығару (SM DO — *discrete output),* аналогті енгізу (SM AI — *analog input) және* аналогті шығару (SM AO — *analog output)* модульдеріне бөледі.
- Функционалды модульдер *(Function Modules,* FM) — процессорлық

модульге байланыссыз түрде уақыты бойынша сигналдарды күрделі немесе сыни өңдеулерді орындайды, мысалы, импульстер есептегіші, жедел әрекет ететін ПИД- реттегіш және т.б;

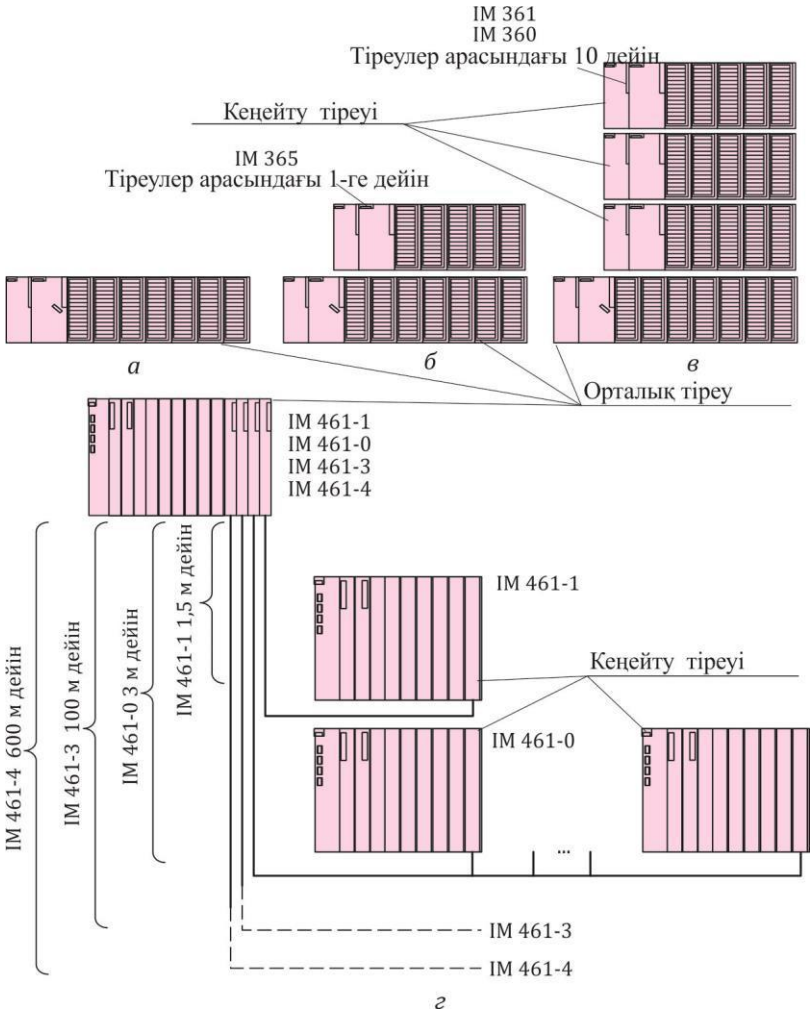
- коммуникациялық процессорлар *(Communications Processors,* CP) — көмекші желілермен (кіші желілер) жалғауды немесе PROFIBUS өнеркәсіп желісі бойынша контроллерлер арасындағы жалғауларды орнатады;
- *(Subnets)* жүйешесі — бағдарламалық контроллерлерді бір-бірімен де, сонымен қатар далалық деңгей мен HMI деңгейінің контроллерлер деңгейін басқару жүйелеріндегі басқа құрылғыларды жалғайды;
- шиналық жалғағыштар — жеке модульдер арасында командалар мен деректер берілісі үшін жүйелік шинаны ұйымдастыру үшін арналады;
- шиналық кабельдер — контроллерлердің жеке тіреулері арасындағы байланыс үшін қызмет етеді.

Өзіне процессорлық модульдер орналастырылған тіреу орталық болып табылады. Оған S7-300 контроллері үшін 8-ге дейінгі мен S7-400 сериялы контроллерлер үшін 9(18) дейінгі кіріс-шығыс модульдері (сигналды модульдер) орналаса алады.

Егер барлық модульдер контроллерлерін орналастыру үшін бір тіреу жеткіліксіз болса, жиналық жалғағыштар арқылы жалғанған және жеке қорек көзі бар өзімен талап етілген модульдер жиынтығын танытатын қосымша тіреулер - кеңейту тіреулері қолданылады. S7-300 сериялы контроллерлер үшін кеңейту тіреуінің максималды саны – 3, ал S7-400 сериялы контроллерлер үшін – 21-ге дейінгі аралықты құрайды.Тіреулерді өзара жалғау өзінің кезегінде шиналар көмегімен жалғанған интерфейстік модульдерді қолдана отырып, жүзеге асырылады. 6.18 суретте S7-300/400 контроллерлеріне арналған модульдік конфигурациялар көрсетілген.

Тіреулер арасындағы максималды ара қашықтық қолданылатын интерфейстік модульдер типіне байланысты және 1-ден 600 м дейінгі аралықты құрайды.

600 м астам тіреуді алып тастай отырып, күрделі құрылым құру қажеттілігі кезінде үлестірілген периферия стансалары қолданылады, мысалы IM 153-3 интерфейстік модулімен ET-200M. Бұл жағдайда қашықтағы стансалар мен процессорлық модульдер арасындағы деректер берілісі PROFIBUS-DP желісі бойынша жүзеге асырылады. Енгізу-шығарудің қашықтықтағы стансаларының жалпы саны барлық желіде 127-ге жетуі мүмкін. Желінің бір сегментінлегі кабель ұзындығы деректер берілісінің жылдамдығына байланысты және 12 Мбит/с жылдамдығы үшін 100 м және 9,6 кбит/с үшін 1000 м құрайды.



6.18 сур. S7-300/400 контроллерлерінің модульді конфигурациясы: *а* —S7-300 бір деңгейлі; *б* —S7-300 екі деңгейлі; *в* —S7-300 төрт деңгейлі; *г* —S7-400 модульді

желінің ұзындығын бақылаушы көмегімен немесе оптикалық байланыс модульдерімен арттыруға болады.

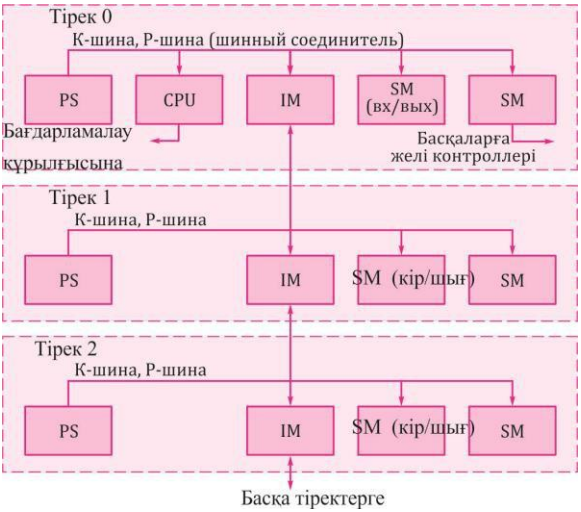
Контроллер құрылымына байланыссыз оның модульдермен жиынтықтылауы, конфигурация ережелері және бағдарламалаулар өзгеріссіз қалады.

Жалпы жағдайда контроллерлер кез келген модульдер конфигурациясымен және жалғау типтерімен процессорлық құрылғыдан тұратын және барлық қалған тіреулер үшін жетекші құрылғы болып табылатын 0 тіреуін - орталық тіреуді, 1- тіреу және 2- тіреулерді қосатын құрылымдық сызба (6.19-сурет.) түрінде ұсынуға болады. Жеке модульдерді өзара жалғау шиналық жалғағыштарда орналасқан екі шина арқылы жүзеге асырылады: Р-шина (кіру-шығу шинасы немесе периферияльық шина) процессорлық модульдер мен кіру-шығу модульдерінің арасындағы сигналдар берілісі үшін қызмет етеді. Оның бойымен сигналды модульдерге тікелей жалғанған атқарушы құрылғыға датчиктерден сигналдар беріледі. К-шина (коммуникациялық шина) функционалды модульдер және коммутациялық процессорлармен процессорлық модульді, бағдарламалау құрылғысының интерфейсін (MPI) байланыстырады. Шина басқару модульдерін және кіші желіге сигналдар беруді қамтамасыз етеді.

Интерфейстік модульдер сигнал берілісі кезінде деректер берілісін және қабылдау кезінде кері түрлендіру түзетін оларды сәйкес хаттамада ұсына отырып, екі шинадан тіреулер арасында сигналдар берілісі үшін құрылғы функциясын орындайды. Осындай түрлендіргіштер аппараттық бөліктің бағдарламалық конфигурациясы кезінде модульдер деңгейінде жүргізіледі.

Ұқсас түрлендіргіштер модульдер деңгейінде жүргізілетіндіктен, аппараттық бөлікті конфигурациясы кезінде өзара жеке тірек жалғаулары типін көрсетеді.

.



6.19. сур. Simatic S7-300/400 контроллерлерінің құрылымдық сызбасы

Осы кезде қолданылатын құрылымнан байланысты емес, керісінше контроллер модульдерінің типтеріне байланысты болатын контроллерлерінің барлық молульдерінің өткел адресациясы қолданылады. Осылайша контроллерлерді бағдарламалу кезінде құрылғылар мен модульдер адрестерінің деңгейінде бағдарламалау жүргізілетіндіктен контроллер қалған тіректері қалай жалғанғаны маңызды емес.

Процессорлық модульдің виртуалды құрылымы. Процессорлық модуль команданы бағдарламалық орындауы бар ықшам процессорлы құрылғыларды танытады. Командалар мен қағидаттар жүйесі осы сенімділік пен дәлдік мақсаттары үшін қажетті болатын технологиялық процестерді басқару бойынша бағдарламаларды орындау есептерімен жобаланған

Микропроцессорлық контроллерді технологиялық бағдарламалау және қызметтер көрсету бойынша мамандар даярлау деңгейлеріне қойылатын талаптарды төмендету үшін, процессорлық модуль тұтас алғанда, автоматтандырылған басқару жүйелері үшін дәстүрлі түрде микропроцессорлар контроллерінің элементтерін танытатын виртуалдандыру құралдарынан тұрады. Виртуалды көрініс қолданушы тарапынан қолжетімсіз болатын процессорлық модуль деңгейінде ішкі бағдарламалық деңгейде орын алады.

Мұндай амал технологиялық процессорларды микропроцессорлық басқару жүйелері үшін дәстүрлі. Қолданушыға ТП АБЖ бойынша міндеттерді қоюға және шешуге мүмкіндік беретін ккұрылым ұсынылады, мұнда қолданушы тұтас алғанда САУ үшін дәстүрлі терминдер мен түсініктерін операциялайды.

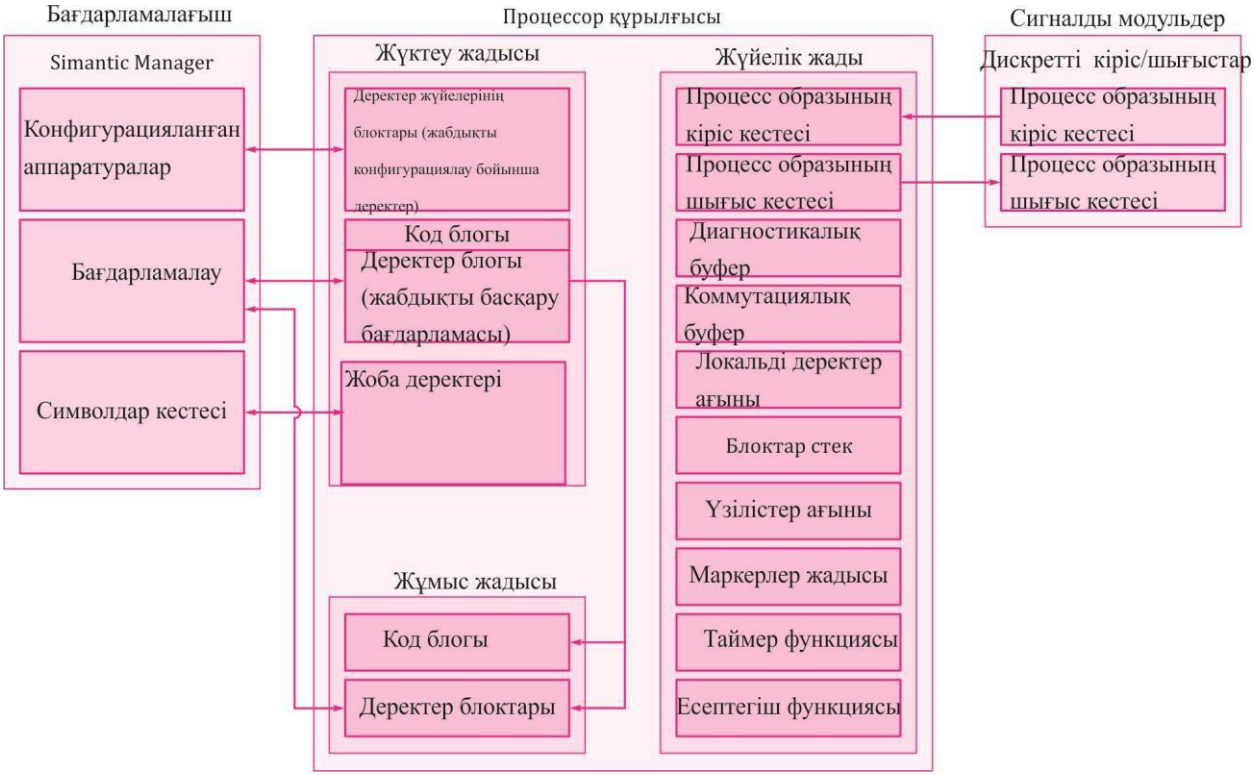
Қолданушыға виртуалды құрылым түрінде ұсынылатын процессорлық модулінің негізгі элементтері:

- Процессорлық модульдегі жадыны үлестіру;
- басқарушы бағдарламаны циклдік орындау;
- STEP 7 бағдарламалау тілінің командасы болып табылады.

Процессорлық модульдегі жадыны үлестіруді сызба түрінде түрінде ұсынуға болады. (6.20-сурет.).

Қолданушыға қолжетімді жадының барлық облысы жүктеу, жұмыс және жүйелік жадыға бөлінеді. Жадының әрбір облысы басқа облыстарға қарағанда, физикалық тұрғыда оқшауланған. Ережеге сай, жады облыстарын іске асыру үшін, әр түрлі типтердегі есте сақтау құрылғылары қолданылады.

Энергиялық тұрғыдан тәуелсіз жүктеу жадысы процессорды ажырату уақытында бағдарламаны сақтау үшін қолданылады және электрлі қайта бағдарламаланатын тұрақты есте сақтау құрылғысын (ЭҚТЕҚ) қолдана отырып, іске асырылады.



6.20-сурет. Процессорлық модуль жадысының салаларын тарату

Жүктеу жадысы процессорлық модульдер интеграциялануы немесе жадының сыртқы картасын қолдану кезінде процессорлық модульде интеграцияланған немесе қосылатын *(plugin)* болады.

Жұмыс жадысы процессор тақтасында орналасқан оперативті есте сақтау құрылғысын танытады және ережеге сай, энергиядан тәуелсіздікті қамтамасыз ететін құрылғылары жоқ. Жұмыс жадысы процессор орындайтын код ж»не жұмыс үшін қажетті деректерден тұрады.

Жұмыстық басқарушы бағдарлама екі облыстарда - жүктеу жадысында *(load memory)* және жұмыс жадысында *(work memory)*. болады.

Бағдарламалаушы құрылғы (бағдарламалағыш) аппаратура конфигурациясының деректерін қоса алғанда жүктеу жадысына барлық бағдарламаны тасымалдайды.

Процессорлық модульдің операциялық жүйесі бағдарламалық код пен қолданушы деректерін модуль процессорымен код орындау орын алатын жерде жұмыс жадысына көшіреді. Бағдарламаны жүктеу жадысынан таңдалып алынған бағдарламалаушы құрылғыға кері жүктеу кезінде блоктар жұмыс жадысындағы ағымдағы деректер мәнімен толығады.

Жүйелік жады әдетте резервті қорек көзі сияқты «тез» ЭҚТЕҚ болып қолданылуымен қамтамасыз етілетін энергиядан тәуелсіз ретінде орындалады. Оның бағдарлама жүгінетін физикалық адрестер (айнымалы) бар. Адрестер облыстарға (адрестер облысына) біріктірілген. Әрбір адрес шамасы аппаратураны конфигурациялау кезінде процессорлық модульмен анықталады.

Процессорлық модуль жадысы келесі адрестер облысынан тұрады:

- кірістер *(Inputs,* I) — дискретті кіріс модульдері бар деректер бейнесі;
- шығыстар *(Outputs,* O) — дискретті шығыс модуліне берілетін деректер бейнесі;
- маркерлер жадысы (*Bit memory,* M) — жұмыс бағдарламасының аралық деректері;
- таймерлер *(Timers,* T) — күту интервалдарын іске асыру үшін қолданылатын жады ұяшықтары;
- есептегіштер *(Counters,* C) — жады ұяшығының бағдарламалық деңгейінде ұйымдастырылатындар, өсу және кему бойынша есеп жүргізу үшін қолданылатындар;
- Атаудан кейін жақшаның ішінде көрсетілетін әріптер бағдарлама жазу кезінде әр түрлі адрестер облыстары үшін қолданылады. Сонымен қатар бағдарламада әрбір айнымалының символикалық атауларын беруге және кейін оны адрес идентификаторы орнына

қолдануға болады.

Жүйелік жады сонымен қатар жүйелер бойынша берілетін деректер пакеті коммутациялық буфер мен жүйелік хабарламалар (диагностикалық буфер) дайындау үшін адрестердің қызметтік облыстарынан тұрады.

Процессорлық блоктың бағдарламалық жасақтамасы операциялық жүйелерден *(operating system)* және қолданушылар бағдарламасынан *(user program)* тұрады.

Операциялық жүйе — бұл осы ресурстар қолданатын жүйелік ресутрстар мен процестерді басқаруды жүзеге асыратын барлық нұсқаулықтар мен сипаттар жиынтығы.Электр қорегі іркілісі, басым кластарды активтендіру және т.б. Операциялық жүйе процессордың ажырамас бөлігі болып табылады. Қолданушының операциялық жүйелер функцияларына тікелей қолжетімділігі жоқ (қолжетімділіктер жүйелік блоктар арқылы жүргізіледі).

Операциялық жүйелер деңгейінде басқарушы бағдарламалардың циклдік орындалу кезегі ұйымдастырылады.

Қолданушы бағдарламасы автоматтандырудың белгілі бір міндеттеріне сәйкес процестерді басқарудың жүзеге асырылуының көмегімен сигналдарды өңдеу үшін, барлық нұсқаулықтар мен сипаттар жиынтығын танытады.

Жалпы жағдайда қолданушы бағдарламасы белгілі бір оқиғаларға байланысты процестермен өңделетін бағдарламалық тараулардан тұрады. Осындай оқиға автоматтандыру, үзу немесе бағдарламалық қателіктерді табу жүйелерін іске қосу болуы мүмкін.

Оқиғаларды өңдеу үшін арналған бағдарламалық тараулар орындау тәртібі бойынша бағдарламалар басым кластар бойынша бөлінеді *(priority classes)*. Бірнеше оқиғалар бір уақытта туындаған кезде ең бірінші жоғары басым класы, және т.б. бар бағдарламалық тараулар орындала бастайды.

Төмен басымдылықты бағдарламалар процессордың кезеңдік етіп өңдейтін басты бағдарламасы *(main program)* болып табылады. Қандай да бір сыртқы оқиғалар кез келген орында басты бағдарламаны үзіп, кейін процессор осы үзумен байланысты бағдарламалық тарауын орындайды және басты бағдарламаны басқаруды қайтарып алады.

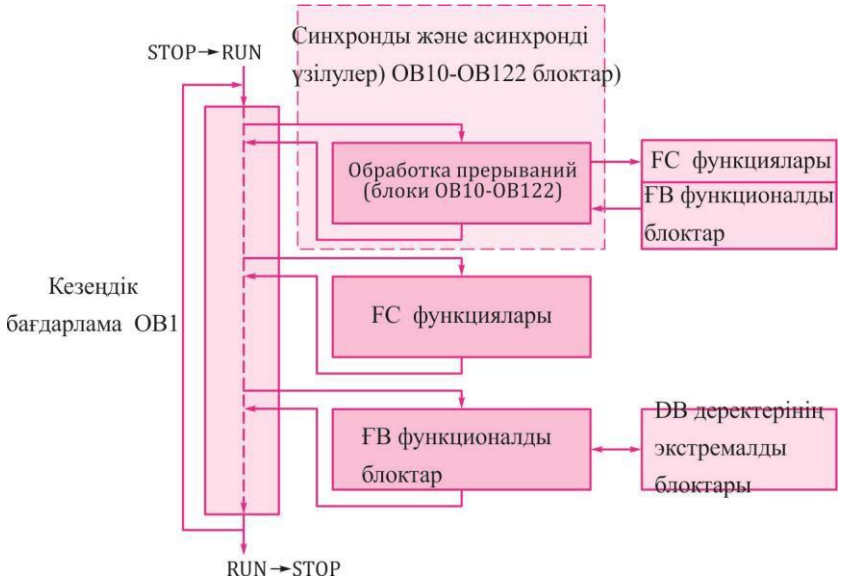
Әрбір оқиғаға арнайы ұйымдастыру блогы *(organization block,* OB) - басым кластар механизмі іске асыратын қолданушы бағдарламасының бөлігі сәйкес келеді. Оқиға туындаған кезде процессор осы оқиғаға арналған ұйымдастыру блогын белсендіреді.

Басты бағдарлама орталық процессормен үнемі өңделетін OB1 ұйымдастыру блогында орналасады. OB1 өңдеу аяқталған кезде (бағдарлама соңы) процессор басқаруды операциялық жүйеге

табыстайды және әр түрлі функцияларды шақырғаннан кейін (процесс образын жаңарту сияқты), орталық процессор OB1 шақырады.

Бағдарламаның орындалу процесі 6.21. суретте ұсынылған.

Жұмыс бағдарламасын өзгерту мүмкін болатын бағдарлама үзу *(interrupts)* және қателіктер *(errors)* болып табылады. Үзу көздері үздіксіз басқару процесімен (аппаратты үзу) қатар процессор (кезеңдік үзу - *watchdog interrupts*, тәулік уақыты бойынша үзу - *time-of-day interrupts* және басқ.) болуы мүмкін.



6.21. сурет. Қолданушы бағдарламасын өңдеу процесінің оңайлатылған схемасы (FC — Functions; FB — Function blocks)

Синхронды және асинхронды қателіктерді ажыратады. Асинхронды бағдарлама орындалуына байланысты емес қателік болып табылады (Мысалы, кеңейту құрылғысындағы электр қорегінің істен шығуы немесе модульді айырбастау). Синхронды қателіктер бағдарламаны орындау кезінде туындайды (мысалы, жоқ адреске немесе деректер типін түрлендіру қателігіне жүгіну).

Өңделетін оқиғалар мен сәйкес ұйымдастыру блоктарының типтері мен нөмірлері процессор типімен анықталады; процессордың әр типі барлық ықтимал оқиғаларды өңдеуге қабілетті.

Процессорлық модульдердің бағдарламалық блоктары. Оқу ыңғайлылығы мен түсініктілігін көтеру мақсатында бағдарламаны тараулардың туынды санына бөлуге болады. Осы кезде бағдарламаның әрбір бөлігі (тарау) тәуелсіз болып, технологиялық объектінің аяқталған басқару процедурасын орындауы керек. Бағдарламаның мұндай тарауларын жеке функционалдылық, құрылым мен шешілетін міндет саласына ие болатын блоктар *(blocks),* деп атайды.

Шешілетін тапсырмаларға байланысты блоктардың келесі типтерін ажыратады:

- Қолданушылық блоктар *(user blocks)* — қолданушы бағдарламасынан және қолданушы деректерінен тұрады, әрі қолданушы толығымен бағдарламалайды;
- жүйелік блоктар *(system blocks)* — жүйелік бағдарламалардан және жүйелік деректерден тұрады, әрі операциялық жүйелерге жүгіну үшін аралық буффер болып табылады;
- стандартты блоктар *(standard blocks)* — тікелей қолдануға дайын (ертеректе құрылған), мысалы функционалды модульдермен және коммутациялық процессорлармен басқару блоктары (ТИД-реттеу блоктары, есептегіштер, деректер берілісінің блоктары және т.б.).

Қолданушы блогын өз кезегінде келесі типтерге бөледі:

- *функционалды блоктар (Function blocks,* FB) — бағдарламалар бөлігі (немесе екінші бағдарламалар). Функционалды блоктарда деректер блогында орналасатын осы функционалды блоктарда қолданылатын константа және айнымалыны сақтау үшін жады облысы бар. Бұл блок үнемі функционалды блокпен байланысты болады. Бір функционалды блокпен осындай құрылымымен, алайда басқа мәндерден тұратын бірнеше деректер блогы байланысты болады. Мұндай деректер блоктарын *даналық деректер блогы (instance data block*)деп атайды, деректердің функционалды блок және экземплярлы блок шақыртуының жиынтығын - даналық шақыру *(call instance), немесе жай ғана дана (instance) деп атайды;*

- *функциялар (Functions,* FC) — жиі қайталанатын немесе автоматтандырудың күрделі автоматтандыру функцияларын бағдарламалау үшін қолданылады. Олар үшін оның шақыру кезіндегі әр уақыттағы функцияға беріледі. Функциялар шақыру блогына мәндерді (функциялар мәндері деп аталатын) қайтара алады. Функция мәндері міндетті емес параметрлер болып табылады. Функциялар ақпараттарды сақтамайды және деректердің тағайындалған блоктары жоқ;
- *деректер блоктары (Data blocks,* DB) — қолданушы бағдарламасының деректерінен тұрады. Деректер блоктарын бағдарламалау кезінде деректерді сақтау формасы (блок нөмірі, деректер құрылымы және қолданылатын деректер типі) анықталады. Деректер блоктары немесе жаһандық деректер блоктары *(global data blocks)* ретінде, немесе даналық деректер блоктары *(instance data blocks*) ретінде қолданылады.

Қолданушы бағдарламасындағы жаһандық деректер блоктары «еркін» деректер блогы деп аталады және функционалды блокқа тағайындалады. Деректердің даналық блогы функционалды блокқа арналған және осы блоктың локальді деректерінің блоктарын сақтайды.

Белгілі бір типтегі және мөлшердегі блоктар саны процессор типіне және оның жадысының шамасына байланысты.

Жүйелік блоктар операциялық жүйелердің құрамдас бөлшектері бола тұрып, бағдарламалар (жүйелік функциялар (SFC) немесе жүйелік функционалды блоктардан (SFB)) немесе деректерден (деректердің жүйелік блоктары (SDB)) тұруы мүмкін.

Жүйелік блоктар т процессордың ішкі таймерлері, коммутациялық функцияларды басқару сияқты маңызды жүйелік функцияларға қолжетімділік ұсынады.

Жүйелік блоктарды шақыруға болады, алайда өзгертуге болмайды. Блоктар қолданушы жадысында *(usermemory)* орын алмайды, даналық деректер блогында сақталатын осы блоктар деректерін қолданушы жадысы қолданады.

Деректердің жүйелік блоктары автоматтандыру жүйелері мен модульдер параметрлері туралы ақпараттардан тұрады. . STEP 7 жүйесі осы блоктарды тікелей генерациялайды және оларды басқарады. Олардың құрамы стансаны конфигурациялау кезінде анықталады. Ережеге сай SDB блоктары жүктеу жадысына *(load memory)* орналасады және қолданушы бағдарламасынан оларға қолжетімділік алуға болмайды.

Стандартты блоктар құрылатын функциялар мен функционалды блоктарға қосымшаға қолданады. Олар STEP пакетінің құрамына кіретін кітапханаларда болады, ережеге сай, автоматты басқару

жүйелерінде, мысалы ТИД-реттегіште стандартты түрде қолданылатын қандай да бір алгоритмді іске асырады.

Сигналды модульдер. Сигналды модульдердің негізгі арналымы - аналогты және дискретті сигналдарды енгізу және шығару. Сигналдарды тарату және бағыттау типіне байланысты модульдердің аналогті-сандық, сандықаналогті, дискретті-сандық және сандық дискретті түрлендіргіштерінен тұрады. Бір жағынан түрлендіргіштер контроллердің артқы шинасының электронды тізбектеріне қосылған, ал басқа жағынан - шығыс тізбектер модульдің бет жағынан клеммалық негізге (фронтштекерлер) шығарылған.

Процессор мен сигналды модульдер арасындағы деректер берілісін синхрондау үшін сигналды модульдің өзінде орналасқан жады ұяшықтары (регистрлер) қолданылады. Осы ұяшықтарда модуль сигналының ағымдағы күйлері сақталады (I/O облысы деп аталатын).

Буфер рөлін орындай отырып, жады ұяшықтары түрлендіру шараларын орындау кезінде туындайтын кешіктірусіз процессорлық модульдегі/процессорлық модульден деректер берілісін ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Контроллерді конфигурациялау кезінде әр тізбектің сигналына адрес автоматты түрде тағайындалады. Осы адрестерге жұмыс бағдарламасы жүгіне отырып, енгізу модульдерінің оқылуын нақты түрле жүргізеді және модульді шығуларда сигналдарды құрастырады, яғни атқаршы құрылғыларға және жұмыс бағдарламаларына датчиктерімен электр сигналдарының арасындағы бағдарламалық (виртуалды) байланысын ұйымдастырады.

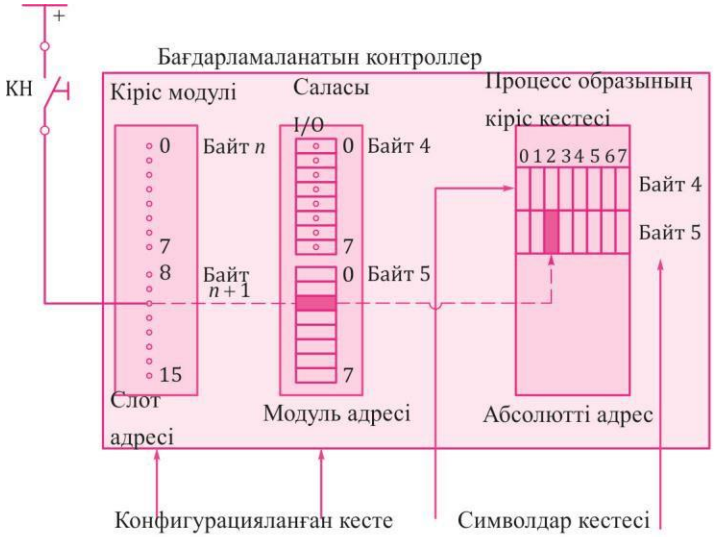
Дискретті енгізу модуліне қосылған түймеден (КН) дискретті сигналды оқу мысалында адресация қағидатын түсіндіреміз (6.22-сурет.).

Сигналды модульдеу жадысының ұяшықтары үшін I/O облысын конфигурациялау кезінде жүйе Байт 4 және Байт 5 адрестерін орнатқан болатын. Бұл адрестер контроллер үшін бірегей болып табылады.

Енгізу модулі үшін орнатылған осындай адрестері бар екі байт бөлінетін кіріс адрестерін көрсетудің жүйелік саласындағы процессорлық модульде кіріс сигналдарының облысының енгізу модулінің жадысы ұяшықтары мен кіріс сигналдарының саласындағы жады ұяшықтары арасында виртуалды байланыс құрылады.

Модульдің кірісті тізбектерінде сигнал күйлерін өзгеруде осы модуль ұяшықтарының мәні мен кіріс сигналдарының адрестері саласындағы жады ұяшықтарының күйі өзгереді.

Көрінетін жады саласындағы модуль жадысының ұяшықтарынан деректерді ауыстыру бағдарламаны орындаудың әр циклінің басында жүргізіледі және сканерлеу деп аталады.



Слот	Типі	I-адрес
5	DI 16	4

Символ	Адрес	Деректер типі
	I 5.2	BOOL

6.22 - сурет. Датчиктердің электр сигналдары мен жұмыс үстіндегі басқарушы бағдарлама арасындағы бағдарламалық ұйымдастыру қағидаты.

Деректер тасымалының кері процесі бағдарламаны орындаудың әр циклінің соңында жүзеге асырылады.

Мысалы, қорек кернеуінің КН «+» түймешігіне басу кезінде енгізудің 10 модулінің кірісіне түседі. Осы кіру 5 байт жүйесі тағайындан 2 бит болып табылатын модуль жадысының ұяшығымен виртуалды байланысы бар және осы ұяшық логикалық «1» мәнінде көрінеді. Осы адрес бойынша бір уақытта кіріс сигналдары адрестерінің облысында көрінеді.

Жұмыс бағдарламасы осы сигналды санау үшін, I5.2 адресіне жүгіну жеткілікті, мұндағы I — кіріс сигналдары адрестері саласын белгілеу; 5 — байт адресі; 2 — осы саладағы бит адресі.

Бес модуль ұяшықтарына ықтимал және тікелей жүгіну. Алайда көрінетін жадыны қолдану модуль жадысының ұяшықтарына тікелей жүгінумен салыстыру бойынша келесі басымдылығы бар: деректерге кіру жені шығу қолжетімділігін сканерлегеннен кейін биттік бойынша жүзеге асырылады (кіріс/шығыс биттері тікелей адрестелмейді); модульге қолжетімділікке қарағанда, кірісті сканерлеу және шығысты орнату тезірек орын алады; модуль дыбыстау уақытына қарағанда жүйелік қысқа жады мен кіріс/шығыс шинасына өтпелі (динамикалық) қайта қалпына келу уақыты жұмсалмайды; сондықтан бағдарлама барынша тезірек орындалады;

6.2. кесте. Сигнальді модульдер белгісі өрісінің ықтимал мазмұны		
Өріс нөмірі	Өріс құрамы	Белгілері
1	SM 3	S7-300 тегінің модулі
	SM 4	S7-400 тегінің модулі
2	21	Дискретті енгізу модулі
	22	Дискретті енгізу модулі
	23	Дискретті енгізу-шығару модулі
	31	Аналогті енгізу модулі
	32	Аналогті шығару модулі
	33	Аналогті енгізу-шығару модулі
3	2, 4, 8, 16, 32	Енгізу-шығару тізбегінің саны
4	DI	Дискретті енгізу
	DO	Дискретті ешығару
	AI	Аналогті енгізу
	AO	Аналогті шығару
5	DC 24 V	Тұрақты ток 24 В коммутациясының кернеуі
	AC 120 V	Айнымалы токтың 120 В коммутациясының кернеуі
	AC 230 V	Айнымалы токтың 230 В коммутациясының кернеуі
	DC 0,5 A	Тұрақты ток 0,5 А коммутациясының тогы
	DC 2 A	Тұрақты ток 2 А коммутациясының тогы
	AC 2 A	Айнымалы токтың 2 А ток коммутациясы
	8, 10, 13, 14, 16 bit	Аналогті енгізу және шығару модульдерінің АСТ және САТ разрядтылығы

Барлық бағдарламалық кезең бойында кірістің сигналдың күйі өзгеріссіз қалады (бағдарламалық кезең ішінде деректер келісімділігі сақталады). Кіріс модулінің биті өзгермеген кезде, сигналды күйді өзгерту келесі бағдарламалық цикл басталғанда кіріске беріледі. Шығыс модульдері үшін бағдарламалық цикл уақытындағы сигналды күй өзгерісі шығыс модулінің биттеріне ықпал етпейді, бұл бағдарламалық қателіктер кезінде шығыс сигналының зыңылдауын болдырмайды.

S7-300/400 контроллерлерінің әмбебаптығына қойылатын талаптар қоданылатын сигналды модульдер типтерінің басым көп түрлілігімен қамтамасыз етіледі. Контроллер жобалық құрастыратын бұйым болып табылуынан, құрастырылымның негізгі бөлігін оның өзгерісінің сигналы мен диапазонының типіне байланысты басқару объектісімен барлық сигналдардың енгізу-шығаруын қамтамасыз ететін сигналды модульдер типтерін дұрыс таңдауды құрайды.

Басқару жүйелерінде қолданылатын ықтимал сигналдар саны әрине басқару жүйесіне тұтас алғанда қойылатын талаптармен анықталған, сондықтан да Simatic басқару жүйелерінің құрамында Siemens фирмасы шығаратын сигналды модулдерінің типтік жинағы конфигурациясы бойынша барлық талап етілетін енгізу-шығаруды толығымен жабады.

Тектің конструктивті сигшналды молдульдері стандартты типтік өлшемінің бірдей корпустарында орындалады. S7-300 (ЕхБхГ) тегі модулінің өлшемі 40х125х120, S7-400 тегінің модулі — 25х290х210 құрайды.

Сигналды модульдерінің ішкі құрамы, олардың сипаттамалары мен сыртқы тізбектед қосу схемасы әр тип модульдері үшін бірегей.

Сигнальді модульдерді белгілеуде модульдерге қосылатын сигналды модульдер сипаттамалары мен сигналдар саны туралы ақпарат бар. Бұл ақпарат модульдің беттік панеліне шығарылған.

Сигналды модульді белгілеу кезінде қолданылады өрістерінің ықтимал құрамы 6.2 кестесінде келтірілген.

ОБЪЕКТІЛЕРДІ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН МОДЕЛЬДЕУ

7.1. МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕР ТҮСІНІГІ. МОДЕЛЬДЕРДІ ЖІКТЕУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ ТҮРЛЕРІ

Жалпы мәліметтер. Еркін бағдарламаланатын техникалық құралдарды пайдалану жағдайларында технологиялық процестердің нақты математикалық модельдерін құру кез келген өнеркәсіптік өндірістің технологиялық процестерін тиімді басқару үшін, ғылыми және эксперименталді танымының өзекті бағытының бірі болып табылады.

Математикалық модельдерді әзірлеу және оңтайлы қолдану - металлургия мен өнеркәсіп өндірісінің басқа да салаларында технологиялық процестерді басқаруды автоматты тиімдендірудегі эффектілі жүйелер құру кезінде өндірістік процестерді оперативті басқаруды іске асырудың экономикалық мақсатты тәсілдерінің бастыда, міндетті шарттары.

Технологиялық процестер модельдері ПЭВМ-ге зерттеу процестерін бағдарламалық жолмен көрсетуге мүмкіндік беретін тұжырымдамалық (сөздік) физикалық, математикалық (формаланған) және имитациялық болады. Модельдер түрлерінің көптүрлілігі және олардың қолдану аясының кеңдігі, сөзсіз, модель ұғыным бір жақты және анық қалыптастыру болмауының негізгі себептері болып табылады.

Модельдерді жіктеу. Атаулы оқу құралында қарастырылған тапсырмаларға қолданбалы түрде модельдер түсінігінің жалпы анықтамасының бірін келесі түрде беруге болады.

Модель — бұл шығыс шамаларының ағымдағы мәні туралы қолданушы үшін ыңғайлы нақты ақпарат формасын танытатын технологиялық процестің аса маңызды көрсеткіштерінің (параметрлерінің) объективті көрінісі.

Технологиялық процестердің математикалық модельдерінің екі түрі болады:

- бақылаушы ;
- болжамдаушы.

Бақылаушы модельдер анықтаушы, алайда тікелей инструментальді бақылау үшін қолжетімсіз болып табылатын технологиялық параметрлер есебі үшін қолданылады.

Негізінен ТП АБЖ-де статикалық және динамикалық типтегі *болжамдаушы модельдерді* қолданады.

Динамикалық модельдер атаулы агрегаттың физикалық және химиялық қасиеттері негізінде құрылады және технологиялық процестер ағынының барысын және осы процестердің уақыттағы параметрлерінің өзгеруін сипаттайды.

Өз мәні бойынша формаланған түрде динамикалық модельдер өзімен дифференциалды теңдіктер жүйесін танытады:

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = f(x, z, u, \tau),$$

мұндағы x — процестің жеке параметрі; z —процеске ауытқу әсері; және u— басқарушылық әрекеттер; τ— ағымдағы уақыт.

Технологиялық процестің динамикалық моделіне жылу кірісі мен шығысы компоненттерін енгізетін жылу теңгерімінің динамикалық теңдігі кіреді.

Кез келген технологиялық процестің динамикалық моделі статикалық моделімен салыстыру бойынша аса жоғары басқару дәлдігін қамтамасыз еуге мүмкіндік береді. Алайда статикалық модельдер нысандандырылған ұғым үшін қолжетімдірек.

Технологиялық процестің *статикалық модельдер* ұғымында процесс басталғанға дейін белгілі априорлы ақпарат қолданылатын осындай модельдер түсіндіріледі.

Бұл модельдер орнатылған режимде белгілі кіру шарттары бойынша процесс соңында параметрлер мен шығу шамасының сонымен қатар басқарылатын процестің соңғы талап етілген параметрлер мәнін алу үшін, басқарушы әсердің мәнін, есептеуге мүмкіндік береді.

Статикалық модельдер процесті оның жеке аймақтарға бөлмей, шоғырланған параметрлері бар объекті түрінде процесс көрінісінен шыға отырып жасалады. Сондықтан жеке аймақтар ескерілмейді.

Шоғырланған параметрлері бар объектілердің математикалық аппараты алгебралық өрнек болып табылады.

Үлестірілген параметрлері (әр түрлі параметрлердің өзара әрекеті ескерілген кезде) бар объектілер жеке туындыдағы дифференциалды

теңдіктермен сипаттамалады.

Статикалық модельдер келесі түрлерге бөлінеді:

- детерменирленген (теңгерімді), фундаментальді заң нагізінде құрылған;
- экспериментальді-статистикалық, экспериментальді деректер мен математикалық статистикадағы белгілі бір әдістер көрсеткіштерін есептеу үшін қолдануға негізделген;
- эмпирикалық, нақты өндірістік процестерді басқару бойынша технолог-операторлар (сарапшылар) жұмысының таңдаулы тәжірибесін қалыптастыру және жалпылау негізінде жасалған;
- нейрожелілік, экспериментальді-статистикалық модельдердің адаптивті көрінісі болып табылады;
- айқын емес логика қағидатына синтезделген, эмпирикалық модельдердің адаптивті өрнегін құрайтын.

Детерминирленген модельдер негізінде атап өткеніміздей фундаментальді физикалық заңдылық жатыр (мысалы, энергияны сақтау заңы, сандық заттарды сақтау заңы және басқ.).

Сондықтан бұл модельдерді белгілі бір компоненттің бір күйден басқаға өтуін анықтайтын теңгерімдік теңдік жиынтығы түрінде ұсынуға болады.

Жылу бөлініп және сіңірілуімен ілесе жүретін өнеркәсіптегі технологиялық процестердің басым көпшілігі үшін детерминирленген модельдер материалды және жылу теңгерімі теңдігінің негізіне құрылады.

Істің маңызы бойынша

$$\sum_{i=1}^{h_1} G_i C_i = \sum_{j=1}^{h_2} G_j C_j,$$

түрінің теңдігін құру туралы қозғалуда

мұндағы G_i және C_i — бастапқы өнімдегі *i*- компонентінің салмағы мен концентрациясы; *Gj* және *Cj* —соңғы өнімдегі *i*- компонентінің салмағы мен концентрациясы.

Теңгерімді теңдік құру кезінде белгісіз факторлар саны, ережеге сай, белгісіздің көп саны белгілі болды, сондықтан детерминирленген модельдерде эмпирикалық тәуелділіктерде немесе жүйе тепе-теңдігінің шартына арналған термодинамика заңдылықтарына құрылған қосымша теңдіктер енгізіледі.

Детерминирленген модельдер құндылығы олардың әмбебаптығы – олар орташа алғанда бір типті процестер барысын анықтауға мүмкіндік береді, ал кемшілігі - әрбір жеке процестің ерекше талаптарын дәл көрсете алмау кемшілігі болып табылады.

Ертеректе атап өткеніміздей, детерминирленген модельдер құру кезінде, ережеге сай, алынған теңдік саны адекватты математикалық

модельдер алу үшін талап етілгенге қарағанда, аз. Бұдан өзге, детерминирленген модельдер әрбір технологиялық процестің жеке талаптарын көрсетпейді.

Басқарылатын процестердщің жеке қасиеттерін анықтау үшін, *экспериментальді-статистикалық модельдер* қолданылады. Бұл модельдерде зерттелетін нақты технологиялық процесс осы объектіде орын алатын құбылыс механизмінің толық емес білімі бар объект ретінде ұсынылады, яғни «қара жәшік» сияқты

Технологиялық процесті келесі айнымалылармен және басқалармен сипаттауға болады:

- X_j, X_2, ..., X_n — кіру бақыланатын басқару факторлары (параметрлер);
- Y_j, Y_2, ..., Y_n —технологиялық процестің тиімділігінің көрсеткіштерін шығыс бақылау көрсеткіштері;
- Z_j, Z_2, ..., Z_n — бақыланбайтын және басқарылмайтын кездейсоқ өзгермелілер (кедергілер).

Кез келген технологиялық процесс процеске ықпалы қажетті ақпараттардың болмауынан дәл анықтау мүмкін емес көптеген кездейсоқ факторлар ықпалына ұшырайды. Сондықтан зерттелетін процеске осы кездейсоқ факторлар әсерін талдау үшін зерттелетін процестің статистикалық моделін құруға мүмкіндік беретін математикалық статистикасының әдістері қолданылады.

Ережеге сай, экспериментальді-статистикалық модель бір немесе көп факторлы сызықтық (мұндағы әр фактор бірінші дәрежелі) немесе сызықтық емес (мұндағы әр фактор кем дегенде екінші дәрежелі) регрессиялық теңдікті танытады.

Регрессиялық теңдік процестің шығыс параметрі мен ескерілетін факторлар арасынлағы статистикалық ықтимал байланысын анықтайды

Мұндай теңдіктер коэффициенттері кіріс және шығыс параметрлерінің ағымдағы мәндерін бекіту жолымен алынатын экспериментальді деректер бойынша математикалық статистика әдістерімен есептеледі.

Нәтижесінде кіріс және шығыс параметрлерінің арасындағы статистикалық (ықтимал) байланыстарын анықтайтын теориялық регрессия сызығы деп аталатын теңдік шығады.

Регрессиялық тәуелділіктің екі түрі бар - функционалды, аргументтің әрбір мәніне $y = f(x)$ функциясының жалғыз мәні сәйкес келеді және аргументтің бір мәніне жалпы жағдайда $y = f(x_1)$ функциясының мәндерінің тұтас қатарын үлестіру сәйкес келгендегі статистикалық немесе ықтималдылық. Кіріс басқару әсерінен шығыс басқару технологиялық процесінің функционалды тәуелділігінің

бірінші және екінші түрлері модельдерді синтездеудегі есептік тәсілдер үшін де, әрі оны функционирлеу процесінде шынайы технологиялық агрегаттардан тікелей алынған эксперименталь ді деректерін қолданған кезде де тән.

Тәжірибелік деректер бойынша эксперименталь ді-статистикалық модельдер құру үшін *ең кіші шаршы әдісі* кеңінен таралды.

Бұл әдістің маңызы келесіде жатыр: жүйелер күйін дәл көрсететін *y* = *f*X) осындай функцияны табу керек (әрбір эксперименталь ді нүктеге жақындау). Бұл шартты формуласымен (2.2) жазуға болады, мұндағы у — шығыс параметрінің ағымдағы мәні; $y(x_i)$ — шығыс параметрінің есептік мәні.

Ең кіші шаршы әдісі регрессиялық теңдік алу үшін дара болып табылмайды.

Бұдан өзге *Лагранж интерпояциялық түрлендірі мен Чебышевтің интерполяциялық полиномдары* бар, алайда ең кіші шаршы әдісі технологиялық тұрғыда түсінікті және физикалық түсіндірілімді.

Эксперименталь ді-статистикалық модельдер мысалы ретінде құру үшін нақты объектіден алынған эксперименталь ді деректер қолданылатын басқару процесінің статикалық сипаттамасы қызмет етеді (2.4 кіші бөлім. қар.).

ПЭВМ пайда болуы эксперимент қойылымдарының осындай сызбаларын және өндірістік процестің математикалық модельдерін құрудың эксперименталь ді-статистикалық әдісінің тиімділігін едәуір арттыратын нәтижелер эксперименті барысында алынған өңдеу тәсілдерін іске асыруға мүмкіндік берді..

Технологиялық процестің математикалық моделін құру үшін қажетті болатын эксперименталь ді деректер екі тәсілмен алынады:

- зерттеу процесін пассивті бақылау нәтижесінде;
- Ертеректе жоспарланған белсенді эксперименттi қою және іске асыру есебінен.

Бірінші жағдайда эксперименталь ді деректерді технолгиялық процестердің (процесс хронометражы) кіріс және шығыс айнымалыларының ағымдағы мәндерін белгіленген уақыт сәттерінде қадағалау және тіркеу жолымен алады.

Алайда осы пассивті қадағалау кезінде (пассивті экспериментте) бастапқы деректерді жинаудың белглі бір жоспарын құру, аса маңызды факторларды таңдауды негіздеу және әрбір фактор үшін ақпараттық сигналдар алу уақытының инерциялығының есебімен анықтауды талап етіледі.

Пассивті әдіс құндылығы технологиялық процесте кез келген кедергілер болмауы болып табылады, бұл эксперименталь ді деректер жинау шараларын жеңілдетеді және өндірістік жағдайларда

технологиялық агрегаттарда авариялық немесе күрделі жағдайлар орын алуын болдырмайды.

Алайда экспериментальді деректерді жинаудың осындай тәсілі көптеген күрделі кемшіліктерге ие, бұлардың болуы кіру шамасынан шығыс параметріне байланысты теңдікті анықтау кезінде ең кіші шаршының әмбебап инженерлік әдісін қолданумен шартталған, негізгі қиын орындалатын талаптар келесілер болып табылады:

- X_j, X_2, ..., X_n процесінің бақыланатын кіріс параметрлері (теориялық тұрғыдан кезейсоқ) дәлдікпен өлшеу керек,
- Y бақыланатын кіріс шамасын өлшеу дәлдігін едәуір арттыратын дәлдікпен өлшеу керек
- X_j, X_2, ..., X_n кіріс параметрлері өзара статистикалық тұрғыда байланысты болмау керек (корреляцияланған), бұл талап нақты өндірістік жағдайларда сақталуы тиіс;
- Y бақыланатын шығыс параметрі үлестірімнің нормалық заңына бағынатын кездейсоқ шама болуы тиіс;
- Y бақыланатын шығыс параметрінің шашырап таралуы (дисперсия) осы параметрдің абсолютті шамасына тәуелді болмауы тиіс (теңнүктелік тәжірибелерінің талаптары).

Белгіленген талаптарды сақтамау едәуір қателіктерге жиі алып келеді.

Пассивті экспериментті қолдану кезінде нақты процестің келесі ерекшеліктерін ескеру керек.

Зерттелетін процестің кейбір факторлары пассивті экмпериментті қою кезінде олардың тиімді мәні қандай шара бойынша экспериментальді анықталғандықтан, елеусіз өзгереді.

Регрессия теңдігінің коэффициенттерінің мәнін бағалау кезінде тиімді таңдалған, процеске маңызды ықпал беретін фактор елеусіз болып қалады.

Егер экспериментальді деректер жинау үшін экспериментті арнайы түрде жоспарлау, яғни технологиялық процеске белсенді түрде араласу және әрбір факторды белгіленген жоспар бойынша белгілі деңгейлерде жеке алмастырса, көрсетілген көптеген жетімсіздіктерді болдырмауға болады. Мұнда құрастырылған жоспарды іске асыруды кездейсоқ жағдайларда жүзеге асыруға болады.

Экспериментальді деректерді жинаудың осы әдісін *белсенді толық факторлы эксперимент* (БТЭ) деп атайды.

Егер факторлар өзгерісі екі деңгейлерде - орта мән қатынасы бойынша минималды және максималды жүзеге асырылатын болса, онда осы (БТЭ) 2^nтипті эксперимент деп атайды, мұндағы n — өзгеретін факторлар саны.

Атаулы әдіс құндылығы нәтиже жаңғыртылуының ережесін

автоматты сақтау, ал кемшілігі - өндірістік жағдайларда іске асыру қиындығы болып табылады.

Белсенді эксперименттің екі түрін ерекшелейді:

- бірфакторлы;
- көпфакторлы.

бірфакторлы эксперимент кезінде қалғандарын тұрақты жеңгейде қалдыра отырып (ағымдағы мәндерде) бір айнымалыға кезекпен өзгерту жүргізіледі.

Саны регламенттелмеген көптеген тәжірибелер (эксперименттер) өткізуді талап ететін істің мәнісіне қарай бұл Гаусс — Зейдель әзісі.

Көпфакторлы (белсенді факторлы) *эксперимент* барынша тиімді. Бұл жағдайда әрбір экспериментте белгілі бір рандомизацияланған жоспар бойынша барлық кіріс факторларын (айнамалы) түрлендіру жүзеге асырылады. Бұл эксперименттер санын елеулі түрде қысқартып, регламенттеуге мүмкіндік береді.

Бұл жағдайда $Y = f(x_t, x_2, ..., x_n)$ дауыс бетінің локальді учаскесінің сипаты негізінде «қауырт өрлеу» бағытын мақсатты түрде таңдауға болады. Өрлеудің осындай бірнеше сатыларын орындау нәтижесінде уақыт пен құралдардың минималды шығынымен оптимизацияланған тапсырмаларды шешу кезінде экстремум төңірегіне қол жеткізуге болады.

Экспериментальді-статистикалық модельдер құндылығы процестің дербес сипаттамаларының дәр көрінісі болып табылады, себебі ол экспериментальді деректер бойынша құралады, кемшілігі оның әмбебаптығының жоқтығында жатыр, яғни тек қаралып отырған процеске ғана жарамды. Бұдан өзге, статистикалық модельдер диапазонда шектеулі. Олар интерполяцияға ие және экстраполяциядан айрылған, яғни оларды эксперименталь деректер үшін қолдануға болмайды.

Эмпирикалық модельдер . Ертеректе қарастырылған модельдердің әр типіне өздерінің кемшіліктері тән: анықталған теңгерімді модельдер өте қолайсыз, негізгі заңдар білімін талап етеді және әдетте кейбір жол берулер мен эмпирикалық тәуелділіктерді қолдана отырып, іске асырылады; статистикалық модельдер әмбебаптығынан айрылған және белгілі бір объекті үшін, белгілі бір интервалда факторды өзгерту үшін жарамды және агрегатты қолдану процесінде кезеңдік нақтылауды талап етеді.

Математикалық модельдерді құрудың эмпирикалық әдісі ертеректе қарастырылған екі әдістің синтезі болып табылады.

Осы әдіс кезінде модельдерді құру қағидаты атаулы технологиялық процестерді басқару бойына таңдаулы технолог-операторлар (сарапшылар) әрекетін қалыптастыруға негізделген. Технолог нақты

процесті басқару бойынша жұмыс кезеңінің белгілі бір, жеткілікті түрдегі ұзақ кезең ішінде және мастермен қарым-қатынас нәтижесінде алға қойылған тапсырманы шешуге алып келетін басқарушы әсерлерді түзетудегі өзінің алгоритмін жасап шығарады.

Әрбір басқарушылық әсер бойынша бұл алгоритм нәтижелеуші түзетулерді анықтауға алып келеді:

$$\Delta q = a_1 (x_1 (\tau - 1) - x_1 (\tau)) + a_2 (x_2 (\tau - 1) - x_2 (\tau)) + ...,$$

мұндағы х,-(т - 1) және ***x,*** **(**т**)** — алдыңғы және ағымдағы уақыт кезеңіндегі басқарушылық әсерлер.

Осылайша, эмпирикалық модельдер мәні процесті бірінші басқару кезінде (сынау және қателік әдісі) алынған нәтиже бойынша процесті басқару үшін, реттеп түзетудің әр параметрі бойынша қалыптастыруда жатыр.

Сыртқы түрі бойынша эмпирикалық модельдер статистикалықтан ерекшеленбейді және сарапшы тәжірибесін қалыптастыру кезінде алдыңғы басқару нәтижесі бойынша құрылымдалатын реттеп түзетулерді анықтау үшін, оңайлатылған теңгерім теңдігін қолданады.

Осының нәтижесінде барлық модель әсері жалпы бағалауға әрбір зерттелетін фактор әсерінің элементарлы түзету жиынтығын танытады.

Микропроцессорлы реттеуші контроллерлер (МРК) есептеу қабілеттерінің қарқынды өсуімен байланысты кейінгі уақыттары адамның ойлау процесінің қағидаттарын қолданатын ТП АБЖ *нейрожелілік модельдерін* құрудың нақты мүмкіндігі пайда болды.

Синтездеуші жасанды нейронды желілер (ЖНЖ) модельдер құру кезінде мәні бойынша технологиялық процестердің адаптивті эксперименталь-статистикалық эмпирикалық модельдердің басқа түрі боылп табылады. ЖНЖ-де (қаз) ойлау процесін нысандау негізінде алға қойылған техникалық және экономикалық тапсырмаларды шешу үшін нейрожелілік алгоритмдер болып табылады.

Кез келген квалификацияланған технолог-оператор ұзақ мерзім ішінде нақты технолгиялық процесті басқару бойынша өндірістік қызметте процесті тиімді басқарудың субъективті алгоритмін қалыптастыратындығы құпия емес. Алынған қателіктер мен нәтижелерді сынау және талдау негізінде тиімді шешім қабылдаудың эмпирикалық әдісі жетілдіруді талап ететіндігі белгілі.

Бұл тапсырма ЖНЖ (қаз) қолдан отырып, қимылды артыру және дәлдікті көтеру бағытында тиімі шешіледі.

Жалпы жағдайда ЖНЖ (қаз) — адам миының жұмсын модельдеуге жақындаған жүйе және екі аспектіде ойлау процесімен ұқсас компьютерлік жұмыс бағдарламасы түрінде іске асырылады:

- экспериментальді деректерді талдау және реалды жағдайлардан шығатын мәліметтері негізінде оқыту процесінде білім ЖНЖ-мен (қаз) алынады,
- ЖНЖ түзетін нейрондар желісін оқу үшін, синаптикалық таразы деп аталатын нейронаралық баланысты түзету қолданылады.

Синаптикалық таразыны түзету мәні дұрыс шешімге (технологиялық параметрдің ағымдағы мәніне) жақындау бағытында және шынайы объектіден алынған ағыидағы экспериментальді мәнге қатынасы бойынша нәтиженің генерацияланатын шығыс ЖНЖ жақындау қателігін арттыруға ықпал ететін әсерді басуда нейрондарға әсер етуді логикалық күшейтуде жатыр.

Басқарудың бағдарланатын техникалық құралдарын еркін басқарумен байланысты *көмескі көптік және көмескі логикалық қорытындылар теориялары қағидаттарына негізделген математикалық модельдер жүйелері* кеңінен таралды.

Көмескілік логикасы қағидаты басқарушы бағдарламаларға анықтықтың әр түрлі дәрежелеріндегі диапазонда функционирлеуге мүмкіндік беру үшін құрылған болатын.

Нақты және жалған оқиғаларды ғана логикалық тұрғыдан көрсететін екілік жүйенің орнына 0,00-ден қоса алғанда, 1,00-ге дейінгі дипазонды әрекет ететін нақтылық дәрежесі енгізілген.

Көмескі басқару модельдері технолгиялық автоматтандыру процестері көпшілік қабылдаған сандық әдістерді қолдана отырып, талдау үшін тым күрделі болып табылады, немесе қолжетімді ақпарарат көздері атрибутивті, сапалы, немесе белгісіз түрде түсінік бергенде пайдалы болады.

Технолгиялық процесті көмескі басқаруға негізделген көмескі логика қағидаты мәні бойынша адами ойлау процесінің логикасына және автоматтандырылған басқарудың қағидатын лингвистикалық (сөздік) түсінігіне жақындап келеді.

Математикалық (нысаналанған) анықтаманың және бастапқы көмескі ақпарат көрінісінің құралының болуы математикалық басқару моделін, адекватты нақты процестерін құруға мүмкіндік береді.

Көмескі логика қағидатына негізделген басқару жүйелері алмастыру есебінен, әдеттегідей, егер «оқиға» болса, онда «басқару түрі» формасында берілетін басқарудың логикалық ережелерін жинаудан құрылған жан-жақты сапалы лингвистикалық (технологиялық персоналға сөздік формада түсінікті көрінген) логикалық моделімен басқарылатын технологиялық процестердің оңайлатылған сандық модельдерін автоматтандырылған басқарудың дәстүрлі тәсілдерінің алдында сөзсіз басымдылыққа ие.

7.2. МОДЕЛЬДЕУДІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРЫ. VISSIM БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ОРТАДА СЫЗЫҚТЫҚ ЖҮЙЕНІҢ ТИПТІК ЭЛЕМЕНТАРЛЫ БУЫНДАРЫН МОДЕЛЬДЕУ

Модельдеудің техникалық және бағдарламалық құралдары. Бағдарламалық ортада сызықтық жүйенің типтік элементарлы буындарын модельдеу **VisSim бағдарламасының арналымы.** Visual Solutions (АҚШ) компаниясы жасап шығарған (ағылшын тілінен *Visual Simulator* — визуалды, көзбен қабылданатын орта және модельдеу құралы) бағдарламасы физикалық және техникалық объектілерді, соның ішінде басқару саны мен жүйелерін виртуалды модельдеуді құру, зерттеу және тиімдендіру үшін арналған. Бұл бағдарлама - қолдануда қуатты, ыңғайлы, физикалық және техникалық объектілер, жүйелер мен олардың элементтерін модельдеудің жинақы және тиімді құралы.

Егер ол нағыз элементтерден тұратын нақты жүйені жасаған болса, зерттеуші шарттылықтың біршама дәрежесімен виртуалды элементтерден шығатын модель құру көмегімен бағдарлама адамға дамыған графикалық интерфейс ұсынады.

Бұл күрделіліктің кең диапазонының жүйелерінің моделін құруға, кейін зерттеу мен тиімдендіруге мүмкіндік береді.

VisSim ортасында жазу және модельдерді кезекті құру кезінде дифференциалды теңдіктерді жазу және шешу қажеттілігі жоқ, бұл бағдарлама өзіне зерттеуші ұсынған жүйелер мен олардың элементтерінің параметрлерінің құрылымын өзі жасайтын болады. Шешім нәтижелері графикалық формада шығарылады. Сондықтан бағдарламамен математикада және жоғары деңгей тіліндегі немесе ассемблердегі тілдердегі бағдарламалау төңірегіне терең білімі жоқтар да қолдана алады. Сол уақытта бағдарламаны игерген мамандар VisSim бағдарламасының стандартты блоктарының бай кітапханасын толықтыра отырып, жеке блоктарын құра алады.

VisSim бағдарламасында MathCAD белгілі математикалық бағдарламасын қолданған кездегіге қарағанда дифференциалды теңдікті едәуір тиімді және тезірек шешуіне болады.

MathLab бағдарламалық пакетіне кіретін Simulink бағдарламасына қарағанда, шамалас және аса жоғары емес өндірімділіктегі VisSim қатты дискіде және оперативті жадыда жүз есе аз орын алады, «р математика бойынша тапсырмалардан өзге мектеп деңгейінен бастап, виртуалды зертханалық стенділерде физикалық күрделі сараптамалармен аяқтай отырып, физика бойынша да есептер шығаруға мүмкіндік береді.

VisSim графикалық интерфейс. Бағдарлама интерфейсі— бұл адамға жұмыс жүргізуге мүмкіндік беретін құралдар жиынтығы:

- деректер енгізіп алуға;
- компьютермен бағдарлама барысын бақылауға;
- басқарушылық ықпал етуге және олардың бағдарламаларына және т.б. реакциясын қадағалауға.

VisSim бағдарламасы зерттеушіге тышқан көмегімен модель құру бойынша жұмыстың негізгі бөлігін орындауға, ал элементтер параметрлерін пернетақтаға енгізуге мүмкіндік беретін графикалық интерфейсін ұсынады. VisSim интерфейсі мәзір мен тышқан түймешігін басуды қабылдайтын бірнеше басқару түймешіктері бар басты терезеден, әрі модель құрылып, реттелетін, оның жұмысының нәтижелері қадағаланатын жұмыс кеңістігінен тұрады. (7.1сур.).

Зерттеушінің көзқарасы тұрғысынан VisSim бағдаламасының интерфейсі жеке блоктардағы модель құруды, модельдеу процесін іске қосуды, оларды басқару және нәтижелерін басқаруға мүмкіндік беретін интерактивті виртуалды стендті танытады.

7.1. сурет. Қарапайым VisSim-диаграммасының (моделінің) мысалымен VisSim және орның жұмыс кеңістігінің бағдарламасының басты терезесі

Жұмыс кеңістігіне виртуалды блоктар шығарылған: генератор және осциллограф, сонымен қатар жазбалар. Модельдеу процесін (жасыл үшбұрыш Пуск — Go түймешігін тырс еткізіп басу) іске қосқан кезде, осциллографта генератормен өндірілетін сигнал көрінеді, атаулы жағдайда - синусоида. Генератор амплитудасын, жиілікті және бастапқы фазаны зерттеуші ауыстыра алады, әрі модельдеудің жаңа іске қосылуы кезінде бұл өзгертулер осциллограф экранына сызбаның сәйкес өзгерісіне алып келетін болады. Терезенің жоғарғы бөлігіне диаграмма атауы кескінделетін болады.

VisSim бағдарламасының диаграммасы байланыстылар, сонымен атар жұмыс кеңістігіне орналастырылған және модельдеу процесін іске қосу кезінде функционирлеуге қабілетті автономды блоктар мен жазбалар жиынтығы деп аталады. Диаграмма жеке файл түрінде сақтала береді, қажетті кезде қайта ашылады.

VisSim бағдарламасының моделі анық немесе жобаланатын жүйенің виртуалды аналогынан тұратын диаграмманың бір бөлігі. Диаграмма бірнеше модельдерден құрала алады.

VisSim бағдарламасының модельдеріне VisSim бағдарламасында құрылған жүйенің моделі басқара алатын қосымша компьютерлік тақта мен сыртқы физикалық құрылғылар көмегімен қосыла алады. Осылайша, VisSim бағдарламасында құрылған автоматты басқару

жүйесі моделінің БО тек виртуалды ғана емес, сонымен қатар айқын құрылғылар бола алады.

VisSim ортасында модельдер құру қағидаттары. VisSim ортасында модельдер құруға арналған бастапқы деректер жүйені (процесс, объекті) модельдеуші және олардың дифференциалды-алгебралық теңдігін сипаттайтын құрылымдық-функционалды сызба болып табылады. Теңдік орнына модельдеуші жүйенің жеке элементтерін сипаттайтын операторлар немесе функциялар беріле алады, мысалы, табыстама функциясы - сызықтық элементтер және статикалық сипаттамалар — сызықтық емес.

Нақты жүйелер және объектілер жеке, байланысты бір-бірімен өзара байланысты элементтерден тұрады. Тұтас жүйелер үшін де, сонымен қатар оның жеке элементтері үшін де әсер етудің орналасқан орнын - кіру және кіруі әсеріне олардың реакцияларының (дауысының) орнын көрсетуге болады.

VisSim бағдарламасында жүйелер мен объектілер модельдері блоктар деп аталатын жеке элементтерден тұрады. Блок – бұл анық жүйенің физикалық элементінің виртуалды аналогы. «Виртуалды» атаулы мәнмәтінде, физикалық тұрғыда жоқ, бағдарламамен іске асырылатын, алайда адамның көзқарасы тұрғысынан модельдеуші бағдарламамен жұмыс істейтін «ойдағы», блок көру мүшесімен қабылданады - ол VisSim жұмыс кеңістігінде көрінеді. «Аналог» термині блок функционирлейтінін болжамдайды, яғни анық, модельдеуші, жүйе элементтерінің сол теңдіктеріне бағынады.

VisSim виртуалды блоктардың басқа блоктан шығыс сигналы берілетін тек кіруі, басқа блокқа берілетін виртуалды сигналы, шығу немесе бір уақытта кіру мен шығуы болуы мүмкін. Блоктар арасындағы өзара әрекеттер бір блоктан басқа блокқа әсер ету (сигналдар) берілісінің бағытын көрсететін байланыс желілерімен көрсетіледі.

Блоктар арасындағы өзара әрекеттер сигналлармен - байланыс сызығы бойынша блоктар арасында берілетін уақыт функцияларымен модельденеді. Модельдердегі сигналдар виртуалды осциллограф виртуалды өлшеу құрылғысының көмегімен өлшейді.

VisSim сыртқы виртуалды блоктар шарттылықтың кейбір дәрежесінде зерттеуші нақты құрылғы ретінде қабылданады (Мысалы, генераторлар сигналдар өндіреді, Түрлендіргіш блоктар нақты әсерге нақты құрылғы ретінде дәлме-дәл белгілі бір мағынада кіріс сигналдарына әсер береді, индикаторы сигналдар шамасын көрсетеді).

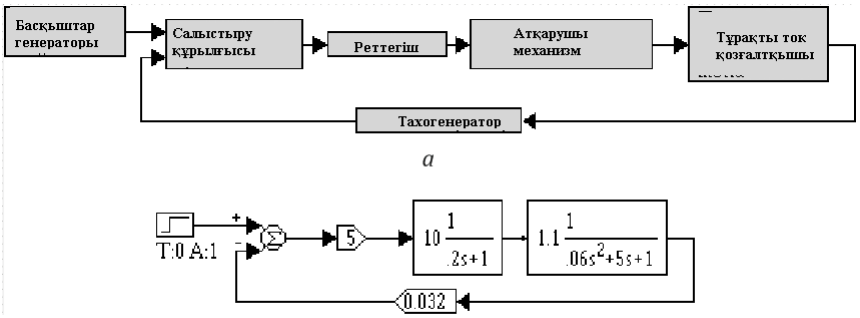
Осылайша VisSim ортасында құру қағидаты нақты элементтер (блоктар) молдельдерінің жұмыс кеңістігіне шығаруда және оларды модельдеуші жүйенң құрылымдық-алгоритмдік құрылған сыбасына

сәйкес жалғауларында жатыр. Виртуалды блоктардан модельдерді осылай құру өндірістік жағдайларда және зертханалық стендіде нағыз блоктардан (генераторлар, осциллографтар және басқа құрылғылардан) нақты жүйелер құруға шарттылықтың белгілі бір дәрежесімен өте ұқсас.

VisSim негізгі блоктары. VisSim блоктарын үш негізгі және бір қосымша санатқа бөлуге болады:

- *генераторлар* — тек шығысы бар блоктар;
- *түрлендіргіштер* — шығыс және кірісті блоктар;
- *индикаторы* — тек кірісті блоктар (осциллограф, сандық индикатор);
- кіріс және шығыссыз блоктар: жазбалар, түсініктер және басқ. модельдің маңызды компоненттері *жалғастырғыш сызық* болып табылады — әсері бір элементтен басқасына берілетін элементтерді физикалық жалғаудың виртуалды аналогы. Жалғау желілері VisSim ортасында бір бағытты; олар сигналдарды бір шығу блогынан басқа кіруге береді. Сондықтан модель құру кезінде кезекті блок алдыңғының функционирлеуіне ықпал келтірмеу үшін, функционалды блоктарға айқын жүйені бөлетіндей ету керек. 7.2-суретте VisSim іске асыру мысалы ретінде тұрақты токтың қозғалтқышының білігінің айналу жиілігінің АРЖ құрылымдық схемасы келтірілген.

Кіріс және шығыс сигналдары уақыттың дара функциялары ретінде де, осындай функциялар жиынтыға ретінде де бола алады. Кейінгі жағдайда сигналды *вектор* деп те, блоктың сәйкес шығыс немесе кірісі деп атайды.



7.2 -сурет. Тұрақты ток қозғалтқышы білігінің айналу жиілігіндегі АРЖ бастапқы функционалды схемасы (а) және оның құрылымдық-алгоритмдік моделі(б).

Генераторлар уақытта өзгеретін немесе тұрақты сигналдарын өндіреді.

VisSim-де осындай блоктар мысалдары мына төмендегілер:

- **step** (басқыш) —сатылы дара функция генераторы 10(f);
- **ramp** (түсіру, көтеру) —сызықтық үдемелі сигнал генераторы f-io(f);
- **sinusoid** — синусоидальді сигнал генераторы $X_m$sin(rof + ф);
- **const** — шамасы модельдің жұмыс уақытында өзгермейтін тұрақты сигнал генераторы;
- **slider** (өзгермелі түйіспе, сырғақ) — шамасын тышқандағы сол жақ түймешікке тінтуірге ұстап, модельдің жұмыс процесінде ауыстыруға болатын тұрақты сигналының генераторы.

Жұмыс кеңістігіне блокты орналастыру үшін, **Blocks** мәзірінің тармағына басып, **Signal Producer** тармақшасына өткен жөн, кейін талап етілген генератор атауы бойынша басып, қажетті жұмыс кеңістігінің орнына тінтуірді келтіріп, тышқанның сол жақ түймешігімен басу керек.

Түрлендіргіштер басқа блоктардан әсерлер қабылдауға, оларды белгілі бір теңдіктер немесе ережелерге сәйкес түрлендіруге және шығуға түрлендірілген сигнал (дауыс, блок реакциясы) қабілетті,

Сызықтық жүйелерді модельдеуге арналған маңызды блоктар:

- **transferFunction** — табыстама функция (сызықтық жүйенің және тұтас алғандағы жүйенің қарапайым да, сонымен қатар аса күрделі инерциялық элементтерінің де модельдерін де құруға мүмкіндік беретін блок);
- **integrator** — уақыт бойынша кіріс сигналын интеграциялауды жүзеге асыратын және сызықтық жүйенің кез келген моделінің фундаментальді негізі болып табылатын интегратор блогы;
- **summingJunction** — екі немесе одан да көп сигналдар сумматоры, оның шығыс сигналы кіру жиынтығына тең;
- **gain** — зорайтқыш.

Сумматор және зорайтқыш мәзір тармақтарын таңдау жолымен шақырылады: **Blocks → Arithmetic → summingJunction немесе gain** (зорайтқыш).

Индикаторы — бұлар тек кіруі бар блоктар. VisSim бағдарламасының индикаторлары зерттеуге ыңғайлы және үйреншікті формадағы сигналдар кескіні үшін арналған.

Маңызды индикаторлар мына блоктар болып табылады:

- **plot** — осциллограф;

- **display** — сандық индикатор.

Осциллограф уақыттан зерттелетін сигналдың сәттік шамасына байланысты интервал туралы кей уақыт ішінде графикалық ұсынылу үшін арналған.

VisSim бағдарламасының *Виртуалды осциллографы* уақыттан қадағаланатын сигналдар тәуелділігі бейнеленген осциллограф экранына ұқсас терезені танытады. Осциллографтың бүйірлік жағында уақытқа байланысты олардың сигналдарынан жүргізілуін қадағалау үшін, басқа блок диаграммаларының блоктарының шығулары қосылуы мүмкін болатын кірістің шартты бейнесі орналастырылған..

VisSim бағдарламасының display сандық индикаторы өзі қосылған блоктағы шығыста сигнал мәнінің сандық түрінде шығарады және көрсетеді. Бұл аспап тұрақты шамаларды өлшеу үшін қолданылады.

Жазбалар мен түсініктемелер. Жазбалар диаграмма мағынасын түсіну үшін, көмек беретін және диаграмма құру атқаршысы мен уақыты туралы мәліметтерден тұратын мәтіндік саласының VisSim диаграммасының жұмыс кеңістігінде құруға мүмкіндік береді. Негізгі блок: label — жазба (Blocks ^ Annotation ^ label).

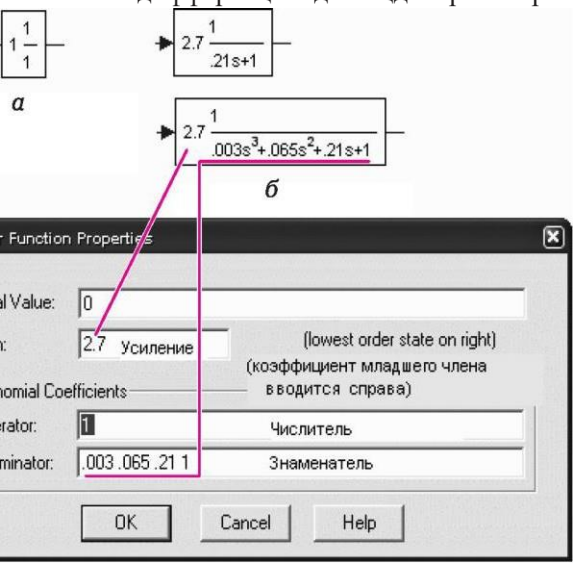
Модельді басқару және модельдеу нәтижелерін алу қағидаттары. Салынған модельді үш бұрышты Іске қосу түймешігін сырт еткізіп басу арқылы жұмысқа кірістіреді.

Жұмыс нәтижесінде блоктардың шығыс сигналдарының модельдері өзгере бастайды, олардың мәндерін виртуалды осциллографтарда және басқа индикаторларда қарайды. Кейбір сигналдар мен блоктар параметрлерін зерттеуші модельдің жұмыс процесінде өзгертеді, басқа параметрлерді модельдің жұмыс процестерін тоқтата отырып, өзгертуге болады. Модельдің жұмыс ұзақтығын оны іске қосқанға дейін беруге болады, алайда зерттеушінің қалауымен модель жұмысын тоқтату мүмкіндігі де бар.

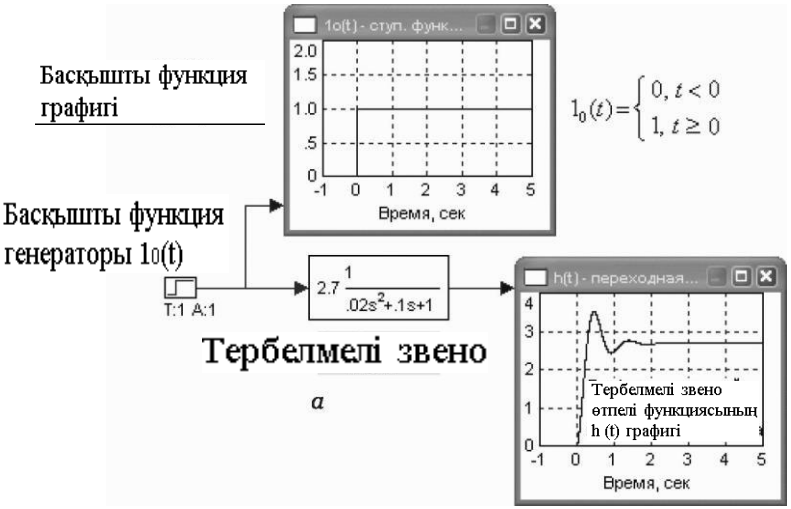
VisSim бағдарламасында сызықтық апериодтық, тербелістік және АРЖ аса күрделі типтік буыны блок бойынша қосарлы (немесе тышқанның оң жақ түймешігін бір рет) басылымымен туындалатын диалог терезесінде параметр буынын кезекті беруімен transferFunction — табыстама функциясы (Blocks — Linear System — transferFunction) блогының көмегімен жұмыс кеңістігіне шығарылады. Параметрлер берілгенге дейін және одан кейінгі блоктың түр 7.3, *а, б.* сур келтірілген.

VisSim бағдарламасының жұмыс кеңістігіндегі transferFunction блогы табыстама функциямен беріледі, алайда кіру бейнесі бойынша шығыс сигналының бейнесінің табыстама функциясының көмегімен анықтайтын, бірақ табыстама функциясының параметрлері бар сәйкес дифференциалды теңдігін тікелей шеше отырып, формуласына сәйкес

ол жұмыс істемейді. Блоктағы табыстама функциясының формуласы жұмыс алаңындағы орынды үнемдеу құрылымынан қарапайым дифференциалды теңдік орны көрсетіледі.



арламасының жұмыс кеңістігінлегі **transferFunction** араметрлер тапсырмаларына дейін; *б* — параметрлер йін). Төменгі жағында **transferFunction** блогындағы ер тапрысмаларына арналған диалог терезесінің бөлігі



б

7.4-сурет. Өтпелі б уындар сипаттамалары (а) және тербеліс буынының қтпелі функцияларының осциллограммасын (б) анықтау үшін VisSim бағдарламасында құрылған виртуалды зертханалық стенд мысалы

(**Blocks — Arithmetic — gain**) мәзір тармағынан жұмыс кеңістігіне пропорционалды буын, — (**Blocks — Integration — Integrator** мәзір тармағынан интегратор, (**Blocks — Time Delay — timeDelay**) мәзір тармағынан - кешігу буыны шығарылады.

АРЖ *өтпелі сипаттамасы* өтпелі жұмыс режиміне оның сапасын (тез әрекет ету және дәлдік) сипаттауға мүмкіндік береді. Бұдан өзге, сызықтық жүйенің өтпелі функциясын біле отырып, жүйенің реакциясын туынды әсерге анықтау керек.

Өтпелі функцияның тәжірибе үшін маңызды қосымшасы типті буын түрінің экспериментальді алынған өтпелі функциясы бойынша анықтауда жатқан объектілер мен жүйелердің сәйкестендірілуі. Типтік буын арқылы жеке элементтерді модельдеп, модельдеуші буынның параметрлерін де анықтауға болады..

Өтпелі сипаттамалар алу үшін, сатылы функцияның генератор блогы қолданылады. (7.4-сурет.).

Қысқартылған сөздер тізімі

АЛҚ - арифметикалық-логическалық құрылғы
АЖО –автоматтандырылған жұмыс орны
ТП АБЖ – технологиялық процестерді автоматтандырылған басқару жүйесі
АСТ - аналогті- сандық түрлендіргіш
АЖС -амплитуалық-жиілік сипаттамасы
ВАС - вольт-амперлік сипаттама
ВВ (I/O) – ақпаратты енгізу/шығару (in/out)
СЖҚ – сыртқы жадқа сақтау құрылғысы
СҚ; ШҚ – сыртқы құрылғы; шығыс құрылғы
ФӨА – ферро-динамикалық компенсаторымен өздігінен жазатын қайталама аспап
ӨАМ – өнеркәсіптік аспаптар мен автоматтандыру құралдарының мемлекеттік жүйесі
Д - датчик
ДҚ - демодулятор қозғалтқышы
ЖКИ – сұйық кристалды индикатор
БУ – беру құрылғысы
ТІЕҚ - туынды іріктеуді есте сақтау құрылғысы
ЖСЭ – жадыда сақтау элементі
АМ- атқарушы механизм
ИМС – интегралды микросызбалар
ЖНЖ - жасанды нейронды желілер
ҚК – қорек көзі
ЖБИЖ –жобалау және басқарудың интеграцияланған жүйесі
ТК- ток көзі
И-реттегіш-интегралды реттегіш
АҚ – атқарушы құрылғы
БӨА - бақылау-өлшеу аспабы
КНК - кремнийге-кремний
ПӘК- пайдалы әсер коэффициенті
ТҚЖ - техникалық құралдар жиынтығы
М –модулятор
МДЖ - металл -диэлектрші- жартылай өткізгіш ЕШӘ - ең кіші шаршы әдістері

МТЖ - металл-тотық- жартылайөткізгіш
МРК – микропроцессорлық реттегіш контроллерлер
ЭБМ – электрлі бір айналымды механизм
НП - нөл-аспап
НСС- номиналды статикалық сипаттама
ОЖҚ - оперативті жадыға сақтау құрылғысы
ТКБ – теріс кері байланыс
ОТ – оптоэлектронды түрлендіпргіш
КБ – кері байланыс
БО – басқару объектісі
П-реттегіш- пропорционалды реттегіш
ПД-реттегіш - пропорционалды-дифференциалды реттегіш
ЖТҚ (DMA) - жадыға тікелей қолжетімділік
ТЖҚ- тұрақты жадқа сақтау құрылғысы
ПИ-реттегіш- пропорционалды-интегралды реттегіш
ПИД- реттегіш - пропорционалды-дифференциалды- интегралды реттегіш
БЛК (PLK)- бағдарламалық логикалық контролерлер
ККТ– кернеудегі кернеу түрлендіргіш
ТКТ- токтағы кернеу түрлендіргіш
БЖ – бағдарламалық жасақтама
ОКБ– оң кері байланыс
ТФЭ – толық факторлы эксперимент
РҚ – реверсивті қозғалтқыш
РО- реттегіш орган
АРЖ – автоматты реттеу жүйесі
АБЖ – автоматты басқару жүйесі
ДҚБЖ– деректер қорын басқару жүйесі
ВВТ - вольфрамрений- вольфрамренийлі термотүрлендіргіш
ТКнТ - темір -константантты термотүрлендіргіш
МКнТ - мыс- константантты термотүрлендіргіш
ННТ - нихросил-нисилді термотүрлендіргіш
ЖСЭ – жылусезгіш элемент
ППТ - платинородий- плати нді термотүрлендіргіш
ПРТ - платиналық-родийлі термотүрлендіргіш
МКТ – мысты кедергі термометрлері
ПКТ - платиналық кедергі термометрлері
ХАТ - хромельді-алюмельді термотүрлендіргіш
ТХК - хромель-копельді термотүрлендіргіш
ХКнТ - хромель- константанды термотүрлендіргіш
БЕМ – басқарушы есептегіш машиналар
КСК - кіріс сигналын күшейткіш
КТ - компенсация торабы

ТК – теңгерімсіздікті күшейткіш
РК - реохордты күшейткіш
ӘБЖ - Универсальная международная система автоматического контроля, регулирования и управления автоматы бақылау, реттеу және басқарудың әмбебап халықаралық жүйесі
БҚ – басқарушы құрылғы
Ф - сүзгі
ФТБ - функционалды-топтық басқару
ФД - фотоэлектрлі датчиктер
САТ - сандық аналогті түрлендіргіштер
АШ - адрес шинасы
ДШ - деректер шинасы
ЕИМ – ендік -импульстік модулятор
БШ – б а с қ а р у ш и н а с ы
ЭҚЖ –электрлі қозғалғыш жүйе
СЭ – салыстыру элементі
ЭПЗУ - электрически программируемые постоянные запоминающие устройства
CP - Communications Processors (коммуникациялық процессорлар)
DB - Data Blocks (деректер блогы)
IM — Interface Modules (интерфейстік модульдер)
FB —Functional Blocks (функционалды блоктар)
FM - Functional Modules (функционалды модульдер)
HMI - Human-machine interface (адамдық-машина интерфейсі)
PS - Power Supply (қорек көзі)
SM - Signal Modules (сигналды модульдер)
АӨБЖ автоматтандырылған өндірістік басқару жүйелері
PS - Power Supply (қорек көзі)
SM - Signal Modules (сигналды модульдер)

1. *Андреев С. М.* Автоматты басқару жүйелерінде техникалық құралдар кешенін жасау және ұйымдастыру қағидаттары. Дәрістер курсы/С.М.Андреев. — Магнитогорск : Баспа: Г. И. Носов атындағы Магнитогорск. мем. тех. унт., 2008. — 132 бет.

2. SIMATIC S7-300/400 Бақылаушылардың аппараттық құралдары мен бағдарламалық жасақтамасы/[С.М.Андреев, М.Ю.Рябчиков, Е.С.Рябчикова және басқ.]. — Магнитогорск : Баспа: Г. И. Носов атындағы Магнитогорск. мем. тех. унт., 2011. — 197 бет.

3. *Восконьянц А. А.* Икемдеу процестерін автоматтандырылған басқару /А.А. Восконьянц. — М. : Н.Э.Бауман атындағы ММТУ баспасы, 2010. — 85 бет

4. *Кулаков Г. Т.* Өнеркәсіптік реттеу жүйелері есебінің инженерлік экспресс-әдістері: Анықтамалық құрал/Г. Т. Кулаков. — Минск : Жоғарғы мектеп., 1994. — 192 бет

5. *Левшина Е.С.* Физикалық шамаларды электрлі өлшеу (өлшеу түрлендіргіштері)/Е.С. Левшина, П.В. Новицкий. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. бөлімі, 1983. — 320 бет.

6. Өндірістік өнеркәсіптің ТП АБЖ-дегі автоматты басқаруды локальді тұрақтандырушы контурлар

7. Локальные стабилизирующие контуры автоматического управления в ТП АБЖ промышленного производства/[Б. Н. Парсункин, С. М.Андреев, О. С. Логунова және басқ.]. — Магнитогорск : Полиграфия, 2012. — 406 бет

8. *Парсункин Б.Н.* Технологиялық процестерді басқару контурын автоматтандыру және оңтайландыру жүйелерінің элементтерін біріктіру /Б. Н. Парсункин. — Магнитогорск : Баспа: Г. И. Носов атындағы Магнитогорск. мем. тех. унт., 1997. — 134 бет.

9. *Раннев Г. Г.* Өлшеу әдістері мен құралдары/Г. Г. Раннев. — М.: «Академия» баспа орталығы, 2003. — 336 бет

10. *Фрайден Дж.* Заманауи датчиктер : Анықтамалық/Дж. Фрайден. — М.: Техносфера, 2005. — 592 бет.

11. *Фрер Ф.* Электронды реттеу техникасына кіріспе /Ф. Фрер, Ф.Орттенбургер. — М. : Энергия, 1973. — 192 бет.

Мазмұны

Кіріспе 4

І-БӨЛІМ. **ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР ЕРЕКШЕЛІГІНІҢ ЕСЕБІМЕН КҮРДЕЛІ ЕМЕС АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ӘЗРЛЕУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУДІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ **7

1-тарау. Технологиялық процестерді басқару әдістері мен функциялары….8

1.1. Автоматтандыру жүйесінің арналымы, мақсаттары және функциялары 8

1.2. Технологиялық процестерді атоматтындырылған заманауи басқару жүйелерінің құрылымы мен функциялары 10

2-тарау. Технологиялық процесстерді автомататндыру жүйелері 20

2.1. Автоматты басқару процесінің маңызы 20

2.2. Автоматты реттеу жүйелерінің негізгі элементтері 22

2.3. Автоматты реттеу жүйелерін жіктеу 24

2.4. Басқару теориясының негізгі ережелері 29

2.5.Объектілерді жіктеу және қисық екпін бойынша объекті параметрлерін анықтау... 48

2.6.Контур құрайтын типтік звенолардың динамикалық сипаттамалары мен парамтрлері 53

2.7. Реттеудің типтік заңы 64

2.8.Технологиялық процеспен басқарудың локальді контурды динамикалық баптау параметрлерін оңтайландыру 71

2.9.Өздігінен тегістелмейтін басқару объектісінің контурларын динамикалық икемдеу параметрлерін оңтайландыру 80

3-тарау. Автоматтау жүйесіндегі типтік элементтер жүйесінің құрымы мен жұмыс қағидаттары 85

3.1.Техникалық құралдар кешені туралы түсінік 85

Аспаптардың мемлекеттік жүйесі 85

3.2. Технологиялық параметрлер датчиктерінің арналымы, құрылымы және әрекеттер

қағидаттары
..... 93

3.3. Параметрлік түрлендіргіштер 99
3.4. Генераторлық түрлендіргіштер 114
3.5. Автоматты басқару жүйелеріндегі деректер берілісінің қағидаттары 125

4-тарау. Жобалау және басқарудың біріктірілген жүйелері..... 145
4.1. Интеграцияланған басқару жүйелерінің құрылымы 145
4.2.Интеграцияланған басқару жүйелерін әзірлеу құралдары және бағдараламалық қамтамасыз ету дұрыстықтары.....149

4.3. SCADA-жүйесінің құрылы мен құрамы. өндірісте қолдану..... 155

II БӨЛІМ. **МЕХАТРОНДЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ЖЕКЕ КҮРДЕЛІ ЕМЕС МОДУЛЬДЕТІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУДІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ .....** 159
5-тарау. Микропроцессорлық басқару жүйелерін құру және аппаратты қамтамасыз ету қағидаттары 160
5.1.Типтік микропроцессорлық басұару жүйесінің құрылымы жүйелер 160

5.2. Микропроцессорлық жүйедегі ақпарат алмасу тәсілдері 163

5.3.Байланыс интерфейсі туралы түсінік. Интерфейстер типі 166

5.4. Есте сақтау құрылғыларының типтері мен сипаттамалары.....169
5.5. Сыртқы құрылғылар контроллерлері туралы түсінік.....176
5.6. Сандыө ақпарат алмасу қағидаттары 178
5.7.Салынған кедергісі бар сигналдарды өңдеудің Сандық тәсілдері. Төмен жиілік сүзгісін іске асыру бағдарламасы 183

6-тарау. Автоматизацияның техникалық құралдары 190

6.1. Өлшеулер және өлшеу техникалары туралы мәліметтер.....190

6.2.Технологических процестер параметрлерін автоматтандырылған бақылау 196

6.5.Атқарушы механизмдер мен өнеркәсіптік автоматизацияны реттеуші органдар…220

6.6. Автоматизациялау жүйесінің технологиялық контроллерлері.....225

7-тарау. Объектілерді және басқару жүйелерін модельдеу..... 243

7.1. Математикалық модельдер түсінігі. Модельдерді жіктеу және модельдеу түрлері. Модельдеудің техникалық және бағдарламалық құралдары.....243

7.2. VisSim бағдарламалық ортада сызықтық жүйенің типтік элементарлы буындарын модельдеу 252

Қысқартулар тізімі 261

Әдебиеттертізімі 264

Оқу баспасы

Андреев Сергей Михайлович,
Парсункин Борис Николаевич

Технологиялық процестер ерекшелігі есебімен жеңіл автоматтандыруды әзірлеу және модельдеу
Оқу құралы

Редактор Л. *В. Честная* Компьютерлік беттеу: *Л. М. Беляева* Корректор *О. Н. Яковлева*

№ 101116895 басп. 25.08.2015 мөрге қол қойылды. Формат 60 х 90/16.
Гарнитура «Балтика». Офсеттік қағаз. Офсеттік мөр. Шарт. басп. пар. 17,0.
Тираж 1200 экз. Заказ №

«Академия» Баспа орталығы» ААҚ. www.academia-moscow.ru 129085, Мәскеу, Бейбітшілік даңғылы, 101В, стр. 1.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

25.05.2015 жылың 25 мамырындағы № РОСС RU. АЕ51. Н 16679 санитарлық-эпидемиологиялық қорытынды. Идел-Прессте басып шығарылды.