

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі
«Кәсіпқор» Холдингі» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

**В.В. ГАПЕЕВ, А.Т. БЕКБАЙ, Т.К. МУСИРАЛИЕВ,
В.Е. НИКОЛАЕВ**

**ӨНДІРІСТІ АВТОМАТТАНДЫРУ БОЙЫНША ТЕХНИКАЛЫҚ
ШЕШІМ**

*1519000 – «Мехатроника» мамандығы бойынша
техникалық және кәсіптік, орта білімнен кейінгі
білім беру жүйесі үшін өзектендірілген типтік оқу жоспарлары мен
бағдарламалары бойынша оқу құралы ретінде әзірленді*

ӘОЖ 681.5 (075)
КБЖ 32.96 я 7
Ө46

Өндірісті автоматтандыру бойынша техникалық шешім: Оқу құралы /
В.В. Гапеев, А.Т. Бекбай, Т.К. Мусиралиев, В.Е. Николаев. Нұр-Сұлтан:
«Кәсіпқор» Холдингі» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, 2019 ж.

ISBN 978-601-333-832-3

Оқу құралында жабдықтардың электрондық және электрлік элементтері, бақылау-өлшеу аспаптары, автоматика және электр автоматика құралдары, есептеу техникасы жүйелері, реттелетін электр жетектері мен бағдарламалық басқарылатын құрылғылар мәселелері келтірілген және қарастырылған. Өндірісті автоматтандыру бойынша техникалық шешімнің ерекшелігіне, автоматты технологиялық жабдықтарға техникалық қызмет көрсету, жөндеу, реттеу және сынау бойынша жұмыстарды орындау қағидалары мен тәсілдеріне, өндірісті автоматтандыру кезінде негізгі және қосалқы процестерді ұсынуға ерекше назар аударылған.

Оқу құралы КМ 05 «Автоматтандырылған жетектер жүйелерін автоматтандырудың және қорғаудың барлық элементтерінің жұмысын және өзара іс-қимылын бақылау» модулі бойынша 1519000 – «Мехатроника» мамандығы бойынша техникалық және кәсіптік, орта білімнен кейінгі білім беру жүйесі үшін өзектендірілген типтік оқу жоспарлары мен бағдарламаларына сәйкес әзірленді. Оқу құралын жазу кезінде оқушылардың орта мектеп бағдарламасы жөніндегі базалық білімі көзделді. Оқу құралы техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарының оқытушылары мен білім алушыларына арналған.

ӘОЖ 681.5 (075)
КБЖ 32.96 я 7

Рецензенттер:

- «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» бейіні бойынша ОӘБ Жамбыл жоғары политехникалық колледжі;
- «Тау-кен өндіруші және тау-кен металлургиялық кәсіпорындардың республикалық қауымдастығы» ЗТБ.

«Оқулық» Республикалық ғылыми-практикалық орталығымен ұсынылған

© «Кәсіпқор» Холдингі» КЕАҚ, 2019 ж.
«Delta Consulting Group» ЖШС аударған

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	5
1 ТАРАУ. БАҚЫЛАУ, БАСҚАРУ ЖӘНЕ РЕТТЕУДІҢ АВТОМАТТЫ ЖҮЙЕЛЕРІ	6
1.1. Технологиялық процесс түсінігі. Басқару функциясы. Басқару объектісі.	6
1.2. Автоматты жүйелердің түрлері.	8
1.3. Жүйенің математикалық сипаттамасы.	20
2 ТАРАУ. АВТОМАТТЫ БАҚЫЛАУ, БАСҚАРУ ЖӘНЕ РЕТТЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРЫ. АВТОМАТТАНДЫРУ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР	27
2.1. Объект туралы ақпарат алу құрылғылары. Датчиктер.	27
2.2. Сигналдарды түрлендіру құрылғылары	30
2.3. Өлшеуіш түрлендіргіштер	39
2.4. Автоматика жүйесінің күшейткіш элементтері	48
2.5. Ауыстырып қосқыш құрылғылар мен таратқыштар	56
2.6. Атқарушы құрылғылар мен механизмдер	60
2.7. Басқару жүйелерін бағдарламалық қамтамасыз ету	77
№ 1 зертханалық жұмыс «Температураның электрлік датчиктері»	88
№2 зертханалық жұмыс «Операциялық күшейткіштердің параметрлерін зерттеу»	90
№ 3 зертханалық жұмыс «Easy құрылғылары мысалында бағдарламаланатын релені зерттеу»	94
3 ТАРАУ. АВТОМАТТАНДЫРУДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРЫН МОНТАЖДАУ, ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖӘНЕ ЖӨНДЕУ	99
3.1. Бастапқы түрлендіргіштер мен аспаптарды монтаждау.	99
3.2. Басқару қалқандары мен пульттарындағы аспаптарды монтаждау.	102
3.3. Техникалық қызмет көрсету, жинау, тексеру, сынау ережесі	104
3.4.Электрондық блоктар мен тораптардың ақауларын диагностикалау әдістері	106
4 ТАРАУ. ИКЕМДІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ӨНДІРІСТЕР ЖӘНЕ РОБОТОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР	115
4.1. Икемді өндірістік жүйелер (ИӨЖ) және робототехника базасында автоматтандыру	115
4.1.1. Икемді өндірістік жүйелердің түрлері	115
4.1.2. Икемді автоматтандырылған жүйелер	117
4.1.3 Робототехниканың негізгі ұғымдары	122
4.2. Өнеркәсіптік робототехникалық жүйелер және олардың жіктелуі	127
4.2.1. Өнеркәсіптік роботтардың техникалық сипаттамалары	131
4.2.2. Робототехникалық жүйелердің манипуляциялық құрылғыларының құрылымдық және кинематикалық жіктелуі	132

4.2.3. Манипуляциялық жүйелердің құрылымы туралы түсінік	133
4.2.4. Манипуляциялық механизмдердің кинематикалық жұптарының жіктелуі	134
4.2.5. Тізбекті кинематикасы бар манипулятордың жылжымалы қозғалу дәрежелерін жіктеу	136
4.3. Роботталған технологиялық кешендерді (РТК) жобалау бойынша есептік-тәжірибелік жұмыс	139
ГЛОССАРИЙ	153
ҚОРЫТЫНДЫ	157
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	158

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта өндірісті автоматтандыру адамзат алдында табиғатты түрлендіру, орасан зор материалдық байлықтарды жасау, адамның шығармашылық қабілеттерін көбейту мүмкіндіктерін ашатын қазіргі заманғы ғылыми-техникалық революцияның негізгі факторларының бірі болып табылады.

Автоматтандырудың дамуы бірқатар ірі жетістіктермен сипатталады. Алғашқылардың бірі өндіріс процесіне Генри Фордтың құрастыру конвейерлерін енгізу болды. Өндірісті автоматтандыруда өнеркәсіптік роботтар мен дербес компьютерлер айтарлықтай төңкеріс жасады. Осының бәрі біздің қоғамды өндіріс процесін жаңа автоматтандырылған басқару жолына итермеледі.

Автоматтандырылған өндіріс - бұл бастапқы дайындамаларды алудан бастап және дайын бұйымды бақылаумен (сынаумен) және тең уақыт аралығынан кейін өнім шығарумен аяқтай отырып, бұйымдарды дайындаудың барлық сатыларын уақытында қатаң келісілген орындауды қамтамасыз ететін машиналар, жабдықтар, көлік құралдарының жүйесі.

«Өндірісті автоматтандыру бойынша техникалық шешім» оқу құралының мақсаты автоматтандырылған өндіріс жұмысының негізгі қағидаларын қарастыру және оларды қолмен құрастыру қағидаларымен салыстыру болып табылады.

Бұл оқу құралы 1519000 «Мехатроника» мамандығы бойынша техникалық және кәсіптік білім беру бағдарламаларын іске асыратын білім беру мекемелерінде қолдануға арналған.

Оқу құралы 1519000 «Мехатроника» мамандығы бойынша техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіне арналған өзектілендірілген типтік оқу жоспары мен бағдарламасына сәйкес әзірленген және техникалық кәсіптік оқу орындарының студенттеріне арналған.

Бұл оқулық өндірісті автоматтандыруға арналған автоматты технологиялық жабдықтарға техникалық қызмет көрсету, жөндеу, реттеу және сынау бойынша жұмыстарды орындау ережелері мен тәсілдері; жабдықтың электр механикалық, электрондық және электр элементтерінің, бақылау-өлшеу аспаптарының, автоматика және электр автоматика құралдарының, есептеу техникасы жүйелерінің, реттелетін электр жетектер мен бағдарламалық басқарылатын құрылғылардың жекелеген тораптарының, блоктары мен механизмдерінің құрылысы және тағайындалуы туралы өндірісті автоматтандыру кезіндегі негізгі және қосалқы процестермен байланысты теориялық материалдарды қамтиды.

Барлық тарауларда сабаққа дайындалу үшін бақылау сұрақтары келтірілген.

1-ТАРАУ. БАҚЫЛАУ, БАСҚАРУ ЖӘНЕ РЕТТЕУДІҢ АВТОМАТТЫ ЖҮЙЕЛЕРІ

1.1. Технологиялық процесс түсінігі. Басқару функциясы. Басқару объектісі

Автоматтандырудың негізгі міндеті технологиялық немесе өндірістік процестерді автоматты басқаруды жүзеге асыру болып табылады.

Технологиялық процестерді басқару заңдарын зерттеу автоматты басқару (реттеу) саласының мәнін құрайды.

Берілген заң бойынша өзгерту немесе физикалық шаманы белгіленген шектерде қолдау міндеті бар басқару реттеу деп аталады.

Автоматты басқару (реттеу) теориясы студенттерді автоматты басқару жүйелерін құрудың жалпы қағидаларымен, осы жүйелердегі процестерді зерттеу ережелерімен және әдістерімен таныстыруды өзіне міндет етіп қояды.

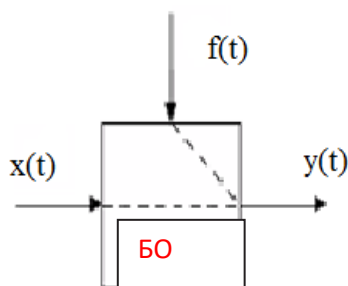
Негізгі ұғымдар мен анықтамалар. Басқарудың кез келген міндеттерін шешу кезінде басқару объектісін қарастыру қажет.

Басқару объектісі техникалық құрылғы, технологиялық процесс немесе қарапайым басқару жүйесі болуы мүмкін. Басқару объектісінің жай-күйі сыртқы орта объектісіне және басқарушы құрылғылардың әсерін, сондай-ақ объектінің ішінде процестердің ағуын сипаттайтын бірқатар шамалармен анықталады.

Объектіге сыртқы ықпалы - әсері. Басқару құрылғысымен өндірілетін әсері - басқарушы әсер. Басқару жүйесіне тәуелді емес әсер - ауытқу.

Басқару жүргізілетін объектінің жай-күйін сипаттайтын бақыланатын шамалар басқарылатын (реттелетін) деп аталады.

Басқару объектісінің блок сұлбасы 1.1 суретте көрсетілген:



1.1 сур. Басқару объектісінің блок сұлбасы

БО - басқару объектісі;

$x(t)$ - басқару әсері;

$f(t)$ - ауытқу;

$y(t)$ - реттелетін шамалар.

Басқару (реттеу) жүйесін бейнелеу кезінде екі принцип қолданылады: функционалдық және құрылымдық.

Функционалдык сұлба - элементтердің функционалдык мақсаттарымен берілген жүйенің блок-сұлбасы.

Құрылымдық сұлба - элементтердің математикалық сипаттамасымен берілген жүйенің блок-сұлбасы [1].

Реттеу принциптері. Реттеушілік әсерді қалыптастыру тәсілдеріне байланысты реттеудің мынадай принциптері ажыратылады:

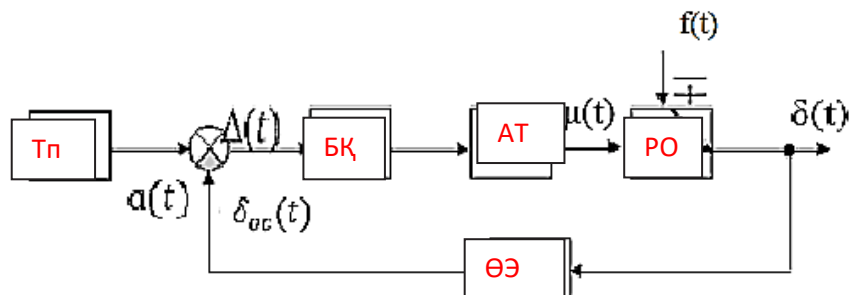
- ауытқу бойынша принцип;
- реттелетін шаманың берілген мәннен ауытқу принципі;
- аралас реттеу принципі

Ауытқу бойынша реттеу қағидатымен автоматты реттеу жүйелерінің(АРЖ) функционалдык сұлбасының түрлері:

- $\delta(t)$ - реттелетін шаманың нақты мәні;
- $\alpha(t)$ - реттелетін шаманың берілген мәні;
- $f(t)$ - ауытқу;
- $\mu(t)$ - басқарушы әсер;
- П - түрлендіргіш;
- ӨЭ - өлшеу элементі;
- ҚҚ - қосындылау құрылғы;
- Тп - тапсырушы;
- БҚ - басқарушы құрылғы;
- АТ - атқару тетігі;
- РО - реттеу объектісі;
- СЭ - салыстыру элементі.

Ауытқу бойынша реттеу принципі ауытқушы әсерден туындайтын талап етілетін мәннен реттелетін шаманың ауытқуын жоюға азайтудан тұрады, бұл әсер өлшеу элементінің көмегімен өлшенеді, Т, ҚҚ, БҚ және АТ көмегімен реттеушілік әсерге түрлендіріледі [$\mu(t)$], бұл реттеу объектісінің кіре берісіне қоса беріл отырып, ауытқушы әсермен туындайтын ауытқумен салыстырғанда қарама-қарсы белгінің реттелетін шамасының өтемдік ауытқуын тудырады. Ауытқу бойынша байланыс [ӨЭ және Т], қосындылау құрылғысы (ҚҚ), басқару құрылғысы (БҚ) және атқарушы тетігі (АТ) автоматты түрде реттейтін құрылғы – реттеушіні құрайды.

Ауытқу бойынша реттеу принципі келесі функционалдык сұлбамен іске асырылады (1.2 сур.):

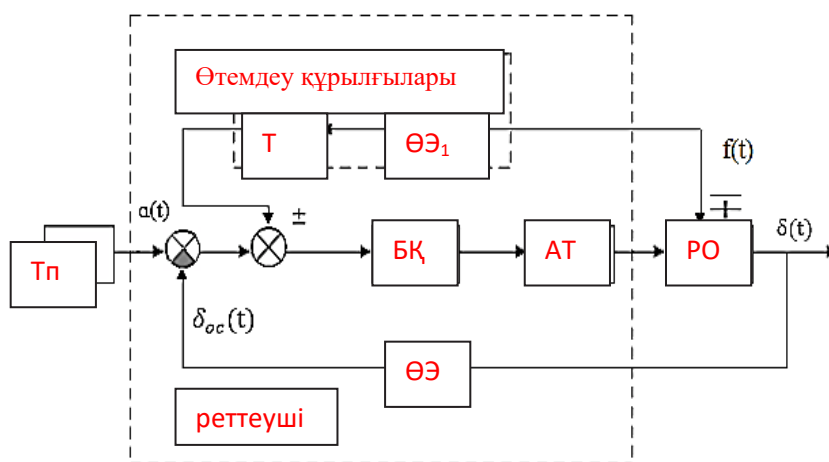


1.2. сур. Ауытқу бойынша реттеу қағидатының функционалдык сұлбасы

Ауытқулар бойынша реттеу қағидаты реттелетін шаманың өлшенуінен $[\delta_{кб}(t)]$, талап етілетін мәнмен (берілетін әсермен) $[\alpha(t)]$ салыстырылудан және бұл ретте анықталған ауытқу $[\Delta(t)]$ реттеуші әсерге $[\mu(t)]$ түрлендірілуден тұрады. Соңғысы реттеу объектісіне әсер ете отырып, бұл ауытқуды азайтуға немесе жоюға тырысады. ӨЭ, СЭ, БҚ, АТ реттеуші құрайды [1].

Құрамдастырылған реттеу қағидаты ауытқу бойынша және ұйытқу бойынша реттеу қағидаттарын үйлестіреді.

Құрамдастырылған жүйелерде ауытқу қағидаты басты кері байланыс арқылы, ал ұйытқу бойынша реттеу қағидаты - ауытқу бойынша байланыс арқылы іске асырылады (1.3 сур.).

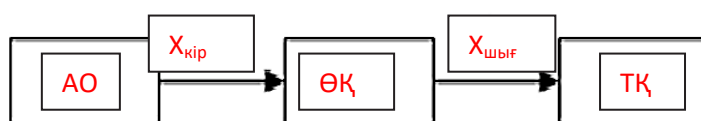


1.3 сур. Құрамдастырылған жүйелердің функционалдық сұлбасы

1.2. Автоматты жүйелердің түрлері

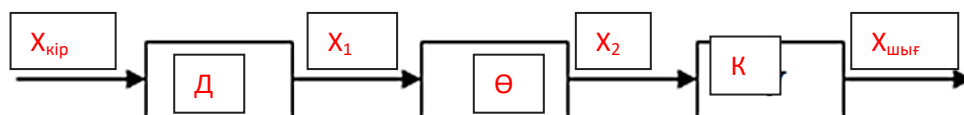
Автоматты бақылау жүйесі (АБЖ) өндірістік объектіде (автоматтандыру объектісінде) әртүрлі технологиялық параметрлерді автоматты бақылауға және, сайып келгенде, осы параметрлерді тікелей өлшеу және тіркеуге арналған. Сондықтан оларды көбінесе өлшеу жүйелері деп атайды. Шығу шамасы тек екі (0 – 1) немесе бірнеше тіркелген мәндерді қабылдай алатын дискретті түрдегі бақылау жүйелері ғана ерекшелікті құрайды.

Өлшеу жүйелерінің құрылымы өзіне автоматтандыру объектісін **АО** (бақылау объектісі), өлшеу құрылғысын **ӨҚ** және белгілі бір уақыт аралығында ол өзгерген кезде өлшенген параметрді соңғы бекіту немесе жазу үшін тіркейтін құрылғысын **ТҚ** қамтиды (1.4 сур.).



1.4 сур. Автоматты бақылау жүйесінің құрылымдық сұлбасы

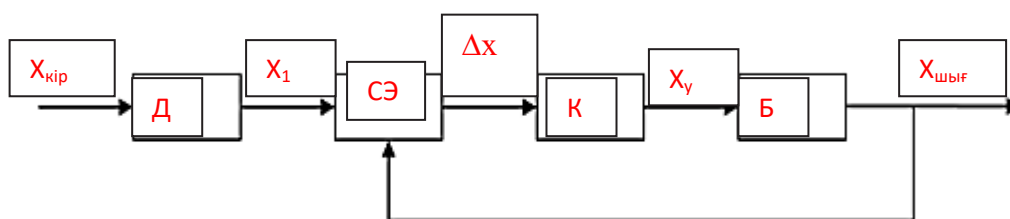
Мұндай жүйелердің құрылымдық өлшеу құрылғылары электрлік емес шаманы электрлік сигналға түрлендіретін D датчигінен, ΘC өлшеу сұлбасынан және әдетте, K күшейткішінен тұрады (1.5 сур.), яғни бірнеше элементтердің тізбектей қосылуын білдіреді, өзгеріс, қандай да бір себеппен, олардың біреуінің шығыс параметрі нәтижелік шығыс шамасының өзгеруіне әсер етеді.



1.5 сур. Өлшеу құрылғысының құрылымдық сұлбасы (тікелей өлшеу жүйелері)

Теңгерімдік жүйелер – x_1 датчигінің шығыс шамасының тепе-тең өзгеруіне осы тектес оған тең шаманың көмегімен өлшеуіш сұлбаға келіп түсетін датчиктің шығыс шамасын автоматты теңестіруге (теңгеруге) негізделген.

1.6 суретте көбінесе тәжірибеде қолданылатын, үздіксіз теңгерудің өлшеуіш жүйесінің құрылымдық сұлбасы ұсынылған. Мұндай жүйелерде қатты кері байланыс бар, яғни мұндай жүйелер – тұйық, және оларға тұтастай алғанда құрылымды едәуір қиындататын қосымша буындар енгізіледі.



1.6 сур. Баланстық өлшеу жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Бұл сұлбада, ең алдымен, «нөл-орган» функциясын орындайтын және K күшейткіштің кірісіне келіп түсетін $\Delta x=0$ нөлдік шығыс сигналын орнатуға жұмыс істейтін $CЭ$ салыстыру элементі қолданылады. Теңгерімдік жүйелерде нөл-орган ретінде көпірлік, дифференциалды немесе өтемдеуші сияқты теңдестірілген өлшеу сұлбалары қолданылады (1 б. Датчиктерді қосу сұлбасы). Басқа қосымша буын B теңгеруші органы, ол өзінің шығыс шамасымен тиісті түрде салыстыру элементіне әсер етеді. Бұл элемент ретінде, әдетте, кері байланыс тізбегі бойынша, әдетте, механикалық болатын, қолданылатын өлшеу сұлбасын теңдестіреді, осылайша, оның шығуында нөлдік сигналды орнатады. Шартты орындау кезінде $\Delta x=0$ күшейткіштің шығыс сигналы да болмайды ($x_y=0$). Бұл ретте теңгеруші орган салыстыру элементіне ешқандай әсер етпей жұмыс істемейді және

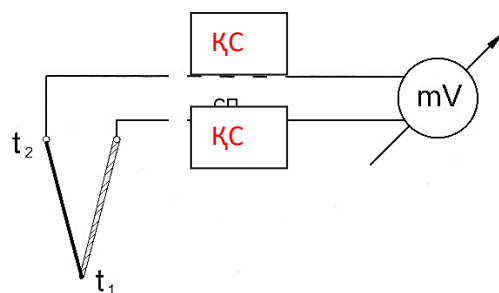
барлық жүйе тыныштық жағдайында болады. Өлшенетін параметрді $x_{кip}$ болмашы өзгерту, нөлден ерекшеленетін және белгілі бір полярлықтағы немесе фазадағы салыстыру элементінің шығуында үйлесімсіз Δx сигналдың пайда болуын тудырады. Күшейткіштің көмегімен көбейтілген бұл сигнал, пайдаланылатын электрқозғалтқыштың басқару орамасына түседі. Бұл ретте қозғалтқыш қозғалысқа келеді және басқару сигналының $x_у$ белгісіне (немесе фазасына) сәйкес редуктор арқылы өлшеу сұлбасының реттеуші элементінің қозғағышын талап етілетін бағытта, оны қайтадан теңестіре отырып, яғни өлшеу сұлбасының шығу сигналының нөлге теңдігіне қол жеткізе отырып, ал, демек, және қозғалтқыш өлшенетін параметрдің келесі өзгеруіне дейін қайта тоқтайтын $x_у$ арқылы жылжытады.

Мұндай баланстық өлшеу жүйелерінің шығыс шамасы редуктордың шығыс білігінің бұрыштық орын ауыстыруы және механикалық байланысқан ауыспалы резистордың (реохордтың) қозғағышының бұрыштық(немесе сызықтық) орын ауыстыруы, ал кейбір жағдайларда (датчикті ажыратып қосу сұлбасы кезінде) тиісті өлшеу сұлбасын теңестіретін өлшеу трансформаторының қозғағышының жағдайы болып табылады. Сондықтан осындай реттеуші элементтер әрқашан өлшенетін параметр бірлігінде межеленген, ол бойынша бақыланатын $x_{кip}$ параметрінің шамасы анықталатын арнайы өлшеу шкаласымен жарақталады.

Теңгерімделетін шаманың түрі бойынша қолданылатын датчиктер мен оларды қосу сұлбаларына байланысты теңгерімдік өлшеу жүйелері датчиктің шығыс кернеуін теңестіретін автоматты потенциометрлерге және датчиктің шығыс кедергісін теңестіретін автоматты көпірлерге бөлінеді.

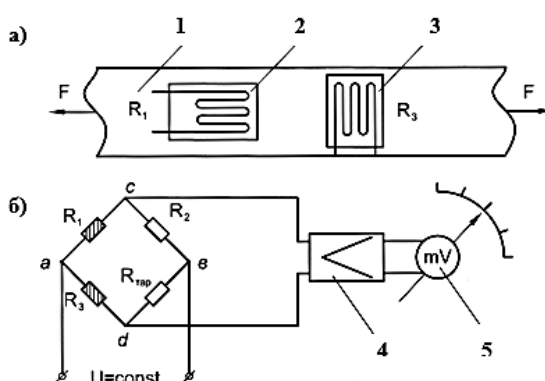
Бұдан әрі кейбір өлшеу жүйелерін нақты мысалдарда қарастырайық, олардың жұмысына, осы жүйелердің оң және теріс қасиеттеріне, сондай-ақ өлшеу қателіктерінің туындау себептері мен оларды өтеу әдістеріне тоқталайық.

Сондықтан қарапайым температура өлшеуіш - пирометр (1.7 сур.) генераторлық типті датчиктен – терможұптардан, өлшеу милливольтметрінен және бақылау объектісінің өзінің бақылау пунктінен қашықтығына байланысты ұзындығы көп жағдайда едәуір шамаға жетуі мүмкін екі ҚС қосқыш сымдарынан тұрады. Бұл сұлбада, э.ж.к. термо датчигінде пайда болатын әсермен өлшенетін температураға байланысты, жалғастырушы сымдар бойынша тоқ ағады, оның әсерінен осы сымдардың әрқайсысында тоқтың шамасына және сымдардың ішкі кедергісіне пропорционалды кернеудің төмендеуі байқалады. Сондықтан милливольтметрдегі кернеу шамасы тиісінше азаяды, бұл өлшеу қателігінің пайда болуына әкеледі. Сонымен қатар, қосқыш сымдардың кедергісі олардың ұзындығына байланысты және қоршаған температуралық жағдайларға да өзгеруі мүмкін. Нәтижесінде пайда болған қателік одан әрі өсуі мүмкін. Осылайша, қаралған өлшеу жүйесінің (пирометрдің) қарапайымдылығына қарамастан, ол әрдайым өлшеудің өте жоғары қателігіне ие.



1.7 сур. Пирометрдің принциптік электрлі сұлбасы

Басқа мысал ретінде кедергінің тензоезімтал датчигі (1.12 сур.) қосылған және құрылыс конструкцияларының деформациясын өлшеуге арналған көпірлік сұлбаны қолдана отырып, өлшеу жүйесін қарастырайық.



1.8 сур. Деформация өлшеуішінің конструктивтік және электрлік сұлбасы

Бұл өлшеу жүйесінде R_1 резисторы ретінде (1.8, б сур.) 2 кедергінің сым датчигі (тензодатчик) қосылған, 1 зерттелетін бөлшектерге (конструкцияға) бекітілген (мүқият желімделген) (1.8, а сур.) және оған F механикалық күш әсер еткенде осы бөлшектің деформациясын қабылдайтын тепе-теңсіз көпір сұлбасы қолданылады.

Қарастырылып отырған өлшеу жүйесінің сезімталдығын арттыру үшін онда қосымша 4 күшейткіш пайдаланылады, оның кірісі c-d көпірінің өлшеу диагоналіне қосылған, ал ол күшейтілген сигнал одан кейін оның шкаласы бойынша және бақыланатын параметр бекітілетін 5 тіркеуші аспапқа түседі [3].

Қарастырылып отырған сұлба әр түрлі конструкциялардың немесе олардың жекелеген элементтерінің деформациясын өлшеу үшін ғана пайдаланылмайды, сонымен қатар ол қолданыстағы F күштің шамаларын, сондай-ақ деформация нәтижесінде туындайтын механикалық кернеуді анықтауға мүмкіндік береді.

Қарастырылған жүйені өлшеу қателігі бірнеше себептерге байланысты. Ең алдымен, онда температураның қателігі орын алады, себебі, біріншіден, қоршаған температураның өзгеруіне байланысты тензодатчик бекітілген

конструкцияның қосымша деформациясы мүмкін, екіншіден, тензодатчик термотіркеу ретінде жұмыс істей алады, яғни оның температурадан кедергісі да өзгеруі мүмкін.

Температуралық қателікті өтеу үшін, мұндай жағдайларда, оны көпірлік сұлбаның аралас иініне қосып (мысалы, резистор - R_3 ретінде), зерттелетін конструкцияда жұмыс тензодатчигінің жанында тағы бір, дәл сол сияқты 3 датчик орнату қажет (1.8, *a* сур.). Бірақ бұл датчикті бөлшектерге ол оның деформациясын жүктемеден қабылдамайтындай, яғни R_1 жұмыс датчигіне перпендикуляр орналастыру қажет. Нәтижесінде, екі датчик бірдей температуралық жағдайларда болады, және де температураның өзгеруі кезінде көпірлік сұлбаның тепе-теңдік теңдеуінде теңдіктің оң және сол бөліктері бірдей өзгереді. Бұл ретте көпірдің тепе-теңдігі бұзылмайды, ал конструкцияның жүктемеден деформациясын тек R_1 жұмыс датчигі қабылдайды.

Алайда, осындай өлшеу жүйесінде температуралық қателіктен басқа U қорек көзінің кернеуінің өзгеруі есебінен қателік орын алуы мүмкін, өйткені күшейткішке түсетін сигналдың шамасы және, сайып келгенде, өлшеу құралының көрсеткіші осы кернеудің шамасына пропорционалды. Мұндай құраушы қателіктің орнын толтыру үшін көпірлік сұлбаның тұрақтандырылған қуат көзін қолдану қажет. Егер мұндай мүмкіндік болмаса, онда өлшеу құралы ретінде логометрді пайдалану керек.

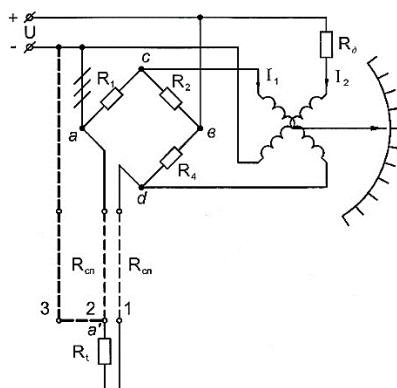
Логометр - бұл электродинамикалық өлшеу жүйесі, онда біреуінің орнына белгілі бір бұрышпен өзара қатты жалғанған жылжымалы шарғылар қолданылады. Сондықтан олардың бұрылу бұрышы және бағыттамааның нәтижелік ауытқуы (өлшеу аспабының көрсеткіші) осы шарғылар бойынша ағатын тоқтың шамасына пропорционал емес, әрбір шарғы бойынша жеке өтетін тоқтардың ара қатынасына ғана байланысты болады.

1.9 суретте логометрді тіркеу құралы ретінде қолдану арқылы температураны өлшеуіш сұлбасы көрсетілген. Мұнда температуралық датчик ретінде, сондай-ақ айнымалы көпір сұлбасына қосылған R_4 термокедергі қолданылады, ал мостас-d өлшеу диагоналіне логометрдің жылжымалы шарғыларының бірі қосылады. Логометрдің екінші шарғысы қосымша R_3 резисторы арқылы сол қуат көзіне қосылған. Бұл жағдайда I_1 және I_2 тоқтарының шамалары U қоректену кернеуінің мәніне байланысты бірдей өзгереді және осы тоқтардың арақатынасы өзгеріссіз қалады[4].

Бірақ бұл жүйеде көпірлік сұлбадан датчикке қарай өтетін қосқыш сымдардың болуымен шартталған өлшеу қателігі орын алады және олардың ұзындығы бақылау объектісінің бақылау пунктiнен қашықтығына байланысты едәуір болуы мүмкін. Осы екі $R_{кc}$ сымдарының кедергісінің шамасы термокедергіге қажетсіз құраушы болып табылады және ол сондай-ақ қоршаған жағдайлардан өзгеруі мүмкін.

Өлшеу қателігінің осы құраушысын болдырмау үшін, көп жағдайда, әдетте, екі сымды тізбектің орнына датчикті қосудың үш сымды сұлбасын қолданады. 1.9 суретте үшінші сым қою қара нүктелі сызықпен көрсетілген, ал a нүктесіне баратын сым - үзіледі. Бұл ретте « a » қоректену нүктесі төменге

(сұлба бойынша) - R_t (α нүктесі) термодатчигіне жылжиды. Бұл ретте көпірлік сұлбаның тепе-теңдік теңдеуіне көпірлік сұлбадан термокедергіге келе жатқан екі қосқыш сымдардың әрқайсысының кедергілерінің шамасы көпірлік сұлбаның аралас жақтары кедергілерінің құрамына кіреді және олардың ұзындығы мен қоршаған температураның әсері есебінен өзгеруі көпірлік сұлбаның тепе-теңдігін бұзбайды. Бұл жағдайда көпірлік сұлбаға қорек берілетін үшінші сым кедергісінің әсері онда қорек кернеуінің азаюына ғана әсер етеді, бірақ бұл өзгеріс логометрдің өлшеу құралы ретінде қолданумен орны толтырылады.



1.9 сур. Температураны логометрмен өлшеуіштің қағидалық электр сұлбасы

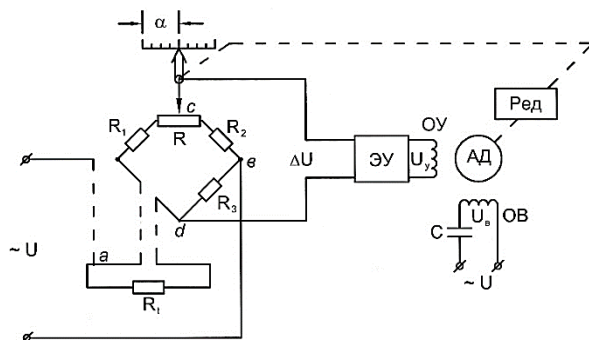
Датчиктерді қосудың үш сымды сұлбасы кезінде, аталғандардан басқа, сыртқы магнит өрістерінен ұзын жалғағыш сымдарға электромагниттік нысаналардың шамасы да өтеледі.

Тікелей өлшеу жүйелері (баланстан тыс) болып табылатын қаралған өлшеу жүйелерінде барлық қателіктерді, әсіресе, жалпы жүйені құрайтын элементтердің ішкі параметрлерінің өзгеруіне байланысты орнын толтыру мүмкін емес. Мысалы, күшейткіштің күшейту коэффициентін әр түрлі себептер бойынша 1.9 суреттегі сұлба сияқты өзгерту және тіпті өлшеудің таза субъективті қателігінің болуы.

Аталған қателіктерді болдырмау үшін баланстық өлшеу жүйелері әзірленді.

Осылайша 1.10 суретте температураны өлшеу үшін автоматты көпір сұлбасы ұсынылған. Осы жүйеде датчиктер айнымалы тоқ желісінен қоректенген тепе-теңдік көпірінің сұлбасына қосылған R_t термокедергі болып табылады. Сондай-ақ, сұлбада датчикті қосудың үш сымды сұлбасы қолданылады. Тепе-теңдікті көпірлік сұлбалардан келетін сигнал, оның жүктемесі редукторлы АҚ асинхронды электр қозғалтқышын басқару орамасы болып табылатын ЭК электрондық күшейткішінің кірісіне түседі. Қозғалтқыш басқарылатын электр жетегі режимінде жұмыс істейді және редуктордың шығу білігі тепе-теңдікті көпірдің сұлбасына қосылған R реохордының қозғалысымен қатты байланысты.

Фаза ығыстырушы С сыйымдылығы арқылы асинхронды қозғалтқыштың қыздыру орамасы, оның статорлық орамдарымен жасалатын айналмалы магнит өрісін алу үшін сондай-ақ айнымалы тоқ желісінен қоректенеді.



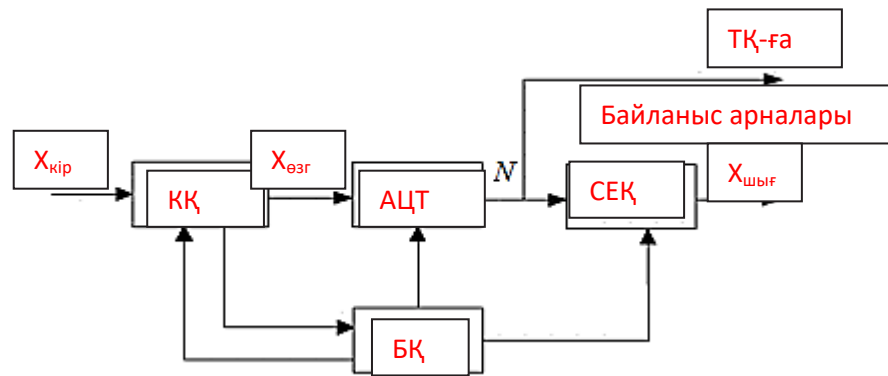
1.10 сур. Теңгерімдік өлшеу жүйесінің қағидатты электрлік сұлбасы

Қарастырылып отырған жүйенің жұмысында өлшенетін параметр (температура) әрбір өзгерген көпір сұлбасының тепе-теңдігі бұзылады, бұл электрондық күшейткіштің кіруінде ΔU келісілмеу сигналының, әрі тиісті фазаның пайда болуын тудырады. Нәтижесінде күшейткіштің шығуында және электр қозғалтқышты басқару орамында U_y басқару кернеуі пайда болады және қозғалтқыш қозғалысқа келеді. Редуктор арқылы ол қажетті бағытта, келісілмеу сигналының фазасына және басқару кернеуінің мөлшеріне сәйкес, келісілмеу сигналы нөлге тең болғанға дейін, яғни, көпір сұлбасы қайта теңестірілгенше реохордтың қозғалтқышын жылжытады, ал қозғалтқыш тоқтайды. Бұл ретте температура бірліктерінде (градустарда) алдын ала болжанған реохорд шкаласы бойынша бақылау объектісіндегі температураның ағымдағы мәнін анықтауға болады.

Қарастырылған жүйе үздіксіз теңгеру режимінде жұмыс істейді, бірақ кейбір жағдайларда бір уақытта бірнеше параметрлерді өлшеу үшін әр өлшеу сұлбасы үшін кезекпен пайдаланылатын бір электржетек пайдаланылатын кезеңдік теңгеру жүйесін пайдаланады.

Жоғарыда қаралған барлық өлшеу жүйелері тікелей бағалаудың аналогтық құралдары болып табылады. Микроэлектроника және өлшеу техникасы саласындағы заманауи жетістіктердің арқасында сандық өлшеу құралдары, яғни сандық есептегі өлшеу жүйелері көбірек қолданылады.

Сандық өлшеу жүйесінің құрылымы 1.11 суретте көрсетілген және ол құрамына оларды қосу және күшейткіштердің тиісті сұлбалары бар датчиктер, қазіргі заманғы микроэлектроника негізінде құрылған АЦТ аналогты-цифрлық түрлендіргіші, СЕҚ сандық есептеу құрылғысы және БҚ басқару құрылғысы кіретін КҚ кіріс құрылғысынан тұрады.



1.11 сур. Сандық өлшеу жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Кіріс құрылғысы кіріс өлшенетін $x_{\text{кір}}$ шамасын ауқымды түрлендіруге (күшейтуге) арналған және одан басқа, мүмкін болатын бөгеуілдерді бөлуге арналған.

Аналогты-цифрлық түрлендіргіш $x_{\text{өзг}}$ өлшенетін шаманы N сандық кодқа түрлендіреді, ол СЕҚ сандық есептеу құрылғысына түседі, онда өлшенетін шама тиісті сандық таблада сандар қатары түрінде индикаторланады. Бұдан басқа, N сандық код оны ТҚ тіркеу құрылғысында бекіту үшін және оны телеөлшеу және телемеханика жүйелерінде байланыс арналары арқылы беру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Сандық өлшеу жүйелерінің аналогтықтармен салыстырғанда, келесі артықшылықтары бар:

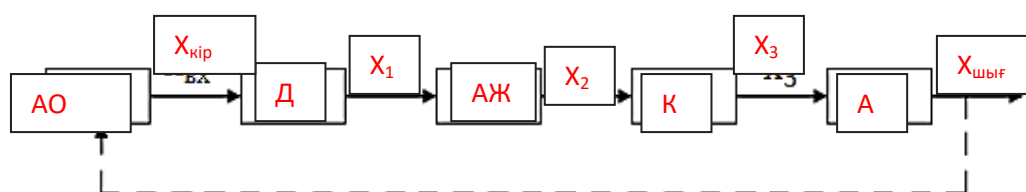
- жоғары дәлдік;
- жылдамдық;
- кедергіге төзімді;
- өлшеу объектісінен ең аз тұтынылатын энергия (датчиктерден);
- визуалды есептеудің ыңғайлылығы;
- өлшеу және басқару процестерін автоматтандыруды қамтамасыз ететін әртүрлі сыртқы құрылғыларға өлшеу нәтижелерін беру мүмкіндігі (код түрінде).

Мұндай жүйелердің кемшіліктеріне салыстырмалы күрделілікті жатқызуға болады, бұл олардың неғұрлым жоғары құнына және кейбір жағдайларда салыстырмалы түрде жоғары емес сенімділігіне себепші болады.

Автоматты қорғау жүйелері. Машиналар мен механизмдерді, сондай-ақ өндірістік процеске қатысатын адамды қорғауға арналған автоматты қорғау жүйелері (АҚЖ) екі негізгі бағыт бойынша құрылуы мүмкін. Біріншіден, бұл жүйелер барлық машиналардың, механизмдердің және өндірістік процессте пайдаланылатын басқа да жабдықтардың үздіксіз және сенімді жұмысын қамтамасыз етуі тиіс. Қалыпты жұмыс режимінен ықтимал ауытқулар туындаған кезде қорғау жүйесі сигнал беру құрылғылары арқылы оларды жою бойынша тиісті шаралар қабылдау үшін қызмет көрсетуші қызметкерлерге осы өзгерістер туралы хабарлауы тиіс.

Екіншіден, автоматты қорғау жүйесі жұмыс істейтін қызметкерлермен техника қауіпсіздігі ережелерін сақтамаған немесе бұзған жағдайда жұмыстарды орындау қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталуы тиіс. Бұл жағдайларда автоматика жүйесі барлық өндірістік процесті немесе оның осы бұзушылық болған учаскесін толық тоқтатуға міндетті.

Жоғарыда аталғандардың барлығын орындау үшін өндірістік процестің барлық негізгі технологиялық параметрлерін үнемі бақылау қажет. Сондықтан автоматты қорғау жүйесінің құрылымы бұрын қаралған өлшеу жүйелеріне ұқсас, яғни **АБЖ** және оның құрамына (1.12 сур.) сондай-ақ өлшеу сұлбасы мен күшейткіші бар датчиктер кіреді, бірақ одан x_3 шығу сигналы **АЭ** атқарушы элементіне түседі. Атқарушы элементтің көмегімен $x_{шығ}$ сигналымен не бақыланатын параметрдің шамадан тыс артуы туралы қажетті сигнал беру іске қосылады, не автоматтандыру объектісіне электрмен жабдықтау жүйесін ажырату көмегімен өндірістік процесс толығымен тоқтатылады (немесе оның жеке учаскесі).



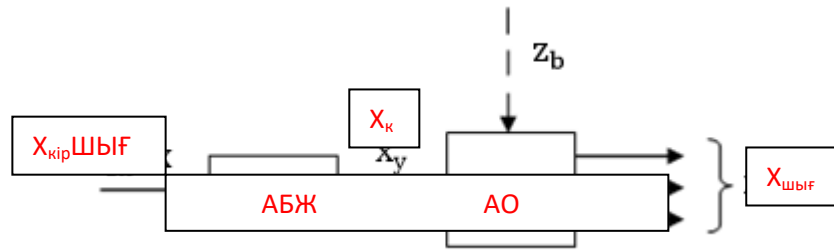
1.12 сур. Автоматты қорғау жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Қорғау жүйелеріндегі атқарушы элементтер ретінде ең алдымен, әр түрлі соңғы ажыратқыштар мен шектегіштер, реле мен электромагниттердің көптеген түрлері, аз қуатты электр қозғалтқыштардың кейбір модификациялары және, ақырында, олардың көмегімен өндірістік процесті тоқтату жүзеге асырылатын және қандай да бір жұмыстарды жүргізудің талап етілетін қауіпсіздігін қамтамасыз ететін жартылай өткізгіш құрылғылардың қазіргі заманғы әзірлемелері пайдаланылуы мүмкін[5].

Автоматты басқару жүйелері (АБЖ). АБЖ басқарудың негізгі міндеті – белгілі бір мақсатқа қол жеткізу үшін арналған. Бұл ретте барлық басқару процесі үш негізгі әрекетке негізделеді:

1. Басқару объектісінің (автоматтандыру объектісінің) жай-күйі туралы ақпарат алу. Бұл ретте ақпарат үздіксіз және жоғары дәлдікпен түсуі тиіс.
2. Осы ақпаратты автоматтандыру объектісін тиісті басқаруға шешім қабылдау үшін өңдеу, оның қазіргі кездегі жағдайына байланысты.
3. Қажетті белгілі бір әсерді жүзеге асыру үшін ақпаратты басқару сигналы түрінде автоматтандыру объектісіне жіберу.

1.13 суретте АБЖ және автоматтандыру объектісінің өзара байланысының жалпыланған құрылымы көрсетілген, оның жұмысы ең алдымен оның шығу параметрлерімен – $x_{шығ}$ сипатталады.

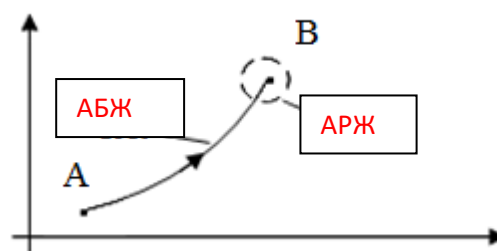


1.13 сур. Автоматтандыру объектісінің және автоматты басқару жүйесінің өзара байланысының құрылымдық сұлбасы

Мұнда $x_{кір}$ – оның көмегімен басқарудың негізгі мақсатына жету керек қажетті басқару әсерін білдіретін кіріс шамасы. Бұл ретте автоматтандыру объектісіне кез-келген кері әсер - объектінің шығыс параметрлерін өзгертетін z_k әсер етуі мүмкін. Айта кету керек, мұндай әсерлердің табиғаты көбінесе автоматтандыру объектісінің сипатына байланысты, ал олар пайдалы да және зиянды да болуы мүмкін. Сондықтан, автоматты басқару жүйесі кіріс шамасына байланысты және кері әсерлерді есепке ала отырып, басқару алгоритмінің атауын алған өзгерту заңы x_k тиісті басқару сигналын әзірлеуі тиіс.

Функционалдық жүйелер. Олардың ішінде автоматтандыру объектісін басқару белгілі бір, алдын ала берілген, функционалдық тәуелділіктерді немесе алдын ала есептеулерді орындау кезінде ғана жүзеге асырылады.

Автоматты реттеу жүйесінің құрылымы келесі кіші бөлімде назар аударылған басқару жүйесінің құрылымына ұқсас екенін атап өткен жөн. Соларды және басқаларын да есептеу үшін бір математикалық аппарат және ұқсас зерттеу әдістері қолданылады, бірақ бұл жүйелердің бір-бірінен айырмашылығын келесі кестеде көруге болады (1.14 сур.).



1.14 сур. АБЖ және АРЖ салыстырмалы тағайындалуы мен айырмашылығы

Мысалы, қандай да бір объектіні А нүктесінен В нүктесіне ауыстыру қажет. Бұл жіктеу тобына байланысты тиісті траектория бойынша жылжу және автоматты басқару жүйесін (АБЖ) орындайды. Бірақ В нүктесіне

ауысқаннан кейін осы нүктеде нысанды ұстап тұру қажет, және бұл ұстап қалу автоматты реттеу жүйесінің (АРЖ) көмегімен орындалады.

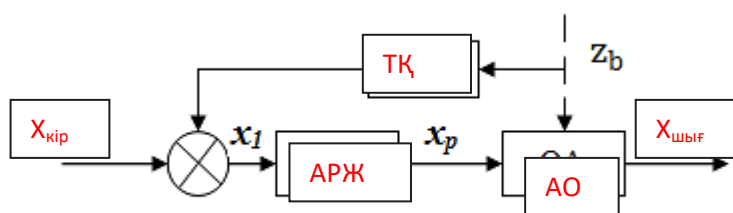
Осыған байланысты автоматты басқару жүйелері автоматты реттеу жүйесіне қарағанда неғұрлым күрделі, өйткені олардың жұмысы объектінің өзінің де, оның басқарылатын (немесе реттелетін) параметрлерінің өзгеру диапазонының да едәуір орын ауыстырумен байланысты.

Біздің пәннің бағдарламасы автоматика және автоматтандыру негіздеріне арналғандықтан, тек автоматты реттеу жүйесінің құрылымын қарастыруда, олардың құрылымы мен оларды қолданудың нақты шарттарына қатысты жұмыс істеулеріне тоқталамыз.

Автоматты реттеу жүйелері (АРЖ). Автоматты басқару жүйесінің негізгі мақсаты автоматтандыру объектісінің шығыс параметрлерін белгілі бір белгіленген деңгейде ұстап тұру немесе белгілі бір заң бойынша осы параметрлерді өзгерту болып табылады.

Автоматты басқару жүйесі сияқты реттеу жүйесі де ашық және тұйық болады, яғни кері байланыс элементтерімен және онсыз болады.

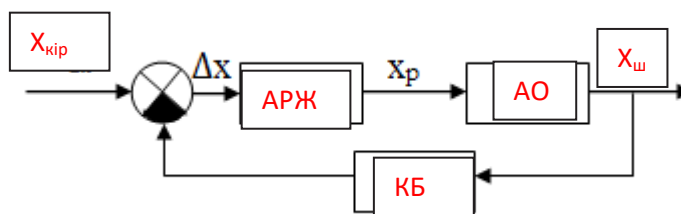
Сонымен, автоматтандыру объектісіне әсер ететін зиянды қоздырғыш әсерлерді өтеу үшін реттеудің ашық жүйелерінде жүйенің кіруіне сәйкес қосылатын арнайы түзетуші ТҚ құрылғылар жиі қолданылады (1.15 сур.).



1.15 сур. Түзету құрылғысы бар АРЖ құрылымы

Бұл жерде реттеу жүйесінің кірісіндегі ең бірінші элемент x_{kip} кіріс сигналының және түзетуші құрылғыдан келіп түсетін сигналдың сомасына тең x_l сигналын шығаратын қосушы құрылғының функциясын орындайды. Осы қоздырушы әсерді және кіріс сигналын және АРЖ есепке ала отырып, реттеу объектісіне одан әрі әсер ету үшін x_p реттеудің тиісті сигналын шығарады.

Бірақ ажыратылған жүйедегі барлық қоздырғыш әсердің орнын толтыру мүмкін емес. Сондықтан қазіргі заманғы жүйелер мен реттеу мен басқарудың көпшілігі құрылымдық жағынан, негізінен, тұйық, яғни кері байланысты – КБ пайдалану арқылы құрылады (1.16 сур.).

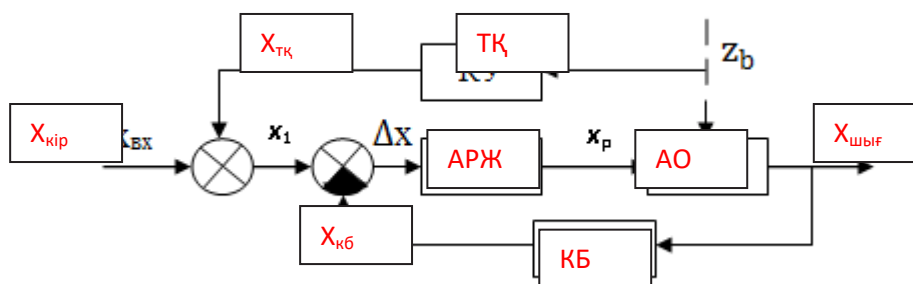


1.16 сур. Тұйық АРЖ құрылымдық сұлбасы

Кері байланыс көмегімен мұндай жүйелерде басқару немесе реттеу объектісінің шығыс параметрлерін тұрақты бақылау жүзеге асырылады және және салыстыру элементіне түсетін $x_{кб}$ кері байланысының тиісті сигналы өндіріледі, онда ол тапсырғыш құрылғыдан келіп түсетін $x_{шығ}$ кіріс шамасымен үздіксіз салыстырылады, және айырымдық сигнал өндіріледі.

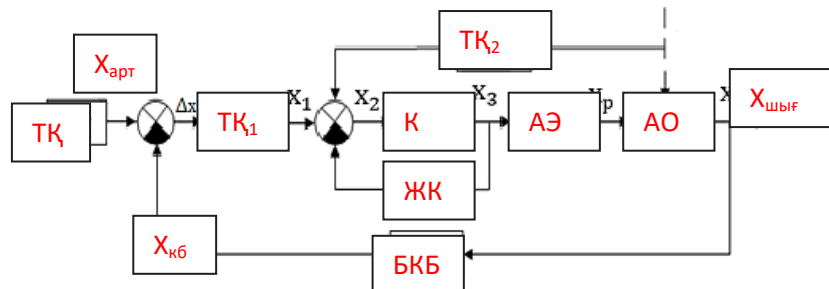
$\Delta x = x_{кір} - x_{кб}$ және, осыған сәйкес, x_p сигналы реттеу жүйесі автоматтандыру нысанына әсер етеді.

Кейбір жағдайларда автоматтық реттеу жүйелері құрамдастырылған құрылымдармен, яғни, реттеудің тұйық және ажыратылған циклі бойынша екі реттеу қағидаты қолданылатын қателерді өтеумен құрылады (1.17 сур.).



1.17 сур. Құрамдастырылған АРЖ құрылымдық сұлбасы

Бірақ мұндай жүйелер күрделі, бұл оларды дайындауға арналған материалдық шығындардан басқа және оларға неғұрлым қымбат қызмет көрсетуді талап етеді. Сонымен қатар 1.18 суретте бұл жүйені құрайтын барлық элементтердің функционалды өзара байланысы бар автоматты реттеу және басқару жүйелерінің көпшілігінің толық құрылымы ұсынылған. Мұндай жүйенің құрылымы олардың орнықтылығын және пайдалану кезінде жоғары сапа көрсеткіштерін қамтамасыз ету үшін қолданылады[4].



1.18 сур. Автоматты басқару және реттеу жүйелерінің құрылымдық сұлбасы

ТҚ - тапсырушы құрылғы, оның көмегімен АО автоматтандыру объектісінде (басқару немесе реттеу) шығыс параметрлерінің талап етілетін мәні орнатылады.

K_1 - автоматтандыру объектісіне z_0 қоздырғыш әсерін компенсациялау үшін түзетуші құрылғы.

АЭ - автоматтандыру объектісіне тікелей әсер ететін атқарушы элемент.

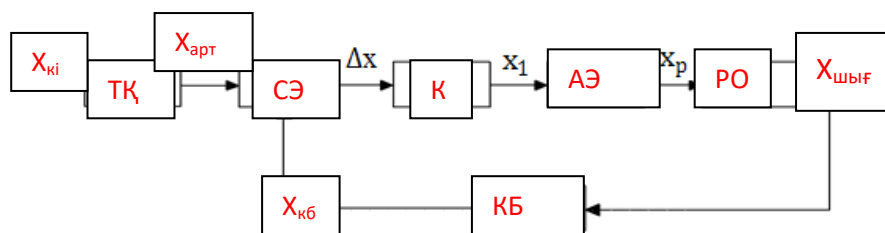
КББ - басты кері байланыс, оның көмегімен $x_{шығ}$ автоматтандыру объектісінің шығыс параметрлерін тұрақты бақылау жүзеге асырылады.

K – x_2 сигналын күшейтуге арналған күшейткіш.

ЖКБ - күшейткіш жүйесінде пайдаланылатын сапаны жақсарту үшін жергілікті кері байланыс (параллельді түзеткіш құрылғы).

$TҚ_2 - \Delta x$. x_p $x_{шығ}$ $x_{кб}$ қате сигналын қосымша өңдеуге арналған дәйекті түзету құрылғы.

Алайда, автоматты реттеу (сондай-ақ басқару) жүйелерін одан әрі қарау кезінде, тек негізгі функционалдық түйіндерден құралған олардың негізіне жалпы (негізгі) құрылымдық сұлбасын қолданамыз (1.19 сур.), мысалы: ТҚ тапсырушы құрылғы, СЭ салыстыру элементі, К күшейткіш, егер ол қажет болса, АЭ атқарушы элементі және КБ кері байланыс элементі.

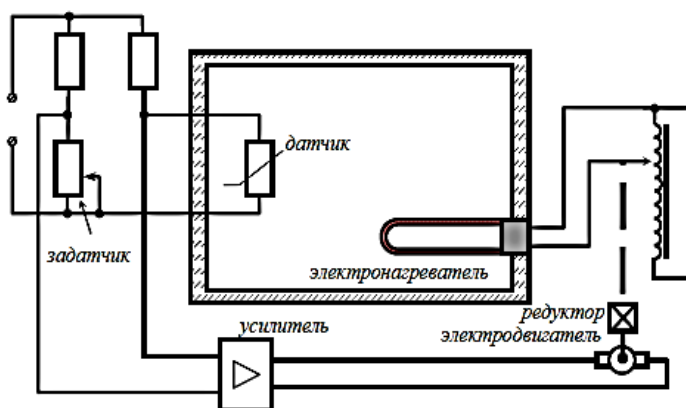


1.19 сур. Автоматты басқару және реттеу жүйесінің құрылымдық сұлбасы

1.3. Жүйенің математикалық сипаттамасы

Кез келген автоматты басқару жүйесінің (АБЖ) жұмысын зерттеу үшін оның математикалық сипаттамасы (математикалық моделі) болуы қажет.

Жүйенің математикалық сипаттамасы оны бағытталған әрекеттің жекелеген элементтеріне (буындарына) бөлуден басталады, олардың әрқайсысында кіріс сигналы шығу үшін беріледі, бұл ретте берілетін сигналдың белгілі бір түрленуі орындалады. Мысалы, бөлмедегі температураны автоматты реттеу жүйесін (САР) қарастырайық, оның қарапайым схемалық бейнесі 1.20 суретте келтірілген.



1.20 сур. Үй-жайдағы Температураны автоматты реттеу жүйесінің қарапайым схемалық бейнесі

Бұл САР-ның *басқару объектісі* үй-жай болып табылады.

Басқару шамасы-бөлмедегі ауа температурасы Өлшеуге арналған үй-жайда бар датчик (термосопротивление), көзді түрлендіретін өзгерту температура θ өзгеруіне қарсылық R_D . Тапсырма үшін қажетті маңызы бар температура θ_3 (задаваемое температура мәні), ол қолдау қажет үй-жайда қызмет етеді айнымалы кедергісі R_D . R_1 , R_2 , R_3 , R_D төрт кедергіден тұратын резистивті көпірлік схема негізінде орындалған салыстыру құрылғысы үй – жайдағы температураны берілген температурамен салыстыруға және электр үйлесімсіздік сигналын (қателік сигналын) - кернеудің, пропорционал айырмашылығын қалыптастыруға арналған:

$$U_M \sim \theta_3 - \theta. \quad 1.1$$

Бөлмедегі ауаны жылыту үшін электр қыздырғыш орнатылған. Бұл жағдайда электржылытқыштың электр қуаты P болып табылады, ол автотрансформатордың жылжымалы түйіспесінің көмегімен өзгеруі мүмкін, оның орнын ауыстыруын тұрақты токтың электр қозғалтқышы басқаратын. **Басқару объектісіне** кері әсер ететін ауа температурасының θ_H өзгеруі болып табылады .

Аталған элементтер үшін олардың математикалық сипаттамасын, яғни олардың жұмысын сипаттайтын тиісті математикалық формулаларды алу қажет.

Элементтің (жүйенің) математикалық сипаттамасын алу тәсілдерінің бірі теориялық болып табылады (физика заңдарына сүйене отырып: энергияның сақталу заңы, масса, импульс, Кирхгоф заңдары және т.б.). Осылайша алынған математикалық модельдер объектідегі ішкі байланыстарды сипаттайды және, әдетте, неғұрлым дәл. Аламыз теориялық арқылы математикалық сипаттау үшін кейбір элементтер қарастырылып отырған біз САР үй-жайдағы температураға [2].

1. Басқару объектісі-үй-жай. Бұл жағдайда келесі пайымдауларды жеңілдету үшін біз бөлмедегі температураға әсер ететін басқа да

жағдайларды ескермейміз, мысалы, күн сәулесінің деңгейі немесе сыртқы жел жылдамдығы сияқты. Осы тәуелділікті көрсететін математикалық формуланы алу үшін жылуфизика және жылу алмасу саласындағы қарапайым мәліметтерді басшылыққа алатын боламыз. Бөлмені жылыту кезінде электр жылытқыштың жылу қуатының бір бөлігі P_1 бөлмедегі температураның ұлғаюына жұмсалады, ал екінші бөлігі P_2 қабырғалар арқылы жылу беру жолымен сыртқа шығарылады. Сәйкес математикалық формулалар келесі түрге ие:

$$P_1 = c \cdot \frac{d\theta}{dt}, \quad 1.2$$

$$P_2 = \frac{S \cdot k}{l} \cdot (\theta - \theta_H), \quad 1.3$$

мұнда c [Дж/°С] – үй-жайдың жылу сыйымдылығы;
 S [м²] – қабырға алаңы;
 k [Вт/(м * °С)] - қабырғалардың жылу өткізгіштік коэффициенті (қабырға материалына байланысты);
 l [м] – қабырға қалыңдығы.

Екі қуаттың сомасы электр жылытқыштың қуатына тең екенін ескере отырып,:

$$c \cdot \frac{d\theta}{dt} + \frac{S \cdot k}{l} \cdot (\theta - \theta_H) = P. \quad 1.4$$

Осы формуланы шығыстық шаманы (температура θ) ұстап тұратын барлық мүшелер теңдеудің сол жақ бөлігінде орналасатындай етіп түрлендіреміз, ал кіріс шамалары (P және θ_H) - оң жақ бөлігінде, нәтижесінде басқару объектісінің математикалық сипаттамасын аламыз.:

$$T \cdot \frac{d\theta}{dt} + \theta = K \cdot P + \theta_H \quad 1.5$$

мұндағы $T = \frac{c \cdot l}{S \cdot k}$ [с]- уақыт тұрақтысы;

$K = \frac{l}{S \cdot k}$ [°С/ Вт]- күшейту (түрлендіру) коэффициенті.

Бұл теңдеу бірінші ретті дифференциалдық теңдеу болып табылады, себебі бірінші ретті дифференциалдық оператор – d/dt туындысы бар. Сонымен қатар, бұл теңдеу сызықтық болып табылады, себебі кіріс және шығыс шамалары сызықтық қосылыстар түрінде тұрады.

2. Датчик-термотіркеу-0 °С температурада белгілі бір R_0 кедергісі бар металл элемент (мыс, платина, никель). Физика курсынан белгілі болғандай, 600 °С температурадағы металдың электрлік кедергісі температураның ұлғаюымен сызықты түрде өседі:

$$R = R_0 \cdot R_0(1 + A \cdot \theta_D) \quad 1.6$$

мұндағы R_0 [Ом]- 0°C температурада датчиктің кедергі мәні;

θ_D [$^\circ\text{C}$]- сенсордың сезімтал элементінің температурасы;

A [$^\circ\text{C}^{-1}$]- мәні датчик жасалған металға байланысты тұрақты коэффициент (мысалы, датчик үшін Pt100 $A=3,9 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)

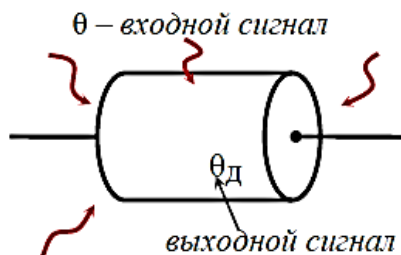
Егер осындай датчиктен басқа қандай да бір температурамен θ ортаға орналастырса, ол датчиктің сезімтал элементі мен қоршаған орта арасындағы жылу алмасуы болады θ_D , оның нәтижесінде датчиктің температурасы орта температурасына ұмтылады, бұл ретте сәйкесінше оның кедергісі де өзгереді (1.21 сурет). Математикалық түрде бұл процесс келесі формулалармен сипатталатын болады:

$$dQ = \kappa_D \cdot (\theta - \theta_D) \cdot dt, \quad 1.7$$

$$dQ = c_D \cdot d\theta, \quad 1.8$$

мұндағы dQ [Дж]- аз уақыт dt ішінде датчикке қоршаған ортадан берілген жылу саны;

c_D [Дж/ $^\circ\text{C}$]- датчиктің сезімтал элементінің жылу сыйымдылығы (оның массасына және металдың меншікті жылу сыйымдылығына байланысты).



1.21 сур. Термокедергі

Приравняв білдіру (5) және (6), сондай-ақ білдіріп тұрады формулалар (1.5) температураны θ_D :

$$\theta_D = \frac{1}{R_0} \cdot (R - R_0), \quad 1.9$$

Аламыз

$$T_D = \frac{dR_D}{dt} + R_D = K_D \cdot \theta, \quad 1.20$$

$R_D = R - R_0$ - датчиктің шығыс сигналы;

$T_D = \frac{c_D}{\kappa_D}$ [с]- датчиктің тұрақты уақыты;

$K_D = R_0 \cdot A$ [Ом/ $^\circ\text{C}$] – датчикті түрлендіру (күшейту) коэффициенті.

3. Салыстыру құрылғысы- R_1, R_2, R_3, R_D төрт кедергіден тұратын өлшегіш резистивті көпір. Кіріс сигналдары R_1 бергішінің кедергі шамалары және R_D датчигінің кедергі шамалары болып табылады; шығыс сигнал-им

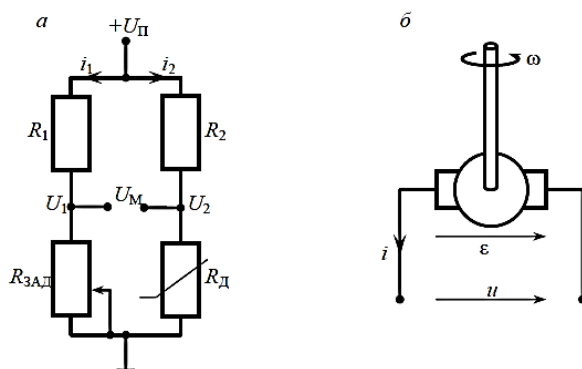
көпірінің қараған кернеуі (1.22 сурет., а). Кирхгоф заңдарын пайдалана отырып, біз

$$U_1 = i_1 \cdot R_{\text{зад}} = \frac{U_{\text{п}}}{(R_1 + R_{\text{зад}})} \cdot R_{\text{зад}}, \quad 1.21$$

$$U_2 = i_1 \cdot R_{\text{д}} = \frac{U_{\text{п}}}{(R_1 + R_{\text{д}})} \cdot R_{\text{д}}, \quad 1.22$$

$$U_M = \frac{U_{\text{п}}}{R_1 + R_{\text{зад}}} \cdot R_{\text{зад}} - \frac{U_{\text{п}}}{R_2 + R_{\text{д}}} \cdot R_{\text{д}}, \quad 1.23$$

$U_{\text{п}}$ [В]- көпірдің тұрақты қоректену кернеуі.



1.22 сур. Өлшегіш резистивті көпір (а), тұрақты ток қозғалтқышы (б)

4. Тұрақты ток қозғалтқышы. Оның математикалық сипаттамасын теориялық жолмен алу үшін Механика және электротехника заңдарын қолдану қажет. Осы объектінің кіріс сигналы Зәкір кернеуі $u(t)$; шығу сигналы – қозғалтқыштың білігінің айналу бұрышы $\varphi(t)$ болып табылады. Қозғалтқыш білігі қоректену кернеуі қосылған кезде айнала бастайды. Егер Қорек кернеуі өзгермесе ($u(t) = \text{const}$), онда қозғалтқыш білігінің бұрыштық жылдамдығы тұрақты қалады ($\omega(t) = \text{const}$), бұл ретте қозғалтқыш білігінің бұрылу бұрышы біркелкі ұлғаяды. Қозғалтқыш білігінің бұрылу бұрышы $\varphi(t)$ оның бұрыштық жылдамдығымен интегралды өрнектермен байланысты:

$$\varphi(t) = \int_0^t \omega(\tau) \cdot d\tau. \quad 1.24$$

Кернеу көп болған сайын, білік жылдам айналады. Біліктің айналмалы қозғалыс динамикасының теңдеуі келесі түрге ие:

$$J \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} = M(t) - M_H(t) \quad 1.25$$

$M(t)$ [Н·м] – айналмалы сәт-қозғалтқыштың электромагниттік сәті;

$M_H(t)$ [Н·м] – жүктеме моменті;

J [кг·м²] – зәкір және жүктеме инерциясының жиынтық сәті.

Электротехника курсы бойынша, қозғалтқыштың электромагниттік сәті мынадай формула бойынша анықталады:

$$M(t) = C_M \cdot \Phi \cdot i(t), \quad 1.26$$

мұнда C_M -өлшемсіз коэффициент;
 Φ [Вб] - қоздыру орамасымен жасалатын магниттік ағын;
 $i(t)$ [А] – теңдеуден табылуы мүмкін якорь тогы:

$$u(t) = e(t) + R \cdot i(t), \quad 1.27$$

мұнда $e(t)$ [В] – якорь электр қозғаушы күші (ЭҚК) ;
 R [Ом] - зәкір тізбегінің кедергісі.

Өз кезегінде, ЭҚК магнит ағыны арқылы есептеледі айналу жиілігі:

$$e(t) = C_\omega \cdot \Phi \cdot \omega(t), \quad 1.28$$

мұнда C_ω – өлшемсіз коэффициент.

Осылайша, теңдеулерден (1.20.)–(1.24.) келесі дифференциалды теңдеуді алуға болады, ол тұрақты ток электрқозғалтқышының математикалық сипаттамасы болып табылады:

$$T \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{d\varphi}{dt} = K_1 \cdot u(t) - K_2 \cdot M_H(t), \quad 1.29.$$

где $T = \frac{J \cdot R}{C_M \cdot C_\omega \cdot \Phi^2}$;

$$K_1 = \frac{R}{C_M \cdot \Phi}; \quad 1.30$$

$$K_2 = \frac{R}{C_M \cdot C_\omega \cdot \Phi^2} \quad 1.31$$

Математикалық сипаттама бойынша автоматика элементтері мен жүйелері сызықты және сызықты емес болып бөлінеді.

Сызықты элементтермен (буындармен) математикалық сипатталатын автоматика элементтері деп аталады.

Автоматты басқарудың **сызықтық жүйелері** тек сызықты элементтерден тұратын жүйелер деп аталады.

Жалпы жағдайда сызықтық элемент (немесе жүйе) үшін u кіріс сигналының және y шығу сигналының өзара байланысы түрдің дифференциалдық теңдеуімен математикалық сипатталады:

$$\begin{aligned} & a_0 \cdot \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \cdot \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \cdot \frac{dy}{dt} + a_n \cdot y \\ & = b_0 \cdot \frac{d^m u}{dt^m} + b_1 \cdot \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \dots + a_m \cdot u \end{aligned} \quad 1.32$$

мұнда $a_0, a_1, \dots, a_n, b_0, b_1, \dots, b_n$ – кейбір тұрақты коэффициенттер; n – жүйенің тәртібі; $< n$.

Мысалы, термотіркеу теңдеуі (1.8) жалпы теңдеуден (1.26) алынады, егер в (15) келесі белгілерді қабылдауға болады: $n = 1$; $a_0 = T_d$; $a_1 = 1$; $m = 0$; $b_0 = K_d$.

Сызықты емес элементтері деп сызықты емес теңдеулермен сипатталатын элементтерді атайды.

Кемінде бір сызықты емес элементті қамтитын жүйе сызықты емес.

Бірі-жоғарыда келтірілген мысалдар математикалық сипаттау элементтерінің автоматика жүйелерінің қосымша желілік жатқызуға болады математикалық модельдер үй-жайлар (1.4), термосопротивления (1.8) және тұрақты токты қозғалтқыштың (1.25). Өлшеуіш резистивті көпірдің математикалық сипаттамасы сызықсыз болып табылады, себебі (1.9) R_1 және R_d кіріс шамалары қосқыш бөлшектерінің бөлгіштеріне кіреді.

Бақылау сұрақтары:

1. Кез келген технологиялық процесті қандай шамалармен сипаттауға болады?

2. Кіріс және шығыс шамалары дегеніміз не?

3. Сыртқы ашулану дегеніміз не? Мысалдар келтіріңіз. САР қарапайым сызбасын келтіріңіз.

4. Ашық САР құрылымдық сұлбасын келтіріңіз және оған сипаттама беріңіз.

5. Тұйықталған САУ құрылымдық сұлбасын келтіріңіз және оған сипаттама беріңіз.

6. Ауытқуы бойынша САР түрлерін атаңыз.

7. Бұл самонастраивающиеся САР?

8. Автоматты реттеу жүйесінің құрылымдық сұлбасын келтіріңіз және оның негізгі элементтеріне сипаттама беріңіз.

2 ТАРАУ. АВТОМАТТЫ БАҚЫЛАУ, БАСҚАРУ ЖӘНЕ РЕТТЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРЫ. АВТОМАТТАНДЫРУ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

2.1 Объект туралы ақпарат алу құрылғылары. Датчиктер.

Бастапқы ақпараттық құрылғылар – датчиктер - оның мазмұнын өзгертпей ақпаратты жинауға және түрлендіруге арналған. Датчик екі бөліктен тұрады (2.1 сур.):

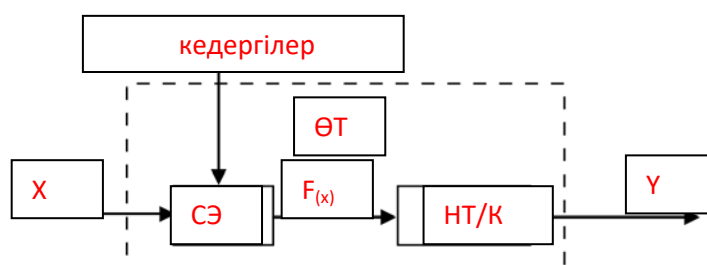
– сезімтал элемент - тікелей датчик, оның шығуында табиғи (біріздендірілмеген) сигнал бар;

– сезімтал элементтің шығыс шамасын стандартты түрге әкелетін өлшеу түрлендіргіші (2.2 сур.).

Көбінесе бұл бөліктер бір корпуста конструктивті түрде орындалады, соның нәтижесінде біріздендірілген шығу сигналы бар «датчик» алынады. Бірақ олар жеке өндірілетін дербес аспаптар болуы мүмкін.

Датчик – бұл өлшеу, сақтау, өңдеу және беру үшін ыңғайлы, бақыланатын шаманы сигналға түрлендіретін өлшеу, сигнал, реттеу немесе басқару құрылғысының элементі.

Басқа сөзбен айтқанда, датчик – бұл әрі қарай қолдануға ыңғайлы, кез келген физикалық шаманың кіріс әсерін сигналға түрлендіретін құрылғы[5].



2.1 сур. Өлшеуіш түрлендіргіш – датчиктің құрылымы.

X-физикалық шама; СЭ-сезімтал элемент; ӨТ – өлшеу түрлендіргіші; НТ/К - нормалаушы түрлендіргіш/күшейткіш; F(x) - электрлік шама; Y- стандартталған сигнал

Датчиктермен түрлендірілетін, кірісті өлшенетін және реттелетін шамалар, БТО физикалық параметрлеріне сәйкес келеді. Мысалы, келесі технологиялық параметрлер кең таралған:

- жылуэнергетикалық: температура, қысым, қысымның ауытқуы, деңгей, шығын;
- электр энергетикалық: айнымалы және тұрақты ток, тұрақты және айнымалы кернеу, белсенді/реактивті қуат, толық қуат, қуат коэффициенті, жиілік, индукция;
- механикалық шамалар: сызықтық, бұрыштық (бұрыштық жылдамдық), деформация, күш, айналдыру сәті, қаттылық, діріл, масса, шу;
- химиялық: концентрация, химиялық құрамы, химиялық қасиеттері;

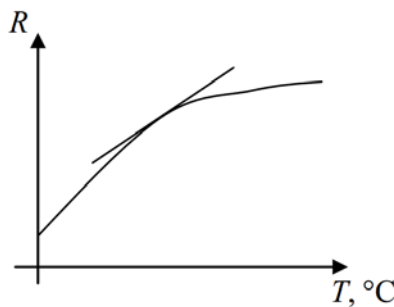
- физикалық: ылғалдылығы, тығыздығы, тұтқырлығы, лайлығы, электр өткізгіштігі, магниттік өткізгіштігі.

Шығыс шамасы әдетте модульденеді:

- амплитуд бойынша;
- уақыт белгісімен (жиілігі, фазасы және т. б.);
- код белгісімен;
- кеңістіктік белгімен (байланыс арналарында сигналдарды кезектестіру).

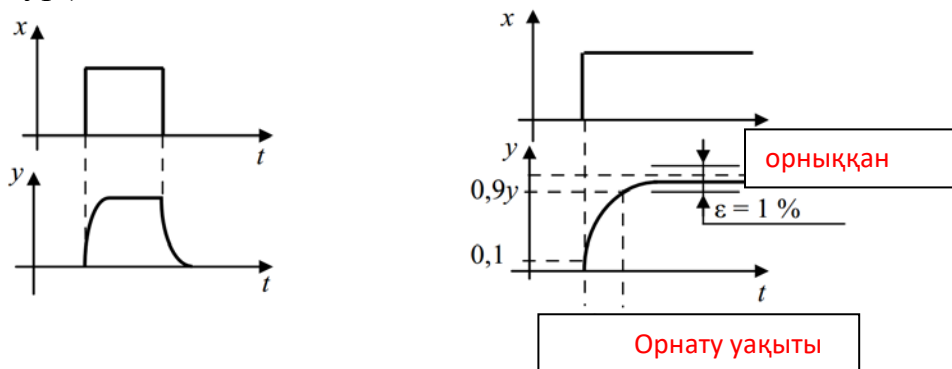
Өлшеуіш түрлендіргіштердің (датчиктердің) негізгі сипаттамалары

1. Кіріс шамасының өзгеру диапазоны (кіріс диапазоны, шама түрі).
2. Шығыс сигналының шамасын өзгерту диапазоны (жұптастыру үшін).
3. Статикалық сипаттамалар (дәлдікті анықтайды). Динамикалық қателіктерді ескерместен кіріс және шығыс шама арасындағы өзара байланысты көрсетеді (2.2 сур.). Жалпы алғанда, бұл сипаттама сызықты емес. Оны әдетте жұмыс нүктесінде сызықтандырады (2.2 суретте тікелей сызықтар).



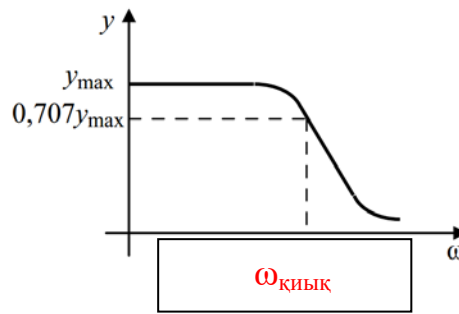
2.2 сур. Температура датчигінің статикалық сипаттамасы

4. Динамикалық сипаттамалар (максималды жиілік, шығыс сигналын орнату уақыты) шығыс шамасының орнатылмаған режимнен тәуелділігін көрсетеді (2.3 сур.).



2.3 сур. Датчиктердің динамикалық сипаттамалары

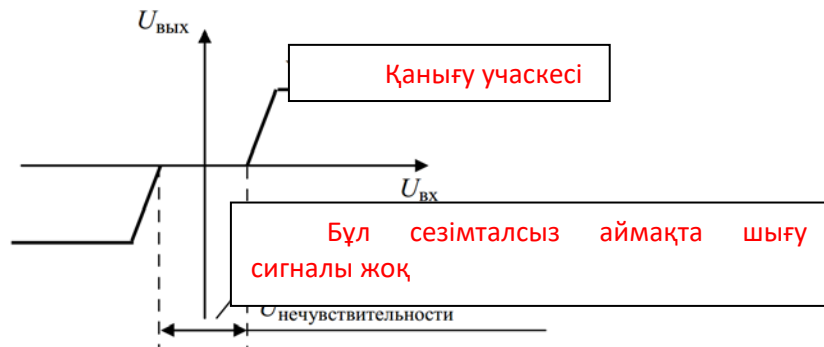
Егер датчик кірісінде әртүрлі жиіліктегі ауыспалы сигнал берілсе, датчиктің жиіліктік сипаттамасын аламыз - 2.4 суретте көрсетілген шығыстың шығу шамасы.



2.4 сур. Датчиктің жиілік сипаттамасы

Мұнда ω қиығы - тізбектің берілу коэффициенті 3 дБ-ға өзгертін немесе бастапқы мәннен 0,707 құрайтын қиықтың жиілігі. $\omega_{\text{КИБЫК}}$ жиілігі тұрақты уақытқа сәйкес келеді $\tau = 1/\omega_{\text{КИБЫК}}$. Орнату уақыты $t_{\text{орн}} \sim 3 \cdot \tau$.

5. Сезімталдық шегі (сезімталдық аймағы) - шу мен кедергіні басу үшін енгізіледі. Сезімталдық емес біржақты немесе екі жақты болуы мүмкін (2.5 сур).



2.5 сур. Сезімталдық/сезімталдық емес шегі

6. Қателік:

– негізгі – $S_{\text{нег}}$;

– қосымша – $S_{\text{қосым}}$ (қосымша факторлардың салдарынан пайда болады: ылғалдылық, температура).

Қосымша факторларды ескере отырып, толық қателікті ескереміз:

$$S_{\text{ТОЛЫҚ}} = \sqrt{S_{\text{нег}}^2 + S_{\text{қос}}^2} . \quad (2.1)$$

Қосымша қателік тәуелділік бар p параметрінің функциясы түрінде бағаланады:

$$S_{\text{ТОЛЫҚ}} = (p_1, p_2, p_3) . \quad (2.2)$$

Жобалау процесінде датчиктерді таңдау кезінде оларға қойылатын негізгі талаптар:

- Шығыс шамасының кіріс шамасынан бір мәнді тәуелділігі;
- уақыттағы сипаттамалардың тұрақтылығы;
- жоғары сезімталдық;

- объектімен салыстырғанда шағын өлшемдері мен салмағы;
- бақыланатын процесс пен бақыланатын параметрге кері әсердің болмауы;
- түрлі пайдалану жағдайларында жұмыс істеу;
- шығыс сигналдарын басқа жүйелік құралдармен біріздендіру;
- орнатудың әр түрлі опциялары [5].

2.2. Сигналдарды түрлендіру құрылғылары

Датчиктердің кіріс шамасының түрі бойынша жіктелуі

Механикалық датчиктер:

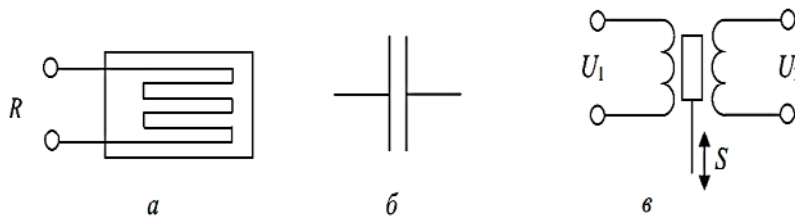
- серпімді (мембраналар);
- дроссельді (тар жерде қысымның ауытқуы өлшенеді);
- көлемді;
- қалтқылы;
- жылдамдықты.

Электромеханикалық датчиктер. Тензорезистивті (объектінің деформациясы сым датчигінің деформациясын тудырады). Датчиктің ұзындығы датчиктің бойымен деформацияны бөліп алу үшін енінен артық. Деформацияның салдарынан сым созылады, оның ұзындығы l артады, d диаметрі азаяды, R сымның кедергісі артады – бұл Пуассон әсерінің көрінісі (2.6, а сур.):

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{4l}{\pi d^2}, \quad (2.3)$$

мұндағы, ρ – меншікті кедергі коэффициенті; l - өткізгіштің ұзындығы; d – оның диаметрі; S -өзекше қимасының ауданы.

- қозғалуды өлшеуге арналған электростатикалық (2.6, б сур.);
- электромагниттік - өзекше қалпын өзгерту шығу сигналын өзгертеді (2.6, в сур.);
- тахометриялық (айналым санын өлшейді).



2.6 сур. Электрмеханикалық датчиктердің сұлбалары: а - тензорезистік; б - электростатикалық; в-электромагниттік

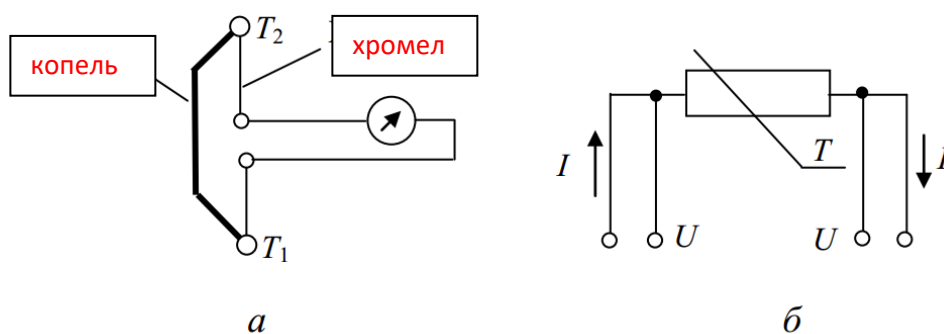
Электр датчиктері:

- кондуктометриялық (өлшенетін параметрді «түсіну» үшін ортаның өткізгіштігін өлшейді);

- потенциометриялық (электродтар арасында кернеу беріледі);
- полярографиялық (әрекет олардың құрамын анықтау үшін ерітінділердің шекарасындағы поляризация құбылысына негізделген)

Жылу датчиктері:

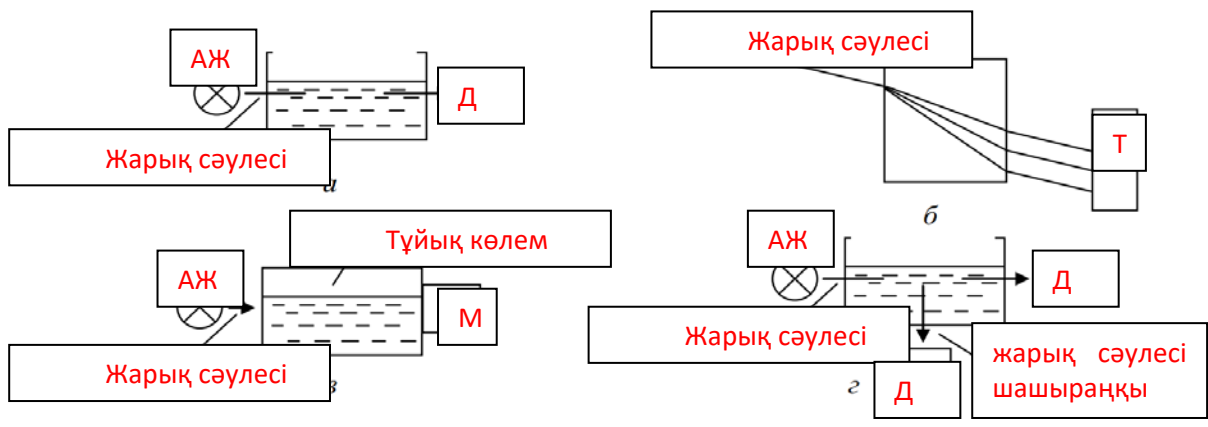
- термоэлектрлік (терможұп - 2.7, а сур.).
- терморезистивті (мұндай датчиктерде кедергі температураға байланысты, төмен, орташа және жоғары температура үшін қолданылады (2.7, б сур.);
 - термомеханикалық (осындай датчиктердің негізінде биметалл пластиналар жатыр, формадағы жады бар металл қолданылады, металлды белгілі бір түрде қыздырады және деформациялайды, өңдейді, содан кейін осы температураға дейін қыздырылған кезде металл осы температурадағы өз жағдайын «еске алады» және сол пішінді қабылдайды);
 - манометрикалық (мұндай датчиктер мембранадан және сиффоннан тұрады, онда сұйық немесе газ тәрізді орта бар);
 - термокондуктометриялық (мұндай датчиктердің әсері ортаның температураға тәуелділігіне негізделген).



2.7 сур. Жылу датчиктерінің сұлбалары
 а-дифференциалды терможұп; б-терморезистор

Оптикалық датчиктер:

- фотоколориметриялық (жарықтың кванттарын жұтады, іріктеп өткізу жүреді, белгілі спектрлік компоненттің қарқындылығы бағаланады) (2.8, а сур.);
- рефрактометрлік (датчик көрсеткіштерінің ауытқуы сыну коэффициенттерінің айырмасының есебінен болады, ауытқу бұрышы $n = f(k)$ ортасына байланысты болады, бұл заттың құрамы мен оның құрылымын білуге мүмкіндік береді) (2.8, б сур.);
 - оптикоакустикалық (датчикте газ сәулеленеді, бұл дыбыстың пайда болуына әкеледі, өлшеу бұзылмайтын және байланыссыз болып табылады) (2.8, в сур.);
 - нефелометриялық (әрекет принципі: жарықтың шашырауын өлшеу арқылы ортаның лайлылығы анықталады) (2.8, г сур.).

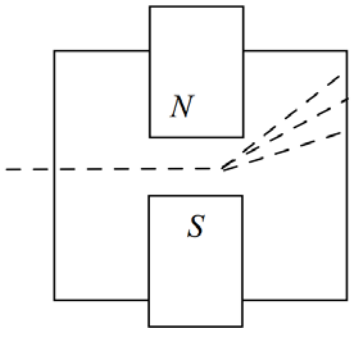


2.8 сур. Оптикалық датчиктердің сұлбалары:

а - ерітіндіні өткізуге спектрлік тәуелділігімен фотоқолориметриялық; б – рефракция құбылысы; в - оптикоакустикалық спектрометриясы бар құрылғы; г - нефелометриялық құрылғы; ЖК - жарық көзі (лазерлік); Д - жарықтандыру датчигі; М-микрофон; Р-тіркеуші

Электрондық датчиктер:

- индукциялық (айналуды немесе тоқты өлшеу үшін қолданылады);
- хроматографиялық (сұйықтықтағы қоспалардың концентрациясын өлшеу үшін қолданылады);
- масс-спектрометриялық (иондалған бөлшектердің бағытталған ағыны магнит өрісі арқылы өтеді; бөлшектердің массасы көп болған сайын, бөлшектер ағыны ауытқиды. Ауытқу спектрі бөлшектердің массасы бойынша таралуын көрсетеді) (2.9 сур.);
 - магниттік;
 - радиоизотоптық;
 - диэлькометриялық (заттардың диэлектрлік өткізгіштігі бойынша қасиеттерін өлшеу).



2.9 сур. Масс-спектрометр сұлбасы (бөлшектер ағыны үзік-үзік сызықтармен бейнеленген)

Шығыс шамасының түрі бойынша жіктеу. Датчиктердің үш класы ажыратылады:

- аналогтық датчиктер, яғни кіріс шамасының өзгеруіне пропорционалды аналогтық сигнал шығаратын датчиктер;
- сандық датчиктер, импульстер тізбегі немесе екілік сөз;
- екі деңгейдің ғана сигналын шығаратын бинарлық (екілік) датчиктер: «қосулы,/ажыратылған» (0 немесе 1).

Датчиктердің басым көпшілігінің электрлік шығыс сигналы бар. Бұл электр өлшемдерінің келесі артықшылықтарына негізделген:

- электр шамаларын арақашықтықта жіберу ыңғайлы, ал беру жоғары жылдамдықпен жүзеге асырылады;
- электр шамалары кез келген басқа шамалар электрлік және керісінше түрлендірілуі мүмкін мағынада әмбебап;
- олар сандық кодқа дәл түрлендіріледі және өлшеу құралдарының жоғары дәлдігіне, сезімталдығына және жылдамдығына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта датчиктердің ең көп қолданылатын шығыс сигналдары тоқ және кернеудің стандартты сигналдары болып табылады (МЕМСТ 26011-80).

Олардың арасында ең ыңғайлы және танымал 4-20 мА тоқ сигналы болып табылады. Ол қашықтағы датчиктерден екінші өлшеу аспаптарына сигналдарды беруге байланысты мәселелерді ең жақсы шешеді. Бастапқы түрлендіргіш сигналдары, әдетте, өте аз. Өнеркәсіптік жағдайларда күшті электромагниттік бөгеуілдер пайдалыдан жүздеген және мың есе асатын зиянды сигналдар жасай алады. 4-20 мА деңгейіндегі күшті тоқ сигналдары төмен жүктемеге жұмыс істейді, нәтижесінде олар осындай әсерге аз ұшырайды[6].

4-20 мА тоқ сигналымен жұмыс істегенде байланыс желісінің үзілуін табу оңай - тоқ нөлге тең болады, яғни мүмкін болатын шектерден шығатын болады. Сигналды тізбектегі үзілуді, мысалы, 0-5 мА анықтауға болмайды, себебі нөлге тең тоқ рұқсат етілген деп саналады.

Әрекет принципі бойынша жіктеу. Жұмыс принципі бойынша датчиктер генераторлық және параметрлік болып бөлінеді.

Генераторлық датчиктер кіріс шамасын электр сигналына тікелей түрлендіруді жүзеге асырады. Мұндай датчиктер кіріс (өлшенетін) шамасының көзінің энергиясын бірден электрлік сигналға түрлендіреді, яғни олар электр энергиясының генераторлары болып табылады. Электр энергиясының қосымша көздері мұндай датчиктердің жұмысы үшін негізінде талап етілмейді (дегенмен, қосымша электр энергиясы датчиктің шығу сигналын күшейту, оны сигналдардың басқа түрлеріне түрлендіру және басқа мақсаттар үшін қажет болуы мүмкін).

Генераторлық датчиктер өз кезегінде фотоэлектрлік, термоэлектрлік, пьезоэлектрлік, индукциялық және т. б. болып бөлінеді.

Фотоэлектрлік датчиктер (фотодатчики) - шығыс сигналын сыртқы жарықтандыруға пропорционалды түрлендіреді.

Аналогты және дискретті фотоэлектрлік датчиктер бар. Аналогтық датчиктерде шығу сигналы сыртқы жарықтандыруға пропорционалды

өзгереді. Негізгі қолдану саласы - жарықтандыруды басқарудың автоматтандырылған жүйелері. Дискретті типті датчиктер берілген жарық мәніне жеткенде шығыс жағдайын қарама-қарсы жағдайға өзгертеді.

Объектіні табу әдісі бойынша фотодатчиктер төрт топқа бөлінеді:

1) сәуленің қиылысуы - бұл ретте таратқыш және қабылдағыш әртүрлі корпустар бойынша бөлінген, бұл оларды бір-біріне қарама-қарсы жұмыс қашықтығына орнатуға мүмкіндік береді. Жұмыс принципі таратқыштың қабылдағышты қабылдайтын жарық сәулесін үнемі жіберетініне негізделген. Егер датчиктің жарық сигналы бөгде объектінің жабылуына байланысты тоқтатылса, қабылдағыш шығу жағдайын өзгерте отырып, дереу әрекет етеді;

2) рефлектордан шағылысу - бұл ретте датчиктің қабылдағышы мен таратқышы бір корпуста болады. Датчикке қарама-қарсы рефлектор (шағылыстырғыш) орнатылады. Рефлекторы бар датчиктер полярланған сүзгіштің арқасында олар шағылысуды рефлектордан ғана қабылдайтындай орналасқан. Бұл екі көрініс принципі бойынша жұмыс істейтін рефлекторлар. Қажетті рефлекторды таңдау қажетті қашықтықпен және монтаждық мүмкіндіктермен анықталады.

Таратқышпен жіберілетін жарық сигналы рефлектордан көрініс тауып, датчиктің қабылдағышына түседі. Егер жарық сигналы тоқтатылса, қабылдағыш шығу жағдайын өзгерте отырып, дереу әрекеттеседі;

3) объектіден шағылысу - бұл ретте датчиктің қабылдағышы мен таратқышы бір корпуста болады. Датчиктің жұмыс жағдайы кезінде оның жұмыс аймағына кіретін барлық объектілер өзіндік рефлекторларға айналады. Объектіден көрінетін жарық сәулесі датчиктің қабылдағышына түскеннен кейін, ол шығу жағдайын өзгерте отырып, дереу әрекеттеседі;

4) объектіден шығатын бекітілген шағылысу - датчиктің әрекет ету принципі «объектіден көрініс» сияқты, бірақ баптаудан объектіге ауытқуға аса сезімтал. Мысалы, айран құйылған шөлмектегі ісінген тығынды, өнімдермен және т. б. вакуумдық қаптаманың толық толтырылмауын анықтау мүмкін.

Өз мақсаты бойынша фотодатчиктер екі негізгі топқа бөлінеді: жалпы қолданылатын датчиктер және арнайы датчиктер. Арнайыларға міндеттердің тар шеңберін шешуге арналған датчиктердің түрлері жатады (мысалы, объектідегі түрлі-түсті белгілерді табу, контрасты шекараны табу, мөлдір қаптамада заттаңбаның болуы және т.б.).

Датчиктің міндеті - объектіні қашықтықтан табу. Бұл қашықтық датчиктің таңдалған түріне және табу әдісіне байланысты 0,3 мм-ден 50 м-ге дейін өзгереді [6].

Терможұп сезімтал элемент (2.10 сур.), өлшеуіш түрлендіргіш оған бөлек құрастырылады. Терможұп түрлі термоэлектрлік қасиеттері бар металдардан жасалған бір ұштарында дәнекерленген екі өткізгіштен тұрады. Дәнекерленген ұшы өлшенетін ортаға салынады, ал терможұптың бос ұшы өлшеуіш-реттеуіштердің кіруіне қосылады. Температура өлшенетін, ортаға батырылатын терможұптың бір-бірімен жалғанған ұштары терможұптарды «жұмыс дәнекерлену» деп атайды. Қоршаған ортада болатын ұштар әдетте

сымдармен өлшеу сұлбасына қосылады және бос ұштары деп аталады («суық дәнекерлену»). Егер «жұмыс» және «суық» дәнекерлеу температурасы әртүрлі болса, онда терможұп термоЭҚК шығарады, ол аспаптарға беріледі. ТермоЭҚК дәнекерлеу мен терможұптың ұштары арасындағы $\Delta T = T_1 - T_0$ температураның айырмашылықтарына тура пропорционалды. Бұл ұштардың температурасын тұрақты ұстау қажет. Бұл жағдайда термоЭҚК шарттары жұмыс соңындағы T_1 температурасына байланысты болады:

$$U_{\text{шығ}} = E_T = (T_1 - T_0) \cdot C \quad (2.4)$$

мұнда, C - терможұптың өткізгіштерінің материалына байланысты коэффициент.

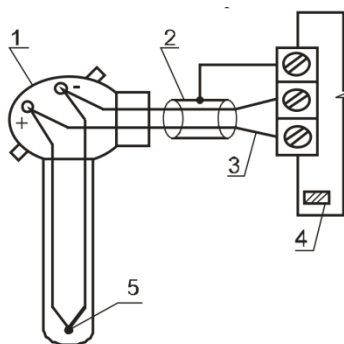
Терможұптармен жасалатын ЭҚК салыстырмалы түрде аз: ол әрбір 100 °С-ға 8 мВ-дан аспайды және әдетте абсолюттік шамасы бойынша 70 мВ-дан аспайды.

Терможұптар - 200-2200°С аралығындағы температураны өлшеуге мүмкіндік береді.

Термоэлектрлік түрлендіргіштерді дайындау үшін платина, платинородий, хром, алюмель кеңінен таралған.

Терможұптардың артықшылықтары: дайындау қарапайымдылығы, пайдаланудағы сенімділігі, арзандау, қоректендіру көздерінің болмауы, температураның үлкен ауқымында өлшеу мүмкіндігі.

Терможұптың кемшіліктері: терморезисторларға қарағанда кішілеу, өлшеу дәлдігі, едәуір жылу инерциондылығының болуы, бос ұштардың температурасына түзетулер енгізу қажеттілігі, арнайы жалғау сымдарын қолдану қажеттілігі.



2.10 сур. Терможұп

1-датчиктің басы; 2-экран; 3-термоэлектрлік кабель; 4-суық дәнекерлеу температурасының датчигі; 5-терможұптың жұмыс дәнекерленуі

Пьезоэлектрлік датчиктер. Мұндай датчиктердің әрекеті ол кейбір кристалдардың қысылуы немесе созылуы кезінде олардың қырларында оның шамасы қолданыстағы күшке пропорционалды электр зарядының пайда

болуынан жасалатын пьезоэлектрлік әсерді (пьезоэффект) қолдануға негізделген.

Пьезоэффект кері қайтарымды, яғни қоса берілген электр кернеуі пьезоэлектрлік үлгінің деформациясын - оны қоса берілген кернеу белгісіне сәйкес сығу немесе созуды тудырады. Бұл кері пьезоэффект деп аталатын құбылыс дыбыстық және ультрадыбыстық жиіліктің акустикалық тербелістерін қоздыру үшін қолданылады. Пьезоэлектрлік датчиктер күштерді, қысымды, дірілді және т. б. өлшеу үшін қолданылады.

Индукциялық датчиктер индукцияның ЭҚК-де өлшенетін электрлік емес шаманы түрлендіреді. Датчиктердің әрекет ету принципі электромагниттік индукция заңына негізделген. Бұл датчиктерге тұрақты және айнымалы тоқтың тахогенераторлары жатады, ол генератор білігінің бұрыштық айналу жылдамдығына пропорционал шығу кернеуі бар шағын электр машиналық генераторлар болып табылады.

Тахогенераторлар бұрыштық жылдамдық датчиктері ретінде қолданылады. Тахогенератор генераторлық режимде жұмыс істейтін электр машинасы. Бұл ретте өндірілетін ЭҚК айналу жылдамдығы мен магнит ағынының шамасына пропорционалды. Сонымен қатар, айналу жылдамдығының өзгеруімен ЭҚК жиілігі өзгереді. Бұрыштық және сызықтық орын ауыстыруларды, деформацияларды, өлшемдерді және т. б. бақылау үшін қолданылады.

Параметрлі датчиктер (датчиктер-модуляторлар) кіріс шамасын датчиктің қандай да бір электр параметрін (R, L немесе C) өзгертуге түрлендіреді. Кернеудің немесе тотың сигналынсыз аталған датчиктің параметрлерін өзгерту қашықтығына жіберу мүмкін емес. Датчиктің тиісті параметрінің өзгеруін тек оның тоқтың немесе кернеудің әсеріне реакциясы бойынша анықтауға болады, өйткені аталған параметрлер және осы реакцияны сипаттайды. Сондықтан параметрлік датчиктер тұрақты немесе айнымалы токпен қоректендірілетін арнайы өлшеу тізбектерін қолдануды талап етеді. Параметрлік датчиктерді әрекет ету қағидаты бойынша жіктеу: сыйымды;

- сыйымды;
- индуктивті;
- омдық.

Сыйымды датчиктер - жұмыс принципі конденсатордың электр сыйымдылығының өлшемдерге тәуелділігіне негізделген (S), астарының өзара орналасуы (h) және олардың арасындағы ортаның диэлектрлік өткізгіштігі(ε).

Екі астарлы жазық конденсатор үшін электр сыйымдылығы өрнегімен анықталады

$$C = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{h} \quad (2.5)$$

Мұндағы ε – астарлар арасындағы ортаның салыстырмалы диэлектрлік өткізгіштігі; ε_0 - диэлектрлік тұрақты; S - астардың белсенді алаңы; h - конденсатордың астарлары арасындағы қашықтық. C (S) және C (h) тәуелділіктері механикалық ауысуларды сыйымдылықты өзгертуге түрлендіру үшін қолданылады.

Сыйымды датчиктерге айнымалы кернеу беріледі (әдетте жоғары жиіліктегі - он мегагерцке дейін). Өлшеу сұлбалары ретінде әдетте көпірлік сұлбалар мен резонанстық контурларды қолдану арқылы сұлбалар қолданылады. Соңғы жағдайда, әдетте, генератордың тербеліс жиілігінің резонанстық контурдың сыйымдылығынан тәуелділігін пайдаланады, яғни датчиктің жиілік шығысы болады.

Артықшылықтары: қарапайымдылық, жоғары сезімталдық, аз инерциондық.

Кемшіліктері: сыртқы электр өрістерінің әсері, өлшеу құрылғыларының салыстырмалы күрделілігі.

Сыйымды датчиктер қолданылады:

- бұрыштық орын ауыстыруларды, өте кіші сызықты орын ауыстыруларды, дірілдерді, қозғалыс жылдамдығын және т. б. өлшеу үшін;
- берілген функцияларды ойнату үшін (гармоникалық, аратісті, тікбұрышты және т.б.).

Диэлектрлік өткізгіштігі ε диэлектриктің орнын ауыстыру, деформациясы немесе құрамының өзгеруі есебінен өзгеріп отыратын сыйымды түрлендіргіштер, өткізбейтін сұйықтықтардың, сусымалы және ұнтақ тәрізді материалдардың деңгейін, өткізбейтін материалдар қабатының қалыңдығын, сондай-ақ заттың ылғалдылығы мен құрамын бақылауда датчиктер ретінде қолданады.

Индуктивті датчиктер машиналардың, механизмдердің, роботтардың және т.б. жұмыс органдарының орын ауыстыруы туралы ақпаратты байланыссыз алу үшін қызмет етеді.

Жұмыс принципі магнитті өткізгіштің жекелеген элементтерінің (зәкір, өзекше және т.б.) жағдайына байланысты магнитті өткізгіштегі ораманың индуктивтілігінің өзгеруіне негізделген. Мұндай датчиктерде сызықтық немесе бұрыштық жылжу (кіріс шамасы) датчиктің индуктивтілігін (L) өзгертуге түрлендіріледі.

Индуктивті датчик барлық тоқ өткізгіш заттарды ажыратады және тиісінше әрекет етеді. Индуктивті датчик механикалық әсерді қажет етпейді, электромагниттік өрістің өзгеруі есебінен байланыссыз жұмыс істейді.

Қарапайым жағдайда индуктивті датчик жылжымалы элементі (зәкір) өлшенетін шаманың әсерінен қозғалатын магнитті өткізгішпен индуктивтілік шарғысын білдіреді. Артықшылықтары: механикалық тозу жоқ, контактілердің жай-күйіне байланысты істен шығулар жоқ, түйіспенің дірілдеуі және жалған іске қосылу жоқ, 3000 Гц дейін жоғары ауыстырып қосу жиілігі, механикалық әсерлерге төзімді.

Кемшіліктері: салыстырмалы аз сезімталдық, индуктивті кедергінің қоректендіруші кернеудің жиілігіне тәуелділігі, өлшенетін шамаға датчиктің айтарлықтай кері әсері (зәкірдің өзекшеге тартылуы есебінен).

Индуктивті датчиктерді жылдамдық датчиктері (айналу жиілігі) ретінде қолданылады.

Омдық (резистивті) датчиктер - әрекет принципі l ұзындығының, s қима ауданының немесе ρ меншікті кедергінің өзгеруі кезінде олардың белсенді кедергісінің өзгеруіне негізделген.:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s} \quad (2.6)$$

Сонымен қатар, белсенді кедергі шамасының байланыс қысымынан және фотоэлементтердің жарығынан тәуелділігі пайдаланылады.

Омдық датчиктердің жіктелуі:

- реостат;
- байланыс;
- тензорезисторлық (тензорезисторлар);
- фоторезисторлы;
- термометриялық (терморезисторлар).

Реостатты датчиктер өзгертін белсенді кедергісі бар резистор болып табылады. Датчиктің кіріс шамасы контактіні жылжыту, ал шығыс - оның кедергісін өзгерту болып табылады. Жылжымалы байланыс механикалық түрде орын ауыстыруы (бұрыштық немесе сызықтық) түрлендірілуі қажет объектімен байланысты. Реостат кернеу бөлгішінің сұлбасы бойынша қосатын реостатты датчикті қосудың потенциометрлік сұлбасы ең көп таралған[8].

Кернеу бөлгіші - тұрақты немесе айнымалы кернеуді бөліктерге бөлуге арналған электр техникалық құрылғы. Кернеу бөлгіш резисторлардан, конденсаторлардан немесе индуктивтілік шарғысынан тұратын электр тізбегінің элементтері арқылы бар кернеудің бір бөлігін ғана алуға (пайдалануға) мүмкіндік береді. Кернеу бөлгішінің сұлбасы бойынша қосылатын айнымалы резистор потенциометр деп аталады.

Потенциометрлік датчиктер, конструктивті түрде ауыспалы резисторлар болып табылады, әртүрлі материалдардан - орама сымнан, металл қабыршақтан, жартылай өткізгіштерден және т. б. орындайды.

Контактілі датчиктер - бұл резисторлы датчиктердің қарапайым түрі, олар бастапқы элементтің жылжуын электр тізбегінің кедергісінің секірмелі өзгерісіне түрлендіреді. Байланыс датчиктерінің көмегімен объектілердің күш-жігерін, орын ауыстыруын, температурасын, өлшемдерін өлшейді және бақылайды, олардың пішіні мен т. б. бақылайды. Байланыс датчиктеріне жолдық және шеткі ажыратқыштар, контактілі термометрлер және негізінен электр өткізгіш сұйықтықтардың шекті деңгейлерін өлшеу үшін қолданылатын электродты датчиктер жатады. Байланыс датчиктері тұрақты және айнымалы тоқта жұмыс істей алады. Өлшеу шегіне байланысты

контактлі датчиктер бір шекті және көп шекті болуы мүмкін. Соңғысы елеулі шектерде өзгертін шамаларды өлшеу үшін пайдаланылады, бұл ретте электр тізбегіне қосылған R резисторының бөліктері дәйекті түрде қысқартылады.

Кемшілік - үздіксіз бақылауды жүзеге асырудың күрделілігі және байланыс жүйесінің шектеулі қызмет ету мерзімі. Сонымен қатар, осы датчиктердің шекті қарапайымдылығының арқасында оларды автоматика жүйелерінде кеңінен қолданады.

Тензорезисторлар механикалық кернеуді, шағын деформацияны, дірілді өлшеу үшін қызмет етеді. Тензорезисторлардың әсері өткізгіш және жартылай өткізгіш материалдардың белсенді кедергісін оларға салынған күштің әсерінен өзгертуден тұратын тензоэффектке негізделген.

Фоторезисторлар өздерінің кедергісін жарықтану қарқындылығына байланысты өзгертеді.

Терморезисторлардың температураға байланысты кедергісі болады. Терморезисторлар датчиктер ретінде екі жолмен қолданылады:

- терморезистордың температурасы қоршаған ортамен анықталады; терморезистор арқылы өтетін тоқ соншалықты аз, бұл терморезистордың қызуын тудырмайды. Бұл жағдайда терморезистор температура датчигі ретінде пайдаланылады және көбінесе «кедергі термометрі» деп аталады;

- терморезистордың температурасы шамасы бойынша тұрақты тоқпен қыздыру деңгейімен және салқындату шарттарымен анықталады. Бұл жағдайда анықталған температура терморезистордың бетінің жылу беру шарттарымен анықталады (қоршаған орта қозғалысының жылдамдығы - газ немесе сұйықтық - терморезисторға қатысты, оның тығыздығы, тұтқырлығы және температурасы), сондықтан ол ағын жылдамдығының, қоршаған ортаның жылу өткізгіштігінің, газ тығыздығы және т. б. датчигі ретінде пайдаланылуы мүмкін. Мұндай датчиктерде екі сатылы түрлендіру болады: өлшенетін шама алдымен терморезистор температурасының өзгеруіне айналады, содан кейін кедергінің өзгеруіне айналады [6].

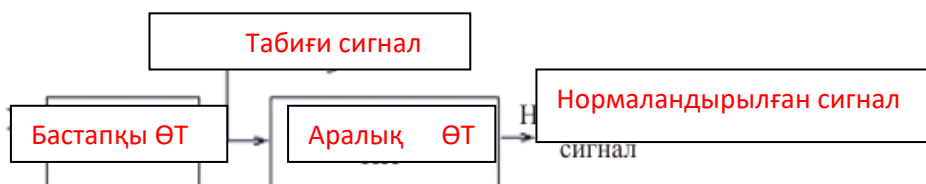
Терморезисторлар таза металдардан да, жартылай өткізгіштерден де дайындалады. Мұндай датчиктер дайындалатын материалда кедергінің жоғары температуралық коэффициенті, мүмкіндігінше температураға кедергінің сызықтық тәуелділігі, қасиеттердің жақсы жаңғыртылуы және қоршаған ортаның әсеріне инерттілігі болуы тиіс. Ең жоғары дәрежеде барлық көрсетілген қасиеттерге платина, сәл аз - мыс және никель қанағаттанадырады. Металл терморезисторлармен салыстырғанда жартылай өткізгіш терморезисторлар (термисторлар) аса жоғары сезімталдыққа ие.

2.3. Өлшеуіш түрлендіргіштер

Көптеген физикалық шамалар үшін өндірілетін сигнал мен өлшенетін шаманың арасындағы тәуелділікпен сипатталатын әртүрлі өлшеуіш технологиялар бар. Өлшеуіш құрылғының немесе датчиктің құрамында - бастапқы өлшеуіш түрлендіргішті бөліп алуға болады, яғни өлшенетін шама тікелей әрекет ететін бөлік және өлшеуіш тізбектің барлық келесі

құраушылары - өлшеуіш түрлендіргіштер (ӨТ). Құрылғы өзі (2.11 сур.) жалпы өлшеу түрлендіргіші немесе датчигі деп аталады (бірінші атауы, әдетте, аналогтық өлшеу құрылғыларына қолданылады).

Бастапқы өлшеуіш түрлендіруді өлшеу әдісі көбінесе құралдың атауын анықтайды. Өлшенетін шама тікелей әсер ететін бастапқы түрлендіргіштің бөлігі сезімтал элемент деп аталады. Аралық түрлендіргіштер күшейткіш, линеаризация, сигнал түрін түрлендіру, қалыпқа келтіру, стандартты сигналды қалыптастыру функцияларын орындай алады. Қалыпты сигнал әдетте стандартты біріздендірілген болып табылады.



2.11 сур. Өлшеуіш түрлендіргіш

Мұнда X – өлшенетін физикалық шама.

Датчиктердің үш класы ажыратылады:

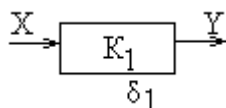
- екі деңгейдің ғана сигналын шығаратын бинарлық (екілік) датчиктер: «қосулы/ажыратылған» (басқаша айтқанда, 0 немесе 1);
- импульс тізбегін немесе екілік сөзді генерациялайтын сандық датчиктер;
- аналогты датчиктер, яғни аналогты сигнал шығаратын өлшеуіш түрлендіргіштер.

Көптеген өлшеу құрылғыларының шығу сигналы электрлі, дегенмен, пневматикалық датчиктерде көп кездеседі. Электр датчиктерінің басты артықшылығы-сигналды өңдеу тәсілдерінің икемділігі мен әртүрлілігі. Айта кету керек, электр сигналды өте аз энергия шығынымен үлкен қашықтыққа беруге болады. Пневматикалық датчиктер, электр датчиктерімен салыстырғанда, әдетте арзан, көлемі бойынша аз, оңайырақ және сезімтал емес.

Пневматикалық датчиктер, электр датчиктерімен салыстырғанда, әдетте арзан, мөлшері бойынша аз, оңайырақ және қоздырушы әсерге сезімтал емес. Оның үстіне, жарылыс-өрт қауіпті орта жағдайында пневматикалық датчиктер электрлілерге қарағанда қауіпсіз[9].

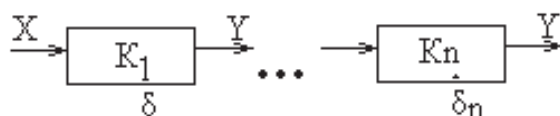
Өлшеуіш түрлендіргіштердің (ӨТ) құрылымдық сұлбалары.

Тура бір реттік түрлендіргіштің ӨТ құрылымдық сұлбасы (2.12 сур.). Мұнда $Y=K_1X$, ал $\delta_{ӨТ}=\delta_1$ - өлшеуіш түрлендіргіштің қателігі осы буынның бір рет түрлендіруінің қателіктеріне тең. Мысалы, терможұптың (терможұп сұлбасы шартты түрде сызықты).



2.12 сур. ӨТ құрылымдық сұлбасы

Бастапқы түрлендіру талап етілетін сигналды алуға мүмкіндік бермесе, тізбекті немесе каскадты түрлендіру сұлбасын қолданады (2.13 сур.).



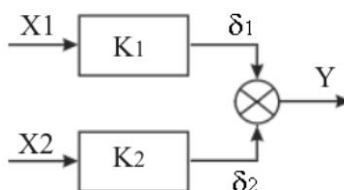
2.13 сур. Тізбекті түрлендіру

$$\gamma = \prod_{i=1}^n K_i \cdot x \quad (2.7)$$

$$\delta_n = \sum_{i=1}^n \delta_i \quad (2.8)$$

- қателік әр буынның сомасына тең.

Бұл жағдайда статикалық сипаттама әр буынның жұмысына тең. Дифференциалдық сұлба (2.14 сур.).



2.14 сур. Дифференциалды сұлба

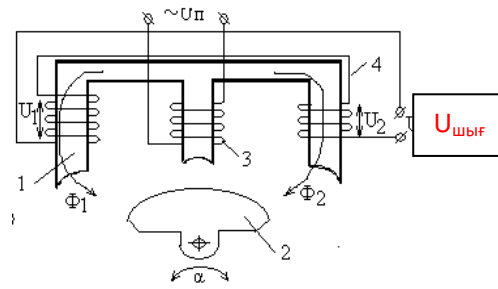
$$y = (K_1 - K_2) \cdot x \quad (2.9)$$

$$\delta_{\Pi} = \delta_1 \cdot \frac{K_1}{K_1 - K_2} - \delta_2 \cdot \frac{K_1}{K_1 - K_2} \quad (2.10)$$

Дифференциалды датчиктердің тән ерекшелігі – шығу сигналдары шегерілетін екі бір типті буындардың болуы. Бұл ретте буындардың кіруіне бақыланатын шама немесе бір – бақыланатын шама, екіншісіне – тұрақты, оның ішінде нөлдік шама берілуі мүмкін.

Мысал қарастырайық:

Дифференциалды трансформатор (2.15 сур.).



2.15 сур. Дифференциалды трансформатор

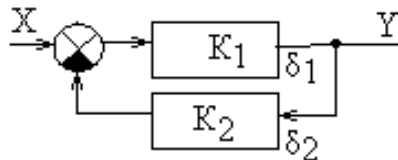
1 - магнит өткізгіш (феррит, магн. эл. темір); 2 - зәкір; 3 - қоректің орамасы; 4-қозудың өлшеуіш орамасы

Мұнда $U_{шығ} = U_1 - U_2$

Ушығ шығуының кернеуі қарсы қосылған орамдар арқылы Φ_1 және Φ_2 магнит индукциясы ағынының айырмасына пропорционал. Егер зәкір орта қалыпта болса, онда магниттік индукция ағынының айырмасы нөлге тең. Зәкір нөлдік жағдайдан ауытқыған кезде нөлдік белгіден өзгеше сигнал пайда болады.

Дифференциалды датчиктердің артықшылықтары:

- қосымша қателіктерді төмендету;
 - сезімталдықты арттыру мүмкіндігі және шығу сигналында тұрақты құрамдасын алып тастау;
 - датчиктің статикалық сипаттамасын жалпы желілендіру мүмкіндігі.
- Өтемдеуші қосылу сұлбасы (теріс кері байланыспен) (2.16 сур.).



2.16 сур. Өтемдеуші қосылу сұлбасы

$$y = \frac{K_1}{1 + K_1 \cdot K_2} \cdot x \quad (2.11)$$

$$\delta_{II} = \delta_1 \cdot \frac{1}{1 + K_1 \cdot K_2} - \delta_2 \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{K_1 \cdot K_2}} \quad (2.12)$$

Артықшылықтары:

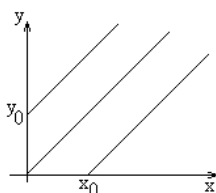
Өлшеуіш трактінің параметрлерінің өзгеруін өтемдеуші қабілетінің негізгі құндылығы (сигналдың өту жолы). ӨТ негізгі параметрі – қателігі: статикалық және динамикалық. Кері байланыс болған жағдайда осы қателікті басқара аламыз. Әртүрлі буындарды қолдана отырып, динамикалық қатені және т. б. басқара аламыз.

Мысалы, статикалық қатені азайту үшін астатизмді (ықпалдасушы буын) енгізу қажет.

ӨТ метрологиялық сипаттамалары.

Статикалық сипаттама - белгіленген режимде кіріс және шығыс шамалары арасындағы функционалдық тәуелділік. Датчиктің статикалық сипаттамалары датчиктің шығу сигналы жаңа мәнге орнатылғанда, ол өзгергеннен кейін біраз уақыт өткен соң өлшенетін шаманы қаншалықты дұрыс көрсететіндігін көрсетеді.

Ол коэффициент, теңдеу, график немесе кесте түрінде берілуі мүмкін. СЫЗЫҚТЫҚ сипаттаманың теңдеуі былайша жазылады (2.17 сур.):



2.17 сур. СЫЗЫҚТЫҚ сипаттамасы

$$y = f(x) = \pm B + K \cdot x \quad (2.13)$$

Мұнда B - кейбір тұрақты (const),

K - түрлендіру коэффициенті,

y_0 - бос жүріс сигналы,

x_0 - сезімталдық аймағы.

$B=0$ кезінде кесте координаттардың басы арқылы өтеді.

$B=0$, кесте координаттардың басы арқылы өтеді

$B>0$ кезінде мінездеме бос жүріс шамасына абсцисс осі бойынша бығыстырылған, бұл ретте $y_0=B$.

$B<0$ кезінде сипаттаманың 0-ден x_0 -ға дейінгі сезімталдық аймағы болады.

Учаскеде:

0-ден x_H -ға дейін: $y=K \cdot x$,

x_H -дан бастап ∞ дейін: $y=y_H$.

Егер сипаттамада түрлендіргіш жұмыс істейтін сызықтық учаскені бөлектейтін болса, онда шығыс (кіріс) сигналының жоғарғы және төменгі мәндері арасындағы айырмашылық ΔP түрлендіргішінің жұмыс диапазоны, ал олардың қатынасы - ΔD динамикалық диапазоны ретінде анықталады.

Датчиктің жұмыс ауқымы (operating range) кіріс шамасының немесе шығыс сигналының деңгейінің жоғарғы және төменгі шектерімен анықталады.

$$x = x_K - x_H \quad (2.14)$$

$$y = y_K - y_H \quad (2.15)$$

$$x = \frac{x_K}{x_H} \quad (2.16)$$

$$y = \frac{y_K}{y_H} \quad (2.17)$$

Сезімталдық шегі - шығу сигналының елеулі өзгеруін тудыратын кіріс сигналының сызықтық мәні.

Сонымен қатар, маңызды статикалық параметрлер: сезімталдық, рұқсат беретін қабілет немесе рұқсат ету, сызықтық, нөлдің дрейфі және толық дрейф, нәтиженің қайталануы және жаңғыртылуы болып табылады.

Датчиктің сезімталдығы (sensitivity) шығу сигналы шамасының бірлі-жарым кіріс шамасына қатынасы ретінде анықталады.

Рұқсат (resolution) - бұл датчикпен тіркелуі және дәл көрсетуі мүмкін өлшенетін шаманың ең аз өзгерісі.

Сызықтығы (linearity) аналитикалық сипатталмайды, ал датчиктің градириленетін қисығынан анықталады. Статикалық градирилеу қисығы шығу сигналының стационарлық жағдайда кіріс сигналынан тәуелділігін көрсетеді. Бұл қисықтың түзу сызыққа жақындығы және сызықтық дәрежесін анықтайды. Сызықтық тәуелділіктің максималды ауытқуы пайызбен көрсетіледі.

Дрейф (drift) өлшенетін шама ұзақ уақыт бойы тұрақты болған кезде датчиктің көрсеткішінің ауытқуы ретінде анықталады. Дрейфтің шамасы кіріс сигналының нөлдік, ең жоғары немесе кейбір аралық мәні кезінде анықталуы мүмкін. Нөлдің дрейфін тексеру кезінде өлшенетін шама нөлдік деңгейде немесе нөлдік шығыс сигналына сәйкес келетін деңгейде ұсталады, ал дрейфті максимумда тексеру датчиктің жұмыс диапазонының жоғарғы шегіне сәйкес келетін өлшенетін шаманың мәні кезінде орындалады. Датчиктің дрейфі күшейткіштің тұрақсыздығынан, қоршаған жағдайлардың (мысалы, температура, қысым, ылғалдылық немесе діріл деңгейі, электрмен жабдықтау параметрлері немесе датчиктің өзі (тозу, ресурсты өндіру, сызықсыздық және т. б.) өзгеруінен туындайды.

Қайталану (repeatability) бірдей жағдайларда өлшенетін шаманың берілген мәні кезінде бірнеше тізбекті өлшеулер арасындағы ауытқу ретінде сипатталады, атап айтқанда берілген мәнге жақындау әрдайым және өсу ретінде немесе кему ретінде жүргізілуі тиіс. Өлшеу дрейфтің әсері көрінбейтіндей уақыт аралығында орындалуы тиіс. Қайталану әдетте жұмыс ауқымынан пайызбен көрсетіледі.

Ойнату (reproducibility) қайталануға ұқсас, бірақ өлшемдер арасында үлкен аралықты талап етеді. Ойнатқыштық тексерулердің арасында датчик мақсаты бойынша пайдаланылуы тиіс және одан басқа калибрлеуге ұшырауы мүмкін. Ойнату уақыт бірлігіне (мысалы, ай) жататын жұмыс ауқымының пайызы түрінде беріледі.

Қателіктері. Өлшенетін шаманың шынайы мәні - сандық қатынаста объектінің қасиетін мінсіз дәл көрсететін мән.

Өлшенетін шаманың нақты мәні - өлшенетін шаманың мәні, шын мәнге жақындығы соншалық, бұл ағымдағы қолданбалы есепті шешу үшін шынайы мәнің орнына пайдаланылуы мүмкін.

Параметрді бағалау кезінде датчиктер қолданылады, қателігі бағаланады. Өлшеу қателігі - өлшенетін шаманың нақты мәннен ауытқуы.

Көп мәрте, ретсіз өзгерістер нәтижесіндегі ӨТ қателігін біле отырып, оны түзетуге болады.

Өлшеу қателігінің абсолюттік мәні өлшенетін шаманың өлшенетін шаманың бірлігіндегі нақты мәннен ауытқуын сипаттайды.

Салыстырмалы қателік - өлшеудің абсолюттік қателігінің өлшенетін шаманың ағымдағы мәніне пайызбен көрсетілген қатынасы.

Келтірілген қателік - өлшеу диапазонына абсолюттік қателіктің қатынасы.

Негізгі қателік - қалыпты пайдалану жағдайында оны қолдану кезінде өлшеу құрылғысында бар өлшеу қателігі [9].

Мысалы, салыстырмалы және келтірілген қателік сипаттаманың нүктелерінде, ал негізгісі – қалыпты жағдайда өлшеудің барлық диапазонында, яғни паспортта жазылған жағдайларда қарастырылуы мүмкін. Аспаптарда көбінесе негізгі қателік нормаланады.

Қосымша қателік - қалыпты пайдалану жағдайларымен салыстырғанда сыртқы жағдайлардың өзгерістерінен туындайтын, көбінесе пайыздармен көрінетін, оның салдары осы қателік болып табылатын қоздырушы бірлігіне жатқызылған қателік.

Өлшеу құралдарының рұқсат етілген қателігінің шегі - әлі қолдануға жарамды деп танылатын өлшеу құралдарының осы типі үшін нормативтік-техникалық құжатпен белгіленетін өлшеу құралдарының қателігінің ең үлкен мәні.

Сызықты еместік. Физикалық нақты құрылғылардың статикалық сипаттамалары, әдетте, сызықты болмайды. Бірақ өлшеуіш түрлендіргіштердің сызықтық сипаттамасы өте ыңғайлы болғандықтан, бұл жағдайда жол берулер қолданылады және сызықты емес сипаттаманы, оны ең жақын сызықтықпен ауыстыра отырып сызықтандырады. Бұл жағдайда сызықтандыру қателігі пайда болады. Алайда, жоғары дәлдікті алу кезінде сызықты емес бөлікті де ескереді. Көбінесе датчиктің қорытынды сипаттамасы тікелей, сирек – сызықты емес болып табылады.

Көптеген датчиктер сызықтық емес қасиетке ие. Мысалы, егер датчик жұмыс ауқымының жоғарғы шегіне жетсе, қанығу әсері көрінеді, яғни кіріс шамасы өссе де шығыс сигналы шектелген. Сызықтық емес мысалдары:

- серіппенің сызықты емес деформациясы;
- кулон үйкелісі;
- трансформаторлардың өзекшелерінде магниттік қанығу;
- шығын өлшеуіш сипаттамалары;

- термистор кедергісінің температураға тәуелділігі ($R = R_0 \exp(\beta (1 / T - 1 / T_0))$, мұнда T - Кельвин градустарындағы температура, а R_0 , T_0 және P - тұрақты).

Ерекше проблемалар тісті берілістердегі люфтпен және еркін жүрісі бар басқа да механизмдермен, сондай-ақ магнитті қанықтырумен байланысты. Мұндай құбылыстар тән датчиктердің шығыс сигналы - бұл оның өзгеру бағытына байланысты кіріс шамасының көп мәнді функциясы.

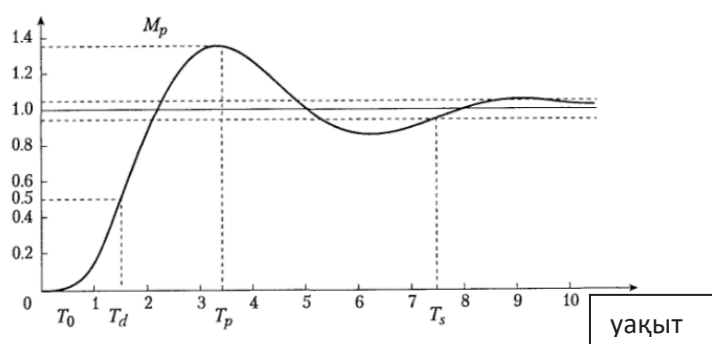
Өлшеу құралының динамикалық қателігі - айнымалы физикалық шаманы өлшеу кезінде қосымша пайда болатын және кіріс сигналының өзгеру жылдамдығына оның реакциясының сәйкессіздігіне байланысты қателік.

Датчиктің динамикалық қасиеттері бірнеше параметрлермен сипатталады, алайда, өндірушілердің техникалық сипаттамаларында өте сирек кездеседі.

Өлшеу түрлендіргіштері үшін әдетте келесі динамикалық сипаттамаларды нормалайды:

- уақыт тұрақты;
- коэффициенттері бар беріліс функциясы;
- жеке-дара секіріске немесе сатыға реакция;
- кешігу уақыты;
- жиілік сипаттамалары (логарифмдік және логарифмдік емес).

Датчиктің динамикалық сипаттамасын өлшенетін кіріс шамасының секіруіне реакция ретінде эксперимент ретінде алуға болады (2.18 сур.). Датчиктің реакциясын сипаттайтын параметрлер оның жылдамдығы (мысалы, өсу уақыты, кешігу, бірінші максимумға қол жеткізу уақыты), инерциялық қасиеттері (салыстырмалы қайта реттеу, орнату уақыты) және дәлдігі (ығысу) туралы түсінік береді.



2.18 сур. Датчиктің динамикалық реакциясы (секіріске реакциясы)

T_0 - сезімталдық аймағының өту уақыты, T_d - кешігу,
 T_p - бірінші максимумға қол жеткізу уақыты, T_s - орнату уақыты, M - қайта реттеу

Негізінде келесі параметрлерді азайтуға ұмтылу керек.

Сезімталдық аймағының өту уақыты (dead time) - физикалық шаманың өзгеруінің басталуы мен датчик реакциясының сәті арасындағы уақыт, яғни шығыс сигналының өзгеруінің басталу сәті.

Кешігу (delay time) - датчиктің көрсеткіштері бірінші рет белгіленген мәннің 50% - на жететін уақыт. Әдебиеттерде кешігудің басқа да анықтамалары кездеседі.

Өсу уақыты (rise time) - шығыс сигналы белгіленген мәннің 10-нан 90% - ға дейін артатын уақыт. Өсу уақытының басқа анықтамасы - белгіленген мәннен 50% жету сәтінде өлшенетін шаманың секіруіне датчиктің қисық реакциясының кері қисығы, белгіленген мәнге көбейтілген шама. Кейде басқа анықтамалар қолданылады. Аз өсу уақыты әрқашан тез реакцияны көрсетеді.

Бірінші максимумға қол жеткізу уақыты (peak time) - шығу сигналының бірінші максимумына қол жеткізу уақыты (қайта реттеу).

Өтпелі процесс уақыты, орнату уақыты (settling time) - датчиктің белгіленген мәннен шығуының ауытқуы берілген шамадан аз болатын уақыт (мысалы, $\pm 5\%$).

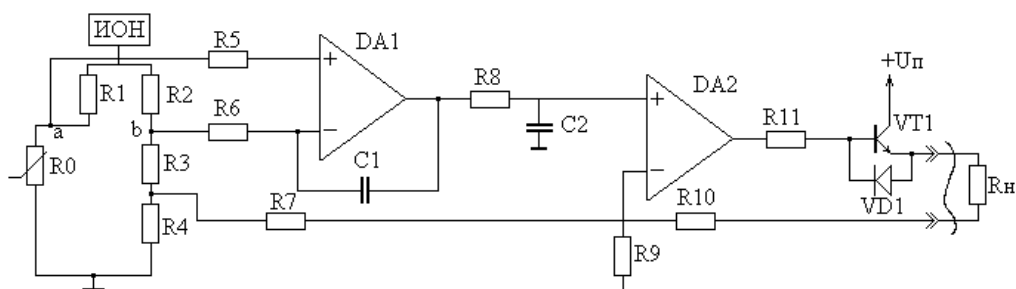
Салыстырмалы қайта реттеу (percentage overshoot) - белгіленген мәнге жатқызылған максималды және белгіленген мәндердің арасындағы айырмашылық (пайызбен).

Статикалық қате (steady-state error) - датчиктің шығыс шамасының шынайы мәннен ауытқуы немесе ығысуы. Датчиктің калибрлеуі арқылы жойылуы мүмкін.

Нақты жағдайларда датчиктерге қойылатын кейбір талаптар бір-біріне қайшы келеді, сондықтан барлық параметрлерді бір уақытта азайтуға болмайды. Динамикалық сипаттамалар бойынша датчиктердің көпшілігі бірінші және жоғары ретті күшейткіштерге, бейкезеңділік және тербеліс буындарына жатады.

Нормалаушы түрлендіргіштер. Резистивті датчиктер сигналдарын БУС-10 стандартты тоқ сигналына түрлендіргіш (2.19 сур.).

Сигналды қашықтықтан беру мақсатында, кедергінің салыстырмалы өзгеруінің резисторлы датчигінен 0.5mA стандартты тоқ сигналына түрлендіруге арналған.



2.19 сур. Резистивті датчиктер сигналдарын түрлендіргіш

Нөлге тең шығыс тоғының мәні R_D датчигінің R_0 бастапқы кедергісіне сәйкес келеді. Кедергіні R_0 -ден R_{\max} -ке дейінгі өзгерткенде шығу тоғы 0-ден 5мА-ға дейін өзгереді. ТКК - тірек кернеуінің көзі.

Сұлбаның функционалдық құрамы:

R_D - стандартты сипаттамасы бар резистивті датчик. Бұл сипаттама $R_0 = 100 \text{ Ом}$, $R_{\max} = 150 \text{ Ом}$ өзгерістерінің диапазонында өлшенетін шаманы өзгерткен кезде кедергінің бастапқы және соңғы мәндерімен нормаланады.

Резистивті көпірлік сұлба R_1, R_2, R_3, R_4 резисторларынан тұрады және ТКК-дан (тірек тоғы көзі) қоректенеді. Көпірлік сұлбаның элементі ретінде R_D кіреді.

Шығыс тоғының екі контурлы ΘT -реттеуіш $DA_1, DA_2, C_1, C_2, R_5, R_6, R_8, R_{11}$ және ОС R_7, R_9, R_{10} кедергілерден тұрады.

Бірінші реттеу контуры R_9 кернеудің төмендеуі түрінде DA_2 үшін кері байланыс сигналын қалыптастырады. Екінші реттеу контуры кернеудің R_4 -ке төмендеуін жасайды және осылайша өлшеу көпірін теңдестіреді. Шығыс каскады VT_1 транзисторында, R_{11} резисторында және VD_1 қорғағыш диоде жиналған. R_1, R_8 және C_2 элементтері сүзгілер құрайды және бір мезгілде астатизмді осы реттеуішке енгізетін элементтер болып табылады. Сұлбаның жұмысы кезінде кедергілер пайда болады. Сондықтан C_1, R_8 және C_2 элементтері бір мезгілде интеграторды құрайтын сүзгілер болып табылады.

БУС-10 қоректенуі импульстік түрлендіргіштен жүзеге асырылады.

Келесі белгілер қабылданды:

T - тұрақтандырғыш,

G - генератор,

T – трансформатор,

B_1, B_2 - түзеткіштер,

C_1, C_2 - сүзгілер.

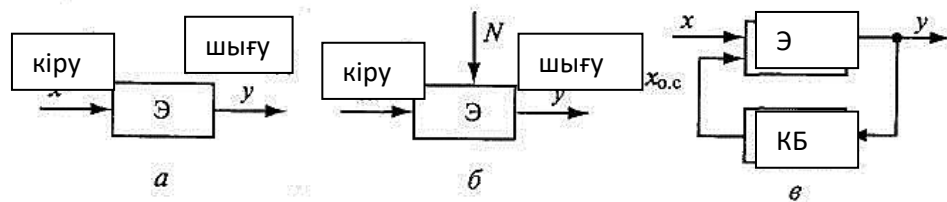
2.4. Автоматика жүйесінің күшейткіш элементтері

Датчиктер мен басқа да элементтердің шығыс сигналдары көптеген жағдайларда автоматты басқару жүйелерінің келесі элементтерін, мысалы, электр қозғалтқыштар мен тартқыш электр магниттер сияқты атқарушы құрылғылар туралы айтпағанда релені іске қосу үшін әлсіз және жеткіліксіз болып табылады. Сондықтан күшейткіштердің көмегімен басқару, өлшеу және бақылау сигналдарын күшейту қажеттілігі туындайды.

Қосымша қорек көзінің N энергиясы есебінен сигнал қуатын арттыруға арналған құрылғы күшейткіш деп аталады; бұл ретте y шығу (күшейтілген) шамасы кіріс сигналының x функциясы болып табылады және онымен бірдей физикалық табиғаты бар. Күшейткіштер автоматиканың белсенді элементтеріне жатады (2.20, б сур.).

Қосымша қуат көзінен алынатын энергия түріне байланысты электр, пневматикалық, гидравликалық, механикалық және басқа да күшейткіштер ажыратылады.

Электр күшейткіштері ең кең қолданылады, өйткені олар жоғары сезімталдыққа ие, салыстырмалы қарапайым күшейткіштің коэффициентін реттеуге жол береді, электрлік атқару құрылғыларымен (қозғалтқыштар, электрмагниттік және т.б.) жақсы үйлеседі.



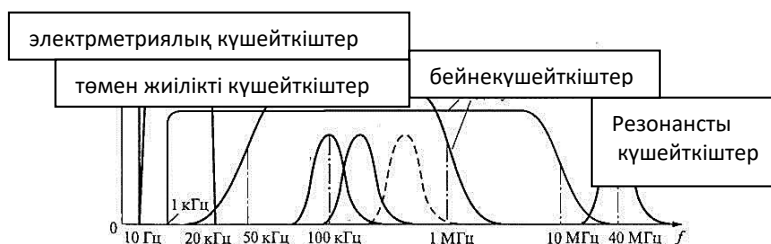
2.20 сур. АБЖ элементтерінің функционалдык сұлбасы
a - пассивті элемент (Э); *б* - белсенді элемент Э (күшейткіш);
В - кері байланысы бар элемент (КБ)

Әрекет ету қағидаты бойынша электр күшейткіштері екі топқа бөлінеді.

Бірінші топты күшейткіш элемент (электрондық шам, транзистор, басқарылатын индуктивтілік, басқарылатын сыйымдылық) негізге алынған күшейткіштер құрайды. Мұндай күшейткіштерде аз қуатты кіріс сигналы қуат көзінен күшейткіштің шығуына қосылған пайдалы жүктемеге көп энергияны беруді басқарады. Басқару (күшейткіш) элементінің түріне сәйкес шамдық, транзисторлық, магниттік, диэлектрлік күшейткіштер ажыратылады. Шамдық және транзисторлық күшейткіштер электронды күшейткіштердің атауымен жиі біріктіріледі, өйткені олардың әрекет ету принципі вакуумде және жартылай өткізгіштегі электрондық процестерге негізделген.

Электрондық күшейткіштерді келесі белгілер бойынша бөлуге болады:

- белсенді элементтің түрі - шамдық, транзисторлық, туннельді диодтар, параметрлік диодтар;
- жиілік диапазоны - электрметриялық, тұрақты ток, төмен жиілік, радио және аралық жиілік, АЖЖ;
- жиілік жолағының ені - тар жолақты, кең жолақты;
- сигнал түрі - гармоникалық, импульстік;
- электр параметрі - кернеу, ток, қуат;
- жүктеме түрі - резисторлы, резонанстық.



2.21 сур. Түрлі күшейткіштердің түрлерінің жиілік диапазондары

Екінші топты шығыс және басқару сигналдарының энергия түрінен ерекшеленетін қуат энергиясы түрлендірілетін күшейткіштер құрайды. Бұл топ үшін ең типтік электр машиналық күшейткіш болып табылады, онда механикалық жетек энергиясы электр энергиясына айналады.

Күшейткіш электр сигналдарының сипаты бойынша ажыратылады:

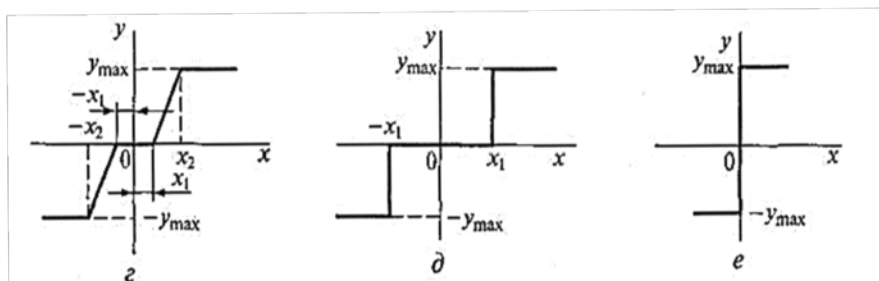
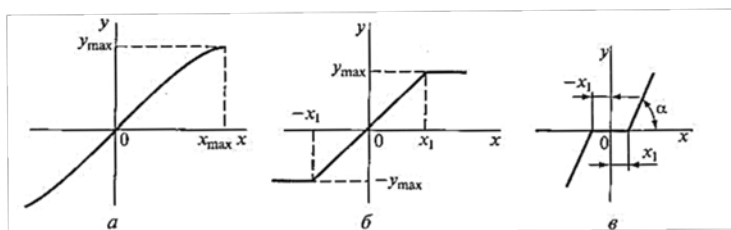
- әртүрлі шамалар мен қалыптардың үздіксіз сигналдарын күшейткіштер;
- импульстік мерзімді және периодсыз емес сигналдарды күшейтуге арналған импульстік күшейткіштер.

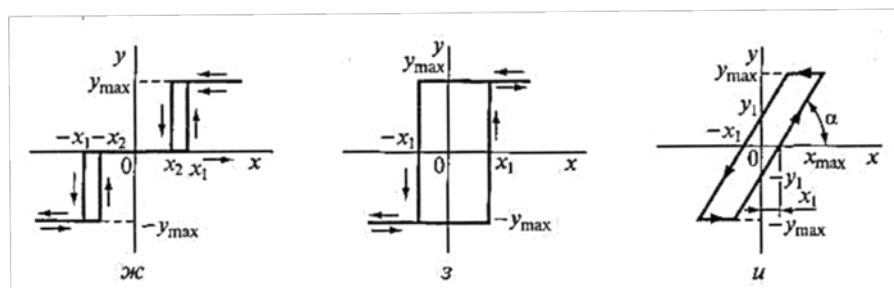
Күшейткіш сигналдардың жиілігі бойынша ажыратылады:

– төменгі жұмыс жиілігінен $f_H > 0$ бастап f_B жоғарғы жұмыс жиілігіне дейін жиілік жолағында сигналдарды күшейткіш айнымалы тоқтың күшейткіштері, бірақ олардың тұрақты құрамын күшейте алмайды;

– тұрақты тоқтың күшейткіштері, жиілік жолағында нөлден ($f_H = 0$) бастап f_B дейін сигналдың ауыспалы құраушыларын да, сонымен қатар оның тұрақты құраушысын да күшейткіштер.

Басқарушы (күшейткіш) элемент резисторлармен, конденсаторлармен және сұлбаның басқа да бөлшектерімен бірге күшейткіш каскад деп аталады. Бір каскадпен сигналдың жеткіліксіз күшеюі кезінде алдын ала күшейту рөлін атқаратын және қуатты шығу каскадының жұмысын қамтамасыз ететін бірнеше каскадты біріктіру пайдаланылады. Осыған байланысты біркаскадты және көпкаскадты күшейткіштер бар. Каскадтар күшейткіштің шығысына кіруден өспелі ретпен нөмірленеді, бұл ретте кіруден бірінші каскад кіру деп аталады, ал соңғысы шығу (шеткі) деп аталады.





2.22 сур. Элементтерді басқару сипаттамалары

a - үздіксіз сызықты емес; б-сызықтықтың шектеулі аймағымен; в – сезімтал емес аймағы бар; г – сезімтал емес және қанығу аймағы бар; д – сезімтал емес аймағы бар релелік; e - мінсіз релелік; ж – сезімтал емес және бір мәнді емес аймағы бар; з - бір мәнді емес; и - гистерезис ілмегімен

Автоматты басқару жүйесінің күшейткіштерінің негізгі сипаттамалары мен параметрлері болып табылады:

- басқару сипаттамасы;
- динамикалық сипаттамалары;
- қуатты күшейту коэффициенті;
- кіріс және шығыс кедергісі;
- пайдалы әсер коэффициенті (шығыс каскадтары үшін);
- өз шуының деңгейі.

Күшейткіштерді басқару сипаттамалары (2.23 сур.) жиі сызықсыз және, атап айтқанда, сезімтал емес және қанығу аймақтарымен; сезімтал емес аймақтарымен, қанығу және бір мәнді емес аймақтарымен; релелік типтегі болуы мүмкін. Нысан бойынша бұл сипаттамалар бұрын келтірілген басқарудың кейбір сипаттамаларына ұқсас. Кейбір жағдайларда күшейткіштен шығу және кіріс шамалары арасындағы айтарлықтай сызықты емес (релелік) тәуелділік талап етілетінін атап өткен жөн. Реле режимінде кез келген күшейткіш жұмыс істей алады, бұл ретте электронды және магниттік күшейткіштердің релелік жұмыс режимі жиі қолданылады. Мысалы, релелік режимде транзисторлық күшейткіштер электр қозғалтқыштары мен электромагниттік механизмдердің импульстік басқару жүйелерінде кеңінен қолданылады[10].

Күшейткіштердің сипаттамалары. Күшейткіштің маңызды параметрлерінің бірі *қуатты күшейту коэффициенті* болып табылады, ол белгіленген режимде

$$K_p = \frac{P_{\Delta\dot{U}\delta}}{P_{\Delta\delta}}, \quad (2.18)$$

ара қатынасымен анықталады, онда $P_{шығ}$, $P_{кір}$ - шығу және кіру сигналдарының қуаты.

Алайда, кейбір жағдайларда практикалық маңызы сигнал қуатының күшеюі емес, кернеу немесе тоқ бойынша оның деңгейінің ұлғаюы. Осыған

байланысты қуатты күшейткіштерге, кернеуді күшейткіштерге, тоқты күшейткіштерге шартты бөлімше қабылданған, бірақ олардың барлығы қуат күшейткіштері болып табылады және олардың әрқайсысында $P_{\text{шығ}} > P_{\text{кір}}$.

Кернеу мен тоқтың күшейткіштері үшін сәйкесінше кернеу мен ток бойынша күшейту коэффициенттерін ажыратады, олар белгіленген режимде мына ара қатынаспен анықталады:

$$K_U = \frac{U_{\Delta\dot{U}\dot{O}}}{U_{\Delta\dot{O}}}; \quad K_I = \frac{I_{\Delta\dot{U}\dot{O}}}{I_{\Delta\dot{O}}}, \quad (2.19)$$

мұнда $U_{\text{шығ}}, U_{\text{кір}}, I_{\text{шығ}}, I_{\text{кір}}$ - тиісінше шығыс және кіріс сигналдарының кернеулері мен тоқтары.

Күшейткіштің жұмыс режимі кіріс $R_{\text{кір}}$ және шығыс $R_{\text{шығ}}$ кедергілерінің және R_{Γ} сигнал көздерінің кедергілерінің және R_{H} жүктемесінің қатынасымен анықталады.

Күшейткіш үшін кернеу $R_{\Gamma} \ll R_{\text{кір}}, R_{\text{H}} \gg R_{\text{шығ}}$, яғни ол шығудағы бос жүріске іс жүзінде жақын режимде жұмыс істейді; кіріс және шығыс шамалары кернеу болып табылады.

Тоқтың күшейткіші үшін $R_{\Gamma} \ll R_{\text{кір}}, R_{\text{H}} \gg R_{\text{шығ}}$, яғни ол шығыстағы қысқа тұйықталуға жақын режимде жұмыс істейді; мұнда кіріс және шығыс шамалары ток болып табылады.

Қуат күшейткіші үшін $R_{\text{кір}} \approx R_{\Gamma}, R_{\text{H}} \approx R_{\text{шығ}}$, т. е., ол шарттарда келісілген жүктемеде жұмыс істейді, бұл ретте шығыс шамасы қуат болып табылады (келісудің ең жоғары жағдайында).

Кернеу күшейткішіне $U_{\text{шығ}} > U_{\text{кір}}$ қосымша талап қойылады, ал қуат күшейткіштері ретінде ол орындалмауы да мүмкін. Алайда қуат күшейткіші кіріс сигналының тиісті амплитудасында белгілі бір қуатты жүктемеге беруі тиіс.

Қуатты күшейту коэффициенті күшейткіштің әрекет ету принципі мен конструкциясына байланысты $1 \dots 10^7$ құрауы мүмкін.

Әдетте күшейткіштің коэффициенті өлшемсіз шама болып табылады, себебі күшейткіштердің кіріс және шығыс шамалары бірдей мөлшерге ие. Кейбір жағдайларда күшейту коэффициентінің мөлшері болуы мүмкін. Мысалы, тоқ шығымы бар кернеу күшейткіштері күшейту коэффициентімен сипатталады - тіктігімен:

$$S_{\dot{o}} = \frac{I_{\Delta\dot{U}\dot{O}}}{E_{\dot{A}}} \approx \frac{I_{\Delta\dot{U}\dot{O}}}{U_{\Delta\dot{U}\dot{O}}}. \quad (2.20)$$

Үлкен қуатты күшейткіштер үшін *пайдалы әрекет коэффициенті* маңызды көрсеткіш болып табылады, ол жүктемеге берілетін қуаттың тұтынылатын қуатқа қатынасын білдіреді.

Күшейткіштердің динамикалық қасиеттері олардың *жиіліктік сипаттамаларымен* анықталады.

Жиіліктік сипаттамалар бойынша күшейткіште реактивті элементтердің болуымен байланысты кіріс сигналының формасынан шығу сигналының формасының ауытқуын - күшейткішпен енгізетін *сызықтық емес бұрмалауларды* бағалауға болады.

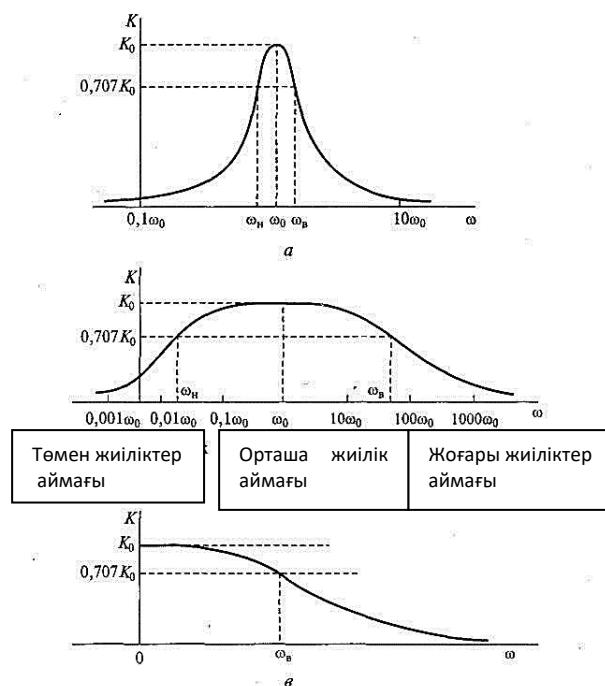
Күрделі периодтық тербелісті күшейткіштің кіруіне беру кезінде жекелеген гармоникалық құрамдастар бірдей күшеймейді және уақыт бойынша (яғни фаза бойынша) әртүрлі қозғалады. Сигнал жиілігінің өзгеруі кезінде күшейткіштегі күшейту коэффициенті сұлбада реактивті кедергілердің болуына байланысты модуль бойынша да, фаза бойынша да өзгереді. Осылайша, әр түрлі жиіліктердің біркелкі емес күшеюі және фазаның ауысуы шығыс сигналының формасының бұрмалануына әкеледі. Көбінесе күшейту жоғары және төмен жиіліктерде азаяды.

Күшейткіштердің жиіліктік сипаттамаларын және күшейткіш сигналдың бұрмалануын қарау кезінде шекаралық жиілік және өткізу жолағы ұғымдары енгізіледі.

Шектес жиілік $f_{гр}$ ($\omega_{гр}$) деп номинал деп қабылданған күшейту күшейтуден берілген мәнге азаятын жиілік аталады.

Әдетте шекара жиілігі ең жоғары мәнге қатысты күшейтуді кернеу немесе тоқ бойынша $= 0,707$ деңгейіне дейін және қуаты бойынша $0,5$ деңгейіне дейін, яғни екі жағдайда да 3 дБ –ге азайтуға сәйкес келеді. Шекаралық жиілік K_0 күшейту коэффициентінің максималды мәніне сәйкес келетін ω_0 жиілігіне қарай, амплитудалық-жиілік сипаттамасының қай жағына қарай орналасқан байланысты жоғарғы f_B ($\omega_B = 2\pi f_B$) және төменгі f_H ($\omega_H = 2\pi f_H$) болуы мүмкін (2.24, а, б сур.). Жиілік диапазоны $f_H \dots f_B$ ($\omega_H \dots \omega_B$) шартты өткізу жолағы деп аталады.

Амплитудалық-жиіліктік сипаттаманың және жиілік жолағының түрі бойынша күшейткіштер олар үшін арасалмағы $\omega_e - \omega_n \ll \frac{\omega_e + \omega_n}{2}$ немесе $\omega_B \approx \omega_n$, және кеңжолақты (2.24, б сур.) болатын таңдамалы болып бөлінеді (2.24, а сур.), олар жоғарғы шекаралық жиіліктің төменгі жиіліктің жоғары асуымен сипатталады: $\omega_B \gg \omega_n$. Кеңжолақты күшейткіштерде жоғарғы және төменгі жиіліктер аймағы ажыратылады, яғни, онда амплитудалы - мен фазочастотные бұрмалау елеулі, сондай-ақ, орта жиілік, онда бұрмалау көп емес.



2.23 сур. Күшейткіштердің амплитудалық-жиілікті сипаттамалары
А – таңдамалы ауыспалы тоқтың; б - кең жолақты айнымалы тоқтың; в - тұрақты тоқтың

Ерекше классты тұрақты тоқтың күшейткіштері құрайды, олардың амплитудалық-жиіліктік сипаттамасы 2.24, в суретте көрсетілген. Бұл күшейткіштер кез-келген баяу өзгеретін сигналдарды шығаруға қабілетті.

Күшейткіш синусоидалды сигналдың сызықсыз бұрмалануын қараған кезде синусоидалды емес шығу сигналын кіріс сигналының жиілігімен негізгі гармоникадан және жоғарғы гармониктер қатарынан тұратын қатарға орналастыруға болады. Гармоникалық сигналдардың күшейткіштерінде сызықты емес бұрмалаулар сызықты емес бұрмалаулар коэффициентімен бағаланады:

$$K_{\text{ши}} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}{U_1^2}} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}{I_1^2}}, \quad (2.21)$$

мұнда U_1, I_1 , - шығыстағы кернеу мен тоқтың бірінші гармоникаларының қолданыстағы мәндері;

U_n, I_n - шығыстағы кернеу мен тоқтың n -ші гармоникасының қолданыстағы мәндері;

n - гармоника нөмірі.

Сызықтық емес бұрмалаулар коэффициентінің рұқсат етілген мәні күшейткіштің тағайындалуымен анықталады.

Күшейткіштердің жұмысы құрамына жылу шуы, басқарушы (күшейткіш) элементтердің шуы және т. б. кіретін өз шуларымен сүйемелденеді. Шығудағы шулар белгілі бір деңгейінен, яғни, шығу

сигналының алдын ала белгіленген үлесінен аспауы тиіс, олай болмаған жағдайда шығыс сигналы жол берілмейтіндей бұрмаланған болуы мүмкін.

Қазіргі заманғы автоматика жүйелерінде жартылай өткізгіш транзисторлы күшейткіштерді пайдалануды кеңейту үрдісі байқалады, олар жоғары сенімділік, қызмет ету мерзімі, шағын габариттік және әрекетке тұрақты дайындық сияқты күшейткіштерге қойылатын негізгі талаптарға барынша жауап береді.

Өтпелі сипаттама деп шығыс шамасының кіріс шамасының импульстік өзгеріс кезіндегі уақыт тәуелділігі аталады.

Динамикалық диапазон қатынасы арқылы анықталады:

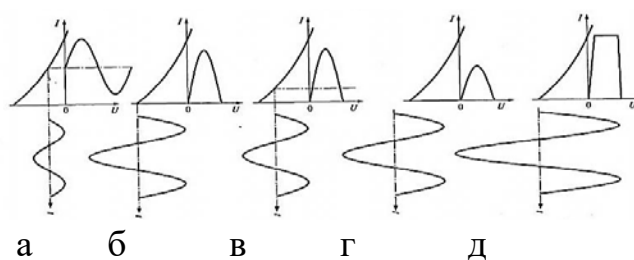
$$D_U = \frac{U_{\hat{a}\hat{\delta}_{\max}}}{U_{\hat{a}\hat{\delta}_{\min}}} \quad (2.22)$$

Әдетте, барлық күшейткіштерде үлкен кіріс кедергісін және аз шығу кедергісін жасауға ұмтылады. Бұл генератор жағынан кіріс сигналын тұйықтамауға және күшейткіш параметрлеріне жүктеменің әсерін азайтуға мүмкіндік береді.

Күшейткіштің жұмыс режимі А, В, АВ, С және Д - сигналдарды күшейту класстарына бөлінеді.

А режимінде күшейткіштің жұмысы кезінде (2.25, а сур.) айнымалы тоқ барлық кезең ішінде шығу тізбегінде өтеді. Кіріс сигналының деңгейіне қарамастан, үздіксіз қоректендіру көзінен жұмыс нүктесіндегі тоққа пропорционалды сол бір қуат тұтынылады. Бұл ретте күшейткіштің ПӘК төмен.

В режимі (2.25, б сур.) тыныштық тоғының нөлге теңдігімен сипатталады. Қиылу бұрышы 180° тең. Тоқ жарты период ішінде өтеді. Күшейткіштің жоғары ПӘК бар. Күш құрылғыларында қолданылады. Үлкен сызықты емес бұрмалаулар бар. АВ режимінде (2.25, в сур.) қиылу бұрышы 180° -ден 360° дейін. В режимімен салыстырғанда ПӘК жоғары, ал сызықтық емес бұрмалаулар аз. С режимінде (2.25, г сур.) қиылу бұрышы 180° аз, үлкен сызықтық емес бұрмалаулар пайда болады. Күшейткіш жиілік көбейткішінде қолданылады. Д режимінде (2.25, д сур.) күшейткіш гармоникалық сигналды импульстікке түрлендіреді.



2.24 сур. Әртүрлі жұмыс режимдері кезінде күшейткіштердің кіріс және шығыс сигналдары

А - А режимі; б - В режимі; в - АВ режимі; г - С режимі; д - Д режимі

2.5. Ауыстырып қосқыш құрылғылар мен таратқыштар

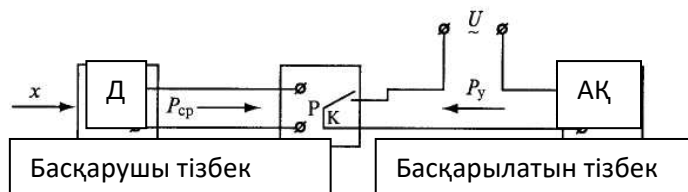
Электр релесі. Автоматика және телемеханика жүйелерінде ең көп таралған элементтердің бірі реле болып табылады. Реле - бұл белгілі бір шектерде үздіксіз өзгеретін басқару сигналының әсерінен шығу сигналының секіріс тәрізді өзгеруін (ауыстырып қосуды) автоматты түрде жүзеге асыратын құрылғы.

Электр релесі аралық элемент болып табылады, ол басқару тізбегінің белгілі бір электр сигналдарының әсер етуі кезінде бір немесе бірнеше басқарылатын электр тізбектерін іске қосады (2.25 сур.).

Реленің негізгі параметрлері:

- $P_{орт}$ іске қосылу қуаты - сенімді іске қосу, яғни басқарылатын тізбекті іске қосу үшін басқарушы тізбектен релеге келтірілуі тиіс ең аз электр қуаты. Бұл қуат реленің жалпы электрлік және құрылымдық параметрлерімен анықталады;

- P_y басқару қуаты - реленің контактілері әлі сенімді жұмыс істейтін басқарылатын тізбектегі максималды электр қуаты. Басқарудың қуаты басқарылатын тізбекті ауыстырып қосатын реленің контактілерінің параметрлерімен анықталады.



2.25 сур. Реленің автоматты басқару жүйесіне қосылуының құрылымдық сұлбасы

x - бақыланатын шама; $Д$ - датчик; $Р$ - реле; $АҚ$ - атқарушы құрылғылар; $К$ - реле байланысы

- реленің тиісті түрін таңдау $P_{орт}$ мен P_y мәндерінің негізінде жүргізіледі, өйткені бұл параметрлер реленің жеке конструкциялары үшін тұрақты;

- P_p рұқсат етілген ажыратқыш қуаты - осы кернеу кезінде тұрақты электр доғасының түзілуінсіз белгілі бір тоқ немесе кернеу кезінде түйіспелермен үзілетін тізбектегі қуат;

- K_y басқару коэффициенті - басқарылатын қуаттың реленің іске қосылу қуатына қатынасын сипаттайтын шама: $K_y = P_y / P_{орт} \geq 1$;

- t_{cp} іске қосылу уақыты - басқару тізбегінен сигнал келіп түскен сәттен бастап реленің басқарылатын тізбекке әсер етуі басталған сәтке дейінгі уақыт аралығы. t_{cp} рұқсат етілген мәні басқарылатын тізбекке қажетті жылдам сигнал беру арқылы анықталады.

Реленің бар түрлерін келесі негізгі белгілер бойынша жіктеуге болады:

– басқару, қорғау және сигнал беру;

– жұмыс істеу принципі - электромагниттік (электромагнитті, бейтарап, электромагнитті поляризацияланған, магнитоэлектрлік, электродинамикалық, индукциялық, электротермиялық), магниттік контактісіз, электрондық, триггерлік (контактісіз-электрондық), фотоэлектрондық, ионды;

– өлшенетін шама - электрлік (тоқ, кернеу, қуат, кедергі, жиілік, қуат коэффициенті), механикалық (күштер, қысым, жылдамдық, жылжу, деңгей, көлем және т. б.), жылу (температура, жылу мөлшері), оптикалық, дыбыс күші және басқа да физикалық шамалар (уақыт, тұтқырлық және т. б.);

– басқару қуаты - басқару қуаты $P_y \leq 1$ Вт аз қуатты, $P_y = 1 \dots 10$ Вт орташа қуатты, $P_y > 10$ Вт қуатты;

– іске қосылу уақыты - инерциясыз ($t_{cp} \leq 0,001$ с), жылдам әрекет ететін ($t_{орт} = 0,001 \dots 0,050$ с), баяулаған ($t_{орт} = 0,15 \dots 1,00$ с), уақыт релесі ($t_{орт} > 1$ с).

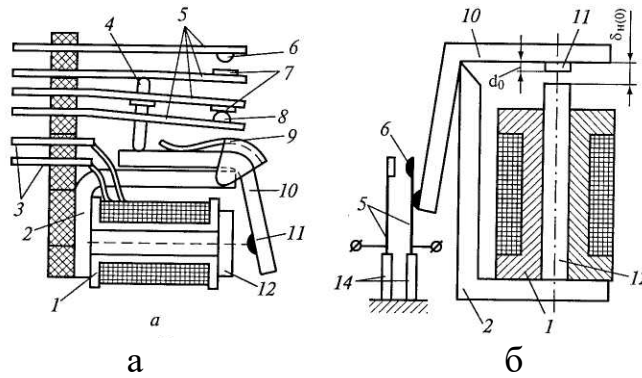
Ең көп таралғаны электромагниттік реле, онда кіріс электр шамасының өзгеруі контактілердің тұйықталуына немесе ажыратылуына алып келетін жылжымалы бөлік - зәкірдің механикалық орын ауыстыруын тудырады.

Тұрақты тоқтың электромагниттік релесі. Электромагниттік реле электромагниттік реле тобынан кең тараған болып табылады және автоматика, телемеханика және есептеуіш техника құрылғыларында кеңінен қолданылады. Егер электромагниттік реле қуатты тоқ тізбектерін ауыстырып қосу үшін пайдаланылса, олар контакторлар деп аталады. Тұрақты тоқ релесі бейтарап және поляризацияланған болып бөлінеді. Нейтралды реле оның орамасы бойынша өтетін екі бағыттағы тұрақты тоққабірдей әсер етеді, яғни зәкірдің жағдайы реле орамындағы тоқтың бағытына байланысты емес. Поляризацияланған Реле сигналдың полярлығына жауап береді.

Зәкір қозғалысының сипаты бойынша электромагниттік бейтарап реле екі түрге бөлінеді: зәкірдің бұрыштық қозғалысымен және тартпалы зәкірмен.

2.26 суретте клапанды типті және шарғының ішіне тартылатын зәкірі бар электромагниттік реленің сұлбалары көрсетілген. Жұмыс ауа саңылауының магниттік кедергісін азайту үшін электромагниттік реленің өзекшесі әдетте полюсті ұштықпен жабдықталады.

Басқару сигналы болмаған кезде зәкір өзекшеден қайтарылатын серіппенің есебінен ең жоғарғы қашықтыққа алынып тасталады (2.26, а сур.). Бұл жағдайда контактілердің бір жұбы тұйықталған (жібергіш контактілер - ЖК), ал екінші жұбы ажыратылған (тұйықтаушы контактілер - ТК).



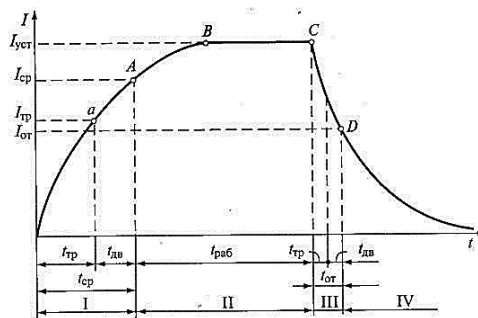
2.26 сур. Электрмагниттік реленің сұлбалары

а - тұйықтаушы және ажыратушы контактілері бар клапанды типті; *Б* - тұйықтаушы контактілері бар клапанды типті:

1 - орамалы қаңқалар; 2 - мойынтұрық; 3 - орамның шықпалары; 4 - қалып; 5 - контактілі серіппелер; 6 - тұйықтаушы контактілер; 7 - жылжымалы контактілер; 8 - ажыратқыш контактілер; 9 - қайтарымды серіппелер; 10 - зәкір; 11 – ажыратқыштың сұққышы; 12 - өзекше; 13- өткізгіш қабат; 14 - оқшаулағыштар

Мұндай реленің әрекет ету принципі келесідей: орамаға (шарғыға) тоқты беру кезінде магнитті ағын пайда болады, ол өзекше, мойынтұрық, зәкір және $\delta_{н(0)}$, ауа саңылауы арқылы өтіп, зәкірді өзекшеге тартатын магнитті күш жасайды. Бұл ретте зәкір қалыпқа әсер ете отырып, оны ТК байланыстары тұйықталатындай, ал ЖК ажыратылатындай етіп жылжытады.

Зәкірдің бұрыштық қозғалуымен (2.27 сур.) реле мысалында кезеңдер бойынша реле жұмысының (2.26, б сур.) ерекшеліктерін қарастырайық. Тоқ катушкасының индуктивтілігі есебінен онда тоқ бірден емес, біртіндеп өседі(кемиді). Жұмыс істеу және жіберу процесінде реленің жұмысын егжей-тегжейлі қарау кезінде төрт кезеңді анықтауға болады.



2.27 сур. Реле жұмысының уақыт диаграммасы

I кезең - реленің іске қосылуы. Бұл кезеңнің ұзақтығы - t_{cp} толық іске қосылу уақыты, яғни кернеу шарғысына берілгеннен бастап контактілердің сенімді тұйықталу сәтіне дейінгі уақыт аралығы (a нүктесі); $I_{тр}$ - зәкірдің

қозғалысы басталатын үйкеліс тоғы; $t_{тр}$ - тоқ $I_{тр}$ (а нүктесі) мәніне жететін уақыт, яғни зәкір қозғалысының басталуына сәйкес келетін аралық; $I_{орт}$ - реле іске қосылатын тоқ; $t_{қоз}$ - зәкірдің іске қосылу кезіндегі қозғалу уақыты. Осылайша, зәкір қозғалысының аяқталуына жауап беретін толық жұмыс істеу уақыты, $t_{орт} = t_{тр} + t_{қоз}$.

II кезең - реленің жұмысы ($t_{жұм}$ - реленің жұмыс уақыты). Реле іске қосылғаннан кейін орамдағы тоқ белгіленген мәнге жеткенше ұлғаяды (AB учаскесі). AB учаскесі реле шайқалған кезде зәкірдің дірілін болдырмайтын зәкірдің өзекшеге сенімді тартылуын қамтамасыз ету үшін қажет. Кейін реленің орамындағы тоқ өзгеріссіз қалады. Белгіленген тоқтың $I_{орн}$ іске қосылу тоғына $I_{ср}$ қатынасы $K_{кор}$ іске қосылуы бойынша реле қорының коэффициенті, яғни деп аталады $K_{кор}$ реле жұмысының сенімділігін көрсетеді: $K_{кор} = I_{орн}/I_{ік} = 1,5...2$. Шама $I_{орн}$ реленің қыздыру шарттары бойынша оны орама үшін рұқсат етілген мәннен аспауы тиіс.

III кезең - реле жіберу. Бұл кезең сигнал беруді тоқтату сәтінен басталады (C нүктесі) және реле орамындағы тоқтың $I_{от}$ мәніне дейін азайтылған сәтке дейін жалғасады (D нүктесі - басқарылатын тізбекке реленің әсерін тоқтату). Бұл жағдайда $t_{үйк}$ жіберу кезінде үйкеліс уақыты және $I_{қоз}$ қозғалыс уақыты ажыратылады.

Жіберу уақыты $t_{от} = t_{тр} + t_{қоз}$, мұнда $t_{үйк}$ - жіберу кезінде зәкірдің қозғалуы басталғанға дейінгі уақыт; $t_{қоз}$ - зәкірдің қозғалу ұзақтығы. Жіберу тоғының іске қосу тоғына қатынасы қайтару коэффициенті деп аталады:

$$K_{в} = I_{от}/I_{орт} < 1; \text{әдетте } K_{в} = 0,4...0,8.$$

IV кезең - реленің түйіспелерін ажыратқан сәттен бастап (D нүктесі) оның орамына жаңа сигнал келіп түскен сәтке дейінгі уақыт кесіндісі. Басқару сигналдары бір - бірінен кейін жылдам жүргенде реленің жұмысы ең жоғарғы іске қосылу жиілігімен (уақыт бірлігінде реленің іске қосылу санымен) сипатталады.

Айнымалы тоқтың электромагниттік релесі. Негізгі энергия көзі айнымалы тоқ желісі болып табылатын жағдайларда, орамдары айнымалы тоқпен қоректенетін релені қолданған жөн. Орамаға айнымалы тоқ релесін беру кезінде зәкір өзекшеге зәкірлер мен өзекшенің арасындағы саңылауда пайда болатын және электромагниттің орамасында тоқтың ағуы кезінде пайда болатын Φ_{δ} магниттік ағынға пропорционал F_{δ} электромагнитті күштің әсерінен тұрақты тоқ сияқты тартылады:

$$F_{\delta} = \frac{\Phi_{\delta}^2}{2\mu_0 S_{\delta}}. \quad (2.23)$$

Электромагнит орамындағы тоқ айнымалы болғандықтан, жұмыс саңылауында осы тоқты түзетін Φ_{δ} магнит ағыны да айнымалы болады, яғни,

$$\Phi_{\delta} = \Phi_{\delta \max} \sin \omega t. \quad (2.24)$$

Түрлендіруден кейін біз аламыз

$$F_{\text{Э}} = F_{\text{Эmax}} \sin^2 \omega t; \quad (2.25)$$

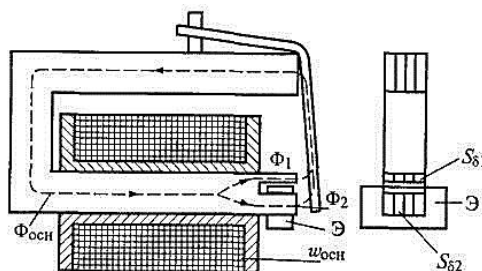
немесе

$$F_{\text{Эmax}} = \frac{\Phi_{\delta \text{max}}^2}{2\mu_0 S_{\delta}}, \quad (2.26)$$

мұнда μ_0 - магниттік тұрақты.

Өзекшенің ұшының бөлігін қамтитын қысқа тұйықталған орамды (экранды) қолдану (ыдыратылған өзекшені) реле зәкірінің дірілін жоюдың ең тиімді тәсілі болып табылады.

2.28 суретте қысқа тұйықталған орамды айнымалы тоқ релесінің сұлбас бейнеленген (реленің түйіспелері және орамның шықпалары сұлбада көрсетілмеген). Зәкірге қараған өзекшенің ұшы екі бөлікке бөлініп, олардың біреуіне қысқа тұйықталған орама - Э экраны (бір немесе бірнеше орам)кигізілген.



2.28 сур. Қысқа тұйықталған ораммен айнымалы тоқ релесінің сұлбасы

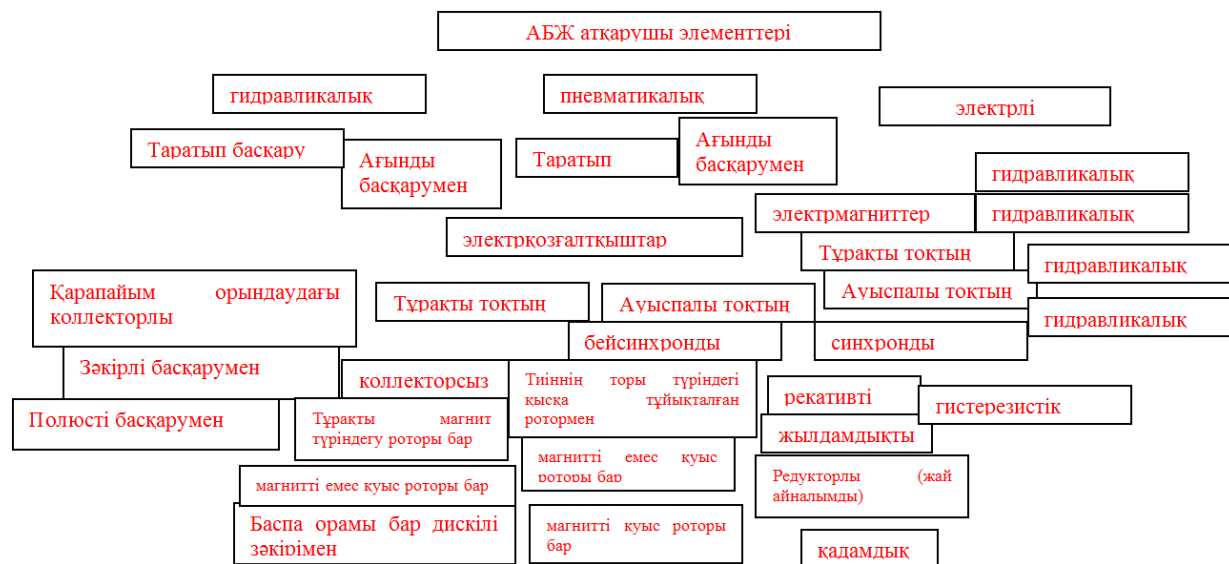
Реленің жұмыс істеу принципі келесідей. $W_{\text{нег}}$ негізгі орамының $\Phi_{\text{нег}}$ айнымалы магнит ағыны өзекшенің кесілген бөлігінен өтіп, екі бөлікке бөлінеді. Φ_2 ағынының бөлігі $S_{\delta 2}$ қимасымен полюстің экрандалған жартысы арқылы өтеді, онда қысқа тұйықталған орам (экран) орналастырылады, ал Φ_1 ағынының басқа бөлігі $S_{\delta 1}$ қимасымен полюстің экрандалмаған жартысы арқылы өтеді. Φ_2 ағыны $I_{\text{кз}}$ тоғын жасайтын ЭҚК $e_{\text{кз}}$ қысқа тұйықталған орамына дәлдейді. Сонымен қатар, Φ_2 магнит ағынына әсер ететін және Φ_1 ағынына қатысты фаза бойынша $\varphi = 60 \dots 80^\circ$ бұрышына оның артта қалуын тудыратын $\Phi_{\text{кз}}$ тағы бір магнит ағыны пайда болады. Осының арқасында F_e нәтиже күші ешқашан нөлге жетпей қоймайды, өйткені ағындар уақыттың әр сәтінде нөл арқылы өтеді

2.6. Автоматика жүйелерінің атқарушы элементтері

Автоматика жүйелерінің атқарушы элементтері (АЭ) басқару объектісінің (БО) реттеуші органына (РО) басқарушы ықпал жасау үшін арналған. Бұл ретте РО жағдайы немесе жай-күйі өзгереді, бұл ақыр соңында басқару алгоритміне сәйкес БО жағдайының немесе жай-күйінің өзгеруіне әкеледі.

АБЖ атқарушы элементтерін жіктеу нұсқаларының бірі 2.29-суретте көрсетілген.

АЭ шығысындағы басқарушы әсерге байланысты екі түрге бөлінеді: күштік және параметрлік. РО кеңістіктік жағдайының өзгеруі, егер АЭ күш немесе сәт түрінде басқарушы әсер еткен жағдайда мүмкін болады. Мұндай АЭ күштік атауларын алды. Оларға электромагниттер, электромеханикалық жалғастырғыштар, қозғалтқыштардың түрлі түрлері жатады.



2.29 сур. АБЖ атқарушы элементтерін жіктеу нұсқаларының бірі

Мысалы, АЭ биіктігі бойынша ұшу аппаратының ұшуын автоматты басқару жүйесінде берілген биіктіктен нақты мәннің ауытқуы кезінде биіктік рөлінің жағдайын өзгертетін қозғалтқыш болып табылады. Қозғалтқыш, редуктор және қозғалтқышты басқару элементтері бар құрылғы (күшейткіш, реле, контактор, бөліп таратқыш және т.б.) күш жетегі немесе жай жетек деп аталады. Қозғалтқышқа келтірілетін энергия түріне байланысты электр - пневмо-және гидрожетектер ажыратылады. Аралас жетектер де қолданыс табады: электрогидравликалық және пневмогидравликалық.

ЭИ тағы бір нұсқасы, кірісте берілген жылжытуды ойнататын, бірақ үлкен механикалық күспен, яғни шығу сәті немесе күші кіруден әлдеқайда көп бақылау жетегі болып табылады. Бақылау жетегі автоматты манипуляторларда (роботтарда), сандық бағдарламалық басқарылатын станоктарда (СББ), илемдеу орнақтарын, радиолокаторлардың антенналарын басқару үшін, ғарыш және зымыран техникасында және т. б. кеңінен қолданылады.

Қадағалаушы жетек қадағалаушы жүйелердің жеке жағдайы болып табылады, бұл құрылғы формальды түрде автоматика элементтеріне емес, құрылғыларға жатады, себебі онда бірнеше элементтер біріктіріледі. Бірақ күрделі (кешенді) АРЖ жетек бір функционалдық элемент - атқарушы ретінде қарастырылуы мүмкін.

РО жай-күйінің өзгеруі оның параметрлерінің (кедергі, магнит ағыны, температура, жылдамдық және т. б.) немесе оған берілетін энергия параметрлерінің (кернеу, тоқ, жиілік, фазалар - электр құрылғыларында; жұмыс ортасының қысымы - пневматикалық және гидравликалық құрылғыларда) өзгеруіне байланысты.

РО күйін өзгертетін атқарушы элементтер *параметрлік* деп аталады. Мысалы, термостаттың автоматты басқару құрылғысында ӨЭ күшейткіш болып табылады, оның жүктемесі РО термостаттың қыздыру элементі болып табылады. Температураның берілген мәннен ауытқуы кезінде күшейткіштің кіріс кернеуі өзгереді; сонымен бірге шығыс кернеуі, демек, қыздыру элементіндегі тоқ және термостаттағы температура өзгереді. Бұл құрылғыда күшейткіш күшейткіштің және ӨЭ функцияларын біріктіреді. Ол басқару әсерін (кернеу, тоқ) жасайды, қыздыру элементінің температурасын өзгертеді, мысалы, РО. Мұндай күшейткіштерді пайдалану автоматика құрылғыларында жиі кездеседі. Күшейткіштер бір мезгілде параметрлік ӨЭ негізгі түрі болып табылады.

Көбінесе параметрлік ӨЭ ретінде электрмагниттік реле, контакторлар, тиристорлық және транзисторлық реле жиі қолданылады.

Күштік ӨЭ олардың шығу білігінің қозғалыс сипатына байланысты үш түрге бөлуге болады: сызықтық, бұрылмалы (бұрылу бұрышы 360° - тан аз) және айналмалы (бұрылу бұрышы 360° - тан көп) қозғалыстармен. ӨЭ статистикалық сипаттамасы сызықтық, сызықсыз, реверсивті, реверсивті емес және т. б. болуы мүмкін.

Күштік ӨЭ-ге БО жұмысының конструкциясы мен алгоритміне, пайдалану шарттарына және т. б. негізделген бірқатар талаптар қойылады. ӨЭ сипаттамалары мен параметрлерін қанағаттандыруы тиіс негізгі талаптар мыналар болып табылады:

- ӨЭ дамытатын ең жоғары күш немесе сәт жұмыстың барлық режимдерінде басқару объектісінің РО жылжыту үшін қажетті ең жоғары күштен немесе сәтінен көп болуы тиіс;
 - жоғары жылдамдық;
 - ең жоғары ПӘК;
 - егер жұмыс барысында ӨЭ жасайтын басқарушы әсер бірқалыпты реттелуі тиіс болса, ӨЭ статикалық сипаттамасы сызыққа жақын болуы тиіс;
 - сезімталдықтың ең төменгі шегі; ӨЭ басқарудың шағын қуаты; жоғары сенімділік және төзімділік; шағын өлшемдер және масса.

Атқарушы элементтердің жалпы сипаттамалары. Атқарушы элемент (атқарушы құрылғы) - объектіге түсетін энергия ағынын және материалдар ағынын өзгерту жолымен басқару объектісіне әсер ететін автоматты басқару жүйесінің функционалдық элементі.

Атқарушы элементтердің негізінен екі түрі бар:

- механикалық қозғалтқышы бар (атап айтқанда, электр жүргізгіші, сервоқозғалтқыш немесе сервожетек), бұл жағдайда атқарушы элемент реттеуші органның механикалық ауысуын жүргізеді;

- электр шығымы бар, бұл жағдайда реттеу объектісіне тікелей берілетін әсердің электрлі табиғаты бар.

Мысалы, тұрақты тоқ генераторының кернеу реттегішінде реттеуші әсер күшейткіштен алынатын қозу кернеуі болып табылады.

Автоматты басқару жүйесінде қолданылатын объектінің сипаты мен қосалқы энергияның түріне байланысты атқарушы элементтердің рөлін әртүрлі құрылымдық элементтер орындайды: электрондық, электр машиналық, магниттік немесе жартылай өткізгіш күшейткіштер, реле, пневматикалық немесе гидравликалық электр жүргізгіштер және т. б.

Механикалық шығымы бар атқарушы элементтердің динамикалық сипаттамалары электр шығымы бар элементтерге қарағанда айтарлықтай үлкен инерциондылықпен ерекшеленеді. Екінші типті атқарушы элементтер көбінесе бірінші типті атқарушы элементтердің жетегі болып табылады.

Механикалық шығымы бар атқарушы элементтер ретінде қолданылатын сервоэлектрқозғалтқыштар төменгі инерционды қамтамасыз ететін арнайы орындаумен (кіші диаметрлі ұзын ротормен, ротормен қуыс) ерекшеленеді. Сол қуатта гидравликалық және пневматикалық су қозғалтқыштарында едәуір аз инерциялық бар.

Атқарушы элементтерге қойылатын талаптар реттеу объектісінің сипаттамаларымен және реттеу процесінің талап етілетін сапасымен айқындалады.

Атқарушы механизм (сервожетек) - механикалық шығымы бар атқарушы элемент. Атқарушы тетіктер басқарылатын элементтердің мақсаты мен түрі, жүзеге асырылатын орын ауыстырулар түрі, қолданылатын энергия түрі бойынша жіктеледі.

Атқарушы тетіктер жетекке арналған:

- энергия, сұйықтық, газ, сусымалы және тасымалданатын қатты денелердің ағындарын реттейтін элементтер (реостаттар, клапандар, ысырмалар мен жапқыштар, турбиналар мен сорғылардың бағыттаушы аппараттары, шлагбаумдар және басқа да құрылғылардың);
- бақылау жүйелерінің элементтері (көшіру станоктары, манипуляторлар, автоөтемдік, реттеуші және басқа құрылғылардың);
- көлік объектілерінің рөлдік құрылғылары;
- басқару жүйесінің ерекше элементтерін (жүк көтергіш құрылыстардағы қарсы салмақтар, қысқыш автоматты құрылғылар және т.б.).

Атқарушы тетіктердің бақылау элементтерінің қатарына жатады:

- реттеушінің сипаттамасын анықтайтын немесе атқару тетігі жағдайының қашықтық көрсеткішіне сигнал беруді қамтамасыз ететін кері байланыс тетігі;
- шеткі, ал кейде аралық жағдайларда (мысалы, үш позициялық атқарушы механизм) атқару механизмін тоқтататын шеткі немесе жолдық ажыратқыштары және кейбір жағдайларда сигналдық функцияларды орындайтын шеткі ажыратқыштары;
- атқарушы механизмнің шығу осіндегі айналмалы сәттің өлшеуіші, ол атқарушы механизмнің бекіту немесе қысқыш әрекетін алу немесе

басқару құрылғысына бөгде заттар түскен жағдайда оны апаттардан сақтау үшін қажет шекті рұқсат етілген сәтке жеткеннен кейін қозғалтқышты ажыратуды немесе оның арнайы муфтада сырғуын қамтамасыз етеді;

- тоқтау кезінде инерциямен күресу үшін жылдам жүретін қозғалтқыштар кезіндегі тежегіш құрылғысы;
- басты соленоидтың ажыратқышы бар ысырмасы және үлкен қуатты соленоидтары бар атқарушы механизмдегі төмен түсіретін ағытушы құрылғы.

Электрлі атқарушы механизмдердің көпшілігінде электр қозғалтқыштарының қуаты 10... 1000 Вт. Пневматикалық атқарушы механизмдер 0,6 МПа - ға дейінгі, ал гидравликалық-3 МПа-ға дейінгі қысымда жұмыс істейді. Кейбір жағдайларда атқарушы механизмдердің қуаты ондаған киловатқа, ал қысым 10 МПа - ға жетеді. Атқарушы механизмдер әдетте шығу білігінде айналмалы сәтте жұмыс айналымдарының саны 0,25-тен 30 с⁻¹-ге дейін болғанда 1-ден 100 Н • м-ге дейін немесе жүріс 25-тен 750 мм-ге дейін болған кезде күшті 100-ден 5000 Н-ге дейін дамытады.

Дәл механика аспаптарында аз айналмалы сәттері бар және ауыстыратын күші бар орындау механизмдері қолданылады. Басқарылатын атқару механизмінің құрылғысын бір шеткі жағдайдан екіншісіне ауыстыру уақыты әдетте 5... 120 с шегінде болады. 120 с артық орнын ауыстыру уақытын редукторды қиындатпау үшін үзік (қадамдық) әрекетті реттегіштердің көмегімен ұлғайтуға болады. Соленоидты, сондай-ақ дозалаушы және апаттық атқарушы механизмдердің орнын ауыстыру уақыты секунд үлесіне дейін жетеді.

Электрлі атқарушы механизм - реттеуші органның ауысуы электр энергиясы есебінен жүргізілетін атқарушы механизм. Электрлік атқарушы механизмдердің екі негізгі түрі бар:

- электрқозғалтқыштың жетегімен (жалпы өнеркәсіптік автоматика сұлбаларында кеңінен таралған);
- электромагниттің жетгімен (әдетте соленоидта).

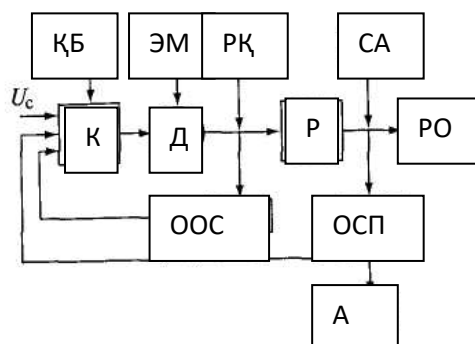
Электр атқарушы механизмдерде бейсинхронды қозғалтқыштар қолданылады. Аз қуатты атқарушы құрылғылар үшін - қысқа тұйықталған немесе қуыс роторы бар екі фазалы, неғұрлым қуатты құрылғылар үшін - қысқа тұйықталған немесе массивті роторы бар үш фазалы. Қозғалтқыштың шығып кетуін азайту және реттеу сапасын жақсарту үшін электр тежеу немесе электр магниттік тежегіш қолданылады, олар қозғалтқыштан қуат кернеуін алып тастау кезінде салынады.

Электр атқарушы механизмді тиісті кері байланыстардың көмегімен басқару реттеуші органның орын ауыстыруы немесе оның қозғалыс жылдамдығы басқару сигналына тепе-тең болатындай етіп құруға болады.

Конструктивті электрқозғалтқыштың атқарушы механизмдері, әдетте, шығыстық біліктің айналмалы қозғалысымен және шығыстық соташықтың үдемелі қозғалысымен орындалады. Жалпы өнеркәсіптік автоматика

жүйелерінде жапқыштарды, крандарды, жайпықтарды және басқа да құрылғыларды әкелу үшін көбінесе бір айналымдық электр атқару механизмдері қолданылады, онда шығу білігінің бұрылуы 120... 170° құрайды. Көп айналмалы электр атқарушы механизмдердің көмегімен, әдетте, тиекті шұралар мен ысырмалар сияқты реттеуші органдар қозғалады.

Электрқозғалтқышты атқару механизмінің блок-сұлбасы 2.31 суретте көрсетілген. Ол келесідей жұмыс істейді. Д қозғалтқышы Р редуктор арқылы РО реттеуші органын жылжытады. Электр атқарушы механизмнің кіруіне түсетін U_c сигналының әдетте қозғалтқышты басқару үшін жеткіліксіз қуаты бар, сондықтан ол К күшейткішпен алдын ала күшейтіледі. СА соңғы ажыратқыштары РО ауысуын шектеу үшін қызмет етеді. Оператор РО - ны ҚБ қашықтан басқару құрылғысының көмегімен, оның күйін А аспаппен бақылай отырып, ал ҚБ қолмен басқарудың ақауы кезінде ҚБ қолмен басқарудың штурвалымен орната алады. Потенциометрлер, индуктивті датчиктер немесе сызықтық индукциялық потенциометрлер түрінде орындалатын ОСП жағдайы бойынша кері байланыс датчиктері және тұрақты немесе айнымалы тоқтың тахогенераторлары түрінде орындалатын ОСС жылдамдығы бойынша кері байланыс датчиктері электрлі атқарушы механизмнен талап етілетін сипаттамаларды алу үшін қажетті қосымша сигналдарды енгізу үшін қызмет етеді.



2.30 сур. Электрқозғалтқышты атқару механизмінің блок-сұлбасы
*Д - қозғалтқыш; Р-редуктор; РО - реттеуші орган; К - күшейткіш;
 СА - соңғы ажыратқыш; ҚБ - қашықтықтан басқару құрылғысы; ЭМ -
 электромагнит; ООС, ОСП - жылдамдық пен қалыпқа сәйкес кері байланыс
 датчиктері; П - бақылау аспабы*

Шығыстық біліктегі M номиналды сәті және шығыстық біліктің толық айналымының T уақыты, яғни жылдам әрекет ету электрқозғалтқыштың атқару механизмінің негізгі сипаттамалары болып табылады.

Берілген T уақытын және M сәтін қамтамасыз ету үшін қажетті P қозғалтқыштың білігіндегі қуат мынадай формула бойынша анықталады:

$$P = \frac{61.5M}{T_{\eta}} \quad (2.27)$$

мұнда, η - редуктордың ПӘК.

Реттеуші органның қозғалысы басталғаннан бастап толық жылдамдық белгіленгенге дейінгі уақытпен анықталатын электрлі атқару механизмінің жетегінің инерциондылығы қозғалтқыштың іске қосу сәті мен жетектің инерция сәті арасындағы арақатынасқа байланысты болады. Іске қосу сәті әдетте номиналдан 2... 2,5 есе көп. Электрлі атқарушы механизмнің маңызды сипаттамасы кешігу уақыты - сигнал беру сәтінен бастап шығу білігінің айналуына дейінгі уақыт болып табылады.

Электромагниттердің жіктелуі. Электромагнит (ЭМ) электр сигналының механикалық қозғалысқа ең көп тараған түрлендіргіш болып табылады. ЭМ бірқатар тетіктерде, электр аппараттары мен реледе, мысалы көтергіш және тежегіш құрылғыларда, коммутациялық аппараттарды қосу және ажыратуға арналған жетектерде, электромагниттік түйістіргіштерде, автоматты реттеуіштерде, механикалық, пневматикалық, гидравликалық тізбектерді қосу және ажыратуға арналған жетектерде, сондай-ақ айналмалы біліктерді іліністіру және ажырату үшін, клапандарды, шұраларды, жапқыштарды, бірнеше ондаған ньютон күштерімен бірнеше миллиметрге дейінгі шағын қашықтыққа ашу және жабу үшін қолданылады.

Қолданылуы бойынша электромагниттерді ажыратады:

- ферромагнитті денелердің жағдайын бекітуге қызмет ететін ұстағыштар (мысалы, ферромагнитті материалдан заттарды көтеруге арналған электромагниттер, металл өңдеу станоктарында бөлшектерді бекітуге арналған электромагнитті плиталар, электромагнитті станоктар). Бұл ЭМ жұмыс жасамайды, олардан тек олар есептелетін нақты күш талап етіледі;
- атқарушы құрылғыларды (мысалы, клапандарды, золотниктерді, жапқыштарды, темір жол бағыттамааларын) ауыстыру үшін қызмет ететін жетекті, сондай-ақ түйістіргіштерде, электромагниттік муфталарда және т. б. қолданылады. Бұл ЭМ белгілі бір жұмыс жасайды және сондықтан белгілі бір күш пен қозғалысқа есептеледі;
- қарапайым бөлшектердің үдеткіштерінде, медициналық аппаратурада және т. б. пайдаланылатын арнайы.

Орамдағы тоқтың түрі бойынша тұрақты және айнымалы тоқтардың ЭМ ажыратылады. Тұрақты тоқтың ЭМ бөлінеді:

- басқару сигналының полярлығына әсер етпейтін бейтарап;
- сигналдың полярлығына жауап беретін поляризацияланған (зәкірге бір-біріне тәуелсіз екі ағын әрекет еткенде).

Конструктивтік орындау бойынша ЭМ келесі түрлерін ажыратады.

Қақпақты - сыртқы тартқыш зәкірмен (2.32, а... г сур.), бұл ретте магниттік жүйелер әртүрлі формада болуы мүмкін:

- П - тәрізді магнит өткізгіш және дөңгелек қима өзекше;
- П-тәрізді магнит өткізгіш және тегіс зәкір - мойынтұрық;
- Ш-тәрізді магнит өткізгіш және дөңгелек қима өзекше;
- цилиндрлік магнит өткізгіш.

Клапанды ЭМ зәкірдің (бірнеше миллиметр) аздаған жылжуы орын алады, соның арқасында олар үлкен күшті дамытады және жоғары сезімталдыққа ие болады.

Тік жүрісті - зәкірдің үдемелі қозғалысымен. Олар, әдетте, соленоидтар түрінде қолданылады және сондықтан жиі соленоидты ЭМ деп аталады (2.32, *d, e* сур.). Тік жүрісті ЭМ зәкірдің үлкен жүрісіне ие, клапандардан кіші, өлшемдері және жылдамдығы жоғары, бірақ олардың сезімталдығы аз.

Өз мақсаты бойынша тік жүрісті ЭМ екі нұсқада орындалады:

- қозғалмайтын өзекшемен – «табан» (2.32, *d, e* сур.),
- шарғының осі бойынша тесілген тесігі бар өзекшесіз - ұзын жүрісті электромагниттер деп аталады (2.32 *e* сур., үзік-үзік сызықтармен көрсетілген).

Қозғалмайтын өзекшемен ЭМ үлкен күш жасайды, оның мәні зәкірдің өзекшеге жақындауына қарай өседі. Ұзын жүріс жүйелері шарғының ұзаруы есебінен зәкірдің үлкен жүрісін (200 мм дейін) алуға мүмкіндік береді.

Бұл ЭМ қысқа мерзімді жүктеме режимінде жұмыс істейтін қондырғыларда қолданылады, яғни шарғы арқылы өтетін тоқ үлкен мәнге ие, бірақ оның қызып кетуін тудырмайды[9].

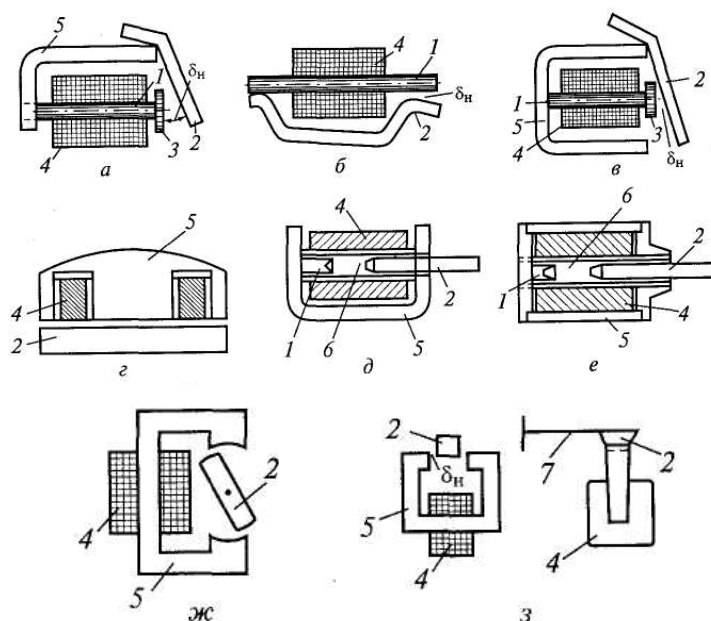
Көлденең қозғалыспен - зәкір полюстер арасындағы орта сызыққа көлденең бағытта қозғалады. Тәжірибелік пайдалану магниттік жүйелердің келесі түрлерін алды:

- шығыңқы зәкірмен (2.31, *ж* сур.) - зәкірдің 25 ...40° бұрылу бұрышы кезінде қолданылады;
- тартып алушы зәкірмен (2.31, *з* сур.) - зәкірдің 10... 15° бұрылу бұрышында қолданылады. Зәкір пішінінің тиісті таңдаумен қамтамасыз етілетін, кез келген көлбеу бұрышымен төмендейтін, кез келген нысандағы тарту сипаттамасын алуға мүмкіндік береді.

Бұл жүйелерде зәкір серіппеге ілінеді, ал зәкір бұрылысының жұмыс бұрышы ол полюстерге қарсы шеткі жағдайларды алмайтындай етіп таңдалады.

Көлденең бағытта қозғалатын зәкірлі қаралған жүйелер, қайтару коэффициентінің үлкен мәнін алу қажет болғанда автоматты реттеуіштерде қолданылады. Сонымен қатар, оларды тұрақты тоқпен жұмыс істейтін құрылғыларда пайдалану ыңғайлы (айнымалы тоқ кезінде зәкір дірілі туындауы мүмкін, ал полюстер мен зәкірлер арасындағы саңылау тұрақты болуы тиіс).

ЭМ магнит өткізгіштен және катушкадан тұрады.



2.31 сур. Әр түрлі құрылымдағы бейтарап электр магниттері
a-г - клапанды; д, е - тік жүрісті; ж, з - зәкірдің көлденең қозғалысымен. 1 - өзек; 2 - зәкір; 3 - полюсті ұштығы; 4 - шарғы; 5 - мойынтұрық; б - бағыттаушы түтік; 7 - серіппе; δн - бастапқы ауа саңылауы

Магнит өткізгіш. Тұрақты тоқтың ЭМ-де магнит өткізгіш жолақтық немесе дөңгелек материалдан - Э, ЭА және ЭАА маркалы техникалық таза темірден тұтас орындалады. Жоғары сезгіш электрмагниттердің темір-никель және темір-никелькобальт қорытпаларынан жасалған магнитті өткізгіштері бар, бұл маркадағы пермаллои: 79НМ, 79НМ және 50НП, 45Н, 45НП маркадағы гайперниктер. Тез әсер ететін ЭМ магнит өткізгіштерінде Э11, Э21 және т. б. маркалы легирленген кремний болаттар кеңінен қолдану тапты. Электротехникалық болатты кремнимен легірлеу электр кедергінің едәуір артуына негізделген. Бұл ретте құйындық тоқтарға энергия шығыны азаяды, бұл айнымалы тоқта жұмыс істейтін қуатты құрылғыларда болатты қолдануға мүмкіндік береді.

Ауыспалы тоқтың ЭМ магнит өткізгіштерін шихталап орындайды, яғни қалыңдығы 0,3...0,5 мм табақ материалынан қалыпталатын пластиналардан жинайды. Материалдар болуы мүмкін: ыстық және суықтай илектелген электр техникалық болат маркалары: Э11... Э43, Э1100, Э310 және т. б.

Кейбір жағдайларда тұрақты тоқтың ЭМ магнит сымдарын қосу және ажырату процесінде пайда болатын құйындық тоқтарды жою үшін шихталанған етеді. Кейде үнемдеу мақсатында айнымалы тоқтың шағын ЭМ қалыңдығы 2...3 мм тұтас материалдан жасалады.

Шарғы. Өз конструкциясы бойынша шарғылар қаңқалы және қаңқасыз, ал пішіні бойынша дөңгелек және тікбұрышты қималы болады. Қаңқалы шарғы қаңқадан және орамнан тұрады. Бір қаңқада қатармен салынған бірнеше орам болуы мүмкін. Қаңқасыз шарғы қаңқалыға қарағанда оңай. Қаңқаның болмауы орау терезесін толық пайдалануға мүмкіндік береді.

Жалғастырғыштардың жіктелуі. Айналысу кезінде жетекші кіріс білігінен (көбінесе жетекші қозғалтқыш білігі) өстік жетекші білікке (жетекші механизмнің білігі, механикалық жүктеме) беру жалғастырғыштың көмегімен жүзеге асырылады. Олардың жіктелуі 2.33 суретте көрсетілген. Бірінші сыныптамалық белгі жалғастырғыштардың басқарылуы, содан кейін - басқарушы энергия түрі, бұдан әрі - кіріс және шығыс біліктерінің байланыс сипаты және ақырында - басқару принципі болып табылады.

Келтірілген механизмдердің тез қосылуы, ажыратылуы және реверсі үшін, сондай-ақ олардың жылдамдығын реттеу және берілетін кезінде шектеу үшін әртүрлі басқарылатын тізбектік жалғастырғыштар қолданылады. Оларға *электромеханикалық жалғастырғыштардың* үлкен тобы, яғни жалғастырғыштар жатады, онда механикалық моментті орындау механизміне беру үшін электр сигналын пайдаланады. Бұл сигналдың қуаты жетекші білігінде дамитыннан аз болғандықтан, электромеханикалық жалғастырғышты қуат бойынша күшейту коэффициенті бар күшейткіш ретінде қарастыруға болады.



2.32 сур. Жалғастырғыштарды жіктеу

Қуат бойынша күшейту коэффициенті:

$$K_p = \frac{P_{BVLX}}{P_{BX}} = \frac{M\Omega}{UI}, (2.28)$$

мұнда M - жалғастырғыштың электромагниттік сәті;
 Ω - орнатылған бұрыштық айналу жиілігі;
 U - қоректендіруші желінің кернеуі;

I - шарғыдағы тоқтың белгіленген мәні.

Күшейткіш жалғастырғышта электр сигналы жетекші біліктен жетектегі берілетін қуатты басқарады.

Статикалық сипаттаманың түрі бойынша басқарылатын муфталар - жетектегі біліктің айналу жылдамдығының басқару сигналынан тәуелділігі *релелік және аналогтық* болып бөлінеді. Басқару сигналын бергеннен кейін алғашқылары біліктердің қатты ілінуін жүзеге асырады, ал екіншілері - иілгіш, бұл кезде біліктің жылдамдығы басқарушы сигналмен бірқалыпты тәуелділікпен байланысты. Икемді ілініс кейбір басқару жүйелерінде басқарылатын атқарушы қозғалтқыштарсыз жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Басқарылатын жалғастырғыштарымен жетектердің атқарушы қозғалтқыштармен салыстырғанда жалғастырғыштардың инерциясының аз сәті үшін үлкен тезерекеттігі бар.

Басқарылатын электрмеханикалық жалғастырғыштар қуаттар диапазонында реттелетін жетектерде бірнеше ваттан және ондаған мегаваттқа дейінгі қолданылады.

Қозғалтқыштардың негізгі түрлері. Автоматты бақылау жүйелерінде, әртүрлі аспаптарда тұрақты тоқтың атқарушы қозғалтқыштары айнымалы тоқтың атқарушы қозғалтқыштарына қарағанда аз қолданылмайды.

Тұрақты тоқтың атқарушы қозғалтқыштарының оң сапасына мыналар жатады:

- теориялық кез келген, кез келген кіші және үлкен айналу жиілігін алу мүмкіндігі;
- айналу жиілігін қарапайым, тегіс, үнемді және кең диапазонында реттеудің мүмкіндігі;
- айналу кез келген жиілігінде іс жүзіндегі жұмыс тұрақтылығы;
- механикалық, ал бірқатар жағдайларда реттеу сипаттамаларының сызықтық болуы;
- өздігінен шығудың болмауы;
- маңызды іске қосу сәті;
- салыстырмалы түрде шағын электромеханикалық тұрақты уақыт;
- шағын сыртаумақтық өлшемдері мен салмағы (ауыспалы тоқтың атқарушы қозғалтқыштарына қарағанда едәуір аз).

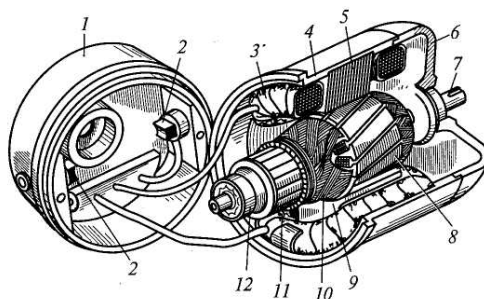
Тұрақты тоқтың ең кең таралған коллекторлық (түйіспелі) атқарушы қозғалтқыштарының негізгі кемшілігі олардың қолданылу саласын шектейтін жылжымалы контактілер - коллектор мен қылшақтардың болуы болып табылады.

Жылжымалы контактілердің ауыспалы кедергісінің тұрақсыздығы қозғалтқыштың сипаттамаларының тұрақсыздығына әкеледі. Қылшақтың астындағы ұшқын коллектор мен қылшақтың түйіспелерінің жануына алып келеді, яғни оларды жүйелі түрде күтіп ұстау қажеттілігін тудырады және жарылу қаупі бар үй-жайларда қарапайым пайдалану қозғалтқыштарын орнатуға жол берілмеу керектігін білдіреді. Коллектор мен қылшақтар басу

үшін арнайы сүзгілер талап етілетін радио кедергілердің көздері болып табылады.

Коллекторлық атқарушы қозғалтқыштарда механикалық коллектор және қылшақтар болады. Бұл ретте ойықтарымен ферромагниттік шихталанған(жаппай) зәкірлері бар(2.34 сур.) немесе тегіс (ойықсыз) зәкірлері бар қозғалтқыштар және зәкірлерінде магнитті өткізгіштері жоқ аз инерциялық қозғалтқыштар ажыратылады.

Қозу тәсілі бойынша тұрақты токтың коллекторлық атқарушы қозғалтқыштары электромагниттік қозумен (2.34 сур.) және тұрақты магниттерден қозу болуы мүмкін.



2.33 сур. Тұрақты токтың атқарушы коллекторлық қозғалтқышы

1 - алдыңғы мойынтіректі қалқан; 2 - қылшақтар; 3 - полюстің орамы; 4 - корпус; 5 - қимадағы статор; 6 - артқы мойынтіректі қалқан; 7 - білік; 8 - зәкірдің өзекшесі; 9 - полюс; 10 - зәкірді орамы; 11- коллектор; 12- бытыра мойынтірек

Автоматика сұлбаларында негізгі сипаттамалары зәкірлі басқарылатын тұрақты токтың коллекторлық атқарушы қозғалтқыштарының сипаттамаларына ұқсас тұрақты токтың байланыссыз қозғалтқыштары да кеңінен қолданылады.

Конструкциясы бойынша тұрақты токтың коллекторлық атқарушы қозғалтқыштарын кәдімгі орындалған зәкірі бар қозғалтқыштарға бөлуге болады - оның цилиндрлік бетінде жартылай жабық ойықтары бар; зәкірдің орамасы шихталған тегіс цилиндрлік мойынтұрықта орналасқан және эпоксидті шайырлар мен құрсаулардың көмегімен бекітілген тегіс зәкірі бар қозғалтқыштар; жұмыс кезінде зәкірдің коллекторлы орамасы ғана айналатын, ал зәкірдің мойынтұрығы қозғалмайтын аз инерциялық зәкірлері(цилиндрлік және дискілі)бар қозғалтқыштар.

Қозудың магнитті ағынының мәні бойынша өзгертін тұрақты токтың атқарушы қозғалтқыштарының ерекшелігі(әдеттегі күш қозғалтқыштарынан айырмашылығы) олардың тек шихталанған (электротехникалық болаттың жұқа табақтарынан жиналған) зәкірдің магнитөткізгіші ғана емес, сонымен қатар статор мен полюстің арқалығы да бар, бұл магниттік ағынның тез өзгеруі кезінде тұрақты уақытты, сондай-ақ атқарушы қозғалтқыштар үшін әдеттегі болып табылатын ауыспалы режимдерде қозғалтқыш жұмысы

кезінде магнитөткізгіштегі жоғалтуларды азайту үшін қажет болып табылады.

Габариттік өлшемдері мен салмағы бойынша тұрақты тоқтың қозғалтқыштары сол қуаттағы бейсинхронды атқарушы қозғалтқыштардан екі-үш есе аз, бірақ сонымен бірге олар тұрақты тоқтың кәдімгі күштік қозғалтқыштарынан көп. Ең соңғысы, біріншіден, атқарушы қозғалтқыштардың магниттік тізбегі, әдетте, төменірек, бұл сызықтық сипаттамаларды алу және оларға зәкірдің реакциясының өрістерінің әсерін жою ниетінен туындаған, екіншіден, орамдардағы тоқтардың аз тығыздықтарымен түсіндіріледі, бұл олардың қызуын азайту ниетімен түсіндіріледі. Соңғы өте маңызды, өйткені тұрақты және айнымалы тоқтың атқарушы қозғалтқыштары ешқашан кіріктірілген желдеткіштермен жабдықталмайды, олардың, біріншіден, тиімділігі аз (өйткені атқарушы қозғалтқыштар тұрақты елеулі айналу жиіліктерінде ешқашан іс жүзінде жұмыс істемейді, ал іске қосу, тоқтату, реверс режимдерінде жұмыс істейді); екіншіден, айтарлықтай инерциондылықтың салдарынан желдеткіштер оның жылдамдығын төмендетіп қозғалтқыштың тұрақты уақытын ұлғайтады [10].

Бейсинхронды микроқозғалтқыштар. Қазіргі уақытта автоматиканың ең көп тараған күштік микроқозғалтқыштары бейсинхронды қозғалтқыштар болып табылады. Өз құрылғысы бойынша бұл қысқа тұйықталған роторы бар қозғалтқыштар, ол көбінесе тиіннің торы түрінде жасалған орамасы бар. Ротор шойыннан немесе болаттан көлемді және қуыс етіп сирек дайындалады, бұл жұмсақ механикалық сипаттамаларды алу үшін не айналудың жоғары жиіліктері кезінде қажетті ротордың ерекше механикалық беріктігіне қол жеткізу үшін не қозғалтқыш жұмысы кезінде акустикалық шуды азайту мақсатында жасалады. Фазалық роторы бар бейсинхронды қозғалтқыштар шығарылмайды.

Күштік бейсинхронды микроқозғалтқыштардың жіктелуі 2.35 суретте көрсетілген.

Автоматика сұлбаларында күш қозғалтқыштары ретінде жиілігі 50 Гц желіден жұмысқа есептелген, кең қолданылатын үшфазалы және бірфазалы бейсинхронды микроқозғалтқыштар жиі қолданылады.

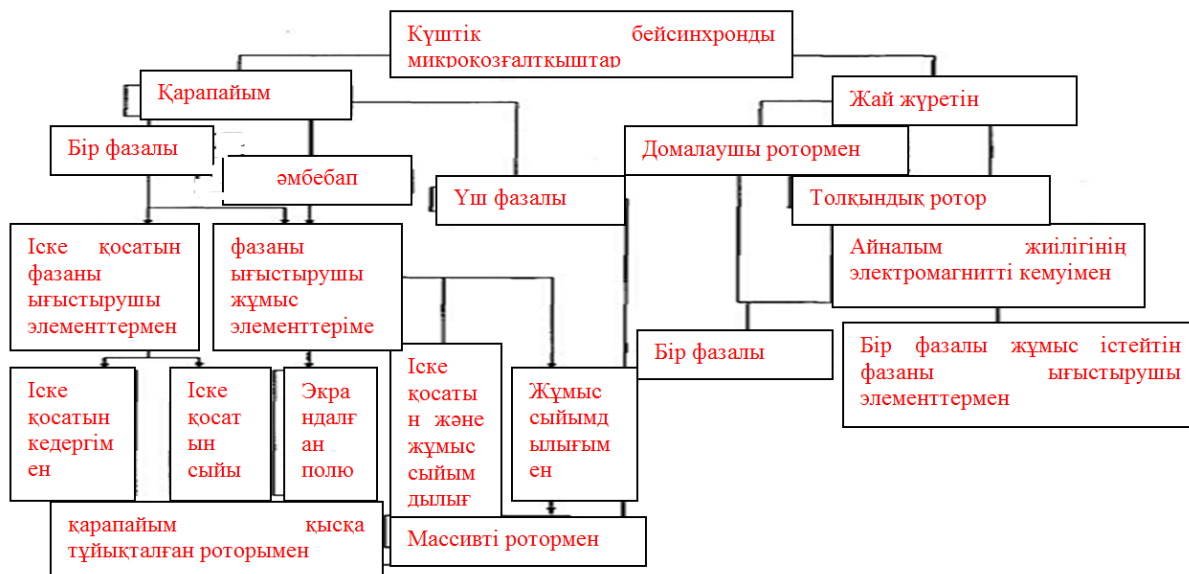
Бейсинхронды қозғалтқыштың механикалық қуаты іс жүзінде (басқа тең жағдайларда) қоректендіруші кернеудің жиілігіне тура пропорционал болғандықтан ($P \sim Mn \sim Mnc \sim M60f/p \sim f$), ал габариттік өлшемдері M айналмалы моменттің мәнімен анықталатындықтан, онда автоматика сұлбаларында жоғары жиілікті f кернеулерінен жұмысқа есептелген асинхронды қозғалтқыштар өте жиі қолданылады.

Жоғары жиіліктегі бейсинхронды қозғалтқыштарды қолдану тек қана машина габариттерін азайтуға ғана емес, сонымен қатар басқа да мақсаттарда да: жоғары бұрыштық айналу жылдамдығы болу қажеттілігі, жоғары жиіліктегі желілерден автоматты жүйелердің жұмысы және т. б. талап етіледі.

Бірқатар автоматика сұлбаларында кері міндет - n айналудың шағын жиілігін алу қажеттілігі туындайды. Орташа және үлкен қуатты айнымалы

тоқтың бейсинхронды және синхронды қозғалтқыштарында, p қос полюстердің санын ұлғайту есебінен бұған оңай қол жеткізуге болады, сондықтан n_c синхронды айналу жиілігі де осыған байланысты

$$n_c = \frac{60f}{p} \quad (2.29)$$



2.34 сур. Күштік бейсинхронды микроқозғалтқыштардың жіктелуі

Шағын қуатты және габаритті өлшемдердің қозғалтқыштары үшін бұл әдіс, әсіресе, егер олар жоғары жиіліктегі желілерден жұмыс істеуге есептелген болса, іс жүзінде қолайсыз. Кіші сыртауқымдар кезінде p , a , қос полюстерінің санының, демек, қозғалтқыш ойықтарының саны артуы өте қиын, ал кейде мүмкін емес.

Төменгі айналу жиілігін алу мақсатында арнайы тыныш жүрісті не айналу жиілігінің электромагниттік редуциясы бар, домалаушы немесе толқынды роторлары бар қозғалтқыштарды қолдануға тура келеді.

Автоматиканың көптеген сұлбаларында күш қозғалтқыштары үш фазалы емес, айналымы тоқтың бір фазалы желілерінен қоректенеді. Сондықтан күштік ретінде негізінен бір фазалы қозғалтқыштар қолданылады. Автоматика сұлбаларында үшфазалы қозғалтқыштар едәуір сирек қолданылады.

Бір фазалы бейсинхронды қозғалтқыштар өзінің құрылымы бойынша басым көпшілігінде екі фазалы болып табылады. Оларда, әдетте, статорда 90° кеңістікте жылжитын екі орам бар. Бір орам жұмысшы немесе басты деп аталады. Ол тікелей бір фазалы желіге қосылады. Басқа орам іске қосушы немесе көмекші деп аталады. Ол фаза қозғаушы элемент арқылы не іске қосу кезінде ғана, не тұрақты түрде бір фаза желісіне қосылады. Кейбір қозғалтқыштарда қосалқы орам желіге мүлдем қосылмайды, ал ЭҚК басты орамның ағынымен жүреді.

Фаза ығыстырушы элементтің түріне, сондай-ақ қосалқы (іске қосу) орамаларды пайдалану тәсіліне байланысты күштік бір фазалы бейсинхронды (және синхронды) микроқозғалтқыштарды бес топқа бөлуге болады: іске қосу кедергісі бар; іске қосу конденсаторы бар; іске қосу және жұмыс конденсаторы бар; жұмыс конденсаторы бар; экрандалған полюстермен.

Бір фазалы микроқозғалтқыштардан басқа күштік ретінде, сондай - ақ әмбебап бейсинхронды микроқозғалтқыштар қолданылады, олар өзінің мақсаты бойынша үш фазалы болып табылады, орам-фазаларды қосу сұлбасы өзгерген кезде және фаза қозғалтқышты элементтер қосылған кезде айнымалы тоқтың бір фазалы желілерінен де жұмыс істей алады.

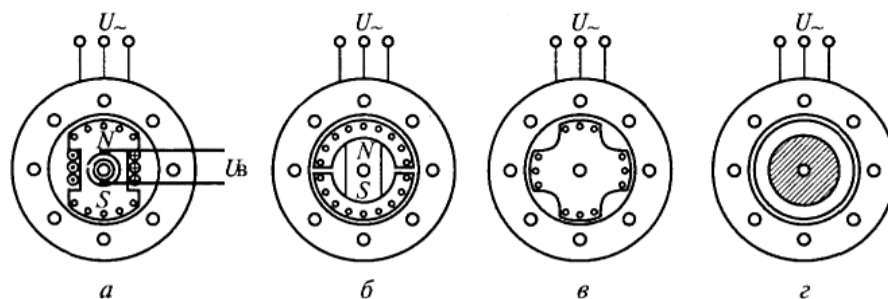
Синхронды микроқозғалтқыштар. Синхронды микроқозғалтқыштардың олардың қолданылу аясын анықтаушы негізгі ерекшелігі, қоректендіруші желінің f өзгермейтін жиілігі кезінде айналу жиілігінің тұрақтылығы болып табылады. Синхронды режимде ($M_{сүйем} < M_{max}$ кезінде) қозғалтқыш роторының айналу жиілігі қуат кернеуінің тербелісіне және кедергі сәтіне байланысты емес. Ол магнит өрісінің айналу жиілігіне тең, яғни синхронды айналу жиілігіне тең:

$$n_c = \frac{60f}{p}.(2.30)$$

Қазіргі уақытта автоматика сұлбаларында синхронды шағын қозғалтқыштар өте кең қолданылады. Конструктивтік орындалуы бойынша олар әртүрлі, әсіресе шағын қуаттың бір фазалы шағын қозғалтқыштары (ватт үлесінен бірнеше ваттқа дейін).

Номиналдық қуаты оннан жүз ваттқа дейінгі қозғалтқыштардың әдеттегі классикалық орындалуы болады. Олар қозғалмайтын бөліктен - статордан тұрады, оның ойығында айнымалы тоқтың үш фазалы немесе екі фазалы орамасы және қозғалтқыштардың көпшілігінде анық айқындалған полюстері бар айналмалы бөлік - ротор орналасқан.

Ротордың конструкциясына байланысты электромагниттік қозу, тұрақты магнит, реактивті және гистерезистік синхронды микроқозғалтқыштар ажыратылады. 2.35 суретте синхронды микроқозғалтқыштардың негізгі конструктивтік сұлбалары көрсетілген.



2.35 сур. Синхронды микроқозғалтқыштардың конструктивтік сұлбалары

А - электромагнитті қозумен ($2p=2$); б - тұрақты магнитті ($2p=2$); в - реактивті ($2p=4$); г - гистерезистік

Автоматика сұлбаларында кәдімгі орындаудағы қозғалтқыштардан басқа кейде айналмалы синхронды микроқозғалтқыштар кездеседі, олардың ауыспалы тоқ орамасы ротордың ойықтарында орналасады.

Электромагниттік қозуы бар микроқозғалтқыштар (полюстерде тұрақты токтың қозуының орамымен) олардың конструкциясы мен іске қосу күрделілігінің, сондай-ақ автоматика сұлбаларында қоздыру орамасын қоректендіру үшін тұрақты ток көзінің болу қажеттілігінің салдарынан өте сирек қолданылады.

Синхронды шағын қозғалтқыштар 50 Гц өнеркәсіптік жиілікке де, 400, 500, 1000 Гц жоғары жиіліктерге де шығарылады. Автоматика сұлбаларында қарапайым қозғалтқыштардан басқа, өрістің тісті гармоникаларында жұмыс істейтін айналу жиілігінің электромагниттік редуциясы бар тыныш жүрісті қозғалтқыштар және қозғалатын немесе толқынды роторлары бар қозғалтқыштар кеңінен қолданылады. Кейде төменгі айналу жиілігін алу үшін орнатылған редукторлары бар қарапайым қозғалтқыштар қолданылады.

Дыбыс - және бейнежазба аспаптарында, кино - және фотоаппаратурада, байланыс жүйелерінде, таспа тарту құрылғылары мен т. б. кеңінен қолданылатын синхронды микроқозғалтқыштардың бірнеше сериялары шығарылады.

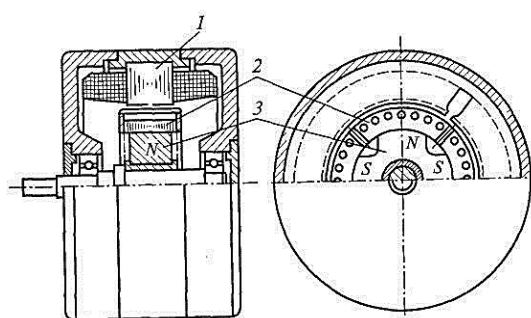
Синхронды микроқозғалтқыштарға барлық электр машиналары үшін жалпы талаптар ретінде ұсынылады - жоғары энергетикалық көрсеткіштер (n және $\cos \varphi$), шағын габариттер, масса және т.б., сондай-ақ қозғалтқыш қолданылатын сұлбаға байланысты болатын синхронды қозғалтқыштар үшін ерекше талаптар. Қозғалтқыштың бір сұлбаларында орташа айналу жиілігінің тұрақтылығы, ал екіншісінде - ротор мен т. б. айналымының бір айналымы шегіндегі жылдам айналу жиілігінің тұрақтылығы талап етіледі.

Тұрақты магнитті және бейсинхронды іске қосуымен синхронды микроқозғалтқыштар тұрақты магнитті синхронды қозғалтқыштардың басқа түрлерінен роторда біріншіден, қозғалтқышты іске қосу үшін, екіншіден, оның айналу жиілігін тұрақтандыру үшін - жүктеменің күрт өзгеруі кезінде

ротордың тербелісін бәсеңдету үшін арналған тиіннің торының үлгісіндегі қысқа тұйықталған ораманың болуымен ерекшеленеді [11].

Соңғы уақытта екі құрылымдық орындаудағы синхронды қозғалтқыштар ең көп таралған: тұрақты магниттің радиалды және аксиальды орналасуы және қысқа тұйықталған орамасы бар.

Екі конструктивті орындалған қозғалтқыштардың статорлары әдеттегі синхронды және бейсинхронды машиналардың статорларынан еш айырмашылығы жоқ. Шихталанған статорлардың ойықтарында айнымалы токтың үш фазалы немесе екі фазалы орамалары орналасады. Қозғалтқыштардың роторлары синхронды қозғалтқыштың элементтерін - тұрақты магниттер мен бейсинхронды қозғалтқыштың - ойықтарда орналасқан, тиіннің торы түрінде орындалған қысқа тұйықталған орамды біріктіреді.



2.36 сур. Тұрақты магниттің радиалды орналасуымен және қысқа тұйықталған орамымен синхронды қозғалтқыш
1 - статор; 2 - қысқа тұйықталған орамасы бар ротордың шихталанған бөлігі; 3 - тұрақты магнит

Тұрақты магнит және іске қосу орамасы радиалды орналасқан қозғалтқыштарда тұрақты магнит-жұлдызшаға сығымдалған ротор болатының сақиналы пакеті болады, оның ойықтарында қысқа тұйықталған орама орналасады. Ротордың магнит өткізгішінің болатында полюс аралық ойықтар бар, олардың өлшемдері жақсы бейсинхронды іске қосу және синхронды режимде тұрақты магнит энергиясын оңтайлы пайдалану шарттарынан, яғни магнит шашырауы ағынын азайту шарттарынан таңдалады. Қысқа тұйықталған орамасы бар ротордың болат пакеті магнитті іске қосу (қысқа тұйықталу) режимінде магнитті ажыратудан қорғайды.

Магнитті магнитті магнитсіздендіруден сақтау, сондай-ақ іске қосу үшін қажетті бейсинхронды моментті ұлғайту мақсатында полюс аралық ойықты ең аз ықтималдыны таңдаған жөн. Зерттеулер көрсеткендей, ойықтың оңтайлы өлшемі қозғалтқыштың қуатын арттырумен артады. Кейде қозғалтқыштың іске қосу қасиеттерін жақсарту және оның роторының механикалық беріктігін арттыру мақсатында полюстік ұштықтар арасында қанықтыру көпіршіктерінің шағын бөгеттері қалдырылады.

Тұрақты магнитті және бейсинхронды іске қосылған синхронды қозғалтқыштар бірқатар жағдайларда синхронды реактивті және гистерезистік қозғалтқыштармен салыстырғанда елеулі артықшылықтарға ие:

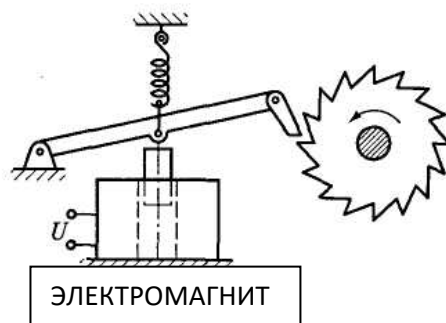
- жоғары энергетикалық көрсеткіштер – ПӘК және $\cos \varphi$;
- үлкен үлестік қуат P_S - салмақ бірлігіне қуат (әсіресе, ондаған және жүздеген ватт қуаттары және көп полюстер жұптары);
- жоғары жүктелу қабілеті, айналу жиілігінің тұрақтылығы;
- жақсы синфазалық айналу, бұл топтық жетектерде жиі қажет етіледі.

Кейбір автоматика жүйелерінде тұрақты магнитті және гистерезисті іске қосылған синхронды микроқозғалтқыштар қолданылады.

Қадамдық қозғалтқыштардың әрекет ету принципі. Автоматика, телемеханика және есептеу техникасы сұлбаларында жоғарыда қарастырылған қарапайым қозғалтқыштардың көмегімен орындалатын үздіксіз әрекет ететін автоматты жүйелермен қатар дискретті (импульсті) әрекет жүйесі кеңінен қолданылады. Мұндай жүйелерде қадамдық атауын алған арнайы атқарушы қозғалтқыштар қолданылады.

Қадамдық қозғалтқыштар - бұл басқару кернеуінің электрлік импульстерін ротордың дискретті (секіртпелі) бұрыштық және сызықтық орын ауыстыруларына қажетті жағдайларда бекітілуі мүмкін түрлендіретін электромеханикалық құрылғылар.

Бірінші қадамды қозғалтқыштар тіреуіш дөңгелегін айналуға әкелетін электромагнит түрінде жасалған (2.37 сур), электр магнитті бір рет қосқанда кернеумен (бір тактқа) толық белгілі бір бұрышқа жылжитын - тіреуіш дөңгелегінің тісті қадамының шамасымен анықталатын қадам.



2.37 сур. Электр магнитті және тіреуішті қадамдық қозғалтқыш

Қозғалтқыш білігіне реверс(керіқимылын) қамтамасыз ету үшін бір-біріне қатысты 180° бұрылған екі тіреуішті дөңгелектері орнатылды және қозғалтқыш екі электромагнитпен жабдықталды. Тіреуішті қадамдық қозғалтқыштардың бірқатар кемшіліктерінің болуына қарамастан, олар қазіргі уақытта да автоматика сұлбаларында кеңінен қолданылады.

2.7. Басқару жүйелерін бағдарламалық қамтамасыз ету

Бағдарламаланатын логикалық бақылағыш. Бағдарламаланатын логикалық бақылағыш (қысқ. БЛБ; ағыл. programmable logic controller, қысқ.

PLC; орысшаға дәл аудару - бағдарламаланатын логикасы бар бақылағыш), бағдарламаланатын бақылағыш - электрондық есептеу машинасының арнайы түрі. Көбінесе технологиялық процестерді автоматтандыру үшін БЛБ қолданылады. БЛБ жұмысының негізгі режимі ретінде оны ұзақ автономды, көбінесе қоршаған ортаның қолайсыз жағдайында, елеулі қызмет көрсетусіз және іс жүзінде адамның араласуынсыз пайдалану болып табылады.

Кейде БЛБ станоктардың сандық бағдарламалық басқару жүйесі құрылады.

БЛБ - нақты уақыт жүйелерінде жұмыс істеуге арналған құрылғылар. БЛБ өнеркәсіпте қолданылатын өзге де электрондық аспаптардан ерекшеленетін бірқатар ерекшеліктерге ие:

- микро бақылағыштан (бір кристалды компьютерден) айырмашылығы — электрондық құрылғыларды басқаруға арналған микросұлбалар — БЛБ жеке микросұлбаға емес, дербес құрылғы болып табылады.

- оператормен шешім қабылдауға және басқаруға бағытталған компьютерлерден айырмашылығы, БЛБ датчиктер сигналдарын дамытылған енгізу және сигналдарды атқарушы механизмдерге шығару арқылы машиналармен жұмыс істеуге бағытталған;

- кірістірілетін жүйелерге қарағанда БЛБ оның көмегімен басқарылатын жабдықтан бөлек дербес бұйымдар ретінде дайындалады.

БЛБ түрлері. Қазіргі уақытта бар бақылағыштардың үлкен әртүрлілігін жіктеу үшін олардың елеулі айырмашылықтарын қарастырайық.

БЛБ негізгі көрсеткіші енгізу-шығару арналарының саны болып табылады. Осы белгі бойынша БЛБ келесі топтарға бөлінеді:

- нано - БЛБ (16 арнадан кем);
- микро - БЛБ (16-дан астам, 100 арнаға дейін);
- орташа (100-ден астам, 500 арнаға дейін);
- үлкен (500 арнадан астам).

БЛБ енгізу-шығару модульдерінің орналасуы бойынша болады:

- моноблокты - енгізу-шығару құрылғысы бақылағыштан жойылуы немесе басқасына ауыстырылуы мүмкін емес. Конструктивті бақылағыш енгізу-шығару құрылғыларымен біртұтас болып табылады (мысалы, бір тақшалы бақылаушы). Моноблокты бақылаушыта, мысалы, 16 дискретті енгізу арналары және 8 релелік шығыс арналары болуы мүмкін;

- модульдік - жалпы себеттен (шассиден) тұратын, онда орталық процессор модулі және енгізу-шығару ауысымды модульдері орналасқан. Модульдер құрамын пайдаланушы шешілетін міндетке байланысты таңдайды. Ауыспалы модульдерге арналған слоттардың типтік саны - 8-ден 32-ге дейін;

- бөлінген (енгізу-шығарудың алыстағы модульдерімен) - олардың енгізу-шығару модульдері жеке корпустарында орындалды, бақылаушының модулімен желісі бойынша қосылады (әдетте негізінде интерфейс RS-485) және процессорлық модульден 1,2 шақырым қашықтыққа дейін орналасқан болуы мүмкін.

Мысалы, бір-бірімен байланысқан бақылауыштар, мысалы, моноблокты бақылауыштар бірнеше алмалы-салмалы платаға ие болуы мүмкін; моноблокты және модульді бақылауыштар жалпы арналар санын арттыру үшін қашықтағы енгізу-шығару модульдерімен толықтырылуы мүмкін [18].

Көптеген бақылауыштарда әртүрлі өнімділіктегі ауыспалы процессорлық платалар жиынтығы бар. Бұл жүйенің әлеуетті пайдаланушыларының шеңберін оның конструктивін өзгертпей кеңейтуге мүмкіндік береді.

Конструктивтік орындау және бекіту тәсілі бойынша бақылағыштар бөлінеді:

- панельді (панельге немесе шкаф есігіне монтаждау үшін);
- шкаф ішіндегі DIN-рейкаға монтаждау үшін;
- қабырғаға бекіту үшін;
- тіреуіштік - тіреуде монтаждау үшін;
- жабдық өндірушілерінің арнайы конструктивтерінде (ОЕМ – «Original Equipment Manufacturer») қолдануға арналған корпуссыз (әдетте бір тақшалы).

Қолдану саласы бойынша бақылағыштар келесі типтерге бөлінеді:

- әмбебап жалпы өнеркәсіптік;
- роботтарды басқару үшін;
- позицияны және жылжытуды басқару үшін;
- коммуникациялық;
- ПИД- бақылағыштар;
- мамандандырылған.

Бағдарламалау әдісі бойынша бақылағыштар болалы:

- бақылағыштың беткі панелінен бағдарламаланатын;
- тасымалданатын бағдарламашымен бағдарламаланатын;
- дисплей, тінтуір және пернетақта арқылы бағдарламаланатын;
- дербес компьютердің көмегімен бағдарламаланатын.

Бақылағыштар келесі тілдерде бағдарламалануы мүмкін:

- классикалық алгоритмдік тілдерде (C, C#, Visual Basic);
- МЭК 61131-3 тілдерінде.

Бақылағыштардың өз құрамында енгізу-шығару модульдері болуы мүмкін немесе олар болмауы мүмкін. Енгізу-шығару модульдері жоқ бақылағыштардың мысалдары коммуникациялық бақылағыштар болып табылады, олар желіаралық шлюз немесе ТП БАЖ иерархиясының төменгі деңгейдегі бақылағыштардан деректерді алатын бақылағыштардың функциясын орындайды.

ТСР/IP деректерді берудің желілік хаттамасы. ТСР/IP - сандық түрде ұсынылған деректерді берудің желілік моделі. Модель ақпарат көзінен алушыға деректерді беру тәсілін сипаттайды. Модельде ақпараттың төрт деңгей арқылы өтуі болжанады, олардың әрқайсысы ережемен (беру хаттамасымен) сипатталады. Деректерді беру бойынша мәселені шешетін ережелер жиынтығы Интернет негізделген деректерді беру хаттамаларының

стегін құрайды. TCP/IP атауы, осы стандартта бірінші әзірленген және сипатталған - Transmission Control Protocol (TCP) и Internet Protocol (IP) екі маңызды хаттамадан тұрады. Сондай-ақ, кейде 1970-ші жылдардың ARPANET желісінен тарихи шығу тегіне байланысты (DARPA, АҚШ Қорғаныс министрлігінің басқаруындағы) DOD (Department of Defense) моделі ретінде аталады.

Интернет-хаттамалардың жиынтығы - бұл Интернетте және ұқсас компьютерлік желілерде қолданылатын концептуалды модель және коммуникациялық хаттамалардың жиынтығы. Ол TCP/IP ретінде кеңінен танымал, себебі пакеттегі базалық хаттамалар — бұл таратуды басқару хаттамасы (TCP) және интернет хаттамасы (IP). Оны кейде Қорғаныс министрлігінің (ҚМ) моделі деп атайды, өйткені желілік әдісті әзірлеу DARPA арқылы Құрама Штаттардың Қорғаныс министрлігімен қаржыландырылды.

Интернет-хаттамалар жинағы деректердің пакеттелуі, өңделуі, берілуі, бағдарлануы және қабылдануы тиіс екендігін айқындайтын деректердің толассыз берілуін қамтамасыз етеді. Бұл функционалдылық іске қосылған желілердің көлеміне сәйкес барлық байланысты хаттамаларды жіктейтін төрт қабатта абстракциясында ұйымдастырылған. Ең төменнен ең жоғары деңгейге дейін - бұл желінің бір сегменті (сілтеме) шегінде қалатын деректер үшін байланыс әдістерін қамтитын байланыс деңгейі; тәуелсіз желілер арасындағы желіаралық өзара іс-қимылды қамтамасыз ететін интернет-деңгей; түйіндер арасындағы байланысты өңдеуші көлік деңгейі; және қосымшаларға арналған процестер арасындағы деректер алмасуды қамтамасыз ететін қолданбалы деңгей.

UDP деректерін берудің желілік хаттамасы. UDP (ағылш. User Datagram Protocol - пайдаланушы датаграммаларының хаттамасы) - Интернетке арналған желілік хаттамалар жиынтығының негізгі элементтерінің бірі. UDP-ден компьютерлік қосымшалар арнайы тарату арналарын немесе деректер жолдарын орнату үшін алдын ала хабарлаудың қажетінсіз IP-желі арқылы басқа түйіндерге хабарлар (бұл жағдайда датаграммалар деп аталатын) жібере алады. Хаттаманы Дэвид П. Рид 1980 жылы жасап, RFC 768-де ресми түрде анықталды.

UDP деректердің сенімділігін, реттелуін немесе тұтастығын қамтамасыз ету үшін, белгісіз «қол алысусыз» қарапайым тарату моделін пайдаланады. Осылайша, UDP сенімсіз сервисті ұсынады және датаграммалар ретімен емес, қайталануы немесе мүлдем ізсіз жоғалуы мүмкін. UDP қателерді тексеру және түзету қажет емес немесе қосымшада орындалуы тиіс дегенді білдіреді. Уақытқа өте сезімтал бағдарламалар UDP жиі қолданады, себебі нақты уақыт жүйесінде мүмкін емес болуы мүмкін кідірген пакеттерді күтуден гөрі пакеттерді қалпына келтіру жақсырақ. Интерфейстің желілік деңгейінде қателерді түзету қажет болған жағдайда қосымша осы мақсат үшін әзірленген TCP немесе SCTP іске қоса алады.

UDP табиғаты жай-күйін сақтаусыз хаттама ретінде үлкен клиенттер санынан шағын сұрауларға жауап беретін серверлер, мысалы, DNS және

IPTV, Voice over IP сияқты ағындық мультимедиялық бағдарламалар, IP туннельдеу хаттамалары және көптеген онлайн ойындар үшін де пайдалы.

Желілік құрылғылар. Желілік коммутатор (жарг. свитч, свич ағылш. тілінде switch - ауыстырып қосқыш) - бір немесе бірнеше желі сегменттерінің шегінде компьютерлік желінің бірнеше тораптарын қосуға арналған құрылғы. Коммутатор OSI моделінің арналық (екінші) деңгейінде жұмыс істейді. Коммутаторлар көпірлі технологияларды пайдалана отырып әзірленген және көп портты көпірлер ретінде жиі қарастырылады. Бірнеше желіні қосу үшін желілік деңгей негізінде бағдарлаушылар қызмет етеді (OSI 3-деңгейі).

Бір қосылған құрылғыдан барлық басқаларына трафикті тарататын шоғырлағыштан (OSI 1-деңгей) айырмашылығы, коммутатор деректерді тек тікелей алушыға ғана береді (барлық желі тораптарына кең таратымды трафикті және коммутатордың шығыс порты белгісіз құрылғылар үшін трафикті қоспағанда). Бұл желінің басқа сегменттерін оларға арналмаған деректерді өңдеу қажеттілігінен (және мүмкіндіктерінен) босата отырып, желінің өнімділігі мен қауіпсіздігін арттырады.

Бағдарлауыш (кәсіби жарг. рутер немесе роутер ағылшыннан транслитерациясы router/'lu:tə(r)/ немесе /'raʊtəɹ/,/'raʊtə-/)— мамандандырылған компьютер, желі сегменттері арасындағы пакеттерді бағдарлау ережелері мен кестелері негізінде жібереді. Бағдарлауыш әр түрлі сәулет желілерін байланыстыра алады. Пакеттерді жіберу туралы шешім қабылдау үшін желі топологиясы туралы ақпарат және әкімшімен берілген белгілі бір ережелер пайдаланылады.

Бағдарлауыштар OSI моделінің екінші және бірінші деңгейлерінде тиісінше жұмыс істейтін коммутаторларға (свитчтерге) және концентраторларға (хабтарға) қарағанда OSI желілік моделінің «желілік» (үшінші) деңгейінде жұмыс істейді

Wi-Fi сымсыз желісі. Wi — Fi-IEEE 802.11 стандарттары негізінде құрылғылары бар сымсыз жергілікті желі технологиясы. Wi-Fi логотипі Wi-Fi Alliance сауда белгісі болып табылады. Wi-Fi аббревиатурасымен (Wireless Fidelity ағылшын сөз тіркестерінен, оны «сымсыз байланыстылық» ретінде сөзбе-сөз аударуға болады) қазіргі уақытта радиоарналар бойынша деректердің цифрлық ағындарын тарату стандарттарының тұтас тобы дамып келеді. Wi-Fi ISM (2402-2480 МГц) лицензиясыз жиілік диапазонында жұмыс істейді.

IEEE 802.11 стандартына сәйкес келетін кез келген жабдық Wi-Fi Alliance-да сыналуы және тиісті сертификат алуы және Wi-Fi логотипін салу құқығына ие болуы мүмкін.

Қашықтан басқару және мониторинг. SCADA (ағылшын тілінен аббр. Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерлік басқару және деректерді жинау) - мониторинг немесе басқару объектісі туралы ақпаратты жинау, өңдеу, бейнелеу және мұрағаттау жүйелерін нақты уақытта әзірлеуге немесе жұмысты қамтамасыз етуге арналған бағдарламалық пакет. SCADA ТП БАЗ, ЭКЕАЗ, экологиялық мониторинг жүйесі, ғылыми эксперимент,

ғимарат және т. б. автоматтандыру бөлігі болып табылады. SCADA-жүйелер нақты уақыттағы технологиялық процестерді операторлық бақылауды қамтамасыз ету талап етілетін шаруашылықтың барлық салаларында қолданылады. Бұл бағдарламалық жасақтама компьютерлерге орнатылады және объектімен байланыс үшін енгізу-шығару драйверлерін немесе OPC/DDE серверлерін пайдаланады. Бағдарламалық код бағдарламалау тілдерінің бірінде жазыла алады, сондай-ақ жобалау ортасында құрылады[11].

Кейде SCADA-жүйесі өндірістік бақылағыштарды бағдарламалау үшін қосымша БҚ жасақталады. Мұндай SCADA-жүйелер интеграцияланған деп аталады және оларға SoftLogic терминін қосады.

«SCADA» терминінде екі түрлі түсінік бар. SCADA-ны қосымша, яғни көрсетілген функциялардың орындалуын қамтамасыз ететін бағдарламалық кешен, сондай-ақ осы бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу үшін құралдық құралдар ретінде түсіну кең таралған. Алайда, көбінесе SCADA-жүйесінде бағдарламалық-аппараттық кешен түсініледі. SCADA терминінің мұндай түсінігі телеметрия бөліміне тән.

Технологиялық үрдістерді басқару және автоматтандыру технологияларының дамуымен бірге SCADA терминінің мәні өзгеріске ұшырады. 80-ші жылдары SCADA-жүйелерінде көбінесе нақты уақытта мәліметтерді жинаудың бағдарламалық-аппараттық кешендері түсінілді. 90-шы жылдардан бастап SCADA термині тек ТП БАЖ-дың адам-машиналық интерфейсінің бағдарламалық бөлігін ғана белгілеу үшін пайдаланылады.

Операторлық панель. Операторлық панель (жарг. панель немесе ағылш. HMI, сондай-ақ еск. оператордың пульті) - өнеркәсіптік автоматтандыру шеңберінде ТП АБЖ құрамындағы жекелеген автоматтандырылған құрылғылар немесе тұтас технологиялық процестерді операторларды басқару үшін адам-машина интерфейсін кеңінен пайдаланатын, өнеркәсіптік бақылағыш (компьютер емес) түрінде іске асырылған жаппай (немесе ірі сериялы) өндірістің мамандандырылған есептеу құрылғысы.

Конструкциясы. Операторлық панель әдетте дисплейі және/немесе басқару органдары бар тегіс алдыңғы бөлігі бар, қоршаған (агрессивті) ортаның әсерінен және механикалық әсерден қорғалған конструкцияны білдіреді. Әдетте, панельдің кішкене тереңдігі бар, ол басқару панеліне, оператор пультіне немесе автоматтандыру құрылғысы бар шкафтың есігіне ыңғайлы орналастыруға мүмкіндік береді.

Жалпы сипаттағы панельдің ішкі құрылғысы өнеркәсіпте қолданылатын пайдалану ерекшеліктеріне түзетілген өнеркәсіптік компьютердің құрылымына ұқсас.

Типтік операторлық панельде бар:

- ақпаратты көрсету құралдары: қазіргі заманғы, әдетте, сенсорлық мәтіндік немесе графикалық экран түрінде; бұрын барлық мүмкін болатын электрондық индикаторлар: электрондық табло және шамдар/жарықдиодтар топтары, кейінірек-СК-дисплей қолданылды;

- деректерді таңдауды және енгізуді, сондай-ақ экрандар бойынша навигацияны қамтамасыз ететін техникалық құралдар: пернетақта, түймелер, сенсорлық экран, кіріктірілген немесе қосылатын джойстик немесе манипулятор;

- басқа жабдықпен және жүйелермен (әдетте өнеркәсіптік желі арқылы) деректер алмасуды жүзеге асыру үшін байланыс интерфейстері. Мысалы, RS232, RS422, RS485, Ethernet.

- операциялық жүйені, объектіні басқару бағдарламаларын сақтау және жобаны қолдау үшін энергияға тәуелді және энергияға тәуелді (ЖЕК) жады бар (мысалы, флеш-жады).

Функционалдылығы. Типтік панель пайдаланушыға келесі функционалдылықты ұсынады:

1. Технологиялық процесті (немесе объектіні) және оның параметрлерін мәтіндік немесе графикалық түрде көрсету;

2. Авариялық хабарламалар мен хабарламаларды, олардың пайдалану уақыты мен күнін тіркеумен басқару және өңдеу;

3. Процесс параметрлерін енгізу және функциялық түймелер немесе сенсорлық экран арқылы жедел басқару;

4. Шектес жабдықпен және жүйелермен деректер алмасу;

5. Жүктелген рецептерді таңдау және оларды редакциялау мүмкіндігі;

6. Пайдаланушылардың жүйенің кейбір функцияларына қол жеткізуін шектеу және пайдаланушылардың құқықтарын басқару;

7. Диаграммалар мен трендтерді көрсету, жиынтық есептерді көрсету;

8. Процесс деректерін мұрағаттау;

9. Командаларды кесте бойынша орындау;

10. Қажетті ақпаратты басып шығару.

Графикалық режимде процесті көрсету интерактивті мнемосұлбалар немесе пиктограммалар көмегімен жүзеге асырылады. Мәтіндік режимде процесс таңбалық деректер түрінде көрсетіледі. Әлбетте, мәтіндік деректер пішімі жеткіліксіз көрнекіленген және ақпараттандырылған, сондықтан мәтіндік панельдер тек қана кіші автоматтандыру жүйелерінде пайдаланылады, онда қызмет көрсетуші қызметкерлер тарапынан үрдістің тұрақты мониторингі талап етілмейді.

Веб-интерфейс - HTTP хаттамасы және веб-браузер арқылы сервистермен немесе құрылғымен өзара іс-қимыл жасау үшін пайдаланушы интерфейсін ұсынатын веб-бет немесе веб-беттер жиынтығы. Веб-интерфейстер дүниежүзілік ғаламтордың танымалдығының өсуіне және тиісінше веб-браузерлердің жаппай таралуына байланысты кең таралған.

Көбінесе web interface түрлі онлайн сервистермен жұмыс істеу үшін қолданылады: электрондық поштадан бастап және веб-талдаушылар жүйелерімен аяқталады. Кейбір жағдайларда веб-интерфейс қандай да бір сайтта «Жеке кабинет» деп аталады, бірақ барлық жеке кабинеттер – интерфейстер емес. Түсінікті бөліктер бойынша талдаймыз. «Веб»

қосымшасы элементтің компьютерден қашықта, жергілікті немесе интернет серверінен алыстан жұмыс істейтінін білдіреді. Сервистермен өзара әрекеттесу бұл ретте батырмалардан, терезелерден, толтыру өрістерінен немесе кез келген басқа элементтерден тұратын арнайы графикалық қабық «интерфейс» арқылы жүзеге асырылады. Мысалдармен талқылайық.

Сонымен қатар, веб-интерфейстерге қойылатын негізгі талаптардың бірі әртүрлі браузерлерде жұмыс істеу кезінде олардың бірдей сыртқы түрі мен бірдей функционалдығы болып табылады [12].

PLC бақылағышын бағдарламалаудың негізгі тілдері. БЛБ – ның басты міндеті - технологиялық процесті басқарудың қолданбалы бағдарламасын орындау. Әрине, бағдарламаланбаған бақылағыш адамзатқа ешқандай пайда әкелмейтін бос темір ғана.

Өнеркәсіптік бақылағыш қандай бағдарламаларды орындай алады? Жауап қарапайым: іс жүзінде кез-келген. Қазіргі заманғы бақылағыш еркін бағдарламаланады, яғни әзірлеушіге сүт комбинатында пастеризаторды басқару бағдарламасы немесе МӨЗ-де колонналық тазартуды басқару бағдарламасы болсын, олардың функционалдығын шектемей еркін құрылымның пайдаланушылық бағдарламаларын жасауға мүмкіндік береді. Шын мәнінде, мұнда жалғыз шектеу бақылағыштың бос ресурстарының көлемі болуы мүмкін.

БЛБ бағдарламалау үшін не қажет? Сауатты маман. Екіншіден, дербес компьютер немесе желі бойынша бақылағышқа қосылған портативті бағдарлама. Үшіншіден, әдетте қосымша ақы үшін берілетін бағдарламалық әзірлеу пакеті. Кейде өңдеу ортасы барлық басқару жүйесін орнату және пайдалану үшін кешенді БҚ құрамына кіреді.

Қазіргі заманғы өңдеу құралдары өте функционалды және әзірлеушіге көптеген мүмкіндіктер ұсынады:

1.Әртүрлі бағдарламалық кітапханалар, функционалдық блоктар, дайын рәсімдер мен үлгілер. Дайындалған компоненттерді пайдалану БЛБ үшін бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу процесін тездетеді[11].

2.Қолданбалы бағдарламаны баптау, тестілеу және симуляцияға арналған құралдар. Соңғы бағдарлама нақты бақылағышқа жүктелмей, дербес компьютерде БЛБ бағдарламасын орындауға мүмкіндік береді.

3.Қабылданған стандарттарға сәйкес әзірленген бағдарламаны автоматтандырылған құжаттандыруға арналған құралдар.

Бірақ бағдарламашыда күшті құрал бар. Сонымен қатар, қазіргі заманғы өндірістік бақылаушыға арналған қолданбалы БҚ әзірлеу құралдары, әдетте, бағдарламалаудың алты түрлі тілдеріне дейін қолдау көрсетеді.

Халықаралық электротехникалық комиссия (ХЭК, IEC) әзірлеген және сегіз бөліктен тұратын IEC 61131 халықаралық стандарты бар. Ең қызықтысы БЛБ бағдарламалау тілін сипаттайтын IEC 61131-3, үшінші бөлім болып табылады. IEC 61131-3 стандартының бастапқы мақсаты БЛБ бағдарламалау тілдерін біріздендіру және әзірлеушілерге бірқатар аппараттық-тәуелсіз тілдерді ұсыну болды, бұл стандартты жасаушылардың ойы бойынша әр түрлі аппараттық платформалардың арасында бағдарламалардың оңай

көтерілуін қамтамасыз етеді және әзірлеушінің жаңа БЛБ-ға көшуі кезінде жаңа тілдер мен бағдарламалау құралдарын үйрену қажеттілігін алып тастайды.

Өкінішке орай, мақсаттарға толық көлемде қол жеткізілген жоқ. Әрбір БЛБ өндіруші өз өнімін өз бағдарламалау ортасымен бірге алып жүреді, ол әдетте басқалармен үйлесімді емес, және бағдарламалық кодтың кросс-платформалығын ұмытуға болады. Дегенмен, IEC 61131 стандарты бағдарламалау тілдерін сипаттау бөлігінде өте өзекті болып қалады және көптеген БЛБ әзірлеушілері үшін бағдар болып табылады.

LD (LAD, Ladder) тілі - бағдарлама релелік сұлбаның аналогы болып табылатын графикалық тіл болып табылады. Стандарт авторларының идеясы бойынша бағдарламаны ұсынудың мұндай нысаны инженерлердің релелік автоматика саласынан БЛБ-ға көшуін жеңілдетеді.

Осы тілдің кемшіліктеріне «реле» санының ұлғаюына қарай ол түсіндіру, талдау және кейінге қалдыру үшін күрделі болып отырғандығын жатқызуға болады. LD тілінің тағы бір кемшілігі мынада: релелік сұлбаларға ұқсас жасалған тіл дискретті (екілік) сипаты бар процестерді сипаттау үшін ғана тиімді пайдаланылуы мүмкін; «үздіксіз» процестерді өңдеу үшін (аналогтық айнымалылардың жиыны бар), мұндай тәсіл мағынасын жоғалтады.

FBD тілі (Functional Block Diagram, Функционалдық Блоктар диаграммасы) сондай-ақ, электр (электрондық) сұлбамен ұқсастықты пайдаланатын LD сияқты графикалық бағдарламалау тілі болып табылады. FBD тіліндегі бағдарлама кіру және шығу байланыс желілерімен (connections) қосылған функционалдық блоктардың (functional blocks, FBs) жиынтығы болып табылады. Бір блоктардың шығуларын басқалардың кірісімен қосатын бұл байланыстар іс жүзінде ауыспалы бағдарлама болып табылады және блоктар арасында деректерді жіберу үшін қызмет етеді. Әрбір блок математикалық операцияны білдіреді (қосу, көбейту, триггер, логикалық «немесе» және т.б.) және жалпы жағдайда еркін кіру және шығу саны болуы мүмкін. Айнымалы мәндердің бастапқы мәндері арнайы кіру блоктары немесе константалар арқылы беріледі, шығу тізбектері бақылаушының физикалық шығуымен немесе жаһандық ауыспалы бағдарламалармен байланысты болуы мүмкін[12].

Тәжірибе FBD-нің IEC стандартының ең көп таралған тілі екенін көрсетеді. Алгоритмді ұсынудың графикалық нысаны, пайдалану қарапайымдылығы, функционалдық диаграммалар мен функционалдық блоктардың кітапханаларын қайта пайдалану FBD тілін БЛБ бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу кезінде таптырмайтын етеді. Сонымен қатар, FBD кейбір кемшіліктерін де байқамауға болмайды. FBD «үздіксіз» сигналдарды өңдеу функцияларын, атап айтқанда реттеу функцияларын, сондай-ақ логикалық функцияларды оңай ұсынуды қамтамасыз етсе де, онда ыңғайсыз және сәтсіз түрде бағдарламаның соңғы автоматы түрінде ұсынуға ыңғайлы болатын учаскелері іске асырылады.

SFC тілі. Басқа тілдермен (әдетте ST және IL-мен) бірге пайдаланылатын SFC(Sequential Function Chart) тізбекті функционалдық сұлбаларының тілі, бағдарлама өтпелермен біріктірілген қадамдардың сұлбалық дәйектілігі түрінде сипатталатын графикалық тіл болып табылады. SFC тілі соңғы автомат тұжырымдамасына жақын принцип бойынша салынған, ол IEC 61131-3 стандартты ең қуатты бағдарламалау тілдерінің бірі болып табылады.

SFC тілінде неғұрлым қарапайым және табиғи түрде бірнеше параллель орындалатын процестерді сипаттау мүмкіндігімен, дәйекті орындалатын қадамдардан тұратын технологиялық процестер сипатталады, ол үшін тілде ағындардың тармақталуы мен бірігуінің арнайы белгілері бар (IEC 61131-3 стандартының терминдерінде дивергенция мен конвергенция).

Кезектілік қадамдары жоғарыдан төмен қарай тігінен орналасады. Әрбір қадамда белгілі бір әрекеттер (операциялар) тізбесі орындалады. Бұл жағдайда операцияның өзін сипаттау үшін IL немесе ST сияқты басқа бағдарламалау тілдері қолданылады.

Қадамдардағы іс-әрекеттердің (операциялар) оларды адым ішінде орындау тәсілін анықтайтын арнайы жіктегіштері болады: циклдік орындау, бір реттік орындау, адымға кіру кезінде бір реттік орындау және т. б. Мұндай классификаторлардың жиынтығында тоғыз саналады, оның ішінде, мысалы, бағдарлама қадамнан шыққаннан кейін де әрекетті орындауға мәжбүр ететін, сақталатын және кейінге қалдырылған іс-әрекеттер деп аталатын жіктегіштер бар.

Қадам орындалғаннан кейін, басқару оның артындағы келесі қадамға беріледі. Қадамдар арасындағы ауысу шартты және шартсыз болуы мүмкін. Шартты көшу басқаруды келесі қадамға беру үшін белгілі бір логикалық шартты орындауды талап етеді; бұл шарт орындалғанға дейін бағдарлама барлық операциялар қадам ішінде орындалса да, ағымдағы қадам ішінде қалады. Шартсыз ауысу осы қадамда барлық операцияларды толық орындағаннан кейін жүреді. Өтпелі кезеңдердің көмегімен кезектілік тармақтарын бөлу және біріктіруді жүзеге асыруға, бірнеше тармақтарды параллель өңдеуді ұйымдастыруға немесе орындалған бір тармақтарды екіншісін аяқтауды күтуге мәжбүрлеуге болады.

Басқа тіл сияқты, SFC кейбір кемшіліктер тән. SFC соңғы автоматтарды модельдеу үшін пайдаланылуы мүмкін болса да, оның бағдарламалық моделі бұл үшін аса ыңғайлы емес. Бұл бағдарламаның ағымдағы жай-күйі ауыспалы жай-күймен емес, әр қадамның белсенділік жалауларының жиынтығымен анықталуына байланысты, осыған байланысты программист тарапынан жеткіліксіз бақылау кезінде параллель ағындарда болмайтын бірнеше қадам бір уақытта белсенді болуы мүмкін.

Тілдің тағы бір ыңғайсыздығы, қадамдар графикалық түрде жоғарыдан төменге қарай орналасуымен және кері бағытта келе жатқан ауысу, ауысу жүзеге асырылатын жағдайдың нөмірі бар көрсеткі түрінде айқын емес нысанда бейнеленеді.

ST (Structured Text, Құрылымдалған Мәтін) тілі - Pascal және Basic тілдерінің сипаты бар жоғары деңгейдегі тіл. Бұл тілдің ІЛ сияқты кемшіліктері бар, бірақ олар аз дәрежеде көрінеді.

ST көмегімен арифметикалық және логикалық операцияларды (соның ішінде, бит бойынша), шартсыз және шартты өткелдерді, циклдық есептеулерді оңай жүзеге асыруға болады; кітапханалық және пайдаланушылық функцияларды да қолдануға болады. Тіл сондай-ақ 16-дан астам деректер түрлерін түсіндіреді.

ST тілін технолог қысқа мерзімде игеруі мүмкін, алайда бағдарламаларды ұсынудың мәтіндік нысаны күрделі жүйелерді әзірлеу кезінде тежеуші фактор болып табылады, өйткені бағдарламаның құрылымы туралы да, онда болып жатқан процестер туралы да көрнекі түсінік бермейді.

ІЛ тілі (Instruction List, Командалар Тізімі) бір жағынан, бағдарламалау саласында кәсіби дайындығы жоқ, екінші жағынан, өндірістің қандай да бір саласында маман болып табылатын пайдаланушы өнеркәсіптік автоматтандыру есептерінде оны практикалық қолдану үшін, стандарт авторларының ойы бойынша өте күрделі емес ассемблер тәріздес тіл болып табылады. Алайда, тәжірибе көрсеткендей, мұндай тәсіл өзін ақтамайды.

Өзінің көрнекілігіне байланысты ІЛ автоматтандырылған басқарудың кешенді алгоритмдерін бағдарламалау үшін іс жүзінде пайдаланылмайды, бірақ көбінесе жеке функционалдық блоктарды кодтау үшін қолданылады, олардың соңынан FBD немесе CFC сұлбалары қалыптасады. Сонымен қатар, ІЛ кодтың жоғары оңтайлылығына қол жеткізуге мүмкіндік береді: ІЛ жазылған бағдарламалық блоктар орындалуының жоғары жылдамдығы бар және бақылаушы ресурстарына ең аз талап қояды. ІЛ тілінің басқа төмен деңгейлі бағдарламалау тілдеріне тән барлық кемшіліктері бар: бағдарламалаудың күрделілігі мен жоғары еңбек сыйымдылығы, онда жазылған бағдарламаларды модификациялаудың қиындығы, бағдарламаның бастапқы мәтінінің және шешілетін есептің «көрінетін» сәйкестігінің аз дәрежесі.

CFC тілі (Continuous Flow Chart) – визуалды бағдарламалаудың тағы бір жоғары деңгейлі тілі. Шын мәнінде, CFC - бұл FBD тілін одан әрі дамыту. Бұл тіл үздіксіз технологиялық процестерді басқару жүйелерін жобалау үшін арнайы жасалған.

Жобалау дайын функционалды блоктарды кітапханалардан таңдауға, оларды экранда орналастыруға, олардың кірулері мен шығулары арасындағы қосылыстарды орнатуға, сондай-ақ таңдалған блоктардың параметрлерін реттеуге негізделеді. FBD қарағанда, CFC тілінің функционалдық блоктары қарапайым математикалық операцияларды ғана емес, тұтас технологиялық бірліктерді басқаруға бағытталған. Мысалы, CFC блоктарының типтік кітапханасында клапандарды, моторларды, сорғыларды басқаруды жүзеге асыратын кешенді функционалды блоктар; апаттық дабылдарды тудырушы блоктар; PID-реттеу блоктары және т. б. бар. Сонымен қатар стандартты FBD блоктары да бар. FBD-дан бағдарламалау тұжырымдамасын іздей отырып, CFC тілі ең көп дәрежеде, әзірлеушіге күрделі математикалық аппараттан

абстрациялануға мүмкіндік бере отырып технологиялық процестің өзіне бағытталған.

№1 зертханалық жұмыс **Температураның электр датчиктері**

Жұмыстың мақсаты: температураның әр түрлі датчиктерінің жұмысымен танысу, оларды өлшемдеу дағдыларын меңгеру, термжұптар мен резисторлық датчиктердің сезімталдығын анықтау, олардың көмегімен медициналық зерттеулер жүргізу.

Зертханалық жұмыстың міндеттері: әр түрлі температура датчиктерінің жұмысымен танысу, өлшемдеу (*өлшемдеу - белгісіз шамаларды одан әрі өлшеу мақсатында белгілі өлшенетін шамаларға сәйкес аспаптың шкаласына белгі қою*) және олардың сезімталдығын анықтау.

Теориялық мәліметтер:

Датчиктер – электр сигналына түрлендіруді жүзеге асыратын өлшенетін шаманы алу құрылғылары, сондықтан оларды өлшеу түрлендіргіштері деп те атайды.

Металдар негізіндегі датчиктер **кедергілік жылу өлшегіш** деп те аталады. Олар металдың температураға қарсылық тәуелділігіне негізделген. Осы датчиктерде кіріс шамасы – T температурасы, шығыс – R кедергісі. Қарапайым нұсқада мұндай сенсор оқшаулағыштың қаңқасына оралған жұқа металл сымнан тұрады. Мұндай датчиктер $R=f(T)$ температураға кедергінің **сызықтық тәуелділігімен және аз температуралық сезімталдығымен** сипатталады.

Датчиктің **сезімталдығы** кіріс шамасын бірлікке өзгерткенде шығыс шаманың қаншалықты өзгертетінін көрсетеді.

Жартылай өткізгіштердің негізіндегі датчиктер **термисторлар** деп аталады. Олар T температурасынан R жартылай өткізгіштердің кедергісіне негізделген. Термисторлар кристалды жартылай өткізгіштерден жасалады. Бұл датчиктер **аз мөлшерлермен, аз жылу сыйымдылығымен** (өлшеу дәлдігін жоғарылатады), **жоғары температуралық сезімталдығымен** және кедергінің $R = f(t)$ температурасына **сызықсыз тәуелділігімен** сипатталады.

Медициналық мақсаттар үшін термометрлер $\Delta T \leq 10^\circ\text{C}$ өлшейді, сондықтан шағын учаскелерде жартылай өткізгіштердің $R = f(t)$ графигі $R = R_0 (1 - \beta \cdot \Delta T)$ түзу сызықты, мұнда β - жартылай өткізгіштің температуралық коэффициенті, R_0 – 0°C (273K) кезіндегі кедергі.

Температураны кедергі термометрлерімен және термисторлармен өлшеу үшін оларды алдын ала өлшемдейді.

Терможұп - бір-бірімен қосылған әр текті өткізгіштердің екі жұптарынан тұратын құрылғы. Егер дәнекерлеудің бірін 0°C кезінде орналастырса, ал екіншісін өлшенетін температурасы бар ортаға орналастырса, онда тізбекте ЭЖК= ыстық және суық дәнекерлеу әлеуеттерінің байланыс айырмаларының айырмасы пайда болады. $\varepsilon = \alpha \cdot (T_1 -$

T_2), мұнда - термоэлектрлік датчигінің сезімталдығы, температураның 1°C -ге жоғарылауы кезінде термоЭЖК қанша өзгеретінін көрсетеді.

Терможұппен тек температуралардың айырмашылығын өлшеуге болады. Егер бір дәнекерлеу температурасы $T_2 = \text{const}$ (0 немесе бөлме) болса, онда термоЭЖК тек басқа дәнекерлеудің T_1 (өлшеуіш дәнекерлеу) температурасына байланысты болады.

Температураны өлшеу үшін терможұпты алдын ала градуирлейді – ε (Т) температурасынан термоЭЖК тәуелділік кестесін жасайды.

Жұмысты орындау тәртібі:

Өлшеу және есептеу нәтижелері:

1. Терможұпты градуирлеу мыс - константан. ТермоЭЖК суық және ыстық дәнекерлеу $\varepsilon(\Delta T)$ температурасының әртүрлілігіне тәуелділігін алу.

$T_1, ^\circ\text{C}$							
$\Delta T, ^\circ\text{C}$							
$\varepsilon, \text{мВ}$							

$T_2 = \text{const} = ^\circ\text{C}$

1. ТермоЭЖК суық және ыстық дәнекерлеу температураларының пілігіне тәуелділігінің градуирлеу графигін құру.

Терможұптың сезімталдығын анықтау.

$\varepsilon = \alpha \cdot \Delta \dot{O}$, өрнектейміз $\alpha = \frac{\varepsilon}{\Delta \dot{O}}$ $\alpha =$

Терможұптың көмегімен температураны өлшеу.

$\varepsilon = \text{мВ}$, $\Delta T = ^\circ\text{C}$ кестесі бойынша, $\dot{O}_1 = \dot{O}_2 + \Delta \dot{O}$ температураны есептейміз $\dot{O}_1 =$

2. Термистор мен кедергі термометрін градуирлеу. Металл мен жартылай өткізгіш кедергісінің температурадан тәуелділігін алу.

$T, ^\circ\text{C}$						
$R_{Ge}, \text{кОм}$						
$R_{Si}, \text{кОм}$						
$R_{Cu}, \text{кОм}$						

4. Кедергінің температураға тәуелділігінің градуирлеу графигін құру.

Қорытынды. Әр түрлі температура датчиктерінің жұмысымен таныстық, градуирледік және олардың сезімталдығын анықтадық, $\alpha = \text{мВ}/^\circ\text{C}$ терможұптың сезімталдығы $\alpha = \text{кОм}/^\circ\text{C}$ резисторлы датчиктеріне қарағанда төмен екеніне көз жеткіздік.

№ 2 зертханалық жұмыс

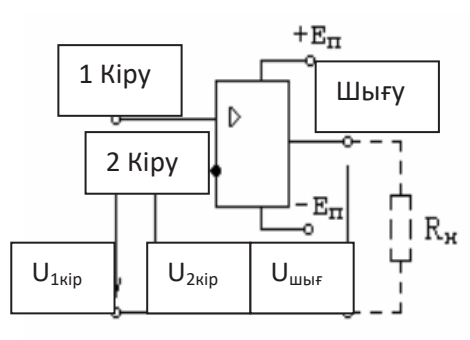
Операциялық күшейткіштердің параметрлерін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: осы зертханалық жұмыстың мақсаты - PSpice ортасында операциялық күшейткіштерді қолданатын сұлбалардың негізгі типтерін модельдеу әдістерін, сондай-ақ осы сұлбалардың есептеулерін студенттердің меңгеруі болып табылады.

Теориялық мәліметтер: Операциялық күшейткіш (ОК) - интегралды сұлбада орындалған және электр параметрлеріне қойылатын келесі талаптарды қанағаттандыратын тұрақты тоқтың біріздендірілген көпкаскадты күшейткіші:

- кернеу бойынша күшейту коэффициенті шексіздікке ұмтылады ($K_U \rightarrow \infty$);
- кіріс кедергісі шексіздікке ұмтылады ($R_{кір} \rightarrow \infty$);
- шығу кедергісі нөлге ұмтылады ($R_{шығ} \rightarrow 0$);
- егер кіріс кернеуі нөлге ұмтылса, онда шығыс кернеуі нөлге тең ($U_{кір} = 0 \rightarrow U_{шығ} = 0$);
- күшейткіш жиіліктердің шексіз жолағы ($f_B \rightarrow \infty$).

Шын мәнінде, идеалды күшейткіш элемент бола отырып, ОК барлық аналогтық электрониканың негізін құрайды, бұл бір кристалда интегралды орындаудағы ОК айтарлықтай күрделі құрылымын іске асыруға және осындай құрылғыларды жаппай шығаруды жолға қоюға мүмкіндік беретін заманауи микроэлектроника жетістіктерінің нәтижесінде мүмкін болды. Мұның бәрі ОК-ны диод, транзистор және т.б. сияқты электрондық сұлбалардың қарапайым элементі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Жоғарыда аталған ОК талаптарының бірде-бірі іс жүзінде толық қанағаттандырыла алмайтынын атап өткен жөн.



2.38 сур. ОК шартты графикалық белгісі

Операциялық күшейткіш - кемінде бес шығыспен жабдықталған аналогтық интегралдық сұлба. Оның шартты графикалық бейнесі 2.38 суретте келтірілген.

ОК екі шығаруы кіру ретінде пайдаланылады, бір шығарылғыш шығу болып табылады, қалған екі шығару ОК қуат көзін қосу үшін пайдаланылады.

Кіріс және шығыс сигналдарының фазалық арақатынасын есепке ала отырып, кіріс шықпаларының бірі (1 – кіру) терістемейтін, екіншісі (2 - кіру) терістейтін деп аталады. $U_{шығ}$ шығыс кернеуі $U_{1кір}$ кіріс кернеулерімен және $U_{2кір}$ қатынасымен байланысты

$$U_{шығ} = KU_0 (U_{1кір11} - U_{2кір}),$$

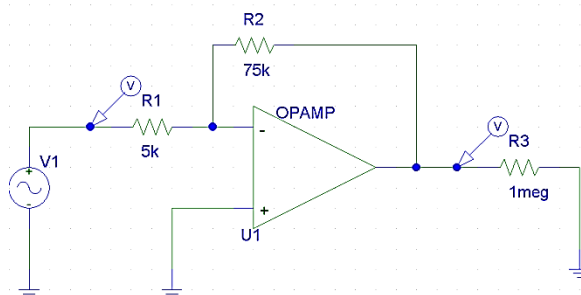
мұнда KU_0 – кернеу бойынша ОК күшейту коэффициенті.

Операциялық күшейткіштің қоректенуі екі түрлі полюсті көздерден жүзеге асырылады. Нақты ОК-да қуат кернеуі $\pm 3 \text{ В} \dots \pm 18 \text{ В}$ ауқымында жатыр.

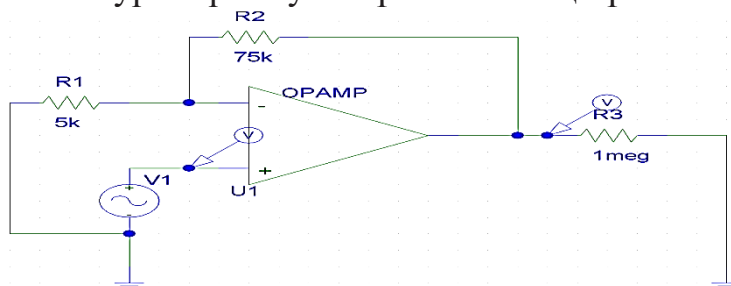
Жұмысты орындау тәртібі:

1. Сұлбалардың негізгі түрлері

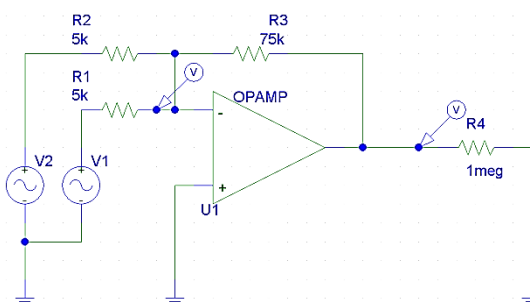
2.39 – 2.45 суреттерде ұсынылған сұлбалар мен компаратордың 6 түрін кезекпен жинаңыз. Әрбір сұлба үшін Transient талдауын орындаңыз және алынған осциллограммаларды жазыңыз. Осциллограмма бойынша терістейтін және терістемейтін күшейткіштер үшін күшейту коэффициентін анықтаңыз. Transient талдауының параметрлері барлық сұлбалар үшін бірдей және 2.46 суретте көрсетілген.



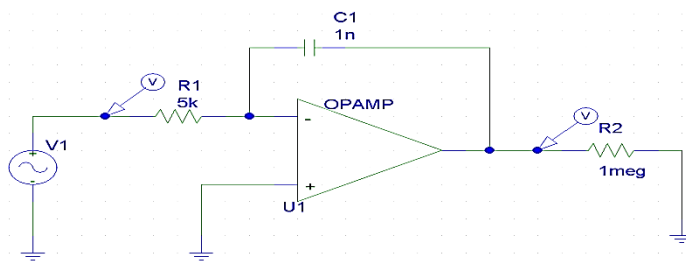
2.39 сур. Терістеуші күшейткіштің сұлбасы



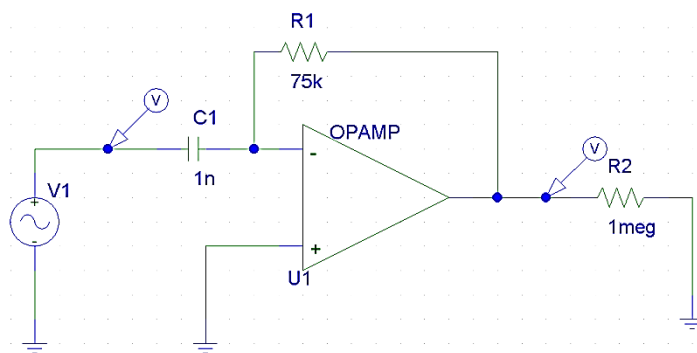
2.40 сур. Терістемейтін күшейткіштің сұлбасы



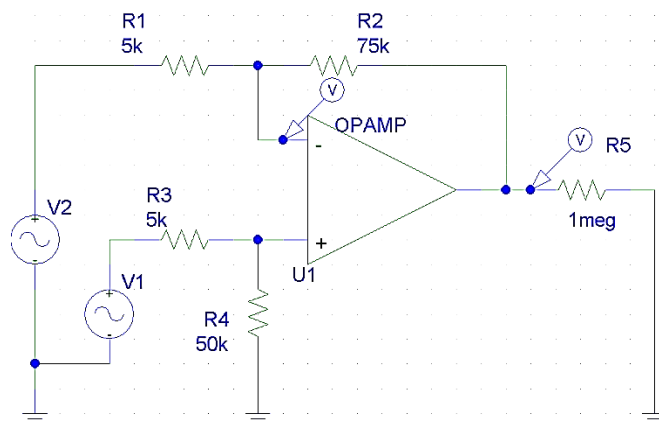
2.41 сур. Қосындылаушы күшейткіштің сұлбасы



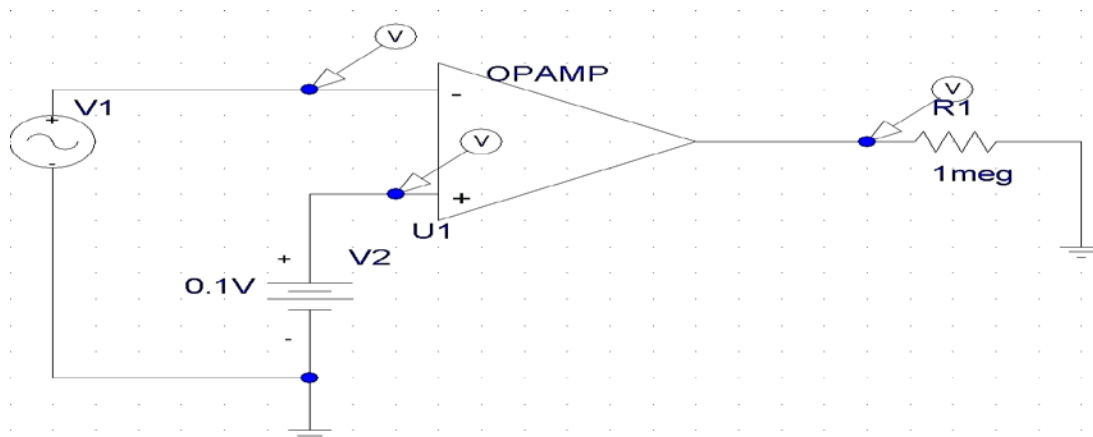
2.42 сур. Интегралдаушы күшейткіштің сұлбасы



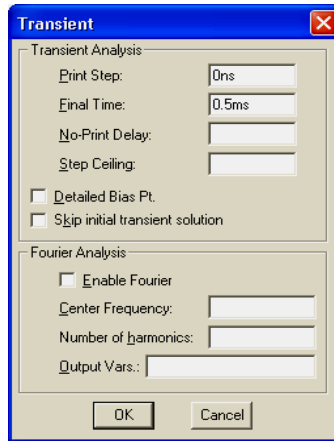
2.43 сур. Дифференциалдаушы күшейткіштің сұлбасы



2.44 сур. Дифференциалды күшейткіштің сұлбасы



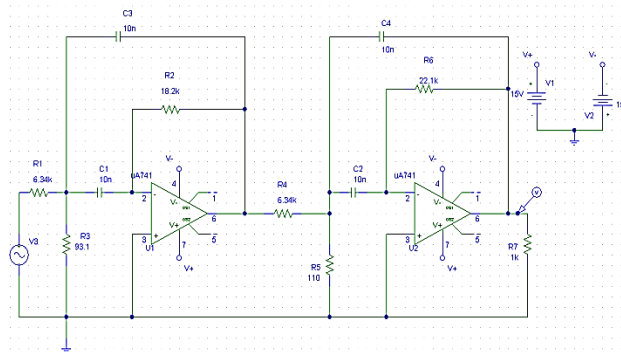
2.45 сур. Компаратордың сұлбасы



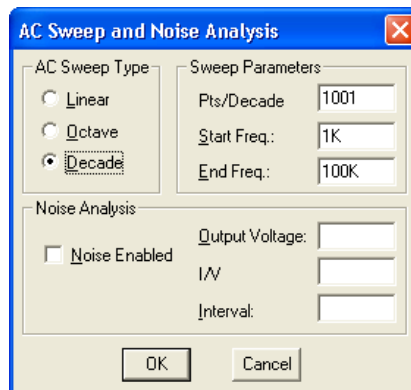
2.46 сур. Transient талдауының параметрлері

2. Белсенді жолақ сүзгі

2.47 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз. Бұл екі ОК негізіндегі белсенді жолақты сүзгі. Мұндай сұлбалардың ең маңызды сипаттамаларының бірі оның жиіліктік сипаттамасы болып табылады. АС Sweer талдауын жүргізіңіз. Алынған кестені сызыңыз. Осы кесте бойынша қандай қорытынды жасауға болады? АС Sweer талдау параметрлері 2.49 суретте келтірілген.



2.47 сур. Белсенді жолақ сүзгі



2.48 сур. AC Sweep талдау параметрлері

Бақылау сұрақтары:

1. Операциялық күшейткіш дегеніміз не?
2. ОК күшейту коэффициентінің шамасының тәртібін келтіріңіз.
3. ОК қайда қолданылады?
4. ОК негізгі сипаттамаларын келтіріңіз.
5. ОК қолданатын күшейткіштердің қандай түрлері сізге белгілі?
6. Бұл сұлбаларды қандай ара қатынаста есептеу қажет?
7. ОК амплитудалық-жиіліктік сипаттамасы дегеніміз не?
8. Компаратор дегеніміз не?
9. Компараторлар сұлбаларында ОК қолданудың қандай ерекшеліктерін білесіз?
10. Шығыс сигналының сызықсыз бұрмалануының пайда болуын қалай болдырмауға болады?

№3 зертханалық жұмыс

Easy құрылғылары мысалында бағдарламаланатын релені зерттеу

Жұмыс мақсаты: кеңселік үй-жайды жарықтандыруды басқару жүйесін әзірлеу.

Теориялық мәліметтер: бағдарламаланатын (интеллектуалды) реле - бағдарламаланатын логикалық бақылауыштың (БЛБ) түрлері.

Бағдарламаланатын релені негізгі қолдануды жергілікті контурларды, машиналар мен механизмдердің жекелеген агрегаттарын автоматтандыру құралдары ретінде тұрмыстық қолдануда тапты.

Интеллектуалды реле негізінде интуитивті және автоматты басқарудың әртүрлі жүйелері құрылады, мысалы, сорғы жабдықтарын басқару жүйесі, бұрғылау станоктары, резервті автоматты енгізу жүйесі (РАЕ). Ықшам өлшемдері мен бағдарламалау қарапайымдылығы бағдарламаланатын реле базасында «ақылды үй» жүйесінің элементтерін әзірлеуге мүмкіндік береді.

Осы құрылғыларға арналған бағдарламаларды сипаттау мен құрудың стандартты құралдары өнеркәсіп пен өндірісті автоматтандыру саласында жұмыс істейтін инженерлер үшін арнайы әзірленген релелік логиканың (LD) немесе функционалдық блоктардың (FBD) тілдері болып табылады.

Бағдарламалау тілінің қарапайымдылығы, релелік-контакторлық сұлбалар негізіндегі автоматтандырудың моральдық ескірген жүйелерінен микропроцессорлық құрылғыларға ауысу жеңілдігі, бағдарламаланатын релеге автоматтандыру құрылғылары нарығында сенімді орынға ие болуға мүмкіндік берді.

Сипатталған құрылғы класының атауын негізге ала отырып, негізгі операцияланатын элемент реле болып табылады.

Реле - электрлік немесе электрлік емес кіріс шамаларының берілген өзгерістері кезінде электр тізбектерін коммутациялауға арналған электромеханикалық құрылғы. Классикалық реледе x басқару шарғысы және $y=f(x)$ шығыс функциясын іске асыратын контактілер тобы бар.

Басқару кернеуін шарғының кіруіне беру кезінде контактілер өзінің бастапқы жағдайын теріске өзгертеді.

Контактілер тобында екі негізгі контактілер болуы мүмкін: *қалыпты ашық контактілер және қалыпты жабық контактілер.*

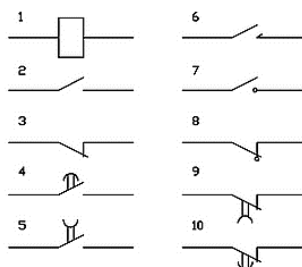
Қалыпты ашық байланыс - басқару шарғысында кернеу болмаған кезде ашық күйдегі байланыс.

Қалыпты жабық байланыс - басқару шарғысында кернеу болмаған кезде тұйықталған күйдегі байланыс.

Осылайша, реле арқылы іске асырылатын функциялардың екі негізгі түрін жазуға болады:

- $y(x) = x$ - қалыпты ашық контактілер үшін;
- $y(x) = \bar{x}$ - қалыпты жабық контактілер үшін.

Реленің көмегімен іске асырылатын функциялардың қалған түрлері контактiлі топқа қосымша қасиеттер беруге негізделеді. Реле контактiлерінің функциялары мен түрлері төмендегі суретте көрсетілген (2.49 сур.).



2.49 сур. Реле контактiлерінің функциялары мен түрлері

1 - реленің шарғысы (басқару тізбегі), 2 - қалыпты ашық байланыс, 3 — қалыпты жабық байланыс, 4 — іске қосылған кезде баяулатқышпен қалыпты ашық байланыс, 5 — қайтарған кезде баяулатқышпен қалыпты ашық байланыс, 6 — импульстік қалыпты ашық байланыс, 7 — өздігінен қайтарусыз қалыпты ашық байланыс, 8 — өздігінен қайтарусыз қалыпты жабық байланыс, 9 — іске қосылған кезде баяулатқышпен қалыпты жабық байланыс, 10 - қайтарған кезде баяулатқышпен қалыпты жабық байланыс

Жұмысты орындау тәртібі:

Берілген: негізгі жарықтандырудың бір тобы және фондық жарықтандырудың бір тобы бар кеңселік үй-жай.

Электр жетегі бар перделер-жалюзи.

Қажет: Жұмыс күні аяқталғаннан кейін (18: 15) негізгі жарықтандыру тобын ажыратуды қамтамасыз ету және кезекші жарықтандыруды қосуды қамтамасыз ету қажет. Егер жалюздер жабық болса — олардың ашылуын қамтамасыз ету.

Жұмыс күні басталар алдында (8:45) кезекші жарықты өшіруді қамтамасыз ету. Табиғи жарықтандыру жеткіліксіз болған жағдайда, жалюзи ашық болған жағдайда қараңғылау датчигінен сигнал бойынша негізгі жарықтандыруды қосуды қамтамасыз ету қажет. Жалюзи жабық кезінде фондық жарықтандыруды қосуды қамтамасыз ету. Егер негізгі жарық

қосылған болса — оны өшіру. Фондық жарықтандыруды қосқан кезде жалюзидің автоматты түрде түсірілуін қарастыру керек.

Қосымша шарттар: Жарық датчигінде белгілі бір жарық шегіне теңшелетін екілік шығыс бар. Жарық жеткіліксіз болған жағдайда — байланыс тұйықталады.

Жалюзи жетегінің жүйесі шекаралық ережелер туралы ақпарат беретін байланыстарға ие.

Шешім: бірінші кезекте жобаланатын жүйенің кіріс және шығыс сигналдарының ауыспалы жүйеге сәйкестігін анықтаймыз. І айнымалылары бар барлық кіріс сигналдарын тиісті индексмен, Q айнымалылары бар барлық шығыс сигналдарын тиісті индексмен белгілеуге шарттасамыз.

Кіріс айнымалылары:

I1 — жарық датчигінің сигналы.

I2 — жалюздің жоғарғы қалпының сигналы.

I3 — жалюздің төменгі қалпының сигналы.

I4 — фондық жарықтандыруды қосу сигналы.

Шығыс айнымалылары:

Q1 — негізгі жарықтандыру тобын қосу/өшіру.

Q2 — кезекші жарықты қосу/өшіру.

Q3 — фондық жарықты қосу/өшіру.

Q4 — жалюзді көтеру.

Q5 — жалюзді түсіру.

Уақыт айнымалылары:

T1 — жұмыс күнінің аяқталу уақытына қол жеткізу.

T2 — жұмыс күнінің басталу уақытына қол жеткізу.

Бұдан әрі, біздің тапсырмамызды шартты бөліктерге бөлшектейміз және әрбір бөлікке логикалық функцияларды құрамыз.

1. Жұмыс күнінің аяқталуы

1. Негізгі жарықты ажыратамыз: $Q1 = \text{not}(T1)$

2. Кезекші жарықты қосамыз: $Q2 = T1$

3. Жабық болса, жалюзді ашыңыз: $Q4 = \text{not}(I2) \cdot T1$

2. Жұмыс күнінің басталуы

1. Кезекші жарықты сөндіреміз: $Q2 = \text{not}(T2)$

3. Жарықтандыру деңгейін бақылау

1. Жалюздің ашықтығын тексере отырып жарық датчигі бойынша негізгі жарықты қосу: $Q1 = I1 \cdot I2 \cdot \text{not}(T1) \cdot T2$

4. Фондық жарықты басқарамыз

1. Жалюз жабық кезінде фондық жарықтандыруды қосу: $Q3 = I3$

2. Жалюз жабық кезінде негізгі жарықты сөндіреміз $Q1 = \text{not}(I3)$

5. Қосылған фондық жарықтандыруға байланысты жалюзиді басқару

1. Фондық жарықты қосқан кезде, егер жұмыс күнінің соңы болмаса, жалюзиді түсіру керек: $Q5 = I4 \cdot \text{not}(I3) \cdot \text{not}(T1) \cdot T2$

Сонымен, біз жағдай мен қоздырғыш әсерлерге байланысты біздің жүйе элементтерінің мінез-құлқын сипаттайтын логикалық функцияларды алдық. Бұдан әрі релелік-контакторлық сұлбаға көшуді жүзеге асыру қажет,

яғни біздің жүйенің жұмысын нақты физикалық құрылғыларда сипаттау қажет.

Логика алгебрасының функцияларынан релелік-контакторлық сұлбаға көшу өте қарапайым. Бұл үшін барлық кіріс және аралық айнымалыларды реле контактілері түрінде, ал шығыс функцияларын – реленің шарғылары түрінде ұсыну жеткілікті.

Уақытты тәуелді айнымалы туралы жеке сөз айту керек. Біздің мысалда бұл жұмыс күнінің уақыт аралығын сипаттайтын айнымалылар, T1 және T2. Уақыт тәуелді айнымалыларды ұсыну үшін, уақыт релесі мен таймердің арнайы түрлері бар.

Темір. Біздің міндеттеріміздің тәжірибелік бөлігіне өту үшін қойылған шешімді қандай «темірде» орындаған тиімді және ыңғайлы екендігін түсіну қажет. Өндірушілер инженерлік міндеттердің белгілі бір түрлерін шешуде шығындары мен функционалдығы бойынша оңтайлы шешу үшін бағдарламаланатын реленің жеткілікті кең желісін ұсынады. Осы алуан түрлілікті түсінуге тырысайық.

Бағдарламаланатын реле, әдетте, қоректендіруді, кіруді, шығуды, сұйық кристалды экранды және басқару органдарын қосу клеммалары бар моноблокты құрылымды білдіреді.



2.50 сур. Бағдарламаланатын реле

Құрылғының жоғарғы жағында орналасқан:

- қуат қосуға арналған клеммалар;
- құрылғының сандық кіріс клеммалары;
- аналогты кіріс клеммалары (0..10 В).

Құрылғының төменгі жағында орналасқан:

- құрылғының релелік (немесе транзисторлық) шығу клеммалары
- Алдыңғы панельде орналасқан:

- сұйық кристалды экран - ақпараттық хабарламаларды көрсету, бағдарламаны өңдеу, параметрлерді өзгерту үшін;
- пернетақта - құрылғы мәзірінде шарлау үшін;
- бағдарламалау кабелін қосуға арналған ұяшық.

Құрылғыларды қоректендіру

Кернеу және қоректену түрі бойынша бағдарламаланатын реле бөлінеді:

- 12, 24 В (DC) қуат көзі бар құрылғылар;
- 24, 110-220 В (AC) қуат көзі бар құрылғылар.

Сандық кіру

Қоректену және бағдарламаланатын реленің қоректендіруші кернеуінің түрі құрылғының сандық кірісіндегі логикалық бірліктің мәнін анықтайды. Яғни, құрылғының кіруіне логикалық бірлікті беру үшін, өзінің мәні мен қуат көзінің түріне сәйкес келетін кернеуді қосу қажет. Осылайша, кіріс кернеуі бойынша болады:

- 12, 24 В (DC) кіріс бар құрылғылар;
- 24, 110-220 В (AC) кіріс бар құрылғылар.

Easy бағдарламаланатын релесінің түріне байланысты, бір және одан да көп цифрлық кіріс 3 кГц — ке дейінгі жиіліктегі импульстерді есептеу үшін «жылдам есептегіштер» ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Аналогтық кіріс. Температура датчиктерінің, жел жылдамдығының датчиктерінің, сыртқы потенциометрлердің сигналдары сияқты аналогтық сигналдарды өңдеу үшін Easy бағдарламаланатын релесінің бортында екі және одан да көп аналогтық кіріс 0..10 В (DC) болады. Аналогтық кіріс тек 12 В (DC), 24 В (AC, DC) қуат беретін құрылғыларда ғана қарастырылғанын ескеру керек.

Релелік және транзисторлық шығулар. Easy бағдарламаланатын релесінде шығыс сигналдарын коммутациялау үшін 4 және одан да көп шығулар қарастырылған. Құрылғылардың шығу екі түрі бар:

- 0,5 А дейінгі шағын жүктемелерді коммутациялау мүмкіндігін қамтамасыз ететін транзисторлық шығулар;
- 8 А (AC1) дейінгі жүктемелерді коммутациялауды қамтамасыз ететін релелік шығулар.
- транзисторлы шығулары бар құрылғылар көбінесе шағын тоқтармен коммутация қажет болған немесе реленің шығыс функцияларының сигналдарын автоматика жүйесінің басқа бөліктеріне беру міндеті тұрған жерде қолданылады. Релелік шығулары бар құрылғыларға жарықтандыру көздерін, аз қуатты қозғалтқыштарды және белсенді жүктемесі 8 А-дан аспайтын басқа да тұтынушыларды тікелей қосу мүмкін болады.

Аналогтық шығу. Easy800 сериялы бағдарламаланатын реленің бортында аналогтық шығу бар (0..10 В).

Экран. Кірістірілген экран мәтіндік (Easy500, 700, 800 сериялы құрылғыларда) және графикалық (MFD-Titan сериялы құрылғыларда) ақпаратты көрсетуге арналған.

3 ТАРАУ. АВТОМАТТАНДЫРУДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРЫН МОНТАЖДАУ, ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖӘНЕ ЖӨНДЕУ

3.1. Бастапқы түрлендіргіштер мен аспаптарды монтаждау

Өлшеуіш түрлендіргіш (measuring transducer) - кіріс шамасымен белгілі бір қатынаста болатын шаманы шығуда қамтамасыз ететін, өлшеу кезінде қолданылатын құрылғы.

Бастапқы өлшеуіш түрлендіргіш (sensor) - өлшеуге жататын шаманың тасымалдаушысы болып табылатын құбылыс, физикалық объект немесе зат тікелей әсер ететін өлшеуіш түрлендіргіш.

Датчик-бір немесе бірнеше бастапқы өлшеу түрлендіргіштері бар конструктивті оқшауланған құрылғы. Олар әртүрлі физикалық шамаларды (өндірістік процестердің параметрлерін) өлшеуге арналған: температура, қысым, ылғалдылық, ерітінділердің концентрациясы және т. б.

Датчик бақыланатын шаманы қабылдайды және автоматты құрылғылардың келесі элементтеріне әсер ету және қашықтыққа беру үшін ыңғайлы шығыс сигналына түрлендіреді.

Әр түрлі өндірістік жағдайларда қабылдайтын элементтердің әр түрін монтаждаудың өзіндік ерекшеліктері бар. Алайда, қабылдау элементтері мен бастапқы түрлендіргіштерді орнатуға қойылатын жалпы талаптар бар. Орнату орны пайдалану процесінде қабылдайтын элементке қызмет көрсету үшін қолжетімді және ыңғайлы болуы тиіс; биіктікте орнату кезінде оларға қызмет көрсету үшін стационарлық баспалдақтар мен алаңдар жабдықталады; жылу объектілеріне жақын орнатуға қабылдайтын элементтерді оқшаулағыш экрандармен радиациядан қорғау шартымен жол беріледі. Қоршаған ауаның температурасы 5-тен 50 С-қа дейін болуы тиіс. Шайқалу және діріл жағдайында көптеген қабылдайтын құрылғыларды орнатуға жол берілмейді. Аса қажет болған жағдайда амортизациялаушы құрылғылар қолданылады.

Қабылдағыш элементтер мен бастапқы түрлендіргіштерді орнату үшін орынды таңдау кезінде, олардың арасындағы рұқсат етілген қашықтықты, сондай-ақ екінші аспаптарға дейінгі қашықтықты ескеру қажет. Бастапқы түрлендіргіштер мен пневматикалық жүйелердің қайталама аспаптары арасындағы қашықтық 300 м-ге дейін, дифференциалды - трансформаторлық жүйелер - 250 м-ге дейін, ферродинамикалық түрлендіргіштерде тарату жүйелері - 1000 м-ге дейін болуы мүмкін; тұрақты тоқтағы тарату жүйелерінде қашықтық 1 кОм-ден аспауы тиіс, байланыс желісі мен жүктеменің рұқсат етілген кедергісімен анықталады. Индукциялық тарату жүйелерінде қашықтық 3 Ом тең қосатын өткізгіштердің талап етілетін кедергісімен шектелген.

Бастапқы түрлендіргіштердің қабылдайтын элементтерін монтаждау кезінде қолданыстағы нормаларға және монтаждау-пайдалану нұсқаулықтарына сәйкес орындалған сызбаларды басшылыққа алу қажет.

Бастапқы өлшеу түрлендіргіштерінен (термоэлектрлік түрлендіргіштер

мен кедергі термометрлерінің құрамдас бөлігі болып табылатын термометриялық сезімтал элементтерден) және өзара байланыс арналарымен қосылған өлшеу аспаптарынан (Автоматты потенциометрлер мен көпірлер, логометрлер, милливольтметрлер мен миллиамперметрлер) тұратын температураны өлшеу жүйелері кеңінен таралған.

Өлшеу жүйесінің дәлдігі оның маңызды сипаттамасы болып табылады және өлшеу әдісіне, жүйенің аппараттық құрамына, монтаждау және баптау жұмыстарын орындау сапасына байланысты.

Өлшеу түрлендіргіштері мен аспаптарының сезімтал элементтері, өлшеу түрлендіргіштері мен аспаптарды пайдаланудың неғұрлым күрделі жағдайларында болады. Аспаптардың сезімтал элементтері бақыланатын ортаның қысымына, температураға, ал кейбір жағдайларда дірілдің әсеріне ұшырайды. Бастапқы түрлендіргіштердің әр түрін монтаждаудың өзіндік ерекшеліктері бар, олар пайдалану шарттарын ескереді. Орнату орнын пайдаланудың ыңғайлылығын, көрсеткіштердің дұрыстығын ескере отырып, таңдау керек. Әрбір өлшем түрінің жеке ерекшеліктерінен басқа, қабылдайтын элементтерді орнатуға қойылатын жалпы талаптар бар. Жалпы талаптарға:

1. Жұмыс процесінде пайдалану үшін орнату орны қол жетімді болуы тиіс. Егер бұл құрылғылар екі метрден астам биіктікте орнатылса, онда оларға қызмет көрсетуге арналған алаңдары бар баспалдақтар көзделуі тиіс.

2. Егер алғашқы түрлендіргіштер жылуды шығаратын құбырлар мен аппараттарға жақын орнатылса, онда аспаптар экрандалуы тиіс.

3. Бастапқы түрлендіргіштер орнату кезінде жалпы металл конструкцияларда, пайдалануға ыңғайлы жерлерде тұратындай етіп топтастырылады.

4. Өндірістік үй-жайларда орнатылған, көрсететін немесе өзі жазатын аспаптар жақсы жарықтандырылуы тиіс, қоршаған ауаның температурасы +5 С кем болмауы және +50 С артық болмауы тиіс.

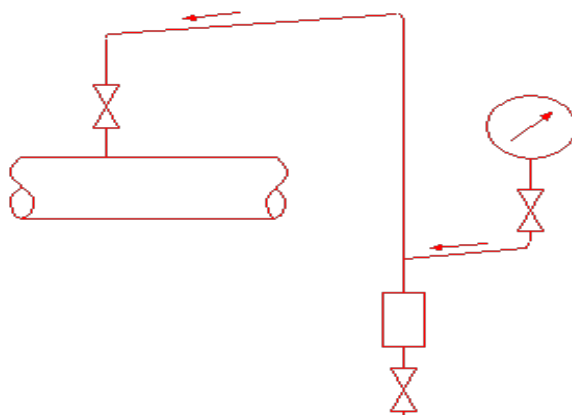
5. Егер өндірістік үй-жайда, орнату орындарында діріл болса, онда амортизациялаушы құрылғыларды қолдану қажет.

6. Егер өндірістік үй-жайда жабдықтың қалыпты жұмыс істеу процесінде агрессивті газ қоспаларының пайда болуы мүмкін болса, онда түрлендіргіштер мен аспаптарды сору желдеткішінен ауа үрлегіші бар шкафтық қалқандарды орнатады.

7. Егер бақылау құралдары жылытылмайтын үй-жайларда немесе ашық алаңдарда орнатылса, онда қыста температура +10 ÷ +25 С жоғары болуы тиіс, жылытылатын шкаф қалқандарын қолдану қажет [2].

Импульстік желілер ретінде (3.1 сур.) болат құбырлары қолданылады. Әдетте, импульстік желілер ішкі диаметрі 4÷15 мм тігіссіз құбырлармен орындалады. Жоғары қысымды өлшеу кезінде (10 МПа астам) қабырғасының қалыңдығы 3÷5 мм және ішкі диаметрі 4÷6 мм жоғары қысымды арнайы құбырлар қолданылады. Кернеуді өлшеу кезінде импульстік желілер ретінде вакуумдық резеңке түтіктер немесе қабырғасының қалыңдығы 1÷1,6 мм полиэтиленнен жасалған түтіктер қолданылады.

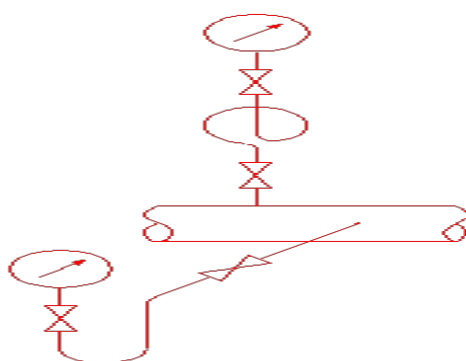
Газ қысымын өлшеген кезде, қысымды іріктеу нүктесін құбырдың жоғарғы жарты сферасында орнату қажет, өйткені технологиялық газдарда ылғал немесе механикалық бөлшектер болуы мүмкін, олар тиек шұраларының тесігін бітеуі мүмкін.



3.1 сур. Импульстік желілерді төсеу

Аспаптарды және импульстік желілерді монтаждау кезінде газдардың ластану дәрежесін және олардың ылғал құрамын ескеру керек. Импульстік желілерді қысқа қашықтық бойынша салу керек. Егер қысымның өлшеуіш құрылғысы іріктеу нүктесінен төмен болса, онда импульстік желіні шамамен 1:10, 3.1 сурет, аспаптың сезімтал элементіне ылғал немесе механикалық бөлшектердің түсу ықтималдығын болдырмау үшін технологиялық құбыр жағына қарай еңіспен төсейді. Импульстік желінің ең төменгі нүктесінде желіні үрлеуге арналған бекіту шұрасы бар тұндырғыш орнатылады [13].

Сұйықтықтың қысымын өлшеген кезде, қысымды алу нүктесін құбырдың төменгі жарты сферасында орнату қажет, өйткені технологиялық сұйықтықтарда импульстік желіге түскен кезде газ тығындарын жасайтын газ болуы мүмкін және сол арқылы аспаптың көрсеткіші дұрыс көрсетпейтін болады.



3.2 сур. Екі тиекті шұрасы бар импульстік желі

Бу қысымын өлшеу кезінде манометрдің алдында немесе түрлендіргіштің алдында аспаптың жоғары температураның әсерінен оның

деформациясы болмайтындай, сезгіш элементке будың түсуінен сақтау үшін конденсациялық құрылғы орнатылуы тиіс. Импульстік желіде екі бекіту шұрасы, біреуі - іріктеу нүктесінде және екіншісі – 3.2-суретте көрсетілген аспап алдында орнатылуы тиіс. Буды конденсациялау үшін манометр алдында, егер ол іріктеу нүктесінен жоғары орнатылған болса, ілмектер түрінде түтікше орнатылады. Егер аспап іріктеу нүктесінен төмен болса, импульстік желі иіліс түрінде орындалады [4].

Бақылау сұрақтары:

1. Бастапқы өлшеуіш түрлендіргіш және датчик деп не аталады?
2. Қабылдау элементтері мен бастапқы түрлендіргіштерді орнату кезінде қандай жалпы талаптар қойылады?
3. Неге газ қысымын өлшеу кезінде қысымды іріктеу нүктесін құбырдың жоғарғы жарты сферасында орнату керек?
4. Аспаптарды және импульстік желілерді монтаждау кезінде нені ескеру керек?
5. Манометр алдында немесе түрлендіргіш алдында және импульстік желіде бу қысымын өлшеу кезінде қандай құрылғылар орнатылуы тиіс?

3.2. Басқару қалқандары мен пульттарында аспаптарды монтаждау

Басқару қалқаны - технологиялық процесті қашықтықтан бақылау мен басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін автоматиканың техникалық құралдарын, оған орналастыруға арналған шкаф немесе панель түріндегі металл конструкциясы.

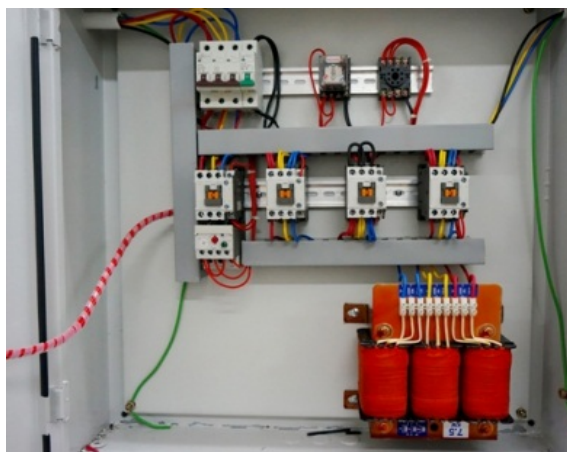
Шкаф қалқандары (шкафтар) - бұл арнайы диспетчерлік немесе осыған ұқсас үй-жайларда, сондай-ақ тікелей өндірістік үй-жайда орнатылатын жабық құрылғылар.

Басқару пульті - арнайы формадағы, үстел түріндегі жабық металл конструкциясы, онда рөлдің және дистанциялық кодын басқарудың техникалық құралдары орналасқан.

Мнемосұлба - оңайлатылған графикалық сұлба, формальды түрде технологиялық процесс. Бұл сұлбаға жарық сигналды арматура орнатылады.

Басқару қалқандары мен пульттері бір панельді, бір шкафты, сондай-ақ көп панельді және көп шкафты болуы мүмкін. Олардың кеңістіктік орналасуы өндірістік процестің нақты жағдайларына, автоматтандыру құралдарының саны мен түріне, оларға қызмет көрсетудің ыңғайлылығы мен қауіпсіздігіне байланысты.

Пульті жоқ қалқандардың бет жағында өлшеу аспаптарын, реттегіштерді, сигналдық жарық аппаратурасын, ауыстырып-қосқыштарды және т.б. орналастырады (3.3 сур.).



3.3 сур. Электр қалқанының бет жағы

Электр қалқаны немесе басқару пультін монтаждау кезіндегі негізгі жұмыстар.

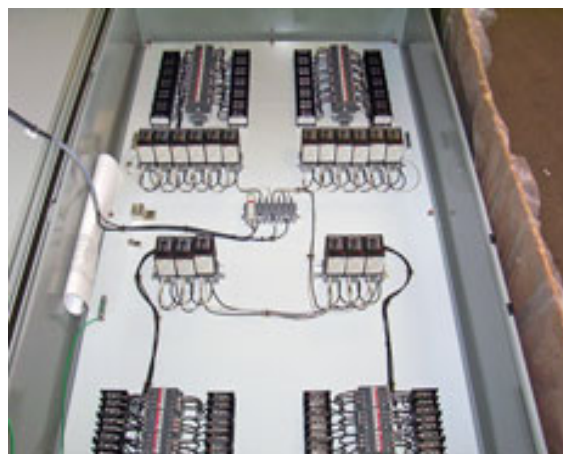
Қалқандарды монтаждау кезінде мынадай жұмыстар орындалады:

1. Панельдерді орнату орнына тасымалдау.
2. Тарқату.
3. Қалқанның металл конструкцияларын құрастыру.
4. Шиналау.
5. Аспаптар мен аппараттарды монтаждау.
6. Панельдердегі сымдарды монтаждау.
7. Бақылау кабельдерін монтаждау.
8. Бақылау кабельдерінің сымдары мен желілерін ажырату және қосу.
9. Іске қосу-реттеу жұмыстары.

Әдетте, панельдердегі сымдарды монтаждау зауытта орындалады.

Екінші аппараттарды, аспаптарды және қалқанды ресімдеу бөлшектерін монтаждау. Қалқан панельдерінде қалқанды безендіру аппараттары, аспаптары мен бөлшектері орналастырылады. Біріншісі – басқару кілттері, ауыстырып-қосқыштар, реле, өшіргіштер, сақтандырғыштар, түйіспе жапсырмалар; екіншісі - сигналдық және электр өлшеу аспаптары. Элементтер, мнемоникалық сұлбалар, шеңберлі жазулар, әріптер, жүкқұжаттар және т.б. бөлшектермен ресімдеу болып табылады. Осы элементтерді панельдерде монтаждауға кіріспес бұрын сызбалар бойынша осы элементтердің орындары мен типтерін орнату керек [14].

Аспаптар мен аппараттарды панельге орнатудың және бекітудің, сондай-ақ оларға сымдарды қосудың әртүрлі тәсілдері бар (3.4 сур.).



3.4.сур. Қайталама аппараттар мен аспаптар қалқанының монтаждық қосылуы.

Қалқан панельдеріндегі сымдарды монтаждау.

Әдетте зауыттар қалқан панелдерді орнатылған түрде шығарады. Алайда қайталама құрылғыларды қайта құру кезінде зауыттық резервтік панельдерде немесе орнату орнына толық жеткізілетін панельдерде сымдарды монтаждауға тура келеді.

Панельдерде сымдарды монтаждаудың келесі тәсілдері бар:

- 1) сымдарды панельге қатты бекіту;
- 2) ойылған профильдер мен жолдарда;
- 3) сымдарды панельге бекітілмеген ауа пакеттерімен;
- 4) қораптарда.

Соңғы екі жолы ең прогрессивті, олар ең көп таралған.

Сымдарды панельге қатты бекіту әдісі қазір дерлік қолданылмайды, сондықтан оны қарастырмаймыз. Өз тәжірибеңізде бекітудің осындай түрімен кездесе аласыз [12].

Бақылау сұрақтары:

1. Басқару қалқандары мен пульттеріне, шкафтық және панельдік қалқандарға және мнемосұлбаларға анықтама беріңіз.
2. Электр қалқандарын немесе басқару пультін монтаждау тәртібін сипаттаңыз.
3. Монтаждау аяқталғаннан кейін мегомметрмен шиналардың оқшаулау кедергісін қандай кернеуге өлшейді?
4. Панельдерде сымдарды монтаждаудың қандай тәсілдері бар?

3.3. Техникалық қызмет көрсету, жинау, тексеру, сынау ережесі

Ұйым қызметкерлері тапсырылған жұмыстар көлемінде осы ережелерді білуге және орындауға, сондай-ақ осы жұмыстарды орындаудың қауіпсіз тәсілдері мен тәсілдерін меңгеруге міндетті. Осы ережені бұзуға кінәлі тұлғалар қолданыстағы заңнамаға сәйкес жауапты болуы тиіс.

Еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі жұмысқа жалпы

басшылық жасау ұйымның басшысына (бастыққа, басқарушыға) жүктеледі. Еңбекті қорғау қызметіне (Е) тікелей басшылықты бас инженер жүзеге асырады.

Электр монтаждау және реттеу ұйымдарының қызметкерлері жұмысқа түскен кезде мерзімді медициналық куәландырудан өтуі тиіс.

18 жасқа дейінгі жұмысшылар өндірістің зияндылық және қауіптілік дәрежесіне қарамастан алдын ала (жұмысқа түскенде) және жыл сайын медициналық тексеруден өтуі тиіс.

Ұйымның басшысы жұмысқа қабылданатын барлық тұлғаларға өндірістік қызмет, біліктілік және өндірістік өтілі жайлы нұсқама өткізуді ұйымдастыруға және ЕҚ оқыту бойынша кейіннен алынған білімді тексеруге міндетті.

Қызметкерді ұйымның штатына қабылдау туралы бұйрық ол кіріспе нұсқамадан өткеннен кейін ғана, ал қызметкерлердің жекелеген санаттары үшін медициналық куәландырудан кейін де шығарыла беріледі.

Монтаждау жұмыстарын жүргізу жобасы (МЖЖЖ). Аса күрделі, ірі (монтаж жұмыстарының еңбек сыйымдылығына байланысты) объектілерге, сондай-ақ жеке дайындалған құрылғылар мен жарақтарды қолдануды, монтаждаудың арнайы технологиясын әзірлеуді талап ететін объектілерге, МЖЖЖ әзірлеу тәртібіне, құрамына және мазмұнына қойылатын талаптарды жобалау институттары, ал қалған монтаждық ұйымдар орындауы тиіс.

Жабдықтарды монтаждау бойынша құрамы мен мазмұны мыналарды қамтуы тиіс: дайындық жұмыстарының тізбесі; ғимараттар мен құрылыстарға монтаждау жүктемелерін қосу мүмкіндігін келісу туралы деректер (қажет болған жағдайда); жабдықтарды жобалық жағдайда салыстырып тексеру мен бекітудің негізгі әдістері; монтаждау жұмыстарын метрологиялық қамтамасыз ету жөніндегі шешімдер; жұмыс өндірісінің қауіпсіз жағдайларын қамтамасыз ету жөніндегі талаптар.

Монтаждау-дайындау шеберханалары. Монтаждау жұмыстарын орындау монтаждау ұйымдарында монтаждау-дайындау шеберханаларын құруды талап етті.

Шеберханалар:

1) Салынып жатқан объектіде құрылыс дайындығы және монтаждалған техникалық жабдықтар жоқ кезде монтаждау жұмыстарының едәуір бөлігін орындауға;

2) тікелей объектіде орындалатын жұмыстар технологиясымен салыстырғанда өнеркәсіптік кәсіпорынның технологиясы бойынша және одан да алдыңғы қатарлы монтаждау жұмыстарын орындауға;

3) монтаждау жұмыстарын орындау басталғанға дейін жабдықты, негізделген және қосалқы материалдарды жинақтауға мүмкіндік береді.

Монтаждау объектілерін негізгі және қосалқы материалдар, құрылымдар, монтаждау бұйымдары мен жабдықтарымен уақтылы жинақтау, монтаждау жұмыстарын орындау кезінде өте маңызды кезең болып табылады.

Жеке сынау кезінде мыналарды тексеру керек: а) жұмыс құжаттамасын

автоматтандырудың монтаждалған жүйелерінің және осы қағиданың талаптарына сәйкестігін; б) құбыр өткізгіштері беріктігі мен тығыздығын; в) электр сымдары оқшауламасының кедергісін; г) арнайы нұсқаулық бойынша монтаждалған оптикалық кабельдің жекелеген талшықтарында сигналдардың өшуін өлшеуді[14].

Монтаждалған жүйелерді жұмыс құжаттамасына сәйкестігін тексеру кезінде аспаптар мен автоматтандыру құралдарын орнату орындарының, олардың типтері мен техникалық сипаттамаларының жабдық ерекшелігіне және аспаптарды, автоматтандыру құралдарын, қалқандар мен пульттерді, ТП БАЖ жергілікті жүйелерінің басқа да құралдарын, электр және құбыр өткізгіштерін орнату тәсілдерінің пайдалану нұсқаулықтарына сәйкестігі тексеріледі[4].

Бақылау сұрақтары:

1. Еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі жұмысқа жалпы басшылық кімге жүктеледі?
2. Монтаждау жұмыстарын жүргізуге не дайындалу керек?
3. Аса күрделі және ірі объектілерде монтаждау жұмыстарын жүргізу жобасында қандай талаптар қойылады?
4. Монтаждау-дайындау шеберханаларында монтаждау жұмыстарының қандай түрлерін орындауға мүмкіндік береді?

3.4. Электрондық блоктар мен тораптардың ақауларын диагностикалау әдістері.

Бақылаудың диагностикалық әдістерін пайдалану объектінің жай-күйі мен оған техникалық қызмет көрсету (ТҚК), жөндеу үшін қажетті жұмыс көлемі арасындағы неғұрлым толық сәйкестікті қамтамасыз етеді.

Техникалық диагностика әдістері жіктеледі.

1. Пайдалану сатылары бойынша:
 - баптау кезеңдерінде;
 - техникалық қызмет көрсету кезінде;
 - жабдықты жоспарлы жөндеу кезінде.
2. Техникалық құралдарды пайдалану дәрежесі бойынша орындалады:
 - техникалық құралдарсыз;
 - қарапайым құралдарын күшейту арқылы ақпараттық сигнал;
 - техникалық құралдарды пайдалану арқылы.
3. Технологиялық жүйені диагностикалау тереңдігі бойынша:
 - жалпы;
 - элементтер бойынша.
4. Ақпарат дәрежесі бойынша ақпарат алуды қамтамасыз ететін әдістер:
 - ақаудың пайда болу сәті туралы;
 - ақаудың пайда болу орны туралы;
 - диагностиканың автоматты құралдарын пайдалану кезінде бас тарту себебі туралы.

Диагностикалық ақпарат - бұл ең бақыланатын процесс, жанама көрсеткіштер туралы, процесті жалғастыруға ілеспе мәліметтерді анықтайтын диагностикалаудың әдістері.

Диагностикалық ақпаратты бірқатар параметрлерді өлшеу жолымен алады: тербелістер, акустикалық тербелістер, КҚ бір немесе бірнеше бөлшектерінің (технологиялық жүйенің) өзіндік деформациялары, КҚ қозғалмайтын және қозғалмалы бөлшектерінің жұптарындағы деформациялар, КҚ-да әрекет ететін күштер, өңдеу процесіне ілеспе параметрлер (режимдер, КҚ жекелеген элементтерінің температурасы, өңдеу циклдерінің ұзақтығы, өнімділік).

Тәуелді қайталама істен шығулар бастапқы істен шығудың әрекетімен байланысты. Тәуелсіз бас тарту басқа бас тарту әсерінен басқа кез-келген себептерге байланысты болуы мүмкін [14].

Техникалық диагностика - объектінің техникалық жағдайын анықтау теориясын, әдістері мен құралдарын қамтитын білім саласы. Жалпы техникалық қызмет көрсету жүйесінде техникалық диагностиканың мақсаты жөндеу жүргізу есебінен пайдалану сатысындағы шығындар көлемінің төмендеуі.

Тестілік техникалық диагностикалау - бұл объектіге тестілік әсер ету (мысалы, ауыспалы тоқтың көпірінен қозғалтқышты орамаға кернеу беру кезінде диэлектрлік шығындар бұрышының тангенсін өзгерту бойынша электр машиналарын оқшаулаудың тозу дәрежесін анықтау (3.5 сур).



3.5 сур. Электр машиналарын оқшаулаудың тозу дәрежесін анықтау.

Техникалық диагностикалау құралдары - диагностика (бақылау) жүзеге асырылатын аппаратура мен бағдарламалар.

Техникалық диагностикалаудың кіріктірілген құралдары - бұл объектінің құрамдас бөлігі болып табылатын диагностикалау құралдары (мысалы, 100 кВ кернеудегі трансформаторлардағы газ релесі).

Техникалық диагностикалаудың сыртқы құрылғылары - бұл объектіден бөлек конструктивті орындалған диагностикалау құрылғылары (мысалы, мұнай айдайтын сорғыларда дірілді бақылау жүйесі).

Техникалық диагностикалау жүйесі - техникалық құжаттамада белгіленген ережелер бойынша диагностикалауды жүргізу үшін қажетті құралдардың, объектінің және орындаушылардың жиынтығы.

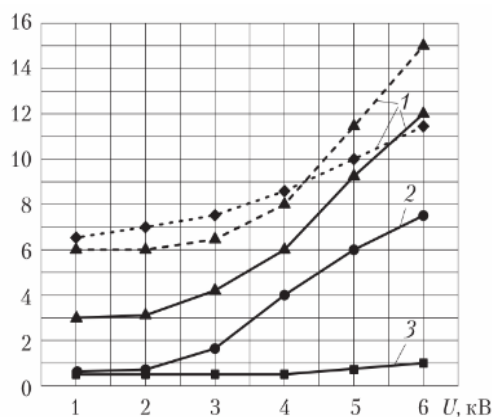
Техникалық диагноз - диагностикалау нәтижесі. Техникалық жай-күйді болжау бұл объектінің жұмысқа қабілетті (жұмысқа қабілетсіз) жай-күйі сақталатын алдағы уақыт аралығына берілген ықтималдықпен объектінің техникалық жай-күйін анықтау.

Жылуға ден қойғыш (термографиялық) әдісі пирометрлер мен жылуға ден қойғыштардың көмегімен іске асырылады (3.6 сур.). Пирометрлермен әр нақты нүктеде байланыссыз тәсілмен температура өлшенеді, яғни температуралық нөл туралы ақпарат алу үшін осы құралмен объектіні сканерлеу қажет. Жылуға ден қойғыштар диагностикаланатын объектінің белгілі бір бөлігіндегі температуралық өрісті анықтауға мүмкіндік береді, бұл пайда болған ақауларды анықтау тиімділігін арттырады [1].



3.6 сур. Жылуға ден қойғышпен өлшеудің жылуға ден қойғыштық (термографиялық) әдісі.

Бөлшекті разрядтарды тіркеудің түрлі әдістері бар: потенциалдар әдісі (Lemke-5 жартылай разрядты зонд); акустикалық (жоғары жиілік датчиктер қолданылады; (жартылай разрядты зонд); көлемді (3.7 сур.).



3.7. сур. Диэлектрлік шығындар бұрышының тангенсін өзгерту графиктері

1 - қанағаттанарлықсыз; 2 - қанағаттанарлық; 3-оқшаулаудың жақсы техникалық жағдайы.

Бұдан басқа, электр машиналарының біліктерін, трансформаторлардың корпусарын техникалық диагностикалау үшін мынадай әдістер қолданылуы мүмкін: ультрадыбыстық, ультрадыбыстық қалың щинометрия, радиографиялық, капиллярлы (түсті), құйынды, механикалық сынақтар (қаттыметрия, созылу, иілу), рентгенографиялық дефектоскопия, металлографиялық талдау.

Бақылау сұрақтары:

1. Техникалық диагностика әдістерінің жіктелуін келтіріңіз?
2. Параметрлердің диагностикалық ақпаратын қандай параметрлер бойынша алады?
4. Жартылай разрядтарды тіркеу кезінде қандай әдістер бар?
5. Электр машиналарының біліктерін және трансформаторлардың корпусарын техникалық диагностикалау үшін қандай әдістер қолданылады?

№ 1 практикалық жұмыс

Автоматтандыру жүйелерін жобалау кезінде монтаждау жұмыстарын жүргізуге техникалық құжаттамаға қойылатын талаптарды зерделеу

Жұмыстың мақсаты: осы практикалық жұмыстың мақсаты студенттердің автоматтандыру жүйесін жобалау кезінде монтаждық жұмыстарды жүргізуге техникалық құжаттамаға қойылатын талаптарды меңгеру болып табылады.

Теориялық мәліметтер:

Монтаждау жұмыстарын жүргізуге арналған техникалық құжаттаманың құрамы мен мазмұны.

Автоматтандыру жүйесін жобалау және монтаждау жұмыстарының өндірісі тығыз байланысты. Жобалау-сметалық құжаттаманың құрамы мен

мазмұнына, оны сауатты және дәл орындауға құрылыс-монтаж жұмыстарының көлемін, шарттық бағаны дұрыс анықтау, ЖАЖ уақтылы және сапалы орындау және осының негізінде бақылау және автоматтандыру жүйелерін монтаждау бойынша жұмыстардың сапалы өндірісін қамтамасыз ету байланысты.

Нұсқауға және басқа да нормативтік материалдарға сәйкес автоматтандыру жүйесінің жобалау-сметалық құжаттамасы әдетте екі сатыда әзірленеді. Бірінші кезеңде техникалық жоба құрастырылады, екінші кезеңде-жұмыс сызбалары әзірленеді.

Шағын және техникалық күрделі емес объектілер үшін, сондай - ақ автоматтандыру жобасы қайта пайдаланылмайтын немесе Типтік жобаны байланыстыруды жүргізетін жағдайларда бір сатылы жобалаумен жобаны әзірлеуге-техно-жұмыс жобасын шығаруға рұқсат етіледі.

Автоматтандырудың технологиялық жұмыс жобасында келесі құжаттаманы әзірлейді:

- басқару мен бақылаудың құрылымдық схемасы (күрделі басқару жүйелері үшін);
- техникалық құралдар кешенінің құрылымдық схемасы;
- автоматтандыру құралдары кешендерінің құрылымдық схемалары;
- технологиялық процестерді автоматтандырудың функционалдық сұлбалары.

Күрделі емес технологиялық процесс және автоматтандырудың қарапайым жүйелері бар объект үшін автоматтандырудың функционалдық схемаларының орнына бақылау, реттеу, басқару және сигнал беру жүйелерінің тізбелерін жасауға жол беріледі;

- қалқандардың, пульттердің, есептеу техникасы құралдарының, сондай-ақ микропроцессорлық оптогалшықты техниканың орналасу жоспарлары;
- автоматтандыру аспаптары мен құралдарының, есептеу техникасы құралдарының, электр аппаратурасының, құбыр арматурасының, қалқандар мен пульттердің, негізгі монтаж материалдары мен бұйымдарының, стандартталмаған жабдықтардың өтінім ведомостары;
- стандартталмаған жабдықты бөлшектеуге техникалық талаптар;
- автоматтандыру жүйесінің техникалық құралдарын сатып алуға және монтаждауға арналған сметалар, түсіндірме жазба;
- бас жобалаушыға тапсырма.

Бас жобалаушыға тапсырма объектіні автоматтандыруға байланысты әзірлемелерге беріледі:

- автоматтандыру құралдарын электр энергиясымен, сығылған ауамен, гидравликалық энергиямен, жылу тасығыштармен, хладоагенттермен (талап етілетін параметрлер) қамтамасыз етуге; құбыр өткізгіштері мен құрылғыларын жылу оқшаулауға;
- автоматтандыру жүйесінің үй-жайларын (қалқандарды, пульттерді, есептеу техникасы құралдарын, датчиктерді орнату үшін), сондай-ақ жедел персоналдың жұмыс істеуіне арналған үй-жайларды, кабельдік

құрылыстарды (туннельдер, арналар, эстакадалар және т. б.), құрылыс конструкцияларындағы ойықтар мен салу құрылғыларын жобалауға;

- өндірістік байланыс құралдарымен қамтамасыз ету;

- технологиялық жабдықтарда және құбырларда салынатын құрылғыларды, бастапқы аспаптарды, реттеуші және бекіту органдарын және т. б. орналастыруға және орнатуға

Жобаға аталған тапсырмалар қоса берілмейді, келісу және орындау үшін жобалау процесінде бас жобалаушыға (Тапсырыс берушіге) беріледі. Тапсырмалардың көшірмелері жоба ісінде сақталады.

Тапсырыс беруші кәсіпорынмен шарт бойынша жобаны әзірлеу кезінде аталған жұмыстарды орындау тәртібі онымен келісіледі.

Жоба құрамында жұмыс сызбалары сатысында мынадай құжаттаманы әзірлейді:

- басқару мен бақылаудың құрылымдық схемасы;

- техникалық құралдар кешенінің құрылымдық схемасы;

- автоматтандыру құралдары кешендерінің құрылымдық схемалары;

- технологиялық процестерді автоматтандырудың функционалдық сұлбалары.

Екі сатылы жобалау кезінде құрылымдық және функционалдық схемалар жұмыс сызбалары сатысындағы технологиялық бөліктердің өзгерістерін немесе техникалық жобаны бекіту кезінде қабылданған автоматтандыру жөніндегі шешімдерді ескере отырып әзірленеді. Өзгертусіз технологиялық жобаны бекіту кезінде аталған сызбалар өңдеусіз жұмыс сызбаларының құрамына енгізіледі;

- принципті электрлік, гидравликалық, пневматикалық бақылау, автоматты реттеу, басқару, сигнал беру және қоректендіру жүйелері;

- қалқандардың, пульттердің жалпы түрлері және техникалық құралдар кешені;

- қалқандардың, пульттердің монтаждық схемалары және электр және құбыр өткізгіштерін монтаждауға арналған кестелер;

- қажет болған жағдайда электр және құбыр өткізгіштерінің журналдары әзірленуі мүмкін.;

- кроссалық ведомостар (қосу кестелері). Кроссалық ведомостардың орнына есептеу (басқару) кешендеріне, орталықтандырылған бақылау машиналарына және басқа да техникалық құралдарға арналған кроссалық шкафтардың монтаждау сызбаларын (қосу сызбаларын) орындауға жол беріледі;

- автоматтандыру құралдарының, электр және құбыр өткізгіштерінің орналасу жоспарлары ;

- автоматтандыру құралдарын орнатудың типтік емес сызбалары.

- жұмыс сызбаларын орындау үшін қажетті көлемде стандартталмаған жабдықтың жалпы түрлері;

- түсіндірме жазба;

- реттеуші дроссель органдарын есептеу.

Жобада түсіндірме жазбаға қосымша түрінде бастапқы деректердің

немесе есептеу нәтижелерінің жиынтық кестелері беріледі. Жобаның құрамына есеп айырысу мәтіндері енгізілмейді, ал жобаны орындаушыда сақталады және талап бойынша Тапсырыс берушіге беріледі. Жобаларда реттеуіштерді таңдау және жабдық жұмысының әртүрлі технологиялық режимдері кезінде олардың теңшеу параметрлерінің шамалы мәндерін анықтау бойынша есептер беру орынды. Есептік материалдар құрамында монтаждalған объектінің жөндеу жұмыстарын жүргізу кезінде білімі пайдалы ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша жобалауға берілген тапсырмадан деректерді келтіру қажет.

Автоматтандыру аспаптары мен құралдарының, есептеу техникасы құралдарының, электр аппаратурасының, қалқандар мен пульттердің, құбыр арматурасының, кабельдер мен сымдардың, негізгі монтаж материалдары мен бұйымдарының (құбырлар, металдар; монтаж бұйымдары), стандартталмаған жабдықтардың тапсырыстық ерекшеліктері.

Автоматтандыру құралдарын орнатуға арналған үлгілік сызбалар тізбесі (жобаға үлгілік сызбалар қоса берілмейді).

Объектіні автоматтандыруға байланысты әзірлемелерге бас жобалаушыға (аралас ұйымдарға немесе Тапсырыс берушіге) нақтыланған тапсырмалар. Өзгерістер мен нақтылаулар болмаған кезде техникалық жоба сатысында берілген тапсырмалар расталады.

Бір сатылы жобалау кезінде технологиялық жұмыс жобасының құрамына:

- екі сатылы жобалау кезінде жұмыс сызбаларының құрамында әзірленетін техникалық құжаттама;
- жабдықтар мен монтажға арналған смета;
- бас жобалаушының (аралас ұйымдар немесе Тапсырыс берушінің) объектіні автоматтандыруға байланысты жұмыстарға арналған тапсырмалары.

Егер автоматтандыру аспаптары мен құралдарының, олардың арасындағы өткізгіштердің, автоматтандырудың жергілікті жүйелерінің бір бөлігі техникалық жабдықпен жиынтықталып жеткізілсе, оларға арналған жобалау материалдары жобаның сызбаларында және жоғарыда көрсетілген көлемде, олардың жиынтықты жеткізілімі туралы тиісті ескертпемен салынған ерекшеліктерде ұсталады. Бұл ретте өнім берушілер зауыттарының пайдаланылатын құжаттамасы автоматтандыру жүйелерін жобалау, оны ресімдеу және жинақтау жөніндегі талаптарға сәйкес өңделуі тиіс.

Бұдан басқа, монтаждық ұйымдарға берілетін жобалық-сметалық құжаттаманың құрамына:

- құрылысты ұйымдастыру жобасы;
- ғимараттар мен құрылыстардың технологиялық процестері мен инженерлік жабдықтарын автоматтандыру жүйесіне арналған жұмыс құжаттамасы;
- дайындаушы кәсіпорындардың технологиялық жабдықпен жинақталып жеткізілетін автоматтандыру құралдары мен құралдарына техникалық құжаттамасы.

Монтаждық ұйымдар үшін жобалау-сметалық құжаттамада монтажшылардың мүдделері көрсетілуі аса маңызды. Монтаждау ұйымдарының жұмыс тәжірибесі құрылысты ұйымдастыру жобасын әзірлеу кезінде автоматтандыру жүйелерін монтаждау жөніндегі жұмыстар мүлдем ескерілмегенін көрсетеді. Сондықтан да монтаждаушылардың ұйымдастырушылық-техникалық мәселелерін құрылыс алаңында құрастыру барысында шешуге тура келді.

Құрылысты ұйымдастыру бойынша автоматтандыру жүйелерін монтаждау үшін келесі мәліметтерді қосу қажет:

- құрылыстың жиынтық кестесінде автоматтандыру құралдарын монтаждау бойынша жұмыстарды орындау. Бұл ретте оларды орындау мерзімдері объектінің құрылыс және технологиялық бөліктерінің, инженерлік жабдықтар мен желілердің дайындық мерзімдерімен байланыстырылуы тиіс;

- автоматтандыру жүйесіне арналған арнайы Үй-жайлар мен имараттардың-диспетчерлік, операторлық, аппараттық залдардың, датчиктердің, эстакадалардың, тоннельдердің, арналардың және т.б. үй-жайларының алдын ала құрылыс мерзімдері (бұл енгізілетін технологиялық желілерді, тораптар мен блоктарды жеке және кешенді сынауды уақтылы жүргізуге мүмкіндік береді). Мұндай талап қолданылатын Автоматтандыру құралдарының техникалық деңгейінің артуымен түсіндіріледі, бұл Автоматтандыру жүйелерін, әсіресе баж бағдарламалық құралдарын, технологиялық процестерді ретке келтіру ұзақтығын ұлғайтуға алып келді;

- технологиялық желілерді, тораптарды, блоктарды бөлу және автоматтандыру жүйелерін монтаждау және жеке сынау аяқталғаннан кейін оларды жеке және кешенді сынауға беру мерзімдері;

- құрылыс жоспарында өндірістік шеберханалар, жабық қойма үй-жайлары, ашық сақталатын материалдарды жинауға арналған алаңдар, жылытылатын, жарықтандыратын және телефоны бар тұрмыстық және кеңселік үй-жайлар көрсетілуі тиіс.;

- ірі габаритті тораптарды (қалқандардың блоктарын, пультттерді, құбырларды және т. б.) монтаждау ұйымдарының өндірістік базаларынан құрылыс алаңына және оның ішінде тораптарды жобалау жағдайына орнатқанға дейін ауыстыру үшін бас мердігердің (Көлік құралдарын, көтергіш Тиеу машиналары мен механизмдерін және т. б.) иелігіндегі негізгі құрылыс машиналарын пайдалану. Бұл ретте көрсетілген тораптарды жобалық белгілерге көтеру және оларды монтаждау ойықтары арқылы ауыстыру ұсыныстары мен схемалары әзірленуі тиіс;

- автоматтандыру жүйелері үшін арнайы үй-жайлардың уақтылы құрылысына кедергі келтірмейтін бас мердігердің және қосалқы мердігерлік ұйымдардың стационарлық және жылжымалы көтергіш-көлік жабдығын құрылыс алаңында орналастыру;

- энергиямен жабдықтаудың тұрақты көздерін (электр энергиясын, суды, сығылған ауаны) пайдалану немесе жабдықтар мен құралдарды (дәнекерлеу бекеттерін, қол электр аспабын және т. б.) қоректендіру үшін

желілерді төсеу. Бұл ретте жұмыс аймағында осы жабдықты аспапта қосуға арналған құрылғылар - жерге тұйықтау шықпалары бар арнайы розеткалар, сақтандырғыштар немесе автоматтар, штуцерлері бар шкафтар және т. б. көзделуі тиіс;

- қалқандар мен пульттерді, құбыр және электр сымдарының элементтерін, атмосфералық жауын-шашынның, жер асты суларының әсерінен, төмен температуралардың әсерінен, сондай-ақ ластану мен зақымданудан қорғауды қамтамасыз ететін шаралар. [25]

Жұмысты орындау тәртібі:

1. Техникалық құжаттамаға қойылатын талаптарды зерделеу.
2. Техникалық құжаттаманы жүргізу тәсілдері мен ережелерін сипаттау.
3. Сұрақтарға жауап бере отырып, практикалық жұмыс материалының игерілуін тексеру.

Бақылау сұрақтары:

1. Жобалау-сметалық құжаттаманың құрамы мен мазмұнына не байланысты?
2. Техникалық жұмыс жобасына қандай құжаттама кіреді?
3. Бас жобалаушыға тапсырма не үшін беріледі?
4. Автоматтандыру жүйелерін монтаждау үшін құрылысты ұйымдастыру жобасына не қосылуы тиіс?

4 ТАРАУ. ИКЕМДІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ӨНДІРІСТЕР ЖӘНЕ РОБОТОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР

4.1. Икемді өндірістік жүйелер (ИӨЖ) және робототехника базасында автоматтандырудың технологиялық алғышарттары.

Икемді өндірістік жүйелер (ИӨЖ) - бұл өндірістің барлық түрлерін автоматтандыруға арналған ұтқыр өндірістік жүйелер. ИӨЖ даму тарихы онжылдықтан сәл асады, бірақ бұған қарамастан, ол өте үйреншікті. ИӨЖ тұжырымдамасының қалыптасуының негізгі кезеңдерін қарастырайық.

ИӨЖ тұжырымдамасының қалыптасуының алдында бірқатар объективті экономикалық, технологиялық, техникалық және ғылыми алғышарттар болды. Мәселен, сериялық және ұсақ сериялы өндірісте шығарылатын жалпы өнім бөлігінің тұрақты өсуі технологиялық процестерді автоматтандыру арқылы өнімнің сапасын арттыру және оның өзіндік құнын төмендету жолдарын іздестіру қажеттілігіне алып келді. Номенклатураның жиі ауысуымен және өндірістің жалпы көлемінің өсуімен байланысты қайшылықтарды шешу мақсатында әзірлеушілер жақсы сынақтан өткен, топтық өңдеу технологиясының сыналған әдістеріне қайта оралды. Сексенінші жылдардың басында қайта құрылатын жабдықтар мен басқару құралдарының үлкен паркі құрылды. СББ станоктары, өңдеу орталықтары, өнеркәсіптік роботтар бағдарламаны жедел өзгертуге және бір өнімді шығарудан екіншісіне ауыстыруға мүмкіндік береді. Қазіргі заманғы Микропроцессорлар негізінде орындалған басқару құралдары күрделі техникалық объектілерді басқаруды қамтамасыз етуге қабілетті, бұл ретте олар салыстырмалы түрде қайта бағдарламалануы мүмкін. Жетпісінші жылдардың соңында математика мен информатиканың жетістіктері өндірістік процестерді басқару мен диспетчерлеудің жеткілікті жетілдірілген алгоритмдік әдістерін құруға алып келді. Осылайша, жоғарыда аталғандар ИӨЖ концепциясын құру жолымен өндірісті автоматтандыру саласында сапалы секірудің іргетасы болып табылады [8].

ИӨЖ сияқты жүйелер көптеген дамыған елдерде әртүрлі аталады: Жапонияда - икемді автоматтандыру, икемді өндірістік кешен; АҚШ-та - икемді өндірістік жүйе (FMS), ЭЕМ көмегімен біріктірілген өндірістік жүйе (БӨЖ), Германияда - икемді өндірістік жүйе (SFF) немесе ЭЕМ (СТАМ) көмегімен интеграцияланған автоматтандырылған өндірістік жүйе; Италияда - икемді өндірістік жүйе; Францияда - икемді цех; Англияда - автоматтандырылған ұсақ сериялы өндіріс (ASP); КСРО-да ұзақ уақыт осындай жүйелер икемді автоматты өндіріс (ИАӨ) деп аталды [11].

4.1.1. Икемді өндірістік жүйелердің түрлері

Көп номенклатуралық бірлі-жарым және ұсақ сериялы өндірістің тиімділігін арттыру проблемасын шешу жоғары өнімділік және толық автоматтандырылған технологияға жақындау кезінде осындай бұйымдарды толық өңдеуді қамтамасыз ететін тиісті жабдықпен үйлесімде ұйымдастыру мен басқарудың осындай әдістерін құруға негізделеді.

Көп номенклатуралық дискретті өндірісте қолданылатын қазіргі заманғы технологиялық кешендерде мынадай талаптар орындалуы тиіс:

- технологиялық операцияларды қарқындату және автоматтандыру;
- технологиялық үдерісті автоматтандырудың жоғары деңгейі;
- тасымалдау, қоймалау және басқару операцияларымен технологиялық операцияларды орындау процестерін үйлестіру.

Аталған талаптарды қанағаттандыру қажеттілігі технологиялық процестерді ұйымдастыру мен басқарудың жаңа қағидаттарының пайда болуына алып келді, олар кең мағынада икемді өндірістік жүйелер (ИӨЖ) деп аталады.

ИӨЖ пайда болуы мүмкін болған техникалық алғышарттар:

- заманауи автоматтандырылған жабдықтар, соның ішінде біріздендірілген модульдік тораптар базасында сандық бағдарламалық басқарумен (СББ), сондай-ақ бірқатар жағдайларда роботтар, манипуляторлар, болмаса қосалқы және орнату операцияларын автоматтандыруды қамтамасыз ететін құрылғылардың басқа да типтері қызмет көрсететін;

- компьютерлік басқару техникасын пайдаланатын жүк құралдарын автоматты сақтау, іздеу, тасымалдау және орнатуды қамтамасыз ететін құрылғылар;

- жеке технологиялық бірліктер мен олардың кешендері үшін байланысты және байланысты емес ақпараттық-басқару құрылымдарын құруға мүмкіндік беретін жеткілікті сенімді және салыстырмалы арзан компьютерлік техника.

Осындай заманауи өндірістік кешендер үшін технологиялық, параметрлік және құрылымдық икемділіктің жоғары дәрежесі тән типтік технологиялық, басқарушылық және технологиялық шешімдер принципін кеңінен қолдану.

Технологиялық белгі бойынша әртүрлі дискретті өндірістегі икемді өндірістік жүйелер екі топқа бөлінуі мүмкін [12].

Бірінші топтың ИӨЖ жоғары өнімділігімен конструктивтік және технологиялық ұқсастық дәрежесімен сипатталатын (бұйымдардың жабық тұқымдастары деп аталатын) бұйымдардың тар спектрінің ірі серияларын шығаруға арналған. Мысал ретінде түрлі, бірақ жақын типтік жобалар үшін шығарылатын типтік үй құрылысының бөлшектері бола алады. Мұндай технологиялық есептер ИӨЖ түрлерін қолдана отырып, икемді ағынды сызық деп аталады. Мұндай желіде бұйымдар ағыны технологиялық бағытқа сәйкес орналасқан және ішкі станцияаралық көлік құрылғыларымен байланысты жұмыс позициялары бойынша берілген ырғақпен қозғалады. Бұйыммен өндірістік циклдің өтуі осы жағдайда технологиялық бағытпен және осы маршрутқа сәйкес келетін жабдықтың орналасуымен анықталады.

Икемді өндірістік жүйелердің бұл түрі үшін, басқа атаудағы бұйымдарға өту үшін, ағысты тоқтату, қолда бар дайындаманы өңдеуді аяқтау, жабдықты тоқтату, оны қайта баптау және одан кейін жаңа атаудағы бұйымдарды шығаруға ағысты қайта бастау қажет. Осылайша, икемді

ағынды желіде бір мезгілде өндірісте тек бір атаудағы бұйымдар болуы мүмкін.

Екінші топтың ИӨЖ қолданылатын жабдықтың үлгі өлшемдерінің техникалық сипаттамаларымен, өндірістік қызметкерлердің мамандандыруымен және біліктілігімен шектелген және осы шектерде үлкен технологиялық әртүрлілігі (бұйымдардың ашық тектерінің) бар кең номенклатуралық бұйымдарды шығаруға арналған.

Өндірістің бұл түрі үшін бұйымның бір бірлігінен басқасына еркін өзгеретін бағыт бойынша оны үзу мүмкіндігімен қозғалуы тән. Бұйымдардың қозғалыс бағыты және олардың үстінен технологиялық операцияларды орындау дәйектілігі жабдықтың орналасуымен немесе мамандандырылған өндірістік бригадалардың ауысуының өзгермейтін тәртібімен байланысты емес, өндірістік кешеннің жұмыс жоспарымен және өндірістік кешенді жобалау кезеңінде бір рет емес, ал нақты бұйымға қатысты оны пайдалану кезеңінде бірнеше рет жасалатын аталған өндірістік бригадалардың объектілеріне жіберу кестесімен айқындалады. Мұнда әр түрлі атаудағы бұйымдар өндірісінде бір мезгілде болуы мүмкін және технологиялық бағыттың тиісті операцияларында болу уақытын, сондай-ақ осы операциялардың санын да әр түрлі бұйымдар үшін міндетті түрде теңестіру талап етілмейді.

Екінші топтың ИӨЖ икемді учаскелер мен цехтардан бастап икемді автоматтандырылған өндірістер мен бірлестіктерге дейін әртүрлі масштабтағы, күрделілік дәрежесі мен автоматтандыру деңгейінің технологиялық кешендері жатады.

Осылайша, олардың табиғатына қарамастан көп көп номенклатуралық икемді өндірістер бірнеше бұйымдармен бір мезгілде жұмыс істеумен сипатталады, бұл ретте жеке операцияларды орындаумен сипатталады.

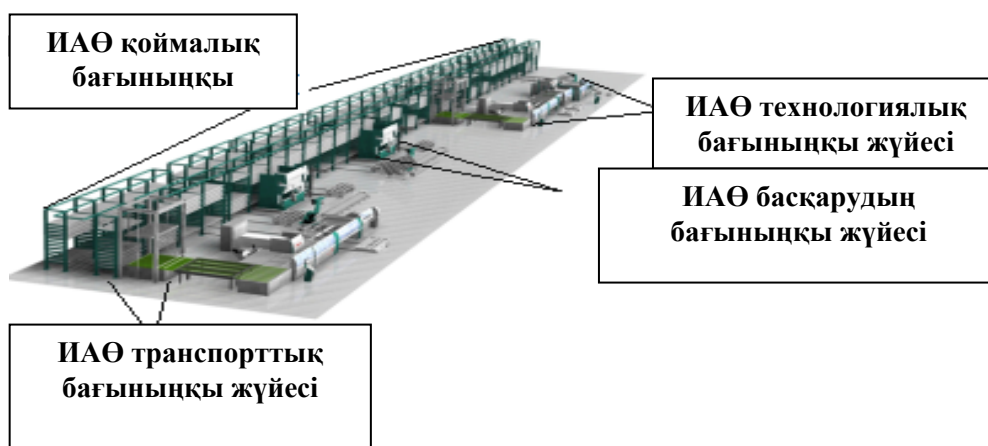
Технологиялық бағдарды осы операцияларға тән технологиялық жабдықпен қамтамасыз етеді. Бұйымдар мен тиісті жабдықтар және нақты операцияларды орындау жөніндегі қызметкер бір-біріне қатысты қозғалады. Бұл жабдықты жүктеу кестесіне сәйкес бір жұмыс орнынан (жұмыс орнынан) екіншісіне ауыстыру арқылы жүзеге асырылады[13].

Қазіргі заманғы өндіріс сандық және сапалы икемділікке ие, бұл нарықтық экономика жағдайында қажетті болып табылады. Мұндай жағдайларда келіп түскен тапсырыстарға жедел және барабар әрекет ету қажет. Бұл өндіріс шығарылатын өнімнің көлемі мен ассортиментін тез және кең көлемде өзгертуге қабілетті болуы тиіс дегенді білдіреді.

Сондықтан қазіргі заманғы үрдіс өндірістік қуаттардың тиісті басқарылатын өзгерістері есебінен өнімнің ассортименті мен сапасына сұраныстың ауытқуына сәйкестігін қамтамасыз ету болып табылады. Сонымен қатар, өндірістік қызметкерлердің біліктілігін арттыру, сонымен қатар, жоғарыда сипатталған ұқсас икемді қайта жөнге келтірілетін өндірістік жүйелерді қолдану арқылы жүзеге асырылады[15].

4.1.2. Икемді автоматтандырылған жүйелер: икемді автоматты желі, роботталған технологиялық желі, икемді автоматтандырылған учаске, роботталған технологиялық учаске, икемді автоматтандырылған цех

Икемді автоматты өндіріс (ИАӨ) - автоматтандырудың жоғары түрі. Жалпы жағдайда технологиялық, көліктік және қоймалық кіші жүйелерді қамтитын атқарушы жүйеден және көрсетілген кіші жүйелердің жұмыс істеуін үйлестіретін басқару жүйесінен тұрады. Технологиялық кіші жүйе келесі типтегі модульдерді біріктіретін өзара байланысты ұяшықтардың жиынтығы болып табылады: станоктар мен технологиялық қондырғылар, өнеркәсіптік роботтар мен бақылау-өлшеу құрылғылары мен қондырғылары. Көліктік кіші жүйе технологиялық ұяшықтар мен автоматты қоймалардың секциялары арасында дайындамаларды, Дайын бөлшектерді, бұйымдар мен құралдарды ауыстыруды, сондай-ақ өндіріс қалдықтарын жоюды жүзеге асыратын модульдерден тұрады. Қоймалық кіші жүйе дайындамаларды, дайын бұйымдар мен құралдарды қабылдауды, сақтауды, беруді және есепке алуды қамтамасыз етеді (4.1 сур.).



4.1 сур. ИАӨ кіші жүйелерін орналастыру сұлбасы

Басқару жүйесі арнайы құрылғылар мен деректерді беру желісі арқылы бірыңғай кешенге байланысты есептеуіш техника - ЭЕМ құралдарынан және бағдарламалық қамтамасыз ету - ЭЕМ іске асыратын және жабдықтың жекелеген бірліктерін және жалпы жүйені басқаратын бағдарламалардың жиынтығынан тұрады, ИАӨ функционалдық моделі ұсынылған (4.1-кесте.)

ИАО функционалдык моделі

Бөлшектерді кесу үрдісі			
Бөлшектер спектрі: көптүрлілікті арттыру (нұсқалар санының өсуі кезінде пайдалану мерзімін ұлғайту); қатты рұқсатнамалар	Металл кесетін станоктар: куатының өсуі; айналмалы айналдырғылар санының өсуі; және беру жылдамдығының өсуі; дәлдіктің өсуі; жайлылық пен қызмет көрсетудің өсуі	өсетін жетек өсуі; кесу беру	Өндірісті ұйымдастыру: ірі өндіріс кезіндегі сияқты өнімділігі бірдей және автоматтандыруы бар шағын және орта серияларды дайындау
Икемді автоматтандырылған өндірістік жүйелерді іске асыру нысандары			
Автоматтандырылған станоктар: СББ-дан басқару; АСИ; дайындамаларды автоматты түрде ауыстыру	Икемді автоматтандырылған өндірістер: көлік жүйесінің тактикаланбаған жұмысы; бір және көп сатылы өңдеу; бірлік, - ұсақ сериялы өндіріс		
Икемді автоматтандырылған ұяшықтар: өңделген бөлшектерді жинаушы; бақылау және түзету құрылғылары; кесу құралын ауыстыру	Икемді автожолақтар көлік жүйесінің тактикалық жұмысы; көп сатылы өңдеу; бөлшектердің тар спектрі, үлкен сериялар		

Жалпылау ретінде кең мағынада, әсіресе икемді өндірістің деңгейін немесе сатысын атап өтудің қажеттілігі болмаса «Икемді өндірістік жүйе» (ИӨЖ) термині қолданылады.

Ұйымдастыру құрылымы бойынша ИӨЖ келесі деңгейлерін бөледі:

- икемді өндірістік модуль (ИӨМ);
- икемді автоматты желі (ИАЖ);
- икемді автоматтандырылған учаске (ИАУ);
- икемді автоматтандырылған цех (ИАЦ);
- икемді автоматтандырылған өндіріс (ИАО) [18].

Технологиялық процестің автоматтандыру құралдары мен бағдарламалық басқарудың автоматтандырылған құрылғысымен жабдықталған технологиялық жабдықтың бірлігінен тұратын ИӨЖ икемді өндірістік модуль деп түсінеді. ИӨМ-ның міндетті белгілері оның автономды жұмыс істеу мүмкіндігі және жоғары деңгейдегі жүйеге кіру мүмкіндігі болып табылады. ИӨМ-ның жеке жағдайы роботталған технологиялық кешен, оны жоғары деңгейдегі жүйеге қосу мүмкіндігі болған жағдайда болып табылады. ИӨМ автоматтандыру құралдарына жинағыштар, тиеу - түсіру құрылғылары, технологиялық жабдықтарды ауыстыру, жоңқаларды

жою, сондай-ақ автоматтандырылған бақылау, қайта жөндеу, диагностика құрылғылары кіруі мүмкін.

Икемді автоматты желі - бұл автоматтандырылған көлік жүйесімен, бірыңғай басқару жүйесімен және технологиялық операциялардың қабылданған реттілігімен орналасқан бірнеше ИӨМ.

ИАЖ қарағанда **икемді автоматтандырылған учаске** технологиялық жабдықты пайдалану реттілігін өзгерту мүмкіндігін қарастырады.

ИАЖ және ИАУ негізінде **автоматтандырылған цехтар** қалыптасады, олардың жиынтығы икемді автоматтандырылған зауыт құрайды, онда жеке автоматтандырылмаған учаскелер мен цехтар болуы мүмкін.

ИАӨ-тің басты артықшылығы олардың икемділігі. Оның мәні неде?

ИАӨ икемділігінің көптеген элементтері арасында негізгі болып табылады:

1) автоматтандырылған режимде ИАӨ бір сыныптың бірнеше түрлі бөлшектерін бір уақытта өңдеуге мүмкіндік береді;

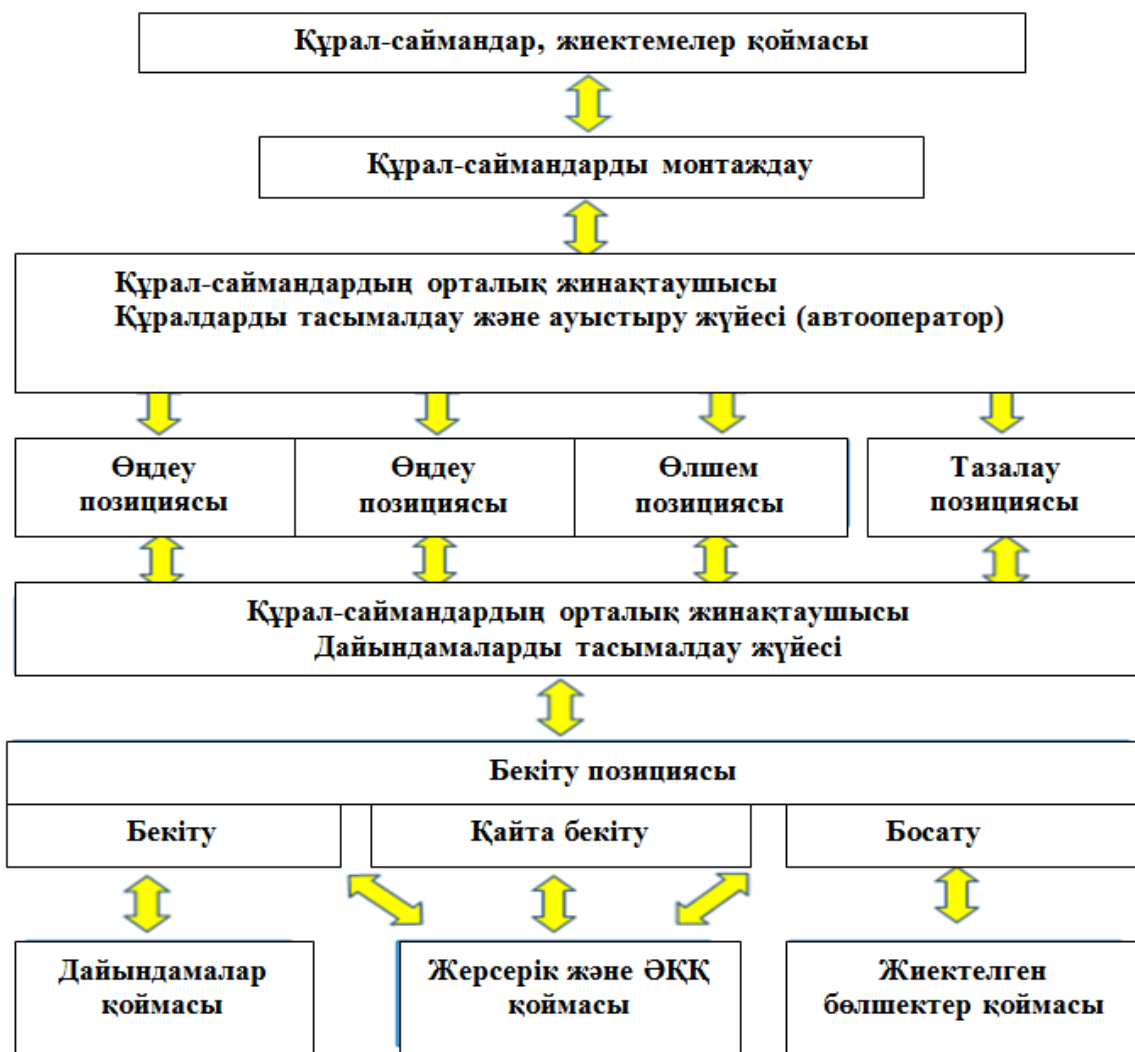
2) бір бөлшекті өңдеуден басқа бөлшекті өңдеуге көшу, оның ішінде өңделетін бөлшектердің номенклатурасын кеңейту кезінде бір басқарушы бағдарламаны басқасына ауыстыруға болады. Басқа түрдегі бұйымдарды шығаруға көшкен кезде ИАӨ қайта құру жылдамдығы маңызды. ИАӨ -де жасалатын бөлшектер тобының өлшемі. Ол неғұрлым маңызды (топтың әр түрлі бөлшектері), гап икемділігін есептеу керек. Бұл ИАӨ технологиялық икемділігі. Икемді автоматтандырылған өндірістер бөлшектердің шағын партияларын олардың кең номенклатурасы кезінде өңдеуге мүмкіндік береді (4.2 сур) [18].

Әмбебап станоктардан жасалған учаскелермен салыстырғанда механикалық өңдеу ИАӨ артықшылықтарына жатқызу керек:

- бірлі-жарым және ұсақ сериялы өнімдерді (жабдықтың жоғары жүктелуінің арқасында) дайындау процесінде еңбек өнімділігінің күрт артуы, бұл елдегі жұмыс күшінің ұлғайып келе жатқан тапшылығы жағдайында әсіресе маңызды;

- тапсырыс берушілердің талаптарын өзгертуге жылдам әрекет ету;

- бұйымдардың номенклатурасын кеңейту кезінде, оның өзгеруі кезінде, нұсқалар мен т. б. санының өсуі кезінде өндірістің икемділігі мен икемділігін арттыру;



4.2 сур. ИАО функционалдық моделі

- станоктарды тиеу коэффициентін арттыру, көмекші уақытты азайту (өндірісті қайта жабдықтау уақытын азайту, станоктарда дайындамалар мен кесетін құралдарды жылдам ауыстыру, көп жұмыс ауысымдылығы есебінен болуы мүмкін);
 - сапасы мен дәлдігін айтарлықтай арттыру (өңделетін бөлшектерді аз қайта орнату, жетілдіру жұмыстарын төмендету, ақауды азайту);
 - негізгі және қосалқы операцияларды, көліктік-тиеу жұмыстарын автоматтандыру;
 - дайын бөлшектерді алғанға дейін нақты дайындаманы өңдеуге өтінім түсуден уақытты қысқарту;
 - мерзімінде бөлшекті өңдеу кепілдігінің өсуі;
 - құрастыру талаптары бойынша «аралас партиялармен» бөлшектерді өңдеу мүмкіндігі;
 - құрал-жабдықтарды интеграциялаудың жоғары дәрежесі диагностика және бейімдеу басқару жүйелерін тиімді қолдануға мүмкіндік береді;
 - бастапқы күрделі шығындарды өзгертпей жүйені өсіру қабілеті жоғары;

- жүйеде «адамсыз» технологияларды қолдану және осы негізде толық автоматты зауыттарды құру мүмкіндігі.

ИАӨ кемшіліктеріне жатқызуға болады:

- ИАӨ енгізу кезінде үлкен күрделі шығындар;
- ИАӨ қызмет көрсету күрделілігі;
- қызмет көрсететін қызметкердің жоғары біліктілігі [22].

4.1.3. Робототехниканың негізгі ұғымдары.

Қазіргі заманғы робототехника механика мен кибернетика синтезі негізінде пайда болды және оларды дамытудың жаңа бағытына түрткі болды. Механика үшін бұл манипуляторлардың көп буынды механизмдерімен, ал кибернетика үшін - жасанды интеллектпен соңғы буынды роботтар үшін талап етілетін интеллектуалды басқарумен байланысты болды.

Осылайша, робототехниканың міндеті - роботтарды және оларды пайдалануға негізделген әртүрлі бағыттағы робототехникалық жүйелерді құру және қолдану мақсатында механика мен кибернетиканы дамыту және синтездеу.

Мұндай жүйелер мен кешендердегі роботтардың рөлі әртүрлі болуы мүмкін - ооботтар басты функцияларды жүзеге асыратын негізгі құралдардан бастап, роботтар осы функцияларды орындайтын негізгі немесе қосалқы құрал-жабдықтарға қызмет көрсететін қосалқы құрал-жабдықтарға дейін. Роботтардың көмегімен автоматтандырылған жүйелер мен кешендер роботталған деп аталады. Роботтар негізгі функцияларды орындайтын роботтандырылған жүйелер мен кешендер **роботтехникалық** деп аталады.

Алғашқы Роботтар берілген бағдарлама бойынша кейбір іс – қимыл жасайтын құрылғылар болып табылады және нақты мақсаты жоқ және тек 1971 жылы ғана өнеркәсіптік мақсаттағы алғашқы «заманауи» роботтар - өнеркәсіптік роботтар (ӨР) пайда болды, ал олардың базасында автоматтандырылған технологиялық кешендер **роботталған** технологиялық кешендер (РТК). ӨР әлемдегі роботтар паркінің 90% - ын құрайды.

Манипулятор –адам қолының қозғалыс және жұмыс функцияларын еліктеуге арналған құрылғы. Манипуляторды басқару әдісі биотехникалық (қол), интерактивті (аралас) және автоматты болуы мүмкін.

Бірінші болып биотехникалық басқарылатын манипулятор пайда болды және онымен тікелей байланыс адам үшін зиян немесе қауіпті (радиоактивті заттар, қыздырылған болванкалар және т.б.) объектілермен жұмыс істеуге арналған.

Робототехника айналысатын манипуляциялық машиналар мен механизмдердің бүкіл сыныбы «роботтар мен манипуляторлар» деп аталады.

Манипуляция объектісі - манипулятормен кеңістікте қозғалатын дене (өңдеу заттары ӨЗ, құрал, қарпығыш мәрім ҚМ және т.б.)

Манипулятордың құрылымдық сұлбасы келесі элементтерді қамтиды:

а) **тапсырушы орган ТПО** - басқару сигналдары мен қозғалыстарды құруға арналған;

Б) **атқарушы органы АО** – ТПО құратын сигналдар бойынша іс-әрекеттер жасауға арналған М функционалдық бөлімі;

в) **байланыстырушы орган БО** - ТПО және АО байланысына арналған, негізінде болмауы мүмкін;

г) **жұмыс органы ЖО** - технологиялық мақсаттағы іске асыруға арналған Ж бөлігі.

ТПО түріне байланысты биотехникалық, интерактивті және автоматты манипуляторларды қарастырайық.

Биотехникалық манипуляторлар көшіруші, командалық және жартылай автоматты болуы мүмкін.

Көшіруші манипуляторларда ЖО қозғалысы, мысалы, оператордың қолын қайталайды. Командалық-басқару оператордың тиісті басқару сигналдарын беруі арқылы жылжымалы дәрежелердің әрқайсысы бойынша жеке-жеке жүзеге асырылады. Жартылай автоматы - ТПО бірнеше еркіндік дәрежелерін басқаратын механизмді (тұтқаны) және тұтқадан, командаға түсетін сигналдарды түрлендіру үшін қызмет ететін процессорды қамтиды.

Барлық биотехникалық манипуляторлар жадының жоқтығымен сипатталады және басқару процесіне оператордың үздіксіз қатысуын талап етеді (4.3 сур).



4.3 сур. Биотехникалық манипуляторды басқару сұлбасы

Автоматты манипуляторлар (4.4 сур.) адамның қатысуынсыз жұмыс істейді. Оларға автооператорлар, өнеркәсіптік роботтар және интерактивті басқарылатын манипуляторлар жатады.

Автооператор - қайта бағдарламаланатын автоматты манипулятор.

Өнеркәсіптік робот - қайта бағдарламаланатын автоматты манипулятор.

Интерактивті манипулятор - автоматты түрде немесе оператормен кезекпен басқарылатын, жеке әрекеттерді автоматты түрде орындауға арналған жад құрылғысымен жабдықталған робот.

Адамның қатысу нысанына байланысты интерактивті басқару болуы мүмкін:

- автоматтандырылған, яғни автоматты және биотехникалық режимдерді кезектестіру;

- сырттай қадағалаушымен, онда операциялар циклінің барлық бөліктері автоматты түрде және кезең-кезеңмен орындалатын, ал кезеңдер арасындағы өткелдерді оператор белгілейді.

Диалогтық басқару –интерактивтінің бір түрі [12].



4.4 сур. Автоматты манипуляторды басқару сұлбасы

Өнеркәсіптік роботтар буыны. Қазіргі уақытта өнеркәсіптік роботтар 3 негізгі топқа бөлінеді (буын):

1. Бірінші буын роботтары. Оларға қатаң бағдарлама бойынша жұмыс істейтін бағдарламаланбаған роботтар жатады: механикалық қолдар және СББ бар роботтар. Бұл роботтар өзгермелі жұмыс жағдайларына бейімделе алмауымен сипатталады және манипуляциялау объектісінің болуына қарамастан тұрақты қозғалыс бағдарламасы болады. Қарапайым өндірістік міндеттерді шешу үшін қолданылады, жүйеге кірудің қатаң тәртібін талап етеді (бөлшектің немесе құрал-сайманның кеңістікте бағдарлануы, іске қосылудың берілген уақыты, қорғаныс бұғаттау және т.б. болуы). Бұл автооператорлар мен механикалық қолдар.

2. Екінші буын роботтары. Бұл икемді бағдарлама бойынша жұмыс істейтін, сыртқы ортаның датчиктерімен және роботтардың визуалды жүйелерімен жабдықталған. Олар басқару үшін микро ЭЕМ, микропроцессорлар, ал соңғы уақытта бақылаушылар қолданылады. Бұл роботтар күрделі есептерді шешу үшін қолданылады, 1-буынның ӨР.

3. Үшінші буын роботтары. Оларға жұмыс және өндіріс жағдайларына толығымен бейімделе алатын, ақпаратты автоматты жинау және өңдеу мүмкіндігі бар интегралды немесе интеллектілік (зияткерлік роботтар) жатады. Басқару эвристикалық бағдарламасы бар өнеркәсіптік ЭЕМ-мен жүзеге асырылады, онда оператор тек соңғы мақсатпен ғана бағдарламалайды, ал іс-әрекеттердің өзі және олардың тәртібін бағдарлама анықтайды.

ӨР буындары бір-бірін алмастырмайды, олар бір-бірін толықтырады және неғұрлым орынды жерде жұмыс істейтіндігі жөнінде атап өту керек.

1-ші буын ӨР 2% жұмыс орнын алмастыра алады;

2-ші буын - 25-30%;
3-ші буын 30% дейін.

Роботтардың құрамы және жұмыс режимдері.

Функционалдық сұлбасы (4.5 сур.):

ЖАЖ құрамына келесі негізгі бөлімдер кіреді:

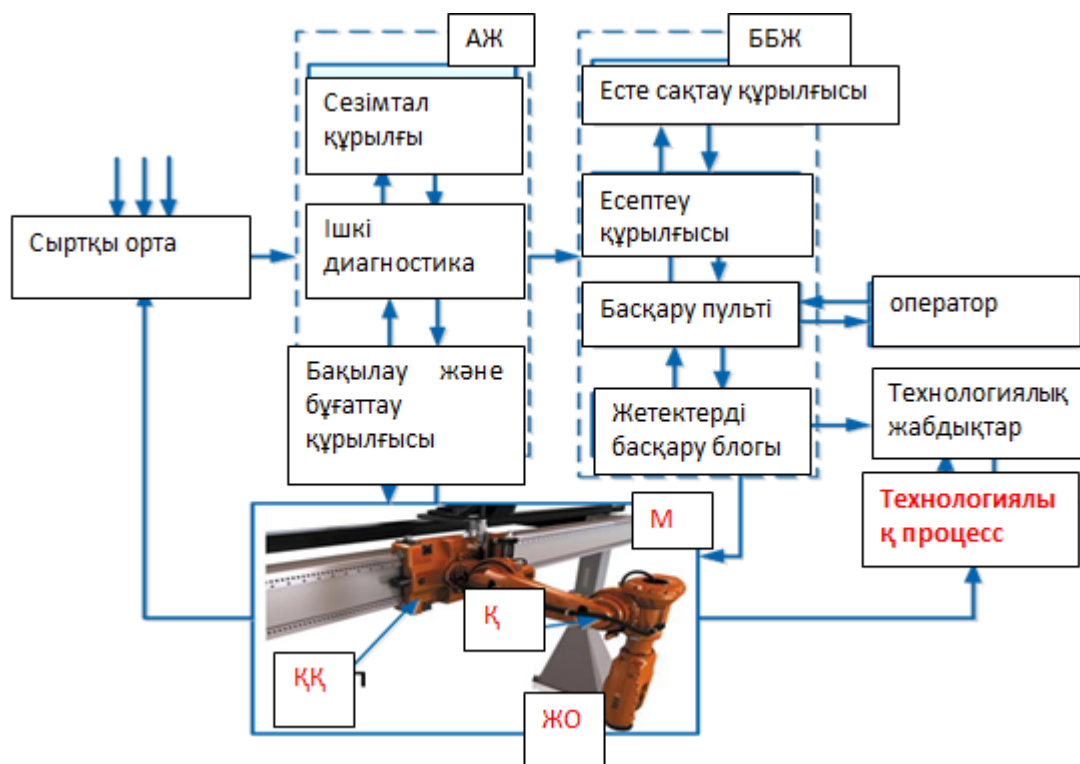
- манипулятор, немесе роботтың механикалық жүйесі;
- ақпараттық жүйе (АЖ);
- бағдарламалық басқару жүйесі(ББЖ), немесе басқа басқару

құрылғысы;

Ақпараттық жүйе және бағдарламалық басқару жүйесі жиынтығында автоматты басқару құрылғысын (АБК) құрайды.

ӨР манипуляторларында ұстағыш құрылғы (ҰҚ), дәнекерлеу басы, бояу бүріккіш және т. б. түріндегі жұмыс органы және оның барлық қозғалыс функцияларын орындау үшін қажетті механизмдер болады:

- беру механизмдері;
- атқарушы тетіктер;
- жетектер;
- көтергіш элементтер



4.5 сур. ӨР функционалдық сұлбасы

Өнеркәсіптік роботтың жетегі және басып алу құрылғысы бар атқарушы механизмі манипулятордың қолы (Қ) деп аталады. Технологиялық жабдыққа (ТЖ) қатысты манипулятор орнын ауыстыру үшін қозғалыс құрылғылары (ҚҚ) пайдаланылады.

Барлық манипуляциялық құрылғылар, олар берілген нүктеге әртүрлі бағыттардан ЖО келу мүмкіндігін түсінілетін маневрлік және сервис коэффициентімен (СК) сипатталады. СК М қозғалыс мүмкіндіктері туралы, яғни оның маневрлігі туралы түсінік береді. М маневрленуі - бұл РО тіркелген жағдайында қозғалу дәрежелерінің саны, ол жұмыс көлемінде кедергілерді манипулятормен айналып өту мүмкіндігін және күрделі операцияларды орындау қабілетін анықтайды [14].

М қозғалысы топтарға бөлінеді. Мысалы, ӨР-да ЖО ең кең таралған М қозғалысы ҰҚ түрінде келесі түрлерде болады:

- оның өлшемдерімен өлшенетін ҰҚ-ның бағыттаушы орын ауыстырулары;

- қол буындарының өлшемдерімен анықталатын және жұмыс көлемінің өлшемдерімен өлшенетін тасымалдағыш орын ауыстырулар;

- ӨР өлшемінен және жұмыс көлемінің көлемінен асатын қашықтықтарға координаттық орын ауыстырулар.

АЖ құрамына сыртқы ортаның сезімтал (сенсорлық) құрылғылары, ішкі диагностика жүйесі және бақылау және бұғаттау құрылғылары кіреді. АЖ роботтың М механизмдерінің жұмыс істеуі туралы және сыртқы ортаның жай-күйі туралы деректерді жинауды, бастапқы өңдеуді және ББЖ-ға аударуды қамтамасыз етеді.

ББЖ басқару бағдарламасына сәйкес М атқарушы тетіктеріне басқарушы әсер етуді қалыптастыруға және беруге арналған.

ББЖ қайта бағдарламаланған құрылғылары деп басқару пультіндегі қозғалу дәрежесі және басқару функциялары бойынша қозғалу жүйелілігінің және (немесе) мәндерінің өзгеруін қамтамасыз ететін түсінеді. Бұл басқару бағдарламасын өзгерту автоматты түрде немесе оператордың көмегімен орындалуы мүмкін.

ББЖ: басқару пультін (БП), соның көмегімен оператор енгізуді жүзеге асырады және бақылау тапсырмаларын орындайды; есте сақтау құрылғысын (ЕСК), мұнда жұмыстардың бағдарламаларын қоса алғанда барлық қажетті ақпарат сақталады; манипулятормен басқару алгоритімін іске асыратын есептеу құрылғысын (ЕК); манипулятор тетіктерін басқару блогы жетектерін (ББЖ) қамтиды [11].

Сұлбада ӨР және ТЖ жұмыстың бірыңғай циклына енгізіліп, барлық ТП жалпы басқару пультін қамтитыны көрініп тұр.

ӨР жұмыс істеу режимінің екі нұсқасы болуы мүмкін: бағдарламалау режимі (оқыту режимі), ол кезде есте сақтау құрылғысына басқару бағдарламасы және технологиялық операцияларды орындау режимі (жұмыс режимі) енгізіледі.

4.2. Өнеркәсіптік робототехникалық жүйелер және олардың жіктелуі.

Өнеркәсіптік роботтардың жіктелуі (4.6 сур.).



4.6 сур. Өндірістік роботтардың жіктемесі

Басқару әдісіне қарай:

- алдына ала берілген қатаң бағдарлама бойынша (алғашқы буынның роботтары) жұмыс істейтін бағдарламалық басқаруы бар роботтар;
- құралдарды сездіретін, сондықтан да алдын ала реттелмеген және өзгермейтін шарттарда жұмыс істей алатын, мысалы орналасқан заттарды еркін алу, кедергілерден айналып өту және т.б. (екінші буынның роботтары) бейімделген басқаруы бар роботтар;
- зерделі басқаруы бар роботтар (жасанды зерде), олар сездіруімен қатар ұқсас жағдайларда адам мінезі секілді зерделі (үшінші буынның роботтары) әрекет ету мүмкіндігін қамтамасыз ететін роботтар болып бөлінеді.

Қозғалғыштықтың жеке деңгейлері бойынша қозғалысты басқару үздіксіз (контурлы) және дискретті (позициялық) болып бөлінуі мүмкін. Соңғы жағдайда қозғалысты басқаруды нүктелердің соңғы реттілігін беріп, кейін оларды нүктеден нүктеге дейінгі қадамдармен жылжыту арқылы жүзеге асырылады. Дискреттік басқарудың қарапайым нұсқасы қайталымдық (циклдік) болып табылады, онда тұрғылану нүктелерінің саны қозғалғыштықтың әрбір деңгейі бойынша өте аз және көбінесе бастапқы және соңғы екі координатпен шектелген.

Тағайындалуы бойынша ӨР бірнеше топтарға бөлінуі мүмкін, олардың ішінде тарату бойынша ең үлкен класты машина жасау процесстерін автоматтандыруға арналған ӨР құрайды. Сонымен қатар, роботтарды тау-кен қазу және мұнай өндірісі (бұрғылау қондырғыларына қызмет көрсету, монтаж және жөндеу жұмыстары), металлургия, құрылыс (монтаждық, әрлейтін, көліктік роботтар), жеңіл, азық-түлік, балық шаруашылығына арналған деп ажыратады. Соңғы жылдарда роботтар көлікте (адымдаушы көлік машиналарын қоса алғанда), ауыл шаруашылығында, денсаулық сақтау және әскери салаға да енгізіліп келеді.

Машина жасауда ӨР келесі топтарға бөледі:

- құю өндірісінде (құю) процесстерге қызмет көрсетуге арналған;
- жинау өндірісі (жинау) процесстеріне қызмет көрсетуге арналған;
- механикалық өңдеу процесстеріне қызмет көрсетуге арналған;
- қалыптау өндірісін (баспақты) автоматтандыруға арналған;
- пісіру жұмыстарының (пісіру) процесстеріне қызмет көрсетуге арналған.

ӨР өнеркәсіпте ең кеңінен тарағаны – машина жасауда.

Мамандану дәрежесі бойынша барлық ӨР өздерінің тағайындалуына қарамастан үш түрге бөлінеді: әмбебап, мамандандырылған және арнайы [10].

Әмбебап роботтар (көп мақсатты) әр түрлі операцияларды орындауға арналған және соның ішінде әр түрлі ТЖ түрлерімен бірлесіп жұмыс істеу үшін.

Мамандандырылған (мақсатты) роботтардың тағайындалуы шектелген және бір белгілі операцияны жүзеге асырады (мысалы, пісіру, бояу, жабдықтың белгілі түріне қызмет көрсету).

Арнайы роботтар тек нақты бір операцияны орындайды (мысалы, технологиялық жабдықтың нақты бір үлгісіне қызмет көрсетеді).

Орындайтын операциялардың сипаты бойынша барлық ӨР 3 топқа бөлінеді:

- өндірістік (технологиялық), олар ТП негізгі операцияларын орындайды және оған машина жасаушы немесе өңдеуші ретінде тікелей қатысады (пісіру, жинау және т.б.);
- көтеріп-тасымалағыш (көмекші), олар көмекші операцияларды орындау үшін негізгі ТО-ға қызмет көрсету үшін, сондай-ақ көліктік-қойма операцияларында қолданылады;
- әмбебап – әр тектес негізгі және көмекші ТО.

Жетек түрі бойынша. Роботтарда пайдаланылатын жетектер төмендегідей бөлінеді:

- электрлік;
- гидравликалық
- пневматикалық;
- және пневмогидравликалық.

Көбінесе оларды қиыстырып пайдаланады, мысалы үлкен жүк көтергіште қолқұрылғы буынында гидравликалық жетекті пайдаланады, ал оның ұстағыш құрылғысында – аса қарапайым және аз қуатты пневматикалықты қолданады.

ӨР жүк көтергіші бойынша келесідегідей бөлінеді:

- аса жеңіл - 1 кг дейін;
- жеңіл – 10 кг дейін
- орташа - 100 кг дейін;
- ауыр - 1000 кг дейін;

және аса ауыр - 1000 кг аса.

Роботтың жүк көтергіші оның қолқұрылғысының жүк көтергішімен, ал бірнеше қолқұрылғысы болған жағдайда – солардың ішіндегі аса қуатты жүк көтергішімен ескеріледі.

ӨР қолқұрылғыларының саны бойынша:

- бір қолқұрылғылық (бір қолды);
- екі қолды;
- үш қолды;
- төрт қолды.

Әдетте роботтардың қолқұрылғылары біреумен шектеледі. Әдетте көп қолды роботтардың қолқұрылғылары бірдей жұмыс істейді, бірақ әр түрлі М бар роботтардың құрастырылымы бар. Мысалы, суықтай қалыпталған екі түрлі М бар қызмет көрсетуге арналған ӨР: бірінші негізгі— дайындама алу және оны баспаққа орнату үшін және басқа жеңілдетілген құрастырылымды – бункерде дайын бөлшек қақтығысының аса қарапайым операциясын орындауға арналған [18].

Роботтарды жылдам әрекет ету және қозғалыс дәлдігі бойынша топтастыру. Бұл параметрлер өзара байланысқан және роботтардың динамикалық ерекшеліктерін сипаттайды. Робот техникасында олар басты

болып саналады.

Жылдам әрекет ететін қолқұрылғы қозғалғыштықтың жеке деңгейлері бойынша оны ауыстыру жылдамдығы бойынша анықталады. Жалпы қолданылатын жылдам әрекет ететін роботтарды келесі үш топқа бөлуге болады:

- кіші – қозғалғыштықтың жеке деңгейі бойынша 0,5 м/с дейін сызықтық жылдамдық кезінде;
- орташа - 0,5 жоғары 1 м/с дейін сызықтық жылдамдық кезінде;
- жоғары - 1 м/с сызықтық жылдамдық кезінде.

Заманауи роботтардың көбінде орташа жылдам әрекеті бар және олардың жалпы паркінің 20 % — жоғары жылдам әрекет ету.

Заманауи роботтардың жылдам әрекет етуі әзірше жеткіліксіз болып саналады және оны қалай болғанда да екі есе ұғайту қажет. Мұнда негізгі қиындық жылдам әрекет ету мен дәлдік арасында белгілі қарама-қайшылықпен байланысты.

Қолқұрылғы дәлдігі тұрғыландырудың қорытқы қателігімен (дискретті қозғалыс кезінде) немесе берілген траекторияны (үздіксіз қозғалыс кезінде) өңдеумен сипатталады. Көбінесе роботтардың жиілігі абсолюттік қателікпен сипатталады.

Жалпыға арналған роботтардың дәлдігін үш топқа бөледі:

- кіші – сызықтық қателігі 1 мм бастап және жоғары болған кезде;
- орташа - сызықтық қателігі 0,1 бастап 1 мм дейін болған кезде;
- жоғары - сызықтық қателігі кемінде 0,1 мм болған кезде.

Қозғалғыштық деңгейінің саны бойынша. Қозғалғыштық деңгейінің саны – бұл тірек жүйеге қарағанда қолқұрылғы нысанының координаталық ауыстыру мүмкіндігінің сомасы.

ӨР орналастыру әдісі бойынша стационарлық және қозғалғыш (қозғалмалы) болады және еден үстілік және аспалы (көтеріңкі рельстік жол бойынша қозғалады) және басқа жабдыққа кіріктірілген (мысалы, қызмет көрсетілетін білдек) және т.б. болып бөлінеді. Роботтың қозғалғыштығы оның қозғалу құрылғысының болуы немесе болмауымен анықталады.

Роботтардың техникалық деңгейін анықтайтын параметрлер. Топтастырылған параметрлермен қатар роботтар олардың техникалық деңгейін ескеретін параметрлермен сипатталады. Оларға сандық мағынасы болуы мүмкін жоғарыда қаралған параметрлердің кейбіреуі жатуы мүмкін:

- жылдам әрекет ету;
- дәлдік, жады көлемі;
- сыртқы жабдық және т.б. байланысты байланыс арналарының саны.

Роботтарды топтастыру үшін параметрлерді пайдаланған кезде оларды бірнеше топтарға бөледі және т.ж. роботтың түрін анықтайды, ал оның техникалық деңгейінің салыстырмалы бағалауын келесі параметрлердің нақты сандық мағынасына қарап жүргізеді:

- сенімділік;
- бір уақытта жұмыс істейтін қозғалтқыш деңгейінің саны;
- бағдарламалау уақыты;

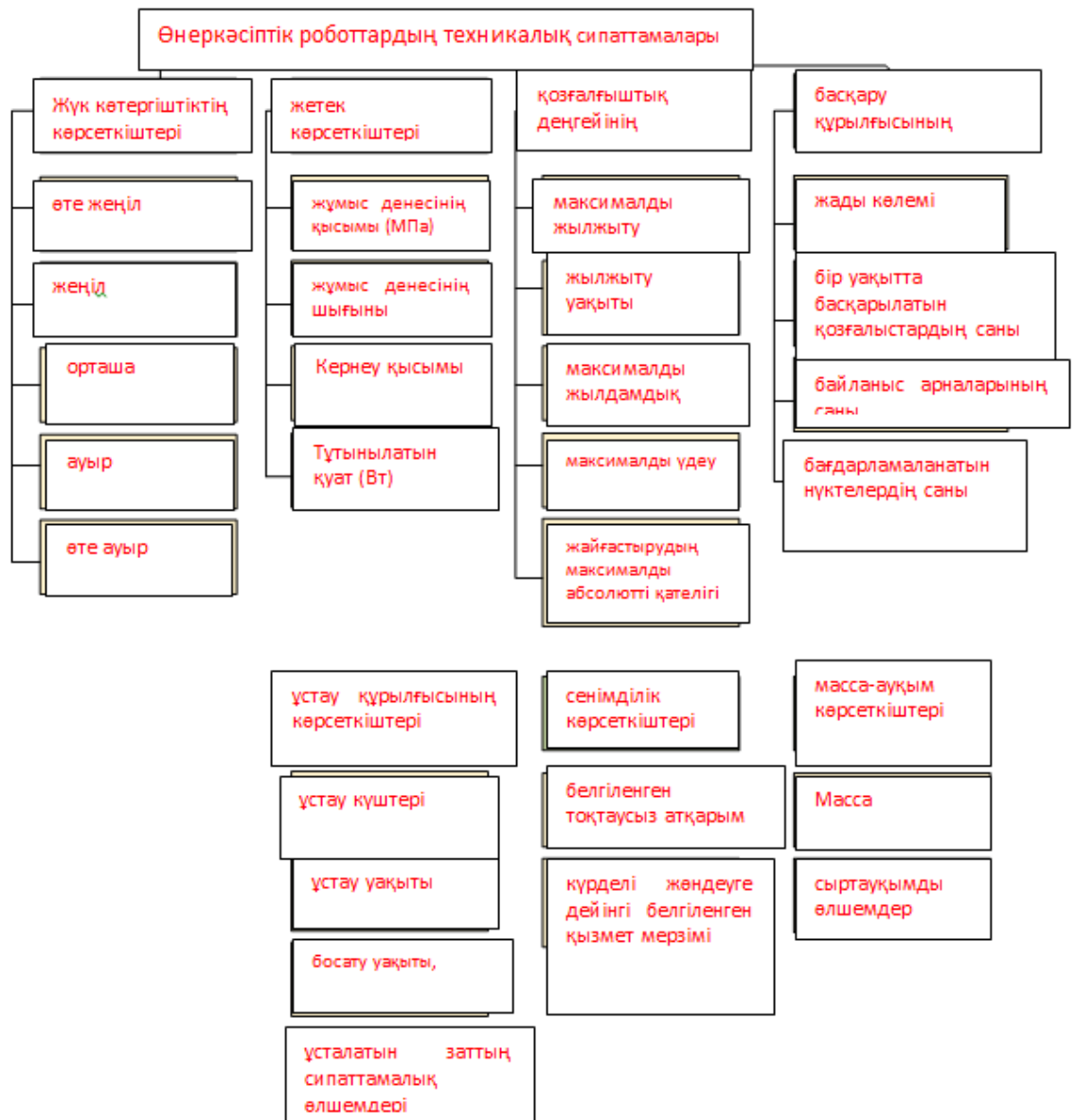
- робот салмағына жатқызылған меншікті жүк көтеріш;
- қолқұрылғының шығыс қуаты – жетегінің қуатына жатқызылған қозғалту жылдамдығына жүк көтеруді жүргізу;

$$W = \frac{GV}{W_1} \quad (4.1)$$

• Қолқұрылғы кинематикалық және динамикалық сипаттағы, роботтың басқарушылығын, бағдарламалау мүмкіндігін, экономикалық тиімділігін және т.с.с. сыртауқымды параметрлердің салыстырмалы бағалауы [19].

4.2.1. Өнеркәсіптік роботтардың техникалық сипаттамасы

Өнеркәсіптік роботтардың негізгі техникалық сипаттамаларына 4.7 суретте келтірілен көрсеткіштер жатады [19].



4.7 сур. Өнеркәсіптік роботтардың техникалық сипаттамасы

Бақылау сұрақтары:

1. Роботтарды қолдану саласын атаңыз.
2. Өнеркәсіптік роботтардың негізгі топтастыру белгілерін атаңыз.
3. Негізгі топтастыру белгілері бойынша өнеркәсіптік роботтардың топтастыруын жүргізіңіз.
4. Өнеркәсіптік роботтардың техникалық сипаттамасы қандай?
5. ӨР қай басқаруы позициялық деп аталады?
6. ӨР қай басқаруы циклдік деп аталады?
7. ӨР қай басқаруы контурлы деп аталады?

4.2.2. Роботты техникалық жүйелердің манипуляциялық құрылғыларының құрылымдық және кинематикалық жіктемесі

Манипулятор – бұл ұстаудың талап етілген (берілген) қозғалысына кіріс буындардың қозғалысын түрлендіруге арналған кинематикалық буындар деп аталатын денелердің параллель, дәйекті немесе дәйекті-параллель қосылысынан пайда болған кинематикалық тізбек. Бұл кезде кинематикалық буындар кинематикалық жұптың көмегімен бір-бірімен жылжымалы қосылады.

Қолқұрылғы жасайтын кинематикалық тізбек екі аяқталған буыннан тұрады: олардың біреуі негізгі – тұрақты (оған нөлдік нөмір беріледі), ал екіншісі аяқталған буын ұстаумен жабдықталады. Осы аяқталған буынға дәйекті қосу кезінде қолқұрылғының жылжымалы буындарының санына тең соңғы n нөмірі беріледі.

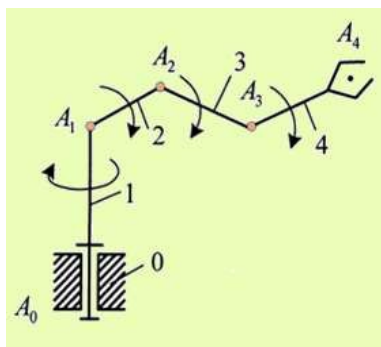
Кинематикалық буын – механизм құрамына, аталған жағдайда қолқұрылғы құрамына кіретін бір-бірімен қатты қосылған денелердің жиынтығы.

Кинематикалық жұп – бір-біріне қатысты толық анықталған қозғалысқа жол беретін екі кинематикалық буынның жылжымалы қозғалысы.

Кіріс (кірістер) кинематикалық буын (буындар) – бұл тәуелсіз, берілген қозғалысты алатын буын (буындар).

Кинематикалық тізбек – бұл кинематикалық жұптың көмегімен бір-бірімен жылжымалы қосылған кинематикалық буындардың жиынтығы.

Егер кинематикалық тізбекте кинематикалық жұптың біреуіне кіретін кинематикалық буын болса, онда ондай тізбек тұйықталмаған деп аталады (4.8 сур.), ал егер әрбір буын кем дегенде кинематикалық жұптың екеуіне кірсе онда ол тұйықталған кинематикалық тізбек болады (4.9 сур.). Қолқұрылғы буындардың дәйекті қосылысымен тұйықталмаған кинематикалық тізбек негізінде сияқты (4.8 сур.) (антропо – адамға ұқсас морфты роботтар) буындардың дәйекті-параллель немесе параллель қосылысы бар (4.9 сур.) тұйықталған кинематикалық тізбек негізінде (параллель кинематикасы бар, көбінесе Стюарт платформасы негізіндегі гексаподтар) болады [24].



4.8 сур. Тұйықталмаған тізбек негізіндегі қолқұрылғы



4.9 сур. Параллель кинематикасы бар қолқұрылғы

4.2.3. Манипуляциялық жүйе құрылымы туралы

Сонымен, қолқұрылғы (манипулятор) – бұл кеңістікте ұстаудың талап етілетін қозғалысын алу үшін тағайындалған сол немесе басқа кинематикалық тізбектің тұйықталмауынан тұратын механизм.

Манипулятордың маңыздың сипаттамасы оның қозғалғыштық деңгейінің саны – еркіндік деңгейінің саны болып табылады.

Ортақ жағдайда кинематикалық тізбектің еркін кеңістігі үшін Сомова–Малышева формуласын пайдаланған жөн:

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1 = 6n - \sum_{i=1}^5 ip_i \quad (4.2)$$

мұндағы p_i – кинематикалық жұптардың саны i - классты; n – жылжымалы буындардың саны.

5 классты кинематикалық жұптары бар манипуляторларға арналған

$$W = 6n - 5p_5 \quad (4.3)$$

Дәйекті кинематикасы бар манипуляторда әрбір жылжымалы буынға бесінші классты бір кинематикалық жұп сәйкес болғандықтан,

$$n = p_5.$$

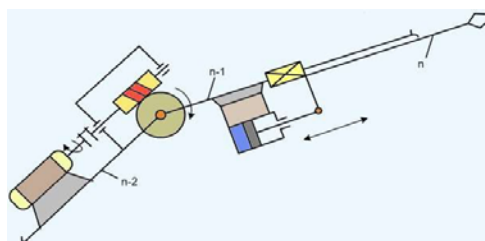
Демек,

$$W = 6n - 5n = n \text{ немесе } W = p_5, \quad (4.4)$$

Яғни, осындай манипуляторлардағы қозғалу деңгейінің саны жылжымалы буындардың санына және кинематикалық жұптардың санына тең.

Манипуляторларда бір рет қозғалатын айналмалы немесе 5 классты ілгерілмелі жұптарды пайдалану егер олар 5 классты жұппен қосылса және бір рет жылжытуды беру талап етілсе (4.10 сур.) басқасына қатысты бір буынның қозғалысын анықтау үшін пайдаланылуы білікті (электр қозғалтқыш) немесе соташықты (пневмо және гидроқозғалтқыш) қозғалысқа

әкелетін заманауи қозғалтқыштармен жеңіл жүзеге асырылуымен байланысты [13].



4.10 сур. Манипулятор буындарында жетектердің орналасу сұлбасы

4.2.4. Манипуляциялық механизмдердің кинематикалық жұптарын топтастыру

Әсіресе кинематикалық жұптардың сипаттамасына және олардың манипуляторда өзара орналасуына көбінесе қозғалысты түрлендіру заңдары байланысты.

Кинематикалық жұптар аталып өткендей, бір-біріне қатысты олардың буындарын жасайтын белгілі қозғалыстарға толық жол береді. Бұл анықтылық жұптар өздерінің элементтерінің геометриясын құратын шектеулермен қол жеткізіледі. Жұптардың класстары, аталған жұп салатын шектеулер санына тең нөмірлері (байланыс шарттарының саны) бойынша топтастырады:

- бір шектеу (бір байланыс шарты) – I класстың жұбы, мысалы тегістіктегі шар (4.11 сур.) [6].



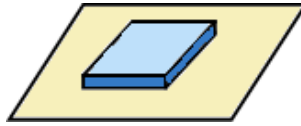
4.11. Тегістіктегі шар

- екі шектеу (екі байланыс шарты) – II класстың жұбы, мысалы тегістіктегі цилиндр (4.12 сур.).



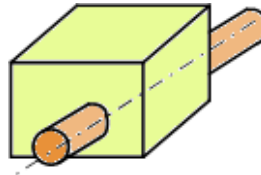
4.12 сур. Тегістегі цилиндр

- үш шектеу (үш байланыс шарты) – III класстың жұбы, мысалы екі тегістікке жанасқан кезде (4.13 сур.).



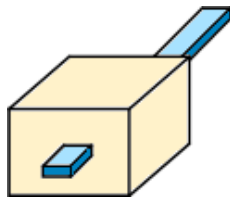
4.13 сур. Екі тегістікке жанасу

- төрт шектеу (төрт байланыс шарты) –IV класстың жұбы, мысалы төлкедегі білік (4.14 сур.).

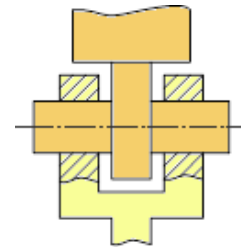


4.14 сур. Төлкедегі білік

- бес шектеу (бес байланыс шарты) –V класстың жұбы (бесінші класстың жұптары ілгерілмелі (4.15 сур.) және айналмалы болуы мүмкін (4.16 сур.).



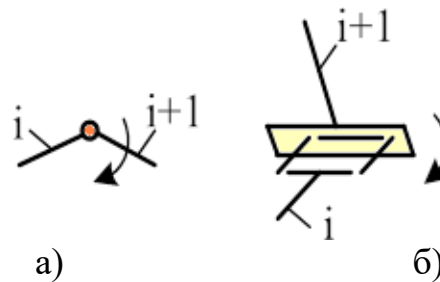
4.15 сур. V класстың ілгерілмелі жұбы



4.16 сур. V класстың айналмалы жұбы

ӨР манипуляторларында жиі пайдаланатындар ретінде бесінші класстың кинематикалық жұптарының шартты белгілерінің мысалдарын келтіреміз.

Жылжымалы буындарды қосатын айналмалы жұп, (4.17 ур.).



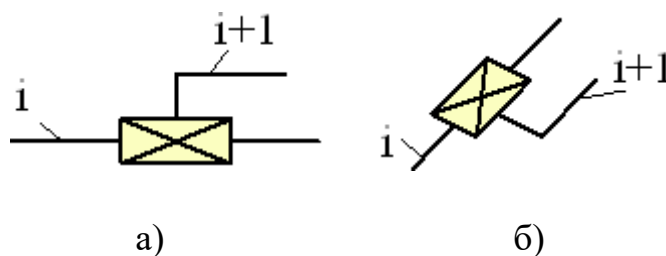
4.17 сур. а) тегіс сурет (кескіндеме); б) кеңістікті сурет

Жылжымалы буындарды (бағана) қосатын айналмалы жұп (4.18 сур.).



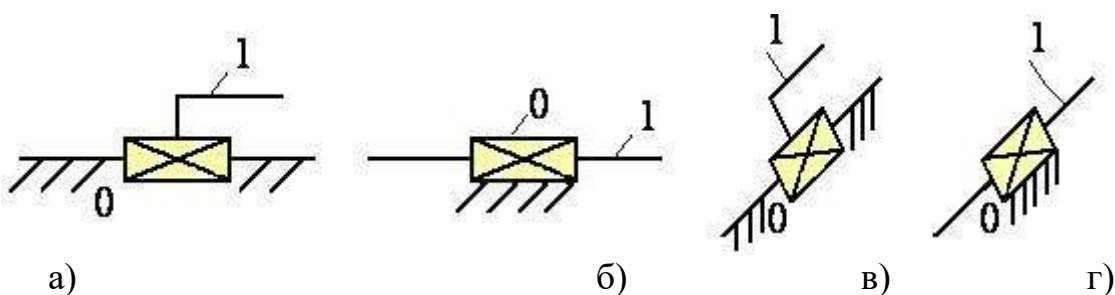
4.18 сур. а) тегіс сурет; б) кеңістікті сурет

Жылжымалы буындарды қосатын ілгерілмелі жұп (4.19 сур.).



4.19 сур. а) тегіс сурет; б) кеңістікті сурет

Жылжымалы буындарды (бағана) қосатын ілгерілмелі жұп (4.20 сур.).



4.20 сур. а, б) тегіс сурет; в, г) кеңістікті сурет

4.2.5. Дәйекті кинематикасы бар манипулятордың қозғалғыштығының тасымалданатын деңгейлерін топтастыру

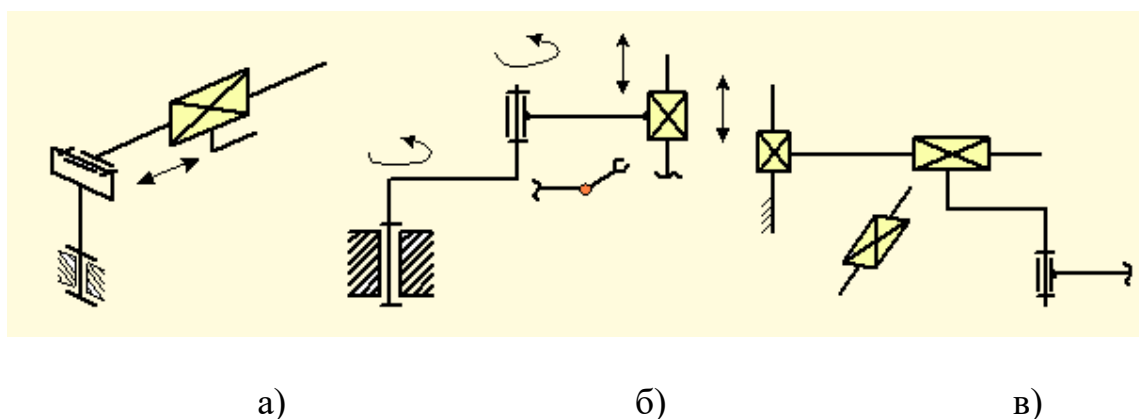
Ортақ жағдайда ұстаудың кеңістікті қозғалысын қамтамасыз ету үшін бір-біріне қатысты тиісті түрде орналасқан робот қозғалғыштығының үш тасымалданатын деңгейі жеткілікті. Манипуляторда ұстаудың кеңістікті қозғалысын қамтамасыз етуге 5 класстың жұптарымен жасалған негізгі минималды қажетті шарттар:

– параллель емес белдіктері бар екі айналмалы жұптың (әдетте бұндай

жағдайда белдіктер бір-біріне перпендикуляр) және сала радиусының өзгеруін қамтамасыз ететін үшінші айналмалы немесе ілгерілмелі жұптың болуы (4.21 сур., а);

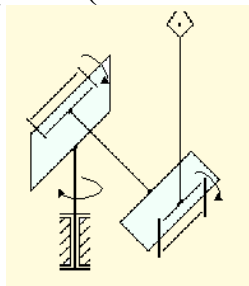
– параллель белдіктері бар екі айналмалы жұп және айналмалы жұптардың белдіктері бір-біріне перпендикуляр емес немесе белдігі алдындағы белдіктерге параллель емес айналмалы жұпты бағыттайтын үшінші ілгерілмелі жұптың болуы (4.21 сур., б);

– екі параллель емес бағыттаушысы бар ілгерілмелі жұптың және ілгерілмелі жұптың бағыттаушыларынан немесе аталған тегістікке параллель емес бағыттайтын ілгерілмелі жұптан жасалған белдігі тегістікке перпендикуляр емес бір айналмалы жұптың болуы (әдетте бағыттаушылар бір-біріне перпендикуляр болады, ал айналмалы белдіктің жұбы тегістікке параллель болады) (4.21 сур., в).

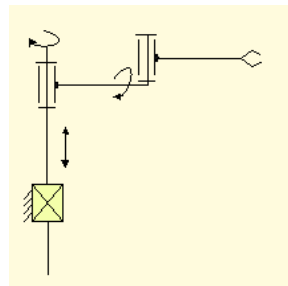


4.21 сур. Манипулятор қозғалғыштығының тасымалданатын деңгейлері

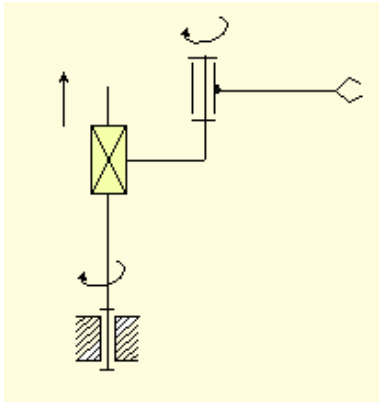
Айналмалы және ілгерілмелі кинематикалық жұптарды пайдаланудың әр түрлі реттілігі кезінде ұстаудың тасымалданатын қозғалысының қамтамасыз ететін негізгі манипуляциялық жүйелерді келтірейік (4.22-4.29 сур.) [22]:



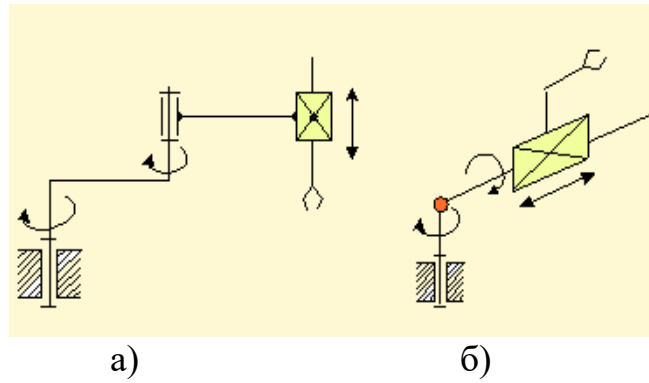
4.22 сур. Жұптардың үйлесуі «Айналмалы – айналмалы – айналмалы» (KUKA неміс фирмасының роботының сұлбасы)



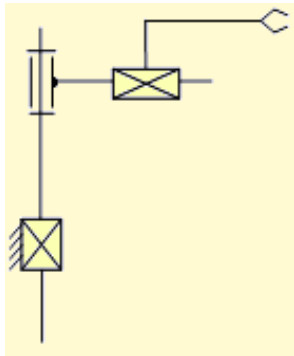
4.23 сур. Жұптардың үйлесуі «Ілгерілмелі – айналмалы-айналмалы»



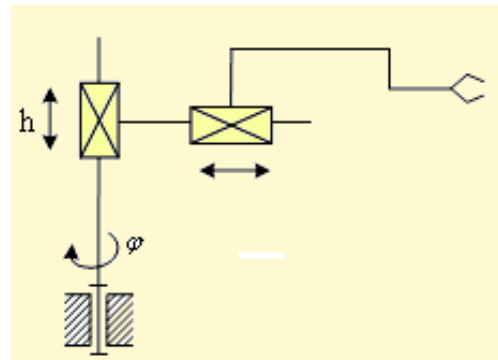
4.24 сур. Жұптардың үйлесуі
«Айналмалы-ілгерілімелі-
айналмалы»



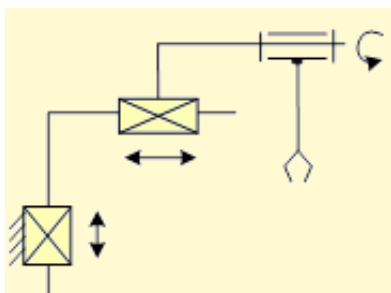
4.25 сур. Жұптардың үйлесуі
«айналмалы-ілгерілімелі-айналымалы»:
а) «СКАРА» жапондық фирмасы; б)
«ЮНИМЕЙТ» американдық фирма



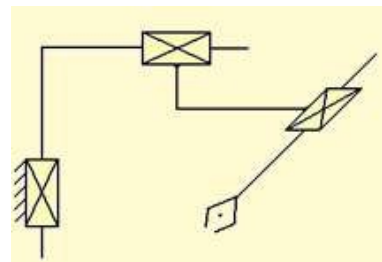
4.26 сур. Жұптардың үйлесуі
«Ілгерілімелі-айналмалы-ілгерілімелі»



4.27 сур. Жұптардың үйлесуі
«Айналмалы-ілгерілімелі-
ілгерілімелі»: «ВЕРСАТРАН»
американдық фирмасының
роботының сұлбасы



4.28 сур. Жұптардың үйлесуі
«Ілгерілімелі – Ілгерілімелі –
айналмалы»



4.29 сур. Жұптардың үйлесуі
«Ілгерілімелі – ілгерілімелі
– Ілгерілімелі»

Бақылау сұрақтары:

1. Манипуляциялық жүйенің құрылымы негізгі түсінігіне анықтама беріңіз: манипулятор, кинематикалық буын, кинематикалық жұп,

кинематикалық тізбек, тұйықталмаған және тұйықталған кинематикалық тізбек.

2. Кинематикалық жұптардың жіктемесін келтіріңіз.

3. Қозғалғыштың тасымалданатын деңгейлері бойынша роботты техникалық жүйелердің жіктемесін келтіріңіз.

4. Қозғалғыштықтың бағдарланған деңгейлері бойынша роботты техникалық жүйелердің жіктемесін келтіріңіз.

5. Робот қозғалысын сипаттаған кезде координаталардың қандай жүйелері қолданылады?

6. Аса көбірек қолданылатын координата жүйесіндегі роботты техникада жұмыс істейтін роботтардың сұлбасын келтіріңіз.

7. Техникада кеңінен таралған робот манипуляторларының сұлбаларын атаңыз.

4.3 Роботталған технологиялық кешендерді (РТК) жобалау бойынша есептеу-тәжірибелік жұмыс

Есептеу-тәжірибелік жұмыстың (ЕТЖ) мақсаты: студенттердің өнеркәсіптік роботты техника және білдек жасаудың заманауи жетістіктерінің негізінде бөлшектерді механикалық өндеудің автоматтандырылған жүйесін жобалау әдісін меңгеруі.

ЕТЖ мазмұны. ЕТЖ түсіндірме жазбасы келесілерден тұруы керек:

- кіріспе;
- бөлшектерді дайындаудың бағдарлы технологиялық процесі;
- операцияларды жобалау;
- өнеркәсіптік роботты (ӨР) таңдау;
- көмекші жабдықты таңдау;
- роботты жылжыту траекториясының элементтерін есептеу;
- РТК құрастырылымын таңдау;
- ӨР құру және ұстау құрылғысы траекториясының элементтерін есептеу;
- Дайындамаларды жылжытуға жіберілген жылдамдықты есептеу;
- РТК циклограммасын жасау;
- РТК көрсеткіштерін есептеу;
- қорытынды.

Сонымен қатар, ЕТЖ түсіндірме жазбасына графикалық бөлімі қоса берілген, онда А1 форматты қағазда роботталған технологиялық кешеннің (РТК) құрастырылымы 1:10 немесе 1:20 масштабта сызылған. Сызбаның атауы «Роботталған технологиялық кешен».

Сызбада көрсетіледі:

- сыртаумақтық өлшем;
- өнеркәсіптік роботтың (ӨР) жұмыс аймағы және оның өлшемдері ;
- РТК құрамдас бөліктері: білдек, робот, транспортёр, үстелдер және т.с.с, арасындағы қашықтық;

– Кешеннің техникалық сипаттамасы: сағаттық өнімділік, алатын ауданы, орнатылған электр қозғалтқыштардың, білдек және роботты басқару жүйесінің және т.с.с. жиынтық қуаты.

Кіріспе. Кіріспеде мысалмен машина жасаудағы өндірістік процесстерді автоматтандырудың заманауи жағдайы, автоматтандыру кезінде туындайтын проблемалар және оларды шешу әдістері жазылған.

Бөлшектерді дайындаудың бағдарлы технологиялық процесі. Бағдарлы техпроцесс сериялы өндірістің шарттары үшін әзірленеді.

Бірінші кезеңде дайындама алудың әдісі таңдалады, оның қысқаша сипаттамасы келтіріледі, дайындама өлшемдері анықталады және оның сызбасы сызылады. Дайындама сызбасы түсіндірме жазбаға қоса беріледі.

Екінші кезеңде технологиялық процесстің операциялары қалыптастырылады, негізгі жабдықтар және кесу құралдары таңдалады.

Негізгі жабдықты таңдаған кезде (металл кесетін білдектер) автоматты кесу және дайындамалардың босаңдауын қоса алғанда ол автоматты айналым бойынша жұмыс істеу керектігін естен шығармаған жөн. Бұндай талаптарға СББ бар білдектер сәйкес келеді, олардың сипаттамалары [2, 5] келтірілген.

Әзірленген техпроцесс 4.2 кесте түрінде ресімделеді.

4.2 кесте

КТМ.00 білігін дайындаудың бағдарлы техникалық процесі

Операция нөмірі	Операцияның атауы және қысқаша мазмұны	Білдек үлгісі	Кесу аспабы, өлшемдері, аспаптық материалдың таңбасы	Технологиялық негіз
05	Фрезерлік-орталықтандырғыш Кесілген жерлерді фрезерлеу Орталық ойықтарды бұрғылау	MP-77	Ø125 бүйірлі жонғыш; Т5К10; Ø4 орталықтандыру бұрғысы; Р6М5	Ø40, Ø60 дайындама беті, кесілген жер
10	СББ бар бунау Ø37, Ø42, Ø50 беттіктерін қаралтым жону Ø35, Ø40 беттіктерін таза жону	16К20Ф3	Өтпелі кескі 16x25,Т5К10; Т5К10 бунақты кескі	Орталық ойық
15	Көлденең-фрезерлік 1 Ойық кілтекті жону ($b = 12N9, l = 30$)	6М12П	Кілтекті жонғыш Ø12, Р6М5	Ø35, Ø50 цилиндрлік беткі жақтар, тесілген жер
20	Термиялық			
45	Бақылау	ББК үстелі		

Операцияларды жобалау

Білдекті таңдау. ЕТЖ-да тапсырмаға байланысты бір немесе екі операция толық әзірленеді. Оларды орындау үшін білдек таңдалады. Білдек

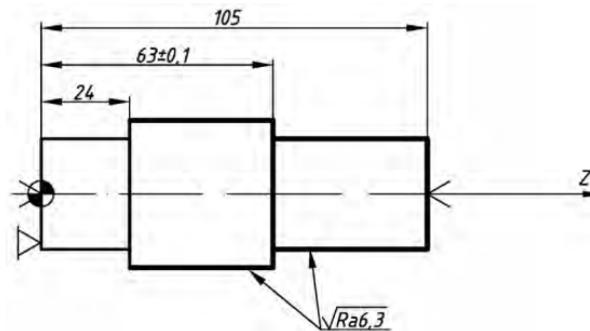
түрі операция сипатына қарай анықталады (бунау, бұрғылау, жонғыш және т.с.с.). Бунау білдегінің үлгісі өңделетін дайындаманың диаметрі және ұзындығы бойынша, бұрғылау білдегінің үлгісі бұрғы диаметрі және үстел көлемі бойынша таңдалады.

Осы бөлімде білдектің сипаттамасы келтірілген, оның жұмыс аймағы сипатталады. Сипаттамада жұмыс аймағының түрі және көлемі, оның ашықтығы көрсетіледі. Жұмыс аймағының ашықтығы дегеніміз манипуляторлардың жұмыс органдарының үстінен, алдынан немесе жанынан қолжетімділік мүмкіндігін білдіреді. Жұмыс аймағының ашықтығы өнеркәсіптік роботтың жұмыс аймағын анықтайды.

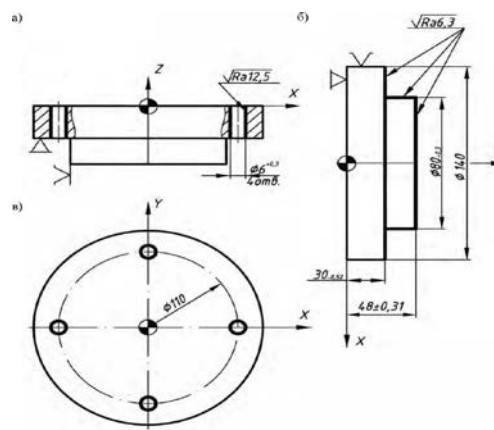
Бөлшек және аспап координатасының жүйесін таңдау. Бөлшектің координаттық жүйесі оның технологиялық негізінде құрылады.

Бунау операцияларында координаталардың басын (бөлшек нөлі) бөлшектердің кесілген бір жерлеріне орналастырады, Z белдігін оның белдігі бойынша бағыттайды, ал X белдігі - Z белдігіне перпендикуляр (4.30 және 4.31 суреттер, б).

Бұрғылау операцияларында координаталардың басын бөлшектердің жоғары бетіне орналастырады (4.31 сурет, а, в). Бұндай бөлшек нөлін орналастыру өңдеуді бағдарламалауды жеңілдетеді.



4.30 сур. Білік координатының жүйесі



4.31 сур. Диск координатының жүйесі

Бунау білдектерінде бөлшектерді өңдеген кезде аспап координаты жүйесінің басы (аспаптың нөлі) аспап қондырғысына орнатуға және

шектелетінін естен шығармаған жөн.

Кесу жылдамдығы V_p кесу теориясының формуласы бойынша немесе нормативтер бойынша есептеледі. Жылдамдықтың алынған мағынасы бойынша айналдырғы айналымының есептік жиілігі анықталады:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} \quad (4.5)$$

мұнда D – бөлшек диаметрі немесе аспап.

Алынған айналдыру жиілігінің мағынасы (ең төмені алынады) білдек паспорты бойынша және соңғы тағайындалады. Айналымның қабылданған жиілігі бойынша кесудің нақты жылдамдығы анықталады:

$$V_p = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (4.6)$$

Минуттық беріліс формула бойынша есептеледі

$$S_M = S_0 \cdot n \quad (4.7)$$

Жұмыс және бос жүрістің орындалуының жиынтық уақытын анықтау үшін 4.3 кесте құрылады. Бұл ретте жұмыс және бос жүрістің шамасы тиісті салмақ түсетін нүктелердің координаталарының әр түрлілігі ретінде есептеледі (4.3 кесте)

4.3 кесте

Білікті өндеген кезде жұмыс және бос жүрістің орындалу уақыты

Жылжыту соңының басталу нүктесі	Жұмыс жүрісінің ұзындығы L_{px} , мм	Минуттық беріліс S_M , мм/мин	Бос жүрістің ұзындығы L_{xx} , мм	Жылдам жылжыту уақыты V_{xx} , мм/мин	Уақыты, мин
0-1	-	-	48.7	5366	0.009
1-2	45	400	-	-	0.112
2-3	3.5	400	-	-	0.009
3-4	41	400	-	-	0.102
4-5	2	400	-	-	0.005
5-6	-	-	86	4800	0.018
6-7	-	-	6	2400	0.003
7-8	45	225	-	-	0.200
8-0	-	-	79	5366	0.015

Жұмыс және бос жүрістің орындалу уақыты формулалар бойынша анықталады:

$$t_{p.x.} = \sum \frac{L_{p.x.}}{S_M}; t_{x.x.} = \sum \frac{L_{x.x.}}{V_{x.x.}} \quad (4.8)$$

Жұмыс жүрісін орындау уақыты

$$t_{p.x.} = 0,112 + 0,009 + 0,102 + 0,005 + 0,200 = 0,428 \text{ мин.}$$

Бос жүрісті орындау уақыты

$$t_{x.x.} = 0,009 + 0,018 + 0,003 + 0,015 = 0,045 \text{ мин.}$$

Барлық операцияларды орындау уақыты

$$t_0 = \sum_{i=0}^n t_{p.x.i} + \sum_{i=0}^n t_{x.x.i}, \quad (5)$$

мұнда n – операцияларға технологиялық ауысулардың саны.

Өнеркәсіптік жұмысты таңдау. Механикалық өңдеудің роботталған технологиялық кешендерінде ереже бойынша екі түрлі өнеркәсіптік роботтар пайдаланылады: едендік және порталдық. Жылжымалы қолы бар едендік роботтарды алдында ашық жұмыс аймағы бар білдектерге қызмет көрсету үшін пайдаланады: бунау, бұрғылау, фрезерлеу, ажарлау және т.с.с. Порталдық роботтарды үстінен ашық жұмыс аймағы бар білдектерге қызмет көрсету үшін пайдаланады: бунау, ажарлау және т.с.с. Роботтың түрін анықтағаннан кейін оның техникалық сипаттамалары [1, 4] келтірілген.

Жүк көтергіштік. Номиналды жүк көтергіштік дайындама массасынан кемінде 10 % аспауы керек.

Координаталар жүйесі және қозғалғыштық деңгейінің саны. Металл кесетін білдектерге қызмет көрсету үшін әдетте координаталарының цилиндрлік жүйесі бар едендік роботтар қолданылады немесе координаталарының цилиндрлік жүйесі немесе тікбұрышты (кеңістікті немесе тегістікті) жүйесі бар порталдық роботтар қолданылады. Білдектерге қызмет көрсететін роботтар үшін қозғалғыштық деңгейінің ұтымды саны 3–5.

R қолының үлкен құлашы. Робот қолының үлкен құлашы дайындаманы білдектің жұмыс аймағына жеткізуді қамтамасыз етуі тиіс: орталық сызығына немесе білдек үстеліне. Ол роботтың бұрылыс белдігінен білдектің жұмыс аймағына дейінгі қашықтықтан көп болуы керек.

Қолдың кіші құлашы. Робот қолының құлашы кішкентай болғанда 10 дайындамаға бекітілген барлық қозғалысты жасау мүмкіндігі болуы керек.

H роботының биіктігі. H роботының биіктігі бунау немесе ажарлау білдектері орталықтарының биіктігіне немесе бұрғылау не фрезерлеу білдектерінің үстелінің еденнен биіктігіне қарағанда жоғары болуы керек. Манипуляторды биіктігі бойынша жылжыту (Z белдігі бойынша) тактілік үстелдің (конвейер) жұмыс тегістігінен бастап білдек орталығының сызығына дейінгі қашықтыққа қарағанда көп болуы тиіс.

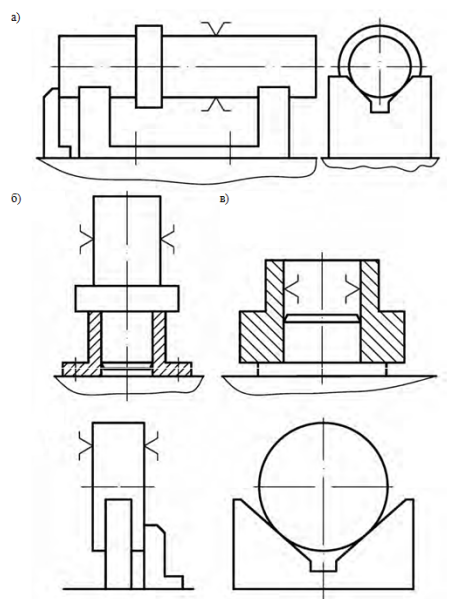
Жайғастыру қателігі. Жайғастыру қателігін бөлшектерді, патрондарды және құралдарды орталықта орнату дәлдігі анықтайды. Сондықтан, бунау білдектеріне қызмет көрсету үшін ± 2 мм асатын жайғастыру қателіктері бар роботтарды және бұрғылау, фрезерлік білдектер үшін ± 1 мм асатын жайғастыру қателіктері бар роботтарды таңдау ұсынылмайды. Аса жоғары емес роботтарды арнайы қойғыштарға немесе іргетасқа орнатады. Роботтың үлгісін таңдағаннан кейін түсіндірме хатта

оның толық техникалық сипаттамасы келтіріледі [1, 4, 7].

Көмекші жабдықты таңдау. Роботталған технологиялық кешеннің құрамына робот пен білдектен басқа оның қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ететін әр түрлі көмекші құрылғылар қолданылады. Оларға бағдарлаушы құрылғылар, дайындамаларды бір-бірлеп беретін құрылғылар және т.с.с. жатады.

ЕТЖ-да студенттер роботталған кешен үшін операция аралық тасымалдауды және роботтың жұмыс аймағына дайындамалар беруді қамтамасыз ететін тактілік үстел немесе қадамдық көліктің құрылымын таңдайды. Үстелдің нақты үлгісі сыртауқымды өлшемдері және тасымалданатын дайындамалардың салмағы бойынша таңдалады.

Сонымен қатар, үстелдің пластиналарына бекітетін және дайындамаларды бағдарланған түрде жылжыту үшін қызмет ететін құрылғылардың құрастырылымы талқыланады. Құрылғы дайындамалардың тұрақты қалыбын және бекіту үшін таңдалған роботты беттіктерде ұстауға еркін қолжетімділікті қамтамасыз етуі керек. Осындай құрылғылардың кейбір үлгілік құрастырылымдары 4.34 суретінде келтірілген. Осы бөлімде тактілік үстелдің техникалық сипаттамасы келтірілген.



4.34 сур. Тактілік үстелдерге бөлшектерді орнату әдістері

РТК құрастырылымын таңдау. Металл өңдеуде қолданылатын роботталған технологиялық кешендерде сызықты немесе шеңберлі құрастырылымы болуы мүмкін [6].

Сызықты құрастырылым болғанда білдектер бір сызық бойынша орналастырылады. Бұндай кешендер ереже бойынша координаталардың тік бұрышты жүйесінде (тегіс немесе кеңістікті) жұмыс істейтін порталдық үлгідегі роботтарға қызмет көрсетеді.

Дөңгелекті құрастырылым болғанда білдектерді роботтың айналасына орналастырады. Осындай кешендерге қызмет көрсететін роботтар

координаталардың цилиндрлік немесе сфералық жүйелерінде жұмыс істейді.

Робот және білдек өлшемдері қолдың минималды немесе максималды құлашымен анықталатын роботтың қызмет көрсететін аймағында болатындай орналастырылады.

Роботталған технологиялық кешендерде бірлескен немесе жеке кіру және шығу болуы мүмкін.

Бірлескен кіру және шығу болғанда РТК-ға дайындамлар беруді және өңделген бөлшектерді қабылдауды қамтамасыз ететін бір тактілік үстел орнатылады.

Жеке кіру және шығу болғанда екі тактілік үстел орнатылады. Олардың біреуі РТК-ға дайындама беруді қамтамасыз етеді, ал екіншісі – өңделген бөлшектерді қабылдауды қамтамасыз етеді.

РТК үлгілік құрастырылымы 4.35–4.38 суреттерде көрсетілген.

РТК құрастырылымы екі проекцияда А1 форматты қағазда 1:10 немесе 1:20 масштабпен сызылады.

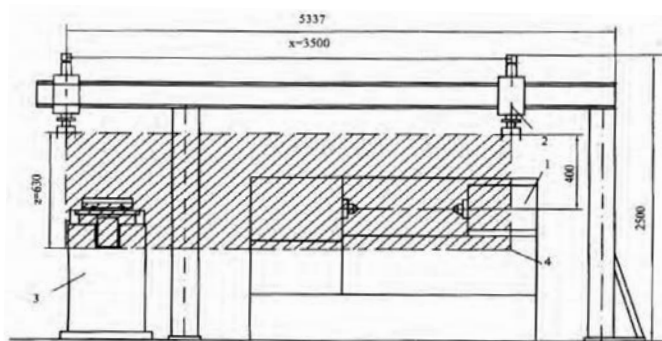
ӨР ұстағыш құрылғысын құру және траектория элементтерін есептеу. Траектория құруды ӨР ұстағыш құрылғысының геометриялық орталығын жылжыту жолымен графикалық суреттермен орындаған ыңғайлы. Траекторияның басы ӨР бастапқы қалпына сәйкес анықталатын нөлдік (бастапқы) нүктемен байланысты (4.37 және 4.38 сур.).

Нөлдік нүктенің қалпын біле тұра, 4.39 суретте көрсетілгендей шеңбер тәрізді құрастырылым үшін траектория элементтерін реттілікпен сызады. (4.37 және 4.38 сур.).

Сұлбаларда штрих сызықтармен дайындамсыз, тұтас – дайындамасы бар, ұстау құрылғысын жылжытатын траектория элементтері көрсетілген.

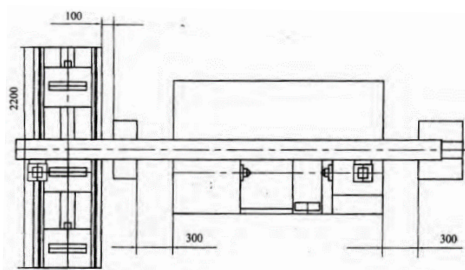
Траектория элементтерінің көлемі және тиісті түсініктемелер кестеде келтірілген, олардың нысаны 4 кесте нысанына сәйкес болуы мүмкін.

4.4 кестесіне 4.39 суретте көрсетілген траектория фрагменттері туралы ақпарат орналастырылған.

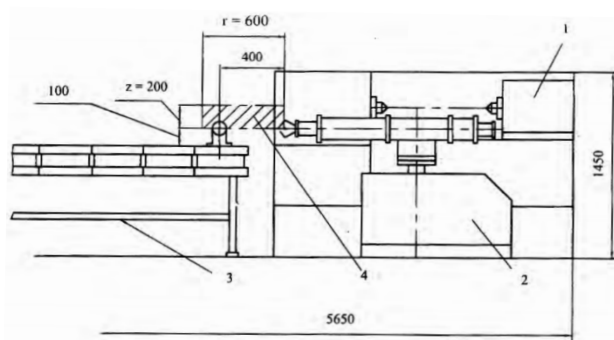


4.35 сур. Сызықтық үлгідегі РТК құрастырылымы (алдынан қарағанда)

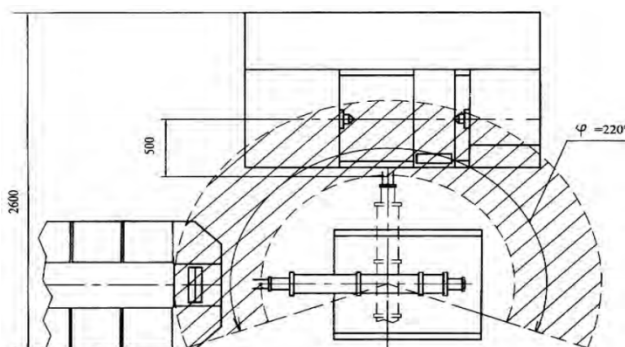
1 – СББ бар білдек; 2 – ӨР; 3 – қадамдық транспортер; 4 – ӨР жұмыс аймағы



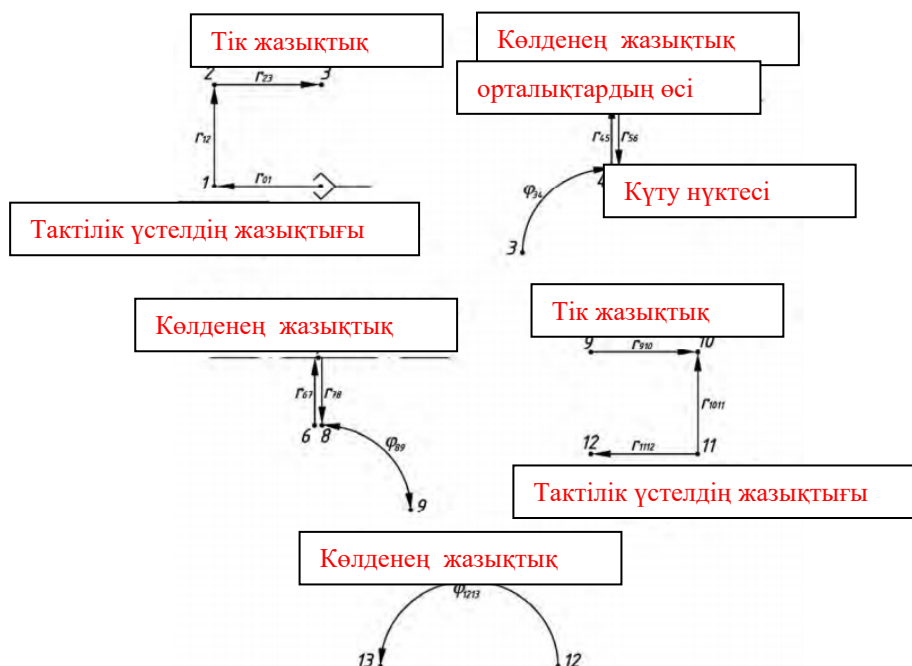
4.36 сур. Сызықтық үлгідегі РТК құрастырылымы (үстінен қарағанда)



4.37 сур. Сақиналы үлгідегі РТК құрастырылымы (алдынан қарағанда)
1 – СББ бар білдек; 2 – ОР; 3 – тактілік үстел; 4 – ОР жұмыс аймағы



4.38 сур. Сақиналы үлгідегі РТК құрастырылымы



4.39 сур. Робот траекториясының элементтері

4.4 кесте

Ұстағыш құрылғысын (ұстау) жылжыту траекториясының элементтері

Траектория элементі	Түсініктемелер	Жылжыту шамасы, мм, град
r_{01}	ӨР қолын алдына жылжыту	400
(1)	ӨР ұстауымен дайындаманы қысу	-
z_{12}	ӨР қолын жоғарыға жылжыту	200
r_{23}	ӨР қолын артқа жылжыту	400
φ_{34}	ӨР қолын жоғарыға жылжыту сағат бағдары бойынша бұру	90
r_{45}	ӨР қолын алдына жылжыту	500
(5)	Дайындаманы босату	-
r_{56}	ӨР қолын артқа жылжыту	400
r_{67}	Күту	-
...	ӨР қолын алдына жылжыту	500

Дайындама жылжытудың жіберілетін жылдамдығын есептеу. Траекторияны құру және геометриялық есептегеннен кейін жайғастырудың берілген дәлдігін қамтамасыз ету барысында дайындамаларды жылжытудың жіберілген жылдамдығын анықтауға кіріседі.

Сызықты жайғастырудың жылдамдығын анықтау үшін (X координаты (r)) $Lx = 0,05-0,8$ м жылжыту диапазонында (Lx – ӨР қолының құлашы) эмпирикалық формула қолданылуы мүмкін [9]

$$V_x = \frac{2L_x \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \quad (4.9)$$

мұнда Δl – жайғастыру қателігі, мм;

M – қозғалту нысанының салмағы (дайындамалар, бөлшектер), кг.

L_x бұдан әрі артуымен V_x өсу мүмкіндігі азаяды. $L_x = 0,8-2$ м болғанда

$$V_x = \frac{1.6L_x \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \quad (4.10)$$

ӨР қолын тік жылжыту жылдамдығы (Z координат) әдетте жоғары және төмен қозғалған кезде бірдей емес. Бірақ салмақтарды дұрыс теңестірсе, бұл айырмашылықтар онша үлкен емес және жылдамдықты да формула бойынша есептеуге болады

$$V_z = \frac{a_z \sqrt{L_z} \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \quad (4.11)$$

мұнда a_z – жетек құрастырылымына тәуелді коэффициент, гидравликалық жетек кезінде $a_z = 3$; L_z – тік жылжыту кезіндегі жол ұзындығы, м. ӨР қолы бұрылғанда тік белдікке қатысты жіберілетін бұрыштық жылдамдықты анықтау үшін формула қолданылуы мүмкін

$$\omega = \frac{0.5 \sqrt{\varphi} \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}}, \quad (4.12)$$

Мұнда ω – бұрыштық жылдамдық, рад/с;

φ – қол бұрылысының бұрышы, рад;

δ – бұрыштық жайғастыру қателігі, с.

РТК циклограммасын құру. РТК қызметінің циклограммасы дайындаманы әзірлеу үшін қажетті негізгі және көмекші жабдықтармен, сондай-ақ ӨР орындалатын таңдалған реттіліктің барлық ауысуларынан (әрекеттерінен) тұрады.

Циклограмманы:

– Tr жұмыс айналымын жылдам анықтау үшін;

– $Q_{ц}$ айналымдық өнімділік мағынасын анықтау үшін;

- жеке ауысулар және үйлеспеген ауысулардың ұзақтығын қысқартуды орындау есебінен Tr қысқарту мүмкіндігін анықтау үшін жасайды.

Циклограмманы жасауға кіріспес бұрын:

– ӨР, негізгі және көмекші жабдықтармен орындалатын барлық қозғалыстарды (ауысуларды) анықтау;

– орындалатын барлық қозғалыстардың реттілігін анықтау;

– әрбір қозғалыстарды формулалар бойынша орындау уақытын анықтау қажет:

$$t_i = \frac{\varphi_i}{\omega_i}; t_i = \frac{l_i}{V_i}, \quad (4.13)$$

мұнда φ_i – механизмдердің бұрылыс бұрышы;

l_i – механизмдердің сызықты жылжуы; ω_i ,

V_i – бұрыштық және сызықтық жылжудың тиісті жылдамдығы.

Формулаларға (4.13) екі жылдамдық мағынасының (номиналдық және есептік) кішісі қойылады. Робот жұмысының уақытын есептеу нәтижелері кесте түрінде ұсынылады 4.5.

4.5 кесте.

Роботты жылжытуды орындау уақыты

Траектория элементі	Сызықты жылжыту $l, м$	Сызықты жылжыту жылдамдығы $V, м/с$	Бұрыштық ауыстыру $\varphi, град/с$	Бұрыштық жылдамдығы $\omega, град/с$	Уақыт, $с$
1	2	3	4	5	6
r_{01}	0,4	0,5			0,08
(1)					1,0
$z_{1,2}$	0,2	0,1			2,0
$r_{2,3}$	0,4	0,5			0,08
$\varphi_{3,4}$			90	90	1,0
$r_{4,5}$	0,5	0,5			1,0
(5)					1,0
$r_{5,6}$	0,5	0,5			1,0
$r_{6,7}$	0,5	0,5			1,0
(7)					1,0
$r_{7,8}$	0,5	0,5			1,0
$\varphi_{8,9}$			90	90	1,0
$r_{9,10}$	0,4	0,5			0,08
$z_{10,11}$	0,2	0,1			2,0
(11)					1,0
$r_{11,12}$	0,4	0,5			0,08
$\varphi_{12,13}$			180	0	2,0
Σ					16,32

4.5 кестесін ресімдегеннен кейін кешен жұмысының циклограммасын жасауға кіріседі.

Циклограмма жасау барысында тік бағанада жолма-жол ТРК жабдығы және олар орындайтын қозғалыстардың сипаты тізбектеледі (көлденеңінен, таңдалған масштабпен), әр қозғалысты орындау уақыты жиналады.

Циклограммада жұмыс айналымының ұзақтығын көрсету қажет. 4.40 суретте мысал ретінде РТК циклограммасы келтірілген, оның құрастырылымы 4.37 және 4.38 суреттерінде суреттелген.

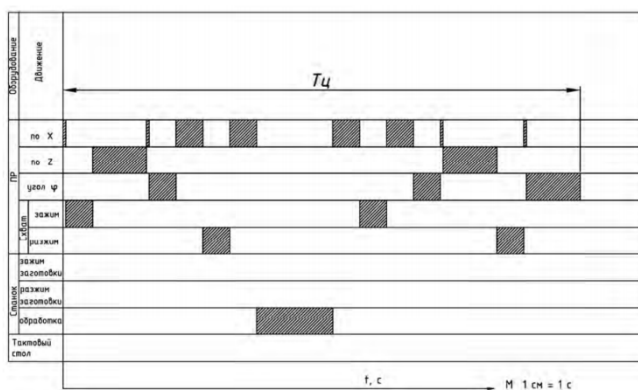
Циклограмма жасауды миллиметрлік қағазды пайдалана отырып орындаған ыңғайлы (аталған курстық жұмыс үшін бұл қолжетімді).

Циклограммада оны жасау масштабын көрсету қажет, мысалы 1 с = 10 мм.

РТК көрсеткіштерінің есебі

ЕТЖ-да РТК жұмысының келесі көрсеткіштерінің есебі орындалады:

- сағаттық айналымдық өнімділік $Q_{ц}$;
- ПР $K_{гр}$ салыстырмалы жүктеме коэффициенті;
- ПР $K_{ир}$ пайдалану коэффициенті;
- $K_{сп}$ білдекті пайдалану коэффициенті;
- ОР $K_{жү}$ жүктемесінің коэффициенті;
- робот жұмысының тәрібі;



4.40 сур. РТК циклограммасы

Сағаттық айналымдық өнімділікті формула бойынша анықтайды

$$Q_{ц} = \frac{3600}{T_{ц}}, \quad (4.14)$$

Мұндағы $T_{ц}$ – РТК жұмысының уақыт айналымы (циклограмма бойынша табуға болады).

ОР салыстырмалы жүктемесінің коэффициенті

$$K_{гр} = \frac{P_{ср}}{P}, \quad (4.15)$$

мұнда $P_{ор}$ және P – роботтың жұмыс жүктемесінің орташа мағынасы және тиісті номиналды жүк көтергіштігі. $K_{нр}$ және $K_{ис}$ пайдалану коэффициентін формулалар бойынша анықтайды:

$$K_{нр} = \frac{T_{нр}}{T_{ц}}; K_{ис} = \frac{t_o}{T_{ц}}, \quad (4.16)$$

Мұндағы $T_{ор}$ – $T_{ц}$ жұмыс айналымындағы ОР жұмысының уақыты (4.5 кесте бойынша қабылданады);

t_o – жұмыс айналымындағы білдек жұмысының уақыты $T_{ц}$. Робот

жұмысының тәртібін 4.3 кесте бойынша [4], K_{gp} және K_{up} коэффициенттерін пайдалана отырып анықтайды.

Аталған бөлімде ЕТЖ түсіндірме жазбасында атап өту қажет:

– мүмкіндікпен салыстырғанда РТК құрастырылымдық нұсқасының артықшылықтарын;

– T_p жұмыс айналымының уақытын қысқарту мүмкіндігі;

– жобаланған РТК құрамында, РТК пайдалану саласында ОР жұмыс тәртібінің сәйкестігі [24].

ГЛОССАРИЙ

Автоматтандыру – адамды энергия, материалдар, бұйымдар немесе ақпарат алу, түрлендіру, беру және пайдалану процесстеріне қатысудан босату немесе осы қатысу деңгейін немесе орындалату операциялардың еңбек сыйымдылығын маңызды түрде азайту мақсатында пайдаланылатын өздігінен реттелетін техникалық құралдар және математикалық әдістердің ғылыми-техникалық прогресі бағыттарының бірі.

Автооператор – қайта бағдарланбайтын автоматты манипулятор.

Ұқсас сигнал – ұсынылатын параметрлердің әрқайсысы уақыт қызметі және мүмкінді мағыналардың үздіксіз көпшілдігімен сипатталатын деректер сигналы.

Кіріс сигналы – оператордың қолымен орындаушы құрылғыға берілетін сыртқы сигнал.

Икемді өндірістік жүйелер (ИӨЖ) – бұл өндірістің барлық түрлерін автоматтандыруға арналған мобильді өндірістік жүйелер.

Икемді автоматтандырылған аумақ (ИАУ) – технологиялық жабдықтың пайдалану реттілігінің өзгеру мүмкіндігі қарастырылған технологиялық бағдар бойынша жұмыс істейтін икемді өндірістік жүйе.

Икемді автоматтандырылған цех (ИАЦ) – бұл бірнеше технологиялық немесе қорытынды мамандандырылған ИАУ немесе СББ бар бірліктердің жүйесіне тікелей біріккен жиынтықтан және басқа да қажетті компоненттерден тұратын мамандандырылған икемді автоматты өндірістік жүйе.

Икемді өндірістік модуль (ИӨМ) – бұл автономды жұмыс істейтін, аталған бұйымдарды әзірлеуге байланысты барлық қызметтері автоматты түрде жүзеге асырылатын, кешендерге, сызықтарға және жүйелерге кірігу мүмкіндігі бар бағдарламалық басқарылатын еркін номенклатура бұйымдарын олардың сипаттамаларының мағынасы шегінде өндіретін технологиялық жабдық бірлігі.

Икемді автоматтандырылған өндіріс (ИАО) – тиісті техникалық құралдар және белгілі шешімдердің негізінде жаңа өнімді оның жеткілікті кең номенклатурасы және параметрлері шегінде шығаруға жедел қайта жөндеу қамтамасыз етілетін автоматтандырылған өндірістік жүйе.

Қысым – шамасы қолданыстағы перпендикуляр беттікке, осы беттіктің ауданының күшіне тең шама.

Датчик – өлшеу ақпаратының сигналы түсетін (ол «ақпарат» береді) құрылымы ерекшеленген бастапқы өлшеу түрлендіргіші.

Деформация – дене бөліктерінің оларды ауыстыруға байланысты өзара қалыптарының өзгеруі.

Дифференциалдық сұлба – екі аралас контурдан тұратын, олардың әрқайсысында жеке ЭҚК әрекет ететін электр тізбегінен тұрады. Өлшеу құралы екі контурға да ортақ тізбекке қосылған және контурлы тоқтың әр түрлілігіне әрекет етеді.

Өлшеу түрлендіргіші – метрологиялық сипаттамалары нормаланатын,

өлшенетін шаманы басқа шамаға түрлендіру немесе өңдеу, сақтау, одан әрі түрлендіру, индикация және беруге ыңғайлы, бірақ оператор тікелей қабылдай алмайтын өлшеу дабылы бар техникалық құрал.

Интерактивті манипулятор – кезектесіп автоматты түрде немесе оператормен басқарылатын робот, жеке әрекеттерді автоматты түрде орындауға арналған жады құрылғысымен жабдықталған.

Сынау – сынау затын сандық және (немесе) сапалық қасиеттерін ол жұмыс істеген кезде, затты үлгілеген кезде және (немесе) әрекет еткен кезде оған әсер ететін нәтиже ретінде тәжірибелі анықтау.

Байланыс арналары (БА) – жіберушіден (көзден) алушыға (қабылдаушыға) деректерді бір тарапты беруге арналған техникалық құралдар жүйесі және сигналды тарату ортасы.

Қысқа тұйықталған орам (орама) – электр магнитті қосқан кезде ағынның өсуін және электр магнитті өшірген кезде ағынның құлау дәрежесін бәсеңдетеді.

Пайдалы әрекет коэффициенті— энергияны түрлендіру немесе беруге қатысты жүйе тиімділігінің сипаттамасы.

Жергілікті жүйе – бұл нысандық және аумақтық бөлімнің (қалалық, облыстық) техникалық құралдар жиынтығы.

Магнит өткізгіш — электр тогымен қозатын, құрамына магнит өткізгіш кіретін құрылғы орамаларында өтетін, магниттік ағындарды өткізуге арналған бөлшек немесе бөлшектер кешені.

Манипулятор – адам қолының қозғалтқыш және жұмыс міндетіне ұқсастыруға арналған құрылғы.

Манометр – бұл газ және сұйықтық қысымын дәл өлшеу мүмкіндігін жасауға арналған кәсіби құрылғы.

Металлографиялық талдау – бұл металдар мен қорытпалардың құрылым жасайтын талдауы.

Метрология – бірлікпен қамтамасыз ететін өлшеу, әдіс және құралдар мен талап етілген дәлдікке қол жеткізу әдістері туралы ғылым. Метрология мағынасы берілген дәлдік және анықтықпен нысандардың ерекшеліктері туралы сандық ақпаратты алу; ол үшін нормативтік негіз – метрологиялық тар.

Мнемосұлба – диспетчерлік пульт, операторлық үстелдерде орналасқан немесе дербес компьютерлерде орындалған бақыланатын нысанның сигналды құрылғысы, жабдықтың сигналды суреттері және ішкі байланысының жиынтығы.

Жабдық – осындай жайластыруға арналған құрылғы, аспаптар және аппаратура (мысалы, «жағажай жабдығы», «жарық жабдығы»).

Қызмет көрсету – материалдық емес сипаттағы және не болса да меншік құқығын тудырмайтын бір тараптың келесі тарап үшін жасаған кез-келген әрекеті.

Манипуляциялау нысаны – кеңістікте манипулятормен жылжитын дене (ӨМ өңдеу мәні, аспап, ҚМ қарпығыш мәрім және т.б.).

Пирометр – дене температурасын байланыссыз өлшеуге арналған құрал. Әрекет ету принципі инфрақызыл сәуле және көрінетін жарық диапазонында басымдық жылу сәулесінің қуатын өлшеуге негізделген.

Сезімталдық шегі — құрал ажырата алатын өлшенетін шаманың кейбір минималды немесе шекті мағынасы

Түрлендіргіш – кіріс әрекеттерді немесе кіріс әрекетке бір түрлі сигналдың немесе басқа түрлі сигналдың түрленуін жүзеге асыратын элемент.

Құрал - аппарат, қандай-да бір жұмысты өндруге арналған құрылғы. Өлшеу құралы. Есептеу құралы. Құрастырылымы күрделі құрал және т.б.

Өнеркәсіптік робот – қайта бағдарланатын автоматты манипулятор.

Пропорционалды-интегралдық-дифференциалдық (ПИД) реттегіш — кері байланысы бар басқару контурындағы құрылғы. Қажеті дәлдікті және ауысу процесінің сапасын алу мақсатында басқару сигналын қалыптастыру үшін автоматты басқару жүйелерінде пайдаланылады.

Пропорционалды-интегралдық-дифференциалдық реттегіш (ПИ-реттегіш) — ПИД-реттегіштің жеке жағдайы. Өзінің ерекшеліктеріне қарай тәжірибеде реттегіш ретінде кеңінен тараған.

Пьезоэлектрдік тиімділік (ріэзō (πιέζω) грек сөзінен — басамын, қысамын) — механикалық кернеудің әрекетімен (тікелей пьезоэлектрлі әсер) диэлектрді поляризациялау тиімділігі. Кері пьезоэлектрлі тиімділік бар – электр жазығының әрекетімен механикалық деформацияның пайда болуы.

Радиографиялық ақау көргіштік – бақыланатын бұйымның радиографиялық кескінге немесе кейін жарық суретіне түрлене отырып сақтау құрылғысына осы кескіннің жазылғанда түрленуіне негізделген әдіс.

Реттегіш – бақыланатын параметрдің шамасын басқаратын құрылғы это устройство, которое управляет величиной контролируемого параметра.

Роботты техникалық кешен – бұл технологиялық процесстердің негізгі операцияларын орындайтын (жинау, пісіру, бояу және т.б.) және кешеннің ішінде және оның қалған өндірістің кіріс және шығыс ағындарымен байланысының автоматтық циклінің орындалуын қамтамасыз ететін көмекші жабдықтың жиынтығын қоса алғанда өндірістің технологиялық құралдарының автономдық қолданыстағы жиынтығы.

Автоматты бақылау жүйелері (АБЖ) – өндірістік нысанда әр түрлі технологиялық параметрлерді автоматты түрде бақылау (автоматтандыру нысаны) және нәтижесінде осы параметрлерді тікелей өлшеу және тіркеуге арналған.

Автоматты реттеу жүйесі (АРЖ) – АРЖ негізгі тағайындалуы берілген белгілі деңгейде автоматтандыру нысанының шығыс параметрлерін қолдау немесе осы параметрлерді белгілу заңмен өзгертуде.

Автоматты басқару жүйелері (АБЖ) – басқарудың негізгі міндеті – белгілі бір мақсатқа қол жеткізу үшін тағайындалған.

Автоматты қорғау жүйелері (АҚЖ) – машиналар және механизмдерді, сондай-ақ аталған процеске қатысатын адамдарды қорғау үшін тағайындалған, екі негізгі бағыт бойынша құрылуы мүмкін.

Құрылымдық сұлба – элементтердің математикалық сипаттарымен берілген жүйенің блок-сұлбасы.

Тахогенератор — электрлік микромашина, білік айналымы жиілігінің электр сигналының жылдамдығына тікелей байланысқан жедел мағынасын түрлендіруге арналған тұрақты немесе ауыспалы тоқтың өлшеуіш.

Тепловизор - (инфрақызыл камера, жылуға ден қою құралы) - бұл толқындардың инфрақызыл диапазонында суреттерді түсіруге арналған құрылғы. Көрінбейтін жылу (инфрақызыл) сәулесін шығаратын нысандардың көрінетін суретін алуға арналған оптико-электрондық жүйе.

Термометр - ауа, топырақ, су және т.с.с. температурасын өлшеуге арналған құрал.

Техникалық диагностика – нысанның техникалық жағдайын анықтайтын теория, әдіс және құралдарды қамтитын білім саласы.

Құбырөткізгіш – газ тәрізді және сұйық заттарды, шаң тәрізді және сұйылтылған массаны, сондай-ақ қатты отын және ерітінді түріндегі өзге де қатты заттарды құбырдың көлденең кесіндісінде қысым айырмашылығының әрекетімен тасымалдауға арналған инженерлік құрылыс

Ультрадыбыс – адам құлағымен қабылданатын жиіліктен жоғары дыбыс толқындары, әдетте ультрадыбыс деп 20 0000 герцтен жоғары жиілікті айтады.

Құрылғы – ішкі құрылымы күрделі, әдетте техника саласында белгілі бір функцияларды орындауға арналған қолдан жасалған нысан (құрал, механизм, құрастырылым, қондырғы).

Функционалды сұлба – элементтердің функционалдық тағайындалуымен берілген жүйенің блок-жүйесі.

Сандық сигнал – дискретті (сандық) мағыналардың реттілігі түрінде ұсынуға болатын сигнал.

Сезгіш элемент – толқын ұзындығының инфрақызыл, көрінетін немесе ультракүлгін диапазонында электрмагнит сәулесінің жалынына әрекет ететін – электр сигналында электр магниттік сәулені түрлендіргіш.

Пайдалану – қолдану, қандайда бір кәсіпорыннан, өзгенің еңбегінен пайда алу.

Электр магнит — сол арқылы электр тогы өткен кезде магнит өрісін түзейтін құрылғы. Әдетте электр магниті орама бойынша электр тогы өткен кезде магниттің ерекшеліктеріне ие болатын орамадан және ферромагниттік өзекшеден тұрады.

Электр магниттік өріс – жеке дипольдік және мультипольдік электр және магниттік сәттері бар денелермен электрлі зарядталған өзара әрекеттесетін негізгі физикалық өріс.

Элемент – әлденені құрайтын бөлік (екрекше-қарапайым, өз кезегінде басқа бөліктерден тұрмайтын).

Сұлба элементі – бұйымда (қондырғыда) белгілі бір функцияны орындайтын және дербес тағайындалуы және жеке шартты белгілері (кедергі, реле түйіспесі, сорғы және т.с.) бар бөліктерге бөліне алмайтын сұлбаның құрамдас бөлігі.

ҚОРЫТЫНДЫ

Оқу құралын авторлар ұжымы өзектендірілген үлгілік оқу жоспарлары және 1519000 - «Мехатроника» мамандығы бойынша Типпо жүйесіне арналған бағдарламалар негізінде әзірленді.

Оқу құралы құзіреттіліктің қалыптасу деңгейін, білім алушылардың 1519000 - «Мехатроника», 151901 – «Мехатроника білімі бар жабдықтарды жөндеу бойынша кезекші электрослесарь (слесарь)», 151902 - Өнеркәсіптік электроншы біліктіліктері бойынша КМ 05. «Автоматтандырылған жетектер жүйелерін автоматтандырудың және қорғаудың барлық элементтерінің жұмысын және өзара іс-қимылын бақылау» кәсіби модулін игеру нәтижесінде кәсіби қызметті орындауға дайындығын бағалауға арналған.

Оқу құралында өндірісті автоматтандыру бойынша техникалық шешімдер, техникалық қызмет көрсету, жөндеу, реттеу және автоматты технологиялық жабдықты сынау бойынша ережелер мен әдістер бойынша жалпы сұрақтар қарастырылған. Оқу құралы техникалық және кәсіби білім беру ұйымдарының білім алушыларына арналған.

Библиографиялық тізім басқару жүйесінің бағдарламалық жасақтамасының жеке сұрақтарын кеңінен игеру үшін қажетті нормативтік-техникалық әдебиет туралы мәліметтен тұрады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Автоматты басқару жүйесінің үлгілік элементтері, В.Ю.Шишмарев 2009
2. Сигналдарды сандық өңдеу. 1, 2 бөлім; Глинченко А.С.: 2001. — 199 б.
3. Автоматты басқарудың теория негіздері. Т. Я. Лазарева, Ю. Ф. Мартемьянов.: 2004
4. Роботтардың механизмдерін құрылымдау, Егоров О.Д, Абрис , 2012
5. Роботты техникалық мехатронды жүйелер, Егоров О.Д., Подураев Ю.В., Бубнов М.А. Станкин, 2015
6. Автоматика негіздері В.И.Загинайлов, Л.Н. Шеповалов 2001
7. Басқару теориясының негіздері. Мухин В.И. М.: 2002
8. Роботты техниканың негіздері, Конюх В.Л. Ростов н/Д: Феникс , 2008
9. Өнеркәсіптік роботтарды қолдану, Козырев Ю.Г., КноРус, 2011
10. Иванов А.А. Роботты техниканың негіздері. ОКБ мекемесінің студенттеріне арналған - М.: ИНФРА-М, 2019
11. Крейг Дж. Роботты техникаға кіріспе. Механика және басқару – М.-Ижевск: Компьютерлік зерттеулер институты, 2013
12. Н.В. Александровская. Автоматика. ОАОО арналған оқулы - М: Академия, 2013.
13. А.М. Афонин және т.б. Өңдеудің және автоматтандыру жүйесін үлгілеудің теориялық негіздері: оқу құралы. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017. - 192 б.
14. Пантелеев В.Н., Прошин В.М. Өндірісті автоматтандырудың негіздері: Кәсіби білім беру мекемелеріне арналған оқулық. – 5-ші басылым, қайта өң. - М.: Академия, 2013. - 208 б.
15. Шишмарев В.Ю. Машина жасауда өндірістік процесстерді автоматтандыру: оқулық - Ростов н/Д: Феникс, 2017. - 447 б.
16. Handbook of Industrial Robotics. Edited by Shimon Y. N. - John Wiley & Sons, Inc, 1999
17. Keith E. Dinwiddie. Industrial Robotics, 1st Edition - Cengage Learning, 2019
18. Оқу құралы. Роботты техникалық жүйелер. В. Г. Хомченко-2017 ж.
19. Mark R. Miller, Rex Miller. Robots and Robotics: Principles, Systems, and Industrial Application. 1st Edition - McGraw Hill Education, 2017
20. Киселев М.М. Мысалдар мен тапсырмалардағы роботты техника. Механизмдер мен роботтарды бағдарламалау курсы - Солон-пресс, 2019.
21. Микушин А.В. Сандық құрылғылар және микропроцессорлар: оқу құралы. - БХВ-Петербург, 2010.

22. Мишунин В.В., Лихолоб П.Г. Микропроцессорлар және сигналдарды сандық өңдеу: Оқу-әдістемелік құрал / Белгород: БелГУ баспасы, 2010 - 210 б.

23. Mikell P. Groover. Industrial Robotics: Technology, Programming, and Applications, 2nd Edition. - McGraw Hill Education, 2017.

24. Оқу-әдістемелік басылым, Баспа: «Белорус-Ресей университеті» ММ ЖКБ «Машина жасауда өндірістік процесстерді автоматтандыру», Могилев, 2015.

Электрондық ресурстар:

1. KUKA өнеркәсіптік роботтары <https://www.kuka.com/ru-ru>
2. FANUC өнеркәсіптік роботтары <https://www.fanuc.eu/ru/ru>
3. Kawasaki Robotics өнеркәсіптік роботтары <https://www.robowizard.ru/>
4. ABB Robotics өнеркәсіптік роботтары <https://new.abb.com/products/robotics/ru>
5. MOTOMAN өнеркәсіптік роботтары <https://www.yaskawa.eu.com/ru/produkcija/robototekhnika/roboty-motoman/>
6. <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/raschjoty/analogovy-i-tsifrovoy-signal/>