

В. Ю. ШИШМАРЕВ

ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ

ОҚУЛЫҚ

“Білім беруді

*дамытудың федералдық институты” Федералдық мемлекеттік
автономдық мекемесі (“БДФИ” ФМAM) 220703*

*“Технологиялық процесстер мен өндірісті автоматтандыру
(салалар бойынша)”, 140446 “Электрлік машиналар
мен аппараттар”, 200105 “Авиациялық аспаптар мен кешендер”,*

200111 “Радиоэлектрондық аспаптық құрылғылар”

мамандықтары бойынша “Өлшеу құралдары”

пәнінен орта кәсіптік білім беру

*бағдарламаларын іске асыратын білім беруі мекемелерінің
оқу процессінде пайдалануға арналған оқулық ретінде ұсынылған.*

2012 жылғы 25 маусымдағы рецензияны тіркеу нөмірі 313. “БДФИ” ФМAM

6-шы басылым, түзетілген



Мәскеу

«Академия» баспа орталығы

2013

ӘОЖ 681.5(075.32).

КБЖ 39.17ші723

Ш657

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

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

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

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19,

«Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

Пікір беруші:

2003 “Радиоаппараттарын жасау” мамандығының пәндік-тізілімдік комиссиясының төрағасы, Мәскеу ғарыштық аспап жасау техникумының жоғары біліктілік санатындағы оқытушысы *З.А.Хрусталева*; “Авионика” МҒӨК ААҚ бас метрологы *М.К.Лобачевский*

Шишмарев В.Ю.

Ш657 Өлшеу құралдары: орташа кәсіптік білім беру мекемелері студенттеріне арналған оқулық / В.Ю.Шишмарев. - 6-шы басылым., түзетілген - М.: «Академия» баспа орталығы, 2013 - 320 бет. ISBN 978-601-333-369-4 (каз)

ISBN 978-601-333-369-4 (рус.)

Әртүрлі физикалық шамаларды өлшеу үшін өлшеу құралдарының (аспаптарының) негізгі типтері ұсынылған. Электрлік өлшегіш аспаптарға, электрлік емес шамаларды электрлік дабылдарға түрлендіргіштерге аса назар аударылады. Өлшемдердің дәлдігін метрологиялық қамтамасыз ету мен автоматтандырудың өндірістік аспаптары мен құралдарының Мемлекеттік жүйесін құрудың сұрақтары қарастырылған.

Оқулық ОКББ ФМББС сәйкес 220703 “Технологиялық процесстерді және өндірістерді автоматтандыру (салалар бойынша)” мамандығы үшін ОП 09 “Электр техникалық өлшеулер” жалпы кәсіптік пәнін және ПМ 01 “Автоматтандыру жүйесі мен құралдарын бақылау мен метрологиялық қамтамасыз ету” кәсіптік модулін (МДК.01.01, МДК 01.02, МДК.01.03) игеру кезінде, сонымен қатар ОКББ ФМББС сәйкес 200111 “Радио электронды аспаптық құрылғалар мамандығы үшін ОП.05 “Электрлік өлшеулер” жалпы кәсіптік пәнін игеру кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған оқулық.

ӘОЖ 681.5(075.32).

КБЖ39.17ші7

Оқу басылымы

Шишмарев Владимир Юрьевич

Өлшем құралы

Оқулық

6-шы басылым, түзетілген

Редакторы *Г.Т.Салкинбаева*. Техникалық редакторы *Е. Ф.Коржуева*

Компьютерлік беттеу: *Л. М. Беляева*. Корректорлар *И. Н. Волкова, И. В. Могилевец*

© *Шишмарев В.Ю.*, 2006

© «Академия» білім беру - баспа орталығы, 2006

© Рәсімдеу «Академия» баспа орталығы, 2006

ISBN 978-601-333-369-4 (каз)

ISBN 978-601-333-369-4 (рус.)

Өлшеу техникасы адам қызметінің көптеген салаларында қолданылады.

Соңғы онжылдықта әртүрлі өлшеуді талап ететін дәл әдістер мен технологиялар сонымен қатар химияда, биологияда, медицинада, ауыл шаруашылығында және басқа да салаларда кеңінен қолданысқа ие болды.

Қазіргі уақытта бақылау мен өлшеудің еңбек сыйымдылығы барлық қоғамдың өндірістің еңбек сыйымдылығынан орта есеппен 10-нан 15 %-ға дейін құрайды. Кейбір салаларда, мысалы машина жасау, радио аппараттар жасау, авиациялық және ғарыштық техникада, бұл үлес біршама жоғары.

Өлшеуіш техникасын әзірлеу және өндірумен аспап жасау ұйымдары мен кәсіпорындары айналысады. Біздің елімізде қазіргі уақытта өнеркәсіптің азаматтық салалары үшін аспап жасауды дамыту стратегиясы әзірленген.

Ресейдің аспап жасауды дамыту стратегиясы (бұдан әрі стратегия) осы саланың негізгі басымдықтарын техникалық қайта жарақтандыруды іске асыру мен жаңа жоғары технологиялық өндіріс пен ғылымның дамуына әсер етуге үндейтін машина жасау кешенінің ғылыми еңбекті қажет ететін бөлік ретінде анықтайды.

Стратегияның мақсаты, міндеті және артықшылықтары
Стратегия ғылымның заманауи жетістіктері (информатика, метрология, электроника) мен елдің интеллетуалдық әлеуетін пайдалану негізінде өнерәсіптің шикізаттық және машина жасау салаларының біршама тиімді дамуын қамтамасыз ету мақсаттарында аспап жасаудың басым дамуы шарттарын құруды болжайды.

Стратегия мақсаттары:

- нарықтық экономика жағдайларында елдің экономикалық қауіпсіздігі мен технологиялық тәуеліздігін қамтамасыз ету;

- Ресей бірыңғай өлшеу жүйесінің материалдық базасын мен жаңа жоғары тиімділіктегі технологияларды (атомдық техника, нанотехнология, биосинтез, энергия және ресурс жинау) белсенді дамытуға мүмкіндік беретін қолданбалы метрологиядағы бағыттардың озық дамуын жетілдіру мен әлемдік деңгейде ұстауды қамтамасыз ету;

- құралдар мен өндірістік жүйелік, кешенді автоматтандыру негізінде жалпы өнеркәсіптің технологиялық базасын және

машина жасау бөлігін модернизациялауды қамтамасыз ету;

- өнеркәсіптік, көліктік және коммуналдық объектілердің пайдаланудың қауіпсіздігін арттыру, соның ішінде төтенше жағдайларда;

- денсаулық сақтау органдарының медициналық техниканың заманауи құралдарымен жабдықталуын жақсарту есебінен медициналық көмектің сапасы мен тиімділігін арттыру.

Көрсетілген мақсаттар келесі міндеттердің шешілуін болжайды:

- мәндердің кең диапазонында параметрлердің заманауи өлшеу құралдарының ғылыми және конструкторлық-технологиялық әзірлемелерін жылдамдату, соның ішінде төтенше жағдайларда өлшеу, жоғары сенімділіктегі және жылдам әсер ететін автоматтандыру құралдары мен басқару жүйелерін, кең тағайындалымдағы бағдарламалық өнімдерді және теле басқарылатын жүйелерді өлшеу үшін;

- аспап жасау кәсіпорындарын технологиялық қайта жабдықтау, бірінші кезекте алдыңғы қатарлы, негізінен өндірістік потенциалды сақтаған кәсіпорындарды қайт жабдықтау (автоматтандырылған жобалау жүйелерін, АҰИС (аса үлкен интегралдық сұлба) микророботтық технология учаскелерін, механикалық өңдеудің икемді өндірістік жүйелері бар автоматтандырылған цехтарды, сынақ орталықтарын құру);

- кооперация мен мамандандудың жоғары деңгейі бар біріктірілген компанияны құру, сонымен қатар жоғары сапалы аспап өнімі мен толымдаушы бұйымдарды құру мен өндіруге мамандандырылған шағын және орта кәсіпорындарды дамыту мен қолдау;

- алдыңғы қатарлы шет елдік фирмалармен, соның ішінде жақын шет елдермен сыртқы экономикалық байланыс пен әріптестікті құру, стандартты және техникалық нормаларды халықаралық нормалармен үйлестіру;

- жас мамандардың әлеуметтік сұрақтарын шешу арқылы инженерлік және жұмысшы мамандарды мақсатты дайындауды ұйымдастыру, соның ішінде мамандарды дипломнан кейінгі қайта даярлау.

2010 жылға дейінгі кезеңде аспап жасау, автоматтандыру құралдары мен басқару жүйелерінің басым бағыттары болып табылады: жоғары дәлдікті, сенімділікті және өлшемдердің кең диапазонын, соның ішінде төтенше жағдайларда қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін іргелі ғылымдардың, гетерогендік құрылымдардың, нанодисперстік материалдардың, ядролық магниттік резонанстың, лазерлік оптиканың, басқа жоғары технологиялардың биотехникалық сенсорларының жетістіктері негізінде технологиялық параметрлер мен физикалық шамаларды өлшеу құралдарын құрудың жаңа физико-технологиялық параметрлерін пайдалану.

Ресейдегі аспап жасау өнеркәсібінің заманауи күйі. Аспап жасау - елде және әлемде өлшем бірлігін қолдау үшін өнеркәсіпті өлшеу

құралдарымен қамтамасыз ететін негізгі сала.

Ресейде 1,5 млрд-қа жуық өлшеу құралдары пайдаланылуда, жыл сайын тұтынушылар 15...17 млн бірлік жаңа өлшеу құралдарын сатып алады, оған қоса 10 млн.жуық бірлігін отандық кәсіпорындар жеткізеді. Ресей Мемстандартының өлшем құралдарының мемлекеттік тізілімі 29 000 типтен артық өлшем құралдарынан тұрады. Бүкіләлемдік сауда ұйымы (ВТО) РФ «Техникалық реттеу туралы» заңымен өлшеудің ұлттық жүйелерін үйлестіру туралы шешім қабылдады.

Экономикада өлшем бірлігі өнімдерді шығару мен тұтынуды, сауда, кеден, салық операциялары кезінде алмасудың баламалылығын, тұтынушылар құқығын қорғау, адал бәсекелестік жағдайларын қамтамасыз етеді.

Әлеуметтік салада өлшем бірлігі машиналар мен құралдардың, тағам өнімдерінің, медициналық техника мен дәрілік препараттардың, көлік және басқа да қызметтердің қауіпсіздігінің техникалық регламенттерін қамтамасыз етеді.

Өнерәсіптің өлшеу, аналитикалық, сынақ құралдарына, автоматтандыру және есептеуіш техника құралдарына қажеттілігі қазірде кемінде 60 %-ға қамтамасыз етіледі.

Ресей Мемстандартының Мемлекеттік өлшем құралдары тізілмінің мәліметтері бойынша РФ-на импорт бойынша кіргізілетін өлшем құралдарының 3000-нан астам түрі тіркелген, олардың бөлігі (30 % жуығы) отандық өнеркәсіпте дайындалмайды.

Бұл өлшеу құралдарына жататындар:

- геометриялық шамаларды өлшеуге арналған аспаптар мен кешендер;
- заттардың физико-химиялық құрамы мен қасиеттерін өлшеуге арналған аспаптар мен кешендер;
- жылу физикалық және температуралық өлшемдерге арналған аспаптар;
- электрлік шамаларды өлшеуге арналған аспаптар;
- биологиялық және биомедициналық өлшемдерге арналған аспаптар.

Ішкі нарықта әртүрлі номенклатуралық топтар бойынша отандық аспаптық өнімдердің бәсекеге қабілеттілігі әлемдік жетістіктерге сәйкестік бойынша келесі түрде бағаланады:

- жылу энергетикалық шамалардың өлшеу құралдары - 70.80 %;
- электрлік және магниттік шамалардың өлшеу құралдары мен өлшеу шамалары - 80.90 %;
- механикалық шамалардың өлшеу құралдары мен сынақ машиналары - 80.85 %;
- геофизикалық және гидрометеологиялық аспаптар - 60... 70 %;
- емдік мекемелерде кеңінен қолданылатын медициналық техника құралдары — 70.80%;

• есептеу техникасы құралдары (бағдарламалық техникалық басқару кешендері, телемеханика, контроллерлер, станоктарға арналған сандық бағдарламалық басқару құрылғылары) — 50...70 %.

Аспап жасау өнеркәсібінің ғылыми және конструкторлық-технологиялық потенциалы. Аспап жасау өнімдерінің жоғары ғылыми еңбек сіңіргіштігі осы саладағы ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарға жоғары шығындардың қажеттілігін анықтайды.

Алдыңғы қатарлы әлемдік фирмалардың тәжірибесі бойынша жаңа бұйымдарды шығаруды игеру мен құруға инновациялық шығындар шығарылатын өнімдердің құнынан 12.15 % құрайды.

1990 жылға дейін отандық аспап жасауда бұл көрсеткіш 7.8%-ға тең болды, 1996 жылға қара ол 2%-ға дейін төмендеді, ал қайта игерілген бәсекелестік-қабілетті бұйымдардың саны 5-4 есеге азайды.

Қазіргі уақытта саланың ғылыми-техникалық потенциалы бағыттар бойынша әзірлемелерге бағытталған 26 ғылыми-зерттеу институттарына және конструкторлық-технологиялық бюроларға ұсынылды.

Жаңа бәсекеге қабілетті өлшеу құралдарын, аспап жасау өнеркәсібінің автоматтандыру жүйесі мен құралдарының өндірісін құру мен жылдам игеру тек заманауи микроэлектрондық элементтік базада, соның ішінде механикалық учаскелерді автоматтандырылған механикалық өңдеуші құралмен (соның ішінде лазерлік) және икемді өндірістік жүйелермен (ИӨЖ) жабдыктандырылған сенсорлық тетіктерді дайындаудың микроэлектрондық технологиясының автоматтандырылған жобасын пайдалану кезінде аса үлкен интегралдық жүйелерді пайдалану арқылы орын алуы мүмкін.

2010 жылға дейін аспап жасау өнеркәсібін дамытуды болжау. 2010 жылға Ресей экономикасын дамытудың негізгі болжалды көрсеткіштері., млрд долл.:

- жалпы ішкі өнім - 700;
- Өндірістік өндіріс - 350...420;
- машина жасау өнімдері - 105.126 (өндірістік өнеркәсіп көлемінен 25.30 %).

Бұл ретте аспап жасау өнімдері өнеркәсібі көлемінің өсу қарқыны жаңа және жаңашаландырылған өнімдер есебінен 10 . 15 %-ға өнімдердің номенклатурасын жыл сайынғы жаңарту мен кеңейту кезінде жылына 7 . 8 % құрауы тиіс. Шығарылатын аспаптық өнімнің жылдық көлемін сала 2,0—2,1 есеге арттыруы мүмкін. Қолда бар бағалар бойынша, 2010 жылға қарай ішкі нарықты өлшеу құралдарына, автоматтандыру жүйелері мен құралдарына қажеттілігі 90.95 %-ға қанағаттандырылады.

жоғарыда көрсетілген басым даму бағыттарын ескере отырып өнеркәсіптің әртүрлі салалары үшін жаңа өлшем

құралдарын, автоматтандыру құралдары мен жүйелерін жасау келесіні қарастырады.

1. Бірінші кезекте тұтастай өлшеулер кезінде (температура, салмақ пен күш, қысым, сұйықтық пен газдың шығыны, өлшемдер) пайдаланудың әртүрлі жағдайларында физикалық шамалар мен технологиялық параметрлердің өлшеу дәлдігін арттыру мен диапазондарын кеңейту. Көптеген жағдайларда өлшемнің тәжірибелік дәлдігі кемінде әрбір 7-10 жыл сайын қол жеткізілген бір санатқа артуы тиіс.

2. Сандық әдістердің басым дамуы, физикалық шамалардың және өлшеуіш түрлендіргіштердің өлшемдерінің, байланыстың кодталған дабылдары бар сенсорлар мен тетіктердің басым дамуы.

3. Өлшеуіш және басқару жүйелерінің, соның ішінде диалогтік режимде жұмыс істейтін көп функционалды жүйелерінің ақпараттық үлгілерін құрудың сандық әдістерін дамыту.

4. Өлшеулердің басқарылатын диапазоны, баптаулардың дәлдеуі бар көп функционалды адаптивтік тетіктер мен сенсорларды құру және пайдалану.

5. Әртүрлі деңгейдегі технологиялық процесстерді (ТП) басқарудың автоматтандырылған жүйесін (АБЖ) құру үшін заманауи элементтік базада Мемлекеттік өндірістік аспаптар мен автоматтандыру құралдары жүйесінің жаңа буыны модульдерінің функционалдық толық жүйенің өндірісін құру және дамыту және олардың ақпараттық, метрологиялық, конструктивтік және эксплуатациялық үйлесімдігін, соның ішінде халықаралық стандарттар бойынша үйлестімдігін қамтамасыз ету арқылы тағайындаулар.

6. Машина жасауда, көлікте, құрылыста беттің сапасын бақылау мен өлшемдерін өлшеудің лазерлік аса дәл интерференциондық әдістерін дамыту, көрсетілген әдістерді пайдалану арқылы аспаптар мен өлшеу жүйелерінің өндірісін құру мен игеру.

7. Индукциондық, акустикалық, СВЧ-сәулелерді және лазерлік сәулелерді визуализациялау, жіктеу және мұрағаттау арқылы пайдаланумен материалдардың, бөлшектердің және түйіндердің бұзбайтын бақылаулар жүйесі мен аспаптарын құру, әдістерді дамыту.

8. Сұйықтықтар мен газдардың, соның ішінде үздіксіз ағында көп компоненттілердің құрамын, сонымен қатар бақылау жүйесіне ақпаратты беру рақылы әртүрлі коспаларға тестерлерді талдау әдістері мен құралдарын әзірлеу.

9. Өлшем құралдарын метрологиялық аттестаттау аппаратураларын құру мен әдістерін әзірлеу, соның ішінде, әсіресе өндірістік құралға ендірілген тетіктер үшін өлшеу құралының тексеру аралық интервалын арттыру бойынша шараларды бір мезетте әзірлеу арқылы эксплуатациялық жағдайларда әзірлеу (5...20 жылға дейін).

ӨНДІРІСТІК АСПАПТАР МЕН АВТОМАТТАНДЫРУ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ МЕМЛЕКЕТТІК ЖҮЙЕСІ

1.1. Құрылымның тағайындалуы мен принциптері

Өндірістік аспаптар мен автоматтандыру құралдарының мемлекеттік жүйесі (ӨАМЖ) өнеркәсіптің әртүрлі салаларын технологиялық процесстермен басқару және реттеу, бақылау жүйесін техникалық құралдармен қамтамасыз ету мақсаттарында құрылған.

1950 жж. әртүрлі ұйымдар мен кәсіпорындарда ұқсас техникалық сипаттары бар өлшеу мен бақылауға арналған көптеген әртүрлі аспаптар әзірленді, бірақ та бұл ретте әртүрлі өндірушілердің аспаптарының бірлесіп жұмыс істеу мүмкіндігі ескерілген жоқ, бұл шығарылатын техникалық құралдар базасында күрделі жүйелерді әзірлеу құнының артуына әкелді, құралдарды кеңінен енгізуді тежеді, автоматтандыру құралдарын кеңінен енгізуді тежеді. Сондықтан да 1960 жж. ӨАМЖ құру туралы шешім қабылданды, ал 1961 жж. бастап оны іске асыру бойынша жұмыстар басталды.

Қазіргі уақытта ӨАМЖ технологиялық процесстерді бақылау, өлшеу, реттеудің автоматтық және автоматтандырылған жүйелерінің, сонымен қатар ақпараттық-өлшеу жүйелерінің құралдары ретінде пайдалану үшін тағайындалған бұйымдардың эксплуатациялық, ақпараттық, энергетикалық, метрологиялық және конструктивтік ұйымдастырылған жиынтығын ұсынады. ӨАМЖ өнеркәсіпте технологиялық процесстерді басқарудың автоматтандырылған жүйесін (ТП БАЖ) және басқарудың автоматтандырылған жүйесін (БАЖ) құрудың техникалық базасына айналды. Оны дамыту мен қолдану ТП БАЖ жобалау процесін құруға, машиналық жобалауға өтуге әсер етті.

ӨАМЖ құру мен жетілдіру негізіне келесі жүйелік техникалық принциптер қойылған: автоматтық бақылау, реттеу және басқару қызметінің көп түрлілігін типтендіру және минималдандыру; техникалық құралдар номенклатурасын минималдандыру; аспаптар мен құрылғыларды блоктық-модульдік құру; бірегейлендірілген аспаптар мен құрылғылар негізінде басқару жүйесінің агрегаттық құрылымы; аспаптар мен құрылғылардың үйлесімдігі.

Функционалдық сипаты бойынша ӨАМЖ барлық өнімдері құрылғылардың келесі топтарына бөлінген: процесстің немесе объектінің күйі туралы ақпаратты алу; байланыс арналары бойынша ақпаратты қабылдау, түрлендіру және беру; ақпаратты түрлендіру, сақтау және өңдеу, басқару командаларын құру; командалық ақпаратты пайдалану.

Құрылғылардың бірінші тобына ақпаратты ұсыну тәсіліне байланысты байланыстың бірегейлендірілген дабылын құрайтын тетіктер, нормалаушы түрлендіргіштер; қадағалаушының тікелей қабылдау үшін қол жетімді түрде өлшеу ақпаратын ұсынуды қамтамасыз ететін аспаптар және оператор қолмен енгізетін алфавиттік-сандық ақпарат құрылғылары кіреді. Ақпаратты алу құралдары Өндірістік аспаптар мен автоматтандыру құралдарының мемлекеттік жүйесіндегі бұйымдардың ең саны көбі болып табылады - барлық техникалық құралдар номенклатурасының жартысынан артығы.

Құрылғылардың екінші тобы өлшегіш тізбектердің коммутаторларынан, дабылдар мен кодтардың түрлендіргіштерінен, шифрлегіштер мен қайта шифрлегіштерден, келісу құралдарынан, теледабыл, теле өлшеу және теле басқару құралдарынан тұрады. Бұл құрылғылар өлшегіш және басқару дабылдарын түрлендіру үшін пайдаланылады.

Үшінші топты дабыл анализаторлары, функционалдық және операциялық түрлендіргіштер, логикалық құрылғылар мен жады құрылғылары, реттегіштер, басқарушы есептегіш құрылғылар мен кешендер құрайды.

Төртінші топқа атқарушы құрылғылар - электрлік, пневматикалық, гидравликалық және құрама атқарушы механизмдер, қуаттылық күшейткіштері, ақпаратты ұсынудың қосалқы құрылғылары кіреді.

Бақылау және басқару құралдарының номенклатурасын минималдандыру екі идея негізінде іске асырылады: бір функционалды тағайындалымдағы құрылғылардың осы бұйымдардың параметрлік қатары негізінде сәйкестендіру және ірі функционалдық міндеттерді шешу үшін техникалық құралдар кешенін агрегаттауды бірегейлендіру.

Минималдандыру процессі құралдар мен құрылғылардың кейбір негізгі параметрлерін іріктеу, олардың қатарынан басты параметрді бөлу және басты параметрдің өзгеруінің барлық диапазонын жабу үшін құрылғылардың минималдық қажетті санын орнатудан басталады. Оған қоса бір құрылғыны пайдалану диапазонынан басқасын пайдалану диапазонына өту белгілі заңдылықтарға бағынады. Артық сандар қатарына негізделген геометриялық прогрессия басым пайдаланылады. Бір функционалдық тағайындалымдағы бұйымдардың барлық жиынтығы *параметрлік қатар* деп аталады.

Қазіргі уақытта қысым, шығын, деңгей және электрлік өлшегіш аспаптар тетігінің параметрлік қатарлары әзірленген.

Дегенмен оларды техникалық-экономикалық көрсеткіштер бойынша оңтайландыру жалғасуда, мысалы, берілген қажеттіліктерді қанағаттандыруға жиынтықты шығындардың минимумдық критерийі бойынша. Бұл критерий тұтынушы мен өндірушінің қызығушылықтары арасында қарама-қайшылыққа негізделген: аспаптар қатары қаншалықты аз болса, әзірлеу, игеруге шығындар соншалықты аз, ал олар соншалықты көп топтамамен шығарылады, ол сонымен қатар өндірушінің шығындарын төмендетеді. Қатардағы аспаптар санын арттыру аспаптардың мүмкіндіктерін біршама тиімді пайдалану есебінен немесе технологиялық процесс режимін біршама дәл сақтау есебінен тұтынушыға үнемділік береді.

Агрегаттық кешендер (АК) пайдаланудың әртүрлі жағдайларында өлшеудің қажетті диапазондарын қамтитын және міндеттердің берілген санаттары шегінде барлық функциялардың орныдалуын қамтитын функционалдық-параметрлік қатарлар түрінде ұйымдастырылған техникалық құралдардың жиынтығын ұсынады.

Бірегейлендірілген блоктар мен құрылғылар негізінде күрделі басқарушы жүйелерді құрудың сатыларында агрегаттау принципін іске асыру АӨЖ құру процессін біршама жеңілдету мен жылдамдатуа мүмкіндік береді, оларды жобалауды автоматтандыру үшін сілтемелер береді. Техникалық құралдарды агрегаттық құрудың өте маңызды артықшылықтарына бұйымдарды толық жаңартусыз жетілдіру мүмкіндігін жатқызуға болады.

ӨАМЖ -де агрегаттау принципі өте кең қолданылады. Бірегейлендірілген пневматикалық және электрлік дабылдары бар жылу энергетикалық шамалардың тетіктерінің бірегейлендірілген базалық құрылғысы бөлшектердің бар-жоғы 600 атауынан құрылған, оған қоса тетіктердің 136 типтері мен 863 түрленуіне ие болды.

ӨАМЖ бұйымдарын жобалаудың біршама жоғары деңгейлерінде құрылымдық негіз ретінде құрылымдардың бірегейлендірілген типтерінің (модульдік) кешені (ҚБТ) пайдаланылады. Кешеннің барлық бөлшектері мен түйіндері төменгі қатардағы бұйымның элементтері жоғары қатардағы бұйымдардың элементтеріне түрлену үшін тағайындалатындай түрде бөлінеді.

ӨАМЖ -не қойылған барлық бұйымдар үшін ортақ үйлесімдік түсінігін келесідей түрде құруға болады.

Ақпараттық үйлесімдік - түрлер мен номенклатура, олардың ақпараттық параметрлері, деңгейлері, кеңістікті-уақыттық қатынастары, логикалық қатынастары мен логика типі бойынша байланыс дабылдарының келісімділігін қамтамасыз ететін стандартталған сипаттардың жиынтығы. ӨАМЖ -нің барлық бұйымдары үшін байланыстың бірегейлендірілген дабылдары мен бірыңғай интерфейстер - жүйедегі құрылғылардың өзара әрекетін қамтамасыз ететін бағдарламалық және аппараттық құралдардың жиынтығы.

Конструктивтік үйлесімдік - техникалық құралдардың механикалық кернеуі мен құрылымдық параметрлерінің келістілігін, сонымен

қатар бірлесіп пайдалану кезінде эргономикалық нормалар мен эстетикалық талаптарды орындауды қамтамасыз ететін қасиеттердің жиынтығы.

Эксплуатациялық үйлесімдік - техникалық құралдарды өндірістік жағдайларда бірлесіп пайдалану кезінде жұмыс істеуінің сенімділігі мен жұмысқа қабілеттілігін, сонымен қатар қызмет көрсету, баптау және жөндеуді қамтамасыз ететін қасиеттердің жиынтығы.

Метрологиялық үйлесімдік - өлшеу нәтижелерінің салыстырмалылығын және жүйелер құрамында техникалық құралдардың жұмысы кезінде өлшеу нәтижелерінің қателігін есептеу мүмкіндігін қамтамасыз ететін өлшеу құралдарының қасиеттері мен таңдалған метрологиялық сипаттардың жиынтығы.

1.2. Құрылымы

Өндірістік аспаптар мен автоматтандыру құралдарының мемлекеттік жүйесіні өндірісте сериялап шығарылатын және әртүрлі технологиялық процесстер мен құралдарды басқару мен бақылауды автоматтандыру үшін тағайындалған құралдар мен аспаптардың үлкен, күрделі және үздіксіз дамитын кешенін ұсынады.

Ақпараттық дабылдарды тасымалдаушылардың пайдаланатын энергиясының түрі бойынша ӨАМЖ -нің құрылғылары электрлік, пневматикалық, гидравликалық болып, сонымен қатар қосалқы энергияны пайдаланбай жұмыс істейтін тікелей әрекет ететін аспаптар мен реттегіштер құрылғыларына бөлінеді. Әртүрлі топтардың құрылғыларының бірлескен жұмысын қамтамасыз ету үшін дабылдардың сәйкес түрлендіргіштері қолданылады. АБЖ-де әртүрлі топ құрылғыларын бірлесіп пайдалану біршама тиімдіс болып табылады.

Электрлік аспаптардың артықшылықтары көпшілікке белгілі. Бұл бірінші кезекте жоғары сезімталдық, дәлдік, жылдам әрекет ету, ақпаратты беру, сақтау және өңдеудің қолайлығы. Пневматикалық аспаптар жеңіл тұтанатын және жарылыс қаупі бар құралдарда қолдану кезіндегі жоғары қауіпсіздікті, ауыр жұмыс жағдайларында, агрессивті атмосферада жоғары сенімділікті қамтамасыз етеді. Бірақ та олар жылдам әрекет етуі, үлкен қашықтыққа дабылды берудің мүмкіндігі бойынша электрлік аспаптарға орын береді. Гидравликалық аспаптар атқарушы механизмдердің дәл орын ауысуды алуға мүмкіндік береді.

Функционалдық-мақсаттық белгісі бойынша ӨАМЖ төрт деңгейлі иерархиялық құрылымды ұсынады. Төменгі деңгейде басқару нысанымен тікелей өзара әрекеттесуші процесстер мен құралдарға әсер етуге арналған ақпараттарды алу құралдары орналасқан. Олар барлық жоғарыда орналасқан құралдарды

ақпаратпен қамтамасыз етеді. Екінші деңгейде жергілікті бақылау мен реттеу құралдары орналасқан, олардың көмегімен қарапайым нысандар немесе автономдық бақылауды реттеу және күрделі нысандардың жекелеген параметрлерін реттеу және бақылаудың бір контурлы жүйелері іске асырылады. Әдетте, бұл құралдарды бір немесе бінеше базалық үлгілер негізінде құрылатын параметрлік қатарлар мен бірегейлендірілген кешендер құрамында шығарады. Үшінші деңгейде нысанды іске қосу мен тоқтату кезінде байланыстық реттеу, жасанды өлшеулер, көп сатылы қорғау және логикалық операцияларды іске асыруға мүмкіндік беретін орталықтандырылған бақылау және реттеу құрылғылары орналасқан. Олар бірнеше жүз бақыланатын және реттелетін параметрлері бар ТП БАЖ құру үшін тағайындалған. Жоғарғы деңгейде басқарудың күрделі алгоритмдері бар басқарушы есептеуіш компоненттер құрамында жұмыс істеу үшін, соның ішінде оптимизациялау, диспетчерлік және басқа да міндеттерді шешуге арналған автоматтандыру құралдары орналасқан

Техникалық құжаттамда *бұйымның типі* - құрылымдық орындалуы бойынша ұқсас және бірдей негізгі параметрлеріне ие әрекет ету принципі мен функционалдық тағайындалымы бірдей бұйымдардың жиынтығы сияқты жіктелімдік белгі біршама кеңінен пайдаланылады. Типтің құрамына бұйымның бірнеше типтік өлшемдері және түрлері немесе орындалулары кіреді. Бір типтің *типтік өлшемдері* негізгі параметрдің мәндерімен ерекшеленеді және әдетте бір функционалдық бұйымдарда ерекшеленеді.

Модификация - белгілі құрылымдық ерекшеліктерге немесе басты емес параметрдің белгілі мәніне ие бір типтегі бұйымдардың жиынтығы. Орындау деп әдетте белгілі құрылымдық ерекшеліктерге ие, олардың эксплуатациялық сипаттарына әсер ететін бір типтегі бұйымдарды айтады, мысалы, тропикалық немесе теңіздік орындалу

Типтен қарағанда біршама ірі жіктелімдік топтама *бүлкешен*. Олар бірегейлендірілген және агрегаттық болады. *Бірегейлендірілген кешеннің* айрықша ерекшелігі кешеннің техникалы құралдарының кез келген үйлесімдігі өзара осы құралдармен жаңа функцияларды іске асыруға әкелмейтіндігі болып табылады. *Агрегаттық кешендерде* техникалық құралдардың үйлесімімен жаңа қызметтерді іске асыруға болады. Қазіргі уақытта өнеркәсіпте ақпаратты алу, сақтау, өңдеу, оны тапсыру, басқару және технологиялық процесстер мен нысандарды басқару мен зерттеу және т.с.с. үшін тағайындалған шамамен 30 агрегаттық кешен шығарылады. Электр өлшегіш техника құралдарының (ЭТҚАК), есептеуіш техниканың (ЕТАК), телемеханиканың (ТМАК), біріншілік ақпаратты жинау құралдарының (БАЖК) және т.с.с агрегаттық кешені біршама кеңінен пайдаланылады.

1.3. Ақпараттық байланыстар

ӨАМЖ техникалық құралдары арасындағы ақпаратпен алмасу байланыс дабылдары мен интерфейстерінің көмегімен іске асырылады. Үздіксіз (ұқсас) дабылдар өлшегіш ақпаратты алу мен басқарушы дабылдарды орындау үшін бақылау және басқару жүйелерінің төменгі деңгейлерінде пайдаланылады. Басқару жүйелерінің біршама жоғары деңгейлерінде дабылдардың біршама сенімді өңделуін қамтамасыз ететін сандық (дискреттік) дабылдарды пайдаланады. Ұқсас дабылды сандыққа түрлендіру үшін ұқсас дабылдардың уақыт бойынша дискреттелуі мен деңгей бойынша квантталуын орындайтын ұқсас-сандық түрлендіргіштерді қолданады.

АБЖ-же артықшылықтары дабыл берудің жоғары жылдамдығы, төмен құны мен энергия көздерінің қолжетімділігі, байланыс желілерін төсеудің қарапайымдылығы болып табылатын байланыстың электрлік дабылдары біршама кеңінен таралған. Пневматикалық дабылдар негізінен жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету қажет болатын және жоғары жылдам әрекет ету қажет емес мұнай, химия және мұнай химия өнеркәсібінде қолданылады. Гидравликалық дабылдар негізінен гидравликалық бағушы жүйелер мен гидравликалық атқарушылық механизмдерді басқару құрылғыларында қолданылады.

Ақпараттық дабылдар табиғи немесе бірегейлендірілген күйде ұсынылуы мүмкін. *Табиғи дабыл* деп өзгеріс түрі мен диапазоны түрлендіргіштің физикалық қасиеттерімен және өлшенетін шаманың өзгеруі диапазонымен анықталатын біріншілік өлшегіш түрлендіргіштің дабылы аталады. Әдетте бұл өлшегіш түрлендіргіштердің шығыс дабылдары, көбінесе аздаған қашықтықта (бірнеше метрге дейін) беруге болатын электрлік дабылдар. *Бірегейлендірілген дабылда* ақпаратты тасымалдаушының түрі мен оның өзгеруі диапазоны өлшенетін шама мен өлшеу әдісіне байланысты болмайды. Әдетте бірегейлендірілген дабылды ендірілген немесе сыртқы нормалаушы түрлендіргіштердің көмегімен табиғидан алады.

Электрлік дабылдардан тұрақты ток пен кернеудің бірегейлендірілген дабылдары біршама кеңінен таралған. Жиілікті дабылдарды жергілікті ақпараттық-басқарушы жүйелерді техникалық құралдар кешенінде (ЖАӨЖ ТҚК) және телемеханикалық аппаратурада пайдаланады. Өзара индуктивтілік дабылы теплоэнергетикалық параметрлердің тетіктерінде қолданылады, бұл қарапайым құрылымда қоршаған ортаның әсеріне төзімділік пен жоғары сенімділікті қамтамасыз етеді. Импульстік дабылдар екі позициялық құрылғылардың күйін бақылау, командалық дабылдарды беру үшін пайдаланылады.

Күрделі жүйелерді құруда, әсіресе микропроцессорлық құрылғылар мен есептеуіш құралдар базасында, жоғарғы деңгейдегі техникалық құралдар арасындағы ақпаратпен алмасу интерфейстердің көмегімен іске асырылады. *Интерфейс* немесе енгізу-шығарудың жанасуы - жүйеге кіретін және ақпаратты жинау, өңдеу және пайдалану үшін тағайындалған құрылғылардың өзара әрекетін іске асыратын және орнататын бағдарламалық және аппараттық құрылғылардың жиынтығы.

Анықталғандай интерфейс бағдарламалық және аппараттық бөліктерден тұрады. Бағдарламалық (ақпараттық) бөлім дабылдармен (тәртібін) және ақпаратпен (алгоритмдер мен уақытша диаграммалар) алмасу хаттамасын анықтайды Аппараттық бөлік (интерфейстік карталар, платалар) функционалдық модульдер арасындағы басқарушылық, адрестік, хабар беру және басқа да дабылдармен ақпараттық алмасуды іске асыруға мүмкіндік береді.

ӨАМЖ «Жалпы шина» (ЖШ) және «Бірыңғай интерфейс» (БИ) интерфейстері біршама таралған.

интерфейстер ақпаратты жинау жылдамдығын, ЭЕМ немесе контроллер жадын жүктеуді, аппаратура құнын анықтайды, сондықтан да қазіргі уақытта рационалдық интерфейстерді құру бойынша қарқынды жұмыстар жүргізілуде.

1.4. Өлшеуіш түрлендіргіштер

Нысанның күйі мен сыртқы әсерлерін басқару үшін қажетті ақпаратты автоматикада *өлшеуіш түрлендіргіштер* (ӨТ) деп атайтын сәйкес техникалық құрылғылар көмегімен жекелеген физикалық шамалардың мәні түрінде алады.

Мұндай ақпарат оператор-адамның тікелей қабылдауы үшін қолайлы түрде берілген өлшеуіш құралдардан ерекшелігі, ӨТ-гі ақпарат автоматика жүйесінде беру мен одан әрі түрлендіру үшін қолайлы белгілі физикалық шама түрінде ұсынылады. Бұл шаманы дабыл деп атайды және ол сөзсіз бақыланатын физикалық шамамен немесе әртүрлі технологиялық процесстің параметрімен байланысты.

ӨАМЖ автоматтандырудың автоматика тәжірибесінде біршама жиі қолданылатын бақыланатын шамалардың тек бөлігін ғана қамтиды. Онда барлық бақыланатын шамалар келесі топтарға бөлінген:

- жылу энергетикалық шамалар - химиялық құрамы мен физикалық қасиеттері;
- жылу энергетикалық шамалар - температура, қысым, қысым айырмасы, деңгей және шығын;

- электр энергетикалық шамалар - тұрақты және айнымалы ток және кернеу, қуаттылық (белсенді және реактивтік), қуаттылық коэффициенті, окшаулағыштың жиілігі мен кедергісі;

- механикалық шамалар - сызықтық және бұрыштық орын ауысулар, бұрыштық жылдамдық, күштің деформациясы, айнымалы моменттер, бұйымдар саны, материалдардың қаттылығы, діріл, шу және салмақ;

- физикалық қасиеттерді сипаттайтын шамалар - ылғалдылық, электр өткізгіштік, тығыздық, тұтқырлық, жарықтанушылық;

- химиялық қасиеттерді анықтайтын шамалар.

Өлшенетін физикалық шама бір рет (біріншілік) түрленетін құрылғыларды біріншілік ӨТ деп атау қабылданған.

ӨТ келесі құрылымдық сұлбалар түзе отырып, жалғануы мүмкін:

- бір реттік тікелей түрлендіру;
- реттік тікелей түрлендіру;
- дифференциалдық;
- кері байланысты (өтемдік).

Қарапайым ӨТ бір түрлендіргіштен тұрады. Бірнеше біріншілік түрлендіргіштердің ретімен жалғаған жағдайда алдыңғы түрлендіргіштің шығыс шамасы келесінің кіріс шамасы болып табылады. ӨТ реттік жалғау бір реттік түрлендіру пайдалану үшін қолайлы шығыс дабылын бермеген жағдайда қолданылады. Дифференциалдық сұлбада түрлендірілген және кейбір эталондық шаманы салыстыру арқасында сыртқы факторларды бұрмалайтын түрлендіру нәтижесіне осы факторлардың әсеріне бірдей ұшыраған әсер ету жойылады. Кері байланысы бар ӨТ сұлбасы сыртқы бүліктің түрленуі коэффициентінің жоғары дәлдігімен, әмбебаптылығымен және шағын тәуелділігімен сипатталады.

ӨТ табиғи және бірегейлендірілген шығыс дабылдары бар болып табылады.

Табиғи дабыл біріншілік ӨТ-мен табиғи жолмен құрылады және бұру бұрышын, орын ауысу, күш салу, кернеу (тұрақты және айнымалы), кедергі (белсенді және кешенді), электрлік сыйымдылықты, жиілікті және т.б. ұсынады. ӨТ қарапайым нысандарды автоматтандыру кезінде табиғи шығыс дабылымен кеңінен қолданылатын (термобулар, терморезисторлар, тензотетіктер және т.с.с.).

Бірегейлендірілген дабыл - бұл өлшенетін шаманың түріне, оны өлшеу әдісіне және диапазонына қарамастан белгілі бекітілген шектерде өзгертін белгілі физикалық табиғаттың дабылы. Бірегейлендірілген дабылдардың ішінде тұрақты және айнымалы токтардың электрлік дабылдары, кернеу мен жиілік, сонымен қатар пневматикалық дабылдар біршама кең таралуға ие болды.

Ұқсас бірегейлендірілген дабылдардың негізгі түрлеріне жатады:

- Тұрақты токтың электрліктері, мА: 0...5; 0...20; -5...0...5;
- Тұрақты кернеудің электрліктері: 0.10 мВ; 0.20 мВ; -10.0.10 мВ; 0.1 В; -1.0.1 В;
- айнымалы кернеудің электрліктері, В: 0.2, -1.0.1;
- жиіліктегі айнымалы токтың электрліктері, кГц: 4.8; 2.4;
- пневматикалық, кПа: 20.100.

Дабыл масштабын өзгерту үшін қызмет атқаратын түрлендіргіштер *масштабты* ӨТ деп аталады.

Бірегейлендірілген ұқсас дабылдарды алу үшін *қалыпқа келтіруші* деп аталатын ӨТ қолданылады.

Бақыланатын шаманың спецификасы біріншілік ӨТ пайдаланылатын түрлендіру әдісіне біршама әсер етеді.

ӨАМЖ -да қолданылатын түрлендіргіштердің типтері алты топқа бөлінеді: механикалық, электромеханикалық, жылулық, электрохимиялық, оптикалық және электрондық иондаушы.

Өлшегіш ақпараттың қашықтан дабыл беруі үшін тағайындалған түрлендіргіштер *беруші* деп атадады және телемеханика жүйелерінде пайдаланылады.

1.5. Басқарушы және түзетуші элементтер

Автоматиканың басқарушы және түзетуші элементтері жүйенің атқарушы элементтерімен басқару дабылдарын құру қызметін орындайды. Осы әсерлерді құру мақсаттарында әртүрлі операциялар пайдаланылуы мүмкін: кіріс дабылдардың, сақтаудың, берудің және қабылданған алгоритмге сай одан әрі түрленудің күшеюі.

Күрделі емес нысандарды автоматты басқару үшін көбінесе салыстырмалы қарапайым басқару элементтері қолданылады: күшейткіштер, реле және логикалық құрылғылар. Біршама күрделі басқару алгоритмдерін іске асыру үшін (пропорционалдық-интегралдық - ПИ, пропорционалдық-интегралдық-дифференциалдық - ПИД) электрондық күшейткіштің кері байланыс тізбегінде әртүрлі түзету элементтері қызмет атқарады, мысалы, РС-тізбектері. Түзетуші элементтер басқарушы элементтердің құрамына кірмеуі де мүмкін. Басқаруды одан әрі жетілдіру (бейімдеу қызметтерін іске асыру, нысанды іске қосу мен тоқтату кезіндегі логикалық операциялар, көп сатылы қорғаныс және т...) ӨАМЖ номенклатурасымен қарастырыған автоматиканың агрегатталған кешендерін, сонымен қатар басқарушы есептеуіш машиналарды пайдалануды болжайды.

Басқарушы элементтер ретінде үлкен интегралдық сұлбалар түрінде орындалған, техникалық және эксплуатациялық артықшылықтар

қатарымен сипатталатын микроконтроллерлер мен микропроцессорлық жүйелерді пайдалануға болады.

Басқарушы элементтердің шығыс каскадтары қуаттылық күшейткіштерін ұсынады. Қуаттылықтың контактісіз күшейткіштері тиристорлық немесе магниттік болады.

Басқарушы элементтердің шығыс каскадтары сонымен қатар гидравликалық немесе пневматикалық күшейткіштер болады. Құрылымдық қатынаста олар көп ортақтылыққа ие және тек энергия тасымалдаушы (жұмысшы дене) ретінде ғана ерекшеленді, ол ретінде гидравликалық күшейткіштерде жоғары қысымдағы сұйықтық, ал пневматикалық қысымда - газ пайдаланылады.

Гидро және пневмокүшейткіштер атқарушы элементтермен бірге конструктивті орындалады. Мұндай күшейткіштердің негізгі артықшылықтары: қуаттылық бойынша күшейтудің үлкен коэффициенті, жоғары жылдам әрект етуі, шағын габариттік өлшемдер және 1 кВ шығыс қуаттылыққа металл сыйымдылығы. Оларды қолданудың кемшілігі мамандандырылған корек көздерін пайдалану қажеттілігіне негізделеді (гидравликалық сораптарды, компрессорларды). Оған қоса, гидрожүйелер байланыс желісінің біршама мұқият герметизациясын қажет етеді және жұмысшы ортаны сақтауға арналған арнайы сыйымдылықтарды қажет етеді (су немесе арнайы жанғыш емес май).

1.6. Атқарушы механизмдер мен реттеуші органдар

Автоматиканың сәйкес жүйелерінде нысандарды басқару үшін атқарушы құрылғылар қарастырылады, олардың құрамына орындаушы механизмдер (ОМ) және реттеуші органдар кіреді.

Тұтынылатын энергияға қарай ОМ электрлік, гидравликалық және пневматикалық болып бөлінеді.

Электрлік орындаушы механизмдер (ЭОМ) біршама кең таралымға ие болды. Оларды тұрақты және ауыспалы жылдамдықта шығарады.

Технологиялық процесстерді басқару жүйелерінде көбінесе тұрақты жылдамдықтың ЭОМ қолданылады. ЭОМ асинхрондық электр қозғалтқышын қайталап қысқа мерзімдік қосу нәтижесінде жүйенің басқарушы элементімен құрылатын реттеуші органның (РО) орын ауыс заңын реттейді.

Электрлік орындаушы механизмдер сонымен қатар РО орын ауысуы сипаты бойынша келесі түрлерге бөлінеді:

- бір айналымды электрлік механизмдер (БЭМ);
- көп айналымды электрлік механизмдер (КЭМ);
- РО ілгерілемелі қозғалысы бар тік жүретін электрлік механизмдер (ТЭМ).

Әдетте ЭОМ электрлік қозғалтқыштан, редуктордан, бақылау және басқару аппаратурасынан, сонымен қатар шығыс білдектің орын асысуын құрайтын приставкадан тұрады.

ЭОМ шығыс білдегінің динамикалық сипаттары мен бекітулін жақсарту үшін тежегішті қолданады.

Шығыс балдың күйін бақылау мен кері байланыс үшін күйдің тетігі қолданылады.

ЭОМ басқару кезінде контактілік және контактісіз жүйелерді пайдаланады. Бірінші жағдайда үш фазалаы асинхрондық электрлік қозғалтқышты релелі-контактілік аппаратура көмегімен басқарады, екіншіде - арнайы екі фазалық конденсаторлық электрлік қозғалтқыштарға тиристорлық басқаруды қолданады.

ЭОМ белгіленуі келесі түрде түсіндіріледі.

Егер ЭОМ контактілік басқаруы бар үш фазалы асинхрондық электр қозғалтқышпен жабдықталған болса, онда атауына «К» әріпі қосылады (БЭМК), ал егер контактісіз басқарумен жабдыталса «Б» әріпі қосылады (БЭМБ).

Өрт және жарылыс қаупі бар цехтарда жүйелердің атқарушы элементтері пневматикалық орындаушылық механизмдер (ПОМ) базасында орындалады.

ПОМ кемшіліктер қатарына келесілер жатады: жұмысқа қабілеттілікті тексеру кезінде ауа қысымының жедел өзгеруі күрделілігімен байланысты жөндеу кезіндегі қолайсыздық; арнайы тағамданудың компрессторлық қондырғыларын қолдану қажеттілігі.

Гидравликалық орындаушы механизмдердің (ГОМ) көмегімен жоғары жылдамдықпен және қуаттылықпен іске асырылатын РО орын ауысуына командалардың бақсарушы дабылдарын түрлендіруді біршама сенімді және қарапайым іске асыруға болады. ГОМ қолайсыз жағдайларда сенімді жұмыс істейді (жоғары жылдамдықта, жоғары температураларда, тербелу кезінде).

1.7. Агрегаттау - заманауи электрлік өлшегіш аппаратураларды құруға жүйелік бағыттың негізі.

Электрлік өлшеуіш техниканың (ЭӨТ) дамуының заманауи деңгейінің қысқаша талдауы өлшеуіш аппаратураның көп түрлілігінің күрделенуі мен өсуіне бұлжымайтын тенденцияның айқын екендігін көрсетеді. Автономдық қолданудан басқа бұл аппаратура ақпараттық жүйелердегі әртүрлі түрдегі біршама кең қолданыс табуда, мысалы, ТП БАЖ-да Бұл электрлік өлшеуіш аппаратураны жобалау, дайындау және пайдалану принциптеріне өз ізін қалдырады, оның негізінде тек заманауи жүйелік бағыт жатады.

Бұл жағдайда жүйелік бағыт ЭӨТ құралдарын құру мәселелерінің шешімі төмендегілерге бағытталған жұмыстар кешенінің шешімі екендігін білдіреді:

- ЭӨТ құралдарын бірегейлендіру мен стандарттау құралдарының шекті деңгейіне жетуге, оған қоса бірінші кезекте элементтік және құрылымдық базалар;

- бір типтегі құралдардың түрленуінің белгілі санымен ЭӨТ қойылатын талаптардың орындалуын қамтамасыз ететін құрамды және номенклатураны бекіту (Жобалау, дайындау және пайдалануға жиынтықты шығындар жағынан);

- әзірлеуші-кәсіпорындар мен өндірушілердің пәндік және технологиялық мамандануын нығайту.

Бұл кешенді бағытты іске асыруға электрлік өлшеуіш техника құралдарының агрегаттық кешенін (ЭӨТАК) құру да ілеседі.

Кешеннің құралдары - бұл әртүрлі тағайындалымдағы ақпараттық өлшеуіш жүйелерді (АӨЖ) құру кезінде компоновканың бекітілген ережелері бойынша бірлесіп пайдалану үшін тағайындалған ЭӨТ құралдары: бар-жоғы бірнеше ЭӨТ құралдарының бірігуін ұсынатын элементарлық жүйелерден бастап өнеркәсіп пен ғылыми зерттеулердің жекелеген облыстарында өлшеу мен басқаруды автоматтандыруға арналған кең тағайындалымдағы немесе мамандандырылған жүйедегі күрделі көпфункционалдық АӨЖ дейін.

Оған қоса, өлшеуіш аппаратура сияқты кешеннің мұндай құралдары автономдық аспаптар ретінде немесе өлшеудің автоматтандырылуы мен мәліметтерді тіркеуді қамтамасыз ететін қарапайым қосылыстардың құрамында пайдаланылуы мүмкін.

Осылайша, ЭӨТАК құру әртүрлі салаларда электрлік және магниттік шамаларды өлшеу құралдарында және бірінші кезекте машина жасау, металлургия, энергетика және ғылыми зерттеулерде өнеркәсіп талаптарын қанағаттандыруды қарастырады.

ЭӨТАК аясында ЭӨТ құралдарын құруға өту АӨЖ күрделі өлшеуіш құралдарын жеке әзірлемелерін ЭЕМ көмегімен жобалауға келесілік өту арқылы және шешімдердің максималдық артықшылықтарымен жобалық толықтыр арқылы алмасыру мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

ЭӨТАК құралдарын өндіріске әзірлеу мен енгізу мүмкіндік береді:

- ЭӨТ және АӨЖ құрылғыларын әзірлеуге шығындарды қысқарту;

- Кірме, мамандандырылған және кооперативтік бөлшектердің, түйіндердің, блоктар мен құралдардың шекті салмағын арттыру, яғни соңғы есепте еңбек өнімділігін арттыру, сонымен қатар еңбек өнімділігін арттыру есебінен қолданыстағы қуаттылықтарда өндіріс көлемін арттыру;

- өндіріске шығындарды қысқарту және қуаттылықтарды дамытуға капитал салымын қысқарту.

Жалпы жағдайда агрегаттау принципі келесілерден тұрады.

1. Машиналар, жүйелер және басқа да күрделі техникалық құрылғылар бірнеше тәуелсіз құралдардан, блоктардан немесе тораптардан тұратын агрегатты ұсынады.

2. Бұл құралдарды, блоктарды немесе түйіндерді мүшелеу олардың әрқайсысы белгілі қызмет атқаратындай және құрылымдық-техникалық аяқталуға ие болатындай жүргізіледі.

3. Құралдардың, блоктардың немесе түйіндердің жанасуы түрлері оларды берілген техникалық-эксплуатациялық сипаттары бар агрегаттарда жинау мүмкін боатындай түрде таңдалады.

4. Агрегаттардың функционалдық көп түрлілігіне құралдардың, блоктардың және түйіндердің әртүрлі үйлесімділігімен, сонымен қатар агрегат құрылымдарын оларды пайдалану процессінде өсіру мүмкіндігімен қол жеткізіледі.

5. Бір функционалдық тағайындалымдағы құралдар параметрлік қатарларға ие.

Автоматтандыру құралдары мен өлшеу, бақылау, реттеу және басқару жүйелерін құру кезіндегі аспап жасау өнеркәсібіндегі агрегаттау спецификасы құралдардың сипатының көп мөлшерімен, олардың әртүрлі сипаттылығымен және сипаттың күрделілігімен байланысты. Осыдан келесі ерекшеліктер туындайды:

- құралдардың үйлесімдігі түсінігін кеңейту, оның түрлерін, көрсететін құралдарын әртүрлі сипаттары бойынша кеңейту қажеттіліктері;

- машина жасаудан қарағанда, мысалы, параметрлердің біршама көп саны бойынша аяқталғандығы және аттестатталғандығы;

- параметрлік қатарлардың көп өлшемдігі;

- берілген техникалық-эксплуатациялық сипаттары бар агрегатты құрастыру процедурасын күрделендіру.

1.8. Электрлік өлшеуіш техника құралдарының агрегаттық кешенінің құрылымы мен құрамы

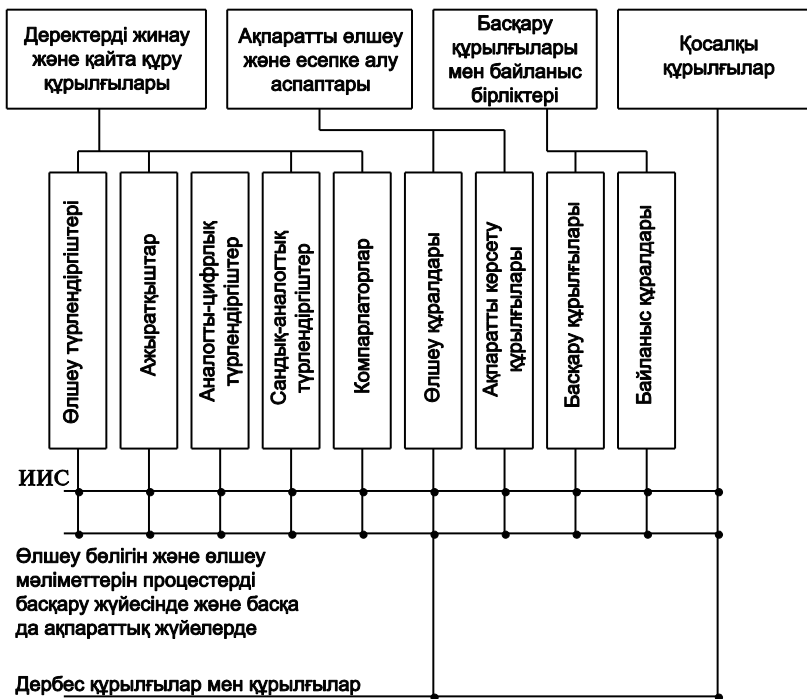
1.7-бөлімде баяндалған ЭӨТАК құрылымын анықтаудың әдістемелік сұрақтарын шешу кешеннің функционалдық және құрылымдық толықтығының талаптарын қанағаттандырудан шыға отырып ЭӨТАК құрылымын әзірлеуге мүмкіндік берді. Ол төрт негізгі іріленген топтан тұрады (1.1-сурет):

- ақпаратты жинау және түрлендіру құрылғылары (ақпараттың біріншілік және екіншілік түрлендіргіштер, коммутаторлар және т.с.с.);

- өлшеу және ақпаратты ұсыну құрылғылары;

- басқару құрылғылары мен байланыс блоктары;

- қосалқы құрылғылар.



1.1.- сурет. Электрлік өлшеу құралдарының жиынтық кешенінің құрылымы

Өз кезегінде көрсетілген топтардың әрқайсысы ЭӨТАК құралдарының номенклатуралық топтарынан тұрады.

ЭӨТАК құралдарының номенклатуралық топтары болып табылады:

- беру мен одан әрі түрлендіру үшін қолайлы, бірақ адамның тікелей қабылдауы үшін бейімді емес түрде өлшеуіш ақпараттың дабылын өндіру үшін тағайындалған және белгілі функционалдық тәуелділікті іске асыратын *өлшеуіш түрлендіргіштер*;

- ұқсас электрлік шамалар немесе бір құралдардан екіншілеріне сандық кодтар түрінде ұсынылған белгілі бағдарлама немесе мерзімдік дабылдар бойынша беру мен қосуды қамтамасыз ететін *коммутаторлар*;

- ұқсас шаманы сандық кодқа автоматты түрленуді іске асыратын *ұқсас-сандық түрлендіргіштер*;

- сандық кодтар түрінде ұсынылған дабылдардың ұқсас электрлік шамаларға автоматтық түрленуін іске асыратын *сандық ұқсас түрлендіргіштер*;

- өлшенетін (бақыланатын) шаманың ағымдағы және бұрын берілген мәндері арасындағы қатынасты сипаттайтын дабылдарды шығару үшін тағайындалған *компараторлар*;

- адамның немесе ЭЕМ қабылдауы үшін қол жетімді түрде өлшеу нәтижелерін ұсыну мен мәндердің электрлік шамаларын өлшеуді қамтамасыз ететін *өлшеу құрылғылары*;

- адамның қабылдауы үшін қол жетімді түрде зерттелетін шама туралы ақпаратты ұсыну (индикация немесе тіркеу) тағайындалған *ақпаратты ұсыну құрылғылары*;

- белгілі алгоритм бойынша жүйенің барлық блоктарының бірлескен жұмысын үйлестіру үшін тағайындалған *басқару құрылғылары*;

- жанаспалы агрегаттық құралдар арасында келісімді іске асыратын *байланыс құрылғылары*;

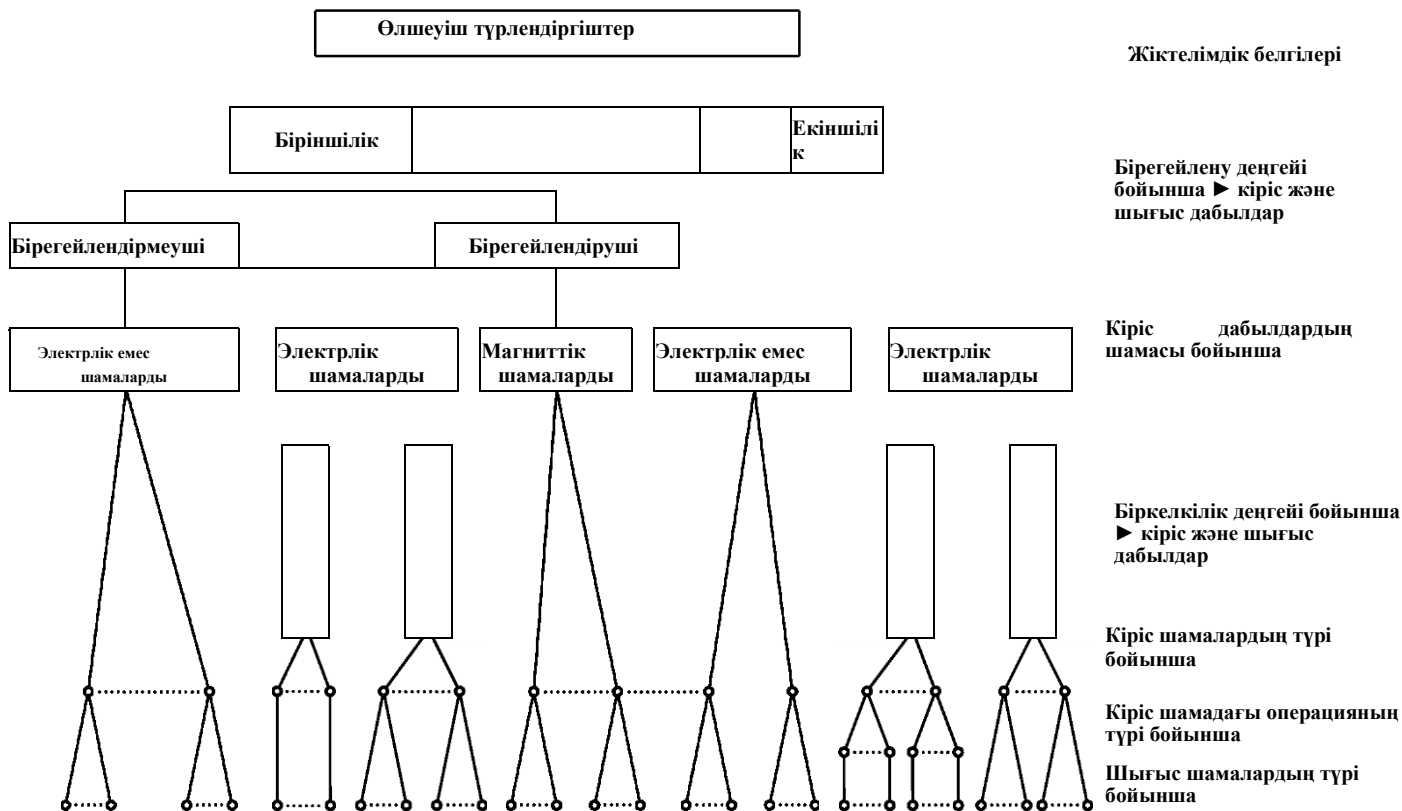
- қосалқы құрылғылар қорек көздерін, қондырғыларды құру және орнату блоктарынан, өзін өзі бақылау блоктарынан және т.с.с. тұрады.

Аталған номенклатуралық топтардың әрқайсысы қосалқы топтарға жүйелерде қолдану критерийлері бойынша жіктелуі мүмкін агрегаттық құралдардың кең гаммасын ұсынады, оған қоса көп жағдайда бірнеше деңгейлер бойынша.

Өлшеуіш түрлендіргіштер ӨТ-ді кез келген АӨЖ немесе ТП БАЖ өлшеу бөлігімен автоматтандыру, сынау немесе зерттеу нысанын байланыстырғандықтан, онда оның кірістері мен шығыстарында бірегейлендірілген дабылдың болуы агрегаттық принципі бойынша жүйелерді құру үшін маңызды болып табылады.

Өлшеуіш түрлендіргіштер біріншілік және екіншілік (1.2-сурет) болып бөлінеді. Біріншілік ӨТ кез келген кіріс физикалық шаманы электрлік дабылға түрлендіреді. Олар өз кезегінде бірегейлендірілмеген шығыс дабылы бар біріншілік ӨТ (сонымен қатар тетіктер деп аталады) және бірегейлендірілген шығыс дабылы бар біріншілік ӨТ бөлінеді. Шығыстағы бірегейлендірілмеген дабыл әдетте электрлік емес шамалардың ӨТ үшін тән, себебі бұл техникалық құралдар пайдаланылатын физикалық әсерлермен анықталатын «табиғи» шығыс дабылдарға ие, мысалы, термобулар, тензометрлер және т.с.с. Кез келген электрлік және магниттік шамаларды түрлендірген кезде нәтижесінде бірегейлендірілген дабылды алу үшін принциптік қиындықтар жоқ. Агрегаттық жүйелерде электрлік емес шамаларды өлшеу кезінде электрлік бірегейлендірілген дабылды алу бірегейлендірілмеген нәтиже мен бірегейлендірілген нәтижесі бар біріншілік ӨТ бірлесіп пайдаланған кезінде мақсатты болып табылады. Біріншілік ӨТ кірісінде және шығысында электрлік бірегейлендірілген дабылға ие.

Біріншілік және екіншілік ӨТ барлық мүмкін байланыстары мен дабылдардың түрленуі реттілігінің иллюстрациясы



1.2 Сурет. Өлшеуіш түрлендіргіштердің жіктелуі

1.3-сурет болып табылады, мұнда нұсқаумен бірегейлендірілмеген және бірегейлендірілген дабылдарды беру бағыттары көрсетілген. Барлық түрленетін және өлшенетін физикалық шамаларды өзінің табиғаты бойынша электромагниттік (электрлік және магниттік) және электрлік емес деп бөлу қабылданғандық, сондықтан сәйкес бөлімше біріншілік ӨТ үшін қабылданған:

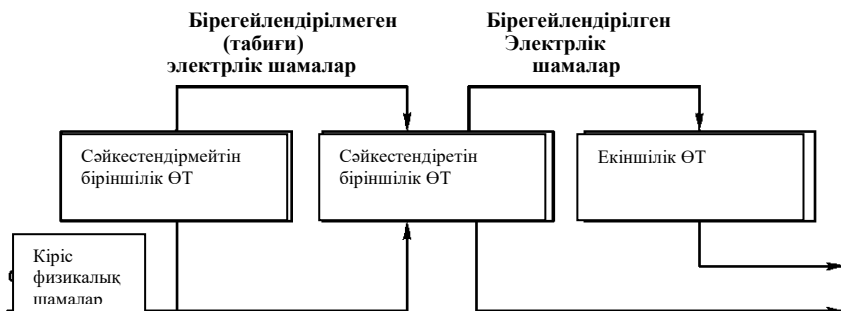
- электрлік шамалардың біріншілік ӨТ;
- магниттік шамалардың біріншілік ӨТ;
- электрлік емес шамалардың біріншілік ӨТ;

Бірегейлендірілген деп бірнеше шамаларды есептеу қабылданғандықтан, электрлік шамалардың ӨТ үшін қосымша жіктелімдік белгіні енгізу мақсатты: кіріс пен шығыстағы шамалардың бір тектілігі мен әр тектілігі. сондықтан да электрлік шамалардың біріншілік ӨТ мен екіншілік ӨТ бөлімшелерінің келесі деңгейі - бір тектілер және әртектілер.

ӨТ кез келген топшасының шегінде әрбір бөлімшенің негізі кіріс түрленетін шаманың түрі болып табылады (біріншілік ӨТ үшін бірегейлендірілмеген және екіншілік ӨТ үшін бірегейлендірілген). Мысалы, электрлік шамалардың біріншілік ӨТ кіріс дабылдары тұрақты ток, жиілік, айнаымалы токтың кернеуі, қуаттылық және т.с.с болуы мүмкін түрлендіргіштер жатады; магниттік шамалардың біріншілік ӨТ магниттік өрістік, магниттік өткізгіштіктің, индукцияның және т.с.с кернеу түріндегі кіріс дабылдары бар түрлендіргіштер жатады. Электрлік емес шамалардың біріншілік ӨТ кіріс шамалары температура, қысым, деңгей, деформация, орын ауыстыру және т.с.с. болып табылатынын түрлендіргіштер жатады.

ӨТ негізгі тағайындалымдарының бірі - шығыс дабылдардың бірегейлігін назарға алатын болса, онда жіктелімге тағы бір белгіні енгізудің мақсаттылығы айқын болады. Мұндай белгі шығыс бірегейлендірілген шаманың түрі болады. Бұл ретте біріншілік және екіншілік біртектік ӨТ үшін

1.3-сурет. Біріншілік және екіншілік түрлендіргіштердің ықтимал байланыстары



кіріс және шығыс бірегейлендірілген шамалардың түрі сәйкес келетіндігін атап өткен жөн. Айырмашылығы осы шамалардың мәндері ғана болып табылады. Осылайша, егер біріншілік біртекті ӨТ кіріс шамасы - бұл тұрақты токтың кернеуі болса, онда оның шығысындағы бірегейлендірілген шама сонымен қатар мәні бірегейлендірілген ретінде қабылданған қатар мәндерінің біріне тең тұрақты токтың кернеуі болады.

Біртекті біріншілік және екіншілік ӨТ үшін операция түрі маңызды болып табылады. Бұл бөлу, көбейту, дифференциялау, логарифмдеу, интегрлеу, дәрежесін шығару, жинақтау және т.с.с болуы мүмкін. Бұл операцияларды орындау кезінде кіріс шаманың түрі түрлендіргіштің нәтижесінде де сақталады.

Электрлік шамалардың біртекті емес біріншілік және екіншілік ӨТ үшін, сонымен қатар магниттік және электрлік емес шамалардың түрлендіргіштері үшін бұл түрдегі кіріс шамалардың әрқайсысы басқа түрдегі бірегейлендірілген шамалардың кез келгеніне түрлендірілуі мүмкін. Мысалы, электрлік шамалардың біріншілік ӨТ үшін айнымалы токтың кернеуі тұрақты токтың кернеуі түрінде бірегейлендірілген дабылдарға түрленеді; магниттік шамалардың біріншілік ӨТ үшін магниттік өрістің кернеуілігі тұрақты токтың кернеуі түрінде бірегейлендірілген дабылдарға түрленеді; электрлік емес шамалардың біріншілік ӨТ үшін орын ауыстыру тұрақты токтың кернеуі түрінде бірегейлендірілген дабылдарға түрленеді; тұрақты токтың электрлік шамаларының екіншілік ӨТ үшін - тұрақты ток кернеуі түріндегі бірегейлендірілген дабылдарға түрленеді.

карастырылған жіктелім олардың құрылу принципі, құрылымы, күрделілігі, құрылымдық рәсімделуі, сипаты мен түрленетін шамалардың диапазоны бойынша әртүрлі болғандықтан барлық ӨТ-ге қатыссыз таралған болуы мүмкін артықшылыққа ие болады. Сонымен қатар ол оның кез келген иерархиялық деңгейінде ӨТ тізімін толықтыру қажеттілігі туындаған жағдайларда да өзгеріссіз сақталады.

Коммутатор. Коммутаторлардың негізгі тағайындалымы - электрлік тізбектерді ауыстырып қосу және командаларға сәйкес өлшеуіш және қызметтік ақпаратты беру.

Коммутаторлар көп арналы АӨЖ құру үшін пайдаланылады, ӨТ-мен, ұқсас сандық түрлендіргіштермен (ҰСТ) және сандық өлшеуіш құралдарымен үйлесімдікте қолданылады.

Коммутаторлар номенклатуралық топ ретінде ақпаратты жинау және түрлендіру құрылғыларының негізгі тобына кіреді және дабылдардың өлшеуіш коммутаторлары (ӨК) мен қалыпқа келтірілетін қателігі жоқ коммутаторларға бөлінеді.

ӨК-ға қойылатын техникалық талаптар бірыңғай бірегейлендірілген үлгілерді құруға мүмкіндік бермегендіктен (бұл экономикалық тиімді емес),

ӨТ түріне байланысты ӨК-ға параметрлік ӨТ өлшеуіш коммутаторлар мен генераторлық ӨТ өлшеуіш коммутаторларына жіктеу жаңғырту мақсатты.

Параметрліктерге белсенді кедергі R , сыйымдылық C және индуктивтілік L ӨТ жатады. Осыған сәйкес коммутаторлардың бұл тобы белсенді кедергі ӨК, сыйымдылықты кедергі ӨК және индуктивті кедергі ӨК ӨТ жатады. Параметрлік ӨТ коммутаторлары сәйкесінше тұйық және ашпақ салынған күйлерде кедергінің минималдық және максималдық мәндері бар кілттерді қолдануды қажет етеді. ӨК дәлдігі үшін осы кедергілердің түрленуі мәні үлкен мәнге ие.

Генераторлық ӨТ-ге ток дабылдарының ӨТ (тұрақты токтың) және әлеуетті дабылдардың ӨТ (тұрақты және айнымалы кернеудің, жиіліктің және импульстық дабылдардың) жатады.

Генераторлық ӨТ барлық ӨК кілттердің қалдық кернеуіне және олардың жеке шуларының деңгейіне жоғары талаптарымен сипатталады.

Айнымалы токтың шығыс дабылы бар бірегейлендірілген ӨТ жоқ дерлік болғандықтан, токтың ӨТ ӨК тобында тек тұрақты токтың токтық ӨТ ӨК ғана қарастырылған.

Әлеуетті ӨТ коммутаторлары тұрақты ток кернеуінің ӨК түрлендіргіші мен айнымалы ток кернеуінің ӨК түрлендіргіштеріне бөлінеді.

Айнымалы ток кернеуінің коммутаторлары коммутирлеуші дабылдың жиілік спектрінің бұрмаланбаған берілісін қамтамасыз етуі тиіс, яғни кілттердің реактивтік кедергісінің минималдық мәнін қажет етеді.

Қалыпқа келетін қателігі жоқ коммутаторлар сандық және қызметтік импульстік дабылдардың коммутациясы үшін қолданылады. Бұл жағдайда негізгі болып табылатыны кодтық комбинациялардың бұрмаланбаған берілісін және олардың келесі құрылғының қатесіз қабылдауын қамтамасыз ететін жекелеген импульстарды талап ету болып табылады.

Ұқсас-сандық түрлендіргіштер. Ұқсас-сандық түрлендіргіштер өзінің тағайындалуы бойынша ақпаратты жинау мен түрлендіру құрылғылардың ірілендірілген тобына кіреді және мәні бойынша, біртекті емес екіншілік ӨТ көрсетеді, себебі бұл агрегаттық құрылғылардың кірісі мен шығысында - бірегейлендірілген дабылдар, бірақ әртүрлі түрде, кірісінде - ұқсас, шығысында - сандық код. Бірақ та бұл типті әдетте жекелеген номенклатуралық топқа бөледі, себебі ұқсас шаманы кодты баламаға түрлендіру процессінде эталонмен салыстыру жүреді (өлшеу құрылғыларына тән қасиет).

ҰСТ кіруге кез келген ұқсас бірегейлендірілген дабылдар кіретіндіктен, бұл түрлендіргіштерді тұрақты токтың ҰСТ, тұрақты ток кернеуінің ҰСТ, айнымалы ток кернеуінің

ҰСТ және жиілік ҰСТ (уақыттық интервалдар) деп бөлу мақсатты. ҰСТ шығыс дабылы - екілік қалыпты код.

Сандықұқсас түрлендіргіштер. Сандық ұқсас түрлендіргіштер (СҰТ) алдыңғы номенклатуралық топ құралдарына қатысты керу түрленіду іске асырады. Олар сонымен қатар мәні бойынша біртекті емес екіншілік ӨТ болып табылады. Оларды жеке номенклатуралық топқа бөлу бұл агрегаттық құралдардың нысанға басқарушы әсер етуді құру үшін бұл агрегаттық құралдар кеңінен қолданылатындығымен түсіндіріледі.

Олардың кіруінде қос қалыпты және қос ондық код түріндегі 8-4-2-1 салмақтары бар бірегейлендірілген дабылдар келіп түседі, СҰТ шығысында - ұқсас электрлік шамалар түседі. Бұл, ең алдымен бірегейлендірілген дабылдар: тұрақты ток, тұрақты және айнымалы токтардың кернеуі мен жиілік. Соңғы уақытта өлшеу саласында тексеру және бақылау жұмыстарын автоматтандырудың өсуімен байланысты аталған ұқсас шамалардың дәл СҰТ-калибраторлары пайда болды. Калибраторлар аталған шамалардан басқа фаза бойынша эталондық ілгерілеуі бар дабылдарды, эталондық жиіліктің импульстік реттіліктерін, эталондық кедергілерді, индуктивтілік сыйымдылықтарды құруға мүмкіндік береді.

Компараторлар. Бұл құрылғылар логикалық операцияларды іске асыратын өлшеуіш түрлендіргіштерге жатады және салыстыру құрылғылары болып табылады. Олар өлшенетін шаманың (бақыланатын) ағымдағы мәнін бұрын берілген осы шаманың мәнімен салыстыруды орындайды және үш оқиғаға сәйкес келетін дабылдарды береді: берілген мәннен кіші, тең немесе үлкен ағымдағы мән. Дискриминаторларды пайдалану өлшенетін шаманың мәнінің белгілі аймақтарын бақылауға және осы шамалармен сипатталатын процесстерді басқару немесе реттеу үшін басқарушы дабылдарды беруге мүмкіндік береді.

Өлшенетін (бақыланатын) шаманың ағымдағы және берілген мәнін ұсынатын дабыл түріне қарай дискриминаторларды ұқсас және сандық деп бөлуге болады. Дискриминаторлардағы ұқсас түрде салыстыру әдетте бірегейлендірілген дабылдар түрлеріне жүргізіледі, яғни тұрақты токтың кернеуі, айнымалы токтың кернеуі, тұрақты ток пен жиілік бойынша. ұқсас-сандық дискриминаторлардың құрылуы мүмкін, оларда ағымдағы мән ұқсас дабыл түріне ие, ал берілген мән - сандық түрге, яғни СҰТ пайдалану арқылы түрге ие.

Өлшеу құрылғылары. Осы топ үшін жіктелімдік топ ретінде келесі белгілер пайдаланылған: тағайындалуы, ақпаратты көрсету түрі, ақпаратты ұсыну формасы, кіріс дабылдың түрі.

Ақпаратты көрсету түрі бойынша өлшеу құрылғылары ұқсас және сандық болып бөлінеді. Тасымалдағышта ақпаратты бекіту

ұзақтығы бойынша ұқсастар, өз кезегінде, тіркеуші және көрсетуші болып бөлінеді.

Тіркеушілерге ұзақ мерзімдік жады қасиеттеріне ие қандай да бір тасымалдағыштағы ақпаратты бекітетін құрылғылар жатқызылады. Бұл ақпаратты адам қабылдап және оны шексіз ұзақ уақыт аралығы ішінде көп рет пайдаланылуы мүмкін.

Көрсететіндерге оны сақтау және тек салыстырмалы ұзақ емес уақыт аралығын санауға рұқсат ететін тасымалдағышта ақпаратты көрсететін құрылғылар жатады.

Сандық өлшеуіш құрылғыларда (СӨА) тек көрсеткіш аспаптар ғана қарастырылады. Сандық өлшеуіш аспаптар сандық түрде ақпаратты беру арқылы электрлік шамаларды өлшеу үшін тағайындалған.

Олар автономдық аспаптар ретінде де, сонымен қатар басқа жүйелердің көп арналы АӨЖ немесе өлшеуіш бөлігінде пайдаланылады.

Қандай шамаларды өлшеу үшін олардың тағайындалғанына байланысты, СӨА ал үлкен қосалқы топтарға бөлінеді: вольтметрлер, амперметрлер, электрлік тізбектердің параметрлерін өлшеуіштер, жиілікті-уақыттық топ аспаптары, құрама аспаптар мен фаза өлшеуіштер.

Өз кезегінде, вольтметрлер мен амперметрлер өлшенетін токтың түрі бойынша тұрақты және айнымалы токтардың аспаптарына бөлінеді, ал вольтметрлердің арасында импульстардың амплитудасын өлшеуге арналған санат пайда болады.

Электрлік тізбектер параметрлерінің өлшеуіштері омметрлер мен пайыздық омметрлерге, сыйымдылық өлшеуіштеріне, индуктивтілік өлшеуіштеріне және электрлік тізбектер параметрлерінің әмбебап өлшеуіштеріне бөлінеді. Әдетте, сыйымдылық мен индуктивтілік өлшеуіштері шығынның тангенс бұрышы мен пайыздық ауытқуды өлшеуге мүмкіндік береді.

Электрлік тізбектер параметрлерінің әмбебап өлшеуіштері өлшеудің сыйымдылығы мен индуктивтілігінен басқа сонымен қатар кедергі, өткізгіштік, шығын бұрышының тангенсі, пайыздық ауытқу, тізбектің тұрақты уақытын өлшеуге мүмкіндік береді.

Вольтметрлер мен омметрлер кернеу мен кедергі қатынасына қосымша өлшеу жаңғыртуға мүмкіндік береді.

Жиілікті уақыттық топтың аспаптары жиілік өлшеуіштер, уақыттық интервалдардың өлшеуіштері мен импульстердің өлшеуіштеріне бөлінеді.

Жиілік өлшеуіштері жиілікті өлшеу/ T кезеңі мен импульстер t арасындағы уақыт аралығын өлшеуден басқа кейде A жиіліктің пайыздық ауытқуын/ t импульстер ұзақтығына, $1/n$ жиіліктері мен жиілікті бөлуді f/n іске асыруға мүмкіндік береді.

Импульс есептеуіштері, әдетте, тік, реверстік шот және алдын ала орнату арқылы импульстар есебіне, сонымен қатар жиілік бөліктерін жаңғыртуға мүмкіндік береді.

Құрама аспаптар аспаптардың кең гаммасынан тұрады, себебі бір аспапта екі немесе одан көп жоғарыда келтірілген параметрді өлшеу мүмкіндігін қосу біріктірілген аспапты береді, мысалы, вольтметр, вольтамперфарадметр және т.с.с. Өлшеу тұрақты токта да, айнымалы токта та жүргізіледі.

ЭОТАК-қа ұқсас көрсетуші қалқандық және панельдік аспаптар жатады. Бұл аспаптар сандықпен салыстырғанда біршама қарапайым және арзан ретінде олардың салыстырмалы шағын мөлшерінде біршама маңызды шамалардың өлшемдерін көшірмелеу үшін АӨЖ кейбір типтерінде қолданысқа ие.

Бұрын қаралғандарға сәйкес ұқсас көрсетуші аспаптары өлшенетін шамасы бойынша тұрақты ток амперметрлеріне, тұрақты және айнымалы токтардың вольтметрлеріне және жиілік өлшеуіштерге жіктеледі.

Өлшеуіш ақпаратты ұсынудың формасын жіктелімдік белгі ретінде пайдалана отырып, өлшеудің тіркеуші құрылғыларын графикалық түрде өлшеуіш ақпаратты көрсететін графикалық және жекелеген нүктелерді цифрлау арқылы графикалық түрдегі ақпаратты көрсететін белгі графикасы деп бөлуге болады.

Өлшеудің графикалық тіркеуші құрылғылары тобын қалыпқа келтірілген қателігі бар сәуле шығаратын осциллографтар, өздігінен жазатын және екі координаталық аспаптар құрайды.

Өлшеудің белгі графикалық тіркеуші құрылғылары тобының туындауына тенденция бар, оны дәл сондай, бірақ сандық түрде (жекелеген нүктелерді цифрлау) немесе әліпбилік сандық, фондық, қызметтік ақпарат түрінде жекелеген нүктелерде өлшенетін шамалардың мәндерін тіркеу мүмкіндігімен ерекшеленетін құрылғылар түзеді.

ЭОТАК өлшеудің ұқсас тіркеуші құрылғыларын жатқызған кезде, көрсеткіш құрылғылардағыдай принцип қолданылады, яғни ЭОТАК қалқандық және панельдік, сонымен қатар зертханалық аспаптар кіреді.

Өлшенетін шамасы бойынша өлшеудің тіркеуші құрылғыларын жіктеу көрсететін аспаптардың жіктелулері ұқсас, бірақ тағы бір санат қосылады - бұл кіріс дабылы көптеген жағдайларда тұрақты токтың кернеуі болып табылатын екі координаталы аспаптар.

Ақпаратты ұсыну құрылғылары. Бұл топқа басқа құрылғылар орындаған өлшеу мен өңдеу нәтижелерін көрсету үшін ғана тағайындалған құрылғылар жатады. Осыған байланысты барлық осы құрылғылардың кіріс дабылы

дискреттік дабыл болып табылады және жекелеген жағдайларда ғана оған ұқсастар толықтырылуы мүмкін.

Ақпаратты ұсыну құрылғыларын жіктеу белгілері өлшеу құрылғыларының жіктелімдік белгілеріне ұқсас болады.

Өлшеу ақпаратын көрсету түрі бойынша олар тіркеуші және көрсеткіш болып бөлінеді, олардың әрқайсысы, өз кезегінде - ақпаратты ұсыну формасына байланысты қосалқы топтарға бөлінеді. Осылайша, көрсетуші құрылғылар белгілік ақпаратты ұсынудың графикалық ұқсас құрылғылары мен белгілік графикалық болып бөлінеді. Соңғысы үшін кірістегі ұқсас және кодтық дабылдардың үйлесімі тән.

Ақпаратты ұсынудың графикалық құрылғылары ақпаратты графикалық түрде көрсетеді және екі санатқа бөлінеді: ақпарат үздіксіз сызықтармен ұсынылатын үздіксіз және ақпарат гистограммалар түрінде ұсынылатын дискреттік болып бөлінеді.

Белгілік ақпараты өлшеу құрылғыларының қосалқы тобын оқиғалар индикаторы, мнемосұлбалар ұяшықтарының пиктографикалық индикаторлары, әліпбилік-сандық индикаторлар және мнемосұлбаларды түзеді.

Белгілік-графикалық ақпаратты ұсынудың көрсетуші құрылғыларын көрсететін қосалқы тобы ұқсас түрде де, белгілік түрде де көрсетуге мүмкіндік беретін құрылғылар құрайды, яғни әмбебап индикаторлар (дисплейлер).

Ақпаратты ұсынудың тіркеуші құрылғылары графикалық, белгілік және белгілік графикалық болып бөлінеді. Ақпаратты ұсынудың графикалық тіркеуші құрылғылары үздіксіз және дискреттік болып бөлінеді. Бұл қосалқы топтар сандық кірісі бар әртүрлі типтегі график салғышты құрайды.

Ақпаратты ұсынудың белгілік тіркеуші құрылғылары санды басып шығаратын және әліпбилік -сандық басып шығарушы құрылғыларға бөлінеді. Ақпаратты ұсынудың белгілік графикалық тіркеуші құрылғылары топшасына графиктің жекелеген нүктелерін тіркеу мүмкіндігіне ие сандық кірісі бар график салғыштар кіреді.

Басқару құрылғылары. Басқару құрылғылары мен байланыс блоктары тобы біршама өзгеше, себебі оған кіретін құралдар біршама деңгейде жүйенің құрылымына, жұмыс істеу алгоритмдеріне, құралдар арасындағы ақпаратпен алмасу режимдеріне, сонымен қатар элементтік базаны интеграциялау деңгейіне, есептеуіш құрылғыларды қолдану деңгейі мен басқа да факторлар қатарына байланысты болады.

Қазіргі уақытта басқару құрылғыларын үш топшаларға бөлуді, ал байланыс блоктарын - төрт топшаларға бөлуді ұсынуға болады.

Басқару құрылғыларының бірінші топшасына қызметтік ретінде пайдаланылатын дабылдарды құрайтын таймер мен сағат, сонымен қатар ағымдағы уақыт мәнінің кодтық элементтері кіреді.

Басқару құрылғыларындағы екінші топша бағдарламалық құрылғылар (контроллерлер) болып табылады, олар жүйелердегі жекелеген агрегаттық құралдардың жұмысын басқарады.

Үшінші топқа басқарудың біршама күрделі құрылғылары жатады, олар есептеуіш құрылғылардан тұрады (тек қана бағдарламалық басқаруды ғана іске асыру ғана емес, сонымен қатар калибрлеу, температуралық қателікті түзету, линеаризация, ақаулардың диагностикасы, өлшеуіш ақпаратты біріншілік өңдеуді және т.с.с.іске асыруға мүмкіндік беретін шағын ЭЕМ мен микропроцессорлар). Басқару құрылғыларының бұл тобын көбінесе белсенді контроллерлер деп атайды.

Байланыс блоктар қабылданған интерфейстерге сәйкес түйісетін агрегаттық құралдар арасында ақпараттық және қызметтік дабылдардың ағымын келісу міндетін шешеді. Байланыс блоктарына топтық пассивтік контроллерлер, кеңейткіштер, деңгейлер мен қуаттылықтар бойынша кіріс және шығыс дабылдарын келісу құрылғылары кіреді.

Қосалқы құрылғылар. Бұл топ құрылғыларын жіктеу кейін АӨЖ және ТП БАЖ құру тәжірибесінің жинақталуы шамасы бойынша жүргізілетін болады.

Бақылау сұрақтары

1. Ресейде өндірістік аспаптар мен автоматтандыру құралдарының мемлекеттік жүйесі қандай мақсаттарда құрылған?
2. Телемеханика құрылғыларының тағайындалымы қандай?
3. Қандай дабылды бірегейлендірілген деп атайды?
4. Функционалдық белгісі бойынша бөлінген өндірістік аспаптар мен автоматтандыру құралдарының мемлекеттік жүйесінің бұйымдар тобын атаңыз.
5. өндірістік аспаптар мен автоматтандыру құралдарының мемлекеттік жүйесінде бақыланатын шамалар бөлінген бес топты атаңыз.
6. Басқарудың пневматикалық және гидравликалық құралдарының артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
7. Электрлік өлшеуіш техника құралдарының агрегаттық кешенін құрудың мақсаты қандай?
8. ЭӨТАК құрылымы мен құрамы қандай?

ФИЗИКАЛЫҚ ШАМАЛАР МЕН ОЛАРДЫҢ БІРЛІКТЕРІ

2.1. Физикалық шамалар мен бірліктердің түрлері

Ғылымда, техникада және күнделікті өмірде біз бізді қоршайтын денелердің әртүрлі қасиеттерімен қатынаста боламыз. Бұл қасиеттер денелер арасында өзара әрекеттесу процесстерін және олардың сезу органдарына әсерін көрсетеді. Қасиеттерді сипаттау үшін физикалық шамалар енгізіледі, олардың әрқайсысы көптеген нысандар үшін (физикалық денелер, олардың күйі, олар қатысатын процесстер) сапалық ортақ, бірақ әртүрлі нысандар үшін сандық қатынаста әртүрлі болып табылады. Физикалық шамаға өлшеу беру үшін біз бірлікті орнатамыз. Белгілі физикалық шаманың бірлігі анықтама бойынша бірге тең деп есептелетін осы шаманың мәнін көрсетеді. Белгілі нысан үшін әртүрлі шаманың сандық мәнін біле алатын біздің операция осы шаманы *өлшеуді* ұсынады. Физикалық шаманы өлшеу бір мәнді сипатқа ие болуы үшін, келесілерді қамтамасыз еткен жөн: екі біртектік (бір атаулы) шамалардың қатынасы олардың қандай бірлік көмегімен өлшенгендігіне тәуелді болмауы тиіс. Физикалық шамалардың басым көпшілігі, әдетте *салыстырмалы мөлшердің абсолюттік мәнінің шарты* деп атайтын шартты қанағаттандырады. Бұл шарт, кемінде, екі біркелкі шамаларды осындай сандық салыстыру нәтижесінде осы шамалардың қатынасын өрнектейтін сан алынатын принципиялдық мүмкіндік болғанда сақталады.

Бірақ кейде осы талапқа жауап бермейтін шамамен сипатталуы мүмкін емес қасиеттерді өлшеу қажет болады. Бұл жағдайда кейбір шартты шамаларды және сәйкесінше шкалаларды енгізеді.

Шамалардың әртүрлі бірліктерінің үлкен саны болған және бар, бұл ең алдымен халықаралық сауда қатынастарында және ғылыми зерттеулердің нәтижелерімен алмасуда біршама қиындықтар тудырады.

Бұрында бірліктердің көпшілігі әдетте бір-бірінен мүлдем тәуелсіз бекітілген. Жағдайлар қатарында тек

ұзындық, аудан және көлем бірліктері ғана шектеу болды. Негізгі шамалар өзара тәуелсіздік жағдайларынан және олардың көмегімен басқа физикалық шамалармен байланыс орнату мүмкіндігін ескере отырып таңдалады. Бұл байланыстар негізгі және олардың туынды шамалары арасындағы белгілі заңдылықтар көмегімен орнатылады. Осылайша, шартты таңдалатын *негізгі бірліктер* деп ааталатындардың бірнешеуінен *туынды бірліктер* құрылады.

Метрологияда әртүрлі физикалық шамаларды өзара байланыстыратын теңдеудің екі түрі бар: шамалар арасындағы байланыс теңдеулері мен сандық мәндер арасындағы байланыс теңдеулері. Біріншілері бірліктерге қарамастан жалпы түрдегі шамалар арасындағы қатынасты көрсетеді; екіншісі шамалар теңдеуіне кіретін таңдалған бірліктерге байланысты әртүрлі түрге ие болады. Бұл ретте сандық мәндер арасындағы байланыс теңдеулерінде көбінесе пропорционалдық коэффициенттері болады. Дәл осы физикалық шамалардың бірліктерін орнату үшін сандық мәндер арасындағы байланыс теңдеулері пайдаланылады. Теңдеудің бірінші түрі мына түрге ие

$$X = f(X_1 X_2, \dots, X_m), \quad (2.1)$$

мұнда $X_1 X_2, \dots, X_m$ — байланыстың кейбір теңдеуімен X өлшемені шамасымен байланысты шамалар.

Егер $X_1 X_2, \dots, X_m$ негізгі шамаларды ұсынатын болса, (2.1) теңдеу туынды шамаларды түзу қызметін атқарады.

Мысалы, күш F $F = ma = m l T^{-2}$ теңдеуімен анықталады, мұнда m — күш түсірілген дене салмағы; a — дененің оған осы күш салғандағы алатын жылдамдығы; l — ұзындық. Барлық жүйелерде ұзындық, салмақ және уақыт негізгі шамаларды ұсынатындықтан, күш туынды шама болып табылады.

Теңдеудің екінші түрі - сандық мәндер арасындағы байланыс теңдеулері - өлшем бірліктерін орнату үшін пайдаланылады. (2.1) теңдеуге кіретін шамаларды төмендегі түрде өлшемнің негізгі теңдеуіне сәйкес ұсынуға болады

$$X = q[X]; X_1 = q_1[X_1]; X_2 = q_2[X_2]; X_m = q_m[X_m],$$

мұнда $q, q_1 q_2, \dots, q_m$ — сандық мәндер; ал $[X], [X_1], [X_2], [X_m]$ — шама бірліктері.

2.2. Физикалық шамалар бірлік жүйелері

Қабылданған принциптерге сәйкес құрылған шамалардың кейбір жүйесіне қатысты негізгі және туынды бірліктердің жиынтығы *бірлік жүйесін* құрады.

Физикалық шамалар бірлігінің тарихи бірінші жүйесі ретінде 1791 ж. Франция Ұлттық жиналысымен қабылданған *метрлік өлшем жүйесі* қабылданды. Ол заманауи түсінікте әле де бірлік жүйесі болған жоқ, бірақ негізіне екі бірлік: метр мен килограмм қойылған ұзындық, аудан, көлем, сыйымдылық және салмақ бірліктерінен тұрды.

1832 ж. неміс математигі К.Гаусс негізгі және туындылардың жиынтығы ретінде бірлік жүйесін құрудың әдістемесін ұсынды. Ол бірлік жүйесін құрды, онда негіз ретінде бір бірінен тәуелсіз үш бірлік ұзындық, салмақ және уақыт бірлігі қабылданды. Барлық қалған бірліктерді осы үш бірлік көмегімен анықтауға болатын. Белгілі түрде үш негізгі ұзындық, салмақ және уақыт бірліктерімен байланысты бірлік жүйесін К.Гаусс *абсолюттік жүйе* деп атады. Негізгі бірлік ретінде ол миллиметр, миллиграм және секундты қабылдады.

Одан кейін ғылым мен техниканы дамуымен өлшеудің метрлік жүйесіне негізделетін, бірақ бірінен бірі негізгі бірліктермен ерекшеленетін К. Гаусс ұсынған принцип бойынша құрылған физикалық шама бірліктерінің жүйесінің қатары пайда болды.

Физикалық шамалар негізгі бірлік жүйелерін қарастырайық.

2.2.1. СГС жүйесі

Негізгі бірлік ретінде сантиметр ұзындық бірлігі, грамм салмақ бірлігі және секунд уақыт бірлігі болып табылатын СГС физикалық шамаларының бірлік жүйесі 1881 жылы I Халықаралық электриктер конгресімен орнатылған. Конгресс СГС жүйесін Гаусс ұсынған принциптер бойынша орнатты және екі маңызды туынды бірліктер үшін атау енгізді: дина - күш бірлігі үшін және эрг - жұмыс бірлігі үшін. СГС жүйесінде қуаттылықты өлшеу үшін эрг секундына қолданылады, кинетикалық тұтқырлықты өлшеу үшін - стокс, динамикалық тұтқырлық өлшеу үшін - пуаз қолданылады.

СГС жүйесіндегі қысым шаршы сантиметрге динамен өлшенеді. Бұл бірлік бұрын бар деп аталды, бірақ 10^5 Н/м^2 тең қысым бірлігін барға ауыстырумен байланысты, СГС қысым бірлігі үшін кейде бар атауы және бір кезетте микробар атауы қолданылады (себебі ол жаңа бардың бір миллионына тең).

Механикалық өлшемдер саласында СГС жүйесі үш негізгі бірліктерге сүйенеді, оларды ішінде басқалар туынды ретінде түзіледі.

Электрлік және магниттік өлшемдер үшін СГС жүйесін қолданумен байланысты іс күрделі тұр. Тарихта олар үшін қазіргі уақытқа

дейін электрлік және магниттік шама үшін СГС жүйесінің жеті түрі бар екендігі қалыптасты, олардың ішінде келесі үшеуі біршама кеңінен таралған.

1. Үш негізгі бірліктерден - сантиметр, грамм, секундтан құрылған СГСЭ жүйесі; вакуумның диэлектрлік өткізгіштігі өлшемсіз бірлікке тең деп қабылданған. Бұл жүйе сонымен қатар *абсолюттік электростатикалық бірлік жүйесі* деп те аталады.

2. СГСМ жүйесінің негізгі бірліктері СГСЭ жүйесіндегідей - сантиметр, грамм, секунд, ал вакуумның магниттік өткізгіштігі өлшемсіз бірлікке тең деп қабылданған. Бұл жүйе сонымен қатар *абсолюттік электромагниттік бірлік жүйесі* деп те аталады.

3. Сонымен қатар симметриялық жүйе немесе *Гаусс жүйесі* деп аталатын СГС жүйесі. Онда электрлік бірліктер СГСЭ электрлік бірліктерімен, ал магниттік - СГСМ магниттік бірліктермен үйлеседі.

2.2.2. МКГСС жүйесі

Белгілі болғандай, XVIII соңында өлшемнің метрлік жүйесін орнату кезеңінде килограмм салмақ бірлігі ретінде қабылданды.

Килограммды салмақ бірлігі ретінде қолдану, ал кейін XIX ғ.соңында күш бірлігі ретінде үш негізгі бірліктері бар физикалық шамалардың бірлік жүйесін құруға әкелді: метр - ұзындық бірлігі, килоргамм - күш - күш бірлігі және секунд - уақыт бірлігі (МКГСС жүйесі).

Килограмм-күш (кгс) -бұл килограммның халықаралық прототипі 9,80665 м/с² үдеу салмағына тең салмақты білдіреді, (еркін құлаудың қалыпты үдеуі).

Бұл бірлік жүйесі «техникалық» деген ресми емес атау алып, механика мен техникада кеңінен қолданылды. МКГСС жүйесінің таралу себептерін бірі салмақ бірліктерінде күшті өрнектеуді қолайлығы мен күштің негізгі бірлігі - килограмм-күштің қолайлы өлшемі болды.

МКГСС жүйесінде салмақ бірлігі ретінде 1 кгс салынған күш әсерімен 1 м/с² үдеу алған дене салмағы қабылданған. Бұл бірлік (шаршы метрде килограмм - күш - секунд) кейде салмақтың техникалық бірлігі (с.т.б) немесе инерттік деп аталады, дегенмен бұл екі атау да физикалық шамалардың бірліктеріне ұсыныстардың бірінде бекітілмеген. МКГСС салмақ бірлігі — $\text{кгс} \cdot \text{с}^2/\text{м} \sim 9,81 \text{ кг}$ — БЖ салмақ бірлігі.

Техникада МКГСС жұмыс пен энергия бірліктері - килограмм-күш-метр ($\text{кгс} \cdot \text{м}$) бірліктері мен қуаттылық бірлігі - секундына килограмм-күш-метр ($\text{кгс} \cdot \text{м}/\text{с}$) кеңінен қолданылған.

2.2.3. МТС жүйесі

МТС жүйесінде негізгі бірліктер ұзындық бірлігі - метр, салмақ бірлігі - тонна және уақыт бірлігі - секунд болып табылады.

Бірліктердің бұл жүйесі алғаш рет 1919 жылы Францияда өлшем бірліктері туралы заң ережесінде қабылданған. 1927-1933 жж. МТС жүйесі кеңестік стандарттармен механикалық бірліктерге ұсынылған. Тоннаны салмақтың негізгі бірлігі ретінде таңдау сәтті болды, себебі бір жағынан ұзындық пен көлем бірліктері арасындағы сәйкестікке және екінші жағынан салмақ бірлігіне қол жеткізілді (көптеген техникалық есептер үшін жеткілікті дәлдікпен, 1 т 1м³ суды салмағына сәйкес келеді). Оған қоса, осы жүйедегі жұмыс пен энергия бірлігі (килоджоуль) және қуаттылық бірлігі (киловатт) сәйкес еселенген тәжірибелік электрлік бірліктермен сәйкес келді.

МТС жүйесінде күш бірлігі ретінде 1 т салмаққа 1 м/с² үдеуді хабарлайтын күшке тең стен (сн), қысым бірлігі ретінде - пьеза (1 сн/м²) қолданылады.

2.2.4. Электрлік бірліктердің абсолюттік практикалық жүйесі

Бұл жүйе 1881 жылы I халықаралық электриктер конгрессімен СГСМ жүйесінен туынды ретінде орнатылды және СГС жүйесінің электрлік және магниттік бірліктері тәжірибе үшін (біреулер аса үлкен болды, екіншілер өте кішкентай болды) қолайсыз болғандықтан тәжірибелік өлшемдер үшін тағайындалған. Бірінші тәжірибелік электрлік бірліктер ретінде қабылданды:

- нәтижесінде ОМ атауын алған СГСМ кедергісінің 10⁹ бірліктеріне тең электрлік кедергінің тәжірибелік бірлігі;
- вольт деп аталған СГСМ электрлік қозғалтқыш күшінің 10⁸ бірліктеріне тең электрлік қозғалтқыш күшінің тәжірибелік бірлігі;
- электрлік ток күшінің тәжірибелік бірлігі - ампер, ол СГСМ ток күшінің 10⁻¹ электр магниттік бірліктеріне тең;
- фарад деп аталған СГСМ электрлік сыйымдылықтың 10⁻⁹ бірліктеріне тең электрлік сыйымдылықтың тәжірибелік бірлігі.

1889 жылғы II Халықаралық электриктер конгрессі тәжірибелік электрлік бірліктердің тізіміне тағы үшеуін қосты:

- СГСМ 10⁷ энергия бірліктеріне тең джоульді энергия бірлігі ретінде;
- СГСМ 10⁷ қуаттылық бірліктеріне тең ватт;

• СГСМ 10^9 индуктивтілік бірлігіне тең индуктивтілік бірлігі ретінде квадрант (кейінде бұл атау генриге ауыстырылды).

Одан кейін Халықаралық электротехникалық комиссия мен басты конференциялардың салмақ және өлшем бойынша шешімдерімен басқа тәжірибелік электрлік және магниттік бірліктер бекітілді (вебер, сименс, тесла және т.б.).

1893 жылы Чикагода III халықаралық электриктер конгресі *халықаралық электрлік бірліктерді* қабылдады, ол электрлік бірліктердің абсолюттік тәжірибелік жүйесі бірлігінен олардың бірліктерді теориялық анықтауынан емес, эталондарға негізделуімен ерекшеленді.

Конгресс үш негізгі халықаралық электрлік бірліктерді орнатты:

- халықаралық ом, оны анықтау үшін сынап эталонын пайдаланды;

- халықаралық ампер, күміс вольтметр көмегімен анықталды;

- халықаралық вольт, Кларк элементі бойынша анықталды.

Қалған электрлік бірліктер (халықаралық кулон, халықаралық фарад және т.б.) олардың туындылары ретінде анықталды.

Халықаралық электрлік бірліктерді орнату бойынша жұмысты аяқтау мен абсолюттік тәжірибелік және халықаралық бірліктерді анық шектеу 1908 ж. Халықаралық Лондон электрлік конференциясының шешімі болды. Тәжірибелік өлшемдер кезінде жеткілікті жақындаумен және және заңнамалық максаттардың бірліктері ретінде электрлік бірліктерді жаңғыртады, конференция халықаралық ом, халықаралық ампер, халықаралық вольт және халықаралық ватты қабылдауды ұсынды.

2.2.5. МКСА жүйесі

Бұл жүйенің негізін 1901 жылы итальяндық ғалым Джорджи болжаған (сондықтан жүйе 1958 ж. Халықаралық электротехникалық комиссия қабылдаған, бірақ кеңінен таралуға ие болмаған «Джорджи жүйесі» деген екінші атауға ие). МКСА жүйесінің негізгі бірліктері метр, килограмм, секунд және ампер болып табылады. МКСА жүйесінде күш ньютонмен, жұмыс пен энергия - джоульмен, қуат - ваттпен өлшенеді.

МКСА жүйесінде механикалық бірліктер толықтай электрлік және магниттік бірліктердің абсолюттік тәжірибелік жүйесінің бірліктері - ампер, вольт, ом, кулон және т.б. толықтай келісілген. МКСА жүйесі Халықаралық бірлік жүйесінің (БЖ) бөлігі болып табылады.

2.2.6. Жүйеден тыс бірліктер

Әртүрлі жүйемен анықталатын бірліктердің қолданысын беретін белгілі артықшылықтарға қарамастан, қазіргі уақытқа дейін жүйелердің біріне де жатпайтын әртүрлі бірліктер кеңінен таралған. *Жүйеден тыс бірліктер* деп аталатындардың саны біршама көп және олардың көпшілігінен оларды белгілі салаларда қолданудың қолайлығына қарай бас тартуға болмайды, қалғаны тарихи дәстүрлер күшімен сақталған.

Осылайша, қысым бірлігі - 1 см² ауданға 1 кгс күшпен жүргізілетін қысымға тең атмосфера қысымы туындады, себебі атмосфера өлшемі бойынша теңіз деңгейіндегі атмосфералық ауаның орташа қысымына жақын.

Кеңінен қолданысқа ие маңызды жүйеден тыс бірліктердің қатарына ұзындық бірліктері - ангстрем, жарық жылы, парсек кіреді; аудан бірліктері - ар, гектар; көлем бірліктері - литр; салмақ - карат; қысым - атмосфера, бар, сынап бағанының миллиметр, су бағанының миллиметрі; жылу мөлшері - калория; электрлік энергияның - электрон-вольт, киловатт-сағат; акустикалық шамалар - децибел, октава; иондаушы сәулелер - рентген, рад, юри.

Жүйеден тыс бірліктердің келесі тобын ондың принцип бойынша емес жүйенің негізгі бірліктерінен құрылған бірліктер құрайды. оларға бірінші кезекте минут пен сағат сияқты уақыттың кеңінен таралған бірліктері жатады.

соңында, соңғы топты қандай да бір жүйемен байланысты емес бірліктер құрайды. Мұнда орысша, ағылшынша және т.с.с. барлық ескірген ұлттық бірліктер кіреді.

2.2.7. Салыстырмалы және логарифмдік шамалар мен бірліктер

Ғылым мен техникада салыстырмалы және логарифмдік шамалар мен олардың бірліктері кең таралымға ие болды, олар материалдардың құрамы мен қасиеттерін, энергетикалық және күштік шамалардың қатынастарын сипаттайды, мысалы, салыстырмалы ұзарту, салыстырмалы диэлектрлік және магниттік өткізгіштіктер, қуатты күшейту және азайту және т.с.с.

Салыстырмалы шама бастапқы ретінде қабылданатын бір атаулы физикалық шамаға физикалық шаманың өлшемсіз қатынасын ұсынады. Салыстырмалы шамалардың қатарына сонымен қатар көміртект атомы 12 салмағының он екіден біріне қатынасы (Y_{12}) бойынша өрнектелетін химиялық элементтердің салыстырмалы атомдық немесе молекулярлық салмағы кіреді.

Салыстырмалы шамалар өлшемсіз бірліктерде (екі бір атаулы шамалардың қатынасы бірлікке тең болғанда), пайызбен (қатынас 10^{-2} тең болғанда),

промилламен (қатынас 10^{-3} тең болғанда), немесе миллиондық үлеспен (қатынас 10^{-6} тең болғанда) өрнектеледі.

Логарифмдік шама екі бір атаулы физикалық шамалардың логарифмін ұсынады (ондық, натуралдық немесе 2 негізінде). Логарифмдік шамалар дыбыстық қысым деңгейін, жиілік интервалдың күшеюін, әлсіреуін және т.с.с. өрнектеуде қолданылады.

Логарифмдік шаманың бірлігі бел (Б) болып табылады, ол $P_2 = 10P_1$ болғанда $1 \text{ Б} = \lg P_2/P_1$ қатынасымен анықталады (мұнда P_2 и P_1 — қуаттылықтың, энергияның, энергия тығыздығының және т.с.с. бір атаулы энергетикалық шамалары). Белден үлестік бірлік 0,1 Б тең болатын децибел (дБ) болып табылады.

Осылайша, P_2 алынған қуаттылықтың 10-ға тең бастапқы P_1 қатынасы кезінде электрлік қуаттылықтарды күшейту сипаты жағдайында күшейтудің логарифмдік шамасы 1 бел немесе 10 дБ құрайтын болады, қуаттылық 1000 есе артқанда немесе азайғанда күшеюдің логарифмдік шамасы 3 Б немесе 30 дБ құрайды және т.с.с.

2.3. Физикалық шамалар бірлігінің халықаралық жүйесі

XX ғ. 50-60 жж. көптеген елдердің халықаралық болуы мүмкін бірыңғай әмбебап жүйесін құруға ұмтылысы біршама жиі байқалды. Негізгі және туынды бірліктердің жалпы талаптарының қатарында мұндай бірлік жүйесінің когеренттілік талабы алдыға қойылды.

Мәселе, жекелеген облыстарда әртүрлі бірлік жүйелерін бір уақытта қолдану істің мәні бойынша көптеген есептік формулалардың бірлікке тең емес сандық коэффициенттермен ластануына әкелді, бұл есептерді біршама күрделендірілді. Мысалы, техникада МКС жүйесі бірлігінің салмағын өлшеу үшін - килограммды қолдану қарапайым болды, ал МКГСС жүйесінің күш бірлігін өлшеу үшін - килограмм-күшті қолдану әдеттегі болды. Бұл масса (кг) мен салмақтың (кгс) сандық мәндері жағынан қолайлылығымен ұсынылды, яғни Жерге тартылыс күштері тең болды (көптеген тәжірибелік жағдайлар үшін жеткілікті дәлдікпен). Бірақ та мәні бойынша әртекті мәндердің шамаларын теңестірудің нәтижесі сандық коэффициент және тің көптеген формулаларында 9,81 пайда болуы мен көптеген түсініспеушіліктер мен қателіктерді тудырған салмақ пен масса түсініктерін ығыстыру болды.

Бірліктердің мұндай көптірілілігі және олармен байланысты қолайсыздықтар барлық қолданыстағы жүйелер мен жекелеген

жүйеден тыс бірліктерді алмастыра алатын ғылым мен техниканы барлық салаларының физикалық шамаларын құру идеясын тудырды.

Мұндай жүйе Халықаралық бірліктер жүйесі болды.

1954 жылы Х өлшемдер мен салмақтар бойынша Бас конференция халықаралық қатынастар үшін алты негізгі бірлікті орнатты: метр, килограмм, секунд, ампер, Кельвин градусы, шам.

1960 ж.ХІ өлшемдер мен салмақтар бойынша Бас конференция қысқартылған түрде SI деп, (Système International француздық атаудың бастапқы әріптері), ал орыс транскрипциясында - СИ деп белгіленетін Халықаралық бірлік жүйесін бекітті.

1967, 1971, 1979 жж.өлшемдер мен салмақтар бойынша Бас конференциялармен қабылданған кейбір түр өзгерісінің нәтижесінде қазіргі уақытта жүйе жеті негізгі бірліктерден тұрады (2.1-кесте).

ӨЖ әмбебаптылығы оның негізіне қойылған жеті негізгі бірлік материалдық әлемнің негізгі қасиеттерін көрсететін физикалық шамалардың бірліктері болып табылады және ғылым мен техниканың барлық салаларында кез келген физикалық шамалар үшін туынды бірліктер құру мүмкіндігін береді. Бұл мақсатқа жазық және денелік бұрыштарға байланысты туынды бірліктерді түзу үшін қажетті қосымша бірліктер де қызмет атқарады.

Басқа бірлік жүйелерінің алдында БЖ артықшылықтары келесілер:

1) ӨЖ ғылымның, техниканың, өндірістің барлық салаларын қамти отырып, әмбебап болып табылады.

2) ол математикалық теңдеулер түрінде құбылыстарды ұсынуға мүмкіндік беретін шамалардың кейбір жүйесі үшін құрылған; физикалық шамалардың кейбіреулері негізгі деп қабылданған және олар арқылы барлық қалған туынды физикалық шамалар өрнектелген.

2.1-кесте

Атауы	Өлшем бірлігі	Белгіленуі	
		Халықаралық	Орысша
Ұзындығы	метр	m	м
Салмағы	Килограмм	kg	кг
Уақыт	Секунд	s	с
Электрлік ток күші	Ампер	A	А
Термодинамикалық температура	Кельвин	K	К
Жылу мөлшері	Моль	mol	Моль
Ток күші	Кандела	kd	кд

Негізгі шамалар үшін өлшемдері халықаралық деңгейде келісілген бірліктер орнатылған, ал басқа шамалар үшін туынды бірліктер құрылады.

3) осындай түрде құрылған бірлік жүйесі мен оған кіретін бірліктер когеренттік деп аталады (байланысты, келісілген). Туынды шамалардың бірліктерін анықтайтын физикалық теңдеулердегі пропорционалдық коэффициенттері өлшемсіз бірлікке тең;

4) БЖ-де бір қатардағы шамаларды өрнектеу үшін бірліктердің көптілігі жойылған (өлшемдердің барлық түрлері үшін бірліктердің бірегейлігі). Мысалы, тәжірибеде қолданылған қысым бірліктерінің үлкен санының орнына БЖ қысым бірлігі ретінде тек бір бірлік - паскаль қабылданған.

Жылулық өлшемдер саласында жылудың жұмысы мен мөлшерін джоуль мен калорияда жеке өлшеуден джоульмен бірыңғай өлшеуге өту жүргізілген.

5) әрбір физикалық шама үшін өзінің бірлігін орнату масса (кг) мен салмақ (Н) түсінігін ажыратуға мүмкіндік берді.

Салмақ түсінігін дене немесе заттың қасиеті назарға алынғанда оның инерттілігі мен гравитациялық өрістер құру қабілетін сипаттайтын барлық жағдайларда пайдаланған жөн, ал салмақ түсінігін гравитациялық өріспен өзара әрекеттесу нәтижесінде туындайтын күш айтылып тұрған жағдайларда пайдаланбаған жөн.

6) ӨЖ негізгі бірліктерін дәлдіктің жоғары деңгейімен анықталуы мүмкін, бұл соңында өлшем дәлдігін арттыруға ғана емес, сонымен қатар олардың бірлігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұған бірліктерді эталондар түрінде және олардан өлшеулердің кешенді үлгілік құралдары көмегімен өлшеулерді беруді «материалдандыру» жолымен қол жетізіледі.

Халықаралық бірліктер жүйесі өзінің артықшылықтары арқасында әлемдегі кең таралымға ие болды. Осылайша, барлық елдер БЖ бірлігіне өтті. Бұрын ағылшындық өлшем жүйесін қолданған елдер (Ұлыбритания, Австралия, Канада, АҚШ және т.б.) сонымен қатар БЖ бірлігін енгізеді.

2.4. ӨЖ негізгі бірліктерінің мазмұнын анықтау

Өлшемдер және салмақтар бойынша Бас конференциясының (ӨСБК) әртүрлі жылдарда қабылданған шешімдеріне сәйкес, БЖ негізгі бірліктерінің келесі анықтамалары қолданылады.

Ұзындық бірлігі - метр - $1/299\,792\,458$ секунд бірлігінде вакуумдағы жарықпен өтетін жолдың ұзындығы (1983 ж. XVII ӨСБК шешімі).

Салмақ бірлігі - килограмм - салмақ, килограммның халықаралық прототипінің салмағына тең (1889 ж. I ӨСБК шешімі).

Уақыт бірлігі - секунд - сыртқы өрістермен ауытқымаған цезий-133 атомының негізгі күйінің екі шамадан тыс жіңішке деңгейлері арасындағы өтуге сәйкес келетін сәулеленудің 9192 631770 ұзақтығы (1967 ж. XVIII ӨСБК шешімі).

Электрлік ток күшінің бірлігі - ампер - шексіз ұзындықтың екі параллель өткізгіштері мен вакуумда бірі екіншісінен 1 м қашықтықта орналасқан өте аз шеңберлік қима бойынша өтетін, өзгермейтін токтың күші, осы өткізгіштердің арасында ұзындықтың әрбір метріне $2 \cdot 10^{-7}$ Н тең өзара әрекет етудің күшін құрайды (19ж. IX ӨСБК мақұлданған).

Термодинамикалық температура бірлігі 1 - кельвин (1967 ж. Кельвин градус атауына ие болды) - судың үш нүктесінің термодинамикалық температурасының 1/273,16 бөлігі. Цельсий градусында термодинамикалық температурасының өрнегі рұқсат етіледі (1967 ж. XIII ӨСБК резолюциясы).

Заттар санының бірлігі - моль - салмағы 0,012 кг көміртек нуклидіндегі атомдар қанша болса, сонша құрылымдық элементтерге ие жүйе заттарының саны (1971 жылғы XIV ӨСБК резолюциясы).

Жарық күшінің бірлігі - кандела - жарықтың энергетикалық күші бұл бағытта 1/283 Вт/ср құрайтын жиілігі $540 \cdot 10^{12}$ Гц монохроматтық сәуле шығаратын көздің берілген бағытындағы жарық күші (1979 ж. XVI ӨСБК резолюция).

ӨЖ қосымша бірліктері Қосымша бірліктер спецификалық қолданысқа ие және бұрыштық бірліктермен байланысты туынды бірліктердің туындауы үшін қажет. Сондықтан да бұл бірліктер негізгілерге де, туындыларға да жатқызылмайды, себебі олар негізгі бірліктер таңдауына тәуелді емес (жарық күшінің бірліктерін қоспағанда).

Халықаралық бірлік жүйесі жазық және дене түстес бұрыштарды өлшеу үшін екі қосымша бірліктерден тұрады.

жазық бұрыш бірлігі - радиан (рад, rad) — шеңбердің екі радиусы арасындағы бұрыш, ұзындығы бойынша радиусқа тең доға. Градустық есептеуде бұрыш $a = 57^\circ 1744,8''$.

Денелік бұрыш бірлігі -стерадиан (ср, sr) — ұшы шардың ортасында орналасқан және шардың бетін шардың радиусының ұзындығы бойынша тең жағымен шаршы ауданына тең ауданға «бөлетін» дене бұрышы.

Радиан сияқты, стерадиан өлшемділікке ие емес. Бұл бірліктердің өлшемсіздігі мысалы, анытаушы деңтеуде $a = l/r$ деп қабылданғандығын білдіреді, мысалы, жазық бұрыштың бірлігі негізгі бірліктердің өлшеміне қарамастан бірдей болады.

жазық бұрыштардың өлшеу тәжірбесінде бұрыштық градустарда (минутпен, секундпен) жаңғырту ұсынылады. Дәл осы бірліктерде

өлшеулерді бұрыштық өлшеу құралдарының көпшілігін шкалалары градусталған.

БЖ туындыларының бірліктері туынды бірліктер физикалық шамалар арасындағы байланысты орнататын заңдар негізінде немесе физикалық шамалардың қабылданған анықтамалары негізінде құрылады.

Бұл бөлімде техникада кеңінен қолданылатын бірнеше физикалық шамаларды үлгілері беріледі.

К ү ш Күшті анықтаушы теңдеу

$$F = ma,$$

мұнда m — дене салмағы, кг; a — удеу, м/с^2 .

Күш бірліктері - ньютон (Н, N) — салмағы 1 кг денеге күштің әсер ету бағытында 1 м/с^2 үдеуді хабарлайтын күш.

Күш бірлігінің өлшемдігі

$$F = [m] \cdot [a] = \text{LMT}^2.$$

СГСжүйесінде күш бірлігі дина болып табылады: $1 \text{ дина} = 1 \text{ г} \cdot \text{см} \cdot \text{с}^{-2}$, $1 \text{ Н} = 10^5 \text{ дин}$.

Күш пен оны өлшеу бірлігі түсінігімен тартылыс күші мен салмақ түсініктері байланысты. Ауырлық күші дененің жерге тартылуының бірдей әрекет ететін күшін және Жердің айналуымен негізделген инерцияның ортадан тепкіш күшін көрсетеді. Дене салмағы - дененің Жерге тартылуы салдарынан оның еркін құлаудан ұстайтын тірекке немесе аспаға әсер ететін күш. Егер дене мен тірек денеге қатысты жылжымайтын болса, онда дене салмағы оның тартылыс күшіне тең болады.

Ауырлық (салмақ) күшіне арналған анықтаушы теңдеу

$$G = mg, \quad (2.2)$$

мұнда g – еркін құлаудың жылдамдығы м/с .

Осыдан ауырлық (салмақ) күшінің бірлігі ньютон болып табылады.

(2.2) теңдеу «масса» мен «дене салмағы» түсініктері арасындағы айырмашылықты түсіндіруге мүмкіндік береді, бұл осы шамаларды өлшеуге сәйкес шарттарды қояды. Егер дене салмағы салмақ көмегімен өлшенсе, онда салмақ - динамометр көмегімен өлшенеді.

Бірінші жақындаудағы еркін құлаудың жылдамдығы теңіз деңгейінен оның биіктігі мен орынның графикалық ендігінен байланысты болады. 45° ендіктегі еркін құлаудың «қалыпты» жылдамдығы (теңіз деңгейінде) $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$, экваторда $g = 9,780 \text{ м/с}^2$, ал полюсте $g = 9,8324 \text{ м/с}^2$. Осылайша, массасы бар дене m экваторда аз тартады да, ал полюсте көп тартады. Мысалы, салмағы 80 кг адам экваторда 782,4 Н тең салмаққа ие, ал Жер полюстерінің біріне орын ауыстырып, ол шамамен 786,5 Н тартатын болады.

Геофизикада еркін құлау жылдамдығы әдетте жүйеден тыс бірлікпен - миллигалмен (мГал) өрнектеледі, ол Г.Галилейдің құрметіне аталған. Оған қоса $1 \text{ Гал} = 1 \text{ см/с}^2 = 10^3 \text{ мГал}$.

Қысым S ауданы бетіне перпендикуляр бағытталған F күштің әсеріне арналған анықтауыш теңдеу,

$$P = F/S,$$

мұнда p - паскальмен қысым (Па, Pa), егер күш F ньютонмен өрнектелсе, аудан S — шаршылы метрмен өрнектелген.

Осы бірліктерде оған қалыпты 1 м^2 ауданмен бет бойынша 1 Н күшпен біркелкі таралған 1 Н күшпен тудырылған қалыпты кернеу $\sigma = F/S$ өлшенеді.

Қысымның өлшемдігі (қалыпты кернеудің)

$$p = L^{-1}MT^2.$$

Қысымды өлшеу кезінде өз кезегінде бірліктердің өте үлкен саны қолданылды. Қазіргі уақытта миллиметр сынап бағанының (мм.сын.бағ.), бар (bar) сияқты жүйеден тыс бірліктер (уақытша) қолданылады. Паскаль осы бірліктермен келесідей қатынасқа ие: $1 \text{ мм. сын.бағ.} = 133,322 \text{ Па}$; $1 \text{ бар} = 1 \text{ см}^2$, ауданда әрекет ететін 10^6 дин күшке тең, бұл 45° ендік үшін теңіз деңгейінен $750,08 \text{ мм}$ биіктіктегі сынап бағанын қысымына тең (бұл ретте $1 \text{ бар} = 105 \text{ Па}$). Метрологияда үлестік бірлік - миллибар қолданылады ($1 \text{ мбар} = 100 \text{ Па}$). Қолдануға ұсынылмайтын, бірақ ғылыми-техникалық әдебиетте кездесетін ескірген бірліктердің қатарында болып табылатындар:

- 0°C температурада және $9,80665 \text{ м/с}^2$ еркін құлаудың қалыпты үдеуінде биіктігі 750 мм биіктіктегі сынап бағаны қысымына тең қалыпты (физикалық) атмосфера (атм, Atm), 1954 жылы бұл бірлікті Х.ӨСБК физика мен метрологияда қолдануға ұсынған ($1 \text{ атм} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$);

- техникалық атмосфера (ат, Ад немесе шаршы сантиметрге килограмм-күш (кгс/см^2)). 1 кгс күшпен туындаған ауданы 1 см^2 қалыпты бет бойынша біркелкі бөлінген қысымға тең ($1 \text{ ат} = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ Па}$). Жуықталған өлшемдерде бір атмосфераны (1 атм) бір бармен алмастыруға болады ($1 \text{ бар} = 0,98692 \text{ атм}$).

Шет ел әдебиетінде кейде кішкентай қысымдарды өлшеу кезінде өлшемі 1 мм сын.бағ. сәйкес келетін бірлік пайдаланылады, ол италия ғалымы Э.Торричели атына орай «торр» (torr) деп аталады.

Жұмыс $У$ Ұзындыққа l күштің әсер ету бағытында кейбір дененің орынын ауыстыратын күштің жұмысы A үшін анықтаушы теңдеу

$$A = Fl.$$

Жұмыс бірлігі - джоуль (Дж, J) — күштің әсер ету бағытында 1 м қашықтықта оны қою нүктесінің орынын ауыстырғандағы 1 Н тең күштің жұмысы.

Өлшемділігі

$$A = [F] \cdot [l] = L^2MT^2.$$

Энергия Энергия өзара әрекет етудің әртүрлі процесстері мен түрлердің жалпы өлшемі болып табылады. Бұл ретте қозғалыстың барлық формалары қатаң белгіленген мөлшерде бір-біріне айналады. Энергия механикалық, жылулық, химиялық, электромагниттік, ядролық, гравитациялық және т.с.с. болуы мүмкін. Қатыстылық теориясында энергия E мен масса m арасындағы байланыс орнатылған

$$E = mc^2,$$

мұнда c — вакуумдағы жарық жылдамдығы, м/с.

Энергияның өлшемділігі

$$E = [m] \cdot [c]^2 = L^2MT^2.$$

Осылайша, жұмыс пен энергия бірдей өлшемдікке ие және джоульмен өлшенеді.

Физика мен атомдық энергетикада соңғы жылдарға дейін энергия бірліктері қолданылды: эрг, 10^{-7} Дж тең; электрон-вольт ($1 \text{ эВ} = 1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$). Кейде жұмыс пен энергия жылу мөлшерінің жүйеден тыс бірлігі көмегімен өрнектеледі. Бір халықаралық калория 4,1868 Джоульға тең. 4,1840 Дж тең термохимиялық калория қолданылады.

Қуат Уақыт бірлігінде орындалған жұмысты көрсетеді

$$P = A/t.$$

Қуат бірлігі — ватт (Вт, W) — 1 с уақытта 1 Дж жұмыс орындалатын қуат. Қуаттың өлшемділігі

$$P = [A]/[t] = L^2TM^3.$$

Кейбір жағдайлар қатарында аттың күшіндей (а.к)куаты ұсынылмайтын бірлікпен пайдаланылады, оған қоса 1 л.с. = 735,499 Вт.

Еселенген және үлестік бірліктер. Қолайлылық үшін 2.2-кестеде келтірілген он еселік (үлкен) бірліктер мен үлестік (аз) бірліктерді құру үшін физикалық шамалардың бірліктерін қолданады.

Мысалы, радиоэлектроникада келесі еселік және үлестік бірліктер кеңінен қолданылады:

жиілік — $10^6 \text{ Гц} = 1 \text{ МГц}$; $10^9 \text{ Гц} = 1 \text{ ГГц}$;

кернеу — $10^3 \text{ В} = 1 \text{ кВ}$; $10^{-3} \text{ В} = 1 \text{ мВ}$; $10^{-6} \text{ В} = 1 \text{ мкВ}$;

импульс ұзақтығы — $10^{-3} \text{ с} = 1 \text{ мс}$; $10^{-6} \text{ с} = 1 \text{ мкс}$; $10^{-9} \text{ с} = 1 \text{ нс}$; $10^{-12} \text{ с} = 1 \text{ пс}$;

сыйымдылық — $10^{-12} \text{ Ф} = 1 \text{ пФ}$; $10^{-9} \text{ Ф} = 1 \text{ нФ}$; $10^{-6} \text{ Ф} = 1 \text{ мкФ}$.

ӨЖ жүйесінің еселенген және үлестік бірліктері

Бірлік	Қосмыға	Көбейткіш	Атауы Орысша	Атауы Халықаралық
еселік	экса	10^{18}	№	Е
	пета	10^{15}	П	Р
	тера	10^{12}	Т	Т
	гига	10^9	Г	Г
	мега	10^6	М	М
	кило	10^3	к	k
	гекто	10^2	ж	h
	дека	10^1	да	da
Үлестік	деци	10^{-1}	д	d
	санти	10^{-2}	с	s
	милли	10^{-3}	м	m
	микро	10^{-6}	мк	ц
	нано	10^{-9}	н	n
	пико	10^{-12}	П	p
	фемто	10^{-15}	ф	f
	атто	10^{-18}		a

Бақылау сұрақтары

1. Физикалық шама бірлігі деген не?
2. Физикалық шаманы өлшеу деген нені білдіреді?
3. Физикалық шамалардың негізгі және туынды бірліктері немен ерекшеленеді?
4. Физикалық шамалардың бірлік жүйесі деген нені білдіреді?
5. СГС, МКГСС, МТС, абсолюттік тәжірибелік жүйе, МКСА жүйелері немен ерекшеленеді?
6. Жүйеден тыс бірліктер деген не?
7. ӨЖ Халықаралық бірлік жүйесінің ерекшеліктері қандай?
8. ӨЖ негізгі бірліктерінің мазмұны қандай?
9. ӨЖ туынды бірліктерінің қайсылары біршама жиі қолданылады?
10. Үлестік, қатыстық және логарифимдік бірліктер деген не?

3 БӨЛІМ

ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

3.1. Өлшеу құралдарының жіктелімі

Өлшеу құралдары деп өлшеу кезінде қолданылатын және қалыптандырылған метрологиялық сипаттарға ие техникалық құралдарды (немесе олардың кешенін) айтады. Физикалық қасиеттерді анықтау үшін тағайындалған индикаторлар сияқты (компас, лакмус қағазы, жарықтандырғыш электрлік лампа) сияқты техникалық құралдардан айырмашылығы өлшеу құралдары физикалық шамаларды тек қана анықтаға емес, сонымен қатар оны өлшеуге, яғни белгісіз өлшемді белгілімен салыстыруға мүмкіндік береді. Егер белгілі өлшемнің физикалық шамасы бар болса, онда ол салыстыру үшін тікелей пайдаланылады (жазық бұрышты транспортирмен, салмақты гірлері бар таразылардың көмегімен өлшеу). Егер белгілі өлшемнің физикалық шамасы жоқ болса, онда аспаптың сол шамадағы, бірақ белгілі өлшемдегі әсеріне бұрын пайда болған реакциямен өлшенетін шамасының әсеріне салыстырылады (ток күшін амперметрмен өлшеу). Аспапты дайындау сатысында салыстыруды жеңілдету үшін белгілі әсерге жауабы есептік құрылғының шкаласында бекітіледі, одан кейін еселік және үлестік қатынастарда бөлу шкаласына енгізіледі. Сипатталған процедура шкаланың градустау деп аталады. Өлшеу кезінде ол нұсқауының күйі бойынша нәтижені қатынастар шкаласы бойынша тікелей салыстыру арқылы алуға мүмкіндік береді. Осылайша, өлшеу құралдары (кейбір өлшемдерді - гірді, сызғышты қоспағанда) қарапайым жағдайда екі операцияны жүргізеді: физикалық шаманы анықтау, белгісіз өлшемді белгілімен салыстыру немесе белгілі және белгісіз өлшемдердің әсеріне жауапты салыстыру.

Өлшеу құралдарының басқа айрықша белгілері біріншіден физикалық шаманың бірлігін сақтай «білу»; екіншіден, сақталатын бірлік өлшемінің өзгермеушілігі. Егер өлшеу процессінде бірлік өлшемі нормаларда бекітілгеннен біршама өзгерсе, онда мұндай құрал көмегімен қажетті дәлдіктегі нәтиже алу мүмкін емес. Осыдан тек осы мақсат үшін тағайындалған техникалық

құрал өлшемі бойынша (уақыт бойынша) біршама өзгермейтін бірлікті сақтай алғанда ғана өлшеуге болатындығы туындайды

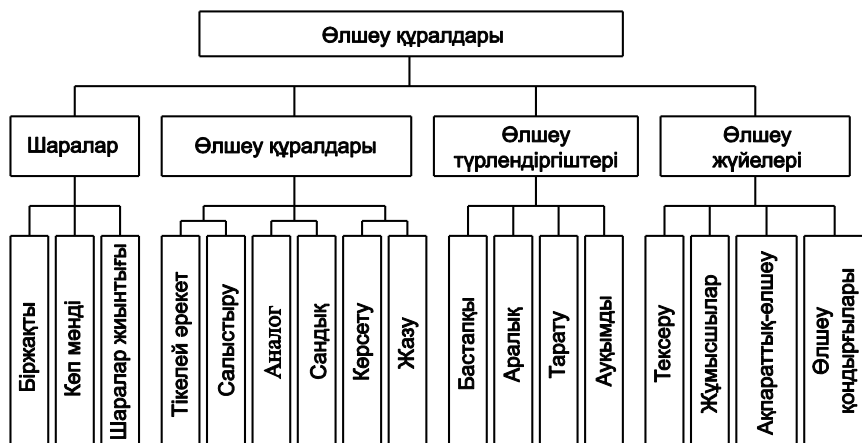
Өлшеу құралдарын екі белгісі бойынша жіктеуге болады: конструктивтік орындалу, метрологиялық тағайындалымы.

Конструктивтік орындалуы бойынша өлшеу құралдары шамалар, өлшеу аспаптары, өлшеуіштік түрлендіргіштері, өлшеу жүйелеріне (кешендеріне) бөлінеді (3.1-сурет).

Физикалық шамалардың өлшемдері - бір немесе бірнеше берілген өлшемдердегі физикалық шамаларды жаңғырту және (немесе) сақтау үшін тағайындалған өлшеу құралдары. Шамаларды: бір мәнді (1 кг гирлер, калибр, тұрақты сыйымдылық конденсаторы); көп мәнді (масштабтық сызғыш, ауыспалы сыйымдылық конденсаторы); шамалар жинағы (гирлер жинағы, калибрлер жинағы) деп бөледі. Бірыңғай құрылғыларға конструктивтік біріктірілген, оларды әртүрлі комбинацияларда қосу үшін арналған құрылғылары бар шамалар жиынтығы шамалар дүкені деп аталады. Мұндай жиынтықтың мысалы электрлік кедергілер дүкені, индуктивтілік дүкені болуы мүмкін. Шамамен салыстыру арнайы техникалық құралдар - компараторлардың көмегімен орындалады (иінтіректі таразылар, өлшеуіш көпір және т.с.с.).

Бір мәнді шамаларға стандартты үлгілерді(CY) жатқызуға болады. Құрамның стандартты үлгілері мен қасиеттердің стандартты үлгілері бар.

Заттардың (материалдың) құрамының стандартты үлгісі - заттағы белгілі компоненттердің мөлшерін



3.1-Сурет. Өлшеу құралдарының жіктелімі

сипаттайтын шамалардың бекітілген мәндері бар стандартты үлгі.

Заттың (материалдың) қасиеттерінің стандартты үлгісі - физикалық, химиялық, биологиялық және басқа да қасиеттерді сипаттайтын шамалардың бекітілген мәндері бар стандартты үлгі.

Жаңа СҮ олардың метрологиялық аттестаттаудан өткен жағдайында пайдалануға рұқсат етіледі. Көрсетілген процедура - бұл СҮ зерттеу негізінде қолдану үшін заңдастырылған осы шаманың тану. Метрологиялық аттестаттауды метрологиялық қызмет органдары жүргізеді.

СҮ құрамының үлгісі белгілі маркадағы көміртекті болаттың құрамының СҮ болып табылады. СҮ қасиеттерінің үлгісі Моостың қаттылық шкаласы болып табылады, ол шартты шкала бойынша қаттылық санын анықтау үшін 10 эталондық минералдардың жиынтығын көрсетеді. Бұл шкаланың әрбір келесі минералы алдыңғыдан қарағанда біршама қатты болып табылады. Бұл шкаланы әйнек пен керамиканың салыстырмалы қаттылығын бағалау үшін пайдаланады.

СҮ құрамы мен қасиеттерінің негізгі қызметтерінің бірі - сынақ зертханаларын ішкі бақылау мен сыртқы бақылау тәртібінде өлшемдерді орындау әдістемесін (ӨӨӨ) бақылау. Мысалы, егер металлургиялық кәсіпорынның аналитикалық зертханасы нақты маркадағы көміртекті болаттың аттестатталған СҮ ие болса, онда ол көрсетілген СҮ сапалық және сандық химиялық талдау әдістемесінің сенімділігін тексере алады.

Тану (бекіту) деңгейі мен қолдану саласына байланысты СҮ санаттарға бөледі: мемлекет аралық, мемлекеттік, саалық және СҮ кәсіпорындары (ұйымдары).

Тәжірибеде метрологиялық қызметтер әртүрлі міндеттерді орындау үшін әртүрлі санаттағы СҮ пайдаланады.

Осылайша, Орталық ауыл шаруашылығына агрохимиялық қызмет көрсету институтында құрылған топырақ құрамының мемлекеттік және салалық үлгілері макро және микроэлементтердің мөлшеріне (марганец, кобальт, мырыш, мыс, молибден, бор) және басқа да сипаттарға (рН шамасы және т.б.) аттестатталған. Бұл СҮ зертхана аралық экспериментте аттестатталған және аспаптарды градуस्ताу, өлшеу құралдарын тексеру үшін, СҮ аттестатталған көрсеткіштер бойынша топырақ талдауларының дұрыстығын бақылау үшін, салыстыру әдісімен кәсіпорынның СҮ аттестаттау үшін тағайындалған.

Өлшеуіш аспаптар - бекітілген диапазонда өлшенетін физикалық шаманың мәнін алу үшін тағайындалған өлшеу құралдары. Аспап, әдетте, өлшенетін шаманың түрленуіне арналған құрылғыдан және қабылдау үшін біршама қол жетімді формада оның индикациясынан тұрады. Көптеген жағдайларда индикацияға арналған құрылғыда нұсқауыры бар шкала, белдігі

бар диаграмма немесе сандық көрсеткіш бар, олардың көмегімен физикалық шаманың мәнін тіркеу немесе қайта санау жүргізілуі мүмкін. Аспаптың шағын ЭЕМ жанасуы жағдайында есептеу дисплей көмегімен жүргізілуі мүмкін.

Өлшенетін шаманың индикациясының түрі бойынша өлшеу аспаптары көрсетуші және тіркеуші болып бөлінеді. Көрсетуші аспап өлшенетін шаманың көрсеткіштерін санауға ғана жол береді (микрометр, ұқсас немесе сандық вольтметр). Тіркеуші аспапта көрсеткіштерді басып шығару жолымен диаграмма түрінде көрсеткіштерді тіркеу қарастырылған (термограф, жазғыш элементі бар үзуші машина, ЭЕМ-мен, дисплеймен және көрсеткіштерді басып шығаруға арналған құрылғымен жалғанған өлшеуіш аспап).

Өлшеуіштік түрлендіргіштер - өлшенетін шаманың басқа шамаға немесе өлшеуіш ақпараттың дабылына түрленуі үшін қызмет атқаратын, өңдеу, сақтау, одан кейінгі түрленулер үшін қолайлы өлшеуіш ақпараттың дабылына түрленуі қызметін атқаратын өлшеу құралдары. Түрлену сипаты бойынша ұқсас (ҰТ), сандық-ұқсас (СҰТ), ұқсас-сандық (ҰСТ) түрлендіргіштерді ажыратады. Өлшеуіш тізбектегі орыны бойынша өлшенетін физикалық шама тікелей әсер ететін біріншілік ӨТ мен біріншілік ӨТ кейін өлшеуіш тізбегінде орын алатын аралық ӨТ деп ажыратады.

Өлшеуіш ақпараттың дабылдары келіп түсетін конструктивтілік ерекшеленген біріншілік ӨТ *тетік* деп аталады. Тетік оның дабылдарын қабылдайтын өлшеу құралдарынан біршама қашықтыққа шығарылуы мүмкін. Мысалы, іске қосылған метеорологиялық радиозондтың тетіктері температура, қысым, ылғалдылық және басқа да атмосфера параметрлері туралы ақпаратты береді.

Оның түрлендіргіштері өлшеуіш тізбекке кірмесе және олардың метрологиялық қасиеттері қалыпқа келтірілмеген болса, онда олар өлшеуіштікке жатпайды. Мысалы, радиоаппаратурадағы күштік трансформатор, термoeлектрлік тоңазытқыштағы термобулар осындай болады.

Өлшеуіш жүйе - функционалдық біріктірілген шамалардың, өлшеуіш аспаптардың, өлшеуіштік түрлендіргіштердің, ЭЕМ және басқа да осы нысанға тән бір немесе бірнеше физикалық шамаларды өлшеу мақсаттарында бақыланатын нысанның әртүрлі нүктелерінде орналасқан техникалық құралдардың жиынтығы. Мысал ретінде бір-бірінен біршама қашықтықтағы кеңістікте таратылған өлшеуіш кешендердің қатарынан тұратын кемелердің орынын анықтауға арналған радионавигациялық жүйені алуға болады.

Заманауи өлшеуіш техниканың «беті» автоматтандырылған өлшеу жүйелерімен (АӨЖ), ақпараттық-өлшеуіш жүйелермен

(АӨЖ), өлшеуіш-есептеуіш кешендермен (ӨЕК) анықталады. Типтік АӨЖ құрамында ЭЕМ бар және ол нысанның немесе процесстің күйін сипаттайтын көптеген тетіктерден келіп түсетін ақпаратты жинау, өңдеу және сақтауды қамтамасыз етеді. Бұл реттеу өлшеу нәтижелері бұрын берілген бағдарлама бойынша да, сұраныс бойынша да беріледі.

Жаңа өлшеу жүйелерін қолдану өлшеу процессін тек қана жылдамдатуға ғана емес (тез бұзылатын тауарлар үшін аса маңызды), сонымен қатар тауардың нақты топтамасының сапасының біршама объективтік сипатын беруге мүмкіндік береді.

Өлшеуіш қондырғы - функционалдық біріктірілген шамалардың, өлшеуіш аспаптардың, өлшеуіштік түрлендіргіштердің және басқа да бір немесе бірнеше және бір орында орналасқан физикалық шамаларды өлшеу үшін тағайындалған құрылғылардың жиынтығы. Электротехникалық материалдардың шекті кедергісін өлшеуге арналған қондырғы, магниттік материалдарды сынауға арналған қондырғы мысал болып табылады. Қандай да бір бұйымдарды сынау үшін тағайындалған өлшеуіш қондырғыны кейде сынақ қабырғасы деп те атайды.

Метеорологиялық тағайындалуы бойынша барлық өлшеу құралдары екі түрге бөлінеді: өлшеудің жұмысшы құралдары мен эталондар.

Өлшеудің *жұмысшы* құралдары техникалық өлшеулерді жаңғырту үшін тағайындалған. Қолдану шарттары бойынша олар:

- ғылыми зерттеулерде, техникалық құрылғыларды жобалауды, медициналық өлшеулерде пайдаланылатын зертханалық;
- технологиялық процесстердің сипаттарын бақылау үшін, дайын өнімнің сапасын бақылау үшін, тауарларды босатуды бақылау үшін пайдаланылатын өндірістік;
- тікұшақ, автокөлік, өзен және теңіз кемелері және т.б сияқты техникалық құрылғыларда пайдалану кезінде тікелей пайдаланылатын өрістік болады.

Өлшемдердің жұмысшы құралдарының әрбір түріне спецификалық талаптар қойылады: зертханалыққа - жоғары дәлдік пен сезімталдық; өндірістікке - соққылық-тербелістік жүктемелерге, жоғарғы және төмен температураларға жоғары төзімділік; өрістікке - температураның бірден төмендеуі, жоғары ылғалдылық жағдайларындағы жоғары төзімділік.

Эталондар өлшеудің жоғары дәлдіктегі құралдары болып табылады, сондықтан да бірлік өлшемі туралы ақпаратты беру құралы ретінде метрологиялық өлшемдерді жаңғырту үшін пайдаланылады. Бірлік өлшемі «жоғарыдан төмен», біршама дәл өлшеу құралдарынан «тізбек бойынша» аз дәлдіктегілерге беріледі: бірінші эталон -

екінші эталон - 0-ші разрядтағы жұмысшы эталон - ... - өлшемдердің жұмысшы құралы.

Өлшемді беру өлшеу құралдарын тексеру процессінде іске асырылады. Тексерудің мақсаты өлшем құралдарының қолдануға жарамдылығын бекіту болып табылады. Бірлік өлшемін эталоннан жұмысшы құралға беруде қатысатын өлшеу құралдарының қатар бағынуы өлшеу құралдарының тексеру сұлбаларында орнатылады.

Ресейдің Мемстандарты ең заманауи эталондық үлгіге ие. Ол АҚШ және Жапонияның базаларымен қатар ең алдағы үштікке кіреді. Эталондық үлгі кейін сандық және ең бастығы сапалық қатынастарды дамитын болады. Көп функционалдық эталондарды құру перспетивалық болып табылады, яғни бірыңғай конструктивтік және метрологиялық негізде бір емес, бірнеше физикалық шамалардың бірлігін немесе біреу, бірақ өлшемдердің кем диапазонындағы бірлікте жүргізетін эталондарды құру мақсатты болып табылады. Осылайша, елдің метрологиялық институттары уақыттың, жиіліктің және ұзындықтың бірыңғай эталонын құрады, ол $1 \cdot 10^{-11}$ дейін ұзындық бірлігін жаңғыртудың қателігін азайтуға мүмкіндік береді.

Егер Ресейдегі біріншілік эталондардың техникалық деңгейін ғылымның жетістіктері мен ғалымдардың энтузиазмдары арқасында толықтай қанағаттанарлық деп бағалауға болатын болса, онда тәжірибелік байланыста болған өлшеу құралдары паркінің күйі, ең алдымен жұмысшы эталондар мен өлшеудің жұмысшы құралдары дабылды тудырады. Егер 1980 жж.отандық өлшеуіш техниканың жаңаруы мерзімі әдетте бес алты жылды құраса (АҚШ мен Жапонияда салыстыру үшін үш жылдан артық емес), онда қазірде отандық аспап жасау саласында бақыланатын регресс жұмысшы эталондар мен жұмысшы өлшеу құралдарын жаңартудың мерзімін біршама ұзартты, бұл өлшеуіш техниканың біршама ескіруіне әкеледі.

Отандық өлшеу құралдарын өндірушілердің басқа мәселесі шет елдік фирмалармен салыстырғанда олардың дайындамаларының жоғары құны болып табылады. Дәстүрлік артта қалудың еңсеру үшін сонымен қатар отандық аспаптарды мыналарды қарастыру қажет: микропроцессорлық технология базасында автоматтандырудың жоғары деңгейі, жылдам әрекет ету, жоғары сенімділік, төмен массаны, габариттік өлшемдер мен энергия тұтыну, эстетика мен эргономиканың жоғары деңгейі.

Өлшеу құралдарының көп түрлілігі өлшем бірліктерін қамтамасыз ету бойынша арнайы шараларды қолданудың қажеттілігін негіздейді. Бұрын көрсетілгендей, өлшем бірліктерін сақтау шарттарының бірі - өлшеу құралдары үшін белгілі (нормаланған) метрологиялық сипаттарды орнату.

3.2. Физикалық шамалардың бірлігін тудыру жүйесі

Физикалық шамалар бірлігін жаңғырту жүйесі мен олардың өлшемдері туралы ақпаратты елдегі өлшеу құралдарына шектеусіз барлығына беру өлшем бірлігін қамтамасыз етудің техникалық базасын құрайды.

Өлшеудің негізгі тендеуіне (2.2) сәйкес өлшеу процедурасы белгісіз өлшемді белгілімен салыстыруға әкеледі, оған Халықаралық бірлік жүйесі (БЖ) сәйкес бірлігін өлшемі қатысады. Бірліктерді жаңғырту мемлекеттік эталон немесе бастапқы жұмысшы эталон көмегімен елдегі ең жоғары дәлдікпен физикалық шаманың бірлігін материализациялау бойынша операциялардың жиынтығын ұсынады. Негізгі және туынды бірліктерді жаңғыртуды ажыратады. Бірлік өлшемдері өлшемдер орындалатын жерде жүргізілуі мүмкін (орталықтандырылмаған тәсіл) немесе олар туралы ақпарат оларды сақтау немесе жаңғыртудың орталықтандырылған орнынан берілуі тиіс (орталықтандырылған тәсіл).

Көптеген туынды физикалық шамалардың бірліктері орталықтандырылмай жүргізіледі. Негізгі бірліктер қазірде тек орталықтанырылып қана жүргізіледі.

Бірліктерді орталықтандырып жаңғырту эталондар деп аталатын арнайы техникалық құралдар көмегімен іске асырылады. Елдегі ең жоғары дәлдікпен (сол бірліктегі басқа эталондармен салыстырғанда) бірліктерді жаңғыртуды қамтамасыз ететін эталон *біріншілік эталон* деп аталады. Біріншілік эталондар - бұл айрықша өлшеу құралдары, ол ғылым мен техниканың қазіргі кезеңдегі жаңа жетістіктерін ескере отырып құрылған, күрделі өлшеу кешендерін ұсынатын айрықша өлшеу құралдары. Ерекше жағдайларда бірліктерді жаңғыртуды қамтамасыз ететін және осы жағдайлар үшін қызмет ететін эталон *арнайы эталон* деп аталады. Ел үшін бастапқы ретінде ресми бекітілген біріншілік және арнайы эталондар *мемлекеттік* деп аталады.

Қарастырылатын бірліктің бірінші эталонымен салыстыру жолымен бірлік өлшемін алатын эталон *екіншілік эталон* деп аталады.

Эталон үш негізгі талаптарға жауап беруі тиіс:

- өзгермеушілік (уақыттың ұзақ интервалы кезінде олардың жүргізетін бірлігінің өлшемін өзгертпей ұстау қабілеті);
- жаңғыртушылық (өлшеу техникасын дамытудың осы деңгейі үшін аз қателіктегі бірлікті жаңғырту);

- салыстырушылық (өзгерістерге ұшырамау және салыстыру жүргізу кезінде қандай да бір бұрмалаушылықтар енгізбеу).

Мемлекеттік эталондар ұлттық дәулеттік көрсетеді және сондықтан да елдің метрологиялық институттарында арнайы эталондық ғимараттарда сақталуы тиіс, онда ылғалдылық, температура, тербеліс және басқа да параметрлер бойынша қатаң режим сақталады. Халықаралық масштабта физикалық шамалардың өлшем бірлігін қамтамасыз ету үшін ұлттық мемлекеттік эталондарды халықаралық салыстыру үлкен мәнге ие. Бұл салыстырулар ұлттық эталондармен бірліктердің жүргізудің жүйелік қателіктерін анықтауға, ұлттық эталондардың халықаралық деңгейлерге қаншалықты сәйкес келетіндігін орнатуға және ұлттық (мемлекеттік) эталондарды жетілдіру жолдарын белгілеуге көмектеседі.

3.3. Ресейдің эталондық базасы

1970 жж.ортасынан метрологтардың тұрмысына «Елдің эталондық базасы өзінің метрологиялық және техникалық сипаттары бойынша артта қалмайды, ал көптеген жағдайларда тіпті үздік шет елдік аналогтардан артық» деген сөз кіріп, нығайды (шаблон сияқты). Біршама жоғары болғандығына қарамастан бұл сөз нақты жағдайға абсолюттік нақты сәйкес келді. 1975 жылдың соңына қарай эталондық база тура 100 мемлекеттік эталонды санаған. Ал егер нақты айтсақ, онда дәл 1975 жылғы 31 желтоқсанда Мемстандарт алқасының отырысында антенналық өлшемдер саласындағы 97, 98, 99 және 100-ші мемлекеттік эталондар бекітілген («100 мемлекеттік эталонды эзірлеу және бекіту» - Мемстандарттың IX бесжылдыққа жоспардың бірінші тармағы осындай болды).

Елдің ресми эталондық базасын құру үлкен мәнге ие болды. Осыдан, ол өндірістің барлық салаларында түбегейлі өзгеріс үшін, қоғамдық өндірістің тиімділігін арттыруда, экономиканы қарқындатуда, халықаралық престижді нығайтуда, елдің қорғаныстық қабілетін күшейтуде кең мүмкіндіктерді ашқан ірі ғылыми жару болды.

Әлбетте, бастапқы (яғни дәлдігі бойынша ең жоғары) өлшеу құралдары (немесе шамалары) біздің елде бұрын да болған. Осылайша, 1835 жылғы 11 қазанда, Сенатқа берілген атаулық нұсқаумен Ресейлік шамалар мен өлшемдердің жүйесі бекітілді, онда негізгі шамалар ретінде құлаш, фунт, шелек, ширек және аптекарлық фунт (ресейлік фунттың 7/8) қабылданды. Бірақ та бұл жүйе басқа мемлекеттердің жүйелерімен өзара қиыстырылмаған болатын және тек 1889 жылы Ресей 30 алдыңғы қатарлы мемлекеттері үшін ұқсас халықаралық метр мен килограм прототиптерінің иегері атанды. Бұл

прототиптерге кейін КСРО Мемлекеттік эталондары мәртебесі берілді.

1971 жылы КСРО Мемстандарты 21 мемлекеттік эталонды мемлекеттік стандарттармен бірге мемлекеттік тексеру сұлабаларына ресми бекітті, онда жұмысшы өлшеуіш аспаптарға бірліктердің өлшемдерін беру тәртібі мен эталондардың сипаттары бекітілді. Алғашқы мемлекеттік эталондар қатарында елдегі ұзындық, масса, күш, қысым, температура, жазық бұрыш, электлік ток күші, жарық күші және т.с.с өлшеу саласындағы біршама кенінен таралған эталондар болды. Олардың барлығы негізінен Д.И.Менделеев атындағы Бүкілресейлік метрология ғылыми-зерттеу институтында болды.

1980 жж. соңына қарай елдің эталондық базасын 70 физикалық шамалардың бірлік өлшемін сақтауды, жаңғыртуды және беруді қамтамасыз еткен 146 мемлекеттік эталон құрады. Эталондық базаның екінші элементі - мемлекеттік эталондарды құру техникалық және экономикалық-мақсатсыз, бірақ сонымен қатар ел үшін бастапы шамаға ие болуы қажет болған, анықталған өлшеулердің салаларында шама бірліктерін жаңғырту үшін тағайындалған жоғары дәлдікті орнату (ЖДО) кешені туралы ұмытпау керек. Жоғарыда аталған мерзімге осындай қондырғылардың саны 66 құрады және олардың барлығы Мемстандарттың метрологиялық институттарында құрылды.

КСРО құлағаннан кейін мемлекеттік эталондар мен жоғары дәлдік қондырғыларының (ЖДҚ) бірқатары шет елде қалды (Украинада, Грузияда және Арменияда), ал Ресейдің эталондық базасының құрамы 146 мемлекеттік эталондардан 115-ке дейін және 66 ЖДҚ-дан 56-ға дейін қысқарды.

Бірақ та қысқа мерзімде эталондық базадағы “кемтіктер” Ресей Мемстандартымен толықтырылды және бүгінде өлшеу облыстарының ешқайсысы делік жоғары өлшеу дәрежесінсіз қалмады.

Бүгінде Ресейдің эталондық базасы, бұрынғыдай өнеркәсіпті метрологиялық қамтамасыз етудің орталық элементі болып табылады. Эталондық базаның деңгейі соңында барлық техникалық өлшемдердің деңгейін анықтайды, себебі дәл мемлекеттік эталондар мен ЖДҚ дұрыс және нақты өлшеу ақпаратын алу үшін объективтік негізді құрады (өнімдердің, шикізаттың, материалдардың, энергоресурстардың саны мен сапасы туралы), яғни метрологияның негізгі тәжірибелік міндеті - өлшем бірлігін қамтамасыз ету үшін. Эталондық базада нақты сандарға негізделген есептер бойынша экономикалық аспект анық және айқын өрнектелген, эталондық базаны енгізу мен жұмыс істеуінен экономикалық тиімділі орта есеппен 10:1 құрайды, яғни 1 р.шығынға 10 р.әсер. Сонымен қатар, эталондарды әзірлеу кезінде орындалатын іргелі физикалық зерттеулер, ғылымның, техника мен технологияның қазіргі

жетістіктерін мұқият және жан-жақты талдау әдетте басқа да ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық әзірлемелерде қолданысқа ие екендігін айтқан жөн.

Эталондық база (бүгінде 122 мемлекеттік эталон мен 80 ЖДҚ оған кірмейді) жеткілікті “беріктік қорымен” құрылған, себебі елдің эталондық базасының озық дамуының концепциясында құрылған. Бірақ көптеген мемлекеттік эталондар бірнеше ондаған жылдар бойы пайдаланылатындығын ескерген жөн. Бұл уақытта техникалық өлшемдердің деңгейі артты, өнімдер мен технологиялық процесстердің жаңа түрлері құрылды, өнімдердің сапасына қойылатын талаптар артты. Эталондардың физикалық тозуы туралы да ұмытпаған жөн.

Ресей Мемстандартымен және оның басты ғылыми метрологиялық орталықтарымен Ресейдің эталондық базасының дамуы бағдарламасы дайындалды, ол қолданыстағы эталондарды жетілдіруді, жаңа эталондарды құру және электрлік, магниттік, температуралық және теплофизикалық өлшемдер, оптикалық сәулеленудің салмағын, шығынын, параметрлерін және т.б. өлшемдер саласындағы өзара байланысты эталондар жүйесі мен жаңа эталондарды құруды, сонымен қатар төтенше жағдайларда, ерекше орталада өлшемдердің бірлігін қамтамасыз ету үшін эталондарды қолдануы саласын кеңейтуді қарастырады.

Бағдарлама негізіне қаланған алдыңғы қатарлы тенденциялардың бірі мемлекеттік эталондардың дәлдігін тұрақты арттырудың дәстүрлі тенденциясы болып табылады. Бұл тенденцияның төзімділігі ең алдымен, мемлекеттік эталондармен қамтамасыз етілеін физикалық шамаларды өлшемнің шекті дәлдігі деңгейінде жаратылыстану ғылымдары саласындағы ғылыми зерттеулердің біршама тиімді прогресі жүреді, ол ең соңында қоғамдық өндіріс технологиясында біршама анық ілгерілеуді береді.

Әдетте, бұл “ғылыми жарылысты” талап етеді, яғни жаратылыстану ғылымдары, ғылыми аспап жасау, техника және өнеркәсіптің заманауи жетістіктерін пайдалану негізінде аппаратуралардың жаңа әдістерін, технологияларын және конструкцияларын құру.

Мысал ретінде Джозефсон әсерін пайдалану негізіндегі вольттың мемлекеттік эталонын, холловск кедергісін кванттау әсеріндегі омның мемлекеттік эталонын, Авогадро тұрақтысын пайдалану арқылы килограммның перспективалық эталонын алуға болады.

Эталондық базаның дамуының екінші тенденциясы жекелеген эталондар мен олардың жиынтығынан іргелі физикалық константалар мен тұрақты физикалық құбылыстарды пайдалану негізінде өзара байланысты табиғи эталондар жүйесіне өту болып табылады. Осылайша, лазерлік технология негізінде уақыт, жиілік және

ұзындық эталондар біріктіру ұзындық өлшемнің дәлдігін 250 емес арттыруға мүмкіндік берді ($5 \cdot 10^{-9}$ нан $2 \cdot 10^{-11}$ -ға дейін).

Эталондық базаны дамытудың тиімді бағыттарының қатарына сонымен қатар шама бірліктері өлшемінің беріліс жүйесінің сатыларан санын қысқартуды жатқызуға болады. Жалпы айтқанда, мемлекеттік эталонның дәлдігі бұл ретте солай қалады, бірақ разрядтық жұмысшы эталондардың аз саны есебінен дәлдік шығынының қысқаруы мемлекеттік эталонның негізгі сапасын - техникалық өлшемдердің қажетті дәлдігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бірақ та эталонға жүктемені арттыру (онда аттестатталатын жұмысшы эталондардың саны артады) оның конструктивтік жетілуін, эталондағы жұмыстарды автоматтандыру деңгейін арттыру, оның жеткілікті техникалық ресурсын қамтамасыз ететін басқа да жұмыстарды қажет етеді. Бұл жағынан шекті маңызды іс шама бірліктерін жаңғыртуды жекелеу ұсынылады.

Мұның барлығы Ресей Мемстандартының метрологтары Ресейдің эталондық базасын жетілдіру қандай бағыттар бойынша және қандай артықшылықтармен анықтағандығын көрсетеді. Бірақ та айқыш жеткіліксіз бюджеттік қаржыландыру тым болмағанда бірінші кезектегі жұмыстарды толықтай ашуға мүмкіндік бермейді.

Бюджеттіктен басқа елдің эталондық базасын дамытуды қаржыландырудың басқа да көздері қарастырылады.

Осылайша, толықтай шынайы болып аккредиттелген ұйымдарды тексеру, калибрлеу, жұмысшы эталондарды және жұмысшы өлшеу құралдарын аттестаттау кезінде алынған табыстардан аудару есебінен орталықтандырылған қорды құру ұсынылады. Мұндай бағыттың заңды легитимділігі мұндай ұйымдардың табыс алу үшін метрологиялық бүтінділігі тек мемлекеттік эталондар - Ресей Мемстандартының интеллектуалдық жеке меншігімен (қазірде Техникалық реттеу және метрология бойынша Федералдық қызметпен) ғана қамтамасыз етілуі мүмкін екендігімен негізделген.

Ресейдің эталондық базасы кейбір түсінікте, мысалы Алмазды қор немесе табиғи ресурстар ретінде біздің еліміздің ұлттық байлығы болып табылады. Эталондарда ғылым, техника, технологияның барлық жаңа, алдыңғы қатарлы жетістіктері іске асырылады, елдің ғылыми-техникалық әлеуеті шоғырланады. Эталондық базаның қуаттылығын өсіріп, «дәлдік пен беріктік қорын» құрып, метрологтар ертеңгі күн үшін, әлі жасалмаған ашулар үшін, әлі игерілмеген өнімдер мен технологиялар үшін жұмыс істейді. Дәл осы себепті елдің эталондық базасын жетілдіруді ғылыми-техникалық прогресс пен халықаралық интеграцияның маңызды, басым міндеттерінің бірі деп есептеген жөн.

3.4. Өлшем бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік жүйесі

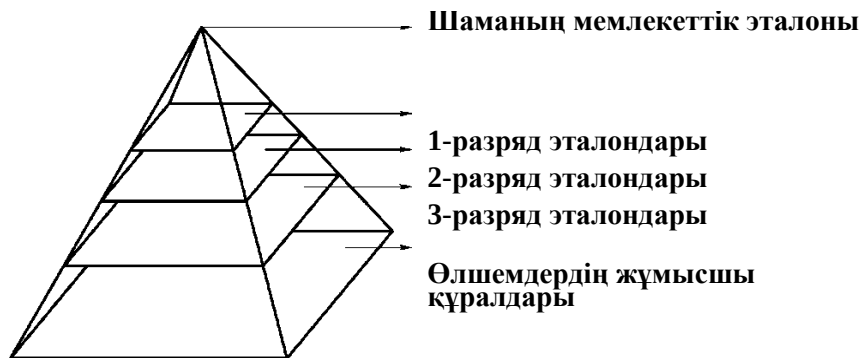
Өлшеу жұмыстарын ұйымдастырудағы орталық міндет - әртүрлі уақытта, әртүрлі орындарда, әртүрлі әдістер мен құралдар көмегімен орындалған бірдей нысандарды өлшеудің салыстырмалы нәтижелеріне қол жеткізу. Бұл міндет өлшем бірлігін қамтамасыз ету жолымен шешіледі. Өз кезегінде, бұл бірлікке метрология саласындағы мемлекеттік актілерге, ережелерге, талаптарға, нормаларға, бекітілген стандарттарға сәйкес өлшем бірлігіне қол жеткізу мен сүйемелдеу бағытталған метрологиялық қызмет жұмысының нәтижесінде қол жеткізіледі.

Ұйымдастырушылық жағынан бұл бірлік метрология субъектілермен: өзінің қызметін халықаралық метрологиялық ұйымдармен, Ресейдің атқарушы билігінің федералдық органдарының метрологиялық қызметтерімен және заңды тұлғалардың метрологиялық қызметтерімен байланыстыратын елдің мемлекеттік метрологиялық қызметімен қамтамасыз етеді.

Мемлекет тарапынан өлшем бірлігін қамтамасыз етудің маңызды формасы *Мемлекеттік метрологиялық бақылау* мен *қадағалау* (ММБменҚ) болып табылады.

Өлшем бірлігін қамтамасыз етудің нормативтік базасы заңнамалық метрология болып табылады, ал техникалық база ретінде физикалық шамалар бірлігін жаңғырту жүйесі мен олардың өлшемдері туралы ақпаратты елдегі өлшеу құралдарына шектеусіз барлығына беру қарастырылады (3.2-сурет).

Метрологиялық сипаттар және (немесе) өлшем құралдарының қолдануға жарамдылығының қолданыстағы мәндерін анықтау мен ұстау мақсаттарында орындалатын, мемлекеттік метрологиялық



3.2-сурет. шама бірліктерінің өлшемін беру жүйесінің сұлбалық суреті

бақылау мен қадағалауға жатпайтын операциялардың жиынтығы *калибрлеу* деп аталады.

Анықтамадан екі қорытынды жасауға болады:

- калибрлеу РФ-ның 27.04.93 жылғы №4871-1 «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» Заңның 13-бабымен бекітілген ММБменҚ саласында пайдаланылмайтын өлшеу құралдары үшін жүргізіледі, яғни тексеруге жатпайды;

- калибрлеу екі қызметті атқарады: өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттарының жарамды мәндерін анықтау мен растау; өлшеу құралдарының қолданысқа жарамдылығын анықтау мен растау.

Бірінші жағдайда, тапсырыс берушінің өтінімі (шарт) бойынша өлшеу құралдарын калибрлеуші зертхана аспаптың жарамдылығы туралы қорытынды шығармайды. Бекітілген сипаттар төлқұжаттық сипаттардан ерекшеленуі мүмкін және бұл өлшеу құралдарын қандай жағдайларда және қандай мақсатта пайдалануға болатынын және керектігін анықтауға тапсырыс берушінің ғана құзыретінде болады.

Екінші жағдайда өлшеу құралы жарамды деп танылады, егер оның метрологиялық сипаттарының қолданыстағы мәні нормативтік құжатта (НҚ) немесе тапсырыс беруші бекіткен техникалық талаптарға сәйкес келгенде жарамды деп танылады. Өлшеу құралдарының жарамдылығы туралы қорытындыны бұл жағдайда калибрлеу зертханасы жасайды.

Тәжірибеде шешілетін өлшеу тапсырмаларында калибрлеу өлшем құралдарының жарамдылығына, яғни оның жұмысқа қабілеттілігін тексеруге ғана саяды. Соның ішінде, өлшенетін шаманың жарамсыз мәндерін білу қажет, тек белгілі деңгейдегі өлшенетін дабылдың шамасының барын констатациялау керек. Мысал ретінде температураның шекті мәнінің құрылғы-сигнализаторларын калибрлеуді алуға болады. Бір немесе бірнеше дабылдық лампалары бар сигнализаторларда лампаларды қосу немесе өшіру шаманың шекті мәндеріне қол жеткізу туралы білдіреді. Бірнеше жарықтық секторлары түріндегі шкаласы бар құрылғыларда («Цептер» фирмасының ыдыстарына ұқсас), нақты сектор шегінде сілтеуіш нұсқауырдың күйі өлшеу нысанының белгілі күйін білдіреді.

Жоғарыда аталған заңның 23-бабында калибрлеудің қолданылу саласы мен ерікті сипаты көрсетіледі: «Тексеруге жатпайтын өлшеу құралдары өндірістен немесе жөндеуден шығарылғанда, импорт бойынша кіргізілгенде, пайдалану, жалға беру және сату кезінде калибрлеуге ұшырауы мүмкін». Калибрлеудің ерікті сипаты калибрлеу кезінде Мемлекеттік шама бірліктерінің эталондарына қатар бағынатын эталондардың калибрлеу жұмыстары кезінде метрологиялық қызметті пайдалану қажеттілігінен босатпайды.

Калибрлеу заңды тұлғаның метрологиялық қызметіне (МҚ) де, сол сияқты калибрлеу жұмыстарын орындауға қабілетті кез келген басқа ұйымға да артылуы мүмкін.

Өлшеу құралдарын калибрлеу нәтижелері өлшеу құралдарына эксплуатациялық құжаттарындағы жазбамен немесе калибрлеу туралы сертификатпен енгізілетін калибрлеу белгісімен расталады.

Мемлекеттік ғылыми метрологиялық орталықпен немесе Мемлекеттік метрологиялық қызмет (ММҚ) органдарымен жасалатын шарттар негізінде заңды тұлғалардың қызығушы метрологиялық қызметтері калибрлеу жұмыстарын жүргізу құқығына аккредиттелуі мүмкін. Бұл жағдайларда соңғыларына оларды аккредиттеген органдар мен ұйымдардың атынан калибрлеу туралы сертификаттар беру құқығы беріледі.

Аккредиттеу - ерікті процедура. Ол ең алдымен кәсіпорын шет елдік нарықтарға өнімдерін шығарғанда қажет болады. Бұл жағдайда сауда серіктесі (сатып алушы) сатушыдан өнімнің сипаттамалары тексерілген аккредиттелген метрологиялық қызметтің аспаптарымен өлшенгендігін растауды талап етуі мүмкін. 1994-1995 жж. Ресейде Ресей калибрлеу жүйесі (РКЖ) құрылды. «Ресей калибрлеу жүйесі туралы ережеде» келесі сұрақтар регламенттелген:

- РКЖ ұйымы, құрылығы және қызметі;
- оған кіретін заңды тұлғалардың жеке меншік нысаны мен басқаларына қарамастан құқықтары мен міндеттері;

РКЖ құруда бірнеше принциптер қатары сақталған. Біріншіден, жүйе ерікті негізде құрылады. Ешкім метрологиялық қызметтің аккредиттеуін мәжбүрлеуге құқылы емес. РКЖ кіру еріктігі тану процедурасын, сәйкесінше жүйедегі барлық қолданыстағы нормативтік құжаттарды орындауды қарастырады. Екіншіден, аккредиттеу органы ретінде мемлекеттік ғылыми метрологиялық орталықтар мен ММҚ органдары қатыса алады. Үшіншіден, аккредиттелген МҚ сертификаттар береді және аккредиттеуші орган атынан калибрлеу клеймоларының баспа таңбасын қояды. Төртіншіден, РКЖ құзыреттілік принципіне құрылған, оған сәйкес МҚ аккредиттеуін аккредиттеудің жарияланған саласында құзыретті аккредиттеуші органдар жүргізеді. Бесіншіден, бұл өзін-өзі өтеушілік принципі. Ол МҚ аккредиттеу ақылы қызмет болып табылатындығын білдіреді.

Бақылау сұрақтары

1. Өлшеу құралдарының жіктелімін келтіріңіз.
2. Физикалық шама өлшемі деген не?
3. Стандартты үлгі деген не?

4. Өлшеу аспаптары өлшеуіштік түрлендіргіштен немен ерекшеленеді?
5. «Өлшеу жүйесі» мен «өлшеу қондырғысы» терминдеріне анықтама беріңіз.
6. Өлшеудің жұмысшы құралдары деген нені білдіреді?
7. Физикалық шама үлгісі деген не?
8. Эталондық база деген не?
9. Қазіргі уақытта Ресейдің эталондық базасы қандай?
10. Физикалық шамалардың бірлігін жаңғырту жүйесі қалай ұйымдастырылған?
11. Өлшем бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік жүйесі қалай құрылған?
12. Өлшеу құралдарын калибрлеу қалай жүргізіледі?

ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ НОРМАЛАУ

4.1. Өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттарын таңдау мен нормалаудың принциптері

Өлшеу құралдарын пайдалану кезінде шығыс дабылдағы өлшенетін шама туралы ақпараттың оның шынайы мәніне сәйкестігі деңгейін білу аса маңызды. Осы мақсатта өлшеудің әрбір құралы үшін белгілі метрологиялық сипаттамалар (МС) нормаланады. *Метрологиялық сипаттамалар* - бұл өлшеу нәтижелері мен оның қателіктеріне әсер көрсететін өлшеу құралдары қасиеттерінің сипаттамалары. Нормативтік техникалық құжаттармен бекітілетін сипаттамалар *нормаланатын* деп аталады, ал эксперимент жүзінде анықталатындар - *жарамды* деп аталады МС номенклатурасы, өлшеу құралдары үшін нормаланатын МС кешендерін таңдау ережелері және олардың нормалау тәсілдері ГОСТ 8.009-84 «ӨАМЖ. Өлшеу құралдарының нормаланатын метрологиялық сипаттары» стандартымен анықталады.

Өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамалары:

- өлшеу нәтижелерін анықтауға және өлшеу құралдарын қолданудың нақты жағдайларында өлшеудің қателігінің аспаптық құрам бөлігін бағалауды есептеуге;
- МС белгілі өлшеу құралдарының қатыранан тұратын өлшеу жүйелері арналарының МС есептеуге;
- өлшеу құралдарын қолданудың белгілі жағдайларында өлшеудің қажетті сапасын қамтамасыз ететін өлшеу құралдарына оңтайлы таңдау жүргізуге;
- қолдану шартын ескере отырып әртүрлі типтегі өлшеу құралдарын салыстыруға мүмкіндік береді.

Өлшеу құралдарын таңдау мен нормалау принциптерін әзірлеу кезінде бұдан әрі баяндалған ережелер қатарына сүйену қажет.

1. Барлық аталған міндеттерді шешу мүмкіндігін негізгі шарты нормаланатын МС мен аспаптық қателіктер арасындағы бізмәнді байланыстың болуы болып табылады. Бұл байланыс қателіктердің аспаптық құрам бөлігінің математикалық

үлгісінің көмегімен орнатылады, онда нормаланатын МС аргументтер болуы тиіс. Бұл ретте МС номенклатурасы мен оларды өрнектеу тәсілдері оңтайлы болуы маңызды. Өлшеудің әртүрлі құралдарын пайдалану тәжірибесі МС кешенін нормалау мақсатты екендігін көрсетеді, ол бір жағынан, өте үлкен болмауы тиіс, ал екінші жағынан әрбір нормаланатын МС өлшеу құралдарының нақты қасиеттерін көрсетуі тиіс және қажет болғанда бақылануы мүмкін.

2. Өлшеу құралдарының МС нормалау бірыңғай теориялық бастамалардан жүргізілуі тиіс. Бұл өлшеу процесстерінде әртүрлі принциптерде құрылған өлшеу құралдары қатысатындығымен байланысты.

3. Нормаланатын МС олардың көмегімен кез келген дерлік өлшеу тапсырмаларын шешуге негізделген және бір мезетте өлшеу құралдарының осы құралдарға сәйкестігіне бақылау жүргізу жеткілікті болатындай түрде өрнектелген болуы тиіс.

4. Нормаланатын МС өлшеулердің аспаптық қателерін құрайтынды жинақтау мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс. Жалпы жағдайда ол қателердің келесі құрам бөліктерінің жиынтығы (бірігуі) ретінде анықталуы мүмкін:

- $A_0(t)$, қалыпты жағдайларда өлшеу құралдарының осы типіне сәйкес келетін құжаттармен жазылған, қалыпты жағдайларда нақтылыдан түрленудің жарамды қызметінен ерекшеленуімен негізделген. Бұл қателік *негізгі* деп аталады.

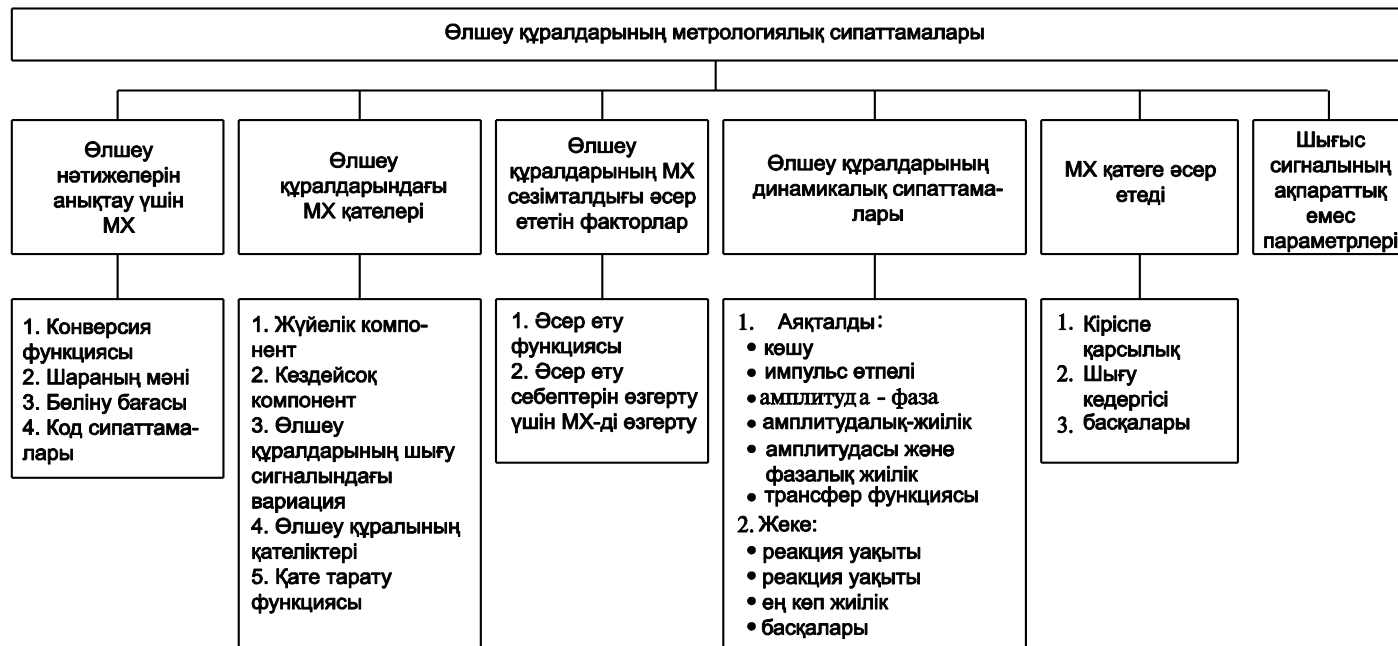
- A_{cj} , өлшеу құралдарының сыртқы әсер етуші шамалардың өзгеруі мен олардың атаулы мәндеріне қатысты кіріс дабылдың ақпараттандырылмаған параметрлерінің реакциясымен негізделген. Бұл қателік *қосымша* деп аталады;

- A_{dyn} , кіріс дабылдың өзгеруі жылдамдығына (жиілігіне) ӨЖ реакциясымен негізделген. *Динамикалық* қателік деп аталатын бл құраушы өлшеу құралдарының динамикалық қасиетіне де, кіріс дабылдың жиілікті спектріне де байланысты.

- A_{int} , өлшеу құралдарының өлшеу объектісімен немесе онымен қатар өлшеу жүйесіне қосылған басқа да өлшеу құралдарымен өзара әрекеттестігімен негізделген. Бұл қателік құралдардың кіріс тізбегінің сипаттары мен параметрлеріне және өлшеу нысанының шығыс тізбегіне байланысты болады.

5. Нормаланатын МС өлшеу құралдарының қолдану шарттарына және өлшеу құралдарының жұмыс режиміне тұрақты болуы және тек оның қасиеттерін ғана көрсетуі тиіс. МС таңдауды пайдаланушының олар бойынша пайдаланудың нақты жағдайларында өлшеу құралдарының сипаттарын есептеу мүмкіндігіне ие болатындай іске асыруы қажет.

6. Нормативтік-техникалық құжаттамада келтірілген нормаланатын МС өлшеу құралдарының жеке алынған көшірмесінің қасиеттерін емес, осы типтегі өлшеу құралдарының барлық



4.1 сурет Өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттарының номенклатурасы

жиынтығын қасиеттерін көрсетеді, яғни нақтылы болып табылады. Тип деп бірдей тағайындалымға, сұлбаға және құрылымға ие және техникалық шарттарда регламенттелген бірдей талаптарды қанағаттандыратын өлшеу құралдарының жиынтығы түсіндіріледі.

Бұл типтегі жеке өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттары нақтылы МС мәні облысының шегінде кез келген болуы мүмкін.

Нормаланатын МС тізімі алты негізгі топтарға бөлінеді (4.1-сурет).

4.2. Өлшеу нәтижелерін анықтау үшін тағайындалған метрологиялық сипаттар

Түрлену функциясы $F(X)$. Бұл қызмет өлшеуіштік түрлендіргіштер мен атаусыз шкаласы бар немесе кіріс шаманың бірілігінен екреше бірліктерде градусталған шкаласы бар аспаптар үшін нормаланады. Ол формула, кесте немесе график түрінде беріледі және ақпараттың параметрдің белгілі мәні бойынша оның шығыс мәнін өлшеу құралдарын қолданудың жұмысшы жағдайларында X өлшенетін шамасының мәнін анықтау үшін пайдаланылады: $X = F^{-1}(Y)$, мұнда F^{-1} — түрлену функциясының кері функциясы; Y — өлшеу құралдарының көрсеткіштері.

Сериялқ шығарылымдағы стандартталған өлшеу құралдары үшін түрленудің нормаланған қызметін нормалайды. Ұсақ сериялы өндіріс аспаптары үшін түрленудің дербес қызметтерін нормалайды. Конструктивтік ерекшеліктері түрленудің дербес қызметтерінің біршама шашырауын негіздейтін стандартталған өлшеу құралдары үшін олар берілген жағдайларда болуы тиіс шектерді (шегаралық мәндерді) нормалайды. Координаталардың басы арқылы өтетін түрленудің сызықтық қызметтері үшін түрленудің нақтылы немесе дербес коэффициенті нормалануы мүмкін.

Бір мәнді Y мәні немесе көп мәнді Y шаманың мәні Бұл сипаттамалар үшін

нақтылы немесе дербес мәндер нормаланады. Олар шамалар ретінде қолданылатын құрылғылар үшін пайдаланылады. Мысалы, қалыпты элементте электрлік қозғалтқыш күші генерациялатын нақтылы мән нормаланады, кварцты генераторда - оның тербеліс жиілігінің мәні және т.с.с.

Өлшеуіш аспаптың немесе көп мәнді шаманың шкаласының бөлудің мөлшері. бөлудің мөлшерін нормалау түрлену қызметі атаулы шкалада көрсетілетін біркелкі шкаласы

бар көрсеткіш аспаптар үшін жүргізіледі. Біркелкі емес шкалада бөлудің минималдық мөлшері нормаланады.

Сандық кодтың сипаттамасы. Оларға шығыс кодтың түрі, оның разрядтарының саны, кіші разряд бірлігінің бағасы жатады. Бұл сипаттамалар сандық аспаптар үшін нормаланады.

4.3. Өлшеу құралдарының қателіктерінің метрологиялық сипаттамалары

Бұл сипаттар тобы пайдаланудың қалыпты жағдайларында өлшеу құралдарының жеке қасиеттерімен негізделген қателіктерді сипаттайды. Олардың жиынтықты мәні өлшеу құралдарының жиынтықты қателігін түзеді.

Қателіктердің жүйелік бөлігінің сипаттамалары. Бұл сипаттамалар осы типтегі өлшеу құралдарының жиынтығының қасиеттерін көрсетеді (жеке экзemplярдy емес) және немесе A_{0S} , жүйелік құраушының мәнімен ғана немесе оның математикалық болжамымен (МБ) $M [\Delta_{0S}]$ және орташа квадраттық ауытқумен (ОКА) $\sigma [\Delta_{0S}]$ сипатталады. Екі соңғы шамаларды, егер оларды уақыт бойынша да, басқа шамалардың әсері бойынша да өзгерту арқылы елемей мүмкін болған жағдайларда нормалау мақсатты.

Әдетте *жүйелік* қателік ретінде тұрақты немесе заңды өзгеретін анықталған (кездейсоқ емес) шаманы түсіндіреді. Егер де физикалық түсініктен қателіктердің кейбір құраушысы тұрақты немесе заңды өзгеретіні анық болса, яғни анықталуы бойынша жүйелі болып табылса, бірақ оның мәні белгісіз, ал оның болатын шектері белгілі болса, онда бұл қателікті берілген шектерде қандай да бір түрде бөлінген кездейсоқ шама ретінде ескеруге болады.

Мұндай бағыт сонымен қатар жүйелік қателіктің сипаттамасы осы типтегі өлшеу құралдарының үлкен жиынтығы үшін нормаланатындығын түсіндіріледі. Бұл ретте әрбір нақты аспаптың қателіктері объективтік түрде кездейсоқ бөлінген (экзemplяp бойынша) шаманың жеке іске асыру болып табылады. Жүйелік құраушының сипаттары шектеулі жүйелік қате шектерін орнату жолымен нормаланады

$$\Delta_{0SP} = M [\Delta_{0S}] + k_p \sigma [\Delta_{0S}],$$

мұнда k_p — қателіктерді бөлу заңымен және сенімді ықтималдықтың P қабылданған мәнімен анықталған коэффициент. Сонымен қатар $M [\Delta_{0S}]$ және $\sigma [\Delta_{0S}]$ нормаланады. Бұл шамалар осы типтегі өлшеу құралдарының экзemplяpларының жиынтығы

бойынша жүйелік құраушысының шашыруын сипаттайды және қажет болғанда шамамен оны ескеруге мүмкіндік береді.

Қателіктердің кездейсоқ құраушысының сипаттамалары. Ло аспаптық қателігінің *кездейсоқ* құраушысы ретінде тек оның жеке қасиеттерімен негізделген өлшеу құралдарының қателіктерін кездейсоқ құраушы түсіндіріледі. Ол орталықтандырылған кездейсоқ процессті ұсынады және не ОКА — $\sigma [\Delta_0]$, не қалыптандырылған автокорреляциялық қызметкен бірге ОКА $r_{\Delta}(\tau)$, не спектральдық тығыздық қызметпен $S(\omega)$ сипатталады.

Кездейсоқ құраушының сипаттары шекті ОКА шегін орнату жолымен нормаланады. Нақтылы нормаланған автокорреляциялық қызметті немесе спектральдық тығыздықтың нақтылы қызметін, сонымен қатар олардың нақтылыдан ауытқу шектерін нормалау мүмкін.

Гистерезистен қателіктің кездейсоқ құраушысының сипаттамасы. Бұл сипаттама *шығыс дабылдың вариациясы* деп аталады.

Лонгистерезисінен қателіктің кездейсоқ құраушысы ретінде осы өлшеу аспабының экзепляры көрсеткіштерінің әртүрлі жылдамдық пен оның өзгеру бағыты кезінде кіріс дабылдың ақпараттық параметрінен айырмашылықпен негізделген.

Гистерезистен қателіктен кездейсоқ құраушының сипаты өлшеу құралдарының шығыс дабылының (көрсеткішінің) шекті вариациясының H_{OP} шегін орнату жолымен нормаланады.

Шағын кездейсоқ қателік кезінде жеке емес, гистерезистен кездейсоқ құраушыны қоса алғандағы өлшеу құралдарының жалпы қателігін нормалауды жүргізуге рұқсат етіледі.

Инструментальдық қателіктің құраушыларының нормаланған

мәндері белгілі болса $M[\Delta_{OS}]$, $\sigma[\Delta_{OS}]$, $\sigma[\Delta_0]$ және H_{OP} , онда берілген ықтималдықпен осы типтегі өлшеу құралының кез келген экзеплярының негізгі қателігі жаткен шектер формуламен анықталады

$$\Delta_0 = M[\Delta_{OS}] \pm k \sqrt{\sigma^2[\Delta_{OS}] + \sigma^2 \left[\begin{smallmatrix} 0 \\ \Delta_0 \end{smallmatrix} \right] + \sigma^2 \left[\begin{smallmatrix} 0 \\ \Delta_{0H} \end{smallmatrix} \right]},$$

мұнда k - мәні сенімді ықтималдыққа P байланысты болатын

коэффициент. Вариация дисперсиясы $\sigma^2 \left[\begin{smallmatrix} 0 \\ \Delta_{0H} \end{smallmatrix} \right] = H_{OP}^2 / 12$,

себебі гистерезистен кез келген қателік сияқты 0-ден H_{0P} дейінгі шектерде таратудың біркелкі заңына ие.

Егер $M [A_{0S}]$ және $\sigma [A_{0S}]$ нормаланған мәндері берілмеген болса, ал A_{0SP} , нормаланған мәні белгілі болса, онда

$$\Delta_0 = \pm k \sqrt{\Delta_{0SP}^2 / 3 + \sigma^2 \left[\Delta_0^0 \right] + H_{0P}^2 / 12}.$$

мұнда негізгі қателік мұнда қателіктердің жүйелік құраушысы $\pm \Delta_{0SP}$ шегінде біркелкі заң бойынша таратылғандығы ескерілген.

4.4. Өлшеу құралдарының динамикалық сипаттарын нормалау

Кіріс дабылдың қабылданған жиілікті сектордан кез келген айырмашылығы динамикалық қателікті тудырады. Осы қателіктерді бөлу өлшеу құралдарының кіріс дабылының жиілікті спектрін өзгерту дәлдіктің маңызды өзгеруіне әкелелгенде мақсатты болып табылады. Бұл бірдей өлшеу құралдары үшін кіріс дабылдың қандай да бір жеке спектрінде динамикалық қателікті ескеру керек, ал екіншісінде оның қажеттілігі жоқ.

Қателікті статикалық немесе динамикалық ретінде ескеру туралы сұрақтың шешімі кіріс дабылдың жеке секторға ғана байланысты емес. Маңызды фактор сонымен қатар өлшеу құралдарының инерциялығымен және жиілікті сектордың қалыптыдан айырмашылығы арасындағы қатынас болып табылады. Дәл осы қатынас статикалық қателіктің қатынасы бойынша динамикалық қателіктің деңгейін анықтайды.

Динамикалық қателіктерді сипаттау үшін келесі сипаттамалар пайдаланылады.

1. Ұқсас өлшеу құралдарының толық динамикалық сипаттамасында сипаттамалар ретінде төмендегілерді бірін пайдаланады: өтпелі, импульстік өтпелі, амплитудалық-фазалық, амплитудалық жиілікті, амплитудалық-жиілікті және фазалық жиілікті, берілістік қызмет.

Толық динамикалық сипаттаманы нақтылы және одан шекті ауытқуларды орнату жолымен нормалайды. Эксперимент жүзінде салыстырмалы қарапайым болатын осындай сипатты нормалаған жөн.

2. Сызықтық ретінде пайдалануға болатын ұқсас өлшеу құралдарының жиілікті динамикалық сипаттары. Оларға реакция уақыты, демфирлеу коэффициенті, уақыт тұрақтысы және т.с.с. жатады.

3. Реакция уақыты өлшеудің максималдық жиілігіне (жылдамдыққа) сәйкес келетін екі өлшеулері арасындағы интервалдан аспайтын ҰСТ мен сандық өлшеу құралдарының жиілікті динамикалық сипаттары. Оларға реакция уақыты, есепті даталау қателігі, өлшеудің максималдық жиілігі және т.с.с. жатады.

4. Реакция уақыты өлшеу құралының осы типі үшін өлшеу жиілігіне (жылдамдығына) сәйкес максималдық мүмкін екі өлшемдер арасындағы интервалдан үлкен өлшеудің ұқсас-сандық құралдарының динамикалық сипаттары. Оларға өлшеудің ұқсас сандық құралдарының ұқсас бөлігіне балама толық динамикалық сипаттары, есептеуді даталаудың қателігі, өлшеудің максималдық жиілігі (жылдамдығы) және т.с.с. жатады.

Реакция уақыты ретінде түсіндіріледі:

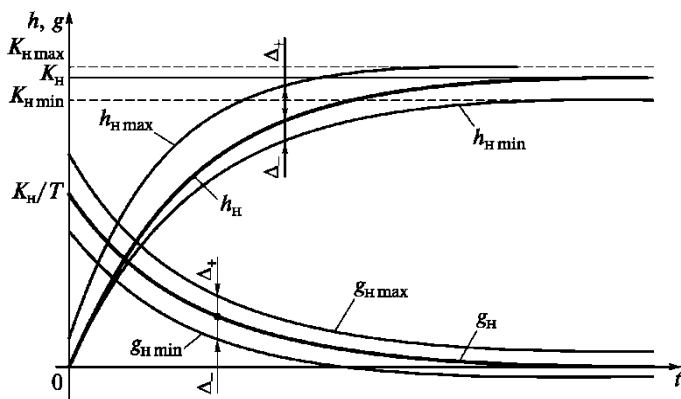
- көрсеткіш өлшеу аспабы үшін - көрсеткіштерді орнату уақыты;

- СҰТ мен көп мәнді басқарылатын шама үшін - басқарушы дабылды берген сәттен бастап түрлендіргіштің шығыс дабылы немесе шамалары берілген мәннен атық емес бекітілген мәннен өзгеше болғанынан бастапқы сәтке дейінгі уақыт.

- ҰСТ мен сандық өлшеуіш аспап үшін - өлшенетін шаманың өсу жағына қарай секіrmелі түрде өткен және іске қосу дабылын бір мезетте беру сәтінен бастап сандық аспаптың көрсеткіштері немесе ҰСТ шығыс коды бекітілген көрсеткіштен өзшге болатын немесе берілген мәннен аспайтын шамаға шығыс кодтың мәні ерекшеленетін сәтке дейінгі уақыт.

СҰТ мен көп мәнді шамалар үшін өтпелі сипатама немесе реакция уақыты нормалануы мүмкін, себебі мұндай өлшеу құралдарын пайдаланған кезде әдетте басқару дабылын бергеннен кейін қандай уақыттан кейін шығыс шаманың бекітілген мәнін санауға болатындығын білу қажет.

Өлшеу құралдарының ерекше тобын ҰСТ құрайды, олардың шығыс дабылы дискреттеудің басқарушы жиілігіне сәйкес дискреттік өзгереді. Әдетте, бұл құрылғыларда барлық өтпелі процесстер мен түрлену процессі дискреттелудің минималдық интервалынан аз уақытта аяқталады. Сондықтан да олар үшін реакция уақытын нормалау жеткілікті. Кіріс тізбектерде ұқсас-сандық түрленудің реакция уақыты екі өзгерістер арасындағы минималдық интервалдан үлкен болатын ұзақ өтпелі процесстерде тек ҰСт аналогтік бөлігінің ғана динамикалық сипаттарын нормалау мақсатты, яғни ұқсас өлшеу құралдары үшін сияқты.



4.2 сурет

Нақтылы өтпелі және импульстық функциялар мен әртүрлі

Мысал. Темпераураның өлшеу құралдары үшін тән динамикалық қасиет жылулық инерция болып табылады, сондықтан да олардың көпшілігі бірінші қатардағы динамикалық звеноларды көрсетеді. Олар динамикалық МС нақтылы өтпелі және импульстік өтпелі қызметті және олардан шекті ауытқулары көрсету жолымен нормаланады.

Нақтылы қызметтер аналитикалық өрнектермен берілуі мүмкін. Бірақ та аналитикалық өрнекті іріктеудің күрделілігіне қарай көбінесе оларды 4.2-суретте көрсетілгендей графикалық түрде береді. Нақтылы қызметтерден рұқсат етілетін ауытқулар әртүрлі тәсілдермен ұсынылуы мүмкін:

- нормаланатын функцияның мәндері үшін жоғарғы ($h_{Nmax}(t)$ и $g_{Nmax}(t)$) және төменгі ($h_{Nmin}(t)$ и $g_{Nmin}(t)$) шектік шегараларды сипаттайтын аналитикалық өрнектерді беру арқылы; егер нормаланатын функция мәнінің шегін сипаттайтын уақыттық тәуелділік түрі одан тек коэффициент K_N , мәндерімен ғана ерекшеленсе, онда оның K_{Nmax} және K_{Ntt} мәндерінің шекті ауытқулары нормалануы мүмкін;
- нормаланатын функцияның мәндері үшін жоғарғы және төменгі рұқсат етілетін шекті сипаттайтын $h_{Nmax}(t)$, $g_{Nmax}(t)$, $h_{Nmin}(t)$ и $g_{Nmin}(t)$ графикалық тәуелділікті құрумен;
- уақыттың жекелеген моменттерінде нақтылы функциядан шекті ауытқуларды Δ_+ и Δ_- көрсету арқылы.

4.5. Өлшеу құралдарының дәлдік санаттары

ГОСТ 8.009-84 енгізілген сипаттамалар өлшеу құралдарының метрологиялық қасиеттерін біршама толық сипаттайды. Бірақ

қазіргі уақытта пайдалануда өлшеу құралдарының біршама көп мөлшері бар, олардың метрологиялық сипаттары біршама басқаша, дәлірек дәлдік санаты негізінде нормаланған.

Дәлдік санаты - бұл өлшеу құралдарының жалпылама сипаты, ол оның негізгі және қосымша қателіктерінің рұқсат етілген мәндерінің шегімен, сонымен қатар дәлдікке әсер ететін басқа да сипаттармен өрнектеледі. Дәлдік санаты осы өлшеу құралымен орындалатын өлшем дәлдігінің тікелей бағасы болып табылмайды, себебі қателік сонымен қатар кейбір факторлар қатарына байланысты болады: өлшеу әдісі, өлшеу шарттары және т.с.с. Дәлдік санаты тек осы типтегі өлшеу құралдарының қателігі қандай шекте болатындығын талқылауға мүмкіндік береді.

Дәлдік санатымен анықталатын өлшеу құралдарының (ӨҚ) рұқсат етілген қателіктерінің шектері $\Delta_{\text{си}}$, - бұл өлшеу құралдарының негізгі қателіктерінің мәні бар интервал. Егер өлшеу құралдары аздаған кездейсоқ құраушыға ие бола, онда $\Delta_{\text{си}}$ анықтау гистерезиспен негізделген жүйелік қателік пен кездейсоқ қателікті табуға жатады және біршама қатал болып табылады. Бұл ретте шегі $\Delta_{\text{си}} = \Delta_{\text{OSP}} + 0,5H_{\text{OP}}$.

Егер өлшеу құралы біршама кездейсоқ қателікке ие болса, онда ол үшін шекті негізгі қателіктің шегін анықтау айқын емес болады. Оны бірлікке жағын белгісіз ықтималдықтағы негізгі қателік мәні бар интервал ретінде түсіну керек:

$$\Delta_{\text{си}} = \pm(\Delta_{\text{OSP}} + K\sigma(\Delta_0) + 0,5H_{\text{OP}}),$$

мұнда K - P сенімді ықтималдыққа тәуелді коэффициент.

Өлшеу құралдарының дәлдік санаттары стандарттарда немесе техникалық шарттарда орнатылады, өлшеу құралдарды дәлдіктің екі немесе одан артық санатына ие болуы мүмкін. Мысалы, онда бірдей физикалық шамадағы екі немесе одан артық өлшеу диапазоны болса оған дәлдіктің екі немесе одан артық санатын беруге болады. Бірнеше физикалық шамаларды өлшеу үшін тағайындалған аспаптар сонымен қатар әрбір өлшенетін шама үшін дәлдіктің әртүрлі санаттарына ие болуы мүмкін.

рұқсат етілетін негізгі және қосымша қателіктердің шектерін келтірілген, оңтайлы немесе абсолюттік қателіктер түрінде өрнектейді. Ұсыну формасын таңдау өлшеу диапазоны шегінде қателіктердің өзгеруі сипатына, сонымен қатар өлшеу құралдарын қолдану және тағайындау шартына байланысты болады.

Шекті абсолюттік қателіктің шектері формулалардың бірі бойынша орнатылады:

$$\Delta = \pm a \text{ немесе } \Delta = \pm(a + bx),$$

мұнда x - өлшенетін шаманың мәні немесе шкала бойынша саналған бөлу саны; a, b - x -ке тәуелді емес оңтайлы сандар.

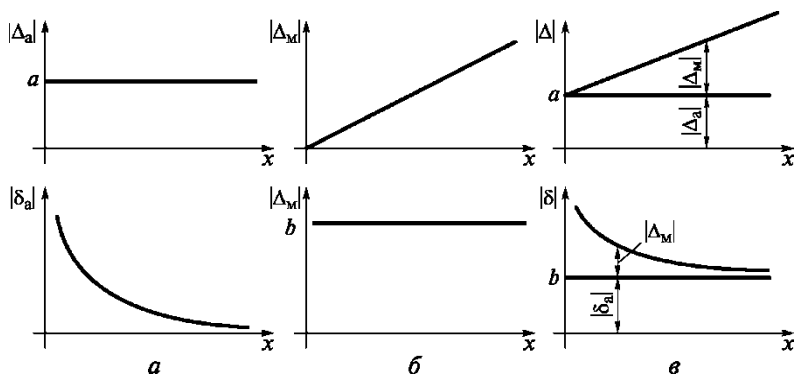
Бірінші формула таза аддитивтік қателікті сипаттайды

4.3, (а-сурет), ал екінші - аддитивтік және мультипликативтік қателіктердің сомасын сипаттайды (4.3, в сурет). Техникалық құжаттамада абсолюттік қателіктер түрінде орнатылған дәлдік санаттары мысалы, «дәлдік санатын M , ал аспапта - « M » әрпімен белгілейді. Белгілеу үшін латын әліпбиінің баспа әріптері немесе рим сандары пайдаланылады, оған қоса қателіктердің аз шектері әліпбидің басына немесе кіші сандарға жақын орналастарған әріптерге сәйкес келуі тиіс.

Рұқсат етілген келтірілген негізгі қателіктің шекері $\gamma = \Delta/x_N = \pm p$ формуласы бойынша анықталады, мұнда x_N - A сияқты бірліктерде өрнектелген нормалаушы мән; p - мәндердің қатарынан таңдалатын дерексіз оң сан, ол $(1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6) \cdot 10^n$; $n = 1; 0; -1; -2...$ мәндерінің қатарынан таңдалады.

Нормалаушы мән x_N біркелкі, тәжірибелік біркелкі немесе деңгейлік шкалалары бар өлшеу құралдары үшін және егер нөлдік мән өлшеу диапазонының шетінде немесе тыс болса, өлшеуіштік түрлендіргіштер үшін өлшемдердің шектерінің үлкеніне тең орнатылады.

Шкаласы шартты нөлге ие өлшеу құралдары үшін x_N өлшеу шектерінің әртүрлілік модуліне тең. Мысалы, 100 -ден 600°C дейінгі өлшеу шектері бар термоэлектрлік термометрдің вольтметі үшін нормалаушы мән 500°C болады. Берілген атаулы мән бар шаманы өлшеу құралдары үшін x_N өлшеу диапазонына сәйкес келетін шкаланың немесе оның бөлігінің бүкіл ұзындығына тең деп қабылдайды. Бұл жағдайда абсолюттік қателіктің шектерін шкала ұзындығы сияқты ұзындық бірліктерінде өрнектейді, ал



4.3 сурет. Абсолюттік және салыстырмалы түрлерде аддитивтік (а), мультипликативтік (б) және жиынтықты (в)

өлшеу құралдарында дәлдік санатын шартты белгілейді, мысалы $\sqrt[0,5]{}$ белгісі түрінде, мұнда 0,5 - р санының мәні. Қалған қарастырылған жағдайларда дәлдік санатын нақты р санымен белгілейді, мысалы 1,5. Белгілену аспаптың циферблатына енгізіледі.

4.6. Өлшеу құралдарының метрологиялық сенімділігі

Пайдалану процессінде өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамалары мен параметрлері өзгерістерге ұшырайды. Бұл өзгерістер кездейсоқ монотондық немесе флуктирлеуші сипатқа ие және істен шығуларға, яғни өлшеу құралдарының өз қызметтерін орындай алмауына әкеледі. Істен шығулар метрологиялық емес және метрологиялық болып бөлінеді.

Метрологиялық емес деп өлшеу құралдарының МС өзгеруімен байланысты емес себептермен істен шығуы аталады. Олар ең алдымен айқын сипатқа ие, кездейсоқ пайда болады және тексеру жүргізусіз анықталуы мүмкін.

Метрологиялық деп бекітілген рұқсат етілген шектен МС шығуымен туындаған жарамсыздықты айтады. Зерттеулер көрсеткендей, метрологиялық жарамсыздықтар метрологиялық еместен қарағанда біршама жиі болады. Бұл оларды болжау мен анықтаудың арнайы әдістерін әзірлеу қажеттілігін негіздейді. Метрологиялық жарамсыздық кенеттен және біртіндеп істен шығу деп бөлінеді.

Кенеттен деп бір немесе бірнеше МС секірмелі түрде өзгеруімен сипатталатын жарамсыздықты айтады. Бұл жарамсыздықты олардың кездейсоқтығынан болжау мүмкін емес. Олардың салдары (көрсеткіштердің жаңылуы, сезімталдықты жоғалту және т.с.с.) аспапты пайдалану барысында жеңіл анықталады, яғни пайда болу сипаты бойынша олар айқын болып табылады. Кенеттен жарамсыздықтың ерекшелігі - олардың қарқындылық уақытындағы тұрақтылық. Бұл осы жарамсыздықты талдау үшін сенімділіктің классикалық теориясын қолдану мүмкіндігін береді. Осыған байланысты келесіде мұндай түрдегі жарамсыздықтар қарастырылмайды.

Тұрақты деп бір немесе бірнеше МС бір қалыпты түрде өзгеруімен сипатталатын жарамсыздықты айтады. Пайда болу сипаты бойынша біртіндеп жарамсыздық жасырын болып табылады және өлшеу құралдарын мерзімдік бақылау нәтижелері бойынша ғана анықталуы мүмкін. Кейін дәл осындай жарамсыздықтар қарастырылады.

«Метрологиялық жарамсыздық» түсінігімен өлшеу құралдарының «метрологиялық бүтінділік» түсінігі тығыз байланысты. Онда өлшеу құралдарының күйі түсіндіріледі, мұнда барлық нормаланатын МС бекітілген талаптарға сәйкес келеді. Өлшеу құралдарының оның метрологиялық бүтінділігін

белгілі режимдер мен пайдалану шарттарында берілген уақыт ішінде сақтау қабілеті *метрологиялық сенімділік* деп аталады. Метрологиялық сенімділік проблемасының спецификасы ол үшін жарамсыздық қарқындылығының кезіндегі тұрақтылық туралы сенімділіктің классикалық теориясының негізгі күйі заңсыз болады. Сенімділіктің заманауи теориясы екі сипаттық күйге ие бұйымдарға бағытталған: жұмысқа қабілетті және жұмысқа қабілетсіз. Өлшеу құралдарының қателіктерінің біртіндеп өзгеруі рұқсат етілген шектік мәндерге қателіктің жақындау деңгейімен анықталатын қызмет студия тиімділігін әртүрлі деңгейі бар қанша болса да көптеген жұмысқа қабілетті күйді жүргізуге мүмкіндік береді.

Метрологиялық жарамсыздық түсінігі белгілі дәрежеде шартты болып табылады, себебі жалпы жағдайда нақты шарттарға байланысты өзгеретін МС рұқсатпен анықталады. Метрологиялық жарамсыздықтың туындауының дәл уақытын оның пайда болуының жасырын сипатын орай бекіту мүмкін емес, ал сол уақытта сенімділіктің классикалық теориясы пайдаланатын анық жарамсыздық олардың туындау сәтінде анықталуы мүмкін. Мұның барлығы өлшеу құралдарының метрологиялық сенімділігін талдаудың арнайы әдістерін әзірлеуді қажет етті.

Өлшеу құралдарының сенімділігі уақыт өте келе олардың тәртібін сипатайды және төзімділік, тоқтаусыз жұмыс істеу, ұзақ мерзімділік, жөндеуге жарамдылық (қалпына келтірілетін өлшеу құралдары үшін) және сақталушылықтан тұратын жалпыланған түсінік болып табылады.

Өлшеу құралдарының төзімділігі оның МС уақытында өзгермеушілікті көрсететін сапалық сипаты болып табылады. Ол қателіктерді тарату заңының параметрлерінің уақыттық тәуелділіктерімен сипатталады. Метрологиялық сенімділік және төзімділік өлшеу құралының бірдей қартаю процессінің әртүрлі қасиеттері болып табылады. Төзімділік өлшеу құралдарының метрологиялық қасиеттерінің тұрақтылығы туралы көп ақпарат береді. Бұл оның ішкі қасиеті тәріздес. Сенімділік, керісінше, сыртқы қасиет болып табылады, себебі өлшеулердің және пайдаланылатын рұқсаттардың мәндерінің төзімділігіне де дәлдігіне де байланысты болады.

Мемлекет аралық стандарттау бойынша ұсыныстар (МСҰ 29-99) сонымен қатар өлшеу құралдарының тұрақсыздығы туралы түсінікті енгізеді, ол бекітілген уақыт интервалында оның МС өзгерістерін көрсетеді. Мысалы, қалыпты элементтің тұрақсыздығы жыл бойына оның ЖҚ Көзгеруімен сипатталады (2 мкВ/жыл).

Тоқтаусыз жұмыс істеу деп өлшеу құралдарының біраз уақыт бойы жұмысқа қабілетті күйін үздіксіз сақтау қасиеті аталады. Ол екі күймен сипатталады: жұмысқа

қабілетті және жұмысқа қабілетсіз. Бірақ та күрделі өлшеу жүйелері үшін күйлердің көп мөлшері де орын алады, себебі кез келген жарамсыздық олардың жұмыс істеуінің толық тоқтауына әкелмейді. Жарамсыздық өлшеу құралдарының жұмысқа қабілеттілігін бұзылуымен немесе тоқтауымен байланысты кездейсоқ оқиға болып табылады. Бұл тоқтаусыз жұмыс істеу көрсеткіштерінің кездейсоқ табиғатын негіздейді, оның бастысы өлшеу құралының тоқтаусыз жұмыс істеу уақытын бөлу болып табылады.

Ұзақ мерзімділік деп өлшеу құралдарының шекті күй туындағанға дейін өзінің жұмысқа қабілетті күйін сақтау қасиетін айтады. Жұмысқа қабілетті күй - бұл өлшеу құралдарының барлық МС нормаланған мәндерге сәйкес келетін күйін айтады. Шекті деп өлшеу құралдарының қолдануға рұқсат етілмейтін күйін айтады.

Метрологиялық жарамсыздықтан кейін өлшеу құралдарының сипаттары сәйкес реттеулер жолымен шекті диапазондарға қайтарылуы мүмкін. Реттеу жүргізу процессі метрологиялық жарамсыздықтың сипатына, өлшеу құралдарының құрылымына және басқа да себептер қатарына байланысы біршама көп немесе аз ұзақтықта болуы мүмкін. Сондықтан да сенімділік түсінігіне «жөндеуге жарамдылық» түсінігі енгізілген.

Жөндеуге жарамдылық - өлшеу құралдарының ескертуге қабілеттілігіне және жарамсыздықтың туындау себебін анықтауға, оның жұмысқа қабілеттілік күйін техникалық қызмет көрсету және жөндеу жолымен ұстау және қалпына келтіруге негізделген өлшеу құралдарының қасиеті. ол метрологиялық жарамсыздықтан кейін өлшеу құралдарын қалпына келтіруге және оны жұмысқа қабілетті күйде ұстауға уақыт пен құрал шығындарымен сипатталады.

МС өзгеруі процессі өлшеу құралының пайдаланылатынына немесе оның қоймада сақталғанына қарамастан үздіксіз жүреді. Өлшеу құралдарының тоқтаусыз жұмыс істеу, ұзақ мерзімділік және жөндеуге жарамдылық көрсеткіштерінің мәндерін сақтау қасиеті және сақтау мен тасмалдаудан кейін оның сақталғыштығы деп аталады.

Өлшеу құралдарының метрологиялық сенімділігін сипаттайтын көрсеткіштерін қарауға кіріспес бұрын оның МС уақытында өзгеру сипатын анықтау қажет.

Өлшем құралдарын метрологиялық бүтін күйде ұстаудың негізгі формаларының бірі оны *мерзімдік тексеру* болып табылады. Оны метрологиялық қызмет арнайы нормативтік-техникалық құжаттамада баяндалған ережелерге сай жүргізеді. Тексерудің мерзімділігі өлшеу құралдарының сенімділігіне қойылатын талаптармен келісілген болуы тиіс. Тексеруді оңтайлы таңдалған уақыт интервалы арқылы жүргізу қажет,

оны тексеру аралық интервалдар (ТАИ) деп атайды. Метрологиялық жарамсыздықтың туындау сәті тек өлшеу құралдарын тексеруді ғана анықтауы мүмкін, оның нәтижелері жарамсыздықтың соңғы екі тексеру арасындағы уақыт кезеңінде орын алғандығын бекітуге мүмкіндік береді. ТАИ шамасы оңтайлы болуы тиіс, себебі жиі тексерулер оларды ұйымдастыру мен өткізудің материалдық және еңбектік шығындарына әкеледі, ал сирек тексерулер метрологиялық жарамсыздықты өлшеу қателіктерінің артуына әкелуі мүмкін.

Тексеру аралық интервалдары өлшеу құралдарына арналған күнтізбелік уақытта орнатылады, онда метрологиялық сипаттаманы өзгерту ескірумен негізделген және пайдаланудың қарқындылығына тәуелді емес. ТАИ мәндерін келесі қатардан таңдау ұсынылады: 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 9; 12; 6*K* ай, мұнда *K* - бүтін оң сан. МС өзгеруі пайдаланудың қарқындылығына байланысты болатын оның элементтерінің тозуы нәтижесі болып табылады, ТАИ атқарым мәндерінде тағайындалады.

ТАИ тапқан кезде МС таңдалады, ол өлшеу құралының метрологиялық бүтінділігін күйін анықтайды. Мұндай сипаттар ретінде, әдетте, негізгі қателік, қателіктің кездейсоқ құраушысының орташа квадраттық ауытқуы және кейбір басқалары пайдаланылады. Егер метрологиялық бүтінділік күйі бірнеше МС анықтайтын болса, онда олардан тексеру кезіндегі брақтың ең үлкен пайызы анықталады.

ТАИ ұзақтығын негізделген таңдау сұрағына көптеген жұмыстар арналған. қазіргі уақытта оларды анықтаудың үш негізгі жолдары бар:

- жарамсыздық статистикасының негізінде;
- экономикалық критерий негізінде;
- өлшеу құралы қызметінің барлық мерзімі кезінде келесілік түзету арқылы бастапқы ТАИ-дың туынды тағайындалымы.

ТАИ ұзақтығын анықтаудың нақты әдісін таңдау өлшеу құралының сенімділігі мен тұрақтылығы туралы бастапқы ақпараттың болуына тәуелді болады. Бірінші тәсіл метрологиялық сенімділік көрсеткіштері белгілі болған жағдайларда тиімді болып табылады. Мұндай түрдегі біршама толық ақпарат өлшеу құралдарының МС уақытындағы өзгерісті сипаттайтын үлгілерде болады. Үлгілердің белгілі параметрлерінде ТАИ осы өлшеу құралдары рұқсаты үшін нормаланатын қателіктің шығуы сәтімен анықталады. Бірақ та өлшеу құралдарының параметрлері мен картаю процесстерінің сипаттарының үлкен шашырауы осындай үлгілердің көмегімен ТАИ есептеудің үлкен қателігіне әкеледі.

Жасырын және айқын жарамсыздық статикасына негізделген ТАИ есептеу әдістерін қолдану әртүрлі типтегі өлшеу құралдарының МС уақытында өзгеру процесстері бойынша эксперименттік мәліметтердің көп мөлшерінің болуын қажет етеді. Мұндай түрдегі зерттеулер біршама көп еңбекті қажет етеді және біршама уақытты алады. Осымен әртүрлі типтегі аспаптардың ескіру процесстері туралы жарияланған статистикалық мәліметтері өте аз екендігі түсіндіріледі. Өлшеу құралдарының техникалық сипаттарында, әдетте, жарамсыздыққа дейінгі орташа атқарылым, орташа немесе гамма-пайыздық ресурсы және қызмет көрсету мерзімі келтіріледі. Бұл ТАИ санау үшін айқын жеткіліксіз.

Экономикалық критерии бойынша тексеру аралық интервалды анықтау осындай интервалды таңдау тапсырмасын шешуден тұрады, мұнда өлшеу құралдарын пайдалануға шығындарды минималдандыруға және оның салдарын өлшеу қателіктерімен тудырылған мүмкін қателіктерден оқшаулау болып табылады. ТАИ анықтау үшін өлшеу құралын жөндеу мен тексеру құны туралы, сонымен қатар оны пайдаланудан шығару мен метрологиялық ақауы бар аспапты пайдаланудан шығындар туралы мәліметтер бастапқы ақпарат болып табылады. Бұл әдісті қолданудың негізгі қиындығы келесілерден тұрады. Өлшеу құралдарын жөндеу мен тексеру шығындары нормативтік құжаттар бойынша анықталады. Олардан айырмашылық жасырын метрологиялық жарамсыз аспаптарды пайдаланудан келетін шығындар әдетте тәжірибеде белгісіз. Әртүрлі түрдегі шығын функциясы түріндегі жасырын метрологиялық жарамсыздыққа ие өлшеу құралдарын пайдалануға шығындарды сипаттайтын жуық үлгілерге жүгінген жөн.

Біршама қарапайымы оның шамасын келесілік түзету арқылы ТАИ туынды тағайындаудан тұратын әдіс болып табылады. Бұл жағдайда минималдық бастапқы ақпарат кезінде біріншілік интервал тағайындалады, ал келесілік тексеру нәтижелері оны түзету үшін бастапқы мәліметтер болып табылады.

Бірінші ТАИ мемлекеттік және ведомстволық метрологиялық қызметтердің нормативтік құжаттарының ұсыныстарына сәйкес таңдалады.

ТАИ келесі мәндері бір типті өлшеу құралдарының көп мөлшеріне жүргізілген тексерулердің нәтижелерін ескере отырып бірінші интервалды түзету жолымен анықталады.

Бақылау сұрақтары

1. Жарамсыздық деген не? Метрологиялық жарамсыздық метрологиялық емес жарамсыздықтан немен ерекшеленеді?
2. Өлшеу құралдарының метрологиялық бүтінділігінің анықтамасын құрыңыз.

3. Өлшеу құралдарының метрологиялық сенімділігі деген не?
4. Өлшеу құралдарының төзімділік, тоқтаусыз жұмыс істеу, ұзақ мерзімділік, жөндеуге жарамдылық және сақтанушылығы анықтамасын құрастырыңыз.
5. Өлшеу құралдарының метрологиялық сипатының уақыт бойынша өзгеруі немен туындаған?
6. Өлшеу құралдарының төзімділік, тоқтаусыз жұмыс істеу, ұзақ мерзімділік, жөндеуге жарамдылық және сақталғыштығын атаңыз.
7. Тексеру аралық интервал деген не?
8. Тексеру аралық интервалдарды таңдаудың қандай тәсілдері бар?

5 Т А Р А У .

ҰҚСАС ӨЛШЕУ АСПАПТАРЫНЫҢ ЖАЛПЫ СИПАТТАМАЛАРЫ

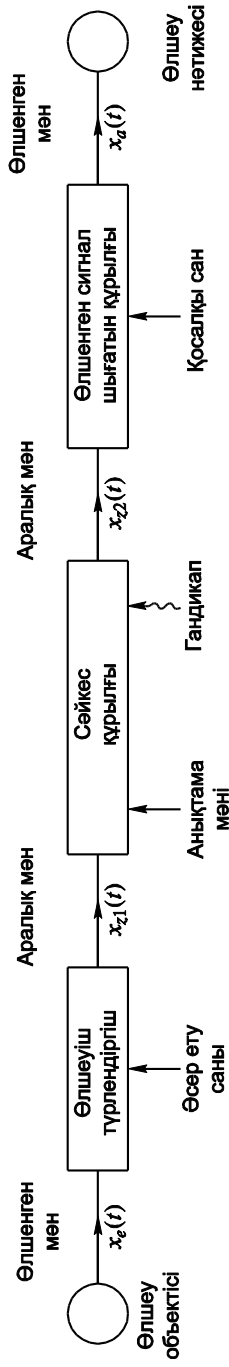
5.1. Ұқсас өлшеу аспаптарының жіктелімі

Өлшеу аспабы өлшеуіш ақпаратты қадағалаушының тікелей қабылдауы үшін қол жетімді формаға түрлендіру үшін тағайындалған құрылғыны көрсетеді.

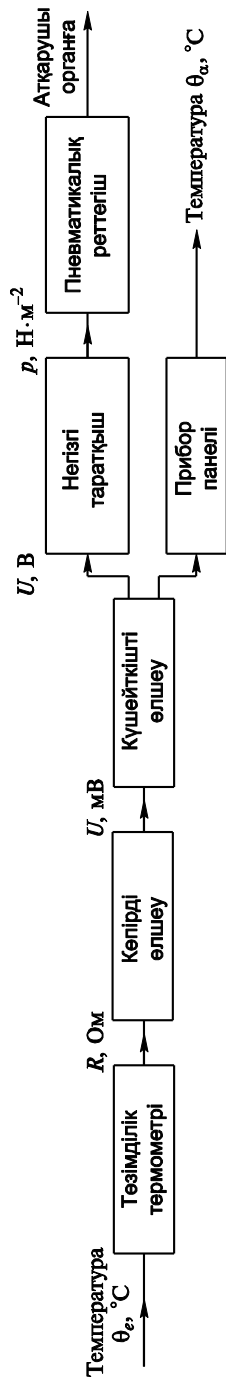
Ұқсас өлшеуіш аспап кіріс дабылдың ақпараттық параметрі (өлшенетін шама) шығыс дабылдың ақпараттық параметріне (өлшенген мән) түрленетіндігімен сипатталады, бұл ретте шығыс дабылдың ақпараттық параметрі өлшенетін шаманың мәніне байланысты берілген шегаралар шегінде кез келген мәнді қабылдай алады.

Белгісіз кіріс дабылдың мәніне қатысты қорытынды беру мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін (өлшенетін шама) ,өлшеуіш аспаптың шығыс дабылынан шыға отырып (өлшенген мәнді), өлшеуіш аспаптың сатыланған сипаттамасын білу қажет, яғни әсер ететін шамалардың әсері кезіндегі дабылдардың түрленуі ерекшеліктерін білу қажет. Өлшенетін шама өлшеуіштік түрлендіргіштің шығысына келіп түседі де, келісуші құрылғының дабылымен салыстырылады, күшейтіледі, әлсіретіледі және (немесе) түрлендіріледі, ал сосын адаммен қабылданатын немесе есептеуіш блокқа жіберілетін бір мәнді ақпарат түрінде шығыс құрылғыға беріледі.

Әрбір өлшеуіш аспап негізінен үш функционалдық блоктан тұрады (5.1-сурет): біріншілік өлшеуіш түрлендіргіштен, келісуші құрылғыдан (салыстыру блогы) және өлшенетін дабылды шығару құрылғысынан тұрады. Әрбір функционалдық блок өзінің функционалдық сипаттары бойынша бірдей немесе әртүрлі элементтер мен тораптардың қосылысы ретінде қарастырылуы мүмкін. Бұл ретте жекелеген функционалдық блоктарды бір мәнді шектеу үнемі мүмкін емес. Қазіргі уақытта 10^6 жоғары әртүрлі ұқсас аспаптар бар, сондықтан да өлшеуіш аспаптарды жіктеу қажеттілігі туындайды, бірақ бұл ретте ол біршама күрделірек бола түседі.



a



b

5.1.- сурет. Өлшеу жүйесінің функционалдық диаграммасы:
a - жалпы схема; б - температура өлшеу тізбегі

Мұндай жіктелім мысалы, келесі белгілерден шығып туындауы мүмкін:

- өлшенетін шама (сызықтық өлшемдерді өлшеуге арналған аспап, температураны өлшеуге арналған аспап);
- өлшеу принципі (электрмеханикалық, термоэлектрлік);
- өлшеуіш аспапта басым пайдаланылатын өлшеуіш дабылдың түрі (механикалық, электрлік);
- өлшеу әдісі (өлшенетін шаманы тікелей бағалау, өтемдік әдіс);
- өлшеуіш дабылдың тракті (тұйық, ашық);
- өлшеуіш дабылдың өзгеруі сипаты (сызықтық, сызықтық емес);
- өлшеуіш дабылды беру режимі (статикалық, динамикалық).

Механикалық өлшеуіш аспаптар әдетте ерікті қарапайым құрылымдық орындалуымен және сенімді қызмет атқаруымен сипатталады. Барлық өлшеуіштік түрлендіргіштер мен күшейткіш блоктар аздаған массаға ие болғандықтан, олар өлшеу нысанына кері әсер көрсетеді және динамикалық өлшеулерді жүргізген кезде нәтижелердің біршама ерікті бұрмалануын тудырады. Бұл кемшілік оптикалық дабылдарға өту жолымен жартылай шектелуі мүмкін, сондықтан қазіргі уақытта тура сызықтық өлшеулер жүргізу кезінде оптико-механикалық жүйелер кең қолданысқа ие.

Соңғы он жылдықта өлшеуіш техниканың жылдам дамуы электрлік және электрондық өлшеу аспаптарының қолдануымен басым байланысты. Электрлік ұқсас аспаптар деп әртүрлі физикалық шамаларды өлшейтін және оларды ұқсас электрлік дабылдарға түрлендіретін аспаптар деп аталады. Бұл аспаптар жоғары уақыттық рұқсатпен, математикалық операциялардың қарапайым іске асуымен, үлкен күш салумен және кейбір жағдайлар қатарында контактісіз біріншілік өлшеуіш түрлендіргіштерді пайдалану арқылы сипатталады.

Оған көп арналы өлшеулер мен есептерді, мәліметтерді қашықтықтан берудің тәжірибелік шектеусіз мүмкіндігін, қарапайым тіркеуді, сонымен қатар ұқсас есептеуіш машиналар көмегімен өлшеу нәтижелерін машиналық өңдеу мүмкіндігін қосу қажет. Ұқсас электрлік өлшеуіштік аспаптардың кемшіліктеріне сыртқы кедергілерге ұшыраушылықты жатқызуға болады, мысалы, температураның және электрлік өрістердің әсерлеріне. Электрлік өлшеуіш аспаптар біршама жиі түрде механикалықпен салыстырғанда біршама қымбат болады.

5.2. Ұқсас біріншілік өлшеуіштік түрлендіргіштер

Бір өлшеуіштік жүйенің шегінде *біріншілік түрлендіргіш* өлшенетін объекті мен өлшеуіштік дабылды өңдейтін өлшеуіш тізбектің элементтері арасындағы байланысты іске асырады. Біріншілік түрлендіргіш өлшенетін шаманы тікелей немесе жанама қабылдайды және өлшеуіштік дабылдың ақпараттық параметрін құрады. Оған қоса, өлшенетін объектімен біріншілік түрлендіргішті жалғау кезінде бұл түрлендіргіштің әсері аздаған болуы қажет. Біріншілік түрлендіргіш өлшенетін нысанмен тікелей байланысы бар өлшеуіш тізбектің жалғыз элементі немесе деңгейі болып табылады (5.1-сур.қар.). Оның қасиеті біршама жиі түрде барлық өлшеу жүйесінің қасиеттерін белгілі шамада негіздейді.

Біріншілік түрлендіргіштер өлшеу жүйесінің активті немесе пассивті элементтері болуы мүмкін. Белсенді біріншілік түрлендіргіштер әдетте энергияның қосымша көздерін қажет етеді.

5.2.1. Механикалық біріншілік түрлендіргіштер

Сызықтық өлшемдердің механикалық түрлендіргіштері. Ұзындықтың механикалық түрлендіргішін іске асырған кезде (сызықтық орын ауысу) біріншілік түрлендіргіш күштік немесе кейде кинематикалық байланысты пайдалану арқылы өлшеу нысанымен тікелей байланысты болуы тиіс. Өте кішкентай ұзындықты түрлендіру үшін түрленетін өлшеуіш дабылды күшейту қажет болады.

Дабылды күшейту иінтіректі бұрандалы (бұрама) немесе тісшелі берілік көмегімен іске асырылуы мүмкін (5.2-сурет).

Шығу дабылы үшін келесі қатынас әділетті болып табылады:

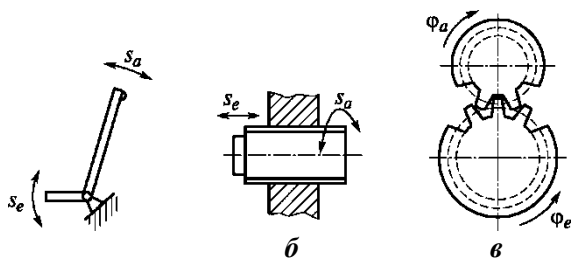
$$\Delta s_a = \Delta s_e / i,$$

мұнда Δs_a — шығыстағы ұзындықтың (жолдың) өзгеруі; Δs_e — кірістегі ұзындықтың өзгеруі; i — берілістік қатынас (кері сезімталдық).

Бірнеше берілісті ретімен қосу кезінде жалпы берілістік қатынасты алады:

$$i_{\text{общ}} = \prod_{k=1}^n i_k,$$

мұнда n — беріліс саны; i_k — жекелеген берілістердің ауыстырғыш қасиеттері.



5.2-сурет. Механикалық түрлендіргіштер
a — иінтіректі беріліс; *б* — бұрандалы беріліс; *в* — тісшелі беріліс

Механикалық жүйелер 1:1000 дейінгі берілісті қатынаспен берілісті алуды қамтамасыз етеді. Бұл ретте механикалық біріншілік түрлендіргіштер қарапайым конструктивтік орындаумен және сыртқы ауытқуларға біраз зақымдалғанымен сипатталады, бірақ та жылжымалы массаларды пайдалану салдарынан олар статикалық өзгерістер үшін басым қолданысқа ие болады.

Механикалық біріншілік түрлендіргіштер Күшті тікелей қабылдау мүмкін емес, ол тек оны әсері арқылы ғана қабылданады.

Күшті механикалық өлшеу кезінде біріншілік түрлендіргіштер ретінде формалары өлшеу тапсырмаларымен анықталатын деформацияланатын элементтер пайдаланылады. Осылайша, күштің біріншілік түрлендіргіштері ретінде кіші күштер үшін және үлкен күштер үшін шағын сығылғыш үшін бүгіліс немесе еспелерге жұмыс істейтін арнайы серіппелер қолданылады.

Бір осьті кернеуі күйі үшін серпімділік облысы шегінде Гук заңына сай деформация ε мен механикалық кернеу σ арасында сызықтық тәуелділік болады:

$$\sigma = \varepsilon E,$$

мұнда E - серпімділік модулі. Себебі,

$$\varepsilon = \Delta s / s,$$

мұнда s — ұзындық; Δs — ұзындықтың өзгеруі, оған қоса созылу немесе қысылу кезінде, және

$$\sigma = F / A,$$

мұнда A - көлденең қима ауданы; F - күш, онда шекті анықтау ұзындықтың өзгерісін анықтауға келеді:

$$\Delta s = (s / AE) F.$$

Бүгілу немесе бұралуға жұмыс істейтін серіппелерді пайдалану кезінде жүктеме момент ретінде енгізіледі. Бұл ретте бүгілуге жұмыс істейтін серіппенің деформациясы s x нүктесінде мына өрнектен анықталады:

$$d^2s/dx^2 = M_b/(EI),$$

ал бұрауға жұмыс істейтін серіппенің бұралуы бұрышы мына өрнектен анықталады:

$$\varphi = M_t/(GW_p).$$

Мұнда E — серпімділік модулі; G — жылжу модулі; I - инерция моменті; M_b — иілімдік момент; M_t — айналдыру моменті; W_p — кедергінің полярлық моменті.

Күш салу әсерінен туындайтын Δs_a ұзындықтың өзгеруі ұзындықтың біріншілік түрлендіргіші көмегімен анықталады. Тек қарапайым жағдайларда, мысалы, бұрандалы серіппені пайдаланған кезде ұзындықтың өзгеруі мәнен тікелей санауға болады.

Бұл белгілі рұқсат етілген диапазонда іске асырылады:

$$\Delta s_a = \Delta F_e / c,$$

мұнда ΔF_e - кірістегі күш салудың өзгеруі; c - серіппенің қаттылығы.

Температураның механикалық түрлендіргіштері
Температураның механикалық біріншілік түрлендіргіштері термомеханикалық әсерді пайдалануға, яғни қатты денелердің, сұйықтықтар мен газдардың жылулық кеңеюіне негізделген. Қатты дененің сызықтық кеңею коэффициенті α_r - келесі түрде анықталады:

$$\alpha_1 = \frac{1}{l} \frac{\Delta l}{\Delta T},$$

мұнда Δl — ұзындықтың өзгеруі; l — ұзындық; ΔT — температураның өзгеруі.

Сызықтық кеңею коэффициенті α_r - қатты дененің материалы мен температурасына T байланысты. Белгілі диапазонда рұқсат етілген қателікпен сызықтық кеңею коэффициентінің орташа мәнін қабылдауға болады. Онда бұл диапазондағы ұзындықтың өзгеруі мына түрде ұсынылады:

$$\Delta s_a = l_0 \alpha_{l_0} (T_e - T_0) = l_0 \alpha_{l_0} \Delta T,$$

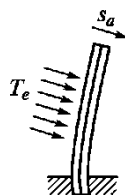
мұнда l_0 — бастапқы температурадағы негізгі ұзындық; T_e - өлшеу жүргізілген температураның мәні; T_0 - температураның бастапқы мәні.

Осылайша, температураны екі қатты дененің (стерженнің) ұзындығының өзгеруі бойынша анықтауға болады, егер мысалы,

олардың біреуінің температурасы тұрақты болса. Дилатометрлік термометрлерде бірдей ұзындықтағы екі стержень пайдаланылады, олардың сызықтық кеңею коэффициентінің мәндері әртүрлі және стерженьдердің ұзындығының өзгеруі айырмашылығы бойынша температураның өзгеруі анықталады:

$$\Delta s_a = l_0 (\alpha_{101} - \alpha_{102})(T_e - T_0).$$

5.3-сурет Биметаллды термометр



Температуралардың әртүрлілігі ұзындықтың біріншілік түрлендіргіші көмегімен бағаланады. Тікелей өлшеу екі стержень де өзара көлбеу бағытта қатты байланысқан жағдайларда жүргізілуі мүмкін және биметаллды термометрді құрайды (5.3-сурет).

5.2.2. Пневматикалық біріншілік түрлендіргіштер

Ұзындық пен температураның пневматикалық түрлендіргіштері. Өрекет ету принциптері бойынша пневматикалық түрлендіргіштерді статикалық және динамикалық деп бөлуге болады. Статикалық түрлендіргіштер идеалдық газ күйінің теңдеуіне негізделген:

$$pV/T = mR = k, \quad (5.1)$$

мұнда p - қысым; V — газдың көлемі; T - абсолюттік температура; m — газдың массасы; R — газды тұрақты; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Вт · с/К — Больцман тұрақтысы

Біршама жеткілікті жуықтауға ие бұл тәуелділік әділетті және нақты газдар үшін.

(5.1) теңдеуден ұзындық пен температураны өзгеруін қысымның өзгеруі бойынша өлшеуге болады. Егер көлбеу қиманың A ауданы бар мінсіз цилиндрлік ыдыста тек осьтік бағытта ғана орын ауыстыру s мүмкін болса, онда тұрақты температурада $V = As$ тәуелділігін ескере отырып, аламыз

$$p = k \frac{T}{A s}$$

P қысым $p + \Delta p$ мәніне дейін өзгерген кезде сонымен қатар s -тің $s + \Delta s$ -қа дейін өзгеруі жүреді, яғни

$$p + \Delta p = k \frac{T}{A (s + \Delta s)}.$$

Осы теңдеулерден туындайды:

$$\Delta p = - \frac{kT}{A} \frac{1}{(s + \Delta s)s}.$$

$\Delta s \ll s$ болған жағдайда, аламыз

$$\Delta p \approx (-k_2 / s^2) \Delta s.$$

Осылайша, ұзындықтың өзгеруі қысымның өзгеруіне пропорционалды болады.

Көлемнің тұрақтылығы жағдайында температураның өзгеруі мен қысымның өзгеруі арасында ұқсас пропорционалды тәуелділік болады:

$$\Delta p = k_3 \Delta T.$$

Кіші ұзындықты түрлендіру үшін жапқыш-шүмек жүйесін пайдалану мақсатты болып табылады. Өлшеу контактісіз әдіспен іске асырылады. Қысымдағы өлшеуіш шүмектен шығатын ауа ағыны өлшеу бетіне түседі. Шүмек пен өлшеуіш бет арасындағы аздаған қашықтықта s_e жылдамдықты ағын әсерінен қысымды құбыр бағытында айқын қарсы әрекет туындайды. Қысымның өзгеруі қашықтық өлшемі s_e болып табылады. Қысымның өзгеруі Δp_a мен ұзындықтың өзгеруі Δs_e арасындағы $0 < s_e < 0,15d$ диапазонында қашықтық үшін шүмектің d диаметрі кезінде жақындатылған сызықтық тәуелділік жүреді.

$$\Delta p_a \approx k s_e.$$

Сызықтық тәуелділік облысын сақтау үшін көптеген жағдайларда дифференциалдық өлшеулер жүргізеді. Градустау градусталатын шүмекке параллель орнатылатын үлгілік шүмекті пайдалану арқылы салыстыру әдісімен іске асырылады. Сәйкес салыстыру үлгілерін қолдану кезінде цилиндрлік беттің параметрлерін немесе бетті кедір-бұдырлығын өлшеуге болады.

5.2.3. Оптикалық біріншілік түрлендіргіштер

Геометриялық оптика заңдарын пайдалануға негізделген оптикалық түрлендіргіштер. Оптикалық біріншілік түрлендіргіштердің принципіалдық негіздері геометриялық оптиканың суреттерін құру заңдарына негізделеді. Осы принциптерді іске асыратын сәйкес жүйелер дәл шынылы сызықты шкаламен (салыстыру үлгісімен) салыстыру жолымен компарирлеуді пайдалану арқылы оптикалық әдіспен ұзындықты тікелей өлшеу мүмкіндігін қарастырады. Салыстыру үшін өлшеуіш микроскопты қолданады.

Өлшенетін шамаларды өлшеуіш дабылды жарықтық белгіні ығыстыру нәтижесінде оптикалық дабыл түрінде шағылдыратын беттің белгілі бұрыштық күйлерін пайдалану арқылы,

тікелей немесе жанама жолымен ұсынуға болады. Айнадан бейнелеген жарықтық шоғырдың ауытқуы көлбеу бұрышынан екі есе артады. Оптикалық дабыл біршама үлкен қашықтықтарда есептелетіндіктен, жоғары сезімталдыққа қол жеткізуге болады.

Толқындық оптика заңдарын пайдалануға негізделген оптикалық түрлендіргіштер. Әртүрлі өлшенетін шамаларды толқындық оптика заңдарын пайдаланатын өлшеуіштік түрлендіргіш көмегімен де түрлендіруге болады. Жарық поляризациясы жарықтық сәуле үшін тұнық ерітінділерді концентрациясын өлшеу үшін жарықтық сәулені өткізетін материалдардың ішкі механикалық кернеулерін талдау үшін қолданылады.

Сызықтық өлшеулерді, әсіресе ұзындықтың аздаған өзгерістерін түрлендіру үшін жарық интерференциясын пайдалануға негізделген әдістер қолданыс тапты. Ұзындықтың геометриялық айырмашылығына негізделген ұзындықтың оптикалық айырмашылығы толқындық фронт фазасының ығысуын тудырады. Бұл ығысы интерференциондық сурет көмегімен бағаланады. Фазалардың айырмашылығы

$$\Delta\varphi_{\pi} = 2\pi\Delta s_e / \lambda ,$$

мұнда n — сыну көрсеткіші; Δs_e — ұзындықтың өзгеруі; λ — жарық толқынының ұзындығы.

Тұрақты геометриялық ұзындықтарды сақтау кезінде бағыттың оптикалық айырмашылығы ортаның сыну көрсеткішінің әртүрлі мәндерінің нәтижесінде де туындауы мүмкін. Тіпті сыну көрсеткіштерінің аздаған айырмашылығын осы оптикалық әдіспен бағалауға болады. Осындай айырмашылық әртүрлі концентрациядағы ерітінділерде туындайтындықтан, сыну көрсеткішінің өзгеруі бойынша рефрактометрдің көмегімен ерітінді концентрациясын анықтау мүмкіндігі қамтамасыз етіледі.

5.2.4. Электрлік біріншілік түрлендіргіштер

Күштің пьезоэлектрлік түрлендіргіштері (ұзындықтың, қысымның). Диольдық құрылыммен сипатталатын қатты материалдарда, мысалы, кварцта, турмалинда, литий сульфатында және керамиканың арнайы түрлерінде пьезоэлектрлік әсер туындайды. Бұл әсерді қарапайым дипольдар белгілі күйде болған жағдайларда өлшеу үшін пайдалану мақсатты. Кристаллдың механикалық деформациясы кезінде зарядтардың өзара өтемі тоқтатылады, сондықтан да сыртқы беттерде айырымдық заряд туындайды, ол өткізетін үлдірлерді пайдалану кезінде өлшенуі мүмкін. Бұл ретте электрлік өріс құбылыстың қайтымдылығынан екіншілік деформацияны тудырады, ол елеусіз өте аз.

Туындайтын заряд салынатын күшке пропорционалды болады. Оған қоса пьезомодуль

$$\delta = Q/F,$$

мұнда Q — заряд; F — салынатын күш, материалдың қасиеті мен жүктеме салу бағытына байланысты болады. Қарапайым жағдайларда кварц мен турмалин үшін пьезомодуль $\delta = 10^{-12} \text{ А} \cdot \text{с} \cdot \text{Н}^{-1}$, ал өндірістік керамика үшін — $\delta = 10^{-10} \text{ А} \cdot \text{с} \cdot \text{Н}^{-1}$ құрайды.

Екі өткізетін үлдірлер арасында жасалған түрлендіргіш сыйымдылыққа ие болса, онда кернеу туындайды:

$$u_a = Q/C = (\delta / C) F_e,$$

мұнда Q — заряд; δ — пьезомодуль; C — сыйымдылық; F_e — күш.

Осындай жүйелерді тәжірибелік іске асыру кезінде үлдірлердің өлшемдері шектеулі болғандықтан, кристаллды түрлендіргіштің максималды сезімталдығы $\delta/C \cdot 10^{-2} \text{ В} \cdot \text{Н}^{-1}$, ал керамикалық түрлендіргіштікі — $10^{-1} \text{ В} \cdot \text{Н}^{-1}$ құрайды.

Бұл түрлендіргіштерді тәжірибелік пайдалану кезінде туындайтын зарядтар уақыт бойынша тұрақты емес екенін ескерген жөн және осыған байланысты пьезоэлектрлік түрлендіргіштер статикалық өлшеулер үшін пайдаланылуы мүмкін емес. Оларды жеделдетуді түрлендіру үшін пайдалану біршама мақсатты.

Тербелістің электродинамикалық түрлендіргіштері. Айнымалы магниттік ағын әсерінен катушкада ағынның өзгеру жылдамдығына пропорционалдың кернеу е ықпалданады. Егер магниттік ағынның өзгеруі тұрақты магниттік өрісте катушканың орын ауысуымен туындаған болса, онда кернеудің өзгеруі катушканың қозғалыс жылдамдығына байланысты болады. Осындай принципке негізделген түрлендіргіштерде әдетте цилиндрлік формадағы бір электромагнит болады. Электромагниттік индукция заңына сәйкес катушкаға бағытталған кернеу мына қатынаспен анықталады

$$u_a = -n \frac{d\Phi}{dt} = -nB \frac{dA}{dt},$$

мұнда n — орам саны; Φ — магниттік ағын; t — уақыт; B — магниттік индукция; A — тиімді аудан.

Егер катушка тұрақты магниттік өрістің біртекті учаскесінде болса және $A = l s_e$ болса, онда

$$u_a = -nBl \frac{ds_e}{dt} = kv(t),$$

мұнда l — катушканың диаметрі; s_e — тартылыс тереңдігі; k — тұрақты; v — жылдамдық.

Жылдамдық пен бағытталған кернеу өзара пропорционалды. Бұл әдіс сонымен қатар ұзындық пен жылдамдықтың жанама өлшеулері үшін де пайдаланылуы мүмкін, егер кернеу есептеуіш буыннан (интегратордан немесе дифференциатордан) кейін өлшенсе.

Температураның электрлік түрлендіргіштері
Термоэлементтер көмегімен температураны түрлендіру термоэлектрлік әсерді пайдалануға негізделеді. Егер әртүрлі материалдан жасалған екі өткізгіш бір бірімен екі нүктеде гальваникалық жалғанған болса, мысалы, дәнекерлеу арқылы, онда жанасу орнында кернеу туындайды. Мұны біріктірілген материалдардағы шығысындағы жұмыстың температуралық тәуелділігімен түсіндірілуі мүмкін. Кернеу болмайды, егер түйістірілетін екі учаске де бірдей температураға ие болса. Біртекті өткізгіштер кезінде термоЭҚК учаскелердегі температура айырмашылығына ғана тәуелді болады. Онда

$$\Delta u_a = [e_1(T) - e_2(T)]/\Delta T_e.$$

ТермоЭҚК абсолюттік мәнін e_T - К температураның айырмасы үшін анықтайды және оның өзі температураға байланысты болады.

Термоэлектродтар материалын таңдау біршама деңгейде температуралардың болжалды диапазонымен анықталады. ТермоЭҚК температура айырмасына негізделген болғандықтан, түйіндесетін учаскелердің біріндегі температура мәні тұрақты ұсталады. Әдетте температураның тіректік мәндері 0 немесе 50 °C құрайды, бұл термостатпен қамтамасыз етіледі.

Ұзындықтың резистивтік түрлендіргіштері. Ұзындықты оны резистордың кедергісін өзгертуге түрлендіру арқылы өлшеу өте кең таралған. Бұл ретте резистор сым, спираль, өткізетін сұйықтық бағаны, мысалы сынам немесе өткізетін жұқа қабат түрінде орындалған болуы мүмкін. Шығыс кернеудің өлшенетін ұзындыққа тәуелділігі мынадай түрге ие

$$U_a = U_b \left(R_a \parallel R \frac{s_e}{l} \right) / \left[R \left(1 - \frac{s_e}{l} \right) + \left(R_a \parallel R \frac{s_e}{l} \right) \right] = U_b \frac{1}{\frac{1}{s_e} + \frac{R}{R_a} \left(1 - \frac{s_e}{l} \right)},$$

мұнда U_a — шығыс кернеу; U_b — жұмысшы кернеу; R_a — жүктемелік кедергі; R — потенциометрдің жалпы белсенді кедергісі; s_e — өлшенетін ұзындық; l — потенциометрдің ұзындығы.

$R \ll R_a$ болғанда аламыз

$$U_a \approx \left(\frac{U_b}{l} \right) s_e = k s_e.$$

Бұл жағдай үшін түрлендіргіштің сипаты шамамен сызықтық. Мұндай түрлендіргіштер тек салыстырмалы ірі

өлшеулер үшін ғана қолданылады. Көптеген жағдайларда механикалық сезім (жылжымалы байланыс) іске асырылатындығын ескере отырып, бұл жүйелер статикалық өлшеулер үшін басымырақ қолданылады.

Резистивтік тензометрлік ұзындық түрлендіргіштері. Тензометрлік түрлендіргіш арнайы қағазға жапсырылған, әдетте меандр пішініндегі жоғарғы кернеудегі сымды көрсетеді. Біраз бұрын баспалы сұлба түріндегі тензометрлік түрлендіргіштер алына бастады. Сымды созған кездегі кедергінің салыстырмалы өзгерісі ұзындықты өлшеу шамасы ретінде пайдаланылады. Бұл ретте кедергінің өзгеруі тек геометриялық форманың өзгеруімен ғана емес, сонымен қатар ішкі механикалық кернеумен де негізделген.

Дөңгелек пішінді қимаға ие өткізгіштің кедергісі,

$$R = \rho l / A = 4\rho l / D^2 \pi,$$

мұнда ρ - шекті кедергі; l - ұзындық; A - көлденең қиманың ауданы; D - диаметр.

Бұл өрнекті логарифмдеп, одан кейін дифференциалаудан кейін кедергінің өзгеруі компоненттерін алады:

$$dR/R = d\rho/\rho + dl/l - 2dD/D.$$

Дифференциалдарды айырмашылықтармен алмастырып және ұзарту арқылы көлбеу қысуды көрсетіп, Пуассон теңдеуінің көмегімен мынаны аламыз

$$\Delta D/D = -\nu \Delta l/l,$$

мұнда ν — көлденең қысылу коэффициенті.

Шекті кедергіні өзгерту үшін өрнекке қоямыз

$$\Delta \rho / \rho = p (\Delta l / l),$$

мұнда p - порпорционалдық коэффициенті.

Сонда өлшеуіштік өткізгіштің кедергісінің салыстырмалы өзгеруі:

$$\Delta R/R = (\rho + 1 + 2\nu) \Delta l/l;$$

$$\Delta R_a/R_a = k (\Delta l/l) = k_1 (s_e/l).$$

Коэффициент k әрбір тензометрлік түрлендіргіш үшін көрсетіледі. Металлды өткізгіш үшін $k \approx 2$, себебі $\nu \approx 0,3$ және $p \approx 0,3... 0,4$ Жартылай өткізгіштер үшін бұл коэффициент біршама үлкен. Кедергінің өзгеруі көпірмен өлшенеді.

Тензометрлік түрлендіргіштерді пайдалану кезінде температураның әсері өлшеу нәтижелерін қатты бұрмалауы мүмкін екендігіне назар аударған жөн. Бірақ та екі тензометрлік түрлендіргіштер көмегімен өлшеулерді орындау кезінде температуралық әсер төмендейді; екі түрлендіргіш те бірдей температураның әсеріне ұшырайды, бірақ оның тек біреуі ғана формасын бұзады. Өлшеу нәтижесі ретінде екі түрлендіргіш кедергісінің айырмасы алынады.

Күштің резистивтік түрлендіргіштері. Күшті тікелей түрлендіру үшін екі өткізгіштің контактісін қысудың әртүрлі күші кезінде контактінің өтпелі кедергісінің өзгерісін пайдалануға болады. Жуандығы 1мм жуық бұрыштық пластинкалар осьтік күш салу пластинкалардың барлық бағанының белсенді кедергісін құрайтын контактінің өтпелі кедергісін өзгертетіндей түрде қабатталады.

Бағанның жалпы белсенді кедергісі үшін мына өрнек дұрыс

$$R_a = R_0 + R_K = R_0 + k / F_e,$$

мұнда R — пластинкалардың кедергісі; R_K — пластинкалар арасындағы контактілік кедергі (контактінің өтпелі кедергісі); k — пропорционалдық коэффициенті; F_e — күш.

Осыдан шыққанда, салынатын жүктемеге байланысты кедергінің өзгерісін мына түрде көрсетуге болады

$$\Delta R_a = -k \frac{1}{F_e (F_e + \Delta F_e)} \Delta F_e.$$

Құрылымдық орындалудың қарапайымдығымен қатар түрлендіргіштер жоғары сезімталдықпен сипатталады. Бірақ та оларға өлшеудің салыстырмалы үлкен қателіктері тән (нөлдің тұрақсыздығы мен ескірумен негізделген тұрақсыздық). Бұрыштық пластинкалардың орнына қазіргі уақытта қысымға сезімтал жартылай өткізгішті резисторлар қолданысқа ие.

Температураның резистивтік түрлендіргіштері
Резисторлардың көмегімен температураны өлшеу көптеген өткізгіштердің немесе жартылай өткізгіштердің кедергісінің температуралық тәуелділігіне негізделеді. Көпірлік сұлба көмегімен өлшенуі мүмкін кедергінің өзгеруі температураның өзгеруі шамасы болып табылады.

Металлдан жасалған температураның өлшеуіштік түрлендіргіштері басым түрде никельден немесе платинадан жасалады.

$$R = R_0 [1 + \alpha_{R0} (T - T_0)] \text{ тәуелділікті назарға ала отырып:}$$

жұмысшы диапазондағы кедергінің өзгерісін келесі түрде ұсынуға болады:

$$R_a = R_0 \alpha_{R0} \Delta T_e.$$

Өлшеуіштік резистордың жұмысшы диапазонында температуралық коэффициентті α_{R0} тұрақты деп қабылдау мүмкін болғандықтан, сипаттама сызықтық болады.

Қазіргі уақыта 100 °C дейінгі температураны өлшеу үшін өте жоғары температуралық сезімталдыққа ие жартылай өткізшілікті резисторларды ұсынатын термисторларды кеңінен пайдаланады. Бұл резисторлардың температураға байланысты кедергісін келесі түрде өрнектеуге болады:

$$R_T = R_0 \exp(b/T)$$

немесе

$$\Delta R = -R_T \left\{ 1 - \exp \left[- \frac{b \Delta T}{T(T + \Delta T)} \right] \right\}.$$

Термисторлардың артықшылығы жоғары сезімталдық, ал кемшілігі - сызықты еместік болып табылады.

Сыйымдылықты түрлендіргіштер. Сыйымдылықты түрлендіргіштер электродтардың өзгермелі ауданы немесе арасындағы реттелмелі қашықтығы бар электродтардың (немесе диэлектродтардың) тұрақты ауданы бар цилиндрлік немесе пластинкалы конденсаторлардан тұрады. Сыйымдылықтың өзгеруі көпірлік сұлба көмегімен өлшенеді.

Пластинкалы конденсатордың сыйымдылығы C үшін өрнекті мына түрде көрсетуге болады:

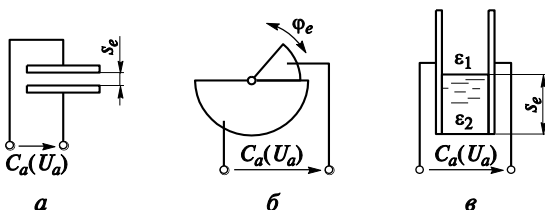
$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_{отн} A / s,$$

мұнда ε_0 және $\varepsilon_{отн}$ — абсолюттік және салыстырмалы диэлектрлік тұрақтылар; A — тиімді аудан; s — пластиналар арасындағы қашықтық.

Ұзындықтың сыйымдылықты түрлендіргіштері. Пластинкалы конденсатор көмегімен ұзындықты өлшеу (түрлендіру) тікелей пластиналар арасындағы қашықтық бойынша (5.4, а сурет) немесе тиімді ауданды өзгертуді бағалау нәтижелері бойынша жанама түрде (мысалы, ауыспалы сыйымдылықтың бұрмалы конденсаторында) (5.4, б-сурет), сонымен қатар пластиналар арасындағы екі әртүрлі диэлектриктердің параметрлерінің қатынасы бойынша (5.4, в-сурет) жүргізілуі мүмкін.

Өзгермейтін диэлектрик пен пластиналар арасындағы тұрақты қашықтық кезінде жазуға болады

$$C = k/s.$$



5.4-сурет. Пластинакалы конденсатор (а), айнымалы конденсатор (б) және пластиналар арасындағы екі әртүрлі диэлектриктер (в) көмегімен ұзындық сыйымдылықты түрлендіргіштері.

Пластиналар арасындағы қашықтық As -қа өзгерген кезде сыйымдылық сонымен қатар былай өзгереді

$$\Delta C = k [1/(s + As) - 1/s] = -k As / [s(s + As)],$$

және $As \ll s$ кіші ұзындығы үшін сыйымдылықтың сәйкес өзгерісін анықтауға болады

$$\Delta C_a \approx -k \frac{1}{s^2} \Delta s_e.$$

Бұл тәуелділік ұзындықты өзгертуден сыйымдылықтың пропорционалдық тәуелділігі туралы көрсетеді. Жақсы сызықтықты біршама кең диапазонда да дифференциалдық конденсатор көмегімен алуға болады, ол кезде ұзындықтың өзгерісі ортаңғы пластинамен бекітіледі. Бұл құрылғыда жалпы сыйымдылық тұрақты болып қалады. Ұзындықтың өзгеруі жекелеген сыйымдылықтардың айырмасына пропорционалды.

Симметриялық орналасу кезінде, яғни дифференциалдық конденсаторды $C = C_2$ және сәйкесінше $s_1 = s_2 = s$ болғандағы күйге орнату кезінде, ұзындықты өзгеруі Δs сыйымдылықтың айырмасына әкеледі:

$$\Delta C = k \left(\frac{1}{s + \Delta s} - \frac{1}{s - \Delta s} \right) = -k \frac{2\Delta s}{s^2 - (\Delta s)^2}.$$

$\Delta s \ll s$ үшін $(\Delta s)^2$ шамасын ескермеуге де болатындықтан, тұжырымдап жазамыз

$$\Delta C_a = -(2k/s^2) \Delta s_e.$$

Қарапайым конденсаторлардың сызықтығымен салыстырғанда жақсартылған сызықтықпен қатар сезімталдық та екі есе дерлік артады.

Деңгейдің сыйымдылықты түрлендіргіштері. Егер конденсатор пластиналары арасындағы кеңістік әртүрлі

қасиеттерге ие екі затпен, мысалы, ауамен және электр өткізбейтін сұйықтықпен толтырылған болса, онда екі орта бөлімі бетінің күйінің өзгеруі конденсатор сыйымдылығының өзгерісін тудырады. Бұл принципте деңгейді өлшеуге арналған өте қарапайым құрылғыны құруға болады.

Конденсаторды орта бөлігінің беті конденсатордың пластинасының бетіне перпендикуляр (5.4, в суретті қар.) болатындай орналастырады.

Индуктивтік түрлендіргіштер. Егер өлшенетін шаманың әсерінен өлшеуіш катушканың магниттік кедергісінің өзгеруі жүретін болса, онда бұл көпірлік сұлба көмегімен өлшенуі мүмкін катушканың индуктивтілігінің өзгеруіне әкеледі.

Катушканың индуктивтілігін L анықтауға арналған теңдеу мына түрге ие

$$L = n^2 / R_m, \quad (5.2)$$

мұнда n — орам саны; R_m — магниттік тізбек кедергісі.

(5.2) формула индуктивтік түрлендіргіштің әрекет ету принципін білдіреді. Магниттік кедергінің өзгеруі магниттік жолдың (көлбеу зәкірі бар түрлендіргіш) немесе магниттік өткізгіштіктің (тартылатын зәкірі бар түрлендіргіш, магнитке төзімді түрлендіргіш) өзгеруінің арқасында жүреді.

Көлбеу зәкірі бар орын ауыстырудың индуктивтік түрлендіргіштері. Темірдің μ_{Fe} магниттік өткізгіштігі ауаның $\mu_{возд}$ магниттік өткізгіштігінен біршама артатындықтан, ауалық аралықтың енінің өзгеруі бойынша ұзындықтың өте кішкентай өзгерістерін анықтау мүмкіндігі қамтамасыз етіледі (5.5, а сурет).

Мұндай магниттік тізбектің магниттік кедергісі R_m құрайды

$$R_m = \frac{l_{Fe}}{\mu_{Fe} A} + \frac{l_{возд}}{\mu_{возд} A}.$$

Егер магниттік тізбектің көлбеу қимасының A ауданы тұрақты деп қабылданса, онда шартқа қарай $\mu_0 \approx \mu_{возд}$ аламыз

$$R_m = \frac{1}{A \mu_0} \left(\frac{l_{Fe}}{\mu_{омнFe}} + 2S_e \right).$$

Алмастырып қоюдың нәтижесінде L_a индуктивтілігін анықтайтын өрнек аламыз:

$$L_a = \frac{A \mu_0 n^2}{l_{Fe} / (\mu_{омнFe} + 2s_e)}.$$

Логарифмдеуден кейін, $\Delta s_e \ll s_e$ кезінде айырмашылықтарға өту мен келесілік дифференциялаудан кейін аламыз

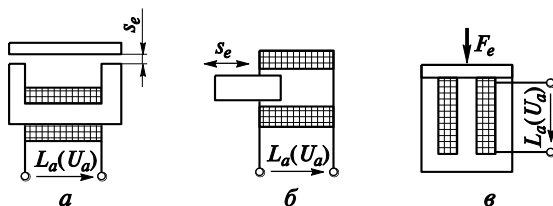
$$\frac{\Delta L_a}{L_a} = \frac{2\Delta s_e}{l_{Fe}/(\mu_{отнFe} + 2s_e)};$$

$$\Delta L_a = -L_a \Delta s_e / (k_2 + s_e).$$

Мұнда A — көлбеу қиманың тиімді ауданы; L_a — индуктивтік кедергі; R_m — магниттік кедергі; l_{Fe} — магниттік тізбектегі жол; $l_{возд}$ — ауадағы жол, $l_{возд} = 2s_e$; n — орам саны; μ_0 — абсолютті магнитті өткізгіштік; μ_{Fe} — темірдің абсолютті магнитті өткізгіштігі; $\mu_{возд}$ — ауаның абсолютті магнитті өткізгіштігі; $\mu_{отнK}$, — темірдің салыстырмалы магнитті өткізгіштігі*

Аздап орын ауыстыру кезінде көлбеу зәкірі бар түрлендіргіш сонымен қатар сызықты статикалық сипатқа ие болады * Бір мезетте сезімталдықтың арты мен сыртқы әсер етуші шамалардың әсерін басу арқылы үздік сызықтық дифференциалдық жүйеде қамтамасыз етіледі * Бұл әдісті механикалық тербелістердің немесе айнымалы білдектердің эксцентриситетін байланыссыз өлшеу кезінде пайдалану мақсатты. * Оған қоса өлшеудің қателігі 1 мкм* кем емес құрауы мүмкін. Сорғыш зәкірі бар орын ауыстырудың индуктивтік түрлендіргіштері* катушкаға жартылай кіретін ферромагнитті біліктің орынын ауыстыру кезінде білік пен ауалық аралықтағы өрістің күштік сызықтары арасындағы қатынас өзгереді * Бұл барлық магниттік тізбектің салыстырмалы магниттік өткізгіштігінің өзгерісіне сәйкес келеді және орын ауыстыруға s_e байланысты индуктивтіліктің өзгеруіне әкеледі (5.5, б-сурет). Екі контактілі режимде жұмыс істейтін екі дроссельден тұратын жүйе жақсы сызықтыққа ие. Көлбеу зәкірі бар түрлендіргішпен салыстырғанда өлшеу қателігі мұнда көп, бірақ біршама үлкен ұзындықты өлшеу мүмкіндігі пайда болады.

Индуктивті магниттік серпімді күш түрлендіргіштері Күштің индуктивтік түрлендіргіштерінде (5.5, в сурет)



5.5-сурет. Индуктивтік түрлендіргіштер:
а — көлбеу зәкірі бар ауысулар; б - тартқыш зәкірі ауысулар;
в - магниттік серпімді күштер.

магниттік серпімділік принципі пайдаланылады. Материалдар қатарының магниттік өткізгіштігі механикалық кернеуге байланысты. Әсіресе бұл қасиет темірді никельді қорытпаларда біршама айқын байқалады. $10 \text{ Н} \cdot \text{мм}^{-2}$ механикалық кернеуі кезінде 40 % дейін магниттік өткізгіштіктің өзгеруі жүреді. Бұл ретте механикалық кернеу мен магниттік өткізгіштік арасындағы сызықтық тәуелділік байқалады.

Күштің магниттік серпімді түрлендіргіштері жоғары жүктемелік қабілетпен және пайдаланудың қарапайымдылығымен сипатталады.

5.2.5. Ұқсас көрсеткіш аспаптар

Өлшенген мәнді ұқсас формада ұсыну нұсқауыр (индекс, белгі) мен шкаланың салыстырмалы күйін үздіксіз өзгертумен сипатталады. Ұсынылатын кіріс дабылдардың түріне байланысты механикалық, пневматикалық немесе электрлік өлшеу қасиеттері бар жүйелер бар.

Өлшеу нәтижелерін санауды оператор жүргізеді.

Оған қоса ұқсас техникада біршама үлкен мән операторлардың өлшеу нәтижелерін дұрыс санау қабілетіне ие.

5.2.6. Ұқсас тіркеуші аспаптар

Субъективтік әсерді төмендету мақсаттарында, әсіресе уақыты бойынша жылдам өзгеретін шамаларды өлшеу кезінде шығыс шаманы тіркеу іске асырылады.

Сол арқылы оператордың өзі немесе басқа операторлардың әрекеттерді бірнеше рет тексеру мүмкіндігі қамтамасыз етіледі. Алынатын жазба құжат түрінде пайдаланылады. Өздігінен жазатын аспаптардың өлшеуіш механизмдері көрсетуші өлшеуіш аспаптардың өлшеу механизмдерімен ұқсас.

Үздіксіз жазбасы бар тіркеуші аспаптар уақыт қызметінде өлшеуіш дабылды тіркейтін ұқсас аспаптарды көрсетеді. Тіркеуші қағаз өлшеуіш механизмнің жазғыш элементіне қатысты тұрақты жылдамдықпен орын ауыстырады.

Электрондық-сәулелік осциллографтардың көмегімен әдетте тек тікелей индикация ғана іске асырылады. Бірақ та осциллограф экранынан суреттердің фототүсірілімдеріне және одан кейінгі оны өңдеуге арналған фото ендірмені енгізуге болады. Есте сақтаушы осциллографта оның экранында көрсетілетінді есте сақтау жүреді. Электрондық-сәулелік осциллографтың негізі

электрондық-сәулелік түтік болып табылады, мұнда катод бетінен шығарылатын электрондар анод бағытында бекітіледі және жылдамдатылады. Екі электрлік немесе магниттік өрістің көмегімен электрондар шоғырының кез келген ауытқуы жүруі мүмкін.

Күшейтілген өлшеуіштік дабыл (кернеу, ток күші) электрондық шоғырдың тік ауытқу жүйесіне беріледі. Тік ауытқу жүйесіне ұңғылау кернеуін беру жарықтық экранның тігі бойынша тұрақты жылдамдықтағы электрондық шоқтың орын ауыстыруын тудырады. Мерзімдік өлшеуіштік дабылдарда дабыл жиілігі бар орам кернеуін синхрондаудың арқасында суретте жылжымауына қол жеткізіледі.

Орам кернеуінің орнына екінші мерзімдік өлшеуіштік дабыл немесе салыстыру дабылы бағытталуы мүмкін. Оған қоса екі дабылдың да жиілік қатынасы Лиссажу фигуралары бойынша анықталады.

Сонымен қатар көп түсті суреті бар көп сәулелі осциллографтар қолданысқа ие болады.

Магниттік таспада тіркеу магниттік таспада электрлік дабылды қарапайым жазуды көрсетеді. Жазатын бастың көмегімен магниттік қозғалтқыш күш $0 = n i$ құралды, ол магниттік ағынды тудырады $\Phi = 0/Rm$, мұнда n — катушка саны; i — ток күші; Rm — магниттік тізбектің кедергісі.

Орын ауыстыратын магниттік таспаны өткір магниттік ағын онда қалдық магниттік қозғалтқыш күшті түзеді $\theta_{rem} \sim k i = k' \Phi$.

Ақпараттың кері түрленуі ұқсас түрде жүреді. Индукциялық катушкада индукция заңына сай магниттік ағынға пропорционалдық кернеу туындайды. Магниттік таспада тіркеу электрлік өлшеуіштік дабылдарды тікелей мүмкіндігін қамтамасыз етеді, олар сосын кез келген әдіспен көп рет жүргізілуі және өңделуі мүмкін. Жазу мен жүргізу кезінде магниттің таспаның орын ауыстыру жылдамдығын өзгерту жолымен жиілікті одан кейінгі түрлендіру мүмкін, мысалы, қарапайым тіркеуші аспаптарды пайдалануға болатын осындай жиілік дабылдарына жоғары жиілікті өлшеуіш дабылдарды түрлендіру.

Бақылау сұрақтары

1. Ұқсас өлшеуіш аспаптарды жіктеу үшін қандай белгілер пайдаланылады?
2. Өлшеуіш аспап қандай функционалдық блоктардан тұрады?
3. Біріншілік өлшеуіштік түрлендіргіштің функциялары қандай?
4. Активті және пассивті біріншілік түрлендіргіштер несімен ерекшеленеді?

5. Механикалық біріншілік түрлендіргіштердің қандай түрлері бар?

6. Сызықтық өлшемдердің, күштің, қозғалыс пен температураның түрлендіргіштерінің сұлбасын келтіріңіз.

7. Пневматикалық және гидравликалық түрлендіргіштердің сұлбасын келтіріңіз. Түрлендіргіштердің бұл түрлерімен қандай шамалар түрленуі мүмкін?

8. Оптикалық түрлендіргіштер не үшін тағайындалған? Олар қандай шамаларды түрлендіре алады?

9. Электрлік біріншілік түрлендіргіштердің қандай әртүрлі түрлері бар? Олардың негізгі сұлбасын келтіріңіз.

10. Сыйымдылықты және индуктивті түрлендіргіштердің қандай түрлері бар және олар не үшін тағайындалған? Олардың негізгі сұлбасын келтіріңіз.

11. Ұқсас көрсетуші аспаптардың негізгі сұлбаларын келтіріңіз. Олармен қандай шамалар өлшенуі мүмкін?

12. Тіркеуші ұқсас аспаптарды тағайындалуы қандай?

ЭЛЕКТРЛІК ЕМЕС ШАМАЛАРДЫ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ**6.1. Электрлік емес шамаларды өлшеудің жалпы сұрақтары**

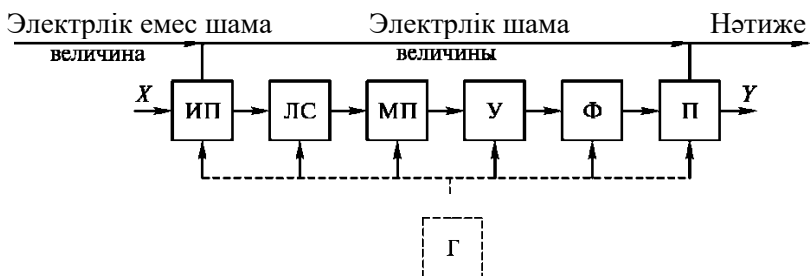
Технологиялық процесстерді бақылау, сонымен қатар машиналар мен агрегаттардың параметрлерін зерттеу әртүрлі электрлік емес шамалардың өлшеулерімен үздіксіз байланысты.

Шамалардың көпшілігі электрлік өлшеу құралдары көмегімен өлшенеді. Бұл басқаларымен салыстырғанда электрлік құралдардың артықшылық қатарымен байланысты: жоғары сезімталдықпен және аспаптардың шағын инерциялығымен, біршама қашықтықта өлшеу мүмкіндігімен және нәтижелерді өлшеу мен өңдеуді автоматтандырудың қарапайымдылығымен.

Электрлік құралдар көмегімен өлшенетін электрлік емес шамалардың әртүрлілігі өлшеу құралдарының көптеген әртүрлілігін құруды қажет етті. Электрлік емес шамаларды өлшеуге арналған аспаптардың номенклатурасы электрлік шамаларға қарағанда біршама үлкен. Бұл өлшеуді қажет ететін электрлік емес шамалардың саны электрлік өлшенетін шамалардың санынан біршама көп.

Электрлік шамалардың өлшеу құралдары мен әдістерінің жалпылығы өлшенетін шама алдын ала оған пропорционалды электрлік шамасына (ток күші, кернеу, кедергі, жиілік) түрленіп, содан кейін белгілі құралдармен өлшенетіндігінен тұрады. Бұл ретте электрлік емес шаманың электрлік шамаға өлшеуіштік түрленуі бір физикалық шаманың өлшемін басқа физикалық шаманың өлшемімен көрсету үшін ғана тағайындалған. Электрлік емес шамаларды өлшеуге мұндай бағыт - шамалар арасындағы әртүрлі функционалдық байланысты пайдаланатын өлшеу құралдарын құру кезінде жалғыз болып табылады.

Электрлік шамаларды өлшеу құралдары мен әдістерінің тұтастығы түрі біршама мөлшерде пайдаланылатын өлшегіштік түрлендіргішпен анықталатын өлшеуіш тізбектік құрылымдық сұлбасын көрсетуге мүмкіндік береді. Электрлік құралдар көмегімен электрлік емес шамаларды өлшеуге арналған тізбектің жалпыланған құрылымдық сұлбасы 6.1-суретте келтірілген (сұлбада



6.1-сурет.

Электрлік емес шамаларды өлшеуге арналған тізбектің

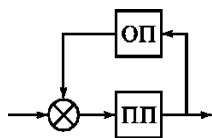
нүктелі сызықпен түрлендіргіштің түріне байланысты қолданылмауы мүмкін тізбектің элементі көрсетілген)

Өлшенетін электрлік емес шама X ӨТ біріншілік өлшеуіштік түрлендіргіштің кірісіне беріледі, ол беріліс үшін, одан әрі түрлендіру, өңдеу және сақтау үшін қолайлы, бірақ бақылаушылардың тікелей қабылдауына бағынбайтын түрде өлшеуіштік ақпараттың дабылын өндіру үшін тағайындалған. Өлшеуіштік түрлендіргіштің шығыс шамасы электрлік дабылдың шамасына пропорционалды X болып табылады, ол БЖ байланыс желісі бойынша масштабта таңдау үшін тағайындалған МТ масштабты түрлендіргішке келіп түседі.

Одан әрі күшейткіште K түрленгеннен кейін дабыл фильтр Φ көмегімен статикалық өңдеуге ұшырайды. Тізбектің соңғы элементі өлшеуіш құрылғы Π болып табылады, ал тізбекті қоректендіру үшін Γ көзі болып табылады.

Электрлік емес шамалардың өлшеудің өлшегіштік тізбектеріне қойылатын негізгі талап - түрлендіру кезіндегі ақпараттың минималдық шығыны.

Өлшенетін электрлік емес шамаларды түрлендіру әдісіне байланысты (тікелей түрлендіру немесе теңестіру) өлшеуің әртүрлі қателіктері туындайды.



6.2-сурет.

Теңестіруші түрлендіргіші бар аспаптың жалпыланған құрылымдық сұлбасы

Тікелей түрлендіру әдісі өлшеуіштік ақпарат бір бағытта өлшеуіштік құрылғыда түрленетіндігінен тұрады: кірістен бастап түрлендіргіштер қатары арқылы шығысқа.

Тікелей түрлендіру әдісін пайдалану кезіндегі өлшеудің жалпы қателігі шамамен бірдей шамада барлық өлшеуіштік тізбектің жекелеген түрлендіргіштерінің қателіктерімен анықталады.

тізбекте біріншілік ПП мен түрленулердің кері ОП екі параллель арна болатындығына болып табылады. Өлшенетін шама X біріншілік және екі түрлендіргіште пропорционалдық электрлік дабылға параллель түрленеді. Сондықтан да тік түрлену тізбегіне кірісіне түрлену және кіріс шама дабылдарының сәйкессіздіктері дабылы ғана беріледі. Оған қоса түрленудің ең үлкен әсеріне кері түрлену арқылы өлшеуіштік тізбектің барлық элементтері қамтылған жағдайда қол жеткізіледі. Теңдестіру әдісімен өлшеулердің қателігі негізінен кері түрлену қателіктерімен анықталады.

6.2. Өлшеуіштік түрлендіргіштердің жалпы қасиеттері мен жіктелімі

Өлшеуіштік түрлендіргіштің кірісіне өлшенетін шамадан басқа көптеген бөгде факторлар - механикалық ауытқулар, температура, ылғалдылық өзгерістері, электрлік және магниттік өрістер және т.с.с.кіреді. Сондықтан өлшеуіштік түрлендіргіштердің негізгі міндетінің қатарына түрлену кезіндегі ақпаратты минималдық шығындарымен қатар бөгде әсерлерге минималдық сезімталдықты жатқызады.

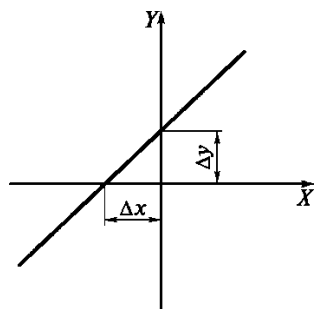
Құрылымы мен әрекет ету принципі бойынша әртүрлі өлшеуіштік түрлендіргіштер әртүрлі сипаттар мен параметрлерге ие болады. Олардың негізгілері - сатыланған сипаттама, градуस्ताушы сипаты, түрлену коэффициенті, қателіктер мен түрлену диапазоны.

Сатыланған сипаттама - өлшеуіштік түрлендіргіштің кіріс және шығыс шамалары арасындағы тәуелділік

$$Y = f(x).$$

Түрлендіргіштің үлгілік сатыланған сипаттамасы 6.3-суретте көрсетілген.

Түрлену коэффициенті - бұл өлшенетін шаманы көрсететін өлшеуіштік түрлендіргіштің шығысындағы дабылдың өзгерісінің Δy түрлендіргіштің кірісіндегі оның өзгеруін тудырған дабылға қатынасы Δx : Δx .



6.3-сурет
Өлшеуіштік
түрлендіргіштің үлгілік
сатылық сипаттамасы

Ретімен жалғанған түрлендіргіштердің қатарынан тұратын өлшеуіштік тізбектің түрленуі коэффициенті

барлық түрлендіргіштердің коэффициенттерінің туындысына тең.

Түрлендіргіштердің *қателіктерін* абсолютті және салыстырмалы деп бөледі. Шамалар мен аспаптардың қателіктерінен ерекшелігі түрлендіргіштердің қателіктерін кірісі және шығысы бойынша анықтайды.

Кіріс (шығыс) бойынша өлшеуіштік түрлендіргіштің абсолюттік қателігі - бұл түрлендіргішке тіркелінді сатыланған сипаттамасының көмегімен оның кірісінде (шығысында) шаманың нақты мәні мен түрлендіргіштің кірісінде (шығысында) шаманың жарамды мәні бойынша анықталатын түрлендіргіштің кірісіндегі (шығысындағы) шамалардың мәні арасындағы айырмашылық.

Кіріс (шығыс) бойынша өлшеуіштік түрлендіргіштің салыстырмалы қателігі - бұл кірістегі шаманың нақты мәніне кіріс(шығыс) бойынша түрлендіргіштің абсолюттік қателіктерінің қатынасы (түрлендіргішке тіркелінді сатыланған сипаттамасы бойынша кірістегі шаманың шынайы мәні бойынша анықталатын шығыстағы шаманың мәніне қатынасы).

Өлшеуіштік түрлендіргіштің қателіктерін бөгде факторлардың әсер етуі салдарынан туындайтын қосымша және негізгі деп бөледі.

Түрлену диапазоны - түрлендіргіштің рұқсат етілген қателіктері нормаланған өлшенетін шама мәнінің облысы.

Түрлендіргіштердің аталған сипатынан басқа оларды бағалау кезінде келесі қасиеттерді ескереді: уақыт бойынша сипатының тұрақтылығы, өлшенетені шамаға түрлендіргіштің кері әсерінің деңгейі (мысалы, қуаттылықты жеке тұтыну есебінен), пайдалану шарттары, өзара алмасушылық, салмағы, габариттік өлшемдері, құны және т.с.с.

Электрлік емес шамалардың өлшеуіштік түрлендіргіштері негізінен тағайындалуы және әрекет ету принципі бойынша жіктеледі.

Тағайындалуы бойынша өлшеуіштік түрлендіргіштерді механикалық, жылулық, химиялық, биологиялық және басқа да физикалық шамалардың түрлендіргіштеріне бөледі.

Әрекет ету принципі бойынша түрлендіргіштер генераторлық және параметрлік болып бөлінеді (6.4-сурет).

Генераторлық түрлендіргіште өлшенетін электрлік емес шама пропорционалдық ЭҚК немесе ток күшіне түрленеді. Мұндай түрлендіргіштерге, мысалы, Холл әсеріне негізделген электр магниттік, пьезоэлектрлік және оптикалық болады.

Параметрлік түрлендіргіштерде өлшенетін шама электрлік тізбектердің әртүрлі параметрлеріне түрленеді: кедергі, сыйымдылық, индуктивтілік, жиілік. Параметрлік түрлендіргіштерге резистивті (контактілік, реостаттық, тензорезисторлар),



6.4-сурет Әрекет ету принципі бойынша өлшеуіштік түрлендіргіштердің жіктелуі

электростатикалық, электромагниттік (индуктивтік және магниттік серпімді), оптикалық және басқа да түрлендіргіштер жатады.

Бірдей электрлік емес шаманы жағдайға байланысты түрлендіру үшін тәжірибеде өлшеуіштік түрлендіргіштердің әртүрлі типтерін пайдаланады.

6.3. Электрмагниттік өлшеуіштік түрлендіргіштер

Жалпы мәліметтер Электр магниттік түрлендіргіштерде өлшенетін электрлік емес шама материалдардың магниттік қасиеттерінің өзгеруі есебінен пропорционалдық электрлік шамаға түрленеді. Электр магниттік түрлендіргіштер есебінен индукциялық, индуктивтік және магниттік серпімділер біршама кеңінен таралған.

Индуктивтік түрлендіргіштер. Индуктивтік түрлендіргіштерде (6.5-сурет) зерттелетін нысанның сызықтық немесе бұрыштық жылдамдығы (айналу жиілігі) пропорционалдық ЭҚК түрленеді. Индукциялық түрлендіргіштердің әрекет ету принципі электромагниттік индукцияның пайда болуына негізделген. Мұндай түрлендіргіштердегі кіріс шама зерттелетін нысанның сызықтық немесе бұрыштық жылдамдығы болып табылады. Құрылымдық орындалуы бойынша индукциялық түрлендіргіштер жылжымалы катушкасы бар және жылжымайтын магниті бар (6.5-сурет, а және б) немесе жылжымайтын катушкасы мен тұрақты магниті бар (6.5-сурет, в) болып бөлінеді.

6.5-суреттен көргендей, индукциялық түрлендіргіштер негізінен тахогенераторлар деп аталатын тұрақты немесе айнымалы токтардың электрлік машиналарын көрсетеді.

Тұрақты токтың тахогенераторының сипаттамасы зәкірдің айналуының бұрыштық жылдамдығынан оның шығыс кернеуіне $U_{\text{вых}}$ тәуелділігін көрсетеді:

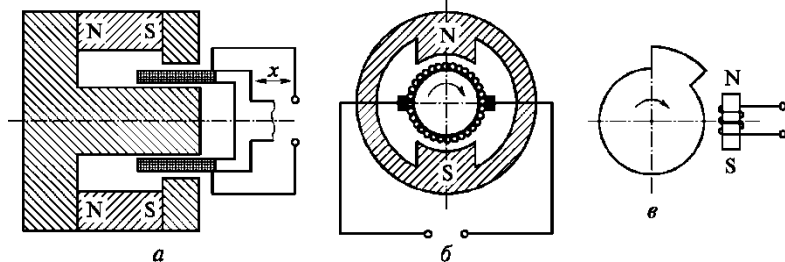
$$U_{\text{вых}\omega} = k\omega,$$

мұнда k - түрленудің статикалық коэффициенті немесе тахогенератор тұрақтысы.

Бұл тәуелділік тұрақты токтың мінсіз тахогенераторы үшін әділетті. Нақты түрлендіргіште шығыс кернеудің мәніне машинаның негізгі магниттік ағынының әлсірететін зәкір реакциясы мен түкше тәрізді түйіннің өтпелі кедергісіндегі кернеудің төмендеуі әсер көрсетеді. Сондықтан да тұрақты токтың тахогенераторының нақты сипаттамасы сызықты емес:

$$U_{\text{вых}\omega} = \frac{k\omega - U_{\text{иц}}}{1 + R_{\text{я}} / R_{\text{из}}},$$

мұнда $U_{\text{иц}}$ — түкше тәрізді түйіннің өтпелі кедергісіндегі кернеудің төмендеуі, В; $R_{\text{я}}$ — зәкір тізбегінің кедергісі, Ом;



6.5-сурет. Жылжымалы катушкасы мен жылжымайтын магниті (а және б) және жылжымайтын катушкасы мен магниті (в) бар электрлік емес шамалардың индукциялық түрлендіргіштерінің құрылымы

$R_{из}$ — тахогенератор қосылған өлшеуіштік тізбектің кедергісі, Ом.

Тұрақты токтың тахогенераторларының көмегімен жылдамдық түрленуінің қателіктері оның орамдарын қыздыру, шығыс кернеу асимметриясы және түкше тәрізді түйіннің өтпелі кедергісінің тұрақсыздығы салдарынан туындайды.

Тұрақты токтың тахогенераторларының негізгі артықшылығы - бұл жылдамдықтың түрлену сапасына жүктеме сипатының әсерінің болмауы. Сондықтан да мұндай түрлендіргіштерде фазалық қателік болмайды. Бірақ та тахогенераторды жылжымалы электрлік контактінің (түкше тәріздес коллектор) болуы және оның нәтижесінде шығыс кернеудің төмен жиіліктің соғысының болуы, сонымен қатар құрылымының күрделілігі айнымалы токтың тахогенераторларымен салыстырғанда олардың қолданысын шектейді.

Тұрақты токтың тахогенераторлары қатарынан үш фазалы синхрондық машиналар кеңінен қолданысқа ие болды. Осындай түрлендіргіштермен өндірілетін ЭҚК жиілігі оның роторының айналу жиілігіне байланысты болады:

$$E = k\Phi \frac{pn}{60},$$

мұнда Φ — негізгі магниттік ағын, Вб; p — машина полюстері жұбының саны; n — ротордың айналу жиілігі, c^{-1} .

Тахогенератордың параметрлері өлшеуіш тізбектің көптеген жағдайларында жиілікті тәуелді болып табылатындықтан, түрлендіргіштердің сипаттамасы сызықты емес. Мұндай түрлендіргіштері түзеткішпен үйлесімдікте шығыста ЭҚК соғысының жоғарғы жиілігін алуға мүмкіндік береді. Оған қоса, мұндай түрлендіргіштер жылжымалы электрлік контактіге ие емес және жоғары сенімділікке ие. Бұл ерекшеліктер бұрыштық жылдамдықты түрлендіру мен үлкен диапазонда жылдамдату үшін айнымалы токтың тахогенераторларын пайдалануға мүмкіндік береді.

Нысандардың осьтік (сызықтық) орын ауысуын түрлендіру үшін индукциялық түрлендіргіштерді қолданады, олардың құрылымы 6.5-суретте көрсетілген. ЭҚК жиілігі мұндай түрлендіргіштің шығысында оның жылжымалы катушкасы күйінің өзгеруі заңы бойынша уақытпен өзгереді. Осылайша, егер өлшенетін шама x $x = x_m \sin \omega t$ заңы бойынша өзгерсе, онда ЭҚК лездік мәні түрлендіргіштің шығысында

$$e = \omega x_m l_{cp} \sin \omega t,$$

мұнда x_m — өлшенетін орын ауысудың амплитудасы, м; B — түрлендіргіш саңылауындағы индукция, Тл; ω — түрлендіргіш катушкасының орам саны; l_{cp} — түрлендіргіш катушкасының орамының орташа ұзындығы, м.

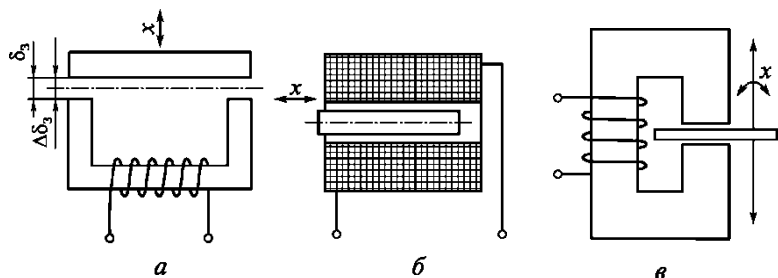
Индукциялық түрлендіргіштердің негізгі кемшілігі - олардың сипатының сызықты еместігі. Магниттік өткізгіштің геометриясын

рационалдық таңдау мен катушканың орналасуы минималдық қателікке жетеді. Оған қоса, түрлендіргіштердің қателіктеріне уақыт пен температура өткеннен кейін магниттік ағынның өзгерістері әсер етеді. Өндіріспен шығарылатын айнымалы ток тахогенераторлары 0,2...0,5 % қателіктерге ие.

Индуктивтік түрлендіргіштер. Біршама кең таралған индуктивтік түрлендіргіштердің құрылымдары 6.6-суретте көрсетілген. Индуктивтік түрлендіргіштердің әрекет ету принципі магниттік тізбек параметрлерінің өзгеруі есебінен индуктивтіліктің сәйкес өзгерісіне кіріс шаманың түрленуіне негізделген. Индуктивтік түрлендіргіштері бар өлшеуіштік тізбектер қорек көзінен тұруы тиіс. 6.6, а суретте көрсетілген түрлендіргіште кішкентай ауа саңылауы δ_3 өлшенетін шаманың әсерінен магниттік өткізгіш бөлігінің орын ауыстыру салдарынан өзгереді. Мұндай типтегі нақты түрлендіргіштерде жылжымалы бөліктің орнын ауыстыру әдетте 10 мм аспайды. Болат білігі бар катушканы көрсететін тұйық магниттік өткізгіші бар түрлендіргіште (6.6-сурет, б) жұмысшы орын ауыстыру 100 мм жетуі мүмкін. 6.6, в -суретте көрсетілген түрлендіргіште индуктивтілік жылжымалы магниттік емес білекпен өзгертін ауа саңылауының магниттік кедергісіне байланысты болады. Білекше формасын таңдау арқылы білекшенің орынын ауыстырудан индуктивтіліктің кез келген тәуелділігін алуға болады. Мұндай түрлендіргіштер 180° дейін бұрыштарды өлшеу үшін қолданылады.

Өлшенетін шаманың x әсер етуі кезінде индуктивтік түрлендіргіште жүретін процесстер байланыс түрінде ұсынылуы мүмкін: $x \rightarrow \delta_3 \rightarrow R_m \rightarrow \mu \rightarrow L \rightarrow Z$.

Түрлендіргіштің магниттік тізбегінің δ_3 саңылауының өзгеруі (немесе білектің күйінің) магниттік кедергіге R_m , әсер көрсетеді, ол ауа саңылауының мәні (магниттік өткізгіш



6.6-сурет Электрлік емес шамалардың индуктивтік түрлендіргіштерінің құрылымдары:

а — әуелік саңылауы бар; б — с тұйық магниттік өткізгіші бар; в — жылжымалы магниттік емес білігі бар

ұзындығына l кіреді) мен магниттік өткізгіштіктің тәуелділікпен байланыстырады

$$R_M = \frac{l}{\mu_0 \mu S},$$

мұнда μ_0 — ауаның магниттік өткізгіштігі; S — магниттік өткізгіштің көлденең қимасының ауданы

Түрлендіргіштің индуктивтілігі катушкадағы ток күшіне толық тасқын ілінісінің қатынасымен анықталады:

$$L = \frac{w\Phi}{I},$$

немесе

$$L = \frac{\mu S w^2}{l},$$

мұнда w — түрлендіргіш катушкасының орам саны.

Шексіз кіші ауалық саңылау кезінде түрлендіргіштің толық кедергісі мына формула бойынша анықталады

$$Z = R + j \frac{\omega w^2}{R_M} + j x_M,$$

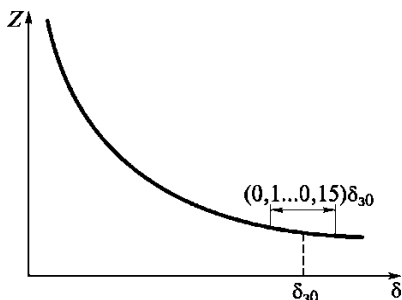
мұнда R — катушка кедергісінің белсенді құраушысы; x_M — магниттік кедергінің реактивтік құраушысы.

Түрлендіргіштің толық кедергісінің ауалық саңылауға тәуелділігі 6.7-суретте көрсетілген. Бұл тәуелділіктің ерекшеліктерінің бірі - үлкен сызықтық еместік. Мұндай түрлендіргіштерді тәжірибеде пайдалану кезінде сипаттардың сызықтық учаскесі

$\delta_3 = (0,1 \dots 0,15) \delta_{30}$ диапазонмен шектелген

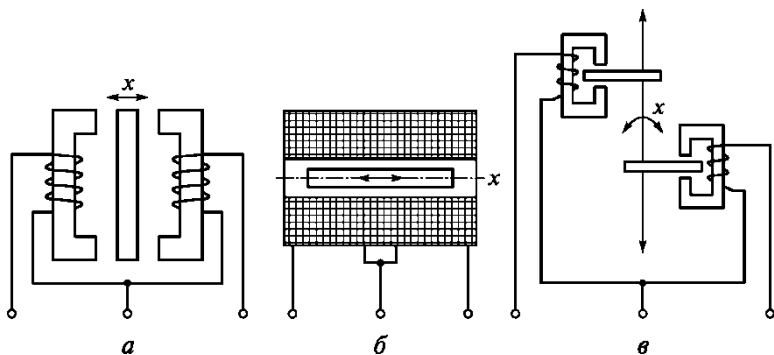
мұнда δ_{30} — бастапқы саңылаудың мәні.

Сипаттамалардың сызықтық еместігі мен түрлендіргіш параметрлеріне температуралық әсер ету - оның негізгі



6.7-сурет.

Индуктивтік түрлендіргіштің толық кедергісінің ауалық саңылауға тәуелділігі

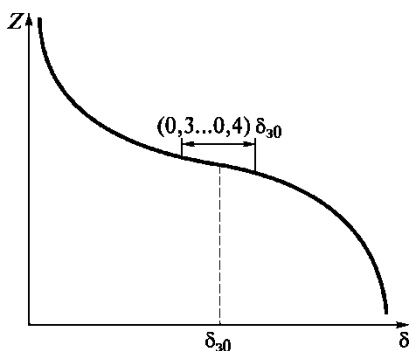


6.8-сурет

Индуктивтік дифференциалдық түрлендіргіштердің құрылымдары

Біршама үздік қасиеттерге ұқсас индуктивтік дифференциалдық түрлендіргіштер ие, олардың құрылымдары 6.8, а... в суреттерінде келтірілген. Дифференциалдық түрлендіргіштің сипаттамасы ауалық саңылаудың өзгеруі диапазонында әдеттегіден сызықтық ккп болады (6.9-сурет). Мұндай түрлендіргіштердегі саңылаудың жұмысшы өзгеруі бастапқы шаманың 0,3...0,4 жетеді. Олардың параметрлеріне температураның өзгеруі аз әсер көрсетеді.

Дифференциалдық типтегі индуктивтік түрлендіргіштер сызықтық және бұрыштық орын ауысуды, сұйықтық деңгейлерін және т.с.с. өлшеу үшін өндірісте кең таралымға ие болды.



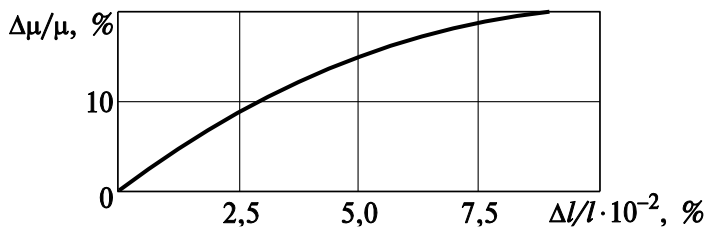
6.9-сурет Индуктивтік дифференциалдық түрлендіргіштің сипаттамасы

Магниттік серпімді түрлендіргіштер.

Магниттік серпімді түрлендіргіштерде магниттік тізбекке механикалық әсер өзіндік индуктивтіліктің өзгеруіне әкеледі. Магниттік серпімді түрлендіргіштердің әрекеті ферромагниттік материалдардың магниттік өткізгіштігінің өзгеруі құбылысында оларда механикалық кернеу туындағанына негізделген. Бұл ретте түрлендіргіште жүретін процесстерді келесі түрде ұсынуға болады:

$$x \rightarrow \sigma \rightarrow \mu \rightarrow R_M \rightarrow \varphi$$

Магниттік серпімді әсер құбылысы әртүрлі болуы мүмкін,



6.10-сурет.

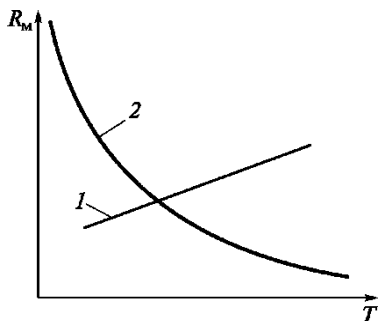
Ферромагниттік материалдың магниттік өткізгіштігінің оның механикалық деформациясына тәуелділігі

кейбір материалдарда магниттік өткізгіштік бірдей бағыттағы механикалық кернеудің әсерінен артуы мүмкін, ал кейбірінде - кемуі мүмкін. 6.10-суретте механикалық кернеуге пропорционалды оның салыстырмалы ұзындығынан материалдың магниттік өткізгіштігінің салыстырмалы өзгерісінің тәуелділігі келтірілген.

Магниттік серпімді түрлендіргіштердің құрылымдары мүлдем әртүрлі. Оларды негізгі екі топқа бөлуге болады. Топтардың бірі түрлендіргіштерді біріктіреді, оларда материалдың магниттік өткізгіштігі бір бағытта өзгереді (6.10-суретті қараңыз). Екінші топқа магниттік өткізгіштің (магниттік кедергінің L_m) өзара перпендикулярлық өзгерісі бар түрлендіргіштер жатады (6.11-сурет).

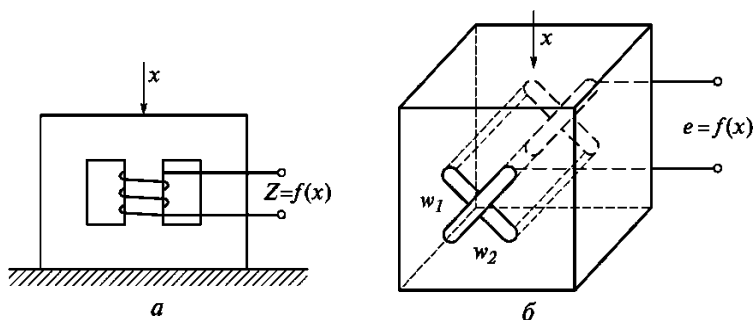
Сұлбасы 6.12, а-суретте келтірілген түрлендіргіштің магниттік өткізгіші беттік болат жинағының түрінде орындалған. Бұл өлшеуіш токты айнымалы токпен қоректендіру кезінде қайта магниттауға шығынды азайту үшін қажет. Түрлендіргіштің максималдық сезімталдығына қол жеткізу үшін оның катушкасындағы магниттеугі ток үлкен болуы тиіс.

Екі катушканың өзара перпендикуляр орналасуы бар магниттік серпімді түрлендіргіштерде (олар трансформаторлық атауын алды) катушканың магниттік ағыны w_1 (6.12, б-сурет) өзгеріссіз болады.



6.11-сурет.

Терморезисторлардың металдан жасалған (1-қисық) және жартылай өткізгішті (2-



6.12-сурет Магниттік серпімді түрлендіргіштердің түрлері:
 а - бір бағытта магниттік өткізгіштіктің өзгеруі арқылы; б -
 магниттік өткізгіштіктің өзара перпендикулярлық өзгеруімен.

кезінде катушканың магниттік өрісі w_1 үлкен өткізгіштік бағытында формасын бұза отырып, екінші катушканың w_2 орамдарымен тіркеледі. Екінші катушкаға берілетін ЭҚК механикалық әсер ету күшіне пропорционалды, ал оның фазасы осы әсердің бағытымен анықталады.

Магниттік серпімді түрлендіргіштердің қателіктерінің себептері материалдың магниттік гистерезисі, тәуелділіктердің сызықтық еместігі $p = 1/Da$ и $Z = 1/2(p)$, магниттік серпімді сезімталдықтың тұрақсыздығы (ескіру салдарынан уақыт бойынша) мен температураның әсері болып табылады. Аталған факторлардың жиынтықты әсерінің нәтижесінде магниттік серпімді түрлендіргіштердің қателігі әдетте 2 % кем емес.

Магниттік серпімді түрлендіргіштер механикалық күшті, қысымды, тербелісті, моменттерді және т.с.с.өлшеуге арналған аспаптарда пайдаланылады.

6.4. Жылулықты өлшеуіш түрлендіргіштер

Жалпы мәліметтер Жылулық түрлендіргіштердің әрекет ету принциптері температураның әсер етуі кезінде металдар мен жартылай өткізгіштердің қасиеттерін өзгертуге негізделген. Мұндай түрлендіргіштердің кіріс (өлшенетін) шамасы температура болып табылады. Оның түрленуі келесідей түрге ие жылулық теңгерімінің теңдеуі негізінде іске асырылады:

$$Q_{mc} = Q_{m.o} + Q_{m.э}, \quad (6.1)$$

мұнда $Q_{тс}$ — түрлендіргіштің жылу мөлері; $Q_{то}$ — қоршаған ортамен алмасуда қатысатын жылу мөлшері; $Q_{тэ}$ — электрлік токтың әсерімен түрлендіргіште бөлінетін жылулық.

(6.1) теңдеу қоршаған ортамен жылу алмасуда қатысатын жылудың өзгермейтін мөлшері кезінде түрлендіргіштің жылулық мөлшері тек тоқтың жылулық әсерімен ғана анықталатын болады. Осы қасиет пайдаланылатын түрлендіргіштерге термобулар мен терморезисторлар (термисторлар) жатады.

Термобулар. Термобулардың әсері термоэлектрлік әсерге негізделген. Оның маңыздылығы, екі әртекті металлдарды немесе жартылай өткізгіштерді жалғау кезінде металлдар мен жартылай өткізгіштердің түрі мен жалғау орнының температурасына тәуелді термоЭҚК туындайды. Бос ұштарға 2 қатынасы бойынша жалғау орындарында 1 (6.13-сурет) температура өзгерген кезде - 2 оларды арасында термоЭҚК пайда болады, оның мәні жалғау орындарының T_1 мен бос ұштарының T_2 температуралардың айырмасымен анықталады:

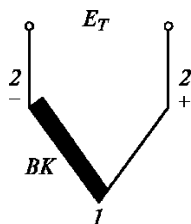
$$E_T = \alpha_T (T_1 - T_2),$$

мұнда α_T — материалдардың температуралық коэффициенті.

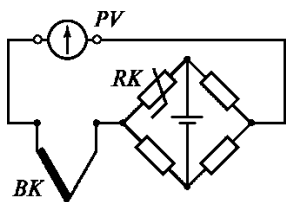
Термобумен тарқатылатын термоЭҚК мәні жалғанған және бос ұштардың температуарасының айырмашылығына ғана емес, сонымен қатар материалдардың қасиеттеріне де байланысты болғандықтан, түрлендіргіштерді дайындау кезінде бірінен басқасына қатынасы бойынша үлкен термоЭҚК ие металлдарды немесе жартылай өткізгіштерді үйлестіру қажет. Түрленетін температура диапазонына байланысты термобуларды мыстан және константаннан (270 °С дейінгі температуралар үшін), платинородий мен платина үшін (1 300 °С дейін), платинородий мен платинродий үшін (1 800°С дейін), вольфрам мен рений (2 500 °С дейін) және т.б. дайындайды.

Термобулармен жетілдірілетін термоЭҚК өлшеу үші магнитті электрлік милливольтметрлерді немесе тұрақты ток компенсаторларын қолданады. Оларды термобудың бос ұштарына қосады. Нөлге тең олардың бос ұштарының температурасында термобулары бар сұлбалар сатыланады.

Термобуларды пайдалану кезінде температураны өлшеу қателіктері негізінен термоЭҚК температураға сызықтық емес тәуелділігі, термобудың бос ұштарының температурасының өзгеруімен



6.13-сурет Термобудың принципалдық сұлбасы:



6.14-сурет

Температуралық бос

және паразиттік ЭҚК туындауы салдарынан туындайды. Термобу сипаттамасының сызықтық еместігінің әсерін азайту үшін өлшегіш тізбекке қосылатын әртүрлі түзетуші элементтерді пайдаланады.

Термобулардың бос ұштарының температурасының тұрақсыздығын азайтудың әдістерінің бірі - түзетудің автоматтық енгізу. Мысал ретінде 6.14-суретте оның бос ұштарының температурасының тұрақсыздығын өтеу үшін термобуды қосу сұлбасы келтірілген.

Термобулардың бос ұштарының температурасын өзгерткен кезде тұрақты ток көпірінің тепе теңдігі бұзылады, олардың иықтарының бірінше термиялық тәуелді кедергісі бар RK резисторы (терморезистор) қосылған. Көпірдің өлшеуіштік диагоналында туындайтын кернеу терморезистордың кедергісін өзгерткен кезде термобулардың бос ұштарының температурасының өзгеруімен негізделген термоЭҚК сол бөлігін өтейді. Көпірдің термиялық тұрақтылығы қаншалықты жоғары болса, термиялық өтеу әсері соншалықты үлкен болады. Ол үшін көпірдің үш иығына кедергінің температуралық өзгеруі аз резисторларды қосады (көбінесе оларды дайындау үшін манганин қолданылады), ал терморезисторды термобудың бос ұштарының температурасының әрекет ету аймағында орналастырады.

Термобудың көмегімен температураны өлшеу қателігі әдетте бірнеше пайыздан артпайды. Термобулары бар сұлбалардың инерциялығы бірнеше минутқа жетеді.

Терморезисторлар. Температура қызметі кедергі болып табылатын резисторлар терморезисторлар деген атау алды. Терморезисторлар үшін материал ретінде кедергінің тұрақты температуралық коэффициентіне ие (температудан кедергінің тәуелділігі) химиялық таза металлдар мен жартылай өткізгішті металлдар қолданылады.

Терморезисторлардың әрекеті токпен, қоршаған ортамен өтетін өткізгіштің жылу алмасуына негізделген, оның температурасын электрлік кедергінің пропорционалдық өзгеруіне түрлендіру қажет. Температураны арттырған кезде өсетін металлдың немесе жартылай өткізгіштердің электрондардың қозуы олардың өткізгіштігінің өзгеруін тудырады. Терморезисторларда өткізгіштіктің температуралық өзгерістері негізінен жартылай өткізгіштегі материалдардағы қоспалардың мөлшерімен негізделген.

Терморезисторлардың материалдарына қойылатын негізгі талаптар - мүмкін кедергінің үлкен және тұрақты температуралық коэффициенті, химиялық орталар

мен тотығудың әсеріне түрлендіргіш материалының төзімділігі, механикалық беріктік пен балқудың жоғары температурасы.

Терморезисторлар қатарынан мыстан, никельден немесе пластинадан орындалған түрлендіргіштер басым таралымға ие болды. Мысты терморезисторлар үшін таза электр техникалық мыс қолданылады, ол минималдық тотығу шарттарынан 200 °C дейінгі қызуға жол береді. Мысты терморезисторлардың ерекшелігі - 200-ден +200 °C дейінгі диапазонда температурадан кедергінің сызықтық тәуелділігі.

Платиналы терморезисторлар 1200 °C дейін тотығусыз қыздыруға жол береді. Платинаның жоғары құнына және оның сипаттамаларының сызықтық еместігіне қарамастан ол сипаттамалардың жоғарғы жаңғыртылуына, сонымен қатар химиялық төзімділік пен серпімділікке ие болады.

Никельден жасалған түрлендіргіштер 250...300°C дейін қолданылады. Оған қоса температураның көрсетілген диапазонының жартысына дерлік түрлендіргіштің сипаттамасы сызықтық емес. Оған қоса, никельден жасалған түрлендіргіштер кедергінің жоғарғы температуралық коэффициентіне ие болды (мысалы, мыстан қарағанда 5 есе көп).

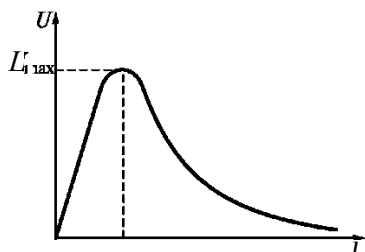
Терморезисторлар қорғаныс қабатына орналастырылған оқшаулаушы қаңқадағы металдан жасалған оралған резисторды ұсынады. Мысты терморезисторлардың атаулы кедергісі әдетте 10 000 Омнан аспайды, платиналыда - 500 Омға дейін болады. Терморезисторлар тогының рұқсат етілген күші 10...15 мА артпайды. Жартылай өткізгішті терморезисторларды дайындау үшін германий мен кремний, кейде графит пайдаланылады. Жартылай өткізгішті түрлендіргіштер металдардан қарағанда кедергінің үлкен (теріс) температуралық коэффициентіне ие. Температураның кез келген мәні үшін бұл кедергіне формула бойынша анықтауға болады

$$R_T = R_1 e^{B(1/T_1 - 1/T_2)},$$

мұнда $B = \left(\frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \right) \ln \frac{R_1}{R_2}$ (R_1 және R_2 — $T_2 - T_1$ J R_2 сәйкесінше T_1 және T_2 температуралардағы терморезистордың кедергісі)

Жартылай өткізгішті материалдардың шекті кедергісі үлкен болғандықтан, температура түрлендіргіштерін шағын габариттік өлшемдерде үлкен кедергімен дайындауға болады. Мұндай түрлендіргіштер, оған қоса, үлкен жылдам әрекетке ие (шағын масса әсерінен). Өнеркәсіпте шығарылатын терморезисторлардың көпшілігі -100-ден +300 °C температура диапазонында жұмыс істеу үшін тағайындалған.

Терморезисторлардың кемшіліктері - сипаттамалардың сызықтық еместігі және оның нашар жаңғыртушылығы.



6.15-Сурет.

Терморезистордың вольт-амперлік сипаттамасы



6.16-сурет.

Позистордың вольт-амперлік

Терморезисторлар тек қана температуралық емес, сонымен қатар вольтамперлік сипаттамалары бойынша да ерекшеленеді. Мысал ретінде 6.15-суретте терморезистордың біршама типтік вольт-амперлік сипаттамасы келтірілген.

Заманауи терморезисторлардың құрылымдары мүлдем әртүрлі. Олардың жекелеген құрылымдарын ұзындығы бірнеше ондаған миллиметр болатын цилиндрлік стержень түрінде орындайды. Терморезисторлардың минималдық өшемдері (ток өткізетін сымдарсыз) миллиметр үлесіне жетеді.

Өнеркәсіп сонымен қатар кедергінің оң температуралық коэффициенті бар температураның жартылай өткізгішті түрлендіргіштері - позисторларды шығарады. Позисторларды дайындау үшін материал ретінде негізінен кейбір қоспалары бар барий титанаты қолданылады. позисторлар температураның әсерінен тек белгілі диапазондағы кедергіні өзгертеді. Бұл диапазоннан тыс позистордың температуралық коэффициенті теріс болады. Позисторлардың басқа ерекшелігі - вольт-амперлік сипаттамада тік сызықты учаскенің болуы (6.16-сурет). Позисторлар бақылау және автоматтық реттеу тізбектерінде температура түрлендіргіштері ретінде біршама кең таралымға ие болды.

Температураны өлшеу үшін терморезисторларды кедергіні өлшеу тізбегіне қосады (көбінесе көпірлер). Бұл ретте аспаптардың метрологиялық қасиеттеріне қойылатын талаптарға байланысты терморезисторларды қосу сұлбасының бірнеше түрлері бар. Терморезисторларды қосудың барлық сұлбасының жалпы ерекшелігі температураны өлшеу нәтижесіне жалғағыш сымдардың кедергісінің әсерін шектеу қажет болып табылады. Әдетте, терморезисторлары бар өлшеуіштік тізбектер олардың температуралық тұрақсыздығын түзететін қосымша элементтерді қарастырады.

Бақылау сұрақтары

1. Электрлік өлшеуіштік құралдар көмегімен электрлік емес шамаларды өлшеудің артықшылығы неде?
2. Электрлік құралдар көмегімен электрлік емес шамаларды өлшеуге арналған тізбектің жалпыланған құрылымдық сұлбасын көрсетіңіз және түсіндіріңіз.
3. Тікелей түрлендіру әдістері мен басқарушы шамалар әдісі немесе ерекшеленеді?
4. Өлшеуіштік түрлендіргіштерде қандай ортақ қасиеттер мен сипаттамалары бар? Сатыланған сипаттама деген не?
5. Әрекет ету принципі бойынша өлшеуіштік түрлендіргіштердің жіктелуін келтіріңіз.
6. индуктивтік және индукциондық түрлендіргіштердің негізгі сұлбаларын келтіріңіз. Олар не үшін қолданылады?
7. Магниттік серпімді түрлендіргіштердің әрекет ету принципі неге негізделген? Олардың сипаттамалары қалай көрінеді?
8. Жылулық өлшеуіштік түрлендіргіштердің қандай түрлері бар?
9. Термобулар мен терморезисторлардың әрекеті қандай принциптерге негізделген?
10. Термобу мен терморезисторлардың қандай әртүрлілігі бар? Олардың негізгі сипаттамаларын атаңыз.

УАҚЫТТЫ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ**7.1. Уақытты өлшеу облыстары**

Өндіріс процессінде кәсіпорындағы барлық жұмысшы операциялар белгілі реттілікте жүреді және уақыт бойынша нормаланады. Әсіресе ағындық желі мен монтаждық конвейерлерге ие кәсіпорындарда өндірістік уақыттық режимі маңызды. Химиялық өнеркәсіпте реакцияның ұзақтығы мен өнім сапасы арасындағы тікелей байланыс жиі бақыланады.

Уақытты дәл бағалаудың арқасында өнімді өндеуді ұйымдастырудағы технологияда қателіктерді орнатуға болады. Бұл қателіктерді түзету өндірістік қарқындалуға және сәйкесінше, тиімділікті арттыруға әкеледі.

Көлікті уақыттық кестелер жүктер мен жолаушыларды тасымалдаудың сенімділігінде тиімділікті қамтамасыз етудің негізі болып табылады.

Теңіз көлігінде, әуе көлігінде кемелер мен тікұшақтарды орналасқан жерін анықтау үшін тура уақыт қажет болады.

Жаратылыстану ғылымдарында және ең алдымен физика, химия және астрономияда жаңа мәліметтерді алу мен теорияны растау үшін уақыттың дәл өлшемдері қажет. Осылайша, мысалы, радиоактивтік изотоптың ^{212}Po ($3 \cdot 10^{-6}$ жуық) с жартылай ыдырау уақытын анықтау үшін 10^{-8} с артық емес қателікті қамтамасыз ететін уақытты өлшеу жүйелері қажет болды.

Ғарыш кемелерін қашықтықтан басқару жекелеген сатылардың ұстағынын дәл бағдарламалауға негізделеді.

Қорғаныс техникасында операция жетістігінің шешуші факторы қарсыластың құралының орналасқан жерін анықтау үшін шу ұстағыштардағы тура уақытты қамтамасыз ету болып табылады. Әуеге қарсы қорғаныстың радиолокациялық жүйелерінде видеоэкранда жөнелтім мен көрсетілген импульстің қайтуы арасындағы уақыт жарықтық индекстер арасындағы қашықтық арқылы жаңғыртылады. Бұл қысқа уақыт аралықтарын өлшеудің нәтижелері бойынша ұшқан нысанға дейінгі қашықтық анықталады.

7.2. Уақыт шамалары, бірліктері және эталондары

Халықаралық бірліктер жүйесінде (БЖ) негізгі шамалардың бірі ретінде уақыт қабылданған. Уақыт бірлігі секунд болып табылады.

Секунданы іске асыру цезийлі атомдық-сәулелік түтік арқылы көлемдік резонаторлардың көмегімен іске асырылады. Жиілігі цезия атомдарының энергетикалық өтудің резонанстық жиілігімен сәйкес келетін көлемдік резонатордағы электромагниттік тербелістер кварцті сағатты басқарады. Барлық жүйе атомдық сағаттар атауына ие, олардың көмегімен атомдық уақытты шығарады. Уақыт бірлігін жаңғыртудың салыстырмалы қателігі $5 \cdot 10^{-13}$ кем, бұл 100 000 жыл үшін 1 с қателікке сәйкес келеді.

Уақыт бірлігінің өлшеуін, сонымен қатар уақыттың еселік және үлестік бірліктерін беру рубидиілі және таллиілік газды ұяшықтары немесе сутекті генераторлары бар резонаторлардың көмегімен іске асырылады.

Астрономиялық есептер мен есептеулердің негізінде 1952 жылдан бері эфемеридтік уақыттың секунды пайдаланылады. Ол тропикалық 1900 ж. 31 556 925,974 7 бөлігін құрайды. ол сонымен қатар түс ауған кезде сағат 12-де 31.12.1899 бүкіл әлемдік уақытқа қатысты қайта есептеледі.

Астрономиялық уақытта аспан денелерінің өту ұзақтығына қарай анықтайды. Оған қоса, әетте, өте ұзақ уақыт үшін бағалау жүргізіледі. Бұл уақыт интервалдары үшін уақыт бірлігін жүргізетін шамалар ретінде сағатты пайдаланады. Әртүрлі сағаттар олардың әрекет ету сипатына қарай өлшеулердің әртүрлі қателіктерімен сипатталады (бағыттың қателігі).

Уақытты өлшеу екі негізгі ұстанымға негізделген.

Айналу принципі (тербеліс принципі). Егер біркелкі айналатын нысандарды таңбалап және бақыласа, онда өлшеулер үшін мерзім сайын туындайтын индекстерді немесе маркерлік белгілерді пайдалануға болады. Бірдей түрлер: жүгі бар тілшік, серіппелі тілік, электрлік тербелмелі контурлар сияқты тербелмелі нысандардың қозғалыстары айналдыруға әкелуге болады.

Жинақталу принципі. Ғылым мен техникада көптеген құбылыстар белгілі, олар заттың мөлшерінің немесе энергия деңгейінің белгілі заңға бағынышты өсуімен немесе біркелкі сипатталады. Оларға ыдыстарды біркелкі толтыру немесе босату, конденсаторлады зарядтау немесе разрядтау және т.с.с. жатады. Егер бұл процесстер жаңғыртылатын және бақыланатын болса, онда оларды уақытты өлшеу үшін пайдалануға болады.

7.3. Уақытты өлшеу жүйелері

7.3.1. Тербеліс принципіне негізделген уақыт шамалары

Механикалық айланатын жүйелер Уақытты күндер мен жылдарға бөлу негізінде Жердің өздігінен айналуымен (күндер) және Жердің күнді айнала айналуымен (жылдар) байланысты мерзім сайын қайталатын құбылыстар жатады. Олар адам өмірінің ырғағын анықтайды. Қазіргі уақытта қолданылатын, 1582 жылы Григорий әке XIII-нің енгізген күнтізбесі 12 айға және 52 аптаға бөлінген 365 күннен тұрады.

Бұл ретте Күннің айналасындағы Жердің айналу уақытында пайда болған айырмашылықтар, кібісе жылының секілді (29 ақпан) үстеме күнін енгізумен теңестіріледі.

Елдің экономикасы үшін айлардың әртүрлі ұзақтығы мен өзгертін демалыс күндер қолайсыз фактор болып табылады. Сондықтан, Григориан күнтізбесінің кемшіліктері алынып тасталған осындай күнтізбені әзірлеу тенденциясы бар.

Сонымен қатар, азиялық және африкалық аймақтарда Айдың айналу кезеңдеріне негізделген күнтізбелік жүйелер әлі күнге дейін бар, бірақ олардың маңызы ұлттық және діни салалармен шектеледі.

Күнді бөлу үшін, Зениттегі Күннің орны пайдаланылады. Күннің күн ұзақтығы зениттегі Күннің екі күйі арасындағы уақыт аралығы ретінде анықталады. Жердің орбитасы мен эклиптіктің эксцентриситеті себебінен күннің күндерінде 30 минуттай ауытқулар бар. Сондықтан «орташа күндік күн» бір жылдың барлық күндерінің ұзақтығының орташа мәні ретінде анықталады. Күн 60 минуттан 24 сағат немесе 86 400 секундқа бөлінеді. Жердің айналуына байланысты бірыңғай жергілікті уақытты белгілеу мүмкін емес. Сондықтан да нөлдік меридианға қатысты түрлі меридиандардағы жергілікті уақыт 30° арқылы белгіленеді және сәйкес елдерде үлгілік уақыт ретінде қабылданған белдеулік уақыты ретінде анықталады.

Нөлдік (Гринвич) меридиандағы уақыт бүкіләлемдік уақыт (Universal Time - UT) ретінде анықталады және ең алдымен авиацияда және теңіз флотында қолданылады.

Бүкіләлемдік уақыт үшін күннің басталуы 0^h бойлықтың 180° градусында орташа Күннің зениті бойынша орнатылады; ал 24^h күннің соңы - келесі күннің зениті бойынша орнатылады.

Шығыстан батысқа қарай бағытта күннің басталуы бүкіләлемдік уақытқа қатысты белдеулік уақыттың мәнінің әртүрлілігіне сәйкес ығысады.

Ағымдағы уақыт (уақыт нүктесі, сағат бойынша есептеу уақыты) астрономиялық құбылыстармен, әлемдік уақытпен немесе белдеулік уақытпен салыстыру жолымен анықталады. Уақытты көрсету

уақыт бірлігін жоғарғы индексмен белгілеу жолымен жүргізіледі, мысалы, $12^h 18^{mm} 24^s$ жазбасы 12 сағат 18 минут және 24 с уақытты білдіреді.

Уақыт интервалдарын көрсету (ағымдағы уақыт мәнінің айырмашылығын) 12 сағат 18 минут 24 секунд түрінде жүргізіледі.

Электрлік айланатын жүйелер Уақыт бойынша тұрақты электрлік айналмалы жүйелердің типтік үлгісі ретінде тұрақты жиіліктің айнымалы кернеуінен жұмыс істейтін синхронды қозғалтқыштар қызмет атқарады. Синхронды қозғалтқыштар коммутациялық релелер мен электр сағаттарының кеңінен таралған үлгілік шамалар болып табылады.

7.3.2. Тербелмелі жүйесі бар уақыт шамалары

Уақыт шамалары (7.1-сурет) екі топқа бөлінеді: тербелмелі жүйесі бар және тербелмелі жүйесі жоқ.

Мезаникалық тербелмелі жүйелер. Механикалық тербелістер тепе-теңдік күйіне ие энергия жинақтаушысы бар (маятник, серіппе) жүйелер көмегімен жүзеге асырылады. Мысалы, маятникті өшіргенде, оны тепе-теңдік күйіне айналдыратын күштер пайда болады.

Маятникті тербелмелі жүйелерде (7.2, а-сурет) ауытқудың шағын бұрыштарындағы ϕ тербеліс кезеңі

$$T = 2\pi\sqrt{I_A mgl},$$

мұнда I_A — оське қатысты инерция моменті; m — маятник салмағы; g — еркін құлау үдеуі; l — ось пен маятниктің ауырлық ортасы арасындағы қашықтық.

Спиральдық серіппе мен элемент салмағынан тұратын айнымалы тербелмелі жүйе (7.2, б-сурет) тербелу кезеңіне ие.

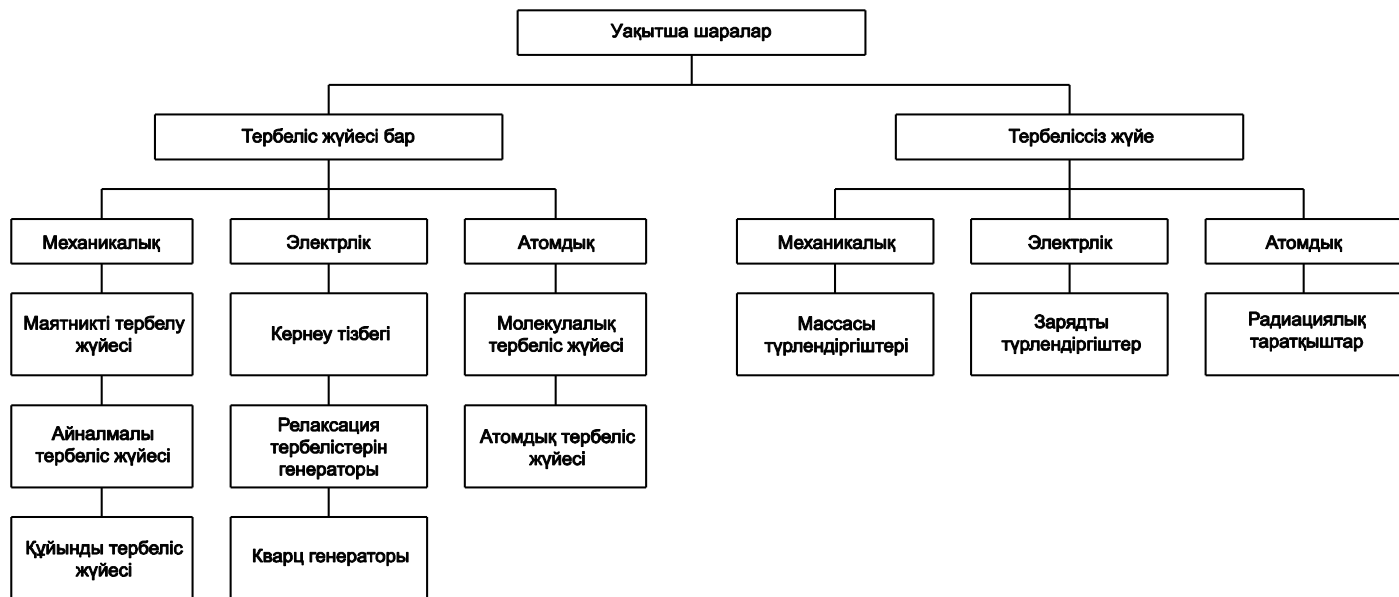
$$T = 2\pi\sqrt{I/c},$$

$$T = 2\pi\sqrt{I/c},$$

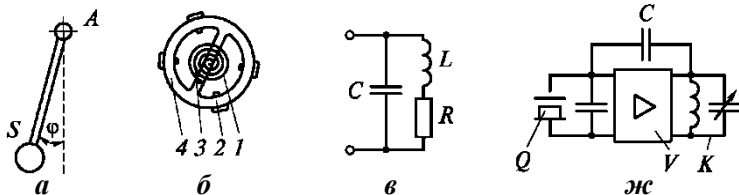
мұнда I — салмақ инерциясының моменті; c — спиральдық серіппе моменті.

Электрлік тербелмелі жүйелер. LC тербелмелі жүйесі электрлік тербелістер қозатын катушка мен конденсатордан тұрады (7.2, в-сурет). Конденсатор зарядталған кезде тербелмелі контур энергияны алады, ол конденсатордың электрлік нөл энергиясынан катушканың магниттік өрісінің энергиясына және керісінше түрленеді. Тербеліс кезеңі T мынадай анықталады

$$T = 2\pi / \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)},$$



7.1-сурет Уақыт шамалары



7.2-сурет Тербелмелі жүйесі бар уақыт шамалары

а-маятниктік: А - маятник осі, S — маятниктің ауырлық ортасы; φ — бұрылу бұрышы; *б* — айналмалы: 1 - мойынтірек осі; 2 - теңестіруге арналған бұранда; 3 - спиральдық серіппе; 4 - тербелмелі сақина; *в* - тербелмелі контур; *г* - кварцтік генератор: Q — кварцтік осциллятор; V — күшейткіш;

K - резонанстық контур; C - кері байланыс конденсаторы

мұнда L — катушканың индуктивтілігі; C — конденсатордың сыйымдылығы; R — катушка пен сымдардың омдық кедергісі.

Электрлік тербелістер сөнеді. Олар электрондық сұлбалар арқылы энергияны сырттан беру жолымен ұсталады.

Кварцтік генераторларда (7.2, г сурет) кварцтің немесе турмалиннің кристаллдарының механикалық деформациясы кезінде электрлік зарядтар туындайды және керісінше, электрлік өрістің әсерімен олардың механикалық деформациясы жүреді (тікелей және кері пьезоэлектрлік әсер). Кристаллға мерзім сайын өзгеретін электрлік өрісті қою кезінде кристалл қоздырушы өрістің жиілігімен тербеле бастайды, егер оның өзіндік тербеліс жиілігі онымен сәйкес келетін болса. өзіндік тербелістердің амплитудасы кристалдың құрылымына, оның мөлшері мен температурасына байланысты болады.

7.3.3. Тербелмелі жүйесі жоқ уақыт шамалары

Уақыттың механикалық шамалары Су немесе құм сағаттарда уақыттың шамасы ретінде ағатын (енетін) судың немесе құмның массасы (көлемі) қолданылады. Ағын массасы шығыс тесіктің диаметріне және тесіктен шығудағы қысымға байланысты болады. Механотермиялық сағаттарда уақыт шамасы ретінде майлы шамдардың, майшамдардың, жағатын шнурлардың, білтелердің жану процесі пайдаланылуы мүмкін.

Жану процессінің ұзақтығы жанатын заттың химиялық құрамына, оттегінің бағытына және жанарғының құрылымына байланысты болады.

Уақыттың электрлік шамалары Уақыттың өте қысқа аралығын өлшеу үшін экспоненциалдық заңға сәйкес жүретін резисторлар арқылы конденсаторларды зарядтау (разрядтау) процесі қолданылады. Конденсаторды зарядтау кезінде:

$$u_c = U (1 - e^{-t/T});$$

$$i_c = \frac{U}{R} e^{-t/T},$$

мұнда u_c — конденсатор кернеуі; i_c — зарядтың ток күші; T — уақыт тұрақтысы; t — уақыт.

Конденсаторды разрядтау кезінде:

$$u_c = U_0 e^{-1/T};$$

$$i_c = \frac{U}{R} e^{-t/T},$$

мұнда U_0 — конденсатордың разрядқа дейінгі кернеуі; i_c — разрядтың ток күші; T — уақыт тұрақтысы; $T = RC$.

Уақыттың атомдық шамалары Уақыттың ұзақ аралықтарын анықтау үшін радиоактивті ыдырау процестері пайдаланылады. Заттың радиоактивтік ыдырауың заңының негізінде

$$N = N_0 e^{-Xt}, \text{ или } N = N_0 e^{-\ln(2)t/TN}$$

мұнда N — белсенді ядролар саны; N_0 — белсенді ядролардың бастапқы саны; X — ыдырау тұрақтысы; t — жартылай ыдырау кезеңі.

Көміртегі C^{14} изотоптары көмегімен органикалық заттарда 5,760 жыл жартылай ыдырау кезеңімен 40 000 жылға дейін «жасын» анықтауға болады.

7.4. Уақытты өлшеуге арналған аспаптар

7.4.1. Уақытты өлшеуге арналған механикалық аспаптар

Уақытты өлшеуге арналған құралдар көмегімен (7.3-сурет) ағымдағы уақыт немесе уақыт интервалдары анықталады. Уақытты өлшеуге арналған барлық құралдар уақытқа тәуелді физикалық процесспен өлшенетін уақытқа жатқызады.

Уақытты өлшеуге арналған стационарлық құралдарда уақытты өлшеу қағидасы, құрылымы, жетектің түрі және габариттік өлшемдері орнату алаңына байланысты болады.

Уақытты өлшеуге арналған жылжымалы аспаптар өлшеу нәтижелеріне үлкен әсер тудырмай өлшеу процессінде орын ауыстыруы мүмкін.

Уақытты өлшеуге арналған механикалық аспаптар (одан әрі механикалық сағаттар қарастырылады) процесстердің ұзақтығын өлшеу үшін пайдаланылады.



7.3-сурет Уақытты өлшеуге арналған аспаптар.

Сағатты зауыт немесе механикалық сағаттарды қосу және өшіру электрмен орындалатын жағдайларда механикалық деп атайды.

7.4.2. Жеке меншік механикалық шамасы бар механикалық сағаттар

Құлағын бұрау механикалық, электрлік немесе қолмен орындалуы мүмкін. Механикалық автоматты түрде құлағын бұрау, мысалы, қол сағаттарда қолданылады. Қол қозғалса, инерциялық масса маятниктің қозғалысына әкеледі. Бұл ретте туындайтын момент жетекке беріледі. Қозғалтқыштың немесе электромагниттің көмегімен электрлік іске қосу негізінен стационарлық сағаттарда қолданысқа ие болады.

Сағаттардың жетегі энергияны жинақтаушы және көзі болып табылады. Құлаған бұрағандағы үзілмелі кіретін энергия жетекпен жинақталады және қозғалтқыш механизм мен бағыт реттегішіне үздіксіз беріледі. Механикалық жетектер (орамдық жүйелер) гірлерді немесе арнайы жалпақ серіппелерді көрсетеді. Гірлік қозғалтқыштар стационарлық сағаттарда ғана қолданылады. биіктікке көтерілген h гірді зарядтау кезінде, әлеуетті энергияны жинайды

$$W_{\text{нот}} = mgh,$$

мұнда m — гірдің салмағы, g — еркін құлаудың үдеуі.

Жүктемені тісшелі дөңгелек немесе барабан арқылы таяқпен жылжытқан кезде, энергия қозғалтқыш дөңгелегіне және бағыт реттегішке ауыстырылады. Жетектің бұл жүйесі үшін айналдыратын моменттің тұрақтылығы мен құрылымының қарапайымдылығы тән.

Спиральді серіппесі бар жетек (серіппелі қозғалтқыш) сағаттың күйіне қарамастан жұмыс істейді. Кернеулі күйдегі спиральдық серіппе айналдыратын моментті түзеді (тұрақты екі жақты бекіту кезінде)

$$M = Ebs^3/12l,$$

мұнда E — серпімділік модулі; b — серіппенің ені; s — серіппенің жуандығы; φ — айналдыру бұрышы; l — серіппенің ұзындығы.

Сағаттың бағытын реттегіш механикалық осциллятордан, тірек дөңгелегінен және анкерден тұрады. Тербелістің тұрақты жиілігін ұстау үшін, осы механизмнің қозғалысы анкермен кезек-кезек тежеліп, қайтадан босатылады.

Уақытты талап ететін деңгей - осциллятор. Осцилляторды толық қозғалту кезінде анкерлік дөңгелек бір тіске айналады. Анкерлік дөңгелек бағыт жетегімен және механизммен тығыз байланысқан және ысқылаудан осциллятор энергиясының шығынын өтейді.

Осцилляторлар ретінде маятникті және айналмалы жүйелер пайдаланылады. Маятникті айналмалы жүйелер 0,05-тен 0,5 Гц дейінгі жиілікпен тербеледі. Айналмалы тербелістік жүйелер 2,5-тен 5 Гц-ке дейінгі жиілікті диапазонда жұмыс істейді.

Бағыт механизмі жетектің жүйесі, бағыт реттеушісі және индикация блогы арасындағы байланыстырушы деңгей болып табылады. Ол жетектені айналдыратын моментті беретін және индикация блогына айналу жиілігінің белгілі реттегішпен бағытын беретін бірнеше тісшелі берілістерден тұрады, ол бұл жиілікті жекелеген нұсқаулардың орын ауыстыруына түрлендіреді.

Механикалық сағаттардағы уақыт индикациясы жылжымайтын циферблаттағы нұсқауыр көмегімен іске асырылады. Даталарды (күнді және айды) көрсету дисклердің көмегімен жүргізіледі. Арнайы құрылымдарда барабанды типтегі нұсқауырлар пайдаланылады.

Механикалық сағаттардың арнайы құрылғыларын дыбыстық дабылдық құрылғы, соққылы механизм және уақыттың индикация жүйесін қосу блогы жатады.

Дыбыстық дабылдық құрылғы және соққылық механизм өзіндік жетегі мен түсіру механизмі бар өзіндік деңгейлерді көрсетеді. Дыбыстық дабылдық құрылғылар ретінде сонымен қатар электрлік немесе электрондық жүйелер пайдаланылуы мүмкін. Секундомерлерде бөгеткіш құрылғы көмегімен уақыт аралығын өлшеу процессі қосылады және өшіріледі.

Нұсқауырды қайтару орталық тісшелі дөңгелек көмегімен іске асырылады, ол батырмаға басқан кезде барлық нұсқауырларды нөлдік күйге қайтапалы

Секундомерлердің арнайы нұсқаларында уақыттың өлшенетін аралығын ұзу немесе аралық интервалдарды өлшеу қамтамасыз етіледі.

Механикалық сағаттар уақыттың өзіндік шамаларына ие болады.

7.4.3. Уақытты өлшеуге арналған механикалық аспаптар

Жеке меншік уақыттың механикалық шамасы бар электрлік сағаттар

Электрлік сағаттар уақытты өлшеуге арналған аспаптарды ұсынады, оларда ең кемінде функцияларды бірі - жетек, бағытты реттеу, индикация блогына энергияны беру немесе уақытты көрсету - электрлік элементтер мен құрылғылар көмегімен іске асырылады.

Электрлік сағаттарда жетек энергияның электрлік жинақтаушылары көмегімен іске асырылады (батареялар, қорек көзінің төмен кернеуі желілері).

Тербелістік жүйе ретінде айналмалы осцилляторлар немесе камертондар қолданылады, олар магнитті жұмсақ болаттан жасалған тісшелермен, тұрақты магниттен немесе катушкалармен жабдықталған. Осцилляторлар механикалық немесе түсіру механизмімен магниттік байланыспен байланысқан және оны тікелей жоғары көтереді. Тербелістік жүйеге энергияны беру осциллятордың өзімен реттеледі.

Контакттік басқару кезінде энергияны беру ауыстырып қосылатын контактілер арқылы жүргізіледі. Олардың кемшілігі ең алдымен контактілердің механикалық тозуына негізделеді. Контактсіз реттеу кезінде энергияны беру ауыстырып қосатын транзисторлар көмегімен іске асырылады.

Айналмалы тербелістік жүйелерді пайдалану кезінде жиілікті диапазон 5 Гц-тен төмен болады. Камертондар 300 Гц жуық жиілікпен жұмыс істейді. Энергияны беруге арналған камертондық жүйелерде камертоннан бағыт механизміне үлкен берілістік саны бар прецизиондық тісшелі беріліс қажет.

Электрлік сағаттар кәсіпорындарда, мектептерде және т.с.с орнатылады. Негізгі сағаттарды дабылдық жүйемен, электрлік таймерлермен, өндірістік процесстерді басқаруға арналған дыбыстық дабылдық құрылғылары бар негізгі (басты) сағаттарды жалғау қажеттілігі туындайды.

Электрлік сағат қондырғылары негізгі сағаттар мен бірнеше екіншілік сағаттардан тұрады. Негізгі және екіншілік сағаттар сымдардың өзіндік желісімен жалғанған. Негізгі сағаттар уақыттың бірдей интервалдары арқылы электрлік бұралады; олар гір немесе спиральдық серіппе көмегімен бағытталған маятникпен жабдықталған.

Маятник 0,5-тен 1 Гц дейінгі жиілікте тербеледі. Бұл жиілік механикалық түрде сағат механизмінде редуцирленеді. Шаппа доңғалақ немесе жұдырықша көмегімен ток аударғышпен қосыпалы

олар оң немесе теріс импульстарға тұрақты ток дабылын таратады. Бұл импульстер екіншілік сағаттарға түседі. Секундтық сағаттарды (1 с үшін қосылудың 1 импульс) және минуттық сағаттарды (1 минутта қосылудың 1 импульсі) ажыратқан жөн. Екіншілік сағаттар индикация жүйесін әрекетке келтіреді (беріліс арқылы қадамдық ауыстырып қосқыш көмегімен).

Қызмет көрсетілетін екіншілік сағаттардың саны энергияны тұтынумен және негізгі сағаттарды қосудың (ауыстырып қосудың) рұқсат етілетін ток күшімен шектеледі.

Көптеген қондырғыларда бірнеше екіншілік сағаттарды аралық сағаттар басқарады. Осылайша, желі кернеуін кездейсоқ өшіру кезінде сағат тоқтамайды, ал автоматты түрде желіден зарядталатын батареялық қорек көзі қосылуы болады. Сонымен қатар желі кернуі автоматты түрде ажырау кезінде автоматты түрде қосылатын аккумуляторлық қорек көздері белгілі.

Бақылау сұрақтары

1. Ғылым мен техниканың қандай облыстарында уақытты өлшеу қажет болады?

2. Уақыттың қандай шамалары, бірліктері және эталондары бар?

3. Әртүрлі сағаттармен уақытты өлшеу кезінде қандай қателіктер туындайды?

4. Тербелмелі және тербелмейтін жүйесі бар уақыт шамасының жіктелімін келтіріңіз.

5. Тербелмелі жүйесі бар уақыттың қандай шамалары бар? Олардың негізгі сұлбасын келтіріңіз, артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетіңіз.

6. Тербелмелі жүйесі жоқ уақыттың қандай шамалары бар? Олардың артықшылықтарын, кемшіліктерін және қолданылу салаларын көрсетіңіз.

7. Өзіндік механикалық және электрлік уақыт шамалары бар сағаттардың қандай түрлері бар?

8. Тербелістің тұрақты жиілігін ұстау және спиральдық серіппеден жетегі бар сағаттар бағытын реттеу қалай қамтамасыз етіледі?

9. Уақыттың өзіндік механикалық шамасы бар электрлік сағаттардың жұмыс істеу принципі неге негізделген?

10. Электрлік қондырғылар деген не? Негізгі және екіншілік сағаттар қандай қызметті орындайды?

ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ШАМАЛАРДЫ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ.

8.1. Жалпы мәліметтер

Машина жасау, микроэлектроника, оптоэлектроника және есептеуіш техника бұйымдарын дайындау берілген өлшемдер, форма және беттің сапасы бойынша материалдардың өңдеумен байланысты. Оған қоса бұйымның сапасы геометриялық шамаларды өлшеу құралдарымен бақыланады. Геометриялық шамалардың өлшеу техникасына қабылданған жіктелім бойынша ұзындықтар мен бұрыштарды өлшеуді, өлшемдерді, формаларды және беттердің орналасуының, ауытқуын, конустардың, бұрандалар мен тісшелі доңғалақтардың параметрлерін жатқызады.

Сызықтық-бұрыштық өлшеулер облысы өлшеу тапсырмалары мен өлшеу нысандарының көп мөлшерімен сипатталады. Осылайша, формалардың ауытқуларын өлшеу мен беттердің орналасуы кедір-бұдырлардың параметрлерінің өлшеулерінен, параллельділіктерден, соғулардан ауытқулардан, перпендикулярлықтан, эксцентриситеттерден ауытқулардан және т.с.с тұрады. Көптеген өлшеу тапсырмалары конустардың, бұрандалардың және тісшелі доңғалақтардың өлшемдерін бақылау кезінде туындайды. Сызықтық-бұрыштық өлшеулерде негізгі орындардың бірін ұзындықты өлшеу алады. Берілетін сызықтық өлшемдердің диапазоны мұнда микрометр үлестерінен (беттердің микробіркелкісіздігін өлшеу кезінде) бастап ондаған миллиметрлер (электроникада) мен метрлерге дейін созылады (машина жасауда).

Геометриялық шамаларды өлшеудің әдістері мен құралдарын бірнеше топтарға бөледі, олардың негізгілері механикалық және оптикалық-механикалық аспаптардың топтары болып табылады. Бірақ алдымен, сызықтық және бұрыштық өлшемдерді орындаудың жалпы ережелерін баяндаймыз.

Сызықтық және бұрыштық өлшеулер жүргізілгенде өлшеу нәтижелеріне қоршаған ортаның температурасы, атмосфералық қысым, ылғалдылық, тербеліс және т.б. әсер етеді. Өлшеу жүргізілетін жағдайларда туындайтын қосымша қателіктерді болдырмау үшін ГОСТ-пен сызықтық және бұрыштық өлшеуерді өндірудің келесі талаптары орнатылған:

- Қоршаған ортаның температурасы - 20 °C;

- атмосфералық қысым - 101 324,72 Па (760 мм сын.бағ.);
- қоршаған ортаның салыстырмалы ылғалдылығы - 58%;
- еркін құлаудың удеуі - 9,8 м/с²;
- сыртқы беттердің 160 мм дейін сызықтық өлшемдерді өлшеу сызықтарының бағыты - тік, ал қалған жағдайларда - көлденең болады;
- бұрыштарды өлшеудің салыстырмалы ылғалдылығы нөлге тең.

МЕМСТ-пен сонымен қатар өлшеу нәтижелері салыстыру үшін әсер ететін шамалардың көрсетілген қалыпты мәндеріне келтірілуі тиіс. Өлшеудің қалыпты жағдайларынан рұқсат етілген ауытқулардың шектері өлшеулердің әртүрлі түрлері үшін нормаланған.

Сызықтық және бұрыштық өлшеулердің дәлдігі үшін өлшеу аймағында тұрақты қалыпты температураны ұстау үлкен мәнге ие. Қосымша қателіктердің алдын алу үшін өлшенетін бұйымдарды олардың салмағы мен сызықтық өлшемдерге рұқсатына байланысты 2-ден 36 сағатқа дейін қалыпты температурада ұстау ұсынылады.

Өлшеу құралдары өлшеу басталғанға дейін кемінде 24 сағат стандарттарда көрсетілгендерге сәйкес келетін жағдайларда болуы тиіс.

Микроэлектроника, оптоэлектроника және есептеуіш техника бұйымдарын дайындау берілген өлшемдер, форма және беттің сапасы бойынша материалдарды дәл өңдеумен байланысты. Берілетін сызықтық өлшемдердің диапазоны кең: ол микрометр үлестерінен (беттердің микробіркелкісіздігін өлшеу кезінде) бастап ондаған миллиметрлерге дейін болады. Геометриялық өлшемдерді, формаларды және беттің сапа көрсеткіштерін өлшеулер сызықтық және бұрыштық өлшемдер көмегімен жүзеге асырылады. Бұл құралдар бірнеше топтарға бөлінеді, олардың негізгілері механикалық және оптикалық-механикалық аспаптардың топтары болып табылады.

8.2. Ұзындықты өлшеудің механикалық құралдары

Жалпы тағайындалымдағы сызықтық және бұрыштық өлшеу құралдарын және жекелеген өлшеу міндеттерін шешу үшін тағайындалған тар шеңберде мамандандырылған құралдарды ажыратады. Жалпы тағайындалымдағы ұзындықты өлшеудің механикалық құралдарына ұзындықтың штрихтік және ұштық өлшемдері, штанген аспаптар, микрометрлік аспаптарды, сағат типіндегі индикаторларды, өлшеуіштік бастар жатады.

Ұзындықтың штрихтік өлшемдері деп ұзындық бірліктерінде өрнектелген өлшемі екі сәйкес штрихтердің осьтері арасындағы қашықтықпен анықталады. Өлшеуіштік сызғыштар, рулеткалар, қырлы штрихтік өлшемдер штрихтік өлшемдер болып табылады.

Ұзындықтың қырлы штрихтік өлшемдері оларға штрихтармен немесе шкалалармен енгізілген әртүрлі қимадағы шыны немесе металл қырларын ұсынады. Бұл шаралар сызықтық өлшемдерді тікелей өлшеу үшін де, аспаптар мен станоктардың шкалалары ретінде де қолданылады.

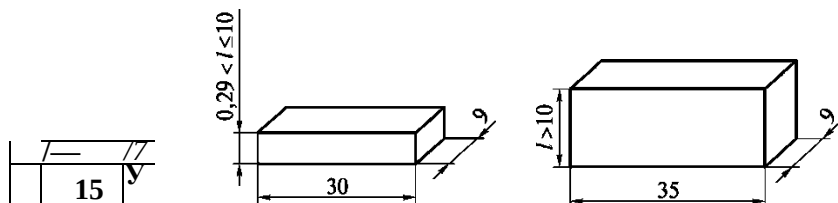
Қырлы штрихтік шамалардың негізгі типтері, параметрлері және өлшемдері стандартталған. Өнеркәсіпте 6...20000 мм атаулы ұзындықтағы қырлы шамалар шығырылады. Атаулы ұзындықтан рұқсат етілетін ауытқулар шартты түрде 0-ден 5-ке дейін белгіленетін дәлдіктің алты санатымен нормаланады. Ұзындықтың қырлы шамлаарын бөлудің ең төменгі бағасы 0,01 мм.

Ұзындықтың жалпақ параллельдік шеттік өлшемдері(ҰЖШӨ) бір бекітілген өлшемдегі ұзындық бірлігін шығарады және екі өзара параллель өлшеуіштік беттері бар болат немесе қатты қорытпадан жасалған тік бұрышты параллелипед түрінде орындалады. Өлшеуіштік беттік арасындағы қашықтық жоғары дәлдікпен анықталған және белгілі (8.1-сурет). Өлшеуіштік беттер басқа шаманың беттерінен кіші кедір-бұдырлықпен ерекшеленеді, соның арқасында ҰЖШӨ ысқылау қасиеттеріне ие, яғни өлшеуіштік беттің бір шамасының басқа шамадағы өлшеуіштік бетпен тығыз тіркелісу қабілетіне ие. Ысқылаушылық беттердің молекулярлық өзара әрекеттесу күштерімен негізделген.

Бұл өлшеу құралдары 10-нан 112-ге дейінгі әртүрлі атаулы шамалар санымен жиынтықта шығарылады. Өлшемдердің атаулы мәндері стандартталған, сондықтан да өлшемдердің ысқылаушылығы олардан қажетті өлшемдегі блок жинауға мүмкіндік береді (0,1-ден 1000 мм дейін).

Дайындау дәлдігіне байланысты ҰЖШӨ 00; 01; 0; 1; 2; 3 дәлдік санаттарына жатқызады.

Ысқылау алдында салыстыру үшін таңдалған өлшеу блоктарын жақпадан тазалайды, жанармаймен жуады және таза сүлгімен кептіріп сүртеді. Осыдан кейін өлшеу бетіне қол тигізуге болмайды. Осылайша дайындалған өлшемдерді бір шаманы басқасына қою немесе жылжыту жолымен ысқылайды. Өлшемдерді пайдаланудың қолайлығы үшін ҰЖШӨ жиынтықтарына жабдықтардың аспаптары жеткізіледі.



8.1-сурет Ұзындықтың жалпы параллельді шеткі өлшемдері

Штанген аспаптар деп сызықтық нониусты қолдануға негізделген санау құрылғыларын құрудың жалпы принципімен біріктірілген сызықтық өлшем құралдары аталады. Тағайындалуына байланысты штангенциркульдерді, штанген тереңдік өлшеуіштерді (штангенглубиномер), штангенрейсмустарды ажыратады.

Штангенцикуль (8.2-сурет) - ұзындықты, білдектер мен тесіктердің диаметрлерін, тесіктердің тереңдігі мен тесіктердің орталары арасындағы қашықтықты өлшеудің әмбебап құралы.

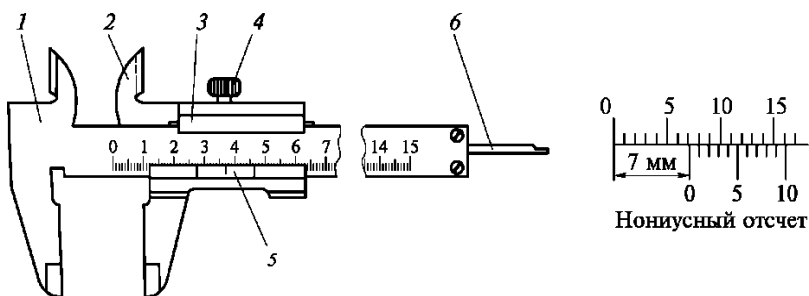
Штанген тереңдік өлшеуіш (штангенглубиномер) тесіктердің, саңылаулардың және т.с.с. тереңдігін өлшеу үшін тағайындалған.

Штангенрейсмус - бұйымдардың биіктікті өлшемдерін өлшеу құралы.

Нониусты құру принципі екі сызықтық шкалалардың сәйкес штрихтерін біріктіруге негізделеді, олардың бөлу интервалдары белгілі шамаға ажыратылады. Жалпы жағдайда штанген аспап (8.2-сурет қар.) жылжымайтын өлшеуіштік еріншесі бар штангадан 1 және басқа өлшеуіштік еріншемен штанга бойынша орын ауыстыратын рамкадан 3 тұрады. Штангада бөлу құны 1 мм шкала енгізілген. Рамканың қиғашында бөлу құны 0,9 мм нониус 5 деп аталатын қосалқы шкала енгізілген, ол бойынша миллиметрдің бөлшектік үлестері саналады.

Рамканы бекіту үшін штанганың жұмысшы бөлігінде бұранда 4 бар Рамка тереңдік өлшеуіштің 6 сызғышымен қатты байланған. Жоғарғы еріншелер 2 ішкі өлшемдерді өлшеу үшін, ал төменгілері - сыртқылары үшін тағайындалған.

Нониустың нөлдік шкаласын штанга шкаласының нөлдік белгісімен ауыстырғанда нониус шкаласының нөлден кейінгі бірінші белгісі штанга шкаласының бірінші белгісіне қатысты 0,1 мм-ге ығысқан болады; сәйкесінше нониус шкаласының екінші белгісі 0,2 мм-ге ығысатын болады, ал оныншысы - 1 мм-ге ығысады; яғни нониус шкаласының соңғы белгісі штанга шкаласындағы 0,9 мм белгісімен дәл сәйкеселі.



8.2. сурет Штангенцикуль:

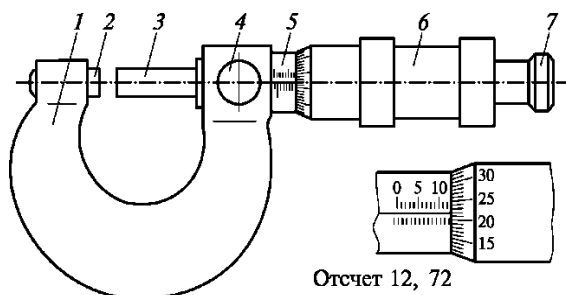
1 - штанга; 2 - жоғарғы еріншелер; 3 - жиек; 4 - бұранда; 5 - нониус; 6 - тереңдік өлшеуіш.

Егер өлшемді өлшеу кезінде нониус шкаласы нониус белгілерінің бірі (нөлдік емес) штанга шкаласының қандай да бір белгісімен сәйкес келетіндей орналасса, онда өлшеу нәтижесі штанга шкаласы мен штанга шкаласын бөлу құнының мен нониус белгісі сәйкес келген штанга шкаласының бөлу нөміріне нониусты айырмашылығы туындысы ретінде анықталады. Осылайша, 8.2-суретте өлшенген мән $I = 7 + 0,1 \cdot 1 = 7,1$ мм тең болады. Осылайша, нониус көмегімен 0,1 мм дейінгі дәлдікпен өлшеу есебін жүргізуге болады. Штангенаспаптарда 0,05 мм дейінгі өлшем есебін қамтамасыз ететін тартылған нониус қолданылады.

Штангенаспаптардың кейбір заманауи үлгілерінде нониус орнына бөлу мөлшері 0,01 мм сандық типтегі индикаторлар қолданылады.

Микрометрлік аспаптар (микрометрлер, микрометрлік тереңдік өлшегіштер, микрометрлік нутромерлер) штангенаспаптарға қарағанда біршама дәл болып табылады. Микрометрлік аспаптардың әрекет ету принципі жылжымайтын сомынға оның ось бойында түсетін қозғалысында орнатылған дәл микрометрлік бұранданың айналу қызметін түрлендіруге негізделген. Микрометрлік аспаптардың көпшілігі 0,5 қадамы бар бұрандаға ие, сондықтан сомындағы бұранданы 360°-қа бұру оның ось ойында 0,5 м орын ауыстыруына әкеледі.

Микрометр (8.3-сурет) тоғыннан 1 тұрады, бір жағынан жылжымайтын шүйде пресстелген, ал екінші жағынан сабақтан 5, микробұрандасы 3 және зырылдауық механизмі 7 бар жинақтағы барабаннан 6 тұратын микрометрлік бас бекітілген. Барабанды айналдыру кезінде сабақ келіп түсетін қозғалыс жасайды және өлшенетін нысанмен контакт болады. Зырылдауық механизмді бұл ретте өлшеуіштік күштің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Бұранда 4 микробұранданың күйін бекітеді. Микробұранданың орынын ауыстыру



8.3-сурет Микрометр:

1 - тоғын; 2 - жылжымайтын шүйде; 3 - микробұранда; 4 - бұранда; 5 - сабақ; 6 - барабан; 7 - зырылдауық.

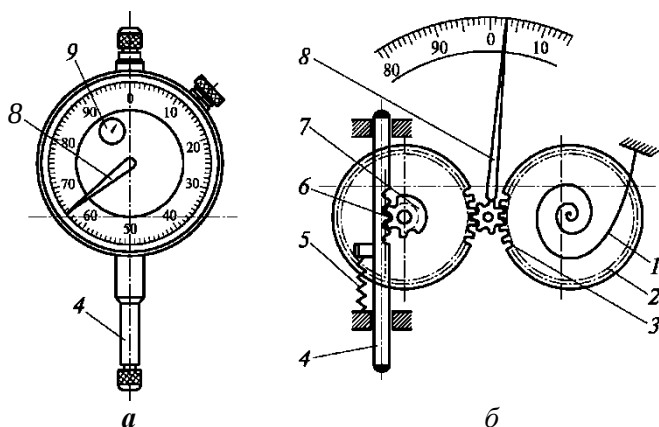
екі шкала бойынша есептеледі: біреуі, сабақтың ұзындығы бойынша енгізілген және екіншісі, барабанды айнала енгізілген. Сабақтағы бөліктер 0,5 мм арқылы енгізілген, ал барабандағы шкалада 50 белгі бар. Осылайша, барабан шкаласының бір бөлігі $0,5/50 = 0,01$ мм микробұранданың орын ауыстыруына сәйкес келеді.

Микрометрлік аспаптар үшін дәлдіктің екі санаты (1 және 2) орнатылған. Микрометрлік аспаптардың шекті рұқсат етілетін қателігі өлшеу диапазонына байланысты болады. Осылайша, өлшеу шектері 0...25 мм 1-дәлдік санатындағы микрометрлер үшін аспаптың қателігі $\pm 0,002$ мм аспайды, ал микрометрлерде 400...500 мм диапазонда ұзындықты өлшеу үшін $\pm 0,005$ мм артпайды.

Микроэлектрониканың процизиондық бөлшектерінің сызықтық өлшемдері мен дәл аспап жасауды өлшеу үшін сандық электрондық есептеуіші бар үстелдік микрометр шығарылады, ол $\pm 0,002$ мм артық емес қателікпен 0...10 мм диапазонда өлшемдердің өлшеуін қамтамасыз етеді.

Сағат типіндегі индикаторлар(8.4-сурет) тісшелі берілісі бар аспаптардың типтік өкілдері болып табылады, онда кесілген тісшелі төрткілдеші 6 бар стержень 4, тісшелі дөңгелектер 2, 3, 5 және 7, спиральдық серіппе 1, нұсқауыр8 бар. Өлшеу стерженін 4 қайтымды ілгерілемелі орын ауысуы көрсеткіштің 8 айналмалы қозғалысына айналады.

Нұсқауырдың бір айналымы өлшеуіштік стерженнің 1 мм ығысуына сәйкес келеді. Бүтін миллиметрлер нұсқауыр 9 көмегімен шкала бойынша саналады. Аспаптың шкаласы 100 бөлікке ие, индикатордың бөлік бағасы 0,01 мм тең.



8.4-сурет Сағаттық типтегі индикатор (а) оның сұлбасы (б):

- 1 - спиральдық серіппе; 2, 3, 5, 7 - тісшелі дөңгелек; 4 - стержень; 6 - тісшелі төрткілдеуіш; 8, 9- нұсқауыр.

Сағат типіндегі индикаторлардың негізгі метрологиялық сипаттамалары

Құралдың типі (ГОСТ 577-68)	Шкаланың бөліну бағасы, мм	Аспаппен өлшеу шектері, мм	Барлық диапазонда аспаптың шектік қателіктері	Өлшегіштік күш, Н
ИЧ, ИТ	0,01	0..2	10	1,5
ИЧ	0,01	0.5	12	1,5
	0,01	0.10	15	1,5
	0,01	0.25	22	3,0

Сағаттық типтің индикаторларын екі модификацияда дәлдіктің екі санатында (0 және 1) шығарады: шкалаға параллель өлшеуіштік стерженнің орын ауысуымен ИЧ типіндегі индикаторлары және шкалаға перпендикуляр өлшеуіштік стерженнің орынын ауыстыру арқылы ИТ типіндегі индикаторлар. Сонымен қатар сандық (электрондық) есебі бар сағат түріндегі индикаторлар шығарылады.

Сағат типіндегі индикаторлардың негізгі метрологиялық сипаттамалар 8.1-кесте ұсынылған.

Индикаторды бекіту және өлшенетін бұйымдарды орнату үшін қосалқы құрылғылар жеткізіледі: бағандар, штативтер, кронштейндер.

Өлшеу дәлдігін арттыру үшін көп айналымды индикаторларды қолданады, олардың өлшеуіштік механизмі 0,001 және 0,002 мм бөліну мөлшерін алуды қамтамасыз етеді.

Геометриялық өлшемдерді өлшеудің механикалық құралдарының ішіндегі ең жоғарғы дәлдікті *серіппелі өлшеуіштік бастар* қамтамасыз етеді. Бұл бастарда сыртқы үйкелісі бар кинематикалық жұптар жоқ; Өлшеу стерженінен нұсқауырға дейінгі беріліс механизмі ретінде әртүрлі бағытта бұралған металл таспалар немесе серіппелер қолданылады. Серіппелі өлшеуіш бастарына мыналар жатады: микрокаторлар, микаторлар, миникаторлар және оптекаторлар. Бұл аспаптардың шектік қателігі микрометрдің ондық үлестері қатарының шамасымен бағаланады. Өлшеудің механикалық құралдары туралы толық мәліметтерді сәйкес стандарттар мен анықтамалардан табуға болады.

8.3. Ұзындықты өлшеудің оптикалық-механикалық құралдары

Оптико-механикалық деп әрекеттері геометриялық оптиканы пайдалануға негізделген геометриялық өлшемдерді (өлшеуіштік микроскоптар, оптиметрлер) немесе жарықтың

когеренттік шоқтарының интерференция құбылыстарын (интерференциондық микроскоптар, компараторлар) пайдалануға негізделген.

Микроэлектроника мен аралас салаларда сызықтық және бұрыштық өлшеулер үшін кеңінен таралған аспаптар өлшеуіштік проекторлар мен өлшеуіштік микроскоптар болып табылады.

Өлшеуіштік проекторлар бұйымның көлеңкелік суретін (контурды) экранға проекциялау үшін және олардың сызықтық және бұрыштық өлшемдерін сәйкес масштабта немесе бұйымның сызылған контурымен орындалған сызбамен көлеңкелік суретті тікелей салыстыру жолымен өлшеуге тағайындалған. Проекторлар экрандардың бірнеше өлшемімен (250 x 250 бастап 600 x 700 мм дейін) шығарылады.

Бұйым орнатылатын проектордың үстелі бойлық, көлденең бағыттарда және тігінен қозғалуы мүмкіндігіне ие. Үстелді жылжыту 0,01 ... 0,002 мм бөлу мөлшері бар тиісті шкала бойынша есептеледі. Проектор көмегімен ұзындықты өлшеу кезіндегі қателік $\pm(0,003.0,005)$ мм аспайды.

Қазіргі заманғы проекторлардың кейбір түрлері өлшеу үстелін жылжытудың сандық есептеу құрылғыларымен жабдықталған.

Өлшеуіштік микроскоптар тікбұрышты немесе полярлық координат жүйесінде түрлі күрделі пішінді бөлшектердің ұзындығы мен бұрыштарын өлшеуге арналған.

Микроскоптардың бірнеше түрі бар: кішкене аспаптық микроскоп, үлкен аспаптық микроскоп және әмбебап микроскоп.

Құрылымдық айырмашылықтарға қарамастан, барлық микроскоптарда өлшеудің принциптік схемасы ортақ - бұл өзара перпендикуляр бағыттар бойынша осы үшін жылжытылған бөліктердің әртүрлі нүктелерін нысаналау және осы қозғалыстарды микрометриялық немесе басқа есептік құрылғылар көмегімен өлшеу. Жақсы нысаналауды қамтамасыз ету үшін микроскоптар ұлғайтудың әртүрлі деңгейіндегі ауыспалы объективтермен жабдыкталады.

Өлшеуіштік микроскоп негізден тұрады, онда координаталардың екі өзара перпендикуляр осьтерінің бойындағы, өлшенетін бұйымды бекітуге арналған үстелден және нысаналау микроскопының ұзындықтың екі шамасы бекітілген.

Өлшенетін бұйым микроскоп үстелінде орнатылады. Санау нүктелері нысаналау микроскобының көрсеткіштері бойынша анықталады. Нысаналау кезінде микроскоптың осі бұйымдарға штрихтермен немесе олардың жиектерімен орналасады. Бұл үшін бұйымы бар үстелді немесе микроскоптың өзін бұйымға қатысты ауыстырады. Орын ауыстыру өлшенетін шамаға немесе қашықтыққа сәйкес келеді және үстелдің бастапқы және соңғы күйінің арасындағы айырмашылық ретінде анықталады. Жұмыстың қолайлығы үшін сандық есептеуіші және нөлдік көрсеткішінің сыртқы қондырғысы бар өлшеуіштік микроскоптар шығарылады.

нөлден есептеу кезінде өлшеу нәтижесі бірден қайта санаусыз таблоға бекітіледі.

8.4. Бұрыштарды өлшеудің құралдары мен әдістері

Бұрыштық өлшеулердің нысандары өлшенетін бұрыштар мен өлшеудің қажетті дәлдігінің шамалары, өлшемдері бойынша әртүрлі болады. Бұл үш топқа біріктірілуі мүмкін бұрыштарды өлшеудің әдістері мен құралдарының өте алуан түрлілігін негіздейді.

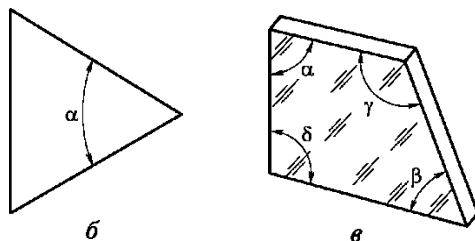
Әдістер мен құралдардың бірінші тобы «қатты өлшемдер» деп аталатын бұрыштама, бұрыштық плитка, көп қырлы призма көмегімен бұрыштарды өлшеудің тәсілдерін біріктіреді.

Екінші топты гониометриялық әдістер мен құралдар мен өлшеулер құрылады, оларда өлшенетін бұрышты аспапқа ендірілген дөңгелек немесе секторлық шкаланың сәйкес мәнімен салыстырады.

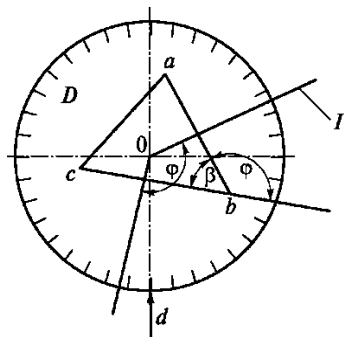
Тригонометрлік әдістер мен құралдардың үшінші тобы өлшенетін бұрышты салыстыратын өлшеммен ерекшеленеді, ол тік бұрышты үшбұрыштың бұрышы болып табылады.

Призмалық бұрыштық өлшемдерді (8.5-сурет) бірнеше типтерден дайындайды: бір жұмысшы бұрышы бар немесе төрт жұмысшы бұрыштары бар плиткалар, біркелкі емес бұрыштық қадамы бар алты қырлы бұрыштық призмалар. Бұрыштық плиткаларды 10-нан 90° шектегі бұрыштары бар блоктар жасауға болатындай есепте таңдалған плиткалар жинағы түрінде шығарады. Дайындау дәлдігі бойынша бұрыштық шамаларды дәлдіктің үш санатының біріне жатқызады (0; 1; 2). 1-ші санаттағы бұрыштық өлшемдерді дайындаудың қателігі $\pm 10''$, 2-ші санат үшін $\pm 30''$. Призмалық бұрыштық шамалар үйкелістік қасиеттерге ие.

Гониометриялық өлшеу әдісінің принципін ұсыну жеңіл, егер өлшенген бұйым abc бұрыштық шамамен - дөңгелек шкаламен D (сурет 8.6) қатты байланысты болған деп болжанған болса. Қандай да бір жазықтыққа қатысты кейбір күйлерде жылжымайтын



8.5-сурет Призмалық бұрыштық шамалар



8.6-сурет.

Өлшеудің гониометрлік әдісі:

abc — өлшенетін бұйым; d — жылжымайтын нұсқауыр
 D — дөңгелек шкала; I — жазықтық

өндірісте шығарылатын бұрыштық өлшеуіштік аспаптарда айналу бұрыштарын есептеудің дәлдігін арттыру үшін бұрыштық нониустар мен оптикалық құрылғылар қолданылады.

8.5. Белсенді бақылау аспаптары

8.7-суретте өлшеудің *тікелей әдісіне* негізделген белсенді бақылауды өлшеу құрылғыларының сұлбалары суреттелген. Өңдеу процессінде бақылау кезінде мұндай құрылғыларға екі контактілі және үш контактілі аспаптар жатады, олар диаметрлік өлшеулерді, сонымен қатар қатты калибрлеу жүйелері іске асырылады. Бұл құрылғыларды, өз кезегінде, «қалқымалы» корпустары бар құралдар мен корпусы жылжымайтын, тек өлшеуіш стерженьдер мен тетістері орын ауыстыратын құралдарға бөлуге болады. Дәлдікке тербелістің әсер етуі жағынан «жылжымалы» корпустары бар аспаптар дәлірек болады.

8.7, *a* суретте екі контактілі «жылжымалы» аспаптың сұлбасы келтірілген. Аспапты өлшеу базасы - өлшеуіштік ұштық A - өңделетін бөліктің бетімен сәйкес келеді. Өңдеу процессінде өлшеу базасының күйі бөлшектің өлшемін және оның күштік деформациясын өзгерту нәтижесінде үздіксіз өзгереді. Бұл жағдайларда аспап еркіндіктің бір деңгейіне ие болуы тиіс. 8.7, *б* және *в* суретте көрсетілген үш контактілі «жылжымалы» аспаптар екі бағытта орын ауыстыру мүмкіндігіне ие болуы тиіс. Оның қажеттілігі сонымен қатар өлшеу базаларының күйін өңдеу кезіндегі өзгеріспен туындайды, олар бұл жағдайда A және B өлшеуіштік ұштықтар болып табылады.

көрсеткіш d бойынша есепті алады. Сосын шкаланы bc жағы бұрғанға дейін ab жағы болған жазықтыққа немесе оған параллель басқа жазықтықпен сәйкес келгенге дейін бұрады. Осыдан кейін тағы да нұсқауыр бойынша есеп жүргізеді.

Бұл ретте лимб нормальдар арасындағы лимбаны бұрғанға дейінгі және кейінгі есептердің айырмашылығына тең бұрыштың жақтарына бұрылады.

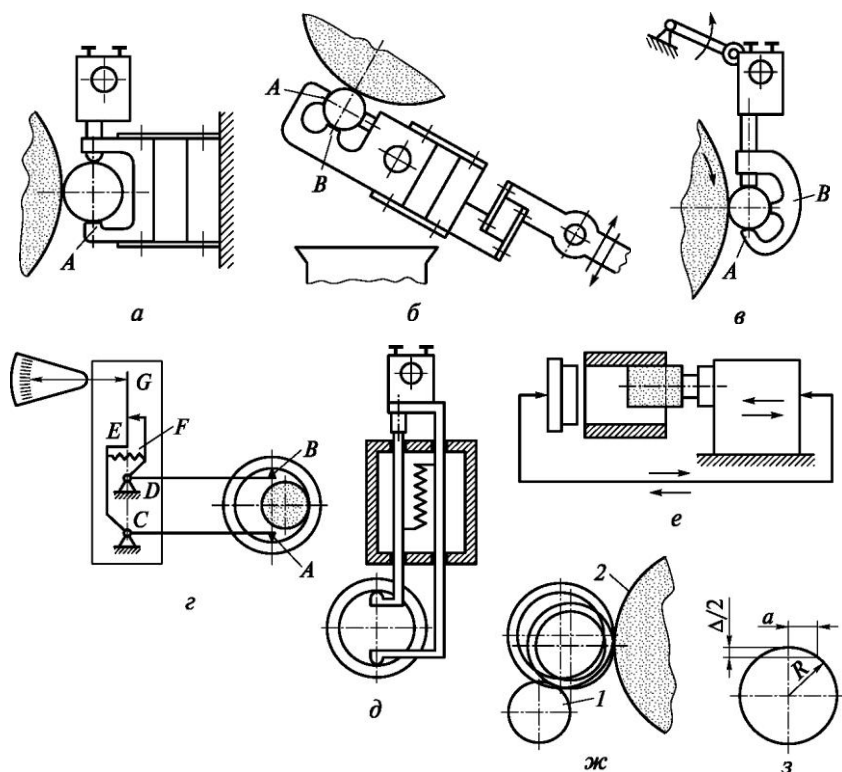
Егер өлшенетін бұрыш болса, онда $180^\circ - \phi$.

Мұндай нәтижелерге, егер бұйымы бар шкала жылжымайтын күйде қалғанда емес, ал O осінің бойында айнымалы құрылғыда бекітілген нұсқауыр d айналатын болады.

Үш контактілі аспаптар екі контактіліге қарағанда біршама үлкен дәлдікке ие. Екі контактілі құрылғылардың дәлдігіне өңделетін тетіктердің күштік деформациялары әсер етеді. Бұл 8.7, з суретте көрсетілген сұлбамен түсіндіріледі. а шамасына тең бөлшектер осінің күштік деформациясын қателіктің дәлдік бақылауында туындайды.

$$D = 2 \cdot (-R^2 - a^2).$$

Осылайша, мысалы, $a = 0,1$ мм және $R = 5$ мм болғанда, шама $D \sim 0,002$ мм. D қателігінің туындауы екі контактілік өлшеулерде аспапты күйге келтіру шарттары жұмыс шарттарымен толықтай сәйкес



8.7-сурет.

Бақылаудың тікелей әдісіне негізделген өлшеу құрылғыларының
 a - екі контактілі «жылжымалы» аспап; б, в - үш контактілі «жылжымалы» аспаптар; г - Мазин аспабы; д - Лукашов аспабы; е - қатты калибрлері бар құрылғылар; ж, з - бір контактілі және екі контактілі өлшеулер кезінде сәйкесінше қателіктердің туындауы сұлбалары; А, В - өлшеуіштік ұштықтар; С, D, E, F, g — кинематикалық нүктелер; 1, 2 - роликтер

келе алмайтындығымен түсіндіріледі, себебі аспапты күштік деформацияларға ұшырамайтын үлгілік детальдар бойынша күйге келтіреді. А қателігін аспаптың баптауларына түзету енгізу арқылы толықтай өтеуге болмайды, себебі күштік деформациялар кездейсоқ сипатқа ие және біршама шектерде тербеледі. Аспаптың жұмысы мен баптау жағдайларының ең үлкен сәйкестігі тек үш контактілі өлшеулерде ғана болуы мүмкін, сондықтан да бұл әдістердің дәлдігіне өңделетін детальдардың күштік деформациялары әсер етпейді (жазықтықтағы бөлшектің геометриялық формасының оның осіне перпендикуляр болатын өзгеруін тудыратын күштік деформацияларды қоспағанда). А қателігі бір контактілік өлшеулерде туындайды. Көрсетілген қателік біршама деңгейде аспаптың өлшеуіштік ұштықтарының контактілік бетінің формасына байланысты болады. А қателігін ескере отырып бір контактілік және екі контактілік аспаптарды пайдалану кезінде (8.7-сурет, ж, з) өлшеуді диаметрлық жазықтықта жүргізген жөн.

Өңделетін бөлшектердің күштік деформациясының екі контактілік аспаптарының дәлдігіне әсер етуді жою үшін аспаптардың өлшеуіштік ұштықтары жалпақ формаға ие болуы және бір біріне параллель болуы қажет. Оған қоса, біз өлшеуіштік ұштықтарға қандай бастапқы пішін бермесек те, уақыт өте келе олар тозу әсерінен ең белгісіз формаға ие болатындығын атап өткен жөн. Екі контактілі өлшеулерде аспап аздаған тіреуге дейін орын ауыстырады. Аспаптардың өзінің жылулық деформациясын өңдеудің дәлдігіне әсерді азайту үшін өлшенетін бөлшектің осіне біршама жақын орналасуы тиіс.

Үш контактілі «жылжымалы» аспаптардың дәлдігіне ең аз мөлшерде тербелістер әсер етеді, себебі еркіндіктің екі деңгейі екі контактілік өлшеудегідей бір емес, тербелістің әсерінен екі бағытта сақтайды. Тербелістің әсерінің азаюы жағынан 8.7, б, в суреттегі ұсынылған өлшеу сұлбасы біршама мақсатты болып табылады. Үш контактілі аспаптар екі контактіге қарағанда біршама деңгейде өңделетін беттердің тербелістерін «сөндіру» қабілетіне ие болады. Сыртқы тегістеу кезінде үш контактілік құрылғылардың сомалық жиынтығы 0,003...0,005 мм құрайды.

8.7, г-суретте Мазиннің өлшеу аспабының сұлбасы келтірілген (жинақтаушы тетігі бар). Тетік иіндерінің қатынасында А және В нүктелерінің

$$\frac{AB}{CF} \frac{EF}{EG} = \frac{2}{1} \frac{1}{2} = 1;$$

$$\frac{BD}{DE} \frac{EF}{FG} = \frac{3}{1} \frac{1}{3} = 1$$

орын ауысу сомасына тең G нүктесінің орнын ауыстыру қатынасын көрсету қиын емес, яғни бақыланатын тетіктердің диаметрі шамасының өзгеруіне тең. Аспаптың беріліс тізбегінің жылжымалы қосылыстарындағы тозуды азайту үшін, сонымен қатар G , E , F және C нүктелерінің кинематикалық қателіктерін жою үшін бір түзуде орналасуы тиіс.

8.7, д-суретте Лукашова аспабының сұлбасы суреттелген. Аспап орталықсыз ажарлағыш автоматта астаушаларды ішкі тегістеу процессін басқарады. Өңдеу кезінде сақина 1 және 2 шығыршықтарға негізделеді (8.7, ж-сурет). Осының нәтижесінде сақина осінің күйі оның сыртқы базалық бетінің диаметрінің шамасымен анықталады. Мұндай жағдайларда тек тікелей бақылау әдісі, яғни диаметрлік өлшеу өңдеудің қажетті дәлдігін қамтамасыз ете алады. Бұл бірдей деңгейде қатты тіректерде (башмақтарда) өңдеуге жатады.

Келтірілген сұлбадан көргендей, мұндай құрылымдағы аспаптар жылжымайтын корпустары бар аспаптарға жатады, бұл тербелістің әсер етуі жағынан олардың кемшілігі болып табылады.

Ішкі тегістеу кезінде қатты калибрлері бар жүйелері кең таралымға ие болды (8.7, ф-сурет). Себебі бөлшектер өтпеге өңделеді, мұндай жүйелердің дәлдігі біршама деңгейде әрбір өтпе үшін бөлшектен алынатын металл қабатының жуандығына байланысты болады. Оған қоса, қатты калибрлері бар сұлбалардың дәлдігіне өлшеу объектісі мен калибрі арасына жоңқалар мен абразивтік тозаңның түсуі, өлшеуіштік күш шамасының тұрақсыздығы, калибрлердің тозуы мен олардың сынуы, бақыланатын тесік пен калибрдің осьтік сәйкессіздігі нәтижесіндегі калибрлердің қиғаштануы, басқарушы алмаздың тозуы, сонымен қатар калибр мен өңделетін бөлшектің бағыттаушы жүздерінің сапасы әсер етеді.

Калибр мен деталь арасына жоңқалар мен абразивтік тозаңның түсуін азайту үшін мол және сәйкес түрде бағытталған салқындатуды қолдану қажет.

Калибрлер жетегінің жүйесіндегі үйкеліс күшінің сипатының өзгеру салдары өлшеуіштік күштің тұрақсыздығы болып табылады, сондықтан да оның сезімталдығын арттыруға ұмтылу қажет.

Қатты калибрлері бар жүйенің ірі қателіктерінің бірі өлшеуіш беттердің тозуы кезінде олардың өлшемдерін реттеудің мүмкін еместігі болып табылады. Тозуды азайту үшін калибрлер қатты қорытпамен арматураланады. Калибрлердің аздаған тозуын өлшеуіштік күш түзетін серіппені тарту арқылы реттеумен өтеуге болады.

Алмаздың тозуы арқылы шеңбердың басқарылуы өңдеудің дәлдігіне жанама әсер көрсетеді: жүйенің күштік деформациялары артады, сәйкесінше, өтпе үшін бөлшектен алынатын металл қабатының дәлдігі де артады. Сондықтан да көрсетілген

тозуды шеңбер жаққа алмазды мерзім сайын беру жолымен өтеу қажет.

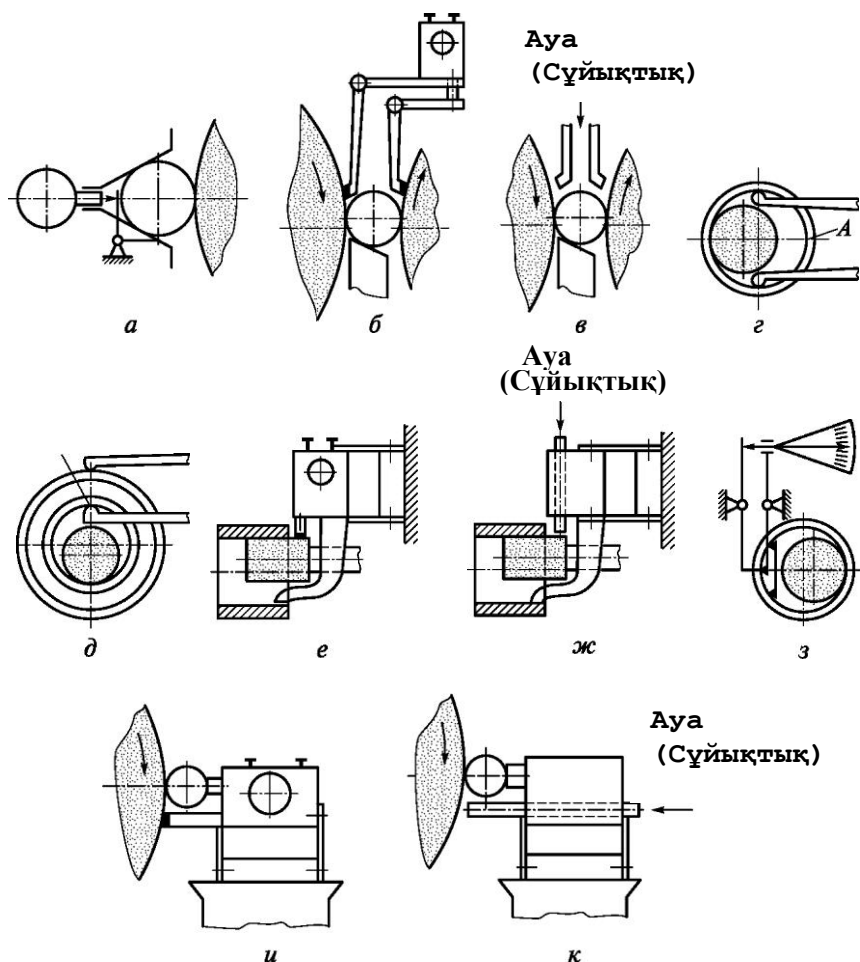
Әртүрлі фирмалардың мәліметтері бойынша, қатты калибрлері бар жүйелердің қателігі 0,01 мм тәртібіндегі шаманы құрайды.

Бұл жүйелердің жағымды ерекшелігі - бақыланатын шаманың шағын өзгерістерінің калибрдің айтарлықтай қозғалуына түрлендіру мүмкіндігі болып табылады, бұл басқару органдары ретінде қарапайым шеткі ажыратқыштарды пайдалануға мүмкіндік береді (бұл жағдайларда іске қосылу қателігі маңызды емес). Қатты калибрлері бар жүйелер тербелістерге сезімтал емес және үзілмелі беттерді біршама қарапайым бақылауға мүмкіндік береді. 8.8-суретте белсенді бақылаудың *жанама әдістерінің* дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін өлшеудің принципіалдық сұлбалары келтірілген.

8.8, а суретте ершік тәріздес аспапты пайдалану арқылы жанама өлшеу көрсетілген. Өлшеу базасы тегістелетін бөлшектің бетімен сәйкес келетіндіктен, мұндай әдіс бөлшектің күштік деформациясының әсерін жояды (шеңбердің тозуының әсерін өтеуден басқа, сонымен қатар станок пен кескіш аспаптың жылулық және күштік деформациясы). Бірақ та бұл жағдайда әдетте 39° тең призманың бұрышын эксплуатациялық есептері бойынша орындау мүмкін емес, ол кезде өлшеудің жанама әдісінің дәлдігі теория жүзінде тік әдістің дәлдігіне тең. Сонымен қатар 60° бұрышы бар призманы пайдалану мүмкін емес. Бұл жағдайларда призма бұрышына өлшеу нәтижесінің тәуелсіздігін қамтамасыз ететін аспаптың мұндай құрылымы мақсатты болады. Ол үшін сұлбада берілген иінгіректі беріліс қызмет атқарады. Тетікті пайдаланған кезде аспаптың берілістік қатынасы призма бұрышына қарамастан 1:2 тең.

8.8, б, в суретте орталықсыз тегістеу кезіндегі шеңберлер арасындағы қашықтықты сәйкесінше контактілік және контактісіз әдістермен бақылау сұлбалары суреттелген (соңғысы пневматикалық және гидравликалық әдістермен іске асырылады). Өлшеудің мұндай жанама әдісі дәлдігі бойынша тікелейге жақын, себебі бөлшектің өлшемі шеңберлер арасындағы қашықтықпен анықталады. Бұл жағдайда тегістеуші шеңбердің кескіш бетінің күйі бақыланатындығына қарамастан, аспап оның тозуынан басқа станоктың жылулық және күштік деформациясының әсерін өтеуге мүмкіндік береді.

Ішкі тегістеу кезінде 8.8, г суретте көрсетілген сұлба бойынша бақылайтын екі контактілік өлшеуіштік құрылғылар қолданылады. Бірақ та автоматты түрдегі ішкі тегістеу кезінде әдетте үлкен диаметрлі шеңберлер пайдаланылады. Бұл жағдайларда аспаптың өңделетін бөлшекпен жанасуының жалғыз мүмкін нүктесі А нүктесі болып табылады (бұл әсіресе кішкентай диаметрлері бар тесіктерге жатады). Оған қоса бір контактілі



8.8-сурет.

Белсенді бақылаудың жанама әдістерінің дәлдігін арттыратын өлшеу сұлбалары:

a - ершік тәріздес аспапты пайдалану арқылы; *б, в* - орталықсыз тегістеу; *г...з* - ішкі тегістеу; *и, к* - орталықтарда тегістеу; *А* - байланыс нүктесі.

өлшеуіш құрылғыны *А* нүктесіндегі контактімен пайдаланған кезде бақылау дәлдігіне өңделетін бөлшектің күштік деформациялары әсер етеді.

Бұл әсерді 8.8, *д...ж*-суретінде көрсетілген өлшеу сұлбаларының көмегімен жоюға болады. Бірінші жағдайда өлшеу базасы ретінде бұйымның қысқышының шпинделінде бекітілген орнату сақинасы пайдаланылады. Тегістелетін бетті күштік сығу кезінде бір мезетте бұйымның қысқышының шпинделі де қысылады,

соның нәтижесінде көрсетілген күштік деформация автоматты түрде өтеледі. 8.8, е, ж-суретте “жылжымалы” комбинирленген құрылғыларды сұлбалары көрсетілген, олар бір мезетте тегістеуші беттің кесетін бетінің және өңделетін беттің күйін бақылайды. Бірінші жағдайда шеңбердің кескіш бетінің күйі контактілік әдіспен бақыланады, ал екінші жағдайда - контактісіз әдіспен бақыланады (пневматикалық немесе гидравликалық).

8.8, з-суретте үш контактілі аспаптың көмегімен тесіктерді өлшеудің жанама әдісінің сұлбасы суреттелген. Соңғысы сегменттің биітігін өлшейді және сондықтан да оның дәлдігі диаметрлық өлшеу дәлдігінен төмен. Бірақ та бұл сұлбаның артықшылығы, өңдеу дәлдігіне өңделетін беттердің күштік деформациялары мүлдем дерлік әсер етпейтіндігі болып табылады.

8.8, и, к-суретте комбинирленген құрылғылардың тағы да екі сұлбасы (сәйкесінше контактілік және контактісіз әдіс) келтірілген, оларды шеңберлік немесе сыртқы тегістеу кезінде пайдалануға болады. Оған қоса, бұл жағдайда құралдың тозуын өңдеу дәлдігі мен тегістелген бөлшектердің күштік деформациясының әсері жойылады, өлшеудің бұл сұлбалары маңызды артықшылыққа ие: бөлшекті шешу мен орнату кезінде өлшеуіш құрылғы жылжымайтын күйде қалады. Осының арқасында аспаптың құрылымы біршама жеңілдетіледі. Бұл әдістерді әсіресе тікелей әдіспен бақылауға қиындық тудыратын кіші өлшемдегі бөлшектерді бақылау кезінде пайдалану мақсатты болып табылады.

Өлшеулерді реттеудің дәлдігін арттыру үшін мүмкін болған барлық жағдайларда бір контактілі өлшеулерде екі контактіліге өту қажет, ал үш контактіліге өту одан да жақсы; оған қоса бір контактілі құрылғыларды жаңашаландыру кезінде тетіктер монтаждалатын аспаптардың корпустары «жылжымалы» болуына тырысу керек (тербеліс әсерін азайту үшін).

Соңғы уақытта білдектер мен тесіктерді кешенді (жанама) тегістеуге арналған құрылғылар пайда бола бастады. Сонымен қатар шарлы мойынтіректердің сақиналарын кешенді тегістеуге арналған құрылғы да белгілі. Мұндай құрылғыларды, егер шашыраудан кейін тегістелетін бөлшектерді өлшемдері біршама аз болған жағдайда, яғни өңдеудің жоғары дәлдігі кезінде ғана мұндай құрылғыларды қолдану мақсатты екенін атап өткен жөн. Бұл жағдайларда әсіресе бақылаудың тікелей әдістерін пайдалану қажет.

8.6. Сызықтық өлшеулерге арналған пневматикалық аспаптар

Сызықтық өлшеулерге арналған пневматикалық аспаптар өту арнасының өтпелік қимасы f мен қысылған ауа шығыны G ауданы

арасындағы тәуелділік пайдаланылған. Ағу арнасының ауданы өлшенетін сызықтық орын ауысу есебінен өзгереді.

Осылайша, $G = \phi(p, f)$, мұнда p - ауаны бар арнаның өтпелі қимасы арқылы ағатын ауаның қысымы.

Тұрақты қысымда p шығынды G_k өлшей отырып, біз бақыланатын бөлшектің Δp ішкі туралы талқылай аламыз.

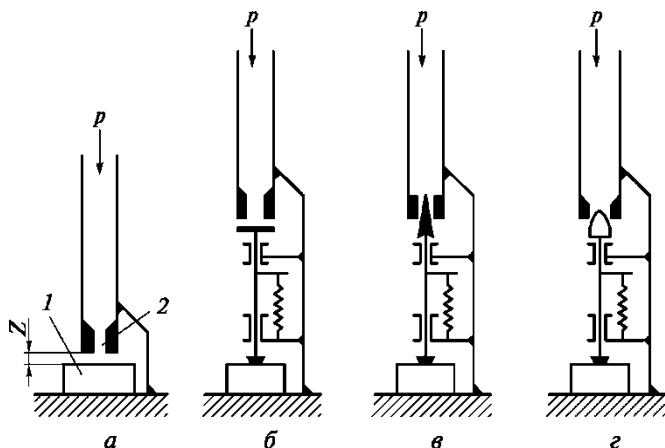
Пневматикалық аспап жалпы түрде 8.9-суреттегі құрылымдық сұлбамен ұсынылған болуы мүмкін.

Бұл сұлбада біріншілік пневматикалық түрлендіргіш (П) - бұл бөлшектің 1 сызықтық орын ауысуын қабылдайтын және оларды ауа шығынының сәйкес өзгерістеріне түрлендіретін құрылғы. Өлшеуіштік пневматикалық сұлба (ӨС) біріншілік түрлендіргіш дабылын басқа газдық параметр - қысым, жылдамдық шығынын өлшеу үшін қолайлы дабылға түрлендіру үшін тағайындалған. Көрсеткіш құрылғы (Ук) өлшеудің қабылданған бірліктерінде өлшенетін шаманы жүргізу үшін арналған. Командалық құрылғы (К) технологиялық процессті басқару үшін команда дабылдарын беру үшін тағайындалған. Қысым тұрақтандырғыш (Т), ауаның тазалау фильтрі (Ф), қысылған ауа көзі (АК) сұлбаның үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Пневматикалық аспаптар жоғары дәлдікке ие, қашықтан өлшеулер жүргізуге мүмкіндік береді, шағын габариттік пневматикалық өлшеуіш қондырғылары салыстырмалы түрде жету қиын жерлерде өлшемдер жүргізуге және бөлшектердің кез келген сызықтық параметрлерін бақылау үшін көп өлшемді құрылғылардың ең қарапайым конструкцияларын жасауға мүмкіндік береді.

Бірақ та пневматикалық аспаптардың жұмысы үшін ауаның белгілі қысымы бар әуе желісі қажет, оны дайындау аспапты пайдалану процессінде ерекше назар аударуды қажет етеді. Пневматикалық аспаптар олардың өнімділігін төмендететін біршама инерциялыққа ие.

Соңғы кемшілік кейде аспаптың оң сапасы болып табылады, себебі оның тербелістерін сезбеушілікті құрады.



8.10-сурет. Пневматикалық түрлендіргіштердің принципіалдық

а, б — жалпақ жапқышы бар; *в* — с конус тәрізді жапқышы бар; *г* — параболоидты айналатын жапқышы бар — 1 — бақыланатын бөлшек; 2 — өлшегіш шүмек; *Z* — шүмек пен бөлшек арасындағы саңылау

.Бөлшекті контактісіз өлшеу кезінде 8.10, а-суретте көрсетілген пневматикалық түрлендіргіш өлшеуіш шүмекті 2 көрсетеді, онда жапқыш ретінде бақыланатын бөлшек 1 қолданылады.Бұл жағдайда ауа шығыны өтпелі қима диаметрі мен бақыланатын бөлшектің беті бар өлшеуіш шүмектің келтегімен түзілген сақиналы саңылау ауданымен анықталатын болады.

$$f_2 = \pi d_2 Z.$$

Тәжірибелік өлшеу мына жағдайда мүмкін болады

$$\pi d_2 Z \leq \frac{\pi d_2^2}{4}, \text{ т.е. } Z \leq 0,25 d_2.$$

Кері жағдайда ағатын арна ауданының өзгеруі өзгеріске *Z* тәуелді болмайды. Жалпақ жапқышы бар түрлендіргіштер контактілік өлшеулер үшін де орындалуы мүмкін (8.10, б-сурет). Дайындаудың қарапайымдылығынан бұл түрлендіргіштер пневматикалық аспаптарда кеңінен қолданылады.

8.7. Индуктивтік аспаптар

Индуктивтік аспаптарда индуктивтілік *L* шамасын анықтайтын оның кейбір параметрлері өзгерген кездегі өзінің реактивтік кедергісін өзгертетін катушка қасиеті пайдаланылады.

Біршама үлкен индуктивтілікті алу үшін катушка әдетте ферромагниттік материалдан жасалған магниттік өткізгішпен орындалады (8.11-сурет). Олардың магнит өткізгіш элементтерінің бірі жылжымалы орындалады және оның магнит өткізгішінің жылжымайтын бөлігіне қатысты күйі тізбектің магниттік кедергісінің өзгеру шамасын, сәйкесінше катушаның индуктивтілігін анықтайтын болады.

Катушканың индуктивтік кедергісінің өзгеруі оның толық кедергісінің *Z сәйкес өзгерісіне әкеледі*. Осылайша, $U = \text{const}$ болғанда егер өлшенетін шамасы бар якорьдың орын ауысуын байланыстырса, δ және электрлік параметр L арасында функционалдық тәуелділік туындайды:

$$L = f(\delta).$$

Индуктивтік аспап 8.12-суретте көрсетілген құрылымдық сұлбамен ұсынылған болуы мүмкін.

Түрлендіргіш катушкасының индуктивтілігін анықтауға арналған өрнек мына түрге ие:

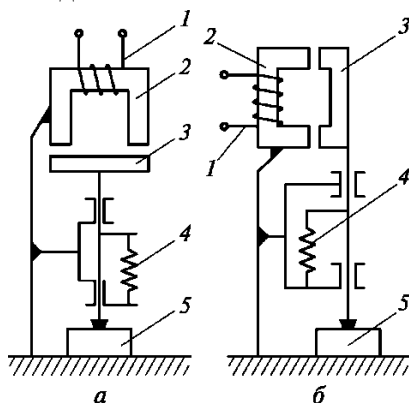
$$L = \frac{4\pi w^2}{\frac{\delta_0}{\mu_0 S_0} + \frac{\delta_1}{\mu_1 S_1}}. \quad (8.1)$$

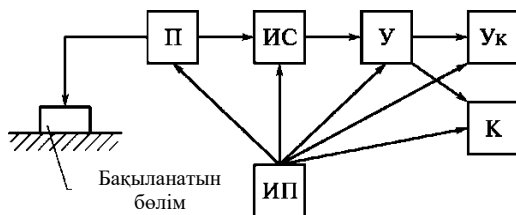
мұнда w — катушканың орамдар саны; δ_0 , S_0 — сәйкесінше магнит өткізгіштің зәкірі мен жылжымайтын бөлігі арасындағы ауа саңылауының ұзындығы мен ауданы; δ_1 , S_1 — сәйкесінше магнит өткізгіштің магниттік сызықтарының ұзындығы мен қимасының ауданы; μ_0 , μ_1 — сәйкесінше ауаның магниттік өткізгіштігі мен магнит өткізгіштің материалы.

(8.1)-формулаға сай индуктивтіліктің өзгеруін L әуе саңылауының ұзындығын δ_0 немесе ауданын S_0 немесе магнит өткізгіштің ұзындығын δ_1 ауданын S_1 немесе магниттік өткізгіштігін μ өзгерту жолымен іске асыруға болады.

8.11-сурет. Индуктивтік түрлендіргіштердің принципиялдық сұлбалары:

А-өлшенетін шама саңылау ұзындығының өзгеруін тудыратын түрлендіргіш;
Б-өлшенетін шама әуе саңылауы ауданының өзгеруін тудыратын түрлендіргіш;
1 - түрлендіргіш катушкасы;
2 - магнит өткізгіш; 3 - түрлендіргіш зәкірі; 4 - өлшеуіш күшті түзетін серіппе; 5 - бақыланатын бөлшек.





8.12-сурет. Индуктивтік аспаптың құрылымдық сұлбасы:

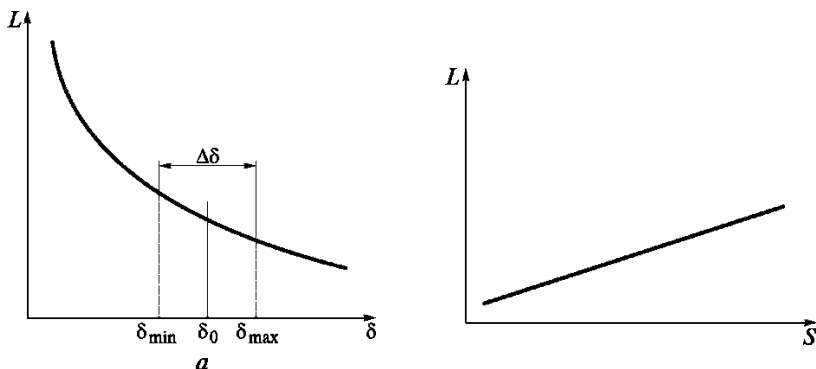
Т - индуктивті түрлендіргіш; ИС - түрлендіргіш дабылын басқа электрлік параметрді (кернеу, ток күші) өлшеу үшін қолайлы түрлендіруге арналған өлшеу жүйесі; К - электрондық күшейткіш; Ук - белгілеу жүйесі; К - команда беруге арналған құрылғы; ҚК - корек көзі

Қазіргі уақытта қолданылатын сызықтық өлшеулерге арналған индуктивтік түрлендіргіште индуктивтіліктің өзгеруі шаманы S_0 (8.11, а-сур.қар.) немесе ауданды S_0 (8.11, б-сур.қар) өлшеу көмегімен қол жеткізіледі.

Айнымалы саңылауы бар индуктивтік түрлендіргіштің сипаты $L = f(\delta)$ 8.13, а-суретте келтірілген, айнымалы ауданы бар түрлендіргіштің сипаты - 8.13, б-суретте көрсетілген.

8.13, а-суретте көрсетілген қисықтан көргендей, айнымалы саңылауы бар түрлендіргіштің сипаты сызықтық емес, бірақ сонымен қатар сол уақытта жоғары сезімталдықтағы өлшеуіш жүйені алуға мүмкіндік береді. Сезімталдықты арттыру

үшін - $\frac{dL}{d\delta}$ әуе саңылауының шамасын азайтқан жөн.



8.13-сурет. Индуктивтік түрлендіргіштердің сипаттамалары:

а — айнымалы саңылауы бар түрлендіргіштің сипаты $L = f(\delta)$; б — айнымалы ауданы бар түрлендіргіштің сипаты $L = f(S)$

Дәлдіктің берілген деңгейімен тұрақты шамасы бар түрлендіргіштің сезімталдығын есептеу мүмкін болуы үшін, $\Delta\delta = \delta_{\max} - \delta_{\min}$ жұмысшы учаскесін $\delta_{\max}$ және $\delta_{\min}$, рұқсат етілген саңылаулармен шектеу қажет, оған қоса әуе саңылауының минималдық шамасы өлшеу процессіндегі саңылаулардың өзгеру диапазоны қаншалықты үлкен болса, соншалықты үлкен болуы тиіс.

Қатынас қаншалықты $\frac{\Delta\delta}{\delta_0}$, кем болса, түрлендіргіштің сызықтық

еместігі сипатының шамасы соншалықты аз болады. Түрлендіргіштің сызықтық еместігі деңгейі, мысалы, 10% артық емес болса,

$$\frac{\Delta\delta}{\delta_0}, = 0,15...0,2 \text{ болуы қажет.}$$

8.8. Сыйымдылықты аспаптар

Сыйымдылықты аспаптарда түрлендіргіш ретінде конденсатор пайдаланылады, оның сыйымдылық шамасы өлшенетін шаманың өзгеруімен өзгереді.

Жалпақ конденсатордың сыйымдылығы, әдетте, формуламен анықталады

$$C = \frac{\varepsilon S}{\delta}, \quad (8.2)$$

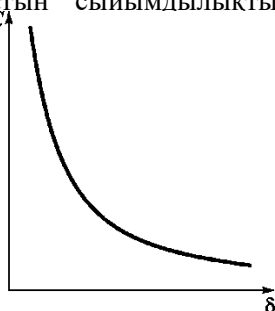
мұнда, ε - астарлар арасындағы ортаның диэлектрлік өткізгіштігі; S — астар бетінің ауданы; δ — астарлар арасындағы қашықтық.

Сыйымдылықтың өзгеруін C шаманы ε , S немесе δ өзгерту жолымен іске асыруға болады.

Сызықтық өлшеулер үшін өлшенетін шама саңылаудың 5 немесе ауданының S өзгеруіне байланысты болатын сыйымдылықты тетіктер біршама кең таралымға ие сыйымдылығының пластиналар

арасындағы қашықтықтан тәуелділігі ги (8.14-сурет), бұл келтірілген теңдеуге тікелей сурет).

Бір жағынан, конденсатордың сыйымдылығы өлшенетін мұндай сұлбаларда түрлендіргішті қисықтың бастапқы учаскесінде жұмыс істеу үшін есептеу керек болады, яғни қашықтықтың 5 өзгеруіне жоғары сезімталдыққа ие түрлендіргіштің ең жақсы сызықтық сипатын алуды қамтамасыз ететін пластиналар арасындағы шағын

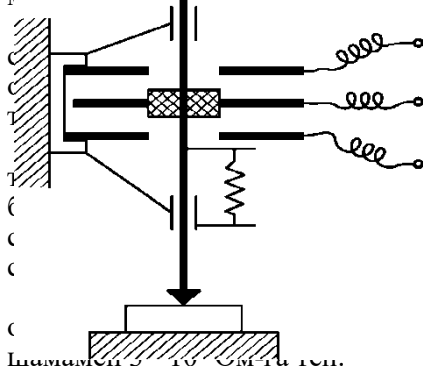


8.14-сурет.
Сыйымдылықты
түрлендіргіштің

қашықтықтарда өлшенеді. Екінші жағынан, сыйымдылықты кедергі X_c сызықты түрде пластиналар арасындағы қашықтыққа δ байланысты болады:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{\delta}{\omega \epsilon S},$$

мына ω – бұйымның жиілігі



Шамалары $3 \cdot 10^7$ Ом-ға тең.

Түрлендіргіштің жоғарғы кедергісі өлшеуіш сұлба тізбегінің окшаулағышың кедергісіне, сонымен қатар күшейткіштің кіріс тізбегінің окшаулағышының кедергісіне ерекше талаптарды қояды. Осылайша, түрлендіргіш кедергісі $3 \cdot 10^7$ Ом болғанда көрсетілген тізбектердің окшаулағыш кедергісі 10^9 Ом-нан кем емес болуы тиіс. Кері жағдайда сұлбаның жылыстау токтары түрлендіргіштің өлшеуіш тогымен салыстырылатын болады.

Сондықтан да сыйымдылықты аспаптардың қорек көзі жоғары жиіліктегі кернеудің арнайы көздерінен іске асырылады, бұл түрлендіргіштің қуаттылығын біршама арттырады және оның кедергісін төмендетеді.

Өлшеуіштік сұлбалар ретінде сыйымдылықты аспаптарда көбінесе көпірлік сұлбалар қолданылады, кейде беруші генератордың контурына сыйымдылықты түрлендіргіштен тұрады.

Бұл сұлбада сыйымдылық өзгергенде генератордың жиілігі ауысады.

Жиіліктің өзгеруі шамасы бойынша бақыланатын бөлшектің өлшемі туралы талқылауға болады. Генераторлық сұлба көпірлікке біршама сезімтал, бірақ барлық

8.15-сурет. Дифференциалдық сыйымдылықты түрлендіргіштің принципіалдық сұлбасы

Бұл аспаптарда өлшеуіштік дабылдың күшейткіші ретінде жоғары кіріс кедергісі бар айнымалы ток күшейткіштері пайдаланылады.

Электрондық сұлбалардың күрделілігіне байланысты, өлшеуіштік тізбектерді қорғауға сыйымдылықты аспаптар машина жасаудағы кең қолданысты тапқан жоқ.

Бірақ та бұл аспаптардың айрықша артықшылықтары - біршама кіші өлшеуіштік күшейткіштер, өлшеудің жеткілікті кең диапазонындағы жоғары сызықтық, контактісиз өлшеулер мүмкіндігі - машина жасаудағы бақылауды автоматтандыру үшін ерекше қызығушылықты көрсетеді.

8.9. Геометриялық сипаттамаларды бақылау үшін техникалық көруді қолдану

Машина жасаудағы біршама маңызды және өзекті міндеттер қатарына шығарылатын өнімнің сапасын арттыру жатады.

Дұрыс құрастырылған аспаптың сенімділігі, оның тораптарының жұмысшы режимде қызмет етуі, және де жұмысшы ресурс ең алдымен жіктелетін беттер бойынша бөлшектерді дайындаудың геометриялық дәлдігіне тәуелді болады. Бұл жағдайда, өндірістік процестің типіне қарамастан біршама жауапты және еңбекті қажет ететін бақылау-өлшеу операцияларына көбірек көңіл бөлінетіндігі толықтай келісімді болып табылады.

Ұқсас операцияларды орындау үшін бақыланатын объектілердің қасиеттері мен күйі туралы ақпаратты оны оператор немесе басқару жүйесі үшін қолайлы түрде көрсету арқылы қабылдау, беру және түрлендірудің пайдалануда жоғары сенімділіктегі және қолайлы техникалық құралдары қажет. Бұл ретте өндірістік процессті басқару сапасы ақпаратты түрлендіру мен берудің барлық сатыларындағы жекелеген техникалық құралдарымен берілетін мерзімділігі мен құндылығына, яғни уақыттың нақты масштабындағы өлшеу жүйелерінің жұмысына байланысты болады.

Геометриялық өлшеулердің жоғары дәлдіктегі өлшеу жүйелері мен аспаптарының көпшілігі қатаң алгоритм бойынша жұмыс істейді және бөлшектердің осы типіне мінсіз бейімделген, бірақ шығарылатын өнімдердің құрылымында өзгерістер болғанда жарамсыз болуы мүмкін. Мұның барлығы өнімдердің жаңа түрлерін жылдам игеруді қиындық тудырады. Сондықтан да, өлшеу қондырғысы бақылау позициясына кіретін бұйым түрін анықтау, оған тән өлшемдерді бақылау, бұйымның жарамдылығы туралы дербес шешім қабылдау және автоматты түрде ақауларды іріктеу мүмкіндіктерін қамтамасыз ету қажет.

Өлшеуіш құрылғыны техникалық көру жүйесімен жабдықтап қана көп жағдайда көрсетілген мүмкіндіктерді іске асыруға болады.

8.9.1. Техникалық көру жүйесімен жабдықталған ақпараттық-өлшеу жүйелерінің ерекшеліктері

Техникалық көруді пайдалану арқылы ЭЕМ базасында құрылған ақпараттық-өлшеу жүйесі (АӨЖ) зертханалық және өндірістік-цехтық жағдайларда жүргізілетін бақылау-өлшеудің жоғары дәлдіктегі операцияларын автоматтандыру бойынша өзекті шешім болып табылады. АӨЖ қолдану саласы әртүрлі болуы мүмкін және қолданбалы бағдарламалардың пакетіне байланысты болады. Жүйе видеодетектордың көру аймағындағы объектінің болуын тіркеу, объектілер санын санау, объектінің геометриялық параметрлерін өлшеу (периметрді, ауданды, сызықтық және бұрыштық өлшемдер және т.с.с.), объектінің оның бетіндегі сәулелену қабілеті бойынша физикалық параметрлерін анықтау сияқты міндеттердің кең спектріні шешуге мүмкіндік береді.

Бұл міндеттердің әрбірін шешу үшін тандалуы төмендегілерге байланысты болатын сәйкес бағдарламалық жасақтама қажет:

әрекет ету сапасына - міндеттерді шешу сапасына талаптардың артуымен жүйенің шешуші қабілетін арттыру қажеттілігі туындайды, сәйкесінше, алынған сурет элементтерінің саны артады, ол өз кезегінде уақыттың нақты масштабында міндеттерді шешуді күрделендіреді, сондықтан да видеоақпаратты параллельді өңдеуді бағдарламалық немесе жүйелік қамтамасыз ету қажет;

қарастырылатын бағдарламалардың өлшемділігі - үш өлшемді көріністі талдау, әдетте, екі өлшемді көрініс проекциясын өңдеуден біршама күрделірек, сондықтан да кеңістікті міндеттер «жалпақ» міндеттерге қарағанда өздерінің шешімдері үшін біршама күрделі алгоритмдерді қарастырады; квазижалпақ міндеттер аралық күйді алады, мұнда жұмыс суреттердің көрінетін нүктелерінің қашықтығы туралы ақпаратты қосу арқылы суреттің жазықтығымен жүргізіледі.

жұмысшы сценаның қозғалмайтындығы - видеодетекторға қатысты қозғалмайтын суреттер, орын ауысатындарға қарағанда біршама қарапайым алгоритмдермен өңделеді және талданады;

объектілердің оқишаулығы - жекелеген объектілерді көптік объектілерден қарағанда өңдеу біршама жеңіл; бір көрініс объектілерін басқасымен жапқан кезде мәселе қиындайды; мұндай жағдай жекелеген нысандармен жұмыс істеу кезінде де туындауы мүмкін, ол кезде видеодетектормен бақыланатын облысқа бөгде объектілер түседі (тозаңдық ластану, өндірістік қокыс және т.с.с.);

объектілердің біркелкілігі - біркелкілік мәселесі бейнелерді тану мәселелерін шешкенде туындайды, себебі объектіні бір

мәнді сипаттау үшін жіктелімдік белгілер қажет болса, оларды жіктеу де соншалықты күрделі болады; оған қоса жүйе әрекетінің тиімділігі тану мәселесін шешудің нақтылығымен анықталады, ол танылатын объектілер туралы апостериорлық ақпарат санына, яғни мәліметтерді алмасуды қолдау алгоритмдерін әзірлеу қажеттілігіне әкелетін білім базасының мөлшеріне байланысты болады;

ашықтықты диапазонға - күңгірт суреттермен (көп градациялық) қарағанда, объектілердің бинарлық (екі градациялық) суреттерімен жұмыс істеу біршама жеңіл).

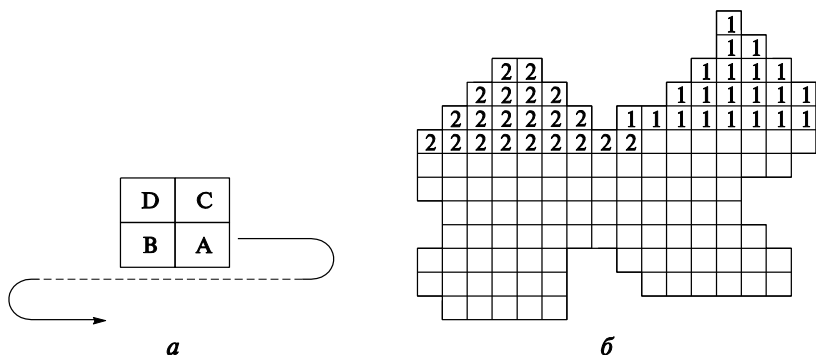
Бұрын баяндалғандардың негізінде, біріншілік тетік ретінде видеодетекторы бар сызықтық өлшемдерді бақылаудың кез келген ақпараттық-өлшеу жүйесін шешу тиіс біршама ортақ міндеттердің қатарын анықтаймыз:

- оптикалық дабылды қабылдау және суретті қалыптастыру;
- шудың әсерін әлсірету, карама-қарсылықты жақсарту, бұрмалануды түзету, ақпаратты қысу және т.с.с. мақсаттарда суретті алдын ала өңдеу;
- бақыланатын көрініс суретінің құрам бөліктерге сегменттелуі - қажетті объектілерді, олардың фрагменттерін немесе оларға тән ерекшеліктерді бөлу;
- суреттің сипаттамасы - олардың геометриялық және басқа да сипаттарын санау, жіктеуші белгілерді есептеу, орналасқан орнын және бағдарын анықтау;
- объектілердің бейнелерін тану арқылы суретті сапалы бағалау және олармен әрекет ету шешімін қабылдау.

АӨЖ негізгі элементтерінің бірі - ЭЕМ үйлесетін видеодетектор-сканер болып табылады. Сканер жетегі және онымен мәліметтермен алмасу бағдарламалық драйвермен іске асырылады. Сканердің жұмысының негізінде -келесілік ұксас-сандық түрлендіру арқылы зарядтық байланысы бар аспаптың (ЗБА) сызғышының көмегімен бақылау позициясынан бейнеақпаратты жол сайын есептеу принципі жатыр, бұл өлшеудің қажетті дәлдігіне сәйкес суреттің бинарлық немесе күңгірт элементтерінің ондайған миллиондарын бөлуге және оларды минималдық мүмкін уақытта ЭЕМ жадына енгізуді іске асыруға мүмкіндік береді.

Бұрын аталғандай, жүргізілетін өлшемдердің дәлдік диапазонын кеңейту суреттің элементарлық құраушысының көлемінің артуына әкеледі, сондықтан да жүйенің жылдам әрекет етуін арттыру үшін операциялар қатарын орындаудың параллельдігін қамтамасыз ету қажет. Мұндай операциялардың бірі жұмысшы көріністе орналасқан барлық объектілерді белгілеу мақсаттарында суретті белгілеу болып табылады.

8.16-суретте видеодетектор көмегімен жұмысшы көріністі әрбір жолдық сканерлеу кезінде алынған бинарлық суреттердің зерттеулер үлгісі көрсетілген. Зерттеу маркерді - өлшемі 2x2



а **б**
 8.16-сурет. Бинарлық суретті зерттеу үлгісі:
a — жергілікті терезе; *б* — реттік белгілеу түрі

элементтің жергілікті терезесін пайдалану арқылы жүргізіледі (8.16, а сурет), сондықтан да суреттің тек екі жолағы ғана өңдеуге ұшырайды: алдыңғы және ағымдағы. Бұл белгілеудің көптеген мүмкін нұсқаларының тек бірі ғана, бұл ретте осы нысан үшін әдісті таңдау толықтай оның формасының ерекшеліктеріне байланысты болады.

Белгілеудің бұл әдісінің артықшылығы ол суретті реттік сканерлеуге жақсы бейімделгендігі болып табылады және ақпараттың көп көлемі бар жұмыста пайдалануы жадыны тиімсіз пайдалануға әкелетін рекурсивтік шақыртуларды қажет етпейді және өңдеудің параллельдік әдісін пайдалануға мүмкіндік бермейді.

Сканерлеу жолақ арқылы, жоғарыдан төмен және солдан оңға жүргізіледі делік (сканерлеу траекториясы 8.16, а-суретте көрсетілген). Сонда А элементін өңдеу кезінде сол жақ элемент В дәл жоғарғы С сияқты белгіленгенін білеміз. Одан әрі В үстінде орналасқан Д элементі А-мен байланысты деп есептеледі және сондықтанда сонымен қатар назарға алынуы тиіс.

Қарапайымдылық үшін объектінің тек бір компонентін ғана белгілеу жүргізіледі деп болжалық. Онда егер А-да 0 болса, онда одан әрі жүруге болады. Егер А-да бірлік бар болса, ал Д бұрын белгіленген болса, онда бұл белгіні көшіріп алып, жұмысты жалғастыру жеткілікті. Егер В немесе С элементтердің біреуі ғана белгіленген болса да дәл солай істеу керек. Егер В-да, С-да белгіленбеген болса, онда А үшін жаңа белгіні таңдау қажет. Сол арқылы қарауға жаңа компонент енгізіледі. Қалған мүмкіндік: В да, С да белгілері бар. Бұл белгілер бірдей болғанда мәселе болмайды; бірақ сұлба бойынша (8.16, а суретті қараңыз) олар іргелес болып табылмайды, олардың белгілері әртүрлі болуы мүмкін. Бұл жағдайда екі әртүрлі белгілер суреттің бір компонентінің әртүрлі бөліктері үшін пайдаланылады деп есептеледі (8.16, б-сурет). Олар А нүктесі арқылы жалғанады. одан әрі

екі белгі деп баламалы екендігін көрсету қажет және А үшін олардың бірін пайдалану керек. Көрудің соңында белгілерді біріктіру үшін әрбір бөлікке оның бастапқы белгісі тиесілі баламалықтың сол санатының өкілінің белгісін бере отырып, суретті екінші рет көру қажет.

Мұндай белгілеу суретке алдын ала талдау жүргізуге және онда сегменттерді бөлуге мүмкіндік береді, оларды операциялау арқылы минималдық мүмкін уақыттық шығындары бар жүйенің алдына қойылған тапсырмаларды шешуге болады, себебі барлық суретті одан кейінгі қараудың қажеттілігі жоқ.

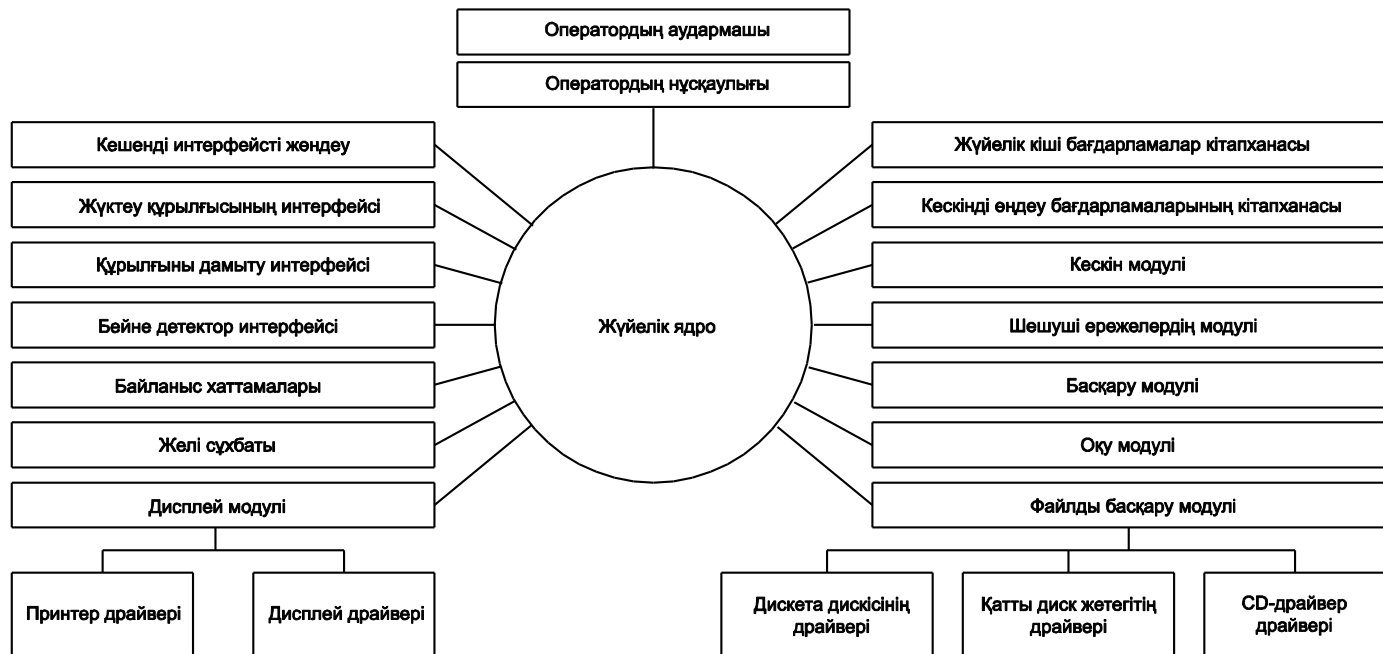
8.9.2. Ақпараттық өлшеу жүйелерінің жұмысшы және ретке келтіруші кешендері

Перифериялық құралдың минималдық мөлшеріне және төмен бағаға ие ақпараттық-өлшеу жүйесі «АӨЖ жұмысшы кешенін» ұсынады. Оның тағайындалуы тікелей цехтық жағдайларда алдын ала берілген бағдарлама бойынша бөлшектердің суретін өңдеуге негізделеді.

Онымен қоса қолданбалы бағдарламалардың автоматтандырылған жобалауы үшін АӨЖ ретке келтіру кешенін пайдалану мақсатты болып табылады. Ол зерттеу және бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу процессін жеңілдететін перифериялық құрылғылардың кеңейтілген құрамына ие. АӨЖ ретке келтіру кешені жұмысшы кешеніне кіретін құрылғылардан басқа, жинақтаушылардың әртүрлі типтеріне, дисплейден, басып шығару құрылғысынан, қосалқы графикалық құрылғылардан, бағдарламалық жасақтаманың кеңейтілген жинағы және т.с.с. тұрады.

Жүйенің бағдарламалық жасақтамасының көп бөлігі құрылымдық бағдарламалау концепциясын пайдалану арқылы PASCAL бағдарламалау тілінде іске асырылады. Бағдарламалық модульдер мүмкіндігі бойынша жүйелік тәуелсіз құрылады. Құрылымның модульдік принципінің арқасында, жүйе нақты міндеттерді шешу үшін реттік операциялардың технологиялық тізбектерін жинақтай алады. Мысалы, күңгірт суреттер үшін контурлық сызықтарды белгілеу міндеті келесі реттілікте шешілуі мүмкін: шуды басу, қарама-қарсылық, шегараларды белгілеу үшін градиенттік операторды қолдану, жарықтықтың деңгей айырмасының шамасы берілген жаһандық немесе жергілікті шектен артатын контурлық сызықтарды бақылау. Бұл міндетті шешу видеомәліметтер базасындағы берілген суретті іздеумен байланысты операцияларға - жүйенің білім базасының құрам бөлігіне бастама бола алады.

8.17-суретте көрсетілген бағдарламалық жасақтаманың құрылымы бинарлық және күңгірт суреттерді өңдеуге есептелген және келесідей құрамға ие:



8.17-сурет. АӨЖ бағдарламалық жасақтамалар құрылымы

- видеодетектордың жетегін басқаруды, басқа АӨЖ видеоақпаратпен алмасу және қысуды, сыртқы тасымалдаушыға видеоақпаратты жазу және басқа да қызметтер қатарын іске асыратын сервитік бағдарламалар жиынтығы;

- ретке келтіру бағдарламаларының жиынтығы, олардың көмегімен суретті масштабтау, деңгей бойынша видеодабылды кванттаудың бағдарламалық таңдау, АӨЖ қызметін және жалпы желіні автономдық тексеру іске асырылады;

- қолданбалы бағдарламалар жиынтығы, ол бақылау объектісіне тән геометриялық ерекшеліктерді алу әдістерінің бірі негізінде құрылады.

Жиынтық қосалқы құрылғылардың немесе ЭЕМ қосымша аппараттық қолдау құрылғысының болуына байланысты өзгеруі мүмкін. Мысалы, жазықтықтардың бірінде объект бейнесін алуға мүмкіндік беретін проектор болғанда, бағдарламалық пакетті күнгірт суреттері бар жұмыс мүмкіндігімен жабдықтау қажеттілігі жоқ бірақ та бұл жағдайда бұрын айтылғандай, жүйемен шешілетін мәселелер шеңбері біршама тарылады.

Бақылау сұрақтары

1. Геометриялық шамаларды өлшеу техникасында өлшеу объектілері мен өлшеу мәселелерінің қандай түрлері бар?

2. Сызықтық және бұрыштық өлшемдерді орындаудың жалпы ережелері қандай?

3. Өлшенетін сызықтық емес өлшемдер мен өлшеулердің қажетті мүмкіндіктең диапазондары қандай?

4. Жалпы тағайындалымдағы ұзындықты өлшеудің қандай механикалық құралдары бар?

5. Ұзындықтың штрихті, кесекті және параллельді шеткі өлшемдері деген не?

6. Штангенциркульді және оның нониусын қалай пайдаланады?

7. Сағаттық типтегі микромер мен индикатор қалай құрылған және олар өлшеудің қандай дәлдіктерін қамтамасыз етеді?

8. Бұрыштарды өлшеудің қандай оптико-механикалық құралдары бар және қалай жұмыс істейді?

9. Бұрыштарды өлшеудің қандай әдістері мен құралдары бар?

10. Өлшемдерді белсенді бақылаудың принципі неде? Оның артықшылықтары қандай?

11. Белсенді бақылаудың тікелей әдісіне негізделген өлшеуіш құрылғылардың қандай типтік сұлбалары бар?

12. Өлшеулердің қандай сұлбаларының көмегімен белсенді бақылаудың жанама әдістерінің дәлдігін арттыруға болады?

13. Сызықтық өлшеулер үшін пневматикалық аспаптардың жұмысы қандай принциптерге негізделген?

14. Өлшемдер мен орын ауыстыруларды өлшеу үшін индуктивтік және сыйымдылықтық аспаптар қалай жұмыс істейді? Олардың негізгі сипаттамалары қандай?

15. Техникалық көру аспаптары қалай жұмыс істейді және не

МЕХАНИКАЛЫҚ ШАМАЛАРДЫ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ

9.1. Жалпы ережелер

Барлық қатты денелер, сұйықтықтар және газдардың салмағы бар, өзара тартылады, қозғалыс бағыты өзгерген кезде инерцияға ие болады және сыртқы әсерлердің әсерінен бөлінеді және қосылады.

Масса - материяның негізгі физикалық сипаттарының бірі, оның ақпараттық және гравитациялық қасиеттерінің шамасы болып табылады.

Денелердің гравитациялық өріс құру және басқа денелер өрісінде жылдамдық алу қасиеті гравитациялық (ауыр) массамен сипатталады.

Инертті маса деген денелердің олардың қозғалысы өзгерген кездегі инертті болуы қасиеті түсіндіріледі. Екі масса да қатаң пропорционалды.

Дене салмағы оның материалдық бөлшектерінің жиынтығымен түзіледі.

Макроскопиялық салмақтарды өлшеу дененің ауырлық күшін анықтауға негізделген өлшеу көмегімен іске асырылады, ал микроскоптық массаларды өлшеу - сыртқы күштердің әсерінен олардың инерциялық сипаттамасын масс-спектрометрмен бақылау жолымен жүргізіледі.

Өлшеу техникасы мен күштік өлшеу техникасы өзара тығыз байланысты. Олар металлургияда, машина жасауда, химиялық өнеркәсіпте, әйнек, керамика, құрылыс материал өндірісінде, тағам өнеркәсібі мен саудада кең қолданысқа ие болды.

Салмақ пен күшті өлшеу материалдарды үнемдеуге, өнімдердің сапасын арттыруға және өнімділікті көбейтуге үлесін қосады. Сондықтан да салмақ, күш және қысымды өлшеу жүйелері технологиялық процесстерге біршама көп енгізіледі. Бұл, мысалы, машиналарды, станоктарды, металлды, цементті, бетонды, техникалық әйнекті, тағам өнімдерін және т.с.с. өндіру сияқты технологиялық процесстерге қатысты. Күш пен қысымды өлшеу энергетикалық қондырғылардағы бу қысымының шекті мәнін оңтайландыру мен дабылдары,

қысымды өңдеудің жоғары өнімділіктегі машиналарының параметрлерін, металл кескіш станоктардағы кесуді күшейту сияқты қызметтерді атқарады.

9.2. Механикалық шамалар, бірліктер және эталондар

Халықаралық өлшеулер жүйесіндегі (ӨЖ) салмақ негізгі механикалық шама ретінде анықталады.

Салмақ бірлігі килограмм болып табылады. Килограммд жүргізу эталон прототипімен жүргізіледі. Бұл эталонның салмағы 10^{-9} қателікпен анықталады. Салмағы 1 кг жоғары разрядтағы үлгілік ғірлерде 10^{-7} қателік бар. Салыстырмалы аз салмақ үшін де, өте үлкен салмақ үшін де өлшеу қателігі артады. 100г -нан 1 кг-ға дейінгі диапазондағы жоғары дәлдіктегі салмақ бірліктерін беру үшін дәл өлшеу әдістері мен қашықтықтан басқарылатын таразылар пайдаланылады.

Миллиграм шегінде салмақты өлшеу үшін - электрондық таразылар пайдаланылады, ал тонна шегінде - рельстік және рельссіз көлік құралдары үшін иінтіректі таразылар қолданылады.

Күш бірлігі ньютон болып табылады. Статикалық тартылыс күштері үшін күш шкаласы 10 МН дейінгі үлгілік көш өлшеуіш машиналар көмегімен жүргізіледі. Бұл машиналарда қалыпты еркін құлау үдеуінд белгілі өлшетенін объектіге $g = 9,80665 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ белгісіз массалар әрекет етеді. Еркін құлаудың қалыпты үдеуі еркін құлаудың жергілікті үдеуінен аздап ерекшеленеді. Бұл ретте туындайтын жүйелік қателік есептеу жолымен немесе эксперименттік жолымен ескеріледі. Біркелкі нәтиже алу үшін бұл массалар, әдетте, бақылау орнындағы еркін құлау үдеуін ескере отырып бейімделеді.

Өте үлкен күш пен қысымды алу үшін механикалық және гидравликалық түрлендіргіштер пайдаланылады.

Қысым p ауданға A әрекет ететін күштің F қатынасы ретінде анықталады, яғни

$$P = F/A.$$

Абсолюттік қысым p_a , артық қысым $p_{изб}$, сирету p_n және атмосфералық қысым p_b деп ажыратады. Артық қысым $p_{изб}$ деп абсолюттік және атмосфералық қысымның айырмашылығын айтады:

$$P_{изб} = p_a - p_b (p_a > p_b),$$

ал сирету p_n дегеніміз атмосфералық және абсолюттік қысымның айырмасы

$$p_u = p_b - p_a (p_a < p_b).$$

Қысым шкаласы манометрлер көмегімен жүргізіледі. Артық қысым бөлігі үшін біріншілік эталондар ретінде жүкті поршеньді манометрлер қолданылады, ал атмосфералық қысым үшін - эталондық сынаптық манометрлер және вакуум үшін - компрессиондық манометрлер қолданылады.

Өнеркәсіпте қысым бірліктерін жүргізу мен беру поршеньді манометрлерді, қысымның прецизиондық бақылау түрлендіргіштерін, серіппелі манометрлерді, көлбеу түтігі бар манометрлерді, сынапты барометрлерді, компрессондық манометрлерді, тонометрлерді және т.с.с. тексеру жолымен іске асырылады.

9.3. Механикалық шамаларды өлшеу принциптері

Массаларды салыстыру принципі. Нөлдік күйдегі тең иінді таразыдағы гирдің салмағы m_A өлшенетін массаның сандық өлшемі болып табылады m_L , яғни $m_L = m_A$.

Тең иінді емес таразылар үшін берілістік қатынасты ескеру қажет.

Қарсы әрекет ету принципі Егер салмағы m қатты дене, сұйықтықтар немесе газдар үдеумен қозғалатын болса, онда олар күшті түзеді

$$F = ma.$$

Кез келген масса еркін құлау үдеуінің әсерінен Жерде ауырлық күшін түзеді $F = mg$. Бұл күш Жердің орталығына бағытталған. Қатты денелер, сұйықтықтар немесе газдар тыныштық күйде болған кезде, олардың ауырлық күші қарсы әрекет ететін күшпен өтеледі. Бұл күш қатты денелердің формасының, күштік токтардағы орналасу орынының немесе сұйықтықтар мен газдардағы қысымдардың пропорционалдық өзгеруі жолымен қалыптасады.

Егер күш F және үдеу a белгілі болса, онда ізделген массаны анықтауға болады

$$m = F/a.$$

Деформацияланатын денелердің формасының өзгеруі серпімді деформация бөлігінде қолданыстағы күшке пропорционалды механикалық күштерді құрады. Денелердің деформациясын геометриялық немесе электрлік шамаларды өлшеу жолымен анықтауға болады.

Электростатикалық, электромагниттік және магниттік өрістердегі күйлердің өзгеруі күштік өрістердегі денелердің ығысуын анықтайтын күштерге пропорционалды болады.

Қарсы әрекет ететін күштер, әдетте, электрлік әдіспен қалыптасады және электрлік және геометриялық шамаларды өлшеу

Сұйықтықтар мен газдардағы қысымның өзгеруі өлшеуіштік деңгейлердің көмегімен анықталады, оларда формасы мен күйінің пропорционалдық өзгеруіне рұқсат беріледі.

9.4. Салмақ, күш және қысымды өлшеу жүйелері

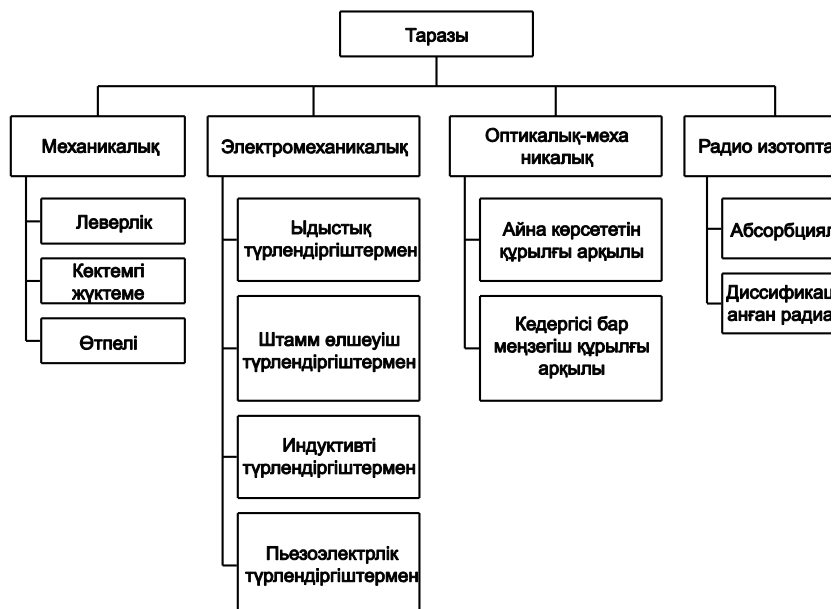
9.4.1. Салмақ түрлендіргіштері

Салмақты өлшеуге арналған аспаптар таразы деп аталады. Таразылардың жіктелуі 9.1-суретте көрсетілген.

Таразыны өлшеу адамзаттың пайда болуынан туындаған және тәжірибелік қажеттіліктермен туындаған. Таразының бірлігі ретінде әртүрлі заттар пайдаланылған: тас, дән және т.с.с.

XII —XVI ғғ.орыс князьдығы аумағында бір-бірінен ерекшеленетін таразы өлшемдері кездесті. Осылайға, новгородтық гривна салмағы бойынша мәскеуліктен 2 есе артық болды. Вятск жерінде салмақты сусарларда өлшеу кездескен. Солтүстікте ерекше атауы бар пуз салмақтары кездесті. «Үлкен тас» (Урал) жерлерінде өлшемдер еуропалық Русьтардан қарағанда шамамен екі есе аз болды.

Өлшемдердің бүкіл ресейлік шамасы біртіндеп, жердің бірігуімен және орталықтандырылған мемлекеттік туындаымен бірге қалыптасты. Сауданың кеңеюі, бүкіл ресейлік нарықтың қалыптасуы



9.1-урет. Таразылардың жіктелуі.

бірыңғай мемлекеттік өлшемнің жоқтығын біршама төзбестей етті.

XVI ғ.екінші жартысынан бастап XVII ғ.бойы елдегі қолданылған өлшемдерді бірыңғай жүйеге келтіруге бағытталған патша нұсқауларының қатары шығарылды. Бұл қатарда 1659 жылғы Кедендік жарғы ерекше орынға ие. Оның ережелері ішкі кедендік төлем алу мақсатында бүкіл ел бойынша іске асырылған тауарлардың салмағы мен көлемін өлшеуге қатысты болды. Өлшемдер мен таразылардың дұрыстығын қадағалауды Үлкен табыс Бұйрығы - XVI ғ. екінші жартысында туындаған орталық қаржылық мекеме іске асырды. Оның бақылауымен барлық кеден үшін міндетті алғашқы үлгілі «межелік бағаны бар» шамалар дайындалды. Бұйрықты жүргізуде Мәскеде орналасқан Үлкен Кеден мен Өлшемдік үй болды.

Ол уақытта контарьлар кең қолданысқа ие болды - тұрақты тірек нүктесі мен жылжымалы гірі бар таразылар, сонымен қатар безмен - жылжымалы тірек нүктесі мен тұрақты гірі бар таразылар.

I Петр уақытында орыс өлшемдері ағылшын жүйесімен сәйкестікке келтірілді. Таразы бірлігі ретінде 96 мысқалға тең фунт қызмет атқарды (фунт — 0,4095 кг, мысқал — 4,266 г).

XIX ғ.басында метрологиялық сұрақтар қаржылық ведомстводан Ішкі істер министрлігінің басқармасына өтті. 1827 жылы аса маңызды жарлықпен Ресейдегі өлшем мен таразыны тәртіпке келтіру үшін арнайы комиссия құрылды. Оның көп жылдық жұмысының жемісі 1835 жылғы 11 қазанда қол қойылған «Ресейлік өлшем мен таразы жүйесі туралы Заң» болды. Жеті жылдан кейін Санкт-Петербургқа Ұлыбританияда дайындалған платиндалық фунт пен сажын жеткізілді, олар «Өлшем және таразылар туралы ережемен» бекітілді. Оларды сақтау үшін Петропавл бекінісінде арнайы жанбайтын ғимарат - Үлгілік өлшемдер мен таразылар депосын құрған. Бұл эталондарды алғашы сақтаушы ғалым академик А. Я.Купфер болды.

1875 жылғы 20 мамырда Метрикалық конвенцияға қол қойылды. Оған 17 ел қол қойды, соның ішінде Ресей де бар. 1892 жылғы қарашада Үлгілік өлшемдер мен таразылар депосын сақтаушы ғалым ретінде Д. И.Менделеев тағайындалды. Оның атымен Ресейдегі өлшеу ісінің реформасы байланысты және ол заң жүзінде отандық метрологияның негізін қалаушы болып есептеледі.

Қазіргі күнде адамдардың өз қажеттіліктері үшін пайдаланатын өнімдердің номенклатурасы біршама кеңейді, өлшеу түрлері мен құралдарының саны бірнеше есе артты. Бірақ та ертедегі өлшеу түрлерінің бірі - салмақ өлшеудің өзектілігі әлі де сақталған.

Масса түрлендіргіштерінің типті өкілдері - иінтіректі. Олар самақты салыстыру принципіне негізделген және олардың көрсеткіштері еркін құлаудың жергілікті үдеуіне тәуелді емес. Салмақты

салыстыру иінтіректер (иінтіректі жүйе) мен таразы айшанақтарының көмегімен жүргізіледі (9.2-сурет).

Кез келген иінтіректі түрлендіргіш үшін тепе-теңдік шарты мына түрге ие

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0,$$

мұнда M_i — момент; $i = 1, 2, \dots n$.

Қарапайым тең иықты емес иінтірек үшін

$$F_A l_A \sin(\gamma - \alpha) - F_H h \sin(\beta + \alpha) = F_L l_L \sin(\lambda + \alpha).$$

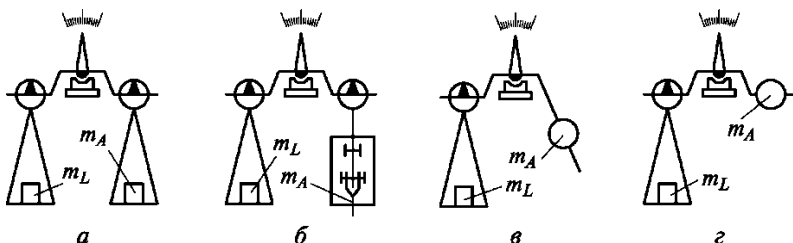
Мұнда F_A — гiрдің теңгеруші ауырлық күші; F_H — иінтіректің өзіндік ауырлық күші; F_L — жүктеменің ауырлық күші; h — айналу нүктесінен ауырлық ортасының қашықтығы; l_A — гiр жағынан иінтірек иінінің ұзындығы; α — ауытқу бұрышы; γ , β , λ — нөлдік күйдегі күш салу бұрыштары.

Қарапайым түрленуден кейін өлшенетін салмақты анықтауға арналған теңдеу:

$$m_L = \frac{m_A l_A \sin(\gamma - \alpha) - m_H h \sin(\beta + \alpha)}{l_L \sin(\lambda + \alpha)}. \quad (9.1)$$

(9.1) теңдеуден салмақты m_L теңдестіру үшін ең кемінде (9.1) теңдеудің оң жағындағы тұрған шамалардың бірін өзгерту қажет. Иінтіректі түрлендіргіштердің келесі типтері белгілі:

- айнымалы теңгеруші салмағы бар m_A — шкаласы мен гiрлері бар иінтірек (9.2, а-сурет);
- иінтіректің айнымалы ұзындығы бар l_A — жылжымалы гiрлері бар иінтірек (9.2, б, в-сурет);
- ауытқудың айнымалы бұрышы бар α — квадрант (9.2, г-сурет).



9.2 сурет Механикалық иінтіректі таразылар:

а — күйентелі тең иіндік; б — гiрлік; в — күйентелі; г — квадрантты

Иінтіректің өзіндік салмағы $m_H 0$ мен ауырлық ортасынан айналу нүктесіне дейінгі қашықтығы h өзгеріссіз қабылданады. Тәжірибелік жағдайларда жүгі бар иінтірек иінінің ұзындығы l_L тұрақты болды, себебі кері жағдайда жүгі бар айшанақ өзінің иінінің маңында орын ауыстыруы тиіс.

9.4.2. Күш түрлендіргіштері

Күш түрлендіргіштерінде қарсы әрекет етуші күш принципі пайдаланылады, ол бір немесе бірнеше серіппенің серпімді деформациясымен құрылады. Кіші деформациялар гидравликалық құрылғылардың редукторлық немесе иінтіректі түрлендіргіштерінің көмегімен немесе электрлік шамаларға түрлену жолымен күшейтіледі және бекітіледі.

Егер қатты дене серпімді деформация бөлігінде созылған немесе қысылған болса, онда оның көлбеу ұзаруы $e = \Delta l/l$ механикалық кернеуге $\sigma = F/A$ пропорционалды және серпімділік модуліне кері пропорционалды E (Гук заңы):

$$\Delta l/l = \varepsilon = \sigma/E = F/AE,$$

мұнда F — күш; A — аудан.

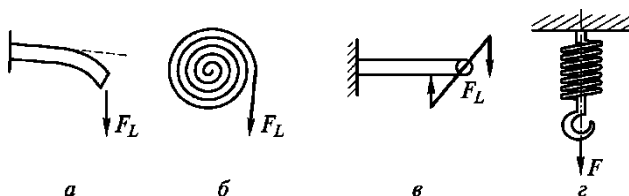
Егер бір жағынан жүктелген қатты дене серпімді деформация бөлігінде иілімге ұшыраса, онда тік бұрышты көлбеу қимасы бар мұндай бөрененің иілген жері мына өрнекпен анықталады

$$l_a = 4l^3 F/bh^3 E,$$

мұнда l_a — күштің әрекет ету бағытындағы күш салу орнындағы иілген жері; l — күш салған орыннан бастап өңдеу орнына дейінгі бөрененің ұзындығы; F — бөрене осіне перпендикуляр күш; b — ені; h — биіктігі; E — серпімділік модулі. Серіппе оның серпімді деформациясы кезінде күшті дамытады:

$$F_F = c\Delta l,$$

мұнда c — серіппенің тұрақтысы, A l — серіппе ұзындығының



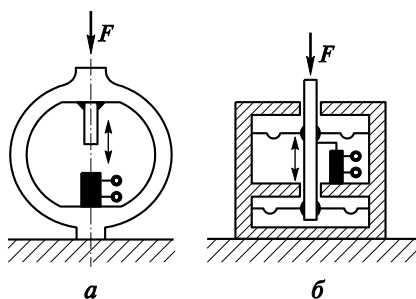
9.3-сурет Иілу (а, б) және торсиондық (в, г) серпімді элементтер:

а, в — тік; б, г — еспе

Күш түрлендіргіштерін градуустау мен тексеру үшін салмағы m_L гирлер пайдаланылады, олар еркін құлау үдеуінің g әсерімен ауырлық күшін дамытады

$$F_L = m_L g.$$

Серіппелі түрлендіргіште пайдаланылатын серпімді денелерге байланысты жіктеледі. Иілімді (9.3, а, б-сурет) және торсиондық (9.3, в, г-сурет), сақиналық (9.4, а) және табақшалы (9.4, б-сурет) серпімді элементтер болады.



9.4-сурет
Сақиналы (а) және табақшалы (б) серпімді элементтер

Серіппелерді дайындауға арналған материалдар ретінде гитерезисті емес металлдар немесе бейметаллдар (мысалы, кварцті құм, синтетикалық материалдар) пайдаланылады. Үлкен деформациялар ұзындық түрлендіргіштермен өлшенеді, кіші деформациялар - созылу түрлендіргіштерімен (тензометрлік түрлендіргіштер) өлшенеді.

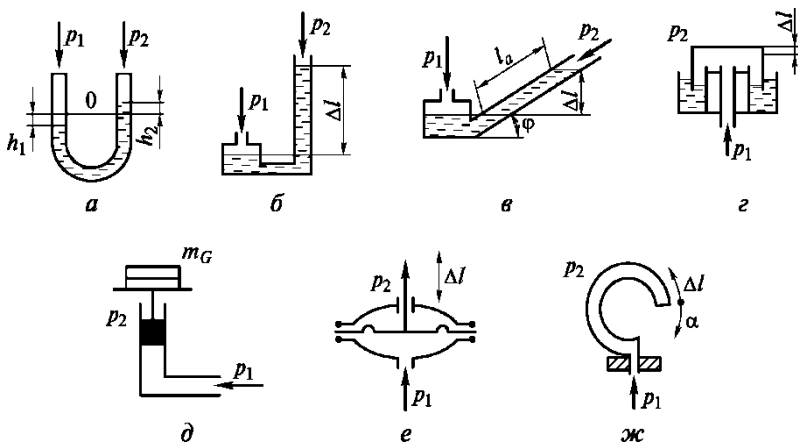
9.4.3. Қысым түрлендіргіштері

Қысымды өлшеу жүйелері өлшенетін қысымның түріне байланысты (артық қысым, сирету және атмосфералық қысым) манометрлер, вакуумметрлер және барометр деген атаулармен белгілі. Олармен қатар қысымның әртүрлілігі өлшеуге арналған дифференциалдық манометрлер және артық қысым мен сиретуді өлшеуге арналған мановакуумметрлер болады. Қысым түрлендіргіштерінде күшті теңдестіру принципі пайдаланылады.

U-тәріздес екі түтікті манометр. U-тәріздес екі түтікті манометр (9.5, а) сурет - бұл U әрпі түріндегі манометрлік сұйықтықпен (сумен, спиртпен, сынаппен) толтырылған иілген шыны түтік. Ұзындығы Δl сұйықтық бағанының гидростатикалық қысымы тепе-теңдікте болған кезде өлшеуіш жүйе қысым айырмасына тең болады Δp :

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{V_1 \rho g}{A_1} - \frac{V_2 \rho g}{A_2} = (h_1 + h_2) \rho g = \Delta l \rho g \text{ для } A_1 = A_2; \varphi = 90^\circ,$$

мұнда Δp — қысым айырмашылығы; p_1, p_2 — сәйкесінше 1, 2 түтіктердегі қысым; V_1, V_2 — сәйкесінше 1, 2 түтіктердегі ығыстырылған сұйықтық көлемдері соответственно; p — манометрлік сұйықтықтың тығыздығы; g — еркін құлау үдеуі; A_1, A_2 — сәйкесінше 1, 2 манометрлік түтіктердің көлбеу қимасының аудандары; h_1, h_2 — сұйықтық бағанының нөлдік күйден ауытқуы; $\Delta l = 2h_2$ — есептелетін мән; φ — түтіктің көлденең көлбеу бұрышы.



9.5-сурет Қысым түрлендіргіштері

a — U-тәріздес екі түтікті манометр; *б* — U-тәріздес бір түтікті манометр; *в* — көлбеу түтігі бар манометр; *г* — қоңырау тәріздес манометр; *д* — жүкті поршеньді манометр; *е* — жалпақ мембранасы бар манометр; *ж* — түтікшелі мембранасы бар манометр

Бір түтікті (табақшалы) манометрлер. Бір түтікті (табақшалы) манометрлер (9.5, б-сурет) екі түтікті U- тәрізділерден қарағанда көлбеу қиманың әртүрлі аудандары бар екі иіннен тұрады $A_1 > A_2$.

Бұл манометрлер үшін теңдеу келесідей түрде болады:

$$\Delta p = p_1 - p_2 = h_2 (1 + A_2/A_1) \rho g = \Delta l / \rho g \text{ үшін } A_1 > A_2; \varphi = 90^\circ, \text{ мұнда}$$

$$\Delta l = h_1 + h_2 = h_2 + h_2(A_2/A_1) = h_2 (1 + A_2/A_1).$$

Көлбеу түтігі бар манометрлер. Көлбеу түтігі бар манометрлерде (9.5, в-сурет) түтік 2 көлденеңге қатысты $0^\circ < \varphi < 90^\circ$ бұрышқа ауытқыған.

Оған қоса, манометр иінінің көлбеу қимасының аудандары әртүрлі, дәлірек $A_1 \gg A_2$. Бұл манометрлер төмендегі теңдеуге сай кіші қысымдарды өлшеу қызметін атқарады:

$$\Delta p = p_1 - p_2 = l_0 \rho g \sin \varphi = \Delta l \rho g \text{ } A_1 \gg A_2; 0^\circ < \varphi < 90^\circ \text{ үшін}$$

Қоңыраулы манометрлер. Қоңыраулы манометрлер (9.5, г-сурет) минималдық артық қысымды өлшеу қызметін атқарады. Егер p_1 және p_2 қысымдары бірдей болса, онда қоңыраудың ауырлық күші F_G ығыстырылған сұйықтықтың итеріп шығарушы күшімен F_F өтеледі:

$$F_F = V_F \rho g = A_G h_0 \rho g = F_G, \quad (9.2)$$

$$F_p = A_i (p_1 - p_2) = F_G - A_G h \rho g, \dots\dots\dots (9.3)$$

(9.2) және (9.3) теңдеуден аламыз

$$A_i \Delta p = A_G \rho g (h_0 - h). \dots\dots\dots (9.4)$$

Қоңыраудың Δl орының ауыстыру мынаны құрайды

$$\Delta l = h_0 - h - \Delta h, \dots\dots\dots (9.5)$$

мұнда V_F — ығыстырылған сұйықтық көлемі; p — бетіткіш сұйықтықтың тығыздығы; g — еркін құлау үдеуі; A_G — $Ad \ll d$, $A_G = n d A_d$ болғандағы қоңыраудың көлденең қимасының ауданы; d — қоңыраудың ішкі диаметрі; A_d — қоңырау қабырғасының жуандығы; h_0 — $p_1 = p_2$ болғандағы қоңыраудың бату тереңдігі

$p_1 > p_2$ болғанда жүктелетін қоңырау қысым күшінің арқасында Δl қалқып шығады $F_p = A_i \Delta p$. қима аудан A болғанда ыдыстағы сұйықтық қысымымен түзелітен күш үшін өрнек келесі түрге ие

мұнда h_0 — $p_1 = p_2$ болғанда қоңыраудың батуының сыртқы тереңдігі; h — $p_1 > p_2$ болғанда қоңыраудың батуының сыртқы тереңдігі; Δh — қоңыраудың қалқып шығуының арқасында $p_1 > p_2$ болғанда сұйықтың деңгейін түсіру.

Қоңырау көтерулі болған кездегі ығыспайтын сұйықтық көлемі $V_G = A_G \Delta l$ ыдыстағы төмен түскен көлемге тең болады $V_T = (A_a + A_i) \Delta h$, мұнда A_a және A_i — сәйкесінше ыдыстағы бекітпе сұйықтықтың сыртқы және ішкі аудандары. Осылайша, (9.4) және (9.5) теңдеуден аламыз

$$\Delta l = \frac{A_i \Delta p}{A_G \rho g} - \frac{A_G}{A_a + A_i} \Delta l;$$

$$\Delta p = \Delta l \rho g \frac{A_G}{A_i} \left(1 + \frac{A_G}{A_a + A_i} \right).$$

Жүкті поршенді манометрлер Бұл манометрлер қысымды өлшеу үшін біршама дәл аспаптар болып табылады (9.5, д-сурет). олар өлшеудің үлкен диапазонына ие және қысымды өлшеудің басқа аспаптарын градуастау мен тексеру үшін пайдаланылады. Қысымның өлшенетін аырмашылығы $\Delta p = p_1 - p_2$ поршеннің A ауданына әсер етеді. Қысыммен жасалатын күш $F_p = \Delta p A$ поршеннің ауырлық күшімен және үстеме жүктермен қалпына

$$\Delta p = p_1 - p_2 = (m_K + m_G)g/A,$$

мұнда m_K — табақшасы бар поршеннің салмағы; m_G — жүктердің салмағы; g — еркін құлау үдеуі.

Поршень-цилиндр жұбында туындайтын үйкелістің аз күшінде елеусіз болғанда ғана теңдеу тура болады.

Жалпақ мембранасы бар манометрлер. Олардың құрамында иілу кернеуін сынайтын мембраналардан тұрады (9.5, е-сурет). Қысымның шағын айырмалары (шағын деформация) мен дөңгелек жалпақ мембраналар үшін тәуелділік бар

$$\Delta p = \Delta l \left(\frac{3}{16} \frac{1 - \mu^2}{E} \frac{R^4}{d^3} \right)^{-1},$$

мұнда Δl — мембрана ортасының ауытқуы; μ — Пуассон коэффициенті; R — мембрананың радиусы; E — серпімділік модулі; d — мембрананың қалыңдығы.

Түтікшелі серіппесі бар манометрлер. Түтікшелі серіппесі бар манометрлер қысымды өлшеуге арналған біршама кең таралған аспаптар болып табылады (9.5, ж-сурет). Серіппе бір ұшынан бекітілген түтік болып табылады, әдетте шеңбер бойынша иілген эллипс тәрізедес көлбеу кима түрінде болады. Қысым айырмашылығының әсерімен $\Delta p = p_1 - p_2$ түтік кимасының формасы өзгереді. Түтіктің бос ұшы орамның сыртына иіледі ($p_1 > p_2$ болғанда) немесе ішке иіледі ($p_1 < p_2$ болғанда), оған қоса бұл ұшының орын ауысуы (Δl немесе a) қысым айырмасына пропорционалды Δp болады. Ол эксперимент жүзінде анықталады.

Қысымның барлық түрлендіргіштерінде сызықтық немесе бұрыштық орын ауысулар механикалық, оптикалық немесе электрлік тәсілмен өлшенеді.

9.5. Салмақ, күш және қысымды өлшеуге арналған аспаптар

9.5.1. Иіктіректі таразылар

Иіктіректі таразылар бір және көп иіктіректі болады. Салмақ түрлендіргіштері ретінде иіктіректі механизмдер пайдаланылады.

Иіктіректі таразылар әсіресе аналитикалық өлшеу техникасында салмақты өлшеу үшін кеңінен таралған. Салмақты өлшеуді дәлдігіне маңызды әсерді таразылардың сезімталдығы көрсетеді. Таразылардың сезімталдығы S деп ығысуды тудырған жүктеменің өзгеруіне Δm_L нұсқауының ығысуының Δl қатынасы аталады:

$$E = \frac{\Delta l}{\Delta m_L} \approx \frac{l_z d\alpha}{dm_L},$$

мұнда l_z — нұсқауыр ұзындығы; a — ауытқу бұрышы.

Иіктіректі таразылар көмегімен салмақты өлшеу үш әдіспен жүргізіледі.

Пропорционалдық әдіс өте дәл абсолюттік өлшеулер үшін жарамсыз, себебі түрлену коэффициенті тура белгілі және өзгертілмеген болуы тиіс, сонымен қатар таразылардың бастапқы тепе-теңдігі ұзақ уақыт бойы өзгеріссіз сақталуы тиіс. Әдіс салыстырмалы өлшеулер үшін пайдаланылады.

Орын басу әдісі әсіресе біркелкі салмақтардың дәл өлшеулері үшін жақсы; өлшеу нәтижесі түрлену коэффициентінің қателігіне және бастапқы тепе-теңдікке байланысты емес.

Орын ауыстыру әдісі жоғары дәлдікпен өлшеу үшін пайдаланылады; тек тең иінді иінтіректі таразылар үшін қолданылады.

Пропорционалдық әдіспен өлшеу. Бұл әдісте келесі сатыларды ретімен орындайды: жүктелмеген таразыларды тепе-теңдікке келтіреді; салмағы m_L өлшенетін затты жүк көтергіш құрылғыға орналастырады және тепе-теңдік құрылғысында бір массасымен m_A өтейді. Бұл ретте:

$$m_L = im_A [(l_{a2} - l_{a1}) / S],$$

мұнда i — иінтірек иіндерінің қатынасы (берілістік қатынас); l_{a2} — өтеуден кейін қол жеткізілген тепе-теңдік күйі; l_{a1} — жүктелмеген таразыларды теңестірген кездегі қол жеткізілген тепе-теңдік күйі; S — сезімталдық $S = Al_a / Am$ (Al_a — Am жүктеменің өзгеруімен туындаған нұсқауырдың ығысуы).

Орын алмасу әдісімен өлшеу Бұл әдісте (Борда әдісі) келесі сатыларды ретімен орындайды: салмағы m_L өлшенетін затты таразы табақшаларының біріне орналастырады және таразыны басқа табақшадағы m_t көмегімен тепе-теңдікке l_{a1} келтіреді. Бұл ретте:

$$m_t = im_L + l_{a1} / S;$$

салмағы m_L болатын затты таразы тепе-теңдікке l_{a2} жеткенге дейін m_A , салмағы бар бірмен алмастырады. Бұл ретте:

$$m_t = im_A + l_{a2} / S.$$

Өлшенетін дененің салмағы m_L мына өрнекпен анықталады:

$$m_L = m_A + \frac{(l_{a2} - l_{a1})}{iS}.$$

Орын ауыстыру әдісімен өлшеу Бұл әдісте (Гаусс әдісі) келесі сатыларды ретімен орындайды: салмағы m_L өлшенетін затты жүк қабылдағыш құрылғыға орналастырады және

теңестіргіш құрылғыда m_A гiрдің салмағымен өтейдi. Бұл ретте:

$$m_L = m_A i;$$

салмағы m_L зат пен салмағы m_A гiрлердің орынын ауыстырады. Бұл ретте:

$$m_L = m_A / i.$$

Орын ауыстырғаннан кейiн өтеу Δm қатынасын ескере отырып көптеген жағдайда қосымша салмақты орнатқаннан кейiн ғана қол

$$m_{A2} = m_{A1} + \Delta m.$$

Бұл жағдайда iзделген салмақты m_L , шағындықтың 2-тәртіптегі шамаларын елемей арқылы төмендегі өрнектен анықтайды

$$m_L = (m_{A1} + m_{A2}) / 2 = m_{A1} + \Delta m / 2.$$

Дәлдікті арттыру үшін төрт өлшемді орындауға болады, оған қоса көрсетілген сатыларды кері реттілікте орындайды.

9.5.2 Радиоизотоптық таразылар

Радиоизотоптық таразыларға абсорбциялық таразылар мен сәулені шашырататын таразылар жатады. Әсіресе жалпақ бұйымдардың (қағаз таспа, болат жолақ) салмағын үздіксіз өлшеуге арналған изотоптық таразылар қолайлы. Сәуле көздері ретінде в- және у- көздер пайдаланылуы мүмкін, ал детекторлар ретінде - иондаушы камералар пайдаланылады.

9.5.3. Серіппелі және поршенді таразылар

Серіппелі таразылар иітiректі жүк қабылдағыш құрылғымен және құрылғысыз шығарылады. Түрлендіргіштер ретінде серіппелер пайдаланылады. Қайта жүктеулер форманың қалдық өзгерістерін тудыратындықтан, серіппелі таразылар нөлдік күйді жиі бақылау және жиі тексеруді қажет етеді. Жоғары дәлдікпен өлшеу үшін еркін құлаудың жергілікті үдеуін ескеру қажет.

Поршенді таразылар гидравликалық және пневматикалық жүйелер түрінде шығарылады. Олар әсіресе кең диапазонда секірмелі түрде өзгертін үлкен салмақтарды (күштерді) өлшеу үшін қолайлы.

9.5.4. Электрондық таразылар

Таразылар оның салмағын өлшей отырып дене салмағын өлшеуге мүмкіндік береді, себебі бұл шамалар өзара $P = mg$ қатынасымен байланысты. Қазіргі уақытта таразылардың біршама кең таралған түрі электрондық таразылар болып табылады.

Дене салмағы электрондық таразылардың салмақ өлшеуіш тетігінің серпімді элементін деформациялайды, бұл деформация әсерімен электрлік кедергіні өзгерту қасиетіне ие тензорезисторларға жапсырылған электрлік кедергіні өзгертуге әкеледі.

Көбінесе константаннан - мыс пен никель қорытпасынан жасалған жұқалтыр тәріздес тензорезисторлар пайдаланылады. Күшейткіштен, ұқсас сандық түрлендіргіш пен микропроцессордан тұратын екіншілік аспап тетік дабылын өңдейді және сандық индикаторға нәтижені береді. Таразылар жұққабылдағыш құрылғының түріне (мысалы, платформалық, бункерлік, монорельстік, ілмекті), өлшеу тәсіліне (статикалық және қозғалыста өлшеу үшін), өлшеу нысандарына (автомобильдік, вагондық, крандық, конвейерлік және т.б) байланысты әртүрлі типтерге бөлінеді.

Дискреттік жүктерді - қораптарды, қаптарды, жәшіктерді, вагондарды, автомобильдерді және басқа да көтергіш заттарды өлшеу кезінде көбінесе платформалық таразылар пайдаланылады. Олардың ішіндегі ең кішкентайлары - дүкендік - кішкентай платформаға ие (200 x 300 мм тәртiбiнде) және өлшеудің ең үлкен шегіне (ӨҮШ) 3, 6 немесе 15 кг ие. Ең үлкендері - 10-нан 200 1-ға дейін ӨҮШ бар автокөліктік және вагондық 3 x 20 м дейінгі өлшемге ие.

1 т-ға дейінгі ӨҮШ бар платформалық таразылар көбінесе платформа ортасында орнатылған бір ғана тетікке ие болады. Үлкен салмақты платформалар бұрыштар бойынша бекітілген төрт тетікке сүйенеді. Ең ауыр таразыларды тасымалдаудың қолайлығы үшін бірнеше модульден (платформадан) дайындайды және тетіктер саны сәйкесінше өседі.

Механикалық таразылармен салыстырғанда электрондық таразылардың басты артықшылықтары тек қана біршама жоғары дәлдік, дайындау мен монтаждаудың қарапайымдылығы ғана емес, сонымен қатар келесілік өңдеу мен талдау үшін жергілікті есептеуіш желіге өлшеу нәтижелерін беру мүмкіндігі болып табылады. Бұл үшін таразылық микропроцессорлық терминал әдетте RS-232 немесе RS-485 интерфейстер бойынша компьютермен байланыс үшін жалғағышпен жабдықталады.

Механикалық таразылардың алдында электрондық тензометрлік таразылардың тағы бір маңызды артықшылығы - бұл қозғалыстағы көлік құралдарын өлшеу мүмкіндігі.

Автомобиль, автопойыз немесе теміржол құрамы баяу, 10 км/сағ мөлшердегі жылдамдықпен әрбір остің бекітуші салмағына

таязылар платформасы арқылы өтеді. Компьютер арнайы бағдарламалар көмегімен вагон типін анықтайды (егер бұл темір жол құрамы болса), қозғалыс жылдамдығын есептейді, жиынтықты массаны есептейді.

Қозғалыс кезінде өлшеу үшін таразылардың қателігі әрине статикалықтан қарағанда жоғарады және пайыздың бірнеше ондаған үлестерінен бірнеше пайызға дейін өзгереді. Әдетте, мұндай таразыларды жүктерді коммерциялық өлшеу үшін пайдалануға болмайды. Көбінесе олар қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында вагонның немесе автомобиль осіне жүктемені анықтау үшін пайдаланылады.

Отандық өндірісті арттыру шамасы бойынша, әсіресе қайта өңдеу өнеркәсібі мен технологиялық процесстерді автоматтандыруда біздің мамандарға көбінесе дискреттік заттарды емес (қаптамалар, кесектер, блоктар және т.с.с), механика жағынан тұтас орталарды ұсынатын сұйық және себілмелі өнімдерді өлшеумен байланысты міндеттерді шешу керек болады.

Үлгі ретінде сүтті, күнбағы майын, сірнені және мұнай өнімдерін сәйкес өндірістерде өлшеу процесстерін келтіруге болады. Себілмелі жүктердің ішінде көбінесе ұнды, дәнді, қантты, құрама жемді, күнбағыс тұқымдарын, цементті және басқа да құрылыс материалдарын өлшеумен кездесуге болады.

Мұндай міндеттер үшін таразылардың негізгі санаты бункерлік таразылар болып табылады. Олардағы жүк көтергіш құрылғы - салмақ өлшеуіш тетіктерде орнатылған немесе ілінген цилиндрлік, пирамидалық немесе призмалық формадағы бункер.

Өнімді өлшеу, әдетте, өлшемі таразылық терминал баптауымен берілетін шамамен бірдей порциялармен жүреді. Өнімді беру мен шығару үшін бункер жоғарғы енгізетін және төменгі шығаратын жапқыштармен жабдықталған. Жапқыштар пневматикамен немесе электрлік мотор-редукторлармен басқарылуы мүмкін.

Іске қосқаннан кейін таразылар автоматтық режимде жұмыс істейді. Өлшеу циклінің уақыты бірнеше секундтан бірнеше минутқа дейін өзгеруі мүмкін және өнімді беру қарқынына, бункердің сыйымдылығына, жапқыштың жұмыс істеу жылдамдығына байланысты болады. Берілген жиынтықты дозаны өлшегеннен кейін таразылар автоматты түрде тоқтайды.

Мұндай таразылардың ең типтік өкілдері элеватордан диірменге айдалатын дәнді өлшеу үшін пайдаланылатын элеваторлық бункерлік таразылар болып табылады. Мұндай таразылардың бункерлерінің сыйымдылығы 1 немесе 2 т тең, ал ең үлкен өнімділік 150 т/сағатқа жетеді.

себілмелі өнімдер мен шикізаттардың көптеген түрлерін өлшеу әдетте сонымен қатар олардың қоспасын дайындаумен және сәйкесінше мөлшерлеумен байланысты. Бұл, мысалы, белгілі сұрыптағы ұнды алу

алдында бидайдың бірнеше сұрыптарынан ұн тартуды дайындау, құрама жемді жасау, құрғақ құрылыс қоспаларын, асфальтты және бетонды өндіру. Мұндай мөлшерлегіштер көп компонентті деп аталады.

Мөлшерлегіштердің тағы бір маңызды санаты - бөлшектеп өлшеу. Олар әртүрлі тағамдық немесе химиялық өнімдердің қатты немесе жұмсақ тарасын мөлшерлеу мен одан кейінгі қаптау үшін пайдаланылады. Дозалардың өлшемдері өте кең шекте өзгереді - бірнеше граммнан (шай, кофе, дәмдеуіштер) 1 тоннаға дейін («Биг бэг» типіндегі үлкен қаптар).

Таразылық құралдың мұндай көптүрлілігі Ресейде туындаған өнеркәсіптің әртүрлі салаларының қажеттіліктерімен, ең алдымен, тағамдық, қайта өңдеу, металлургиялық, химиялық, құрылыс материалдары мен шикізатты, соңғы өнімді және технологиялық процесстердегі компоненттерді мөлшерлеу қажет басқа да өнеркәсіптегі қажеттіліктермен негізделген.

9.5.5. Сауда таразылары

Ресейдегі сауда операциялары үшін таразыларды өндіру тарихын екі сатыға бөлуге болады. Олардың біріншісі ертеден басталды және 1990 жылдарға дейін жалғасты. Бұл уақытта механикалық таразылар шығарылды, оларда өлшемді ол туралы ақпаратқа түрлендіру бойынша барлық қызметтер жылжымалы механикалық элементтер көмегімен іске асырылды.

XX ғ. екінші жартысында электрониканың қарқынды дамуы электрондық таразылардың жылдам дамуы үшін жағдайлар жасады. 1970 жж. екінші саты - электрондық таразыларды шығару басталды, онда таразының ақпаратқа түрлендіру электрондық құралдар көмегімен жүргізіледі.

Қазіргі уақытта (1980-жж) сауда мен өнеркәсіпте таразылар буынының ауысу процесі жүреді: механикалық таразылар біртіндеп ктееді, олардың орнына электрондық таразылар келеді. Олар келесі принципалдық айырмашылықтарға ие:

- жылжымалы механикалық бөлшектердің толықтай болмауы және сәйкесінше біршама жоғары сенімділік;
- Сатып алушыларды алдау ықтималдығын азайтуға мүмкіндік беретін қызметтер санының біршама артуы;
- өлшеудің жоғары дәлдігі;
- компьютер мен электрондық желілерге ақпаратты беру мүмкіндігі;

Заманауи электрондық үстелдік сауда таразыларына анықтаманы ГОСТ 29329-92 негізінде келесі терминдер мен түсініктер көмегімен беруге болады:

- *сауда таразылары* -сауда операциялары кезінде қолданылатын жылжымалы үстелдік таразылар;

• *үстел таразылары* - жылжымалы, үстелде немесе сатушы сөресінде орнатылатын 50 кг дейінгі өлшеудің ең үлкен шегі бар таразылар;

• *жылжымалы таразылар* - пайдаланудың тұрақты орнымен байланысты емес және қолмен тасымалданатын таразылар;

• *электрондық таразылар* - ауырлық күші электрлік дабылға түрленетін түрлендіргіш түріндегі теңестіргіш құрылғысы бар таразылар.

Сауда электрондық таразыларын (9.1-кесте) негізгі функциялары бойынша үш түрге жіктеуге болады: А - қарапайым таразылар; Б - тауар құнының есебі бар таразылар; В - чек басып шығаратын таразылар.

Таразылардың негізгі қызметтерін қарастырайық.

Тара салмағын өтеу. Барлық таразыларда пайдаланылады. Тауарды тарада өлшеу кезінде қолайлылық тудырады.

Таразылардың нөлдік нүктеге шығуы. Қызмет «Нөл» батырмасы түрінде және нөлдің индикаторы ретінде іске асырылады. Бұл қызмет барлық шет елдік таразыларда, Ресейде «Масса-К» фирмасының таразыларында іске асырылған. Бұл қызметтің көмегімен таразылар нөлге шығарылады («Масса» индикаторында), бұл таразы платформасындағы бөгде заттардың салмағын өтеуге мүмкіндік береді. Таразылардың нөлдік күйінің индикациясы сатып алушы жағынан оны алдау әрекеттерінен сақтайды (таразы платформасын тауарға қатысы жоқ қосымша жүкпен жүктеу).

Тауар құнын есептеу. Бұл қызмет механикалық таразылардың алдында электрондық таразылардың негізгі артықшылығы болып табылады. Ол барлық импорттық және отандық таразыларда болады. Кейбір отандық фирмалар (мысалы, «Твес», «Мера»)

9.1-кесте

Саудалық электрондық таразылар

Таразы қызметтерінің атауы	Таразылар түрі		
	А	Б	В
Өлшенетін тауар салмағын өлшеу	+	+	+
Тара салмағын өтеу	+	+	+
Таразылардың нөлдік нүктеге шығуы	+	+	+
Тауар құнын есептеу		+	+
Тауарлар құнын есте сақтау және жадыдан		+	+
Затбелгіні басып шығару			+
RS-232 интерфейсі арқылы сыртқы құрылғыларға ақпаратты беру мүмкіндігі	+		
РФ нарығындағы сұранысты бағалау, %	20	75	5

Ескерту «+» белгісі осы қызметтің барын білдіреді.

бұл қызметті кеңейтеді және таразыларда ретімен өлшенетін бірнеше тауарлардың құнын жиынтықтау қызметін енгізеді.

Еуропалық елдерде жиынтықтау операциясы сатып алушыға барлық тауарлардың басып шығарылған құны бар чекті бергенде ғана рұқсат етіледі, себебі жиынтықты құнын чексіз есептеу сатып алушыларды алдау үшін пайдаланылуы мүмкін.

RS-23 2 интерфейсі арқылы сыртқы құрылғыларға ақпаратты беру мүмкіндігі Бұл қызмет барлық шет елдік таразыларда, және «Масса-К» фирмасының отандық таразыларында іске асырылған. Басқа отандық фирмалардың таразыларында интерфейс жартылай іске асырылған.

Алмасу хаттамаларының түрлері әртүрлі фирмаларды әртүрлі болады және сәйкесінше әрбір фирма басқа құрылғылармен таразылардың байланысының әртүрлі мүмкіндіктерін қамтамасыз етеді. Мысалы, «Масса-К» фирмасының ВП-15Т.2 чек басып шығаратын таразыларында жасалған хаттамасы 100 салмаққа дейін біріктіруге және компьютерлік желіге қосылуға мүмкіндік береді.

Затбелгілерді басып шығару. Барлық шетелдік фирмалар затбелгілердің термиялық мөрі бар таразыларды шығарады. Отандық фирмалардың ішінде тек «Масса-К» фирмасы ғана басып шығару құрылғысы бар таразыларды шығарады, «Твес» және «Мера» фирмалары жекелеген блок түріндегі басып шығаратын құрылғыны шығарады.

Таразылардың батырмасы. Ірі шет елдік фирмалар Mettler- Toledo, Bizerba батырмасы жекелеген панель түрінде таразылардың корпусынан жоғары орналасқан таразыларды шығарады. Осылай орналасқан кезде батырма ластану мен зақымданудан жақсы қорғалған, оған қоса, бұл сатушы үшін қолайлы. Бірақ мұндай құрылым таразы корпусының төменгі жағындағы батырманы орналастырумен салыстырғанда біршама қымбат тұрады. CAS оңтүстік корейлық фирма мен «Твес» және «Мера» отандық фирмалары пернетақтасы төмен орналасқан таразыларды ғана шығарады.

Таразылардың батареялардан қоректенуі. Батареялық қорек көзі бар импорттық және отандық таразыларда 10... 100 сағат автономдық жұмыс ұзақтығы қамтамасыз етіледі (таразылардың энергия тұтыну шамасына байланысты). Бұл сұрақты алға қарай айқын қадам таразылар нарығында «Масса-К» фирмасының ВА типінің пайда болуы болып табылады, оларда автономдық жұмыстың ұзақтығы 1000 сағатқа дейін жетеді (сұйық кристаллды индикаторлар мен өлшегіш құрылғының энергияны төмен тұтынуының арқасында).

9.5.6 Айналмалы моменттерді өлшеу

Айналмалы моменттерді тензорезисторлар, индуктивтік, индукциялық, электростатикалық және басқа да түрлендіргіштер көмегімен өлшейді. Айналмалы моменттерді электрлік өлшеулерге арналған қолданыстағы құралдарды екі негізгі топқа бөлуге болады:

зерттелетін материаладағы айналу кернеуін түрлендіру арқылы аспаптар мен материалды айналдыру кезінде бұрыштың түрленуіне негізделген аспаптар.

Ауыл шаруашылық машиналары мен агрегаттарындағы білдектердегі моменттерді өлшеу үшін негізінен тензорезисторлар пайдаланылады. Бұл үшін түрлендіргішті айналу кернеуінің әрекет ету желісінің бойында т білдекке жапсырады. Білдекпен берілетін айналдырғыш моментті формула бойынша есептейді

$$M_{кр} = \tau W_{II},$$

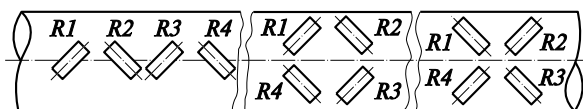
мұнда W — диаметрі d , $W_{II} = \frac{\pi d^3}{16}$ білдектің тұтас шеңберінің

кедергісінің полярлық моменті

Білдекпен моментті беру кезіндегі айналудың ең үлкен кернеуі оның түзушіге 45° бұрышпен орналасқан қимасында туындайды. Білдегік параллелді және перпендикулярлы түзілуісінің қималарында тек жылжу деформациясы ғана әрекет етеді.

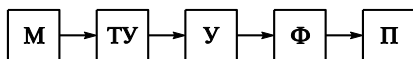
Айналдыру моменттерін өлшеу кезінде бір немесе екі түрлендіргіштері бар көпірлік сұлбалар пайдаланылмайды. Тұрақты токтың көпірлік сұлбалары біршама кең таралымға ие болды, олардың төрт иініне бір және одан артық тензорезисторлар ендірілген. Тензорезисторларды қосудың мұндай сұлбалары оларды зерттелетін білдектің бетіне орналастырудың әртүрлі сұлбаларында (9.6-сурет) көпірдің шығысында қуатты электрлік дабыл алуға және білдектің иілу әсерін шектеу мен жылжудың деформациялауға мүмкіндік береді. Оған қоса, көпірлік сұлбалар тензорезисторлардың кедергісінің өзгеруінің толық температуралық өтемін қамтамасыз етеді. Айналдыру моменттерін өлшеу кезінде біршама жиі пайдаланылатын электрлік тізбектің құрылымдық сұлбасы 9.7-суретте көрсетілген. Тензорезисторлардан жиналған көпірден (М) өлшегіш ақпараттың дабылы ток алу құрылғысы (ТАҚ) арқылы күшейткішке (У) түседі. Қуатылығы мен статистикалық өңдеу бойынша күшейтілгеннен кейін фильтр (Ф) көмегімен ақпарат аспаппен (А) тіркеледі.

Тензорезисторлар көмегімен айналдыру моментін өлшеудің қарастырылған сұлбасының негізгі кемшілігі - ток алу құрылғысының өлшеуіш тізбегі - кедергінің негізгі көзінің болуы. Контактілі және контактсіз ток алу құрылғылары



9.6-сурет.

Айналдыру моментін түрлендіру үшін білдекке тензорезисторларды жапсыру сұлбалары



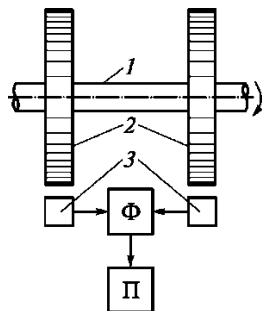
9.7-сурет.

Тензорезистор көмегімен айналдыру моментін өлшеуге арналған
электрлік тізбектің құрылымдық сұлбасы

көпірлік сұлбамен ретімен қосылады (екі тензорезисторлары бар көпір сұлбасын пайдаланғанда ток алу құрылғысының контактілері иіндердің кедергілерімен ретімен қосылады), оның салдарынан олардың контактілерінің өтпелі кедергісінің өзгеруі айналдырғыш моменттің әсерімен түрлендіргіштердің кедергісінің өзгеруі ретінде қабылданады. Сондықтан да ток алу құрылғысы жоқ айналдыру моменттерін өлшеуге арналған аспаптарды қолдану дұрыс болады.

Ток алу құрылғысы жоқ айналдыру моменттерін өлшеуге арналған аспаптардың көп түрлерінің бірі 9.8-суретте көрсетілген. Аспапта моменттің электростатикалық түрлендіргіші пайдаланылған. Ол үшін білдекке 1 екі тісшелі дөңгелек 2 бекітіледі. Екі электрлік түрлендіргіш 3 тісшелі дөңгелектік ойықтарымен және жылжымайтын ойықтармен түзілген. Түрлендіргіштің жылжымайтын элементтері қалыптастырғыш (Ф) арқылы фазаға қарсы айнымалы токтың тізбегіне қосылған, оған жүктеме ретінде тіркеуші аспап (А) қызмет атқарады. Өлшеуіш тізбек қоректі қалыптастырғышқа ендірілген жоғары жиілік генераторынан алады. Айналдыру моменті жоқ болғанда қалыптастырғыш шығысындағы дабыл болмайды, себебі қалыптастырғыш токтары арасындағы фазалардың жылжуы жоқ. Білдекті моментпен айналдыру кезінде қалыптастырғыш шығысындағы фазалық жылжу есебінен (қозғалыссыз күйде немесе айналу кезінде) білдектің айналу бұрышына пропорционалды дабыл (тұрақты токтың) пайда болады. Мұндай құрылғыдағы айналдырғыш момент магниттік электрлік аспаппен тіркеледі.

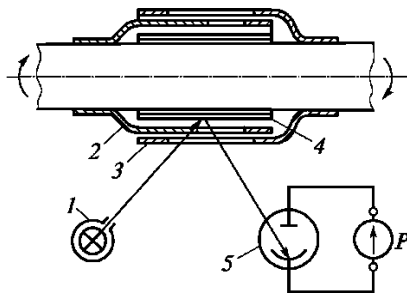
Фотоэлектрлік түрлендіргіштері бар аспаптар - айналдырғыш моменттерді контактісіз өлшеудің перспективалық құралы. Мұндай аспап құрылымдарының бірі 9.9-суретте көрсетілген.



9.8-сурет.

Токты алу құрылғысы жоқ айналдыру
моментін өлшеуге арналған
электростатикалық түрлендіргіштің
құрылымы мен тізбек сұлбасы:
1 - білдек; 2 - тісшелі дөңгелектер; 3 -
түрлендіргіш

9.9-сурет.



Айналдыру моментін өлшеуге арналған фотоэлектрлік түрлендіргіштің құрылымы мен тізбек сұлбасы:
1 - сәулелену көзі; 2, 3 - төлкелер;
4 - қырлы айна; 5 - фотоэлемент.

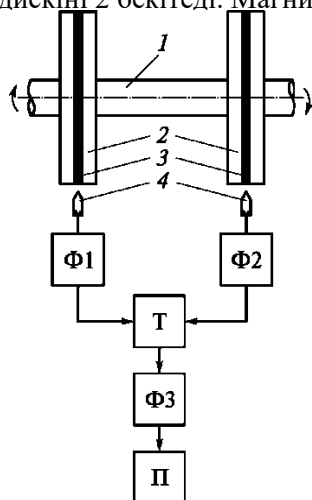
Сәулелену көзінен жарықтық ағын зерттелетін білдекте бекітілген екі төлкедегі 2 және 3 ойықтар арқылы қырлы айнаға 4 түседі. Айнадан шағылысқан жарық ағыны фотоэлементке 5 түседі, ол өлшеуіш аспапқа P жүктелген. Ойықтары бар төлкелер бірі екіншісінің ішіне білдекке бекітілген. Өлшенетін моменттің әсерімен білдекті айналдырған кезде олар бірі екіншісіне қатысты ығысады. Бұл ретте түсетін және айнамен шағылан ағындардың қарқындылығы өзгереді. Білдекпен берілетін айналдыру моменті қаншалықты үлкен болса, фотоэлементке түсетін шағылған жарық ағынының қарқындылығы соншалықты аз. Фотоэлемент тізбегіне қосылған магниттік электрлік аспапты айналдыру моментінің өлшеу бірліктерінде градуастайды.

Қарастырылған аспаптағы өлшеулердің қателіктері негізінен төлкелердегі ойықтар мен айна қырларының санымен анықталады.

Магниттік жазба көмегімен айналдыру моменттерін өлшеуге арналған аспаптардың біршама қатары бар.

Олардың бірінің құрылымдық сұлбасы 9.10-суретте көрсетілген.

Зерттелетін білдекте 1 жапсырылған магнитті таспасы 3 бар екі дискіні 2 бекітеді. Магниттік таспада



магнитографпен импульстер жазылады, олардың амплитудасы және жиілігі білдектің айналу жылдамдығы мен есептеуіш құрылғының мүмкіндіктеріне байланысты болады.

9.10-сурет

Магниттік жазба көмегімен айналдыру моментін өлшеуге арналған аспаптың құрылымдық сұлбасы:

1 - білдек; 2 - дискілер; 3 - магниттік таспа;
4 - магниттік бастар

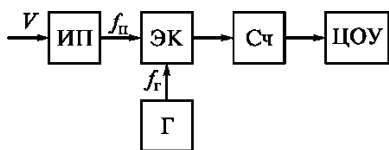
(тік бұрышты форманың импульстеріне түрлендірулер) триггердің Т есептік кірісіне келіп түседі, мұнда қалыптастырғыштан ФЗ кейін өлшеуіш аспапқа А келіп түседі. Білдекте момент жоқ болғанда магниттік тасымалдағыштан бірінен соң бірі синхронды жүретін импульстар саналады. Сондықтан да триггердің шығысында өзгермейтін жиіліктегі және ұзақтықтағы импульстер алынады. Моменттің әсерімен білдекті айналдырған кезде дисклер сәйкес бұрышқа бірі екіншісіне қатысты ығысады. Бұл триггердің кіріс дабылының фазасының үйлеспеуіне және айналмалы білдек бұралатын өлшенетін моментке пропорционалды шығыс дабылдың жиілігінің өзгеруіне әкеледі.

9.6. Бұрыштық жылдамдықтарды өлшеу

Машиналар мен механизмдердің айналмалы түйіндерінің бұрыштық жылдамдықтары *тахометрлермен* өлшенеді. Тахометрлерді құрудың екі негізгі принципі белгілі: айналу жиілігін анықтау және құрылған көздің тұрақты жиілігі бар зерттелетін түйіннің айналу жиілігін салыстыру.

Машиналар мен агрегаттардың түйіндерінің айналу жылдамдығын өлшеу үшін кең таралымды айнымалы ток тахогенераторлары алды. Үш фазалы түзеткішпен түзеткеннен кейін тахогенератор шығысынан кернеу фильтр арқылы өлшеуіш аспапқа келіп түседі (магниттік электрлік вольтметр). Сондықтан да аспап айналым санын өлшеу бірлігінде градуслалады. Мұндай тахометрдің негізгі кемшілігі - тахогенератор роторының объектімен механикалық байланысы және үш фазалы сұлбада түзетудің қажеттілігі.

Бұрыштық жылдамдықтарды өлшеудің заманауи құралдары уақыттың калибрленген интервалдарын (немесе электрлік тербеліс жиіліктерін) және өлшеуіш түрлендіргіштерінен алынған дабыл жиілігін салыстыруға негізделген. Бұл ретте электрлік тербеліс жиілігіне жылдамдықтың әртүрлі түрлендіргіштерін - контактілі, оптикалық, индукциялық, электростатикалық және т.б. пайдаланады. Өлшеуіштік түрлендіргіштің типін өлшеу объектісінің құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты таңдайды. Индукциялық түрлендіргішті пайдаланғанда білдекке ферромагниттік материалдан жасалған дискті бекітеді, ал катушкасы бар магниттік жетекшіні айнымалы дискіге жақын жерде қозғалтпай орналастырады. Жылжымайтын катушкада дискіні айналдырған кезде ЭҚК тураланады, ол аспапқа ендірілген күшейткішпен күшейтіледі және ұқсас сандық түрленуден кейін сандық индикаторға келіп түседі. Оптикалық түрлендіргіш айнымалы объектіге бекітілген тесіктері немесе тісшелері бар дискден, жарық көзінен және фотоэлементтен (немесе фоторезистордан) тұрады. Объектіні айналдыру кезінде



9.11-сурет.

ТЦ-Зм сандық тахометрдің құрылымдық сұлбасы

жарықтық ағын жарық көзінен айналу жиілігіне еселі жиілікпен үзіледі және импульстік жарық түрінде жарықтық ағын қабылдағышына түседі. Қабылдағышта (фотоэлементте немесе фоторезисторда) жарық ағыны ЭКК импульстеріне немесе фоторезистор кедергісінің пропорционалдық өзгерісіне түрленеді, қажет болғанда

күшейткішпен күшейтіледі және ұқсас сандық түрлендіргіш арқылы сандық индикаторға беріледі. Өлшеуіштік түрлендіргіштен алынаын ендірілген генератор мен дабыл жиілігін салыстыру әдісінде құрылған тахометрлер кең таралымға ие болды. Үлгі ретінде 9.11-суретте ТЦ-Зм сандық тахометрдің құрылымдық сұлбасы келтірілген. Аспаптың электрондық кілтіннің (ЭК) кірісіне кіріс дабылға тәуелсіз түрде генератордан (Г) алынатын тұрақты жиілік импульстары келіп түседі. Кілттің басқа кірісіне жылдамдықтың өлшеуіштік түрлендіргішінен (ӨТ) импульстар келіп түседі, олар айналу жиілігінен кейін зерттелетін объектіден түседі. Есептеуіштер (Сч) генератордың бір импульсынан әрекет ету уақытында өтетін түрлендіргіштерден импульстер санын ғана есептейді.

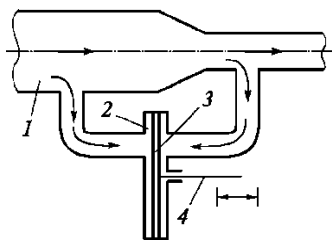
Импульстердің алынған сериялары сандық кодқа түрленеді және сандық есептік құрылғыға (СЕК) келіп түседі.

9.7. Шығыс пен деңгейді өлшеу

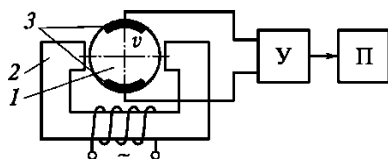
9.7.1. Сұйықтықтар мен газдардың шығыны

Ашық және жабық құбырлардағы сұйықтықтар мен газдардың шығыны қысым айырмасына, күшіне немесе орын ауысына, айналымдық немесе ілгерілемелі қозғалыс жылдамдығына шығын түрлендіргіштері бар аспаптармен өлшенеді. Шығындарды өлшеу үшін тағайындалған аспаптар *шығын өлшеуіштер* деп аталады.

Қысым айырмасын өлшеуде құрылған шығын өлшемдері (9.12-сурет) өлшеуіштік түрлендіргіштің камерасы 2 жалғанған шығыс түтіктері бар тарылған құбырларға 1 ие. Түрлендіргіштің сезімтал элементі дәнекерленген инесі 4 бар металл мембрана 3 болып табылады. Түрлендіргіштердің кейбір құрылымдарында мембранаға көпірлік сұлба бойынша жалғанатын тензорезисторларды жапсырады. Бірақ та тензорезисторларды шығынын өлшеу қажет болатын сұйықтықтың немесе газдың әсерінен мұқият қорғау қажет. Иненің ұшына 4



9.12-сурет. Қысым айырмасын пайдалану арқылы шығын өлшеуіштің түрлендіргішінің құрылымы: 1 - құбыр; 2 - өлшеуіштік түрлендіргіш камерасы; 3 - металл мембрана; 4 - дәнекерленген ине.



9.13-сурет. Тізбектің құрылымдық сұлбасы және индукциялық шығын өлшеуіштің құрылымы: 1 - құбыр; 2 - электромагнит; 3 - электродтар

индуктивтік түрлендіргіштің жылжымалы бөлікпен немесе электростатикалық түрлендіргіштің жылжымалы бөлігімен жалғайды.

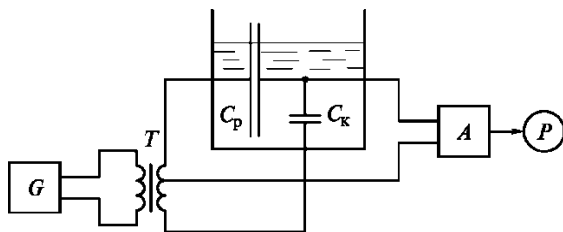
Жабық құбырларда электрлік өткізгіш сұйықтықтардың шығындарын өлшеу үшін индукциялық шығын өлшеуіштерді жиі пайдаланады. Индукциялық шығын өлшеуіштің құрылымының принципі (9.13-сурет) магнитті емес материалдан жасалған құбырдың 1 кесіндісі айнымалы магниттік ағыны бар электромагниттің 2 өрісінде орналасқан. Құбырдың ішінде пластина түрінде орындалған екі электрод 3 бекітілген. Электродтар магнитті өткізгіштің полюстері бар бір жазықтықта орналасқан. Өлшеуіштің түрлендіргіштердің полюстерінің арасында сұйықтық аққанда оның катушкасында ЭҚК беріледі, ол индукцияға B , электродтар арасындағы қашықтыққа I және сұйықтықтың қозғалыс жылдамдығына v пропорционалды:

$$E = Blv.$$

Мұндай шығын өлшеуіштің кемшілігі түрлендіргіш катушкасында қосымша ЭҚК пайда болады, олардың біреуі сыртқы өрістердің әсерімен туындаған, ал екіншісі - поляризация құбылысымен туындаған. Оған қоса индукциялық шығын өлшеуіштер қарапайым және инерциясыз болады. Олар судың, сүттің және басқа да сұйықтықтардың шығынын өлшеу үшін пайдаланылады.

9.7.2. Сұйықтық деңгейлерін өлшеу

Сұйықтықтың деңгейлері негізінен электростатикалық, индуктивтік және реостаттық түрлендіргіштермен өлшенеді. Сұйықтық деңгейлерін өлшеуге арналған аспаптар *деңгей өлшегіш* деген атауға ие болды.



9.14-сурет.

Электростатикалық түрлендіргіші бар деңгей өлшегіштің құрылымы мен тізбегінің құрылымдық сұлбасы

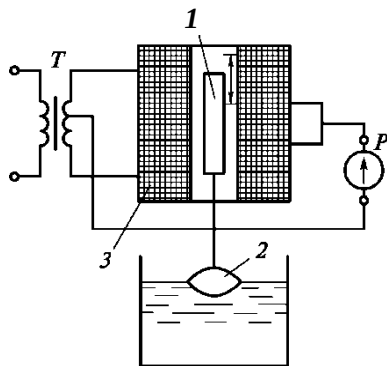
Электростатикалық түрлендіргіші бар қарапайым деңгей өлшегіш (9.14-сурет) екі конденсатордан - деңгейін өлшейтін сұйықтыққа жүктелген жұмысшы C_p және өтемдік C_k болады. Аспаптың өлшеуіштік тізбегі синусоидалық токтың көзі - трансформатор T арқылы генератордан G қоректенеді. Трансформатордың екіншілік тізбегі және екі түрлендіргіш айнаымалы токтың көпірін түзеді. Деңгей өлшеуіштің параметрлерін тұрақтандыру үшін өтемдік түрлендіргіш жұмысшы орта орналасқан ортаға орналасады. Сұйықтық деңгейін өзгерту жұмысшы түрлендіргіш параметрлерінің өзгеруін тудырады (сұйықтықта орналасқан конденсатор пластинасының ауданын өзгерту). Бұл ретте көпірлік сұлбаның тепе-теңдігі бұзылады. Көпір диагоналынан алынатын кернеу күшейткіш A арқылы деңгейді өлшеу бірліктерінде градусталған өлшегіш аспапқа P келіп түседі. Электростатикалық түрлендіргіштердің параметрлері сұйықтықпен контактідегі электрод ауданына ғана тәуелді емес, сонымен қатар диэлектрлік қасиеттеріне де байланысты, түрлендіргіші бар көпірлік сұлба иінінде сұйықтықтан тыс орналастаны қосымша конденсаторлардан тұрады.

Индуктивтік деңгей өлшегіште (9.15-сурет) трансформаторлық болаттан жинақталған түрлендіргіштің білігі 1 қалтқымен 2 механикалық байланысты. Үстінде қалтқы бар сұйықтық деңгейін өзгерген кездегі оның орын ауыстыруы дифференциалдық катушка 3 өрісіне орналасқан біліктің күйінің өзгеруін тудырады. Білік күйін өзгерту трансформатордың екіншілік орамымен T және дифференциалдық түрлендіргіш катушкасымен 3 түзілген көпірлік тізбектің тепе-теңдігін бұзады. Көпір диагоналіне қосылған өлшегіш аспап P сұйықтық деңгейінің өзгеруіне пропорционалды кернеуді көрсетеді.

Индуктивтік түрлендіргіштері бар деңгей өлшегіштердің ерекшелігі - білікшенің орын ауысуына түрлендіргіштің толық кедергісі тәуелділігінің сызықты еместігі. Сызықтық еместік әсерін

9.15-сурет.

Дифференциалдық индуктивтік түрлендіргіші бар қалтқылы деңгей өлшеуіштің сұлбасы:



азайту үшін білікшенің орнын ауыстыру кем болуы тиіс.

Индуктивтік түрлендіргіштері бар деңгей өлшегіштерде дабылдарды күшейту қажет емес.

Жоғары дәлдіктегі сұйықтық деңгейлерін өлшеу үшін жылжымалы контактідері қалтқымен механикалық байланысқан реостаттық түрлендіргіштері бар аспаптар әзірленген. Мұндай деңгей өлшеуіштердің реостаттық түрлендіргіштері көпірлік сұлбаның екі иінінен тұрады. Көпірдің өлшегіштік диагоналіне бағушы реверсивтік электрлік қозғалтқыш қосылған. Қалтқы сұйықтыққа жанасқан сәтте деңгейді вольтметрмен өлшеуге (бақылауға) болады, бұл өлшеулер қателігін азайтуға мүмкіндік береді.

9.7.3. Себілмелі материалдардың деңгейін өлшеу

Себілмелі материалдардың деңгейлерін түрлендіргіштері әртүрлі форма мен өлшемдегі екі электрод болып табылатын аспаптар көмегімен өлшейді (бақылайды). Электродтарды тікелей қорек көзі тізбегіне немесе көпірлік сұлбаның иіндерінің біріне қосады. Оларды беттен қажетті деңгейде материал деңгейін бақылайтын сұйықтыққа орнатады. Қажет болғанда көпірдің өлшеуіш диагоналінен алынатын кернеуді электрондық күшейткіштің кірсіне береді, оның шығысында өлшеуіш аспап қосылған. Себілмелі материалдардың деңгейлерін көп позициялық реттеу әрекеті осы принципке негізделген. Өлшеуіш тізбектерді қоректендіру үшін тұрақты ток көздерін пайдаланады.

Сұйық және себілмелі материалдардың деңгейлерін қашықтықтан үздіксіз өлшеу үшін электростатикалық түрлендіргіштері бар аспаптар кең таралымға ие болды. Оларда деңгейді түрлендіру үшін сұйық және себілмелі орталардың диэлектрлік қасиеттерінен түрлендіргіш сыйымдылығының тәуелділігін пайдаланады. Өлшеуіштік түрлендіргіштен алынатын дабылдарды күшейту

үшін үлкен кіріс кедергісі бар электрондық күшейткіштер қолданылады. Электростатикалық түрлендіргіштері бар деңгей өлшегіштер $\pm 2,5\%$ қателікпен 0-ден 10 м шегінде деңгейлерді өлшеуге мүмкіндік береді.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай механикалық шамалар, олардың бірліктері мен эталондары бар?

2. Механикалық шамаларды өлшеудің қандай принциптері бар?

3. Механикалық иінтіректі таразылардың қандай типтері бар? Олардың негізгі сипаттамаларын атаңыз. Олардың қолданылу салаларын көрсетіңіз.

4. Электромеханикалық таразылардың қандай типтері бар? Олардың сипаттамалары қандай? Олардың қолданылуын түсіндіріңіз.

5. Үлкен салмақты өлшеуге арналған таразылар қалай жұмыс істейді және қайда қолданылады?

6. Үлкен салмақты өлшеуге арналған таразылардың ерекшеліктері қандай?

7. Күш түрлендіргіштерінің қандай типтері бар? Олардың сұлбалары мен негізгі техникалық сипаттамаларын келтіріңіз.

8. Қысым түрлендіргіштерінің қандай типтері қолданылады? Олардың сұлбаларын, сипаттамаларын және қолданылуы салаларын келтіріңіз.

9. Иінтіректі таразыларда өлшеу кезінде қандай әдістер пайдаланылады?

10. Айналдырғыш моменттер қандай тәсілмен өлшенеді?

11. Тензорезисторларды жапсырудың қандай сұлбалары қолданылады?

12. Айналдырғыш моменттің электростатикалық және фотоэлектрлік түрлендіргіштері қалай жұмыс істейді?

13. Бұрыштық жылдамдықтар қандай аспаптармен өлшенеді?

14. Сұйықтықтар мен газдардың шығыны қандай әдістермен және құралдармен өлшенеді?

15. Сұйықтықтар мен себілмелі материалдардың деңгейін

ЖЫЛУЛЫҚ ШАМАЛАРДЫ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ

10.1. Жалпы мәліметтер

Көптеген техникалық, физикалық, химиялық және физиологиялық процесстердің өту сипаты жылулық әсерлермен тығыз байланысты. Сондықтан да температураны өлшеу нәтижелері көбінесе осы процесстер туралы біршама маңызды тікелей немесе жанама ақпаратты береді.

Температура - объектінің жылулық күйін (энергетикалық) сипаттайтын шама.

Температуралық өлшемдермен зерттеу жұмыстарында, жобалау мен өндірісте қақтығысу керек болады. Даналық бұйымдарды дайындау кезінде Шамамен 10 % , ал үздіксіз өндірістерде барлық өлшемдердің 50 % дейіні жылулық шамаларды өлшеу үлесіне тиісті болады.

Өлшеу температурасы көптеген технологиялық процесстердің сапасын, сенімділігін және үнемділігін анықтайтын қажетті сілтеме болып табылады.

Температуралық өлшеулер энергетика, тағам және химиялық өнеркәсіп үшін, жаппай өнімдердің заманауи өндірісінің көптеген түрлері үшін өмірлік қажетті болып табылады. Температураны өлшеу үшін *термометрлердің* әртүрлі түрлері пайдаланылады.

Егер термометрдің термосезімтал элементі өлшеу объектісімен тікелей (кондуктивтік) немесе конвективтік жанасуда болса, онда мұндай термометр *контактілік* деп аталады.

бірақ та міндеттердің барлық қатарын контактілік термометрлердің көмегімен шешу мүмкін емес. Бұл бірінші кезекте жоғары және шамадан тыс жоғары температураларды, өте үлкен немесе өте кішкентай объектілерді температураларын, сонымен қатар жылдам әрекет етуге жоғары талап болған кездегі жылжымалы объектілерді өлшеулерге қатысты. Бұл жағдайларда бесконтактілік аспаптарға - *оптикалық пирометрлерге* артықшылық берген жөн. Пирометрлерді пайдалану кезінде объектінің температурасы толық сәуленің қарқындылығы, толқын ұзындығының белгілі диапазонындағы сәулелену немесе сәулелену түсі бойынша анықталады.

10.2. Жылулық шамалар, олардың бірліктері мен жүргізу тәсілдері

Өлшеу бірліктерінде негізгі жылулық шама ретінде *температура* қабылданған. Температура бірлігі *кельвин* К болып табылады. Температура сонымен қатар *Цельсий градусымен* (°C) ұсынылған. Абсолюттік температуралардың айырмашылығы Цельсий шкаласы бойынша температуралардың айырмашылығы ретінде кельвинмен өрнектеледі. Кельвиннің еселік және үлестік бірліктері жалпы ережелерге сай түзіледі.

Газды термометрлердің көмегімен термодинамикалық шкала бойынша температураның өлшемімен байланысты техникалық қиындықтар тәжірибелік мақсаттар үшін Халықаралық тәжірибелік температуралық шкала (ХТТШ) қабылданғанына әкелді. Бұл шкала барлық метрологиялық органдар үшін міндетті болып табылады.

1968 жылы қабылданған халықаралық тәжірибелік температуралық шкала (ХТТШ -68) температураның белгілі мәндері берілген кейбір заттардың тепе-теңдіктің жүргізілетін күйлері (реперлік нүктелер) қатарына негізделеді. Реперлік нүкте - «судың үштік нүктесі» - қалыпты атмосфералық қысымда (760 мм.сын.бағ) судың балқы температурасына сәйкес келеді және 0°C (дәлірек 0,01 °C) немесе 273,16 К сәйкес келеді. Шкаланың реперлік нүктелері арасындағы интерполяция 3,81 К...630,74 °C диапазонында кедергінің эталондық платиналық термометрі көмегімен және 630,74.1 064,43 °C диапазондағы эталондық платиналы-платиналы родийлі термобудың көмегімен жүргізіледі. 1 064,43 жоғары ХТТШ 133,58 К бастапқы температурада және $C_2 = 0,014388 \text{ м} \cdot \text{К}$ тұрақты сәуледе Планка сәулелену заңына сәйкес іске асырылады.

Қолданыста тағы да аспаптар бар болғандықтан, бірінші кезекте градуосталуы ХТТШ-68 сәйкес орындалған кедергі термометрлері және термобулар оларды жөнделген нәтижелерді алу үшін пайдаланғанда түзетулер енгізу қажет.

10.1 және 10.2 кестелерде маңызды жылулық шамалар мен коэффициенттердің жиынтығы келтіріледі.

ХТТШ-68 жүргізуге арналған мемлекеттік (біріншілік) эталон ретінде өлшеу құралдарының кешені қолданылады, ол -259,34,+1 064,43 °C температуралар диапазонында реперлік нүктелерді жүргізуге арналған құрылғылардан (10.3-кесте), кедергінің платиналық термометрлері, платиналық-платиналық родийлік термобулар және электрондық өлшеуіштік аппаратурадан тұрады.

Біріншілік эталондық кешен өлшеудің үлгілік құралдарына температура бірлігін беру қызметін атқарады (10.3-кестені қараңыз). 10.3-кестеде көрсетілген өлшеу дәлдігі туралы мәліметтер

Жылулық шамалар мен олардың бірліктері

Шамасы	Температура, T	Жылу мөлшері, Q	Жылу сыйымдылығы, G	Энтропия, S	Жылу ағыны, Φ
Бірлігі	Кельвин	Джоуль	Кельвинге джоуль	Кельвинге джоуль	Вт
Белгіленуі	К	Дж	Дж · К ⁻¹	Дж · К ⁻¹	Вт
Анықтама	Кельвин - бұл судың үштік нүктесінің температурасының 1/273,16 бөлігі (термодинамикалық)	Джоуль - бұл 1 Дж механикалық жұмысқа (энергияға) тең жылу мөлшері	Кельвинге джоуль - бұл температурасына 1 Дж жылу мөлшерін жеткізген кезде 1К артатын дененің жылу сыйымдылығы	Кельвинге джоуль - бұл кері процессте жүйе энтропиясының өзгеруі, мұнда температура 1К өзгерген кезде 1 Дж жылу мөлшері белгілі болады.	Ватт - 1 Вт механикалық қуаттылыққа сәйкес келетін жылу ағыны.

Жылулық коэффициенттер мен олардың бірліктері

Шамасы	Жылу алмасу коэффициенті, α	Жылу беру коэффициенті, κ	Жылу өткізгіштік коэффициенті, χ	Сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенті, α_m	Көлемдік кеңеюдің температуралық коэффициенті, α_v
Бірлігі	Шаршы метр-кельвинге ватт	Шаршы метр-кельвинге ват	Метр-кельвинге ватт	Метр-кельвинге метр	Текше метр-кельвинге текше метр
Белгіленуі	Вт · м ² · К ⁻¹	Вт · м ⁻² · К ⁻¹	Вт · м ⁻¹ · К ⁻¹	м · м ⁻¹ · К ⁻¹	м ³ · м ⁻³ · К ⁻³

**Метрологиялық институттарда қол жеткізілетін
температураны өлшеудің қателігі**

Өлшенетін мәннің температу расы	Өлшеу құралы	Абсолюттік қателік, К
-200	Кедергінің платиналық термометрі	0,01
-100	Кедергінің платиналық термометрі Мысты-константалы термобу Әйнек термометр.	0,01 0,2 0,5
0	Кедергінің платиналық эталондық термометрі Кедергінің платиналық термометрі Мысты-константалы термобу Әйнек термометр.	0,002 0,03 0,1 0,005
100	Кедергінің платиналық эталондық термометрі Кедергінің платиналық термометрі Қолайсыз материалдардан жасалған Әйнек термометр.	0,003 0,03 0,5 0,01
1000	Платиналы-платиналы родийлі Қолайсыз материалдардан жасалған Визуалық квазимонохроматтық пирометр Толық сәулелену пирометрі Спектральдық сәулелену пирометрі	1,0 3,0 3,0 10,0 15,0

тек өлшеу құралдарының өздеріне беріледі және термометр арқылы қоршаған ортаға жылу беру сияқты факторлар ескерілмейді.

Пирометрдің температура бірлігін беру ісі біршама күрделі тұр. Бұл мақсаттар үшін әлсірететін фильтрлердің жүйесі бар квазимонохроматтық пирометрлерді пайдаланады. Пирометрді градуустауды алтынның қатуы температурасындағы көлденең орналасқан қара сәуле шығарғыш бойынша іске асырады.

800-ден 2400 °С-ге дейінгі температураларда пирометрлердің тексеру және градуустау құралдары ретінде қыздырылатын вольфрамды таспасы бар температуралық лампаларды пайдаланады. ХТТШ-68-бен толық сәулелену пирометрлері мен спектральдық таратуды келісу үлгілі квазимонохроматтық пирометрлердің көмегімен жүргізіледі.

Вольфрам, рений және молибден негізінде жоғары температуралық термобуларды градуустау күрделі, әлі соңына дейін шешілмеген міндетті көрсетеді.

10.3. Температураны өлшеу

10.3.1. Жалпы мәліметтер

Температура - әртүрлі ғылыми, техникалық, өндірістік зерттеулердің міндеттерінде бағаланатын маңызды физикалық шамалардың бірі. Температура - ол өзіндік физикалық шама, ол кез келген күйдегі (қатты, сұйық, газ тәріздес және комбинирленген күйдегі) барлық заттарға тән.

Тарихи жоспарда температура - ең ескі өлшенетін физикалық шамалардың бірі. Жүздеген жылдар бойы адамзат температураны өлшейді. Температураны өлшеудің алғашқы құралдары (сұйықтықты термометрлер) XVI ғ. пайда болды. Оларды ашудың авторлық құқығы белгілі итальяндық табиғат зерттеушісі Г.Галилейге тиесілі. Термометрияның дамуына әртүрлі сатыларда XVII—XIX ғғ. Г.Фаренгейт, А.Цельсий, У.Томсон (лорд Кельвин), Т.Зеебек және т.б. белгілі ғалымдар біршама үлес қосты. Соңғы он жылдықта эксперименттік зерттеулер тәжірибесінің қажеттіліктері біршама өсті, температураны өлшеу диапазондары қатты кеңейді, метрологиялық және эксплуатациялық сипаттамаларға қойылатын талаптар бірден артты. Бір мезетте өлшеу техникасы, микроэлектроника, компьютерлік техника, қолданбалы математика мүмкіндіктері де өсті.

Өлшенетін температуралардың мәндерінің диапазоны біршама кең болғандықтан (-270°C -тан бірнеше мыңдаған градус Цельсияға дейін), аспаптардың дәлдігіне, сезімталдығына, жылдам әрекет етуіне, функционалдық мүмкіндіктеріне, эксплуатациялық сипаттамаларға қойылатын талаптар әртүрлі, сондықтан да қолданылатын әдістер мен құралдар да біршама әртүрлі болады. Температураны өлшеудің заманауи әдістері мен құралдары температураның өзгеруі кезінде көрінетін сұйықтықтардың, газдардың, қатты денелердің әртүрлі физикалық ерекшеліктеріне (механикалық, электрлік, оптикалық қасиеттер) негізделген.

Қазіргі уақытта температураны өлшеудің электрлік және электрлік емес әдістері мен құралдары да пайдаланылады. Электрлік емес әдістер, мысалы, әдеттегі сұйықты термометрлермен көрсетіледі. Электрлік әдістер (заманауи өлшеулердің негіздері) мысалы, термоэлектрлік түрлендіргіштер негізінде термометрлер мен регистраторларда іске асырылған. 10.3-бөлімде тек электрлік әдістер мен температураны өлшеу құралдары туралы айтылады.

Статикалық өлшеулер (оларда қадағалау уақытының ішінде температура мәнінің тұрақтылығы болжанады) мен *динамикалық* өлшеулер (процесс біршама жылдам өзгереді және шаманың тәртібі сипатын білу және барлық өзгерістерді

жедел бақылау маңызды, мысалы, автоматтандырылған басқару жүйесінде). Сонымен қатар температураны өлшеу құралдарын *көрсететін* және *тіркейтін* деп бөлуге болады. Біріншілері статикалық үлгілерді іске асырады және ағымдағы мәнді санау үшін шкала немесе сандық индикаторға ғана ие. Екіншілері динамикалық үлгілер үшін тағайындалған және біршама уақыт интервалы ішінде температураның өзгерістерін (уақыт қызметі сияқты) жазуға мүмкіндік береді.

Ақпаратты түрлендіру тәсілдері бойынша өлшеу әдістері мен құралдары *сандық* және *ұқсас* болып бөлінеді. Сандық термометрлер ұқсастардың алдында бірнеше белгілі артықшылықтарға ие: біршама жоғары метрологиялық және эксплуатациялық сипаттамалар, жылдам әрекет ету, сенімділік. Оған қоса, ақпаратты ұсынудың сандық формасы одан әрі мәліметтерді автоматтандырылған өңдеу, ақтау, беру және ұсынудың қарапайымдылығын қамтамасыз етеді.

Аспаптың объектімен өзара әрекеттесу принципі бойынша температураны өлшеу құралдары мен әдістері *контактілік* және *контактсіз* болып бөлінеді. Алғашқылары қолдануда қарапайым және біршама жоғары дәлдікті қамтамасыз ете алады. Екіншілері жұмыс кезінде қолайлы (кейбір жағдайларда тіпті таптырмайды), нәтижені жылдам алуға мүмкіндік береді, бірақ үлкен қателікпен де болуы мүмкін.

Көп арналы температура өлшегіштері (тіркегіштері) бірнеше процесстерді тіркеу үшін немесе бірнеше нүктелерде температураны синхрондық өлшеуге тағайындалған.

Қазіргі уақытта температуралық өлшемдер тәжірибесінде әдетте, түрлендірудің электрлік әдістеріне негізделген температураны өлшеудің сандық құралдары пайдаланылады.

Бұл ретте объектілер мен процесстерді динамикалық та, статикалық та үлгілері қолданылады. Контактілі де, контактсіз де әдістер мен құралдар бірдең кең таралған.

Бір арналы өлшегіштер *көп арналылардан* жиі қолданылады, дегенмен екі немесе бірнеше әртүрлі физикалық шамаларды өлшей алатын комбинирленген сандық аспаптар кеңінен қолданылады, мысалы, ауаның температурасы мен салыстырмалы ылғалдылығы немесе ауа ағынының тжылдамдығы мен температураны (термоанемометр). Температураны тіркеушілер ішінде көп арналық көрсеткіш аспаптардан қарағанда біршама жиі кездеседі.

Температураны өлшеу және тіркеу құралдарына қойылатын негізгі талаптар: өлшеу нәтижелерінің қажетті сенімділігі, қатаң жұмыс жағдайында жұмыс істеу мүмкіндігі мен сенімділігі, шағын габаритті өлшемдері мен массасы, жұмыстың қарапайымдылығы мен ыңғайлылығы, зерттеу процесстерінің барысына әсердің болмауы (дәлірек айтқанда елеусіз әсер) , ұсынылатын ақпараттың көрнекілігі, қолжетімді баға.

10.3.2. Температураны өлшеу құралдарының әрекет ету принциптері

Термомеханикалық әсерді пайдалану. Қатты денелердің, сұйықтықтар мен газдардың кеңеюінің температураға тәуелділігі *термомеханикалық әсер* деп аталады. Ол қатты денелі, сұйықтықты және газды термометрлерді құрудың негізіне қаланған.

Сұйықтықпен немесе газбен толтырылған екі қатты денелердің немесе екі қабықшаның жылулық кеңеюінің айырмашылығы температураны ажырату шамасы болуы мүмкін, егер олардың жылулық кеңею коэффициенттері әртүрлі болса.

Термоэлектрлік әсерді пайдалану. Өткізгіштер мен жартылай өткізгіштердің температурадан электрлік кедергісінің тәуелділігіне кедергі термометрлерінің әрекет ету принципі негізделеді.

Термоэлектрлік термометрлерде *Зеебе-ка әсері* пайдаланылады, оған сәйкес температура тең болмағанда бірыңғай контурға байланысқан екі әртүрлі өткізгішті жалғану орнында температура айырмасының шамасы болатын потенциалдардың әртүрлілігі туындайды.

Қыздырылған денелердің сәулеленуін пайдалану. Қатты денелер мен сұйықтықтар, егер олардың температурасы абсолютті нөлден жоғары болса, электромагниттік сәулелену көздері болып табылады (жылу және жарық). Сәуле шығаратын объектілердің температурасын өлшеу үшін сәулелену параметрлерінің олардың температурасына тәуелділігі қолданылады.

Кирхгоф заңына сәйкес, нақты сәуле шығарғыштың сәулеленуінің спектрлік тығыздығы $L(X, T)$ абсолюттік қара сәуле шығарғыштың сәулеленуінің спектральдық тығыздығына $L_S(X, T)$ пропорционалды:

$$L(\lambda, T) = L_S(\lambda, T)/\varepsilon(\lambda, T),$$

мұнда λ - толқын ұзындығы; T - абсолюттік температура; L_S — абсолюттік қара дененің сәуле шығаруының спектрлік тығыздығы; ε - қаралықтың спектральдық коэффициенті.

Көптеген металлдардың, пластмассалы және силикатты материалдардың қаралық коэффициентінің мәндері жұмысшы температураларда біршама үлкен. Қара дененің сәулеленуінің спектральдық тығыздығының оның температурасына тәуелділігі *Планка теңдеуімен* сипатталады:

$$L_S(\lambda, T) = 2\pi h \lambda^{-5} \{c^2 [\exp(h\lambda/kT) - 1]\},$$

мұнда h — Планка тұрақтысы, $h = 6,624 \cdot 10^{-34}$ Дж · с; k — Больцман тұрақтысы, $1,380 \cdot 10^{-23}$ Дж · $к^{-1}$; c — вакуумдағы жарық жылдамдығы. $c = 2,997 \cdot 10^8$ м · с $^{-1}$.

біршама қысқа толқын ұзындықтары бөлігіне ығысады (*Виннің ығысу заңы*).

қара дененің сәулеленуінің интегралдық тығыздығы *Стефан-Больцман* теңдеуіне сәйкес абсолюттік температураның төртінші дәрежесіне пропорционалды болады:

$$\int_0^{\infty} L_s(\lambda, T) d\lambda = \sigma T^4,$$

мұнда σ — Стефан-Больцман тұрақтысы, $\sigma = (5,66961 \pm 0,00096) \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$.

Ұзын толқынды облысты өлшеу кезінде сәуле шығарудың жылулық қабылдағыштары пайдаланылады.

Оптоэлектрониканы пайдалану Сәулелену жарықтығы фотоқабылдағыштар көмегімен өлшенеді, олар қабылдағыштың жарыққа сезімтал бетіне жеткен фотонлардың

$$N(\lambda, T) = 2\pi c \lambda^{-4} [\exp(c_1/\lambda T) - 1]^{-1},$$

мұнда c — вакуумдағы жарық жылдамдығы; $c_1 = \frac{hc}{k}$.

Спектральдық қарқындылықпен ұқсастығы бойынша спектральдық жарықтық температураның өсуімен артады, ал оның максимумы толқынның қысқа ұзындығы жағына қарай ығысады.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай жылулық шамалар, олардың бірліктері мен эталондары бар?
2. Халықаралық тәжірибелік температуралық шкалада қандай негізгі реперлік нүктелер бар?
3. Қандай жылулық коэффициенттері мен олардың бірліктері бар? Олар қандай тәуелділіктермен анықталады?
4. Әртүрлі өлшеу құралдарымен температураны өлшеу қателіктерінің қол жетімді минималдық мәндері қандай?
5. Температураны өлшеу құралдарының әрекет етуінің қандай принциптері бар?
6. Идеалдық сәуле шығарғыштарда сәулеленудің қандай заңдары бар?
7. Шынайы сәуле шығарғыштардың параметрлерін бағалау кезінде сәуле шығарудың қандай заңдары қолданыста бар және пайдаланылады?

ТЕМПЕРАТУРАНЫ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ

11.1. Халықаралық температуралық шкала

Біздің қоршаған әлемнің өзгеруін сипаттайтын маңызды сипаттамалардың бірі температура болып табылады. Жер тұрғындарының көп бөлігі тұратын, адамның тіршілік ететін ортасының температураның орташа жылдық айырмасы $-50... +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа жетуі мүмкін.

ММұндай адам ағзасы үшін қиын жағдайларда тұру қажеттілігі адамның қоршаған ортаның төмен температурасы кезінде жылу сақтаудың және керісінше, жоғары сыртқы температурада қызудан қорғаудың жаңа әдістерін жасауға мүмкіндік береді.

Салмақ, көлем және ұзындық өлшегіштерінен кейін температура өлшегіші (термометр) оны құрудың көнелігі болып табылады. Алғашқы термометрдің тарихы 300 жылдан артады.

Адам температураны өлшеуді үйренгеннен кейін, өлшеуіш құралының бұл түрі өзінің қолданысын адам қызметінің әртүрлі салаларында үнемі кеңейтеді: өнеркәсіпте, ғылымда, медицинада, коммуналдық шаруашылықта, мемлекет қорғанысында. Өлшенетін температуралардың диапазонын кеңейту мен дәлдігін арттыруға айқын тенденция сақталады. Егер бүгінде өнеркәсіп 10^{-2} -ден $10^5\text{ }^{\circ}\text{C}$ дейін температураны өлшеуді қажет етсе, онда қазіргі заманғы ғылым 10^{-7} -ден $10^8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ге дейінгі диапазондарда зерттеулер жүргізеді.

Қазіргі уақытта термометрияны жаңа бағыты - *жылу көру* дами бастады. Қарапайым температура өлшегіштерден айырмашылығы жылу көздеуіш техника жергілікті бөлікте немесе бақыланатын объект бойынша орталанатын облысты өлшейді, ол объектінің беті бойынша температуралық учаскелерді таратуды зерттеуге мүмкіндік береді. Мұндай өлшеулер жылу шығыны орындарын, электрлік және технологиялық сұлбаларда шамадан тыс учаскелерді іздеуде, қарсылас объектілерін іздеу мен анықтауда, емделушінің ауыратын мүшелерін оқшаулауда маңызды.

Температура табиғаттағы физикалық және биологиялық деңгейдегі процесстер мен реакцияларға да, сол сияқты адам

іске асыратын технологиялық процесстерге де көп түрлі әсер көрсетеді. Осыған байланысты температура шамасын көрсетудің сенімділігі өте өзекті. Жер жағдайларында 10^{-3} тен 10^8 К-ге дейінгі температураға қол жеткізіледі (термоадролық реакция аймағында). Өнеркәсіптік технологиялық процесстерде жоғарғы шегі, әдетте, 300 К-мен шектелген. Нақты қойылған тапсырмаға және өлшеудің қажетті дәлдігіне қол жеткізуге байланысты температураны өлшеу үшін өлшеудің әртүрлі құралдары мен әдістері қолданылады.

Температура кез келген басқа да физикалық шама ретінде белгілі өлшеу аспаптарының жиынтығымен өлшенеді. Температураны өлшеуге арналған құралдар термометрлер болып табылады, олардың кіріс (өлшенетін) шамасы температура болып табылады, ал шығыс (шығыс дабыл) тікелей температураға тәуелді болатын кез келген шама болуы мүмкін.

Өлшеу әдісі бойынша термометрлер *контактілік термометрлер*, өлшенетін объектімен тікелей жанасатын және зерттелетін объектінің температурасын ол шығаратын энергия бойынша қашықтықта контактсіз анықтайтын сәулелену пирометрлер деп бөлінеді.

Температураның шынайы мәнін ешқашан да абсолюттік тура анықтауға болмайды. Берілген тәсілдердің бірімен температураны өлшеу кезінде өлшеудің бірдей нәтижелеріне үнемі қол жеткізе бермейді. Реперлік нүктелер бойынша немесе эталондық өлшеуіш аспаптың көрсеткіштерімен салыстыру жолымен анықталған өлшенген және нақты мәндер арасындағы айырмашылық *өлшеу қателігі* деп аталады.

Өлшегіш аспаптардың көмегімен объект температурасын тек термометрде бақыланған температура мәндерін кейбір эталондық температурамен қатыстыру арқылы ғана анықтауға болады. Температураны бір мәнді өлшеу үшін нақты температуралық шкаланы құру қажет болды. Бұрыннан беру термометрлерді градуस्ताу үшін мұздың еру мен судың қайнау температурасын пайдаланды, себебі бұл процесстер біршама қол жетімді және сәйкесінше, оларға ілеспе температуралар біршама жеңіл өндіріледі.

Термодинамикалық температураның бірлік эталоны - кельвин. Температуралардың термодинамикалық шкаласын енгізгенге дейін сұйықтықты термометрлер көмегімен іске асырылатын интервалды температуралық шкалалар қолданылған (Фаренгейт, Реомюр, Цельсий). Олардың кемшілігі - жұмысшы заттардың қасиеттерімен негізделген термодинамикалық шкаладан сызықтық емес ауытқуы.

Барлық талаптарды қанағаттандыратын, температураның мәні мен заттардың қандай да бір қасиеттеріне тәуелді емес жүргізілетін температуралық шкаланы 1848 жылы У.Томсон (лорд Кельвин) әзірлеген және *термодинамикалық температуралық*

шкала деп аталады. 1954 жылы Х Өлшемдер мен салмақтар бойынша бас конференция (ӨСБК) Кельвин градус термодинамикалық температура бірлігін судың үштік нүктесінің термодинамикалық температурасының $1/273,16$ бөлігі ретінде анықтады. 1967 жылдан бастап термодинамикалық температура бірлігі *кельвин K* деп аталады.

Халықаралық температуралық шкала Әдетте температуралық шкалаға қойылатын негізгі талап: ол бойынша өлшенген температуралар теплофизикалық есептер үшін негіз болатын термодинамика мен статикалық физика формулаларына кіретін температуралармен сәйкес келуі тиіс. Мұндай термодинамикалық шкала *Карно циклінің* көмегімен енгізіледі. Термодинамикалық шкала сонымен қатар *термодинамиканың екінші бастамасына* сай енгізілуі мүмкін.

Термодинамикалық шкала бойынша температураны өлшеу кезінде тәжірибеде әдетте Карно циклін емес, термодинамикалық температурамен қолайлы өлшенетін термометрлік қасиетті байланыстыратын термодинамиканың екінші бастамасының қатаң салдарының бірін қолданады: идеалдық газ заңы, абсолюттік қара дененің сәулелену заңдары, идеальдық парамагнетиктің Кюри заңы, электрлік кедергідегі кернеудің жылулық флуктуацияы үшін Найквист формуласы және т.с.с. Температуралық тәуелділік осы қатынастардан алынған термомерлерді көбінсе біріншілік деп атайды.

Біріншілік термометрлер жоғары дәлдікте тәжірибелік өлшеулер үшін жарамсыз зор құрылғыларды көрсетеді. Олардың тағайындалуы - термодинамикалық температуралық шкаланы қолайлы сезімтал және тұрақты *екіншілік термометрлерге* беру.

Реперлік нүктелерге түзету енгізу арқылы екіншілік платинкалық термометрлерді градустау тәсілі халықаралық температуралық шкала негізінде жатыр, ол соңғысынан минималдық ауытқулары бар термодинамикалық температуралық шкала бойынша температураларды жүргізеді. Халықаралық температуралық шкалалардың маңызды артықшылығы - оның нақты термометр - шкала тасымалдаушылардан тәуелсіздігі.

Тәжірибеде термодинамикалық шкаланы іске асыру көптеген эксперименттерді жүргізуді қажет етеді, сондықтан да халықаралық келісімдер негізінде Халықаралық тәжірибелік температуралық шкала (ХТТШ) деп аталатын эмпирикалық, жеңіл көрсетілетін шкала қабылданды, ол Кельвиннің термодинамикалық температуралық шкаласына (КТТШ) жуық болады. Қазіргі уақытта стандарт ретінде 1990 ж.нақтыланған ХТШ-90 қабылданды.

Өзінің төменгі шегіндегі $0,65\text{ K}$ тең және 5 K дейінгі диапазонда ХТШ-90 гелийді қаныққан буарының қысымы бойынша көрсетіледі. $3...13,8\text{ K}$ интервалда газды термометр пайдаланылады,

ал 13,8...24,5 К интервалда газды термометрді де, кедергінің платиналық термометрін де қолдануға рұқсат етіледі. 24,5 К жоғары және тіпті 1235 К дейін ХТШ-90 платиналық термометрмен көрсетіледі, ал біршама жоғары температураларда - Планктің сәулелену заңына сай абсолюттік қара денелердің жарықтық ағынының спектралдық тығыздықтарының қатынасын өлшейтін радиациялық термометрмен көрсетіледі.

11.2. Температураны өлшеуге арналған аспаптар сұлбалары

11.2.1. Механикалық контактілік термометрлер

Контактілік термометрлерде (11.1-сурет) термомеханикалық әсер іске асырылады.

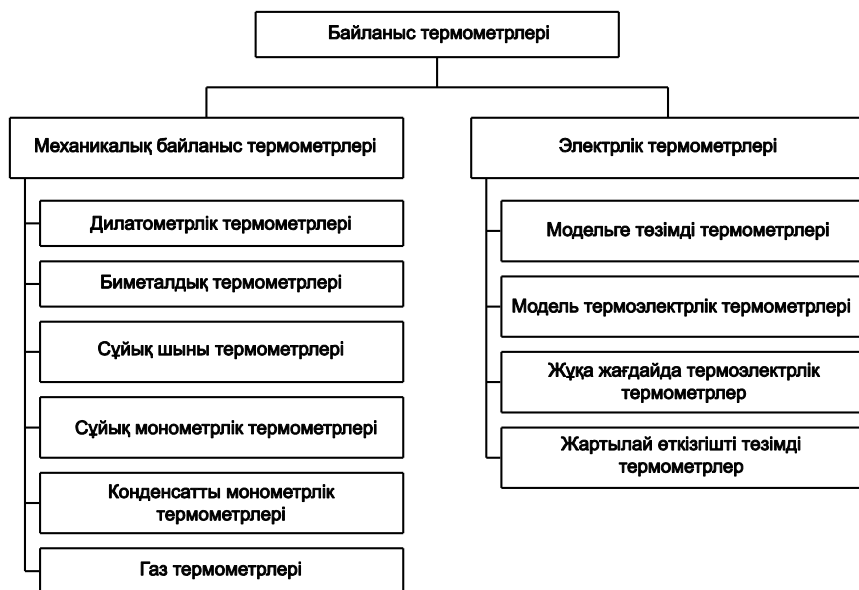
Заттардың жылулық кеңею процесі *Гей-Люссак заңы* бойынша өтеді және теңдеумен өрнектеледі

$$A_2 - A_1 [1 + \alpha(v_2 - v_1)],$$

немесе

$$\Delta A = A_2 - A_1 = A_1 \alpha \Delta v,$$

мұнда A_1 и A_2 — v_1 және v_2 температураларындағы қыздырылатын дененің өлшемдері α — жылулық кеңею коэффициенті



11.1-сурет Контактілік термометрлер.

Кеңею термометрінің сезімталдығы $S =$

$$S = \Delta L / \Delta v = A_0 (\alpha_1 - \alpha_2),$$

мұнда A_0 — кейбір бастапқы температура кезінде термометрді құраушы екі дененің ұзындығы; α_1 және α_2 — олардың жылулық кеңеюі коэффициенттері.

11.2.2. Кеңеюдің металды термометрлері

Дилатометрлік термометр сызықтық кеңеюдің үлкен температуралық коэффициенті бар металл түтік және түтіктің осі бойынша орналасқан және олардың ұштарының бірінде қатты бекітілген кеңеюдің кіші коэффициенті бар стержень түрінде орындалады.

Температураның өзгеруімен туындаған стержень мен түтік ұштарының орын ауысуының айырмашылығы иінтіректі-тісшелі жүйемен қабылданады және есептік құрылғыға беріледі.

Сызықтық кеңею коэффициентінің орташа мәні α_1 - келесі түрде анықталады:

$$\alpha_1 = \frac{l_2 - l_1}{l_1(v_2 - v_1)} = \frac{\Delta l}{\Delta v l},$$

мұнда l_1, l_2 — v_1 и v_2 . температураларындағы түтіктің ұзындығы.

Егер $v_1 = 0^\circ\text{C}$ болса, онда өрнек жеңілдетіледі $\alpha_1 = \Delta l / (v_2 l_0)$.

Сызықтық кеңеюдің белгілі коэффициенттеріндегі v_2 өлшенетін температура салыстырмалы ұзаруға байланысты $\Delta l / l_0$ формула бойынша анықталады:

$$v_2 = [\Delta l / (\alpha_1 l_0)]_R - [\Delta l / (\alpha_1 l_0)]_{St}.$$

11.1-кесте

Сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенттері

Материал	сызықтық кеңею коэффициенті	Материал	Сызықтық кеңеюдің коэффициенті, $\alpha \cdot 10^{-6}, \text{K}^{-1}$
Алюминий	23,8	Никель	13,0
Темір (құйма)	10,4	Фарфор	3,5
Әйнек	5,9	пластмассалар	80,0
Инвар	1,5	Кварцті әйнек	0,5
Сым	16,5	Болат (қоспа-	15,0
жез	18,4	ланған)	

Мұнда R индексі түтік кеңеюіне жатады, ал St индексі - стерженьге қатысты. 20... 100 °C температура диапазонындағы кейбір материалдардың сызықтық кеңею коэффициенттерінің орташа мәндері

11.1-кестеде келтірілген. Биметаллды термометрлер сызықтық кеңеюдің әртүрлі коэффициенттері бар материалдармен түзілген екі қабатты металл таспадан тұрады. Жез (мыс пен мырыш қорытпасы) пен инвар (темір никельді қорытпа) кең таралымға ие болды. Температура Ax -ке өзгерген кезде бір ұшынан қысылған таспа Ax иілу орнының деформациясына ұшырайды, оны төмендегі формула бойынша біршама дәлдікте есептеуге болады

$$\Delta x = (l^2 / 2s) \Delta \alpha; \Delta v,$$

мұнда l — бейметалл таспаның ұзындығы s — бейметалл таспаның жуандығы; $\Delta \alpha_1$ — бейметалл компоненттердің сызықтық кеңеюі коэффициенттерінің айырмашылығы, $\Delta \alpha_1 = \alpha_{l1} - \alpha_{l2}$.

Формула $\alpha_{l1} > \alpha_{l2}$ болғанда дұрыс болады.

Осылайша, $l = 5$ см, $s = 1$ мм және $A\alpha / = 15 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ болғанда температураны 100 К өзгерткен кезде бейметалл таспа $\Delta x = 2$ мм иіледі.

Бұл деформация дилатометрлік термометрмен құрылатын орын ауысудан екі есе артады.

11.2.3. Сұйықтықты шыны термометрлер

Сұйықтықты шыны термометрлердің негізгі элементі термометрлік сұйықтықпен толтырылған капилляры бар шыны баллон болып табылады. Температураны өлшеу мүмкіндігі капилляры мен термометрлік сұйықтығы бар шыны баллонды көлемдік кеңейту коэффициенттеріндегі айырмашылықтан туындайды. Көлемдік кеңеюдің температуралық коэффициенті мынадай анықталады

$$\alpha_v = \frac{V_2 - V_1}{V_1(\alpha_2 - \alpha_1)} = \frac{1}{V_1} \frac{\Delta V}{\Delta v},$$

мұнда V_1 и V_2 — t_1 және t_2 температуралардағы сәйкесінше сұйықтық өклемі мен шыны ыдыстың көлемі

$v_1 = 0$ °C бастапқы температура үшін өрнек жеңілдетіледі:

$$\alpha_v = \Delta V / (v_2 V_0).$$

Сұйықтық (индекс F) пән әйнектің (индекс G) көлемдік кеңеюі коэффициенттерінің айырмашылығын

$$\Delta \alpha_v = \alpha_{V(F), v_0, v_2} - \alpha_{V(G), v_0, v_2}$$

өлшенетін

температурадан термометр көрсеткішінің тәуелділігі анықтайды:

$$v_2 = [\Delta V / (\alpha_V V_0)]_F - [\Delta V / (\alpha_V V_0)]_G.$$

Дәл өлшеулер үшін суламайтын сұйықтықтармен толтыру арқылы шыны термометрлер пайдаланылады. Көбінесе сынапты толтыру пайдаланылады. Термометрлік сұйықтық ретінде сынаптың артықшылығы ол ауада мүлдем дерлік тотықпайтындығына негізделеді, химиялық таза күйде өте жеңіл алынады және температураның кең интервалында сұйық күйде қалады ($-38,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -де қатады, $+356,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -де қайнайды).

Суландыратын (органикалық) сұйықтықтармен салыстырғанда сынаптың кейбір кемшілігі көлемдік кеңеюдің салыстырмалы шағын коэффициенті болып табылады.

11.3. Контактілік әдістер мен температураны өлшеу құралдары

Егер электрлік емес физикалық шама - температураны T - біріншілік өлшеуіш түрлендіргіштер көмегімен қандай да бір пропорционалдық электрлік шамаға (ЭҚК E , кернеу U , ток I , кедергі R , дабыл жиілігі f және т.с.с.) түрлендірсе, онда сосын оның мәнін электрлік өлшеу құралдарымен анықтау жеңіл болады.

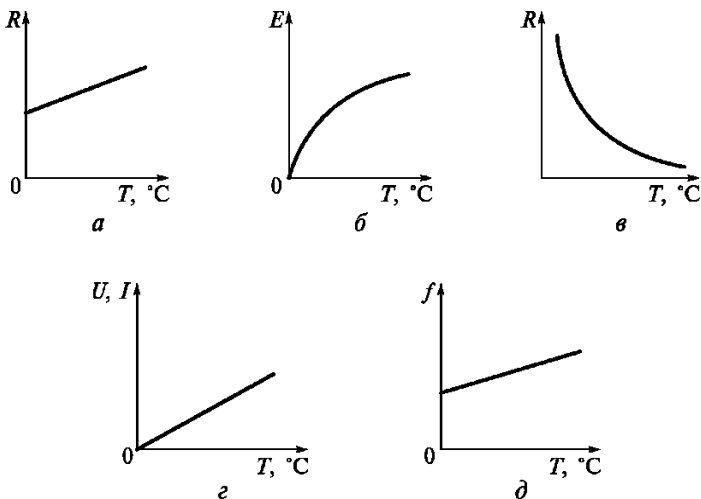
Біріншілік өлшеуіштік түрлендіргіштерді (тетіктерді) құру кезінде әртүрлі физикалық әсерлер пайдаланылады. Негізінен термоэлектрлік тетіктердің келесі түрлері қолданылады:

- металлдан жасалған кедергі термометрлері (КТ);
- термоэлектрлік түрлендіргіштер (ТТ) - термобулар,
- жартылай өткізгішті кедергі термометрлері - термисторлар;
- жартылай өткізгішті интегралдық сенсорлар - тетіктер;
- кварцтік резонаторлар негізіндегі тетіктер.

Түрлендіргіштердің бұл санатының негізгі ағылшын тілді терминдері мынадай: Resistance Temperature Detector (RTD) — кедергі термометрі; Thermo-Couple (TC) — термобулар; Thermistor — термистор; Monolithic Linear Temperature Sensor — монолиттік жартылай өткізгішті тетік (түрленудің сызықтық сипаттамасы бар); Quartz Sensor — кварцті тетік.

Бұл біріншілік өлшеуіштік түрлендіргіштердің негізгі ерекшеліктерін келесі түрде сипаттауға болады:

Металлды КТ (11.2, а) жоғары дәлдікті, жақсы сызықтықты, тұрақтылықты және сипаттамалардың қайталанушылығын



11.2-Сурет. Термоэлектрлік тетіктердің әртүрлі сипаттамалары:

a - металдан жасалған кедергі термометрі; *б* - термобу; *в* - термистор; *г* - жартылай өткізгішті интегралдық тетіктер; *д* - кварцті резонаторлар негізіндегі тетіктер

қамтамасыз етеді. Негізгі кемшіліктер: байланыс желілер өткізгіштерінің кедергісінің ықтимал маңызды әсері (өлшеу нәтижесіне), қорек көзінің қосымша көзінің қажеттілігі (кернеудің немесе тоқтың). Оған қоса, ТТ ол бойынша өтетін токтан өздігінен қызуы мүмкін, бұл қосымша қателіктерге әкелуі мүмкін.

Термобулар (11.2, б-сурет) қосымша қорек көзін қажет етпейді, өлшенетін температураның кең диапазонына ие. Бірақ та оларға түрлендіру сипаттамасының айқын сызықтық еместігі тән Өлшеу нәтижесіне ТП бос ұштарының температурасы әсерін ескеру (немесе өтеу) қажеттілігі кейбір проблемаларды тудырады. Оған қоса, аздаған шығыс кернеуі (және салыстырмалы түрде аса жоғары емес сезімталдық) біршама сезімтал екіншілік түрлендіргіштер (күшейткіштер) және (немесе) шығыс аспаптарын) қажет етеді.

Кедергі термометрлері мен термобулар біршама жоғары дәлдікпен, тұрақтылықпен және өзінің түрленуі сипатының қайталанушылығымен ерекшеленеді.

Термисторлар (жартылай өткізгішті кедергі термометрлері) (11.2, в-сурет) өз кезегінде жоғары сезімталдыққа, қарапайым екі өткізгішті қосу сұлбасына (ТП сияқты бос ұштардың температурасын өтеуді қажет етпейді) ие, салыстырмалы түрде әсер етуі жоғары. Бірақ бұл ретте оларды күрделі кемшіліктер бар: түрленудің бірден сызықтық емес сипаты мен

сипаттаманың нашар қайталанушылығы Оған қоса, олар өлшенетін температураның салыстырмалы тар диапазонына ие.

Жартылай өткізгішті интегралдық тетіктер (11.2, г-сурет) түрлену сипаттамасының жоғары сызықтығымен сипатталады, бірақ ол өлшенетін температурасының шектеулі диапазонына ие (150...200°C дейін) және оған қоса, сыртқы қорек көзінің болуын қажет етеді.

Кварцті резонаторлар негізіндегі тетіктерде (11.2, д-суретте) шығыс шама температура өзгерген кездегі тербелістің резонанстық жиілігін өзгерту болып табылады. Мұндай тетіктер біршама жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді, шынында, температураның тар диапазонында. Оған қоса, көбінесе мұндай тетіктердің түрленуі сипаттамаларының негізгі параметрлері және олардың температуралық коэффициенттері стандартталмаған және жеке градуустауды қажет етеді.

Барлық аталған тетіктер әртүрлі құрылымдық орындалуда шығарылады, бұл әртүрлі міндеттерді шешуге мүмкіндік береді: сұйықтықтармен, газдармен, себілмелі орталармен, әртүрлі профильдегі, әртүрлі температуралық диапазондардағы беттермен және т.б. жұмыс істеу. Беттік өлшеулерге арналған, серіппелі, әуелік, магниттік тетіктер (ферромагниттік, мысалы, блоатты беттерде жеңіл бекітіледі), «жабысқақ» таспада бекітілген тетіктер, мойынтіректегі тетіктері және т.с.с бар.

Өлшеудің әртүрлі құралдарында іске асырылған контактілік электрлік әдістер осындай түрлендіргіштер негізінде температураның жеткілікті кең диапазонында жұмыс істеуге мүмкіндік береді (-200... +2 000 °C). Мұндай температураның контактілік өлшегіштерінің қателігі біріншілік өлшеуіштік түрлендіргіштердің сапасына ғана емес, сонымен қатар тетік-өлшеуіш байланыс желісін ұйымдастыруға, сонымен қатар екіншілік түрлендіргіштердің сипаттамаларына байланысты болады. Мұндай термометрлердің қателіктерінің типтік мәндері $\pm(0,2,1) \%$, бірақ кейбір үлгілерде $\pm(0,01,0,1) \%$ қателіктер мәндерін алуға болады. Өлшеу нәтижелерінің типтік сезімталдығы - Цельсий градусының үлестері.

11.3.1. Кедергі термометрлері

Металлдан жасалғна ТС негізіндегі аспаптар мен түрлендіргіштер металлдардың температурадан T электрлік кедергіге тәуелділігін пайдаланады. Таза металлдарда бұл тәуелділік тәжірибе жүзінде сызықтық болып табылады және сандық түрде келесідей түрде өрнектеледі:

$$R_T = R_0(1 + \alpha_0),$$

мұнда R_0 — сопротивление при температуре θ , °C температурадағы кедергі; α — кедергінің температуралық коэффициенті.

$$\alpha = (\Delta R / R) / (\Delta \theta),$$

мұнда $\Delta R / R$ — A_0 температурасы өзгерген кезде тетік кедергісінің салыстырмалы өзгерісі.

Бұл коэффициентті басқаша беруге болады, $\% / ^\circ\text{C}$:

$$\alpha = (\Delta R \cdot 100 / R) / (\Delta \theta).$$

Кедергінің температуралық коэффициентінің мәні заманауи ТК-де $0,003 \dots 0,006 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ диапазонда, бұл температураны $1 \text{ } ^\circ\text{C}$ -ге арттырған кезде бастапқы мәннен ($0 \text{ } ^\circ\text{C}$ -де) шамамен $0,3, 0,6 \text{ } \%$ айналуына сәйкес келеді.

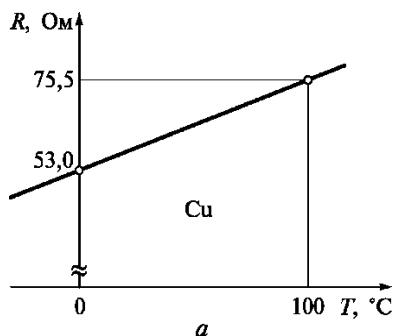
Біршама жиі пайдаланылатын материалдар: мыс ($-50 \dots +200 \text{ } ^\circ\text{C}$ температура диапазоны үшін) және платина ($-250 \dots +1 \text{ } 000 \text{ } ^\circ\text{C}$ диапазон үшін) (11.3-сурет). ТС кедергісінің номиналды мәндері тетіктің конструкциясымен және материалымен, нақты градустаумен анықталады және $10 \dots 1000 \text{ Ом}$ диапазонында орналасқан ($0 \text{ } ^\circ\text{C}$ -де немесе бөлме температурасында).

Мысты ТС кедергінің әртүрлі номиналды мәндерімен шығарылады: $25 \dots 1000 \text{ Ом}$. Мысалы, 11.36 а-суретте, $R = 53 \text{ Ом}$ номиналды ($0 \text{ } ^\circ\text{C}$ -де) кедергісі бар мыс (53Cu) ТС сипаттамасы көрсетілген.

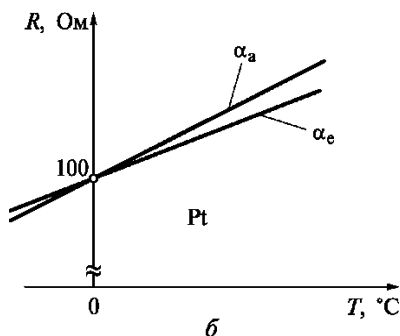
0

Платиналы ТК әртүрлі техникалық өлшемдерде біршама кең таралған. Олар таза пластинадан дайындалады ($99,99 \text{ } \%$). Көбінесе $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ -де нақтылы кедергісі 100 Ом (^{100}Pt) ТК пайдаланылады, дегенмен нақтылы кедергісінң мәні басқа ТК де бар: $25, 500, 1 \text{ } 000 \text{ Ом}$. ТК бойынша өтетін токтардың нақтылы мәндері әдетте мынадай:

1 мА (^{100}Pt үшін) және $0,1 \text{ мА}$ (^{1000}Pt үшін). Платиналық (^{100}Pt) ТС кедергінің температуралық коэффициенті α екі мәнге ие: еуропалық нұсқа бойынша $\alpha_e = 0,00385 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ және америкалық нұсқа бойынша $\alpha_a = 0,00392 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ (11.3, б-сурет).

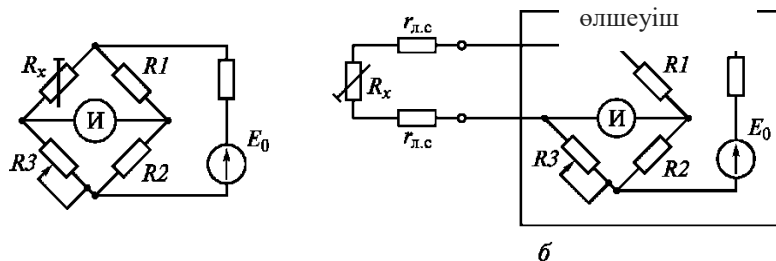


а



б

11.3-сурет. Мысты (а) және платиналы (б) термиялық кедергілердің сипаттамалары



11.-сурет. Көпірлік сұлбадағы термиялық кедергіні қосу:
а - көпірдің әрекет етуі принципі, **б** - қосудың екі сымды сұлбасы

Құрылымдық түрде ТК өзіндік сезімтал элементтен, қорғаныс қабығынан (қаптан) және бекіту элементтерінен тұрады. Сезімтал элемент - бұл слюдадан, керамикадан немесе шыныдан жасалған диэлектрлік қаңқада (өзекте) жұқа оқшауланған сымнан (миллиметр үлесінің диаметрімен) жасалған орам болып табылады. Сонымен қатар жұқалтырлық орындалудағы (жұқа үлдірлі — Thin Film Detector — TFD) ТК бар, ол тетіктің минималдық жылулық инерциялығын қамтамасыз етеді. Жұқалтырлық (үлдірлік) ТК өткізгіштік ТК қарағанда реакция уақытының аз мәніне ие, ол жылдам өзгертін температуралар кезінде динамикалық өзгерістерде шағын объектілермен жұмыс кезінде өте маңызды.

Әдетте, ТК-ге көпірлік сұлбалар қосылады. Теңестірілген және теңестірілмеген көпірлік сұлбалар деп ажыратылады. Теңестірілген көпір бір немесе бірнеше резисторға ие, олардың кедергісі тепетендікке қол жеткізу үшін максатты түрде өзгеруі мүмкін (қолмен немесе автоматты түрде). Көпірдің тепе-теңдігі көпірдің өлшеуіш диагоналіндегі потенциалдардың (токтың) айырмашылығының жоқтығымен сипатталады (сезімтал нөлдік индикатор И тізбегінде), бұл кедергі туындыларының R_1, R_2, R_3, R_x резисторлардың R_1, R_2, R_3, R_x қарама қарсы көпір иінінің теңдігін білдіреді (11.4, а-сурет):

$$R_x R_2 = R_1 R_3.$$

R_1, R_2, R_3 кедергілерінің мәнін біле отырып, белгісіз кедергінің мәнін анықтауға болады:

$$R_x = R_1 R_3 / R_2.$$

Егер R_x ретінде R_T кедергісі бар ТК шықса (11.4, б-сурет), онда ТК сипаттамасын біле отырып, тетікке әсер ететін температураның 0 мәнін бағалауға болады: Теңдестірілмеген көпір жағдайында ТК кедергісінің (сәйкесінше, температура 0) мәні $R_T < 4$ көпірдің өлшеуіштік диагоналінің айырмашылығының

мәні бойынша анықталады. Теңдестірілген көпірлер теңдестірілмегенмен салыстырғанда біршама жоғары дәлдікке ие.

ТК тетіктерімен жұмыс кезіндегі басты мәселе: өлшеу нәтижесінде байланыс желісі $r_{лс}$ өткізгіштерінің кедергісінің әсері: Көпірлік сұлба әрқашан да тетік орнатылған объектіден тікелей жақындықта орналасуы мүмкін емес, сондықтан да жалпы жағдайда байланыстың көп метрлік желісі қажет болуы мүмкін. Өлшеудің нақты міндеттерінің спецификасына байланысты өлшегішке ТК екі, үш немесе төрт өткізгішті қосу қолданылады.

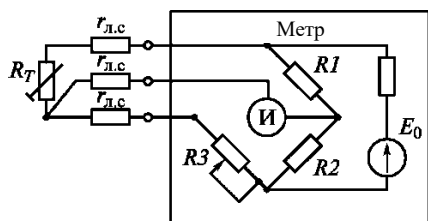
Екі сымды сұлбаның артықшылығы - ТК қосу үшін байланыс желісінің тек екі өткізгіші қажет болады (әсіресе байланыс желісі үлкен ұзындықта болған жағдайда жағдайда өте маңызды). Дегенмен, екі сымды байланыс желісі кезінде (11.4, б-суретті қараңыз) жалғағышты өткізгіштердің кедергісі $r_{лс}$ (және қоршаған ортаның температурасының табиғи тербелістерімен оның өзгеруі) өлшеу нәтижесіне тікелей кіреді. Байланыс желісінің ұзындығы біршама болуы мүмкін болғандықтан (ондаған метр), олардың қателіктері де үлкен болуы мүмкін.

Бұл қателіктерді өтеудің әртүрлі тәсілдері бар. Олардың бірі - ТК қосудың үш сымды сұлбасын пайдалану (11.5, а-сурет).

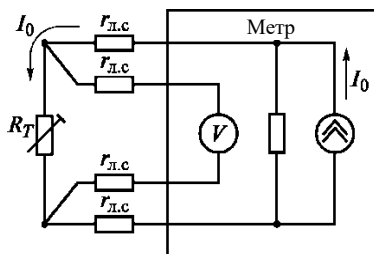
Бұл жағдайда көпірлік сұлбаның тепе-теңдігінде мына қатынас орындалады

$$(R_T + r_{лс})R_2 - R_1(R_3 + r_{лс}).$$

Егер көпір сұлбасында $R_1 - R_2$ және жалғағыш өткізгіштердің $r_{лс}$ кедергілері бірдей болса (бұл шынайы болжам), онда өлшеу нәтижесі ТК тек температурасымен анықталатын болады және кедергінің $r_{лс}$ мәніне тәуелді болмайды. Индикатор тізбегінде И өткізгіштің кедергісі $r_{лс}$ маңызды еместігін атап өтеміз, себебі көпірдің тепе-теңдігі жағдайында бұл тізбекте ток жоқ.



а



б

11.5-сурет.

Термокедергілерді үш сымды (а) және төрт сымды (б) қосу

Сонымен қатар төрт сымды қосу да қолданылады (11.5, б-сурет). шынында, бұл көпірлік сұлба емес. Мұндай өлшегіш негізінде белгілі тұрақты токтың көзі I_0 жатыр, ол ТК R_T кедергісі арқылы өтеді. Бұл ретте жалғағыштық өткізгіштердің кедергілері $R_{л-с}$ және олардың өзгерістері токтың мәніне және сәйкесінше өлшеу нәтижесіне мүлдем дерлік әсер етпейді. Вольтметрмен V (үлкен кіріс кедергісі бар) ТС R_T кедергісіндегі кернеудің үдеуі өлшенеді.

Әдістемелік қателікті көрсетудің бірі ТК ол бойынша өтетін ток салдарынан нәтиженің ықтимал бұрмалануы болып табылады. Көпірдің қорек көзі кернеуінің азаюы E_0 бұл токты азайтуға мүмкіндік береді, бірақ сонда да сезімталдықтың төмендеуіне әкеледі. Сондықтан да кейде жоғары сезімталдыққа қол жеткізу және резисторларда токтың рұқсат етілген орташа мәнін бір мезетте сақтау үшін көпірді қоректендіру үшін тұрақты кернеуді емес, біршама жеткілікті амплитудадағы импульстік кедергіні қолданады.

11.3.2. Термобулар

Термобулар негізіндегі аспаптар мен түрлендіргіштер кең таралымға ие. Термобулар негізіндегі шағын сандық термометрлер қазіргі уақытта температуралық өлшемдердегі ең негізгі және массалық аспап болып табылады.

Термобудың шығыс дабылы - тұрақты кернеу - ол сандық кодқа біршама жеңіл түрленеді және қарапайым құралдармен өлшенеді (мысалы, шағын габаритті мультиметрмен). Термобулар одан әрі түрлендіру үшін статикалық және динамикалық өлшеулерге арналған ұқсас және сандық әртүрлі екіншілік өлшегіштік түрлендіргіштерге қосылуы мүмкін.

ТП көмегімен өлшенетін температура диапазоны өте кең: -200 ден +2000 ° С дейін. ТП негізіндегі өлшеуіштер жоғары дәлдікпен және сезімталдықпен , түрлену сипаттамасының жақсы қайталануымен сипатталады. Шығыс кернеулердің әдеттегі диапазоны 0...50 мВ крайды (ТП пайдаланылатын материалдарға байланысты), түрленудің типтік температуралық коэффициенті (ТП сезімталдығы) 10.50 мкВ/°С диапазонда жатыр.

ТП негізінде термоэлектрлік әсер жатыр, оның мәні келесіге негізделген. Егер әртүрлі металдан (қорытпадан) жасалған екі өткізгіш түйық тізбекке жалғанған болса, және бір қосылыстың температурасы екіншісінің температурасынан біршама ерекшеленсе, онда термоЭҚК E_m туындайды (түйық тізбекте де ток өтетін болады), оның мәні дәнекерленген жердің температурасы мен сымдардың материалдарының сипаттамасына байланысты. Егер бос ұштардың ажырауына

ЭҚК өлшегіш немесе вольтметр V қосылған болса, онда оның көрсеткіштері температураның айырмашылығымен анықталатын болады ($\theta_1 - \theta_2$) (11.6, а-сурет).

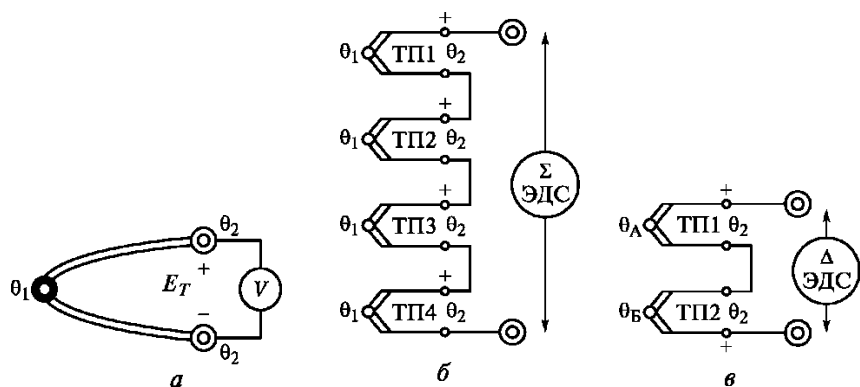
ТермоЭҚК дәнекерлеу орындары температурасының айырмашылығынан тәуелділігі сызықты емес болса, онда жоғары емес дәлдік талаптарда (немесе ТП сипатына көзқарасты жеңілдетуде) температураның аздаған диапазондары үшін оны сызықтық деп есептеуге болады. Онда термобудың термоЭҚК мәні E_m келесі түрде анықталады (бірінші жуықтауда):

$$E_T = S_T (\theta_1 - \theta_2),$$

мұнда S_T — ТП сезімталдығы (түрлену коэффициенті); θ_1 — жұмысшы дәнекерлеу температурасы («ыстық» деп аталатын); θ_2 — бос ұштардың температурасы («суық» деп аталады)

ТермоЭҚК температурадан θ_1 бірімді тәуелділігін қамтамасыз ету үшін тұрақты және белгілі температураны θ_2 ұстау қажет. Әдетте бұл 0°C немесе 20°C . Осылайша, S_T мәнін біле отырып және термобулардың термоЭҚК мәнін E_m өлшеп, температураны θ_1 анықтауға болады. Әрине, кең температуралық диапазондарда жұмыс істеу үшін біршама дәл өрнектерді пайдалану қажет (температура айырмашылығынан сызықтық емес тәуелділікті E_m полиноминальдық аппроксимациялармен). Замануаи сандық термометрлерде ТТ түрлендіру сипаттарын автоматты линеаризациялау қолданылады.

Қазіргі уақытта, әдетте, θ_2 мәндерінің тұрақтылығын ұстау құралдары мен әдістерінің орнына ТТ бос ұштарына қоршаған орта температурасының әсер етуінің автоматты өтеудің құрылғылары мен тәсілдері қолданылады.



11.6-сурет. Термоэлектрлік түрлендіргіштер (термобулар):

а - термоЭҚК туындауы; б - термобатарея;
в - термобудың дифференциалы

Мұндай термометрлердің сезімталдығын арттыру үшін кейде ретімен бірнеше термобуды термобатарейаларға біріктіреді (11.6, б-сурет). Бұл ретте барлық термобулардың жұмысшы ұштары зерттелетін объектінің температурасында θ_b болады, ал бос ұштары - тұрақты (немесе белгілі) температурада θ_2 болады. Жиынтықты шығыс термоЭҚК, әрине, жекелеген ТТ термоЭҚК жиынтығына тең болады.

Екі объект арасындағы температура айырмашылығын табу үшін дифференциалды термобулар қолданылады, олар екіқарсы қосылған ТП Тұрады (11.6, в-сурет). ТТ жұмысшы ұштары әртүрлі температураға ие (θ_A и θ_B), ал бос ұштары - бірдей θ_2 ие. Нәтижесінде шығыс кернеу температура айырмасына пропорционалды болады.

Жалпылай қабылданған халықаралық жіктелімге сәйкес термоэлектрлік түрлендіргіштер (термобулар) қолданылатын материалдар мен сипаттамаларға байланысты бірнеше типке бөлінеді. ТТ бірнеше негізгі типтерінің сипаттамалары 11.2-кестеде келтірілген.

Атап өтсек, Ресейде аспап жасау фирмалары Е және J типіндегі ТТ шығармайды.

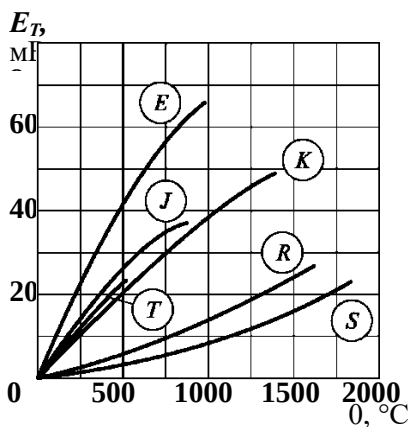
ТТ негізгі типтерінің сипаттамаларының графикалық иллюстрациясы 11.7-суретте келтірілген. Қандай типтердің өлшеудің ең үлкен диапазонын, максималдық сезімталдықты немесе ең жақсы сызықтықты қамтамасыз ететіндігі көрнекі көрінеді.

Типтік температуралық өлшемдер тәжірибесінде көбінесе үш типтегі ТТ қолданылады: J, K, T. J типіндегі термобулар

11.2-кесте

Термобулардың бірнеше типтерінің негізгі сипаттамалары

ТТ типі	ТТ материалы	Өлшеу диапазоны (қысқа мерзімді), °C	20 °C-де түрлену коэффициенті, мкВ/ °C
E	Хромель — константан	-270...+1000	62
J	Темір — константан	-210...+1000 (1 200)	51
K (ТХА)	Хромель — алюмель	-200.+1000 (1 372)	40
R (ТПП)	Платина — платинородий (13 % родий)	-50. +1 500 (1 700)	7
S (ТПП)	Платина — платинородий (10 % родий)	-50. +1 600 (1 768)	7
T (ТМК)	Мыс - константан	-270. +400	40



11.7-сурет. ТТ кейбір типтерінің сипаттамалары:

E — хромель — константан; *J* — темір — константан; *K* — хромель — алюмель; *R* — платина — платинородий (13 % родий); *S* — платина — платинородий (10 % родий); *T* — мыс — константан

минималдық құнды, жоғары сезімталдықты, бір қалыпты дәлдікті қамтамасыз етеді, бірақ төтенше температураларда (1000°C-де) ұзақ уақыт бойы пайдаланыла алмайды (тиісті емес), себебі олардың градустық сипаттамасы бұзылады. *K* типіндегі термобулар орташа құнымен, орташа дәлдікпен, жоғары сезімталдықпен және емпературалардың кең диапазонымен сипатталады (1 300°C дейін). ТП дәл осы типі біршама кеңінен таралған болып табылады. *T* типіндегі термобулар орташа құнға, орташа сезімталдыққа, жоғары дәлдікке ие болады. Олар жоғары емес температуралармен жұмыс істеу үшін қолайлы.

Жоғары температураларда немесе агрессивтік орталардың әрекет ету орталарында жұмыс істеу үшін *R* және *S* типтеріндегі ТТ қолданылады.

Қазіргі уақытта әлемде, соның ішінде Ресейде металл түтіктің ішіне қойылған және одан MgO нығыздалған балкытылған ұнтағымен - периклазбен оқшауланған термоэлектродтардың жұбын ұсынатын термобулық кабельдер кең таралымға ие болды.

Ресейде екі типтегі термобулық кабельді шығарады: диаметрі 1-ден 7,2 мм дейінгі КТМС-ХА және КТМС-ХК. Кабельдің қабықшасы тот баспайтын болаттан немесе ыстыққа төзімді болаттан немесе қорытпадан дайындалған. Термобулардың термоэлектродтары жұмысшы бүйірі жағынан өзара лазерлік дәнекермен дәнекерленген және термобулық кабельдің болат қабықшасының ішінде жұмысшы дәнекерді түзеді. Жұмысшы беті дәнекерленген болат тығынмен бітелген. Термоэлектродтардың бос ұштары түрлендіргі бастарының клеммаларына немесе компенсациялық сымдарға қосылады.

Кабельдік термотүрлендіргіштерді қолдану дәстүрлі орындалудағы термобулармен салыстырғанда біршама артықшылықтарға жетуге мүмкіндік береді:

- салыстырмалы жұмысшы жағдайлардағы 2-3 есе артылған термоэлектрлік тұрақтылық пен жұмысшы ресурс;

- оның температурасын өлшеу үшін қол жетімділік ауыр орындарға, кабельдік арналарға қою, майыстыру, дәнекерлеу, пісіру немесе бетке жай ғана қысу мүмкіндігі, бұл ретте монтажда ұзындығы 60... 100 м жетуі мүмкін;

- кабельдік термотүрлендіргіштердің жылулық инерциясының шағын көрсеткіші оларды жылдам өтетін процесстерді тіркеу кезінде қолдануға мүмкіндік береді;

- қорғаныс қаптарындағы термотүрлендіргіштердің блокты-модульді орындау жұмысшы ортаның әсерінен термоэлектродтарды қосымша қорғауды және сезімтал элементті жедел алмастыру мүмкіндігін қамтамасыз етеді;

- әртүрлі пайдалану жағдайларында қолданудың әмбебаптығы, жақсы технологиялылығы, шағын материалдық сыйымдылық.

Термобулардың салыстырмалы сынақтары сыртқы диаметрі (электродтардың диаметрі 0,65 мм) 3 мм кабельдік термобудың КТМС-Ха термоЭҚК дрейфі 800 °С температурада 100 000 сағатта шамамен 100 мкВ құрайды, ал диаметрі 3,2 мм термоэлектродтары бар қарапайым ТХА-да дрейф 120 мкВ жетеді, ал электродтар диаметрі 0,7 мм болғанда ол сол жағдайларда 200...250 мкВ артады. Жоғары никельді қорытпалардан жасалған қабықшада кабельдік термобулардың термоЭҚК дрейфі 980 °С-де 5000 сағаттағы сол температурадағы қарапайым термобулардың дрейф көрсеткіштерінен екі есе кем. Атап өткендей, диаметрі 3,2 мм электродтары бар ТХА сымды термобуларының дрейфі 1 077 °С температурада 800 сағатта, ал 1 200 °С температурада - 300 сағатта 300 мкВ жетеді. Кабельдік термобулардың жоғары тұрақтылығы кабельдің ішіндегі оттегінің шектеулі мөлшерінен термоэлектродтардың тотығуының қиындауымен, сонымен қатар металл қабықша немесе магний оксиді көмегімен жұмысшы ортаның әсерінен термоэлектродтардың қосымша қорғанысымен түсіндіріледі.

Жоғары жылдамдықта, жоғары қысымда және температурада, сондай-ақ агрессивтік ортада қозғалатын сұйықтық немесе газ ағындарында жұмыс істегенде, кабельді термотүрлендіргіштер қорғаныш қақпақтарға (жеңдерге) орналастырылады, бұл оларды бүгілуден және ыдыраудан қорғайды және ауыстырылатын сезімтал элементтер ретінде қолданылады. Қорғайтын қаптар типтік габариттік өлшемдерге ие. Түрлендіргіштің сыртқы түрі өнеркәсіптік термобулардың дәстүрлі сыртқы түріне ұқсас болады.

11.3.3. Термисторлар

Тетіктердің арнайы санаты бар - кәдімгі ТҚ-ға қарағанда әлдеқайда үлкен кедергінің температуралық коэффициенті бар, 1.20 1/°С тең жартылай өткізгішті кедергі термометрлері; және бұл коэффициенттің белгісі оң (позисторлар үшін) немесе теріс (термисторлар үшін) болуы мүмкін. Бұл олардың негізінде термометрлердің әлдеқайда жоғары сезімталдығын қамтамасыз етеді. Негізгі артықшылықтары: кішігірім габариттік өлшемдері мен салмағы (сәйкесінше, төменгі

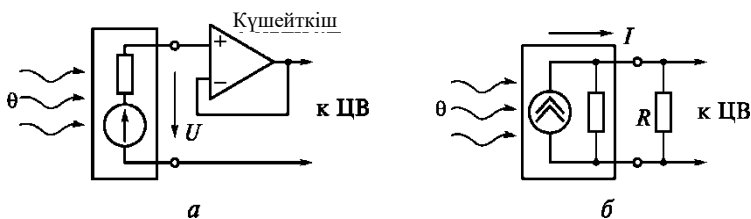
жылу сыйымдылығы және жылу инерциясы), құрылымның қарапайымдылығы (сәйкесінше, жақсы сенімділік және механикалық беріктік, сондай-ақ төмен баға). Бұл түрлендіргіштердің негізгі кемшілігі: өлшенетін температуралардың салыстырмалы тар диапазоны (әдетте $-50 \dots +150^\circ\text{C}$), түрленудің біршама сызықтық еместігі (термисторлардың кедергісі температураның артуымен шамамен экспоненциалдық заң бойынша азаяды), экзemplярдан экзemplярға түрленуі сипаттамасының нашар қайталануы (бұл жеке градуустау қажеттілігін білдіреді және тіпті бір түрдегі тетіктерді ауыстыруда қиындық тудырады), сипаттаманың біршама уақыттық тұрақсыздығы, әсіресе жоғары температурадағы ұзақ жұмыс кезінде.

11.3.4. Интегралды жартылай өткізгіш тетіктер

Интегралдық тетіктер микроэлектроника жетістігінің арқасында салыстырмалы түрде жақында пайда болды. Бұл тетіктер шығыс дабылын (кернеу немесе ток) қамтамасыз етеді, ол іс жүзінде температураға 0 тәуелді. Бұл тетіктерді нақты өлшегішке қосудың сұлбалары 11.8-суретте көрсетілген.

11.8, а -суретте кернеудің интеграцияланған тетігін қосу сұлбасы келтірілген. Тетіктің шығыс кернеуі $U = f(t)$ күшейткіш арқылы сандық вольтметрдің (СВ) немесе ұқсас сандық түрлендіргіштің (ҰСТ) кірісіне беріледі, ол бұл кернеуді температураға пропорционалды сандық кодқа түрлендіреді. Мұндай тетіктердің сезімталдығы әдетте $10\text{ мВ}/^\circ\text{C}$.

11.8, б-сурет токтың интегралдық тетігінің қосылуын бейнелейді. Тетіктің шығу тогы $I = f(t)$ резистор R көмегімен пропорционалды кернеуге түрленеді және сандық кірудің кірісіне немесе ҰСТ кірісіне беріледі, ол бұл кернеудің одан әрі сандық кодқа түрлендіреді. Мұндай тетіктердің типтік сезімталдығы әдетте $1\text{ мкА}/^\circ\text{C}$ болады.



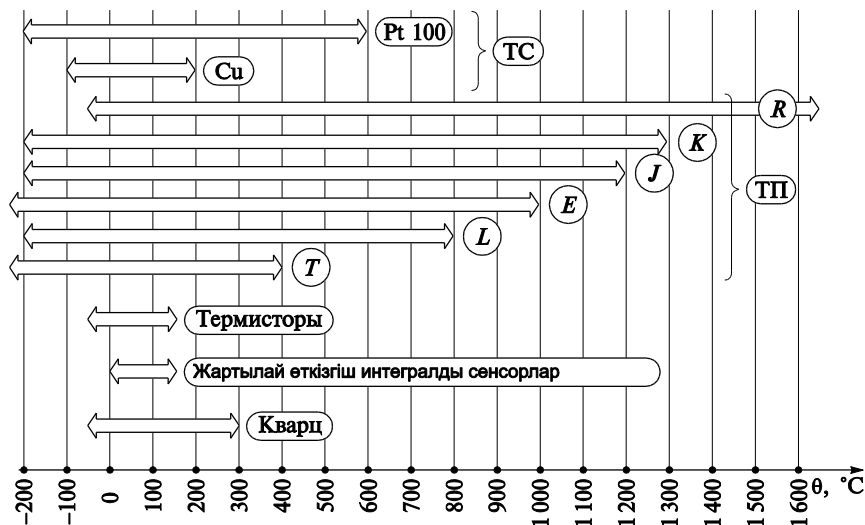
11.8-сурет. Интегралды жартылай өткізгішті тетіктерді қосу:

а — кернеулер; б — токтар

11.3.5. Температураның әртүрлі тетіктерін салыстыру

Әртүрлі температура тетіктерінің мүмкіндіктерін 11.9-суретте көрсетілген диаграммада салыстыруға болады, онда ең көп таралған біріншілік өлшегіштік температуралық түрлендіргіштерді қолданудың бағдарлы диапазондары көрсетілген: кедергі термометрлері - платиналы (ПТК) және мысты (МТК); термоэлектрлік түрлендіргіштер - әртүрлі типтегі термобулар; термисторлар; интегралдық жартылай өткізгішті тетіктер мен кварцті резонаторлар негізіндегі тетіктер.

Температураны динамикалық өлшеу және жылдам өзгеретін жылулық процестерді тіркеу үшін маңызды параметр - негізінен тетіктің құрылымымен және әсіресе оның қорғаныс арматурасының құрылымымен анықталатын термоэлектрлік түрлендіргіштердің жылу инерциясы болып табылады. Жылдам өзгеретін температурасы бар эксперименттерде, егер бұл жағдайды ескерілмесе, елеулі динамикалық қателіктер болуы мүмкін. Бұл әсіресе баксару жүйесінің құрамында жұмыс істейтін тіркегіштер мен температура өлшеуіштері үшін өте маңызды, онда, әдетте, нақты уақыт деп аталатын режимді қамтамасыз ету қажет. Тетіктердің температураның секірмелі өзгеруіне (асимптоталық мәнің 99% деңгейіне жету уақыты) жауап беру уақытының мәні бірнеше секундтан ондаған минутқа дейін аралықта жатыр. Кедергі термометрлері мен термисторлары ұрылымдарының жекелеген арнайы әзірлемелерінде



11.9-сурет. Әртүрлі типтегі тетіктерді қолданудың типтік диапазондары

секундтың ондық үлестеріндегі реакция уақытына қол жеткізілуі мүмкін.

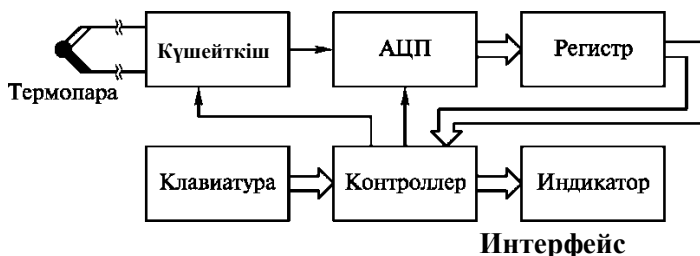
11.3.6. Сандық термометр

Кіріс сенсоры ТП болып табылатын сандық термометр (СТ) құрылғысының ең көп таралған нұсқаларын қарастырайық.

11.10-суретте кез келген сандық өлшеу құралының құрылымына ұқсайтын контактілік СТ жеңілдетілген құрылымы келтірілген.

Термобулар күшейткіштің кірісіне қосылған, оның тағайындалуы кіріс дабылының деңгейін ондаған милливольттан вольт бірлігіне дейін көтеру болып табылады. Ұқсас-сандық түрлендіргіш күшейтілген ТП дабылын термоЭКК деңгейіне және сәйкесінше өлшенетін температура мәніне пропорционалды сандық кодқа түрлендіреді. Автономды ЦТ-да, әдетте, жоғары дәлдікті, сезімталдықты, шешуші қабілеттілікті, деңгейі айтарлықтай болатын ортақ және қалыпты түрдегі мерзімдік кедергілерді жоғары басуды қамтамасыз ететін түрленудің интегрлеуші әдістерін қолданатын ҰСТ пайдаланылады. АҰТ шығыс коды тіркеуіште сақталады (және біраз уақыт сақталады) және сандық индикаторға (сандық есептегіш құрылғыға) шығарылады. Микропроцессорлық контроллер аспаптың барлық түйіндерінің жұмысын басқарады. Ол сондай-ақ, ТО сипаттамасын линеаризациялау функциясын орындайды. Пернетақтаның көмегімен оператор жұмыс режимдерін орнатады. Аспаптың құрылымында сыртқы сандық құрылғылармен ақпарат алмасуға арналған интерфейс болуы мүмкін (мысалы, тіркеу нәтижелерін дербес компьютерге және (немесе) автоматтандырылған басқару жүйесіне беру үшін).

Көп арналы СТ үлгілері де белгілі (көбінесе екі арналы). Бұл аспаптардың ерекшелігі - кіріс ТТ коммутаторының болуы, ол



11.10-сурет. Контактілік сандық термометр құрылымы.

күшейткіштің кіруі бойынша тетіктерді кезекпен қосуға мүмкіндік береді. Екі арналы СТ-да әдетте температуралық айырмашылықты өлшеу режимі бар. Мұндай аспаптар дифференциалдық термометрлер деп аталады.

Қазіргі заманғы СТ шағын габариттік өлшемдерімен және салмағымен (100 - 500 г), салыстырмалы арзан құнымен, біршама жоғары метрологиялық және пайдалану сипаттамаларымен ерекшеленеді.

11.3.7. Температураның контактілік өлшемдерінің ерекшеліктері

Тіпті өте дәл температуралық өлшегіштен да, дұрыс емес ұйымдастырылған эксперименттердің, объектіде тетіктердің сәтсіз (сауатсыз) орнатылуы нәтижесінде үлкен қателік алуға болады. Беттің температурасын контактілік өлшеу кезінде келесі маңызды жағдайларды ескеру керек.

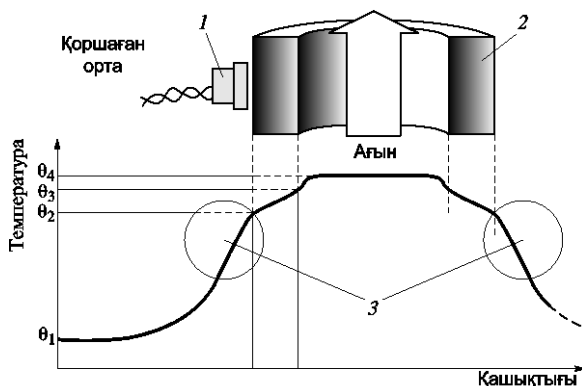
1. Егер объектісі бар тетіктің контактісі жеткілікті жақсы болмаса, жанасу ауданы кішкентай болса, онда нысаннан тетікке қарай әлсіз жылу беру орын алуы мүмкін. Бұл ретте, жалпы алғанда, зондтың корпусы бойында жағымсыз жылу ағындары (қорғаныш қабы) пайда болуы мүмкін, бұл сонымен қатар өлшеу нәтижесін бұрмалайды.

2. Объектінің бетіне орнатылған тетік, әдетте, экспериментаторды қызықтыратын температура әсерін ғана емес, сонымен қатар қоршаған ортаның температурасын сынайды. Осы температуралардың айырмашылығы неғұрлым көп болса, өлшеу нәтижесінің күтілетін (нақты) мәннен соншалықты көп өзгеше болуы мүмкін. Сонымен қатар, тетіктің айналасындағы ауаның табиғи конвекциясы әсер етуі мүмкін.

3. Егер объектінің жылу сыйымдылығы аз болса (массасы мен габариттік өлшемдері, мысалы, төмен вольттағы аз қуатты электр жетегінің контактілік клеммасы бетінің температурасын зерттеген жағдайда), онда зерттелетін объектінің температурасына (объект режимін бұрмалау) тетіктің (әсіресе массивтік) қатты әсер етуі мүмкін. Бұл статикалық өлшеулердегі өзара әрекеттесуде елеулі қателердің пайда болуына және объектінің температурасының өзгеруі кезінде айқын динамикалық қателіктерге әкеледі.

4. Егер құбырдың ішінде ағатын ыстық судың температурасы қызықтырса және бұл құбырдың сыртқы бетінің температурасын өлшеудің нәтижесі бар болса, онда бұл бірдей емес екені туралы өзіңізге есеп беру қажет. Судың нақты температурасы мен Өлшеу нәтижесі арасындағы айырмашылық өте маңызды (бірнеше градус) болуы мүмкін.

Бұл әсерлерді көрсетудің классикалық мысалы ретінде температураны анықтау бойынша эксперимент қызмет етуі мүмкін (11 11-сурет)



11.11-сурет. Кеңістіктегі температураны бөлу:

θ_1 — қоршаған орта температурасы; θ_2 — құбырдың сыртқы бетінің температурасы
; θ_3 — құбырдың ішкі бетінің температурасы; θ_4 — ағын температурасы
; 1 — тетік; 2 — құбыр; 3 - қоршаған ортаның температурасы

θ_1 екзіндегі құбырдың қол жетімді сыртқы бетінің температурасын θ_2 контактілік өлшеу нәтижелері бойынша құбыр ішінде ағатын заттың ағыны температурасының жоғары градиенті аймағы.

Тетік (термобулер, кедергі термометрі немесе термистор) жалпы жағдайда біршама өзгеше температуралардың (түтіктің сыртқы бетінің температурасы θ_2 және қоршаған ортаның температурасы θ_X) әсеріне ұшырайтындықтан, өлшеу нәтижесінде кейбір орташа (интегралдық) мәнді алуға болады, ол температураның шын мәнінен θ_2 көп ерекшеленеді. Бұл нәтиже маманды қызықтыратын орта ағынының θ_4 температурасының нақты мәніне мүлдем ұқсас болмайды. Нәтиженің мұндай бұрмалануының негізгі себептері: сыртқы қабырға мен қоршаған орта температурасының айтарлықтай градиентінің және құбырдың сыртқы және ішкі қабырғаларының арасындағы температураның айқын градиентінің болуы.

Температураны контактілік өлшеу бойынша эксперименттерді ұйымдастыру кезінде жеткілікті дәл нәтижелерді алу үшін, объектінің бетіне тетікті орнатуды мұқият ойластырып, температураны ықтимал бөлуді көрсету қажет. Осындай эксперименттерді ұйымдастыру бойынша кейбір типтік ұсыныстарды құруға болады.

Тетіктің объект арасындағы жақсы жылулық байланысын қамтамасыз ету маңызды. Тетіктің объект арасындағы жанасу беті (ауданы) мүмкіндігінше жоғары болуы тиіс. Мүмкіндігінше объектіден

тетікке жылу беруді жақсартатын жылу өткізгіш пасттарды пайдалану қажет. Қоршаған ортаға әсерін максималдық азайту мақсаттарында тетіктің жылу оқшаулағышын қамтамасыз ету керек. Тіпті қарапайым қол асты құралдарды пайдалану жақсы әсер беруі мүмкін (әйнекті мақта, кәдімгі құрғақ шүберек, резеңке және т.б.). Статикалық өлшеулер кезінде бекітілген режимді күту пайдалы, яғни нәтижені бекітуге асықпау керек. Салмағы аз немесе жылдам өтетін процестері бар объектілерді зерттеу кезінде кіші динамикалық қателігі маңызды болатын эксперименттерде өзіндік аз массасы бар тетіктерді пайдалану керек.

Әрине, құбырдың сыртқы (қол жетімді) бетінің температурасын жоғары дәлдікте өлшеуге болады, бірақ оның ішіндегінің температурасымен байланыс орнату әлдеқайда маңызды (және сонымен қатар қиындау). Бұл байланысты теориялық тұрғыдан (ен болмағанда ірі моделінің көмегімен) немесе эксперименттік түрде анықтауға тырысу керек, мысалы, ағынға батырылған стационарлы термометрлерді қолдану (егер мүмкін болса).

11.4. Температураны өлшеудің контактісіз әдістері мен құралдары

Температураны контактісіз өлшеулер өлшеу объектісімен тетіктің механикалық контактіні қамтамасыз ету жағымсыз, мүмкін емес, күрделі немесе қауіпті болған жағдайларда таптырмайтын болып табылады.

мысалы, жылдам қозғалыстағы қағаз таспасы немесе бетон араластырғыштың айналмалы барабаны немесе ыстық асфальт ағыны сияқты қозғалыстағы объектінің температурасын анықтау оңай емес. Кейде температурасы қызықтыратын объектінің беті қол жетімді емес немесе қауіпті болады (мысалы, электр берілісінің әуе желісінің немесе жоғары вольтты трансформатордың контактілік қосылысының қызып кетуін бағалау кезінде).

Тағы бір жағдай: зерттеу объектісі кішігірім габариттік өлшемдер мен салмаққа ие (сәйкесінше, жылу сыйымдылығы аз) және контактілік термометрлерді пайдалану объектіден аспап тетігі алатын жылудың біршама мөлшері есебінен айтарлықтай мөлшерде әдістемелік қателікке (өзара әрекеттесу қателігіне) алып келер еді және соның салдарынан оның жұмыс режимінің және әрине, өлшеу нәтижесінің рұқсат етілмеген бұрмалануына әкеледі. Бұл, әсіресе аз салмақтағы зерттелетін объектінің температурасы жылдам өзгеруін зерттеу қажетті болған жағдайда пайда болар еді, мысалы шағын электрондық тораптардың температурасын бағалаған жағдайда.

Температураны өлшеудің контактісіз әдістері мен құралдары инвазивті емес болып табылады, яғни технологиялық

процесс барысына араласуды талап етпейді, тетіктерді орнатумен мәселе тудырмайды, зерттеу объектілерімен контактіні қажет етпейді, объектімен аспаптың өзара әрекеттесу қателіктерін және кейбір басқа қателіктерді тудырмайды.

Контактсыз әдістер мен құралдарды пайдалану тек қана мақсатты емес, сонымен бірге сөзсіз (балама болмағандықтан) болып табылатын міндеттердің тағы бір санаты - шамадан тыс жоғары температураларды өлшеу (мысалы, балқытылған металдардың температурасын өлшеу). Байланысты- өлшенетін температураның жоғарғы шегі $2\ 000 \dots 2\ 500\ ^\circ\text{C}$ құрайды, сондықтан біршама жоғары температураларды өлшеу тек байланыссыз әдістермен жүзеге асырылады.

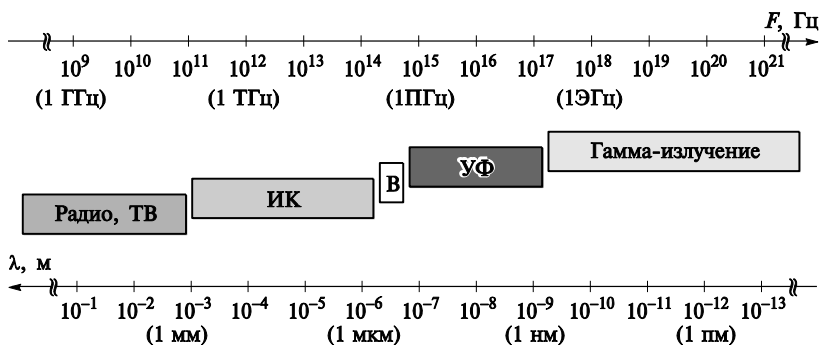
Өлшеудің байланыссыз әдістері түрлі инфрақызыл (ИҚ) өлшеу құралдары (InfraRed Instrumentation) - термометрлер мен өлшеуіштік түрлендіргіштерде, сондай-ақ оптикалық термометрлерде - пирометрлерде жүзеге асырылған. Инфрақызыл өлшеулер температураның кең диапазонында ($50,5\ 000\ ^\circ\text{C}$) температураны өлшеуді қамтамасыз етеді. Оптикалық термометрлер (пирометрлер) өте жоғары температураны өлшеу үшін ғана жарамды, бұл жағдайда объектінің беті жарқырап тұрады ($600\ ^\circ\text{C}$ және одан жоғары). Оған қоса, оптикалық термометрлер арқылы өлшеудің дәлдігі мен сезімталдығы жоғары емес

ИҚ термометрлердің маңызды артықшылықтары өлшенетін температураның кең диапазоны, біршама жоғары дәлдік, сезімталдық және жылдам әрекет ету, жақсы эксплуатациялық сипаттамалары, салыстырмалы түрде төмен құны болып табылады. Алайда ИҚ термометрлердің негізгі артықшылықтарын іске асыу оңай емес. Өлшеудің сенімді нәтижесі үшін пайдаланушының жеткілікті жоғары біліктілігі, ИҚ өлшемдер ерекшелігін білу, практикалық тексерулердің белгілі бір тәжірибесі қажет болады.

11.4.1. Оптикалық сәулелену

Абсолюттік нөлден ($-273\ ^\circ\text{C}$) жоғары температураға ие кез-келген дене жылулық сәулеге ие. Температураның өсуімен дене затының молекулаларының тербелістерінің амплитудасы мен жиілігі артады. Адам өзінің сезім органдарымен (жанасуымен) жылуды және жарықты (көру) қабылдайды. Тербелістің физикалық сипаты бірдей (жылулық), бірақ тербелу жиілігі әртүрлі және объектілерді қыздуының нақты деңгейіне байланысты. $600.1000\ ^\circ\text{C}$ және одан жоғары температурада (объектінің материалына байланысты) дене энергиясының аздаған мөлшері спектрдің көзбен көрінетін бөлігіне шығарылады.

Физикада $1\ \text{нм}$ диапазонында орналасқан X толқын ұзындығы бар электромагниттік сәулеленуге сәйкес келетін «оптикалық сәулелену» ұғымы пайдаланылады. $1\ \text{мм}$. Бұл диапазон үш бөлікке бөлінеді. 11.12-сурет ИҚ сәуленің қосалқы диапазондарының,



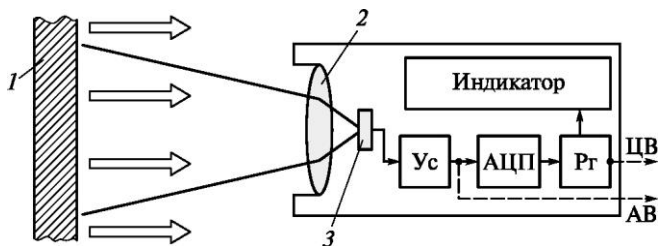
11.12-сурет. Өртүрлі сәулеленудің толқын ұзындығы X мен жиілік диапазоны F (логарифмдік масштабта)

көзге көрінетін (В) ультракүлгіннің (УК) және іргелес сәулелердің қатынасын көрсетеді. Абсциссалардың Жоғарғы осі жиіліктердің мәндерін F , төменгісі - толқын ұзындығы мәнінің X жиіліктеріне сәйкес келетін мәндерді (логарифмдік масштабта) көрсетеді.

ультракүлгін сәулеленудің толқын ұзындығының X диапазоны 1,0 нм ...8 мкм. құрайды. Көзге көрінетін сәуленің толқын ұзындығының X диапазоны — 0,38...0,76 мкм. ИҚ -сәуленің толқын ұзындығының X диапазоны — 0,76...1 000 мкм.

11.4.2. ИҚ-термометрдің құрылымы

Контактсіз ИҚ өлшеу әдістері мен аспаптары объектінің инфракызыл (жылу) сәулеленуін сандық бағалауға негізделген. Жылулық сәуле адамға көрінетін жарық сияқты қасиеттерге ие: ол түзу сызықтармен таралады, сәуле түсіруге, сынуға, белгілі бір денелер арқылы өтуге қабілетті, линзалардың оптикалық жүйесі (міндетті түрдемөлдір емес) және т.б. болуы мүмкін. 11.13-суретте ИҚ термометрдің



11.13-сурет. ИҚ-термометрдің жеңілдетілген құрылымы

жеңілдетілген құрылымы көрсетілген. Объект бетінің жылу шығаруы аспап объективімен қабылдағышқа шоғырланады, ол ретінде көбінесе термобу қолданылады. ТермоЭҚК термобулар күшейткішпен (Ус) күшейтіледі, ұқсас сандық түрлендіргішпен (ҰСТ) сандық кодқа түрленеді, ол біраз уақыт есте сақтау регистрінде (Рг) сақталады және индикаторда өлшеу нәтижесімен ұсынылады. ИҚ өлшегіштің объективі бір мезетте жиіліктің жолақтық фильтрі қызметін орындайды.

Инфрақызыл өлшегіш сонымен қатар сыртқы құрылғылары бар байланыс тораптарын (ұқсас немесе сандық) ұстай алады. 11.13-суретте ұқсас (ҰШ) және сандық (СШ) шығыстар көрсетілген. ИҚ-термометрде өлшенетін температураның ағымдағы мәніне пропорционалдық ұқсас дабыл шығысының болуы аспапты сыртқы ұқсас өздігінен жазатын аспапқа немесе сандық өлшегіш регистраторға қосуға мүмкіндік береді.

Ұзақ мерзімдік мониторинг тапсырмалары үшін сонымен қатар инфрақызыл өлшегіштік түрлендіргіштер қолданылады. Бұл құрылғыларда индикатор жоқ, олардың шығыс ұқсас дабылы температураға пропорционал өлшенетін токпен (мысалы, 4...20 мА), немесе кернеумен (мысалы, 0,5 В) ұсынылған. Олар көрсеткіш аспаптармен бірге жұмыс істеу үшін немесе өлшегіштік қондырғылар, кешендер немесе жүйелер құрамында тіркеушілермен бірге жұмыс істеу үшін тағайындалған.

Бақылау сұрақтары

1. Кеңеюдің металлды термометрлері қандай принциптерде жұмыс істейді?

2. Сұйықтықты және газды термометрлердің қандай түрлері бар?

3. Қатты денелердің сызықтық кеңеюі мен сұйықтықтың көлемдік кеңеюінің қандай температуралық коэффициенттері бар?

4. Контакттік әдістер мен температураны өлшеудің қандай құралдары бар? Температура тетіктерінің біршама кең таралған негізгі типтері қандай?

5. Кедергінің металл термометрлерінде өлшеудің қандай принципі пайдаланылады? Мыс және платиналы ТС сипаттамалары қандай?

6. Көпірлік сұлбалардың қандай түрлері ТС қосу үшін пайдаланылады? ТС қателіктері қалай өтеледі?

7. Термоэлектрлік әсер неден тұрады? Термобулардың бос ұштарына қоршаған ортаның температурасының әсері қалай өтеледі?

8. Термобулардың негізгі типтерінің сипаттамалары қандай?

9. Кедергінің жартылай өткізгішті термометрлері (термисторлар) мен интегралдық жартылай өткізгішті тетіктер қалай жұмыс істейді?

10. Температураны әртүрлі тетіктермен өлшеудің диапазоны қандай?

11. Контактілік сандық термометр қалай құрылған және қалай жұмыс істейді?

12. Температураның контактілік өлшемдерінің ерекшеліктері қандай?

13. Температураны өлшеудің контактсіз әдістері қандай?

14. Температураны өлшеудің ИҚ әдісі неге негізделген? ИҚ-термометрдің құрылымы қандай?

ЭЛЕКТРЛІК ШАМАЛАРДЫ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ**12.1. Жалпы мәліметтер**

Ғылым мен техниканың қарқынды дамуы электротехника мен электрониканың кеңінен дамуын негіздейді, бұл өз кезегінде оларды одан әрі дамытуға ынталандырады. Әсіресе электрлендіру саласында қол жеткізілген жетістіктерді және өнеркәсіпке арналған электронды құралдарды әзірлеуді атап өту қажет. Жетектің электр жүйесі машина жасау, химиялық өнеркәсіп, тасымалдау үшін үлкен қуаттылық алуды қамтамасыз етеді және экономиканың дамуына айтарлықтай үлес қосады.

Машиналардың функционалдық параметрлері мен алынатын өнімдерэлектрондық жүйелер көмегімен басқарылады. Электрондық өлшеу құралдары қол жетімді өлшеу ақпаратын алуды қамтамасыз етеді, ол жады блогындағы белгіленген мәндері бар электрондық есептеуіш машинасы көмегімен салыстырылады және сосын белгіленген мәндерден ауытқулар кезінде тиісті түзетуді іске асырады.

Электрлік шамаларды өлшеудің мәнінің жоғарылауы анық. Сонымен қатар геометриялық, механикалық, жылу, оптикалық, уақыттық және т.б. сияқты электрлік емес шамалардың электрлік өлшемдерінің барлық кеңейтілген көлемін байқамай қалуға болмайды. Электрлік өлшеулердің ерекше артықшылықтарын атап өту керек:

- жоғары сезімталдық (электр түрлену немесе күшейту кезінде түрленудің қосымша қателіктері болмайды) (12.1-кесте);
- нәтижелердің жоғары дәлдігі және орындалуы (тез өзгеретін үдерістерді тіркеу мүмкіндігі, өлшеу жүйесінің өлшенетін объектіге кері әсері болмауы);
- өлшеу мақсаттары үшін электр қуатын күшейтудің шексіз мүмкіндігі;
- қызмет етудің ұзақ мерзімі, тозудың аз болуы және пайдалану кезіндегі аздаған талаптар;

Метрологиялық институттарда қол жеткізілетін өлшеу

Өлшенетін шама	Өлшенетін шаманың мәні	Өлшеу құралы	Өлшеулердің салыстырмалы қателігі
Электрлік күші	1 нА 1 мкА 1 А 1 кА	Үлгілік резистор және компенсатор сол сияқты » »	$1 \cdot 10^{-3}$ $2 \cdot 10^{-5}$ $2 \cdot 10^{-5}$ $2 \cdot 10^{-5}$ $3 \cdot 10^{-4}$
Кернеу	1 мВ 1 В 1 кВ	Компенсатор » »	$5 \cdot 10^{-6}$ $1 \cdot 10^{-5}$ $1 \cdot 10^{-5}$
Кедергі	1 мОм 1 Ом 1 кОм 1 МОм 1 ГОм	Кельвиннің қос көпірі сол сияқты » Электроомметрлік көпір сол сияқты	$1 \cdot 10^{-6}$ $1 \cdot 10^{-7}$ $5 \cdot 10^{-7}$ $2 \cdot 10^{-6}$ $5 \cdot 10^{-6}$

• тікелей өлшеу объектісінде және одан аздаған қашықтықта монтаждау мүмкіндігі.

Өлшеу кезінде алынған кез-келген деректерді өлшеу объектісінен кез-келген қашықтықта бекітуге болады, сонымен қатар жергілікті немесе орталықтандырылған электрондық өңдеуді, бақылауды, өлшеу нәтижелерін тіркеу және құжаттандыруды қамтамасыз етуге болады. Бұл жағдайда топтастыру жолымен алынатын көлемді төмендету, орташа мәндерді алу және шекті мәндердің асу туралы дабыл беру қажеттілікке ие болады. Электр өлшеуіштік құрылғылар реттеу және басқару жүйелеріне оңай қосылуы мүмкін. Сандық өлшегіштік құрылғыларына өту өлшеу нәтижелерін өңдеудегі қателерді азайтуға және өлшеу нәтижелерін визуалдық есептеу кезінде туындайтын субъективтік қателерді шектеуге әкеледі.

Дегенмен, жеке ұштастырылатын функционалдық блоктар түріндегі электрлік өлшеу жүйелерін кеңінен пайдалануды бағаламауға болмайды. Осының арқасында әртүрлі өлшеу міндеттерін шешу үшін бірнеше стандартталған блоктардан тұратын жүйелерді жасауға болады. Осындай шешімдердің экономикалық маңызы өлшеу жүйесін әзірлеудегі салыстырмалы түрде аз материалдық шығындарға және басқа да міндеттерді шешу үшін өлшеу жүйесін салыстырмалы түрде тез қайта құруға және қайта жабдықтау мүмкіндігіне, сонымен қатар

блоктар мен тораптарды біршама жеңіл монтаждау мен жөндеуді қамтамасыз етуден тұрады. Оған қоса, жаңа құралдарды әзірлеуді жеделдету қамтамасыз етіледі, себебі блоктарды жаңадан әзірлеуге болмайды. Өлшем нәтижелерін ұсыну қолайлылығымен байланысты артықшылықтарды ескермеуге болмайды. Функционалдық типтендірілген өлшеу құралдарына көшу, оның бірігуін, жүйелілігін және көрнекілігін қамтамасыз ете отырып, көптеген көзқарас жағынан барлық өлшеу процесін ұйымдастыруды жақсартуға мүмкіндік береді.

12.2. Электрлік өлшеуіш аспаптар мен жүйелер

12.2.1. Электр механикалық өлшеуіш аспаптар

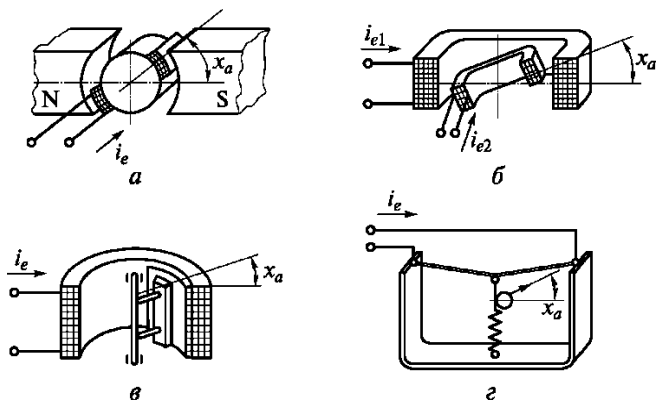
Электрөлшеуіш аспаптарын келесі негізгі топтарға бөлуге болады: электромеханикалық және электротермиялық (12.1-сурет).

Магнитті электрлік жүйенің аспаптары. Бұл құрылғылар тұрақты токпен жұмыс істей алады, ал қосымша түрлендіргіштерді қолданғанда - айнымалы токтада жұмыс істей алады. (12.2, а-сурет).

Тұрақты магниттің біртекті магнит өрісінде айнала алатын жақтау тіректіңде орналасады. Осы жақтау



12.1-сурет. Электрлік өлшеуіш аспаптардың жіктелуі



12.2-сурет Электрөлшеуіш аспаптар:

a - магниттік электрлік жүйенің; *б* - электр динамикалық жүйенің;
в - жылжымалы өзегі бар электр магнитті; *г* -
 қыздырылатын жібі бар термоэлектрлік.

орамдары арқылы өтетін ток өрістің магниттік сызықтарының бағытына перпендикуляр бағытқа ие.

Электр тогы екі серіппелі элемент арқылы (таспалы кергі, спиральды серіппелер) беріледі, олар бір мезгілде механикалық қарсы әрекет ететін момент түзеді. Жақтауға әрекет ететін айналдырушы момент келесідей түрде анықталады:

$$M_a = \psi I_M = B_L A n I_M ,$$

мұнда I_M - жақтаудағы токтың өлшенетін күші; B_L - ауа саңылауындағы магниттік индукция; A - тұйық магниттік ағынмен уенетін жақтаудың ауданы; n жақтаудың орам саны. Жақтаудың қозғалысы дифференциалдық тендеумен сипатталады

$$\Theta \ddot{\alpha} + R \dot{\alpha} + c\alpha = M_r,$$

мұнда Θ - инерция сәті; R - сөну коэффициенті; α - ауытқу бұрышы; c - серіппенің қаттылығы; M_r — бекітуші момент.

Өтпелі процесс аяқталғаннан кейін стационарлық күй үшін $\ddot{\alpha} = 0$ және $M_u = M_r$, сондықтан жазуға болады

$$\alpha = nAB_L I_M / c.$$

Жылдам өтетін процестерді өлшеу кезінде магниттік электр жүйесінің өлшеу механизмі оның инерциясымен токтың орташа мәнін береді:

$$\alpha \approx \frac{1}{T} \int_0^T i_M dt = \bar{i}_M$$

Басқа өлшеу құралдарымен салыстырғанда, магнитоэлектрлік жүйенің аспаптарының маңызды артықшылығы олардың жоғары дәлдігі болып табылады. Мысалы, 0,1% -дан аспайтын қателігі бар аспаптар сериялық түрде шығарылады.

Магниттік электрлік жүйе аспаптарының көмегімен өлшеу кезінде температура әсері елеулі теріс әсер етуі мүмкін, себебі температура өзгерген кезде, жақтаудың да және қарсы әрекет ететін серіппенің де электр кедергісінің өзгеруі жүреді. Оған қоса, қарсы әрекет ететін момент те температураға тәуелді болады.

Электр динамикалық жүйенің аспаптары. Бұл токтардың өзара әрекеттесуі принципіне негізделген өлшеуіш аспаптар (12.2, б-сурет). Олар айнымалы токта да, тұрақты токта да өлшеу үшін қоланылады.

Тұйық магниттік тізбегі бар электродинамикалық өлшеу құралы магнитті электрлік жүйенің аспабы ретінде жұмыс істейді, бірақ айырмашылығы тұрақты магнит орнына электромагнит пайдаланылады.

Айналдың моменті үшін мынаны аламыз

$$M_\alpha = B_F \alpha I_M,$$

мұнда B_F - қозу катушкасымен жасалатын ауа саңылауындағы магниттік индукция (қозу катушкаларындағы I_F ток күшіне пропорционалды).

Ферромагниттік білігі жоқ электродинамикалық өлшеу аспабында ферромагниттік элементтер толықтай жоқ. Магнит өрісі қозған кезде, аспаптың әрекет ету принципі тұйық магниттік тізбегі бар аспапқа ұқсас.

Өзіндік магниттік өріс әлсіз болғандықтан білігі жоқ электродинамикалық өлшеуіш аспаптар білігі бар аспаптарға қарағанда сыртқы өрістерді әсерінен кедергілерге біршама көп ұшыраған.

Электродинамикалық өлшегіштік түрлендіргіштердің ерекшелігі - олардан I_F және I_M туындыларды алу мүмкіндігі болып табылады. $I_F = I_M$ болғанда инерциялыққа байланысты аспаптың көрсеткіші кез келген пішіндегі токтың тиімді мәнінің шаршысына пропорционалды:

$$\alpha \approx \frac{1}{T} \int_0^T i_M^2 dt = I_{M\phi\phi}^2.$$

Өлшеуіштік аспаптың шкаласы токтың тиімді мәнін тікелей көрсететіндей түрде градусталған.

Жылжымалы магниті бар электр магниттік өлшеу аспаптары магнитті электрлік принципке негізделген. (12.2, в-сурет). Олар тұрақты токта өлшеу үшін пайдаланылады, ал қосымша түрлендіргіштері барларды айнымалы токта пайдалануға болады.

Жылжымайтын катушкалардың өрісінде айнымалы тұрақты магнит бар (магнитті ине, диск немесе бос цилиндр), ол тұрақты сыртқы өріс бағытында (мысалы, Жердің магнит өрісі) орнатылады. Токтың өтуі кезінде айналатын магнит бағыттаушы өріспен және катушкалар өрісімен құрылатын нәтиже беретін өріс бағытында орын ауыстырады.

Жылжымалы магниті бар аспап - магниттік электр жүйесінің айналған өлшеуіш құрылғысын көрсетеді, яғни катушкалар мен тұрақты магниттер өзара орын ауыстырады. Жылжымалы магниті бар өлшегіш аспаптың басты артықшылығы - бұл құрылымының қарапайымдылығы. Кемшілігі әлсіз ішкі өріс болып табылады, соның нәтижесінде сыртқы өрістерден қорғау қажет болады.

Индукциялық жүйенің электрлік өлшеу құралдары тек айнымалы токта өлшеулер үшін ғана қолданылуы мүмкін. Айналмалы магнит өрісінде жылжымалы тұйық өткізгіш (барабан немесе диск) бар. Құйынды токтарды өткізу нәтижесінде жылжымалы өткізгіш айналмалы магнит өрісінің бағыты бойынша орын ауыстырады. Айналмалы өрістің өзі өрістері бір-біріне қатысты 90° кеңістікті жылжытылған, сонымен қатар $\pi/2$ -ге фаза бойынша ығыстырылған айнымалы токтың екі орамымен түзіледі. Аналогия бойынша ауытқу бұрышы екі орамдағы ток күштерінің туындысына пропорционалды болады. Индукциялық жүйенің электрлік өлшеу аспаптары, екі ток тең болғанда және олардың арасында $\pi/2$ жылжу болғанда, тиімді мәнді квадратын көрсетеді.

Индукциялық жүйенің электр өлшеу құралдарының артықшылығы - жылжымалы элементтің токтың болмауы. Жабық орындалу өлшеуіштік түрлендіргішті сыртқы өрістердің әсерінен жақсы қорғайды.

Индукциялық жүйенің кемшілігі олардың көрсеткіштерінің жиілікке тәуелділігі болып табылады.

Тікелей және ауыспалы токтарда өлшеу үшін электромагниттік өлшеу құралдары пайдаланылуы мүмкін. Бұл аспаптардың ең маңызды түрлері жалпақ және дөңгелек катушкалары бар құрылғылар болып табылады.

Қоздыру катушкалар ішіндегі жалпақ катушкалар бар аспаптарда эксцентрілік бекітілген жылжымалы ферромагниттік пластина бар, оның айналу осі қозу катушкасының осіне перпендикуляр болып табылады. Электрлік ток өткен кезде

пластинка электр магниттік өрістің әсерімен орамда орын ауысады, яғни өзінің осінің бойында бұрылады.

Қозу катушкасының ішіндегі дөңгелек катушкасы бар аспапата қозғалмайтын және жылжымалы ферромагниттік плиткаар бар, олардың соңғысының айналу осі катушкалардың осіне параллель болып табылады. Электр ток өткен кезде, пластинкаар бір бағытта магниттеледі, және сәйкесінше бір-бірінен итеріледі. Оған қоса жылжымалы пластинка жылжымайтын пластинаның кішірек еніне қарай бұрылады.

Одан әрі электромагниттік өлшеуіштік аспаптардың екі типі үшін де әділетті формулалар берілген. Жылжымалы ферромагниттік пластинаға әсер ететін айналмалы момент

$$M_{\alpha} = \frac{I_M^2}{2} \frac{dL}{d\alpha},$$

мұнда I_M — токтың өлшенетін күші; L — қозу катушкасының индуктивтілігі; α — ауытқу бұрышы.

Егер конструктивтік шараларға негізделген индуктивтілік өзгерісі $dL / d\alpha$ тұрақты болып қалса, онда $M_{\alpha} = M_r$ болғанда мынаны аламыз

$$\alpha \approx I_M^2.$$

электромагниттік өлшеу құралдары олардың қарапайым құрылымының арқасында басқа электрлік өлшеу құралдарына қарағанда дайындау кезінде әлдеқайда арзанырақ. Жылжымалы ток ағыстары болмағандықтан, бұл құрылғылар маңызды жүктемелерге жол береді. Кедергі өрістерінің әрекетінен қорғау үшін олар болат экрандармен орындалған болуы мүмкін. Сонымен қатар жиілік әсерін де ескеру керек. Электромагниттік өлшеу аспаптары - тиімді мәндерді өлшеуге арналған аспаптарды ұсынады.

электростатикалық өлшеу құралдары тұрақты және ауыспалы токтарда өлшеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Өлшеуіштік аспап конденсатордан тұрады, оның электродтары электрлік кернеуді төсей отырып сыйымдылықтың артуы бағытында әрекет ететін механикалық күш алу мүмкіндігі болатындайт үрде бекітілетіндей түрде болады. Электродтардың тиімді ауданын немесе электродтар арасындағы қашықтықты өзгерту жолымен сыйымдылықты өзгерту іске асырылады. Жылжымалы электродтарға әсер етпейтін айналдыратын момент

$$M_{\alpha} = \frac{U_M^2}{2} \frac{dC}{d\alpha},$$

мұнда U_M — өлшенетін кернеу; C — конденсатордың сыйымдылығы.

Егер сыйымдылықтың өзгеруі тұрақты болса, онда ауытку бұрышы үшін $M_a = M_r$ болғанда мына қатынас әділетті болады

$$\alpha \approx U_M^2.$$

Электростатикалық өлшеу аспаптары үшін энергияны өте аз тұтыну тән болады. Бұл аспаптардың артықшылығына температура мен жиіліктің аздаған әсерін жатқызуға болады. Кемшілігі - бұл сыртқы электростатикалық өрістердің айтарлықтай әсері болып табылады, ол өлшеу нәтижелерінің айтарлықтай бұрмалануына әкелуі мүмкін. Электростатикалық өлшеуіш аспаптар тиімді мәндерді өлшейді.

12.2.2. Термоэлектрлік өлшеуіш аспаптар

Қыздырылатын жібі бар өлшеуіш аспаптар тұрақты немесе айнымалы токта өлшеулерді жүргізуге және тиімді мәндерді өлшеуге мүмкіндік береді (12.2, г-сурет). Өлшенетін ток I_0 ұзындығының сымы арқылы өтеді. Бұл жағдайда ток күшіне байланысты I_M өткізгіштің температурасы ν мен ұзындығы l_0 өзгереді.... Ұзындықтың Δl өткізгіштің өзгеруі мынаны құрайды

$$\Delta l \approx I_M^2.$$

Биметаллдық аспаптар сонымен қатар термоэлектрлік өлшеу принципіне негізделген. Олар тұрақты және айнымалы токта өлшеулер үшін қолданылады және тиімді мәндерді өлшейді. Бейметаллдық жолақ келей I_M күші бар тікелей өлшенетін токпен немесе оқшауланған орам көмегімен қыздырылады. Бір жағынан бекітілген спираль тәрізді, биметаллды пластина екі металлдың сызықтық кеңдінің әртүрлі коэффициенттеріне байланысты өлшенетін ток күшіне байланысты қыздырылады және майысады.

Пластинаның деформациясы металл қабатының ұзындығының өзгеруі айырмашылығына пропорционалды.

$$\alpha \approx I_M^2.$$

Термоэлектрлік өлшеу аспаптары өлшеу нәтижелеріне сыртқы өрістер әсер етпейтініне негізделетін басқа электрлік өлшеу құралдарыалдында артықшылыққа ие. Кемшілік ретінде сыртқы температуралық жағдай әсерін көрсетуге болады, бірақ олар сәйкес материалдарды таңдау жолымен толықтай жоюға болады. Оған қоса, нөлге қойылғанын жиі тексеру қажет. Бейметаллдық аспаптар тиімді мәндерді өлшейді.

Тікелей және ауыспалы токтарда өлшеу үшін термоэлектрлік аспаптар пайдаланылуы мүмкін. Олар жоғары жиілікті токтарды өлшеу үшін ең қолайлы болып табылады. Термоэлектрлік түрлендіргіштер одан өтетін өлшенетін ток I_M арқылы қыздырылатын сымнан тұрады. Сымның ортасында термоэлементтің өлшегіш бөлігі орналастырылған. Туындайтын термоЭҚК қыздыру температурасына пропорционалды болады. Термоэлектрлік аспаптар тиімді мәндерді өлшеуге көмектеседі.

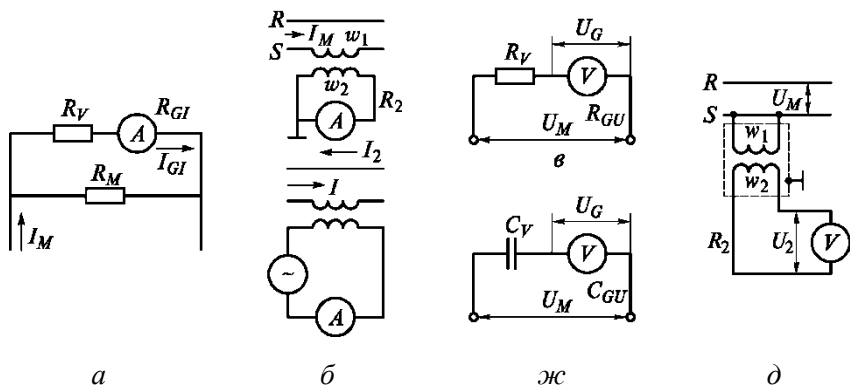
Өлшеу шектерін қате таңдау кезінде пайда болған қателіктерді өлшеу диапазонын кеңейтуге мүмкіндік беретін күшейткіштерді немесе әлсіреткіштерді пайдалану арқылы азайтуға немесе жоюға болады (12.3-сурет).

Ток күшін өлшеу кезінде өлшеу диапазоны тоқты тарату жолымен іске асырылады. (12.3, а- сурет). Бұл жағдайда өлшенетін ток бөлігі градусталған температуралық тәуелсіз резистор арқылы жіберіледі. Температураның мыс орамдарына әсер етуі нәтижесінде туындайтын қателерді бір мезгілде шектеу үшін жеткілікті үлкен кедергідегі температураға тәуелсіз түзету резисторы қосылады.

$$R_y \gg R_{GI}$$

мұнда R_y —күйге келтіру кедергісі; R_{GI} — өлшеуіштік резистордың кедергісі.

Бірақ, егер барлық өлшенетін ток өлшеуіш катушкалар арқылы өтуі қажет болса (мысалы, электромагниттік өлшеу құралында), онда өлшеу диапазоны өлшеу орамдарын секцияларға сәйкес түрде бөлу жолымен кеңейтілуі мүмкін.



12.3-сурет. Өлшеу диапазонын кеңейтетін сұлбалар:

а — тоқты бөлгіш; *б* — тоқты түрлендіргіш; *в* — кернеуді бөлгіш; *г* — кернеуді сыйымдылықты бөлгіш; *д* — кернеу түрлендіргіші

Бұл ретте катушаның жеке секциялары ретімен немесе параллель қосылған болуы мүмкін.

Айнымалы токтың ірі мәндерін өлшеу үшін өлшеу диапазонын кеңейту ток трансформаторлары көмегімен іске асырылады (12.3-сурет, б). Бұл ретте трансформация коэффициенті амперметрге тікелей қосу мүмкіндігі қамтамасыз етілетіндей түрде таңдалады.

Кернеуді өлшеу кезінде өлшеу диапазонының кеңеюі резисторды ретімен жалғау арқылы жүзеге асырылады (12.3, в-сурет). Түрлендіргішке зиянды температура әсерін бір мезгілде азайту үшін (мысты сымынан шығатын орауыштың қуатын тұтыну қоршаған ортаны қорғау температурасына

12.2-кесте

Электрлік өлшеуіш жүйелер

Атауы	Электр механикалық өлшеуіш аспап	Қолмен реттелетін компенсатор	Автоматтық компенсатор
Өлшеу шектері	Қолданылу мақсатына байланысты	0,2 мВ...2 В	1 мВ . 1 кВ 5 Ом. 1 МОм 10 мкА. 1 А
Өлшеу қателігі, %	$\pm (0,5 \dots 2,5)$	$\pm (0,02.0,1)$	$\pm (0,2.0,5)$
Инерциялық, с	1	100	1,5; 2,5; 5; 10; 20
Артықшылықтары	Механикалық әсерге сезімтал емес (сенімді), арзан, әмбебап қолдануылуымен сипатталады.	Механикалық әсерлерге сезімтал емес (сенімді), өтем дәлдігі жоғары	Автоматты түрде теңестіру (өтемақы), өлшенетін дабылды тіркеуді қамтамасыз ету
Кемшіліктері	Баяу әрекет етеді	Өлшеудің еңбек сыйымдылығы үлкен	Шектеулі дәлдік, инерционды (баяу әрекет ететін)
Қолданылуы	Электрлік дабыл көмегімен ұсынылатын барлық физикалық шамалардың индиакциясы	ТермоЭҚК және т.б секілді шағын кернеулерді дәл өлшеу.	Электр кернеуін, ток күшін және кедергіні өлшеу және тіркеу

байланысты) кедергісі температураға тәуелді болмайтын материалдан жасалған резисторды қолданады. Бұл резистордың кедергісі кернеу түрлендіргіші резисторының кедергісімен салыстырғанда үлкен болуы тиіс: $R_V \gg R_{GU}$, мұнда R_{GU} — кернеу түрлендіргіші резисторының кедергісі.

Қуат аз тұтынылатын және таза сыйымдылық кедергісі бар электростатикалық өлшеу аспаптарында өлшеу диапазоны конденсаторды ретімен қосу немесе сыйымдылықты кернеудің сыйымдылықты бөлгіші көмегімен кеңейтілуі мүмкін (12.3, г-сурет).

Вольтметрдің сыйымдылығы C_{GU} ауытқу бұрышына а байланысты өзгертіндіктен, әрбір ретімен қосылатын конденсаторды пайдалану кезінде градуस्ताуды жүргізу қажет. Бұл жағдайда өлшеу диапазонын кеңейту үшін, ретімен параллельді қосылған конденсаторларды C_V пайдалану біршама мақсатты болып табылады. Дегенмен бұл жағдайда C_{GU} өлшеу аспабының сыйымдылығы ауытқу бұрышына а байланысты өзгерсе, бірақ егер сыйымдылық C_V әлдеқайда көп сыйымдылықтан C_{GU} таңдалса, онда өлшеу кезіндегі туындайтын кішігірім қателіктерді ескермеуге болады.

Айнымалы кернеуді өлшеу кезінде өлшеу диапазоны вольтметрге тікелей қосылуға мүмкіндікті қамтамасыз ететін кернеу трансформаторы көмегімен кеңейтілуі мүмкін (12.3, д-сурет).

12.2-кестеде біршама кең таралған өлшеуіш жүйесінің негізгі сипаттамалары ұсынылған.

Бақылау сұрақтары

1. Электрлік өлшеулердің артықшылықтары неде?
2. Электрлік шамаларды өлшеу диапазондары қандай?
3. Қазіргі кезде, ток күшін, кернеу мен электр кедергісін өлшеу кезінде қандай минималдық қателіктер болады?
4. Электромагниттік өлшеу аспаптарының қандай түрлері бар?
5. Термoeлектрлік өлшеу құралдарының қандай түрлері белгілі?
6. Токты өлшеу диапазонын кеңейту үшін қандай сұлбалар қолданылады?
7. Кернеуді өлшеу диапазонын қалай кеңейтуге болады?
8. Тікелей және ауыспалы токтарда өлшеу үшін қандай аспаптар мен түрлендіргіштер пайдаланылуы мүмкін?
9. Қандай түрлендіргіштер жоғары жиілікті ток пен кернеулерді өлшеу үшін жақсырақ пайдаланылады?

Тікелей әрекет ететін электр механикалық өлшеуіш аспаптар

13.1. Тікелей әрекет ететін аспаптардың теориялық негіздері мен құрылымдары

Тікелей әрекет ететін электромеханикалық өлшеу құралы жылжымалы бөліктің күйі өлшенетін шаманың мәніне тәуелді болатын аспапты көрсетеді. Мұндай аспапта кері байланысты қолданбай бір бағыттау өлшеуіштік ақпараттың дабылын бір немесе бірнеше түрлендіру жүреді. Тағайындалуы мен жұмыс принципіне қарамастан, мұндай аспаптар (13.1-сурет) өлшеуіш тізбектен (ӨТ), өлшеу механизмі (ӨМ) және есептеу құрылғысынан (ЕК) тұрады.

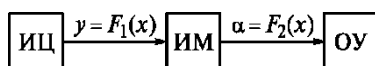
Өлшеу тізбегі - өлшеу құралдарының түрлендіргіш элементтерінің жиынтығы, ол өлшеуіштік ақпарат дабылының барлық түрленулерінің іске асырылуын қамтамасыз етеді. Өлшеу тізбегінде өлшенетін шаманың x онымен функционалдық байланысты электрлік шамасының y ретімен түрлену қатарының бірі жүреді.

Өлшеу механизмі - өлшеу құралының өзара әрекеттесуі өзара орын ауысуды тудыратын элементтерден тұратын құрылымының бір бөлігі. Мұндай механизмде x шамаға пропорционалды электромагниттік (немесе электростатикалық) энергия қозғалатын бөліктің орынын ауыстырудың пропорционалды механикалық энергиясына түрленеді.

Есептегіш құрылғы - өлшенген шаманың мәндерін есептеуге үшін тағайындалған өлшеу құралдарының (мысалы, шкала мен көрсеткіш) құрылымының бөлігі.

Ұқсас аспаптардың жалпы түйіндері мен бөлшектері. Электромеханикалық ұқсас құрылғылар тағайындалуы мен әрекет ету принципіне байланысты түрлі өлшеу механизмдерінің типтері мен әртүрлі құрылымдарға ие. Аспаптардың құрылымдық әртүрлігіне қарамастан олар көп ортақ элементтерге ие болады:

13.1-сурет. Тікелей әрекет ететін
электромеханикалық аспаптың
құрылымдық сұлбасы



прибордың корпусы, жылжымайтын және жылжитын бөліктер, қарсы әрекет ететін құрылғылар, тыныштандырғыш, есептеуіш құрылғы, корректор және арретир.

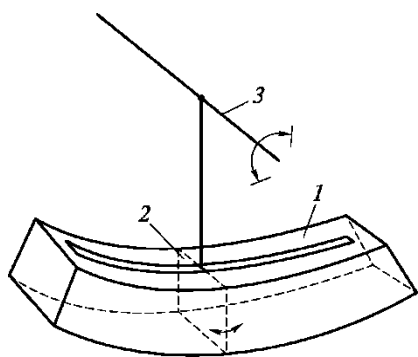
Құрылғының корпусы барлық тораптар мен бөлшектерді бекітуге және оларды сыртқы әсерлерден қорғауға қызмет етеді.

Көптеген құрылғылардың жылжымайтын бөлігі - бұл катушкалар (магниттік тізбегі бар немесе магниттік тізбегі жоқ) болып табылады. Кейбір құралдарда тұрақты магниттің немесе өткізгіш (пластинаның) түрінде жасалған жылжыматыйын бөліктері бар.

Құрылғының жылжымалы бөлігі тұрақты магнитті, катушка немесе өткізгіш (диск) түрінде орындалады. Жылжымалы бөлігін ось айналасында айналдыру үшін оны тіректерге бекітіледі немесе кергілерге немесе аспаптарға іледі. Осьтер мен тіректер аспаптың түрі мен тағайындалуына байланысты әр түрлі конструкцияда болуы мүмкін.

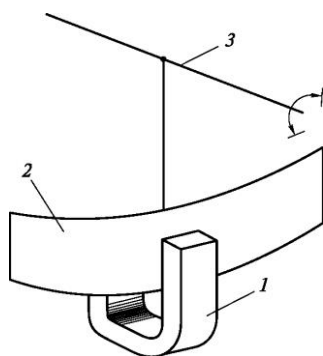
Қарсы әрекет ететін моментті құру үшін көптеген құрылғылар ток өткізгіш спиральмен немесе таспалы серіппелермен жабдықталған. Спиральды серіппелердің ерекшелігі - бұл құрастырылған қарсы әрекет ететін момент пен бұрау бұрышының тікелей байланысы болып табылады. Керу немесе артуды қолданудың арқасында аспаптың сезімталдығы артады және механизмдегі үйкелістің азаюы есебінен өзіндік энергияны тұтынуы азаяды. Қарсы әрекет ететін құрылғыларды серпімді металдардан - қалайы-мырыш және бериллий қола немесе платина-күміс және алюминий қорытпаларынан жасайды.

Тыныштандырғыш аспаптың қозғалмалы бөлігінің тыныштандырудың қажетті уақытын қамтамасыз ету үшін қажет.



13.2-сурет. Әуелік

1 - камера; 2 - жеңіл алюминий қанат; 3 - аспаптың жылжымалы бөлігі



13.3-сурет.

Магнитті индукциялық тыныштандырғыш:

1 - тұрақты магнит; 2 - білік; 3 - аспаптың жылжымалы бөлігі

әуелік, магниттік индукциялық немесе сұйықтықты тыныштандырғыштар қолданады.

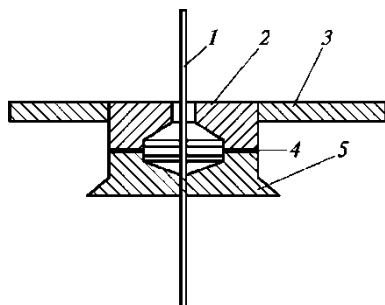
Әуелік тыныштандырғыш (13.2-сурет) жабық камерада 1 тұрады, онда жеңіл алюминийлі қанат 2 немесе аспаптың жылжымалы бөлігімен жалғанған поршень 3 орын ауыстырады. Соңғысын камераның бөліктері арасында жылжытқанда қысымның төмендеуі пайда болады, соның нәтижесінде қанаттың немесе поршеннің тежелуі жүреді, ол құрылғының қозғалатын бөлігін тыныштандыруға көмектеседі. Заманауи ұқсас аспаптарда әуе тыныштандырғыштары сирек қолданылады.

Магнитті индукциялық тыныштандырғыш (13.3-сурет) тұрақты магниттен 1 тұрады, олардың полюстерінің арасында аспаптың жылжымайтын бөлігінің арасында бекітілген магниттік емес материалдан жасалған білік 2 орналасады (немесе қысқа тұйықталған өткізгіш). Аспаптың жылжымалы бөлігін 3 жылжытқанда білікте (қысқа тұйықталған өткізгіш), тұрақты магнит өрісімен өзара әрекеттесетін тыныштандыру моменті индуцирленеді.

Магнитті индукциялық тыныштандырғыш пайдалануда қарапайым және қолайлы. Олар әуелік тыныштандырғыштан да жақсысын қамтамасыз етеді. Оған қоса оларды магниттік тізбектерге тыныштандырғыштың қосымша магниттік өрісі әсер етпейтін құралдарға ғана қолдануға болады.

Сұйықтықты тыныштандырғыштар (13.4-сурет) кремний органикалық сұйықтықтардың тұтқыр қасиеттерін пайдаланады. Тыныштандырғыш екі дискден тұрады, олардың біреуі аспаптың жылжымалы бөлігіне бекітілген, ал екіншісі - жылжымайтын бөлікке бекітілмеген. Дискілер арасындағы саңылауда (миллиметрдің бірнеше үлесінен аспайтын) полисилоксан сұйықтығы. 4 беттік кернеу күштерімен сақталады Жылжымалы дискіні тыныштандыру сұйықтық есебінен немесе оның қабаттары арасындағы үйкелістен жүреді. Сұйықтықты тыныштандырғыштарды қолдану ұқсас аспаптардың салмағы мен габариттерін азайтуға мүмкіндік береді.

Ұқсас аспаптың есептегіш құрылғысы шкала (немесе бірнеше шкалалар) мен нұсқауырдан тұрады. Шкала есептегіш



13.4-сурет.

Сұйықтықты

тыныштандырғыш:

- 1 - ось; 2 - жылжымайтын
төлке; 3 - панель; 4 - сұйықтық;
5 - жылжымалы төлке

құрылғының бөлігі болып табылады, ол шамалардың реттік мәнінің қатарына сәйкес келетін сандардың кейбірінде қойылған есептеулер немесе басқа таңбаларды және белгілер жиынтығын ұсынады. Шкаланың сипаты аспаптағы электрлік шама түрленгеннен кейін алынатын айналдырғыш моменттің байланыс түріне тәуелді болады. Егер бұл байланыс сызықты болса, аспап шкаласы біркелкі және керісінше, байланыстың сызықтық емес шкаласында шкала біркелкі емес (деңгейлік, логарифмдік және т.с.с.) Сонымен қатар, шкалаларды нөлдік немесе нөлсіз орындайды, нөлдік белгісінің орналасуына байланысты - симметриялық және асимметриялық, бір жақты және екі жақты болады.

Есептегіш құрылғының нұсқауыры оның құрылымының бөлігі болып табылады, оның шкала белгісіне қатысты күйін аспап көрсеткіші анықтайды. Көрсеткіштерді нұсқауырлы, жарықтық және сандық индикаторларға бөледі. Нұсқауырлы көрсеткіштерді найза, пышақ немесе жіп түрінде орындайды. Жарықтық көрсеткіш ретінде оптикалық құрылғыларды қолданады, ол жарықтық сәулені аспаптың жылжымайтын шкаласына айна жүйесінің көмегімен жобалайды. Интегрлеуші ұқсас құрылғыларда рольдік есептеу механизмін ұсынатын механикалық сандық индикаторлар - айналымдар есептеуші қолданылады. Сандық индикаторлардың ерекшелігі санаудың объективтілігі болып табылады, бірақ сонымен бірге олардың жұмысы үшін қосымша қуат қажет болады, ол құрылғының өзіндік қуаттылықты тұтынуын арттырады.

Корректор ұқсас аспапта өшірілген аспапта шкаланың нөлдік белгісіне қарсы көрсеткішті орнату үшін қажет. Температураның өзгеруі, аспаптың механизміндегі қалдық құбылыстар оның көрсеткішін шкаланың нөлдік белгісінен ығысуына әкелуі мүмкін. Бұл факторлар механизмнің жылжымалы бөлігімен байланысты шылбыр түрінде жасалған корректор арқылы жойылады.

Арретир аспаптың жылжымайтын бөлігін оны тасымалдау немесе орнату кезінде жылжымайтындай түрде бекітуге (немесе тұйықтауға) мүмкіндік береді.

Аспаптың жылжымалы бөлігіне әсер ететін моменттер. Аспаптың қозғалмалы бөлігінде әрекет ететін механикалық күштер айналдыратын моментті құрады. Оның мәні түрленуден кейін алынған электрлік шамаға u және өлшеу механизмінің жылжымалы және жылжымайтын бөліктерінің өзара орналасуына (а бұрышымен) байланысты болады:

$$M_{\text{вр}} = y^n F(\alpha) = dW_{\text{э}}/d\alpha, \quad (13.1)$$

мұнда n — аспаптың жүйесіне тәуелді коэффициент, көптеген жағдайларда ол 1 немесе 2-ге тең; $dW_{\text{э}}/d\alpha$ — электромагниттік энергияның туындысы.

Тек айналдырушы моменттің аспаптың қозғалмалы бөлігіне әсер етуі өлшенетін шаманы анықтауға мүмкіндік бермейді, себебі

аспаптың нұсқауыры максималдық (шексіз) бұрышқа орын ауысатын болады. Көрсеткіштің ауытқуы өлшенетін мәнге сөзсіз тәуелді болғандықтан, аспаптың жылжымалы бөлігінің (көрсеткішін) орын ауысу бұрышын ұлғайта отырып өсетін қарсы әрекет ететін момент қажет. Заманауи ұқсас аспаптарда қарсы әрекет етуші момент екі тәсілмен түзіледі:

- спиральдық серіппелер немесе жіптер (кергіш және артпа) көмегімен, олардың бір ұшы жылжымалы, ал екінші ұшы аспаптың жылжымайтын бөліктеріне бекітіледі. Мұндай құрылғының қарсы әрекет етуші моменті серіппені (кергішті) бұру (бұрау) бұрышыны пропорционалды болады:

$$M_{\text{пр}} = \alpha W, \quad (13.2)$$

мұнда W — серіппенің геомериялық өлшемі мен материалына байланысты шекті қарсы әрекет етуші момент;

- электромагниттік өрістің энергия есебінен (логометрлерде). Бұл жағдайда қарсы әрекет етуші момен өсетін момент ретінде құрылады.

Осылайша, өлшеуші механизмде туындайтын айналдырушы момент қарсы әрекет ететін серіппені бұрайды (бұрады) (немесе электромагниттік өрістің энергиясын өзгертеді) және айналдырғыш момент қарсы әрекет етушіге тең болғанға дейін жылжымалы бөлікті ауыстырады:

$$M_{\text{вр}} = M_{\text{пр}}. \quad (13.3)$$

Осындай тепе-теңдік нәтижесінде жылжымалы бөлік, нақтырақ аспаптың көрсеткіші бекітілген күйге жетеді.

(13.1) және (13.2) өрнектерінен моменттердің мәндерін (13.3) қойып, өлшенетін шама мен аспаптың құрылымдық параметрлерінің мәндерінен механизмнің жылжымалы бөлігінің орын ауысу бұрышының тәуелділігін алуға болады:

$$\alpha = \frac{y^n}{W} F(\alpha), \quad (13.4)$$

мұнда $F(\alpha)$ — механизмнің кинетикалық энергияның оның жылжымалы бөлігінің орын ауысу бұрышының өзгеруі сипаттамасы.

Өлшенетін шама өзгерген кезде сәйкесінше айналдыратын момент өзгереді, бұл тепе-теңдіктің бұзылуына әкеледі (13.4). Сондықтан да аспаптың жылжымалы бөлігі моменттердің айырмашылығының әрекетімен тепе-теңдік моментіне дейін әртүрлі жаққа орын ауыстыратын болады. Мұндай орын ауыстыру үшін қажетті уақытты аспаптың жылжымалы бөлігін тыныштандыру уақыты деп атайды, ал тыныштықты қамтамасыз ететін құрылғыны - тыныштандырғыш деп аталады.

Электромеханикалық аспаптардың жылжымалы бөлігі тіректерде айналатын оське бекітіледі. Сондықтан да жылжымалы

бөліктің ауытқуына тірек пен ось арасында туындайтын үйкеліс күші әсер етеді. Үйкелістің әсері өлшенетін шама аздап өзгерген кезде пайда болады, ол кезде айналдырғыш момент үйкеліс күшін еңсеруге қабілетті болмайды және жылжымалы бөлік өзінің күйін өзгертпейді. Үйкелістің артуымен аспаптың сезімталдығы азаяды. Үйкеліс күші электромагниттік аспаптарда үйкеліс моментімен анықталады, ол жылжымалы бөліктің салмағына және оны орнату тәсіліне байланысты болады:

$$M_{\text{тр}} = k_{\text{тр}} G^n, \quad (13.5)$$

мұнда $k_{\text{тр}}$ — үйкеліс коэффициенті; G — аспаптың жылжымалы бөлігінің салмағы; n — жылжымалы бөлікті орнату тәсіліне тәуелді сан, $n = 1, 3 \dots 1, 5$.

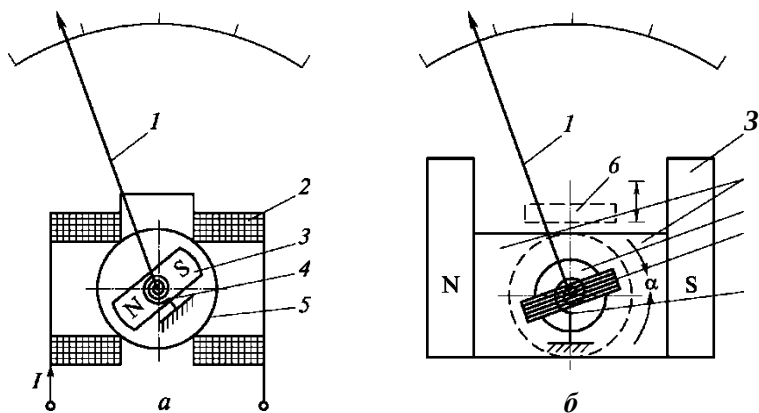
Үлкен айналдырушы момент бірдей өлшенетін шамада механизмді дамытқан сайын, механизмның осы мен тірегі арасындағы үйкелістің әсері соншалықты аз болады.

13.2. Магниттік электрлік приборлар

Магнитоэлектрлік аспаптардың әрекет ету принципі магнитті ағынның тұрақты магнит пен контур өрісінің токпен өзара әрекеттесуіне негізделген. Бұл ретте туындайтын айналдырушы момент жылжымайтын бөлікке қатысты жылжымалы бөлікті бұрады (катушканы немесе тұрақты магнитті). Мұндай аспаптардың механизмдері конструктивті түрде жылжымалы катушкамен немесе жылжымалы тұрақты магнитпен орындалады.

Бір жақтаулы аспаптар Жылжымалы магниті бар магнитті электрлік құрылғылар өлшемнің үлкен диапазонына, (жылжымайтын магниті және жылжымалы катушкалы бар аспаптармен салыстырғанда), шағын габаритті өлшемдер және төмен шығындарға ие. Бірақ та жоғары емес дәлдіктер мен сезімталдық, сонымен қатар айналдырушы моменттің жылжымалы бөліктің орын ауысу бұрышына тәуелділігі олардың қолданылуын шектейді.

Жоғары сезімталдық пен дәлдік салдарынан жылжымалы катушалары бар (сыртқы магниті бар) бір жиекті аспаптар кейінен таралымға ие болды. Осындай аспаптардың механизмі арасында магнитті жұмсақ материалдан жасалған жылжымайтын білік орналасқан 8 полюстік ұштықтары 7 бар тұрақты магниттен тұрады (13.5-сурет) Магнит, полюстік ұштықтар және білік радиалды магнит өрісін жасау үшін қажет. Білік және полюстік ұштықтар арасындағы кеңістікте жіңішке сымнан жасалған, кейде алюминий қаңқаға оралған тікбұрышты жылжымалы катушалар 9 орналастырылған. Өлшенетін ток катушкаға екі спиральды серіппе 4 арқылы



13.5-Сурет. Магнитті электрлік аспап құрылғысының сұлбасы:

а- жылжымалы магниті бар; *б* - жылжымалы катушкасы бар; 1 - нұсқауыр; 2 - жылжымайтын катушка; 3 - тұрақты магнит; 4 - спиральді серіппе; 5 - цилиндр; 6 - шунт; 7 - полюстік ұштықтар; 8 - жылжымайтын білік;

9 - жылжымалы катушка

жеткізіледі, ол қарсы әрекет ететін момент түзеді. Нұсқауыр (көрсеткіш) 1 және шкала аспаптың есептегіш құрылғысын түзеді.

Өлшенетін ток механизмнің жылжымалы катушкасы бойынша біркелкі радиальдық өрісте орналасқан орамдар бөлігіне өткен кезде жүйенің магниттік өрісінің энергиясына тәуелді айналдырғыш моментті түзетін күштер әрекет етеді. Тұрақты магниттен және тогы бар I катушкадан тұратын жүйенің энергиясы Ψ , туындымен анықталады

$$W_{\text{э}} = \Psi I, \quad (13.6)$$

мұнда Ψ —жылжымалы катушканың орамдары бар тұрақты ток ағынының ағын ілінісі.

Егер (13.1) теңдеуден $W_{\text{э}}$ мәнін (13.6) теңдеуге қойсақ, онда мынаны аламыз

$$M_{\text{вр}} = Id_{\Psi}/d\alpha. \quad (13.7)$$

Магниттік жүйе өрістерінің өзара әрекеттестігі қандай да бір α бұрышына жылжымалы катушканың бұрылуын тудырады. Сондықтан да ағынды тіркеу мына формула бойынша есептелуі мүмкін

$$\Psi = \frac{Bbl\alpha}{2} 2w, \quad (13.8)$$

мұнда B — әуелік саңылаудағы магниттік индукция, Тл; b және I — сәйкесінше катушканың ені мен ұзындығы, м.

Онда

$$\psi = 2w \frac{Bs\alpha}{2} = Bws\alpha, \quad (13.9)$$

мұнда w — катушканың орамдар саны; s — катушканың белсенді ауданы, м^2 .

Катушкаға әсер ететін айналдырғыш момент ағынды тіркеу мәнін y (13.8) формуладан (13.7) формулаға қойған кезде

$$M_{\text{вр}} = BswI. \quad (13.10)$$

Жылжымалы катушканың орнатылған күйі айналдырғыш және қарсы әрекет ететін моменттердің тепе теңдігі кезінде туындайды ((13.2) формуланы қараңыз), яғни (13.3) өрнегін ескере отырып $BswI = aW$. Сонда аспап нұсқауырының ауытқу бұрышы

$$\alpha_y = \frac{Bsw}{W} I = SI, \quad (13.11)$$

мұнда S — аспаптың токқа сезімталдығы, $S = \frac{Bsw}{W}$.

(13.11) теңдеу нұсқауырдың ауытқу бұрышы ток күшіне пропорционалды екендігін көрсетеді, ал аспаптың сезімталдығы бұрышқа тәуелді емес, себебі конструктивтік параметр болып табылады. Сәйкесінше, магнитті электрлік аспаптың шкаласы біркелкі. Мұндай аспаптардың сезімталдығы магниттік шунт б көмегімен реттеуге болады (13.5-суретті қараңыз), оның күйіне механизм саңылауындағы магниттік индукция мәні тәуелді болады.

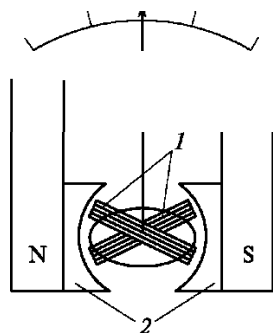
Магнитті электрлік аспаптардың жылжымалы бөлігінің тынышталу магнитті индукциялық, яғни жылжымалы катушканың орамдарымен және қаңқасымен жасалатын тынышталу моменттерінің есебінен іске асырылады. Бірақ та тыныштану моментінің мәніне алюминий қаңқада туындайтын құйын токтарымен механизмнің магниттік ағыны оның тұрақты магнит өрісіндегі қозғалысында өзара әрекеттестік көрсетеді.

Магнитті электрлік аспаптың жылжымалы бөлігі инерцияның салыстырмалы үлкен моментіне ие. Сондықтан синусоидталық токтың тізбегіне аспапты қосқан кезде оның катушкасы бойынша ток $I_m \sin at$ өтеді, оның орташа мәні мерзім ішінде нөлге тең. Соның салдарынан айналдырғыш моменттің орташа мәні сонымен қатар нөлге тең.

Логометрлік магниттік электрлік приборлар. Логометриялық аспаптарда (13.6-сурет), бір осьте орнатылған екі катушкалардан тұратын жылжымалы бөлік 1 тұрақты магнит өрісіне орналастырылған. Тұрақты магниттің жылжымайтын білікше мен полюстік ұштықтарының формасын әуе саңылауындағы индукция біркелкі емес болатындай және радиалдық емес

13.6-Сурет. Магнитті электрлік логометр құрылысының сұлбасы:

1 - жылжымалы бөлік; 2 - тұрақты магнит полюстері



бағытқа ие болатындай таңдайды. Аспапта қарсы әрекет ететін момент қажет болмайтындықтан, жылжымалы катушкалар тізбекке «моментсіз» өткізгіштер арқылы қосылады.

Сондықтан да аспаптың жылжымалы бөлігі катушкаларда ток жоқ болғанда ерікті күйге ие болады.

Катушкалардағы токтардың бағыттарын $M_i = B_{Si}w_iI_i$ және $M_2 = B_{S2}w_2I_2$ моменттері қарсы жаққа бағытталаындай түрде таңдайды.

Осы моменттердің әсерімен аспаптың жылжымалы бөлігі үлкен моменттің әрекет ету жағына қарай олардың теңдігіне дейін бұрылады (жылжымалы бөліктің бұрылуы кезінде моменттер өзгереді, себебі катушкалардың бірі шағын әуе саңылауынан үлкен индукциямен кіші индукциясы бар үлкен саңылауға орын ауыстырады, ал екіншісі - керісінше). Орнатылған күйде

$$B_{S1}w_1I_1 = B_{S2}w_2I_2,$$

осыдан

$$I_1/I_2 = B_{S2}w_2/(B_{S1}w_1).$$

Онда

$$I_1 / I_2 = k \frac{F_2(\alpha)}{F_1(\alpha)}. \quad (13.12)$$

Логометриялық механизмдер кедергілерді өлшеуге арналған аспаптарда - омметрлер мен мегомметрлерде кеңінен қолданылады.

Магниттік электрлік аспаптардың артықшылықтары: жоғары сезімталдық, кіші өлшенетін токтардағы үлкен айналдырғыш момент, элементтердің жоғары төзімділігі және сыртқы магниттік өрістердің кіші әсерлері - қуаттылықты өзіндік шағын тұтыну арқылы 0,05 дейінгі дәлдіктегі санаттардағы аспаптарды құруға мүмкіндік береді (магниттік электрлік амперметрлердің тұтынылатын қуаттылығы ваттың бірнеше үлестерінен аспайды).

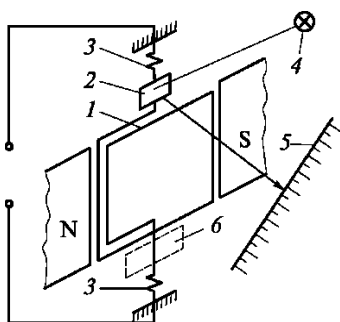
Магнитті электрлік аспаптарды кемшіліктері: құрылымның қиындығы, құны жоғары, жоғары емес қайта жүктеу қабілеті (қарсы әрекет ететін серіппелер тогының рұқсат етілген тығыздығымен шектелген) және тек тұрақты ток тізбектерінде ғана өлшеу үшін жарамдылығы.

Магниттік электрлік аспаптар тұрақты токтың амперметрлері мен вольтметрлері ретінде кеңінен қолданылады.

13.3. Магниттік электрлік гальванометрлер

Жалпы мәліметтер *Гальванометрлер* - жоғары сезімталдықтағы магнитті электрлік аспаптар Жылжымалы катушкасы (жиегі) және жарықтық нұсқауыры бар магнитті электрлік гальванометрлер кең таралымға ие болды (13.7-сурет). Мұндай аспаптың жылжымалы бөлігі рамкадан 1 тұрады, ол бойынша өлшенетін ток өтеді және айна 2 ток өткізгіш аспаптарда (кергіштерде) 3 бекітілген. Жылжымалы айна лампамен 4 жарықтандырылады, ал айнадан шағылған жарықтық сәуле шкалаға 5 түседі. Ендірілген және шығарылған шкалалары бар гальванометрлерді әдетте шартты градустейді.

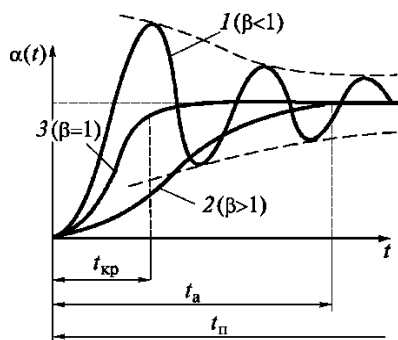
Гальванометрдің негізгі параметрлері мен сипаттамаларын оның механизмінде қосу және өшіру кезінде жүретін өтпелі процесстерді зерттеу нәтижелері бойынша анықтайды. Механикадан белгілі болғандай, массаның тербелуі процесі екінші реттегі дифференциалдық теңдеумен сипатталады. Бұл теңдеудің сол жағы қозғалыс санының моменті, ал оң жағы- тербелмелі массаға әсер ететін барлық моменттердің жиынтығы. Гальванометрдің жылжымалы бөлігінің қозғалысының дифференциалдық теңдеуінің нақты шешімін орын ауыстырудың соңғы мәнін анықтауға мүмкіндік береді. Дифференциалдық теңдеудің жалпы шешімі нәтижесінде тәуелділіктердің үш түрі алынады $a_y = F(t)$, ол гальванометрдің жылжымалы бөлігінің қозғалыс сипатын көрсетеді. Мұндай тәуелділіктерді талдау гальванометрге тән үш режим болуы мүмкін екендігін көрсетеді (13.8-сурет):



13.7-Сурет. Магниттік электрлік

гальванометр құрылғысының сұлбасы:

- 1 - жақтау; 2 - айна; 3 - аспандық катушканың кергіштері; 4 - лампа; 5 - шкала; 6 - баллисттік масса



13.8-Сурет. Тыныштықтың әртүрлі

деңгейіндегі гальванометрдің жылжымалы бөлігінің қозғалыс режимдері:

- 1 - мерзімдік; 2 - мерзімдік емес; 3 - сыни

мерзімдік (қисық 1), егер жылжымалы бөлік t_n уақыт ішінде орнатылған күйдің маңындағы тербелмелі қозғалысты іске асырса;

мерзімдік емес (қисық 2), бұл кезде жылжымалы бөлік мерзімдік режимдегіге қарағанда аз уақытта t_a тербеліссіз орнатылған күйге жеткен болса;

сыни (қисық 2), бұл кезде жылжымалы бөлік минималдық уақытта тербеліссіз орнатылған күйге жеткен болса;

Гальванометрдің ең маңызды параметрлерінің бірі *тыныштану деңгейі* (β) болып табылады, ол гальванометрдің жылжымалы бөлігінің жұмыс режиміне біршама әсер көрсетеді. Тыныштандыру деңгейінің мәні в гальванометр қосылған тізбек параметрлеріне байланысты таңдалады:

$$\beta = \frac{R_c + R_{\text{вн.кр}}}{R_c + R_{\text{вн}}}, \quad (13.13)$$

мұнда R_c — гальванометр катушкасының кедергісі (жиектің), Ом; $R_{\text{внкр}}$ — сыртқы тізбектің сыни кедергісі, Ом; $R_{\text{вн}}$ — сыртқы тізбектің кедергісі, Ом.

Сыртқы тізбектің *сыни кедергісі* деп гальванометрдің жылжымалы бөлігі мерзімдік емес қозғала отырып, минималдық уақыт ішінде бекітілген күйге жететін ең үлкен кедергіні айтады.

Тәжірибеде магнитті электрлік гальванометрлерді сыни режимде пайдаланады, мұнда $R_{\text{внкр}} = R_{\text{вн}}$ және жылжымалы бөліктің тыныштану уақыты t_s минималдық болады (13.9-сурет).

Егер гальванометрдің сыртқы тізбегі тұйықталған болса ($R_{\text{вн}} = \infty$; $\beta = 0$), оның жылжымалы бөлігі жиілікпен ω_0 және мерзіммен T_0 бос тербелістерді жасайды

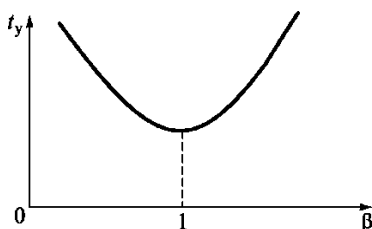
$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}. \quad (13.14)$$

Гальванометрдің маңызды параметрі оның *сезімталдығы* болып табылады. Гальванометрді ток күшін өлшеу үшін пайдаланған кезде оны токқа сезімталдықпен сипаттайды

$$S_I = \alpha/I, \quad (13.15)$$

кернеуді өлшеу кезінде - өзара мына қатынаспен байланысты

$$S_U = \alpha/U, \quad (13.16)$$



13.9-Сурет. Гальванометрдің тыныштану деңгейіне тыныштану уақытының тәуелділігі

кернеуге сезімталдық

$$S_U = S_I/R_r. \quad (13.17)$$

Өнеркәсіппен шығарылатын магнитті электрлік гальванометрлер 1011 мм/(А · м) жететін токқа сезімталдыққа ие.

Баллисттік гальванометр. Жылжымалы бөліктің инерцияныңұлғайтылған моменті бар (бұрын қарастырылған гальванометрмен салыстырғанда) магнитті электрлік гальванометрін баллисттік деп атайды. Инерция моментін арттыруға баллисттік массаны 6 арттыру жолымен қол жеткізіледі (13.7-суретті қараңыз). Бұл жағдайда гальванометр токтың интеграторы ретінде пайдаланылады.

Гальванометрдің қаңқасыз катушка (жақтау) бойынша өтетін ток импульсі тұрақты магниттің магниттік өрісімен өзара әрекеттеседі және айналдырғыш моменттің қысқа мерзімдік импульсін тудырады. Айналдырғыш момент импульсінің гальванометрдің жылжымалы бөлігіне әсері оның баллисттік зымырауын тудырады, ал сосын қарсы әрекет ететін моменттің әсерімен бастапқы күйге қайтуды тудырады. Гальванометр жұмысының мұндай режимі ток импульсінің ұзақтығы 4 мен оның жылжымалы бөліктерінің бос тербелістері T_0 кезеңі арасындағы келесі қатынасты сақтағанда мүмкін: $4 \ll T_0$.

Гальванометрдің жылжымалы бөлігінің баллисттік зымырау мәнін мына формула бойынша анықтайды:

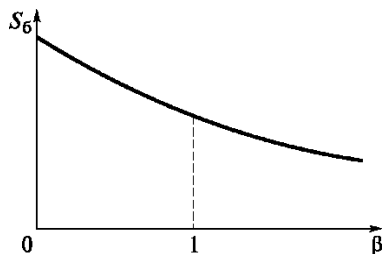
$$\alpha_6 = 2\pi \frac{S_r}{T_0} Q. \quad (13.18)$$

Бұл жағдайдағы баллисттік сезімталдық

$$S_6 = \alpha_6/Q, \quad (13.19)$$

мұнда Q — электр мөлшері (ток импульсі), $A \cdot c$, $Q = it$.

Бұл ретте баллисттік сезімталдық тыныштану деңгейіне тәуелді болады



$$S_6 = 2\pi \frac{S_1}{T_0} e^{F(\beta)}. \quad (13.20)$$

көрсетілген.

13.10-сурет. Баллисттік гальванометрдің тыныштану деңгейіне сезімталдықтың тәуелділігі.

Формула талдау сыртқы тізбек кедергісінің әрбір мәнінде гальванометрге қосымша градустеу қажет екендігін көрсетеді. Бұл тәуелділік 13.10-суретте

ағындарды өлшеуде кең таралымға ие болды.

Тербелмелі гальванометр. Магниттік өрісі жылжымалы электромагнитпен және тұрақты токпен құрылған магнитті электрлік аспапты тербелмелі гальванометр деп атайды. Осындай аспаптың жылжымайтын электр магнитіндегі магнит өрісінде созылуларға айнасы бар жылжымалы тұрақты магнит бекітілген.

Аспапты айнымалы ток тізбегіне қосқан кезде электр магниттің өрісі қозады, ол жылжымалы магнит өрісімен өзара әрекеттесе отырып оның тербелісін тудырады. Айнадан шағылған жарық сәулесі шкалаға түсіп, ұзындығы электромагнит катушкасы бойынша өтетін ток күшіне байланысты болатын жарқыраған жолақ түзеді. Аспаптағы қарсы әрекет етуші момент тұрақты магнит өрісін түзеді.

Тербелмелі гальванометрлер өнеркәсіптік жиіліктің көпірлері мен айнымалы токтың компенсаторларында нөлдік көрсеткіш ретінде қолданылады.

Магнитті электрлік гальванометрлер әртүрлі шамаларды өлшеу техникасында кеңінен таралған. Гальванометрлер көмегімен өлшеулер жоғары дәлдікпен және ең аз уақытпен орындалуы мүмкін, егер аспаптың параметрлері келесі өлшеу шарттарына сәйкес келсе:

- гальванометрдің сезімталдығы нақты қажеттіден аспауы тиіс, себебі артық сезімталдық өлшеу процессін қиындатады;
- жеке тербелістер кезеңі қарапайымдарда минималдық және баллистік гальванометрлерде максималдық болуы тиіс.
- критикалық кедергі тізбек кедергісінен 10...20%-дан аспауы тиіс.

13.4. Түрлендіргіштері бар магниттік электрлік аспаптар

Магнитті электрлік аспаптар сезімтал және дәл болып табылады, олардың аз өзіндік қуат тұтынуға ие. Бірақ та олар тұрақты ток тізбектері үшін ғана жарамды. Айнымалы ток түрлендіргішін тұрақтыға пайдалану айнымалы ток тізбектеріндегі магнитті электрлік аспаппен өлшеулер жүргізуге мүмкіндік береді. аспапта пайдаланылатын түрлендіргіштің түріне байланысты түзеткіш және жылулық аспаптарды ажыратады.

Түзеткіш өлшеу құралдары Түзеткіш аспаптарда айнымалы токты тұрақтыға түрлендіргіш кремний немесе германий негізіндегі жартылай өткізгішті түзеткіштер болып

табылады. Мұндай элементтер *диодтар* деген атау алды. Жартылай өткізгіш диодтың кедергісі ол арқылы өтетін ток бағытына тәуелді болғандықтан, ол тек бір бағытта ғана ток өткізеді (яғни айнымалы токтың бір жарты толқынын өткізеді, ал екіншісі үлкен кедергіні көрсетеді).

Түзеткіш өлшеу аспаптарында кезінде қолданылатын диодтардың саны және олардың қосылуы сұлбасына байланысты айнымалы токты бір немесе екі жарыталай мерзімдік түзету (конверсия) іске асырылады. Аспаптың бір жатылай мерзімдік сұлбасында ток (13.11, *а-сурет*) құрылғының өлшеу механизмі арқылы Р бір жарты кезең ішінде ғана өтеді (13.11, 6 -сурет). Токтың теріс жарты толқыны VD2-R тізбегі арқылы өтеді. Бұл тізбектің кедергісін аспаптың кіріс кедергісі токтың екі жарты кезеңінде бірдей болу үшін өлшеу механизмі бар тізбектің кедергісіне тең етіп таңдалады.

Магнитоэлектрлік аспаптың жылжымалы бөлігінің инерциялығы салдарынан айалдырғыш моменттің қолданыстағы мәні ток кезеңінің орташа моменті арқылы анықталады:

$$M_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} m_t dt,$$

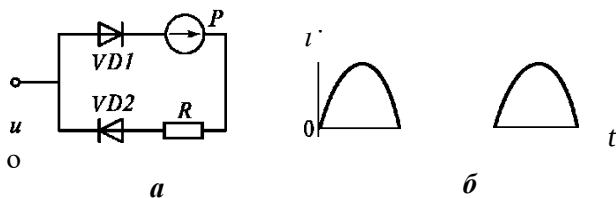
мұнда m_t — айналдырғыш моменттің лездік мәні.

(13.10) теңдікті ескере отырып жазуға болады

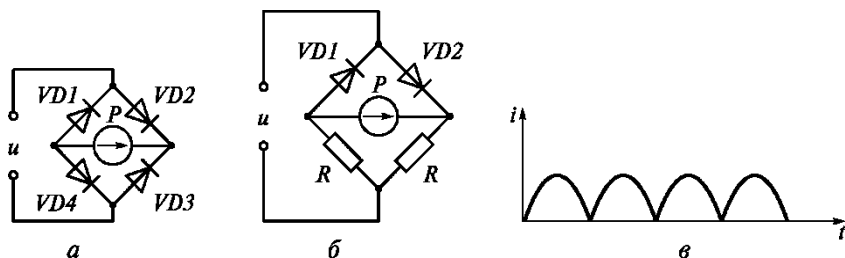
$$M_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} B_t \sin i(t) dt = \frac{1}{2} B_{\text{sw}} I_{\text{ср}}. \quad (13.21)$$

Онда, қарсы әрекет ететін өзара әрекеттесу кезінде аспаптың жылжымалы бөлігінің орын ауысу бұрышын (көрсеткіштің ауытқуы) формула бойынша анықтауға болады

$$\alpha_y = \frac{1}{2} \frac{B_{\text{sw}}}{W} I_{\text{ср}}. \quad (13.22)$$



13.11-сурет Бір жартылай мерзімдік түзеткіші бар түзеткішті өлшеуіш аспап: а - сұлба; б - катушкадағы токтың осциллограммасы



13.12-сурет. Екі жартылай мерзімдік түзеткіші бар түзеткіш өлшеуіш аспап: а, б - сұлбалар; в - катушкатадағы токтың осциллограммасы

Көбінесе түзеткіш өлшеуіштік аспаптарды дайындаған кезде өлшеуіштік шамалардың қолданыстағы мәндерінде градуастайды. Бұл үшін токтың қисығы формасының коэффициентін ескеру қажет: $k_\phi = I/I_{cp} = 1,11$. Сонда (13.22) формула келесі түрге ие болады:

$$\alpha_y = \frac{Bsw}{W} \frac{I}{k_\phi} = 0,45 \frac{BswI}{W}. \quad (13.23)$$

Екі жартылай кезеңдік түзеткіші бар өлшеуіш аспаптың сұлбасында (13.12-сурет) магниттік электр механизм арқылы бір жартылай мерзімдік сұлбадағыдан екі есе үлкен ток өтеді (13.12, а-сурет), сондықтан кезең ішінде орташа айналдыру моменті

$$M_{ep} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} m_t dt = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} B_t swi(t) dt = BswI_{cp}, \quad (13.24)$$

ал жылжымалы бөліктің орын ауыстыру бұрышы (сәйкесінше аспаптың нұсқауырының да) (13.23) формула бойынша есептеледі:

$$\alpha_y = 0,9 \frac{BswI}{W}. \quad (13.25)$$

(13.23) және (13.25) Формулаларды талдау түзеткіш өлшеуіштік аспаптарды синусоидальдық заңға сәйкес оның уақыт бойынша өзгеруі жағдайында өлшенетін шаманың қолданыстағы мәндерінде градуастағы болатындығын көрсетеді.

Түзеткіш өлшеуіш аспабының сұлбасына қойылатын талаптардың бірі - жартылай өткізгіш диодтардың параметрлерінің сәйкестігі болып табылады. Егер бұл шарт сақталмаған болса, аспаптың көрсеткіштері қоршаған орта температурасына байланысты болады. Температуралық тұрақсыздықты азайту үшін сұлбаны көбінесе екі ұқсас диодтардан және екі резисторлардан жинайды (13.12, б-сурет).

Кейде мұндай сұлбаларға манганинді немесе мысты өткізгіштерден жасалған термиялық өтеуші элементтерді қосады.

Түзеткіш өлшеуіш аспаптарды жоғары жиілік токтарымен тізбекті пайдаланған кезде жартылай өткізгішті диодтардың сыйымдылық әсерімен байланысты өлшеулердің қосымша қателіктері туындайды. Бұл қателіктерді әртүрлі тәсілдермен азайтуға болады. Олардың ішіндегі біршама таралғаны - конденсаторлар көмегімен жиілікті қателікті өтеу.

Түзеткіш өлшеуіштік аспаптардың артықшылықтары: жоғары сезімталдық, қуаттылықты аз өзіндік тұтыну, кең жиілікті диапазон - 20 кГц-ке дейін (ол түзеткіште қолданылған диодтардың жиілікті қасиеттерімен шектеулі). Бұл аспаптардың кемшіліктері: сипаттамаларының сызықтық еместігі (диодтардың вольт-амперлік сипаттамаларының сызықтық еместігі салдарынан), жоғары емес дәлдік (1,0 санатынан жоғары емес) және қоршаған ортаның температурасы мен өлшенетін токтың қисығының формасына көрсеткіштердің тәуелділігі.

Түзеткіш өлшеуіштік аспаптар өнеркәсіптік және жоғары жиілікті тұрақты және айнымалы токтардың тізбектерінде көп диапазонды комбинирленген аспаптар ретінде ең көп таралымға ие болды. Бұл аспаптардың өлшеу диапазондарын кеңейту үшін түзеткіш сұлбасынан тыс қосылатын шунтирлеуші және үстеме резисторлар пайдаланылады.

Жылулық өлшеу аспаптары Жылулық өлшеу аспаптарының негізгі элементтері - термоэлектрлік түрлендіргіш және магниттік электрлік өлшеу механизмі. Термоэлектрлік түрлендіргіш өлшенген ток ағымы мен термобуы бар өткізгіштен тұрады. Түрлендіргішті дайындау үшін ағынды ток әсерінен ұзақ уақыт қызуға жол беретін нихром немесе константанның қорытпаларын қолданады. Термобулар - қыздыруға байланысты термоЭҚК алуға мүмкіндік беретін екі әр түрлі металдардың қосылысын көрсетеді. Ағатын токтың әсерінен туындайтын термоЭҚК мәні термобулардың жалғанған және бос ұштарының температурасының айырмасына пропорционалды.

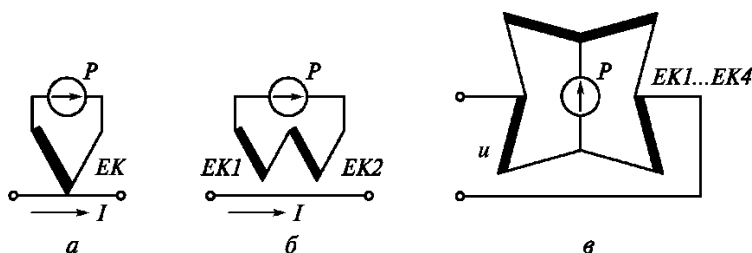
$$E_T = \alpha_T (\theta_c - \theta_{св}),$$

мұнда α_T — термобудың температуралық коэффициенті; θ_c және $\theta_{св}$ — термобудың сәйкесінше жалғанған және бос ұштарының температурасы.

Осындай аспаптың жылжымалы бөлігінің орынын ауыстыру (сәйкес және көрсеткіш) өлшенген ток күшінің шаршысына пропорционалды болады:

$$\alpha_y = kI^2, \quad (13.26)$$

мұнда k — өлшеуіш механизмдерің ерекшеліктері мен термобулардың қасиеттеріне тәуелді коэффициент.



13.13-Сурет. Контакттілі (а), контактісіз (б) түрлендіргіштері және көпірлік сұлбасы бойынша қосылған (в) түрлендіргіштері бар термоэлектрлік аспаптар

Конструктивтік термоэлектрлік түрлендіргіштер контакттілі, контактісіз немесе термобатареялар түрінде орындалады (бірнеше термобулардың ретімен қосылуы). Контакттілік түрлендіргіштерді қолдану жалпы термоЭҚК арттыру үшін оларды ретімен қосуға мүмкіндік бермейді. Контактсіз түрлендіргіштерді ретімен қосу жалпы термоЭҚК арттыруға мүмкіндік береді, бірақ сонымен қатар аспаптың сезімталдығы төмендейді. Термобуларды қосудың көпірлік сұлбасы осы кемшіліктен бос. Өлшегіш аспаптардың термоэлектрлік түрлендіргіштерінің сұлбалары 13.13-суретте көрсетілген.

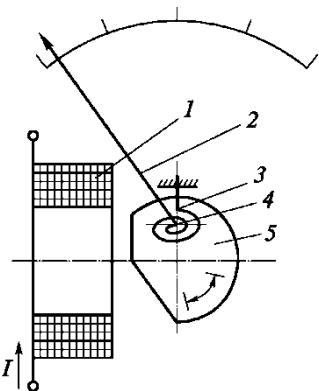
Сыртқы температураның әсерін азайту үшін аспаптың әрбір термобуын ауаны айдалған шыны баллонға орналастырады. Вакуум термобудағы жылытқыштың жылу беруін азайтады және өлшеуіш тізбектен түрлендіргіш тұтынатын қуатты азайтуға мүмкіндік береді.

Жылулық өлшегіш аспаптардың артықшылықтары: үлкен жиілікті диапазондағы өлшеулердің жоғары дәлдігі және көрсеткіштердің тоқтың қисық формасына тәуелсіздігі. Аспаптың кемшіліктері: сезімталдық және жүктеме қабілеті төмен, үлкен қуатты тұтыну және сыртқы температураның өзгеруінің әсері.

Жылулық өлшеуіштік аспаптар өндірістік және жоғары жиілікті тоқтың синусоидалық емес формасы бар тізбектерде кернеу мен ток күшін өлшеу үшін пайдаланылады.

13.5. Электромагниттік аспаптар

Электромагниттік аспаптардың механизмдерінің әрекеті бір немесе бірнеше жылжымалы ферромагниттік біліктері бар өлшенетін ток арқылы өтетін жылжымайтын катушкалардың магнит өрісінің өзара әрекеттестігіне негізделген. Мұндай аспаптардың механизмінің құрылымына (13.14-сурет)



13.14-сурет

Электромагниттік аспаптың құрылымының сұлбасы

1 - катушка; 2 - нұсқауыр; 3 - спиральді серіппе; 4 - ось; 5 - білік.

дөңгелек немесе жалпақ катушка 1, осьте 4 тура ортасында бекітілген ферромагнитті білік 5 және қарсы әрекет ететін серіппелердің 3 жұбы кіреді. Аспаптың нұсқауыры 2 біліктің 5 айналу осінде 4 қатты бекітілген. Шкаламен бірге нұсқауыр аспаптың есептеуіш құрылғысын түзеді. Механизмнің жылжымайтын бөлігінің тыныштануы әуелік немесе сұйықтықты (13.14-суретте тыныштандырғыш көрсетілмеген). Магнитті индукциялық тыныштандырғыш механизмдерде пайдаланылмайды.

Аспапты тұрақты ток тізбегіне қосқан кезде жылжымалы білікке оны катушканың қуысына магниттік өрістің энергиясы ең үлкен болғанға дейін тартатын күш әсер етеді. Бұл ретте аспаптың осьіне әрекет ететін айналдырғыш момент біліктің орын ауысу бұрышы бойынша өрістің туынды энергиясына пропорционалды болады:

$$M_{\text{пр}} = \frac{dW_{\text{э}}}{d\alpha} = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}, \quad (13.27)$$

мұнда $dW_{\text{э}}/d\alpha$ — біліктің орын ауысу бұрышы бойынша энергияның туындысы; I — өлшенетін ток; $dL/d\alpha$ — біліктің орын ауысу бұрышы бойынша аспап катушкасының индуктивтілігінің туындысы.

Аспапты айнымалы ток тізбегіне қосқан кезде жылжымалы бөлікке әсер ететін айналдырушы момент өзінің мерзімдегі орташа мәніне пропорционалды болады:

$$\begin{aligned} M_{\text{пр}} &= \frac{1}{T} \int_0^T m_t dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\alpha} dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} I_m^2 \sin^2 \omega t \frac{dL}{d\alpha} dt = \\ &= \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}, \end{aligned} \quad (13.28)$$

мұнда m_t — айналдырғыш моменттің лездік мәні; I_m — өлшенетін токтың амплитудалық мәні.

Тұрақты және ауыспалы ток тізбегіне аспапты қосқан кезде жылжымалы бөліктің орын ауыстыру бұрышының мәні сәйкес айналдыру және қарсы әрекет ететін моменттер тең болған жағдайынан анықталады:

$$\alpha_y = \frac{1}{2} \frac{I^2}{W} \frac{dL}{d\alpha}. \quad (13.29)$$

(13.29)-формуладан электромагниттік аспаптың шкаласы біркелкі емес екендігі көрінеді, себебі Оу бұрышы токтың шаршысына пропорционалды болады. Шкаланың біркелкісіздігін

$$\frac{1}{2} \frac{1}{W} \frac{dL}{d\alpha}$$

азайту үшін аспаптың сезімталдығы $S = \frac{1}{2} \frac{1}{W} \frac{dL}{d\alpha}$ да аспаптың барлық диапазонында әртүрлі болуы қажет. Бұған жылжымайтын катушкаға қатысты біліктің формасын және кеңістіктік орналасуын таңдау арқылы қол жеткізіледі. Әдетте электромагниттік аспаптарда біліктің формасын шкаланың 80 ... 85% теңдей алатындай таңдайды.

Электромагниттік аспап айнымалы ток тізбегінде жұмыс істеген кезде оның көрсеткіштері тұрақты ток тізбегіндегі сәйкес көрсеткіштермен салыстырғанда төмендетілген. Бұл механизмдегі біліктің қайта магниттелуінің шығынымен түсіндіріледі. Бұл шығындардың мәні аспаптарды қолдану саласына әсер етеді. Егер олар белгілі бір шектен асып кетпесе, аспап тұрақты және айнымалы ток тізбектерінде өлшеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Аспаптың тағайындалуы (тұрақты және айнымалы ток тізбектері үшін немесе тек айнымалы ток тізбегі үшін) әдетте оның шкаласындағы сәйкес белгімен көрсетіледі.

Электромагниттік аспаптың өзіндік магнит өрісі кішкентай, себебі ол негізінен ауамен тұйықталады. Сондықтан мұндай аспаптың жұмысына сыртқы магнит өрісі әсер етеді, әсіресе олар катушкалардың осі бойымен әрекет етсе, ал магниттік ағынның жиілігі аспаптың магнит ағынының жиілігімен сәйкес келеді. Мұндай өрістердің әсері қосымша қателерді тудырады. Осы әсерлерді құрылғының механизмін экрандау немесе оны астатирлеу арқылы азайтуға болады.

Электромагниттік аспаптарды *экрандау* жоғары магнитті өткізгіштігі бар материалдардан жасалған (мысалы, пермалла) ферромагниттік қабықшалардың көмегімен жүзеге асырылады. Бұл жағдайда сыртқы магниттік өріс қабықшаны орау арқылы механизмге мүлдем дерлік өтпейді. Экрандау тиімділігі қорғаныс қабықшаларының (экрандардың) санының өсуімен арта түседі.

Электромагниттік аспаптарды астатирлеу жылжымайтын катушканың ретімен жалғанған екі секцияларымен жүзеге асырылады. Бір осьте катушка секцияларымен бір жылжымалы бөлігі бар екі өлшемді механизмді түзетін екі жылжымалы білік бекітіледі. Мұндай механизмнің жылжымалы бөлігіне екі механизммен түзілетін жиынтықты момент әсер етеді. Катушка бойынша өлшенетін ток өткен кезде катушка секциясын қарсы қосу есебінен қарама-қарсы жақтарға бағытталған екі бірдей магниттік ағын құрылады. Сондықтан да, сыртқы магниттік ағын бір секция ағынын азайтады және басқа катушкалардың секциясының ағынын пропорционаллы түрде күшейтеді. Сәйкесінше, аспаптың

жиынтықты айналдырушы момент өзгеріссіз қалады.

Электромагниттік аспаптарды астатирлеу олардың метрологиялық қасиеттерін айтарлықтай арттырады, бірақ құрылымын күрделендіреді.

Айнымалы ток тізбектерінде өлшеу үшін электромагниттік логометрлік аспаптарды қолданады. Осындай аспаптардың механизмі екі байланыспаған жылжымайтын катушкалар мен бір оське бекітілген екі ферромагниттік біліктерден тұрады. Катушкалар мен біліктер жылжымалы бөліктің күйін өзгерткен кезде бір катушаның индуктивтілігі азайып, екіншісі артатындай түрде орналасқан. Бұл жағдайда жылжымалы бөлікке әрекет ететін айналдыру моменттері қарама-қарсы жақтарға бағытталған. Осылайша, аспаптың қозғалмалы бөлігінің орын ауысуы айналдырғыш моменттердің айырмашылығына немесе катушкалардағы токтардың қатынасына пропорционалды.

Электромагниттік логометриялық механизмдер негізінен фазометрлерге қолданылады.

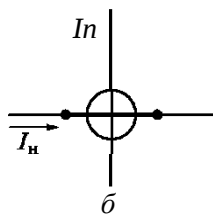
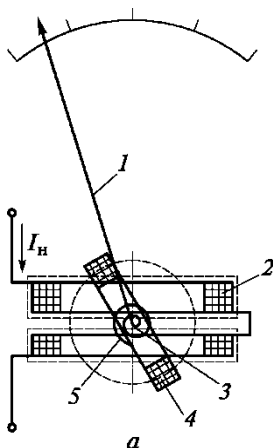
Электромагниттік аспаптардың артықшылықтары: тұрақты және айнымалы ток тізбектері үшін жарамдылығы, үлкен жүктеме қабілеті, үлкен токтарды және кернеулерді тікелей өлшеу мүмкіндігі (бірнеше жүз ампер дейін), құрылымының қарапайымдылығы және құны жоғары емес.

Электромагниттік аспаптардың кемшіліктері: біркелкі емес шама, төмен сезімталдық (әсіресе өлшеу диапазонының басында), жоғары қуатты тұтыну, жиілік өзгеруінің әсеріне ұшырағыштық, сыртқы магнит өрісі және температураның өзгеруіне әсері.

Электромагниттік аспаптар өнеркәсіптік жиіліктің тұрақты және айнымалы токтарының тізбектеріне қалқанды амперметрлер мен вольтметрлер ретінде басым қолданылады. Синусоидалы ток тізбектерінде олардың көрсеткіштері өлшенген шамалардың тиімді мәніне пропорционалды.

13.6. Электр динамикалық және ферродинамикалық аспаптар

Электродинамикалық аспаптар Электродинамикалық аспаптардың механизмдерінің әрекеті қозғалатын және қозғалмайтын магниттік өрістерінің токтармен өзара әрекеттесуіне негізделген. Осындай аспаптардың механизмі (көбінесе секцияланбаған аспаптарда) жылжымайтын катушадан 2 тұрады (13.15-сурет), оның ішіндегі осьте 3 қаңқасыз жылжымалы катушға 4 бекітілген. Механизмдегі қарсы әрекет ететін сәт ток өткізгіш спиральды серіппелермен 5 жасалады. Оның осінде нұсқауыр 1 бекітілген, ол шкаламен бірге аспаптың есептеуіш құрылғысын түзеді.



13.15-сурет. Электродинамикалық аспаптың құрылымының сұлбасы (а) және шартты белгіленуі (б)

1 - нұсқауыр; 2 - жылжымайтын катушка; 3 - ось; 4 - жылжымалы катушка; 5 - спиральді серіппе.

Жылжымалы және жылжымайтын катушкалардың магнит өрісінің сәйкес токтармен I_H және I_n өзара әрекеттестігі жылжымалы катушканың айналу бұрышы бойынша жүйенің электромагниттік энергиясының туындысына пропорционалды айналдыру моментін жасайды. Мұндай жүйенің электромагниттік энергиясы тұрақты ток тізбегінде мына жиынтықпен анықталатыны белгілі:

$$W_3 = \frac{L_H I_H^2}{2} + \frac{L_n I_n^2}{2} + I_H I_n M_{H.n}, \quad (13.30)$$

мұнда L_H и L_n — сәйкесінше жылжымайтын және жылжымалы катушкалардың индуктивтілігі; I_H және I_n — сәйкесінше жылжымайтын және жылжымалы катушкалардағы токтар; $M_{H.n}$ — катушкалардың өзара индуктивтілігі. Сонда аспаптың жылжымалы бөлігіне әсер ететін айналдырғыш моментті:

$$M_{\text{ер}} = \frac{dW_3}{d\alpha} = \frac{d\left(\frac{L_H I_H^2}{2} + \frac{L_n I_n^2}{2} + I_H I_n M_{H.n}\right)}{d\alpha}.$$

L_H және L_n индуктивтіліктері және I_H және I_n токтары катушкалардың кеңістікті орналасуына тәуелді болмайтындығын ескеріп, жазуға болады

$$M_{\text{ер}} = I_H I_n \frac{dM_{H.n}}{d\alpha}. \quad (13.31)$$

Бұл ретте аспаптың жылжымалы бөлігі айналмалы және қарсы әрекет ететін сәттердің теңдігіне ауысады ($M_{\text{вр}} = M_{\text{пр}}$). Бұл жағдайда жылжымалы бөліктің орын ауыстыру бұрышы

$$\alpha_y = \frac{I_H I_{II}}{W} \frac{dM_{H,II}}{d\alpha}. \quad (13.32)$$

Аспапты синусоидалды ток тізбегіне қосқан кезде, оның қозғалатын бөлігіне айналдырғыш момент әсер етеді, оның лездікі мәні мынаны құрайды

$$m_t = i_H i_{II} \frac{dM_{H,II}}{d\alpha},$$

Мұнда i_H и i_{II} — сәйкесінше жылжымайтын және жылжымалы катушкалардағы ток күшінің лездік мәндері ($i_H = I_{mH} \sin \omega t$ и $i_{II} = I_{mII} \sin(\omega t + \psi)$).

Мерзімдегі айналдырғыш моменттің орташа сәттік мәні.

$$M_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T m_t dt = I_H I_{II} \cos \psi \frac{dM_{H,II}}{d\alpha}, \quad (13.33)$$

мұнда I_H және I_{II} — сәйкесінше жылжымайтын және жылжымалы катушкалардағы ток күшінің қолданыстағы мәндері; ψ — I_H и I_{II} токтарының векторлары арасындағы фазалардың жылжу бұрышы (13.16-сурет).

Жылжымалы бөліктің орын ауыстыру бұрышы

$$\alpha_y = \frac{I_H I_{II}}{W} \cos \psi \frac{dM_{H,II}}{d\alpha}. \quad (13.34)$$

Егер аспаптың сезімталдығын белгілесек

$$S = \frac{1}{W} \frac{dM_{H,II}}{d\alpha}.$$

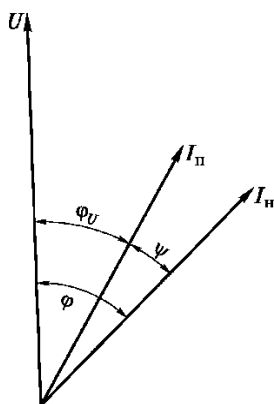
Онда

$$\alpha_y = S I_H I_{II} \cos \psi. \quad (13.35)$$

(13.35) теңдеу электродинамикалық аспаптың шкаласы біркелкі емес екендігін көрсетеді.

Шкаланың түрі жылжымалы және жылжымайтын катушкалардың формасы мен өзара орналасуына байланысты болады.

Электродинамикалық аспаптардың артықшылықтары: тұрақты және айнымалы токтардың тізбектері үшін жарамдылығы (катушкаларды ретімен қосқан кезде олардың көрсеткіштері тұрақты және айнымалы токтардың тізбектерінде бірдей), жоғары дәлдік (0,05 дәлдік санатындағы астатикалық аспаптарды дайындау мүмкіндігі).



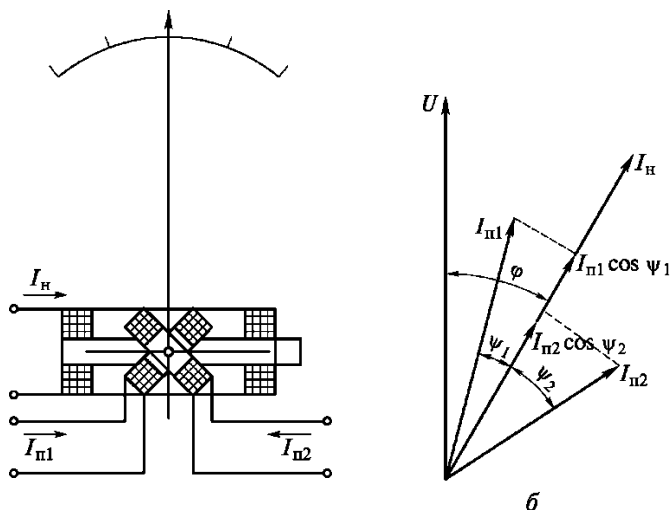
13.16-сурет.
Электродинамикалық
аспаптың векторлық
диаграммасы

Электродинамикалық аспаптардың кемшіліктері: төмен сезімталдық, шкаланың біркелкі еместігі және қуаттылықты үлкен тұтыну (ваттметрлерде бірнеше ондаған ваттқа дейін).

Электродинамикалық аспаптардың пайдаланушылық сипаттамасы олардың катушкалардағы ток бағытына сезімталдығы болып табылады. Синусоидалды ток тізбектеріндегі электродинамикалық аспаптардың көрсеткіштері өлшенген шамалардың қолданыстағы мәндеріне сәйкес келеді.

Электродинамикалық құрылғылар амперметрлер, вольтметрлер және ватт метрлер ретінде айнымалы және тұрақты токтардың тізбектерінде қолданылады.

Логометрлік электродинамикалық аспаптар Логометрлік электродинамикалық аспап құрылысы магнитоэлектрлік аспапқа ұқсас, бірақ магнит өрісіоларда электромагниттермен жасалады. Логометрлік механизмнің жылжымалы бөлігі өзара қатті бекітілген және бір осьте бекітілген екі катушкалар түрінде жасалған (13.17, а-сурет). Екі жылжымалы катушкалардың / n_1 және / n_2 екі токтармен жылжымайтын катушкалардың тоғымен жасалған кезде Магнит ағынының өзара әрекеттесуі кезінде екі айналдырғыш момент пайда болады. Катушкалардың өзара орналасуы және олардағы токтар бағытымен құрылатын сәттер әртүрлі жақтарға бағыттталатын болады. Құрылғының механизмінде жасалған сәттердің мәндерін келесі формула бойынша есептеуге болады:



13.17-сурет. Электродинамикалық логометрдің құрылғысының сұлбасы (а) мен векторлық диаграммасы (б)

$$M_{ep1} = I_H I_{n1} \cos \psi_1 \frac{dM_{n,n1}}{d\alpha};$$

$$M_{ep2} = I_H I_{n2} \cos \psi_2 \frac{dM_{n,n2}}{d\alpha},$$

мұнда Ψ_1 және Ψ_2 — сәйкесінше I_H , I_{n1} және I_H , I_{n2} токтарының векторлары арасындағы бұрыштар (13.17, 6-сурет); M_{Hn1} және M_{Hn2} — сәйкесінше жылжымайтын және ЖЫЛЖЫМАЛЫ катушкалар арасындағы өзара индуктивтіліктер.

$$\frac{I_{n1} \cos \psi_1}{I_{n2} \cos \psi_2} \frac{dM_{n,n1}}{dM_{n,n2}} = F(\alpha),$$

осыдан

$$\alpha_y = F\left(\frac{I_{n1} \cos \psi_1}{I_{n2} \cos \psi_2}\right). \quad (13.36)$$

Сәйкесінше, логометрлік механизмнің жылжымалы бөліктерінің орын ауыстыруы - бұл жылжымалы катушкаларда ток векторының бағытына жылжымайтын катушкалардағы ток векторларының проекциясының қатынасының функциясы (13.17, 6-сурет)

$$\frac{dM_{n,n1}}{d\alpha} = \frac{dM_{n,n2}}{d\alpha}.$$

Электродинамикалық логометрлік механизмдер тасымалданатын және қалқанды фазаометрлерде (бұл ретте $I_{ni} = I_{n2}$ шартын орындау қажет) және жиілік өлшеуіштерде (бұл ретте $\cos \psi_1 = \cos \psi_2$ болуы қажет) қолданылады.

Ферродинамикалық аспаптар Ферродинамикалық құрылғылар деп электродинамикалық механизмнің қозғалмайтын катушқасы магниттік өткізгішке оралған аспаптарды айтады схемада жарылған (13.15-суретті қараңыз, магниттік сым үзік сызықпен көрсетілген) Аспаптың бұл құрылымы оның механизмiнiң сыртқы магниттік өрістердің әсерінен қорғауға және үлкен айналдырушы момент түзуге мүмкіндік береді.

Ферродинамикалық аспаптар тұрақты және айнымалы токтың тізбектерінде қолданылуы мүмкін. Осындай аспаптарды тұрақты токтың тізбектерінде шектеулі қолданылуына байланысты, төменде олардың синусоидалы ток тізбектерінде жұмыс істеуі қарастырылған.

Жылжымалы катушкалардың өрісімен өзара әрекеттесе отырып жылжымайтын катушқаның магнит өрісі әуе саңылауында радиалды болып, лездік мәні формулаға (13.10) сәйкес анықталатын айналдыратын момент түзеді:

Егер әуе саңылауындағы индукция $B_t = B_m \sin \omega t$ және жылжымалы катушкаағы ток $i_H = I_{mH} \sin(\omega t + \psi)$ синусоидальды болса, онда кезеңдегі моменттің орташа мәнін мына формула бойынша есептеуге болады

$$M_{ep} = \frac{1}{T} \int_0^T m_t dt = B s_{II} w_{II} I_{II} \cos \psi.$$

Ферродинамикалық механизмдерде тәуелділіктің тік сызықты бөлігін таңдайды:

$$B = k_B I_H,$$

мұнда k_B - пропорционалдық коэффициенті.

Аспаптың жылжымалы бөлігіне әсер ететін айналдыратын моментті мына формула бойынша анықтауға болады:

$$M_{ep} = k_B s_{II} w_{II} I_H I_{II} \cos \psi. \quad (13.37)$$

Жылжымалы бөліктің орын ауыстыру бұрышы (айналдырғыш және қарсы әрекет ететін моменттер тең болғанда) (13.2) формуланы ескере отырып құрайды

$$\alpha_y = \frac{k_B s_n w_n}{W} I_H I_n \cos \psi, \quad (13.38)$$

мұнда қатынас $\frac{k_B s_n w_n}{W} = S$ механизмнің сезімталдығын анықтайды.

Онда

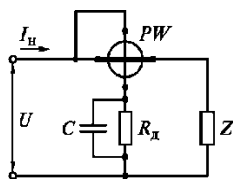
$$\alpha_y = S I_H I_n \cos \psi, \quad (13.39)$$

бұл (13.35) өрнекке ұқсас.

Ферродинамикалық аспаптардың артықшылықтарына үлкен айналдырғыш момент, сыртқы әсерлерді шектейтін күшті өзіндік магнит өрісі, және электродинамикалық қарағанда аз электр қуатын тұтыну. Бірақ та мұндай аспаптардың метрологиялық қасиеттері токтың жиілігі мен қоршаған орта температурасының өзгеруіне әсер етеді, нәтижесінде олардың қолданылу саласы шектеулі. Олар айнымалы ток тізбектерінде, сонымен қатар өздігінен жазатын механизмдерде қалқандық және тасымалды аспаптар ретінде пайдаланылады. Синусоидальды ток тізбектерінде олардың көрсеткіштері өлшенген шамалардың тиімді мәніне пропорционалды.

Ферродинамикалық логометрлік механизмдер әрекет ету принципі мен қолданылу саласы бойынша электродинамикалықтарға ұқсас болады.

Электр динамикалық және ферродинамикалық ваттметрлер. Тұрақты және айнымалы токтардың тізбектеріндегі қуатты өлшеу



13.18-сурет

Электродинамикалық
ваттметрдің катушкаларын
жалғау сұлбасы тәжірибеде
электр динамикалық және
ферродинамикалық
ваттметрлер кең
қолданысқа ие болды.

Бұл үшін аспаптың жылжымайтын катушкасын тізбекке ол бойынша энергия қабылдағыш тогы өтейтіндей I_n (13.18-сурет) қосады, ал жылжымалы катушканы ретімен үстеме резистормен R_n және энергия көзіне параллель қосады. Осылайша, аспаптың параллель тізбегінің ток күші

$$I_n = \frac{U}{R_n + R_0},$$

мұнда I_n — аспаптың параллель тізбегінің кедергісі.

Сонда аспаптың жылжымалы бөлігінің оыrn ауыстыру бұрышы тізбекке тұрақты токты қосқанда

$$\alpha_y = \frac{1}{W(R_n + R_0)} I_n U \frac{dM_{H.П}}{d\alpha}. \quad (13.40)$$

Егер аспаптың сезімталдығын белгілесек

$$S_p = \frac{1}{W(R_n + R_0)} \frac{dM_{H.П}}{d\alpha},$$

онда

$$\alpha_y = S_p I_n U = S_p P, \quad (13.41)$$

яғни оның көрсеткіштері тізбек қуаттылығына пропорционалды.

Аспаптың жылжымалы бөлігін айнаымалы ток тізбегінде (13.40) формуланы және 13.16-суретті ескере отырып орын ауыстыруды мына формула бойынша есептеуге болады

$$\alpha_y = \frac{1}{W(Z_n + R_0)} I_n U \cos(\varphi - \varphi_y) \frac{dM_{H.П}}{d\alpha}, \quad (13.42)$$

мұнда Z_n — аспаптың параллель тізбегінің толық кедергісі. Бұл жағдайда аспаптың сезімталдығы

$$S_p = \frac{1}{W(Z_n + R_0)} \frac{dM_{H.П}}{d\alpha},$$

ал оның көрсеткіштері тізбектің белсенді қуаттылығына пропорционалды.

$$\alpha_y = S_p I_n U \cos \varphi = S_p P, \quad (13.43)$$

себебі $\varphi \rightarrow 0$ $\cos(\varphi - \varphi_y) \rightarrow \cos(\varphi - \varphi_y) \rightarrow \cos \varphi$, шартын орындау үшін үстеме резисторды (13.18-сурет) конденсатормен шунтирлеу қажет.

Ваттметрдің реттік немесе параллель тізбегіндегі ток бағытының өзгеруі аспаптың көрсеткішінің орын ауысу бағытын сәйкес өзгертуді тудыратындықтан кіріс контактілерді (аспаптың беткі панелінде) жұлдызшамен белгілейді. Мұндай контактілерді генераторлық деп атайды. Оларды ваттметрді энергия көзіне қосқанда қосады.

Өнеркәсіп көп диапазондық ваттметрлерді шығарады. Ол үшін жылжымайтын катушканы ретімен немесе параллель жалғанған бірнеше секциядан орындайды, ал үстеме резистор кернеудің әртүрлі төмендеуін алу үшін қорытындылары бар ретімен жалғанған резисторлар қатарын ұсынады. Ваттметрдің реттік және параллель тізбектерін секциялау аспаптың беткі панелінде қарапайым ауыстыру арқылы өлшеу диапазонын таңдауға мүмкіндік береді.

Ваттметрер ток күшінің, кернеудің және қуаттылық коэффициентінің нақтылы мәндерінде аспаптың көрсеткіші максималдық бұрышқа орын ауыстыратындай түрде градуслалады. Өлшенетін шаманың мәнін аспап көрсеткен мән бойынша есептеу үшін бөлулердің есептелген санын шкаланың бөліну құнына C көбейту қажет, оны алдын-ала мына формула бойынша есептейді.

$$C = UI/N.$$

Ферродинамикалық ваттметрлер тізбекке электродинамикалыққа ұқсас қосылады. Электродинамикалықпен салыстырғанда ферродинамикалық аспапта үлкен магниттік ағын түзіледі, ол сыртқы магниттік өрістерден жақсы қорғауға әсер етеді. Оған қоса ферродинамикалық ваттметрлер біршама сезімтал және өлшеуіш тізбектен аз қуаттылықты тұтынады. Оған қоса ферродинамикалық ваттметрдің механизмінде жүретін гистерезистік құбылыстар (әсіресе аспапты тұрақты ток тізбегіне қосқан кезде) оның метрологиялық қасиеттерін біршама нашарлатады. Сондықтан да заманауи ферродинамикалық ваттметрлер 1,5 және 2,5 дәлдік санаттарында шығарылады.

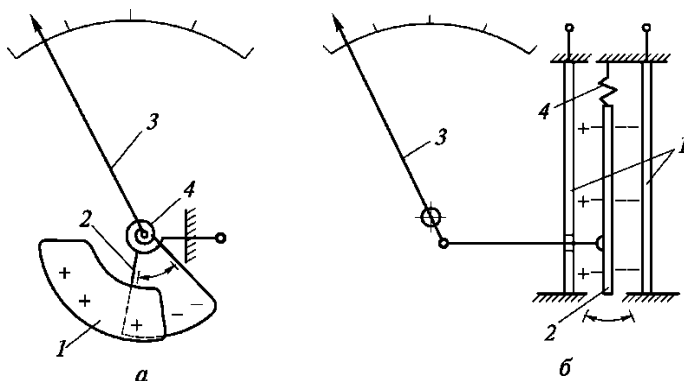
Үш фазалық тізбектерде белсенді қуаттылықты өлшеу үшін өнеркәсіп екі элементті (үш сымды тізбектер үшін) және үш элементті (төрт сымды тізбектер үшін) электродинамикалық және ферродинамикалық ваттметрлер шығарады. Олар сәйкесінше екі немесе үш бір фазалы элементтерден тұрады, олардың жылжымалы катушкалары жалпы осьте бекітілген. Мұндай аспаптардың айналдырғыш моменті жекелеген элементтердің айналдырушы моменттерінің алгебраилық сомасына тең, ал оның көрсеткіштері барлық үш фазалы жүйенің белсенді қуаттылығына пропорционалды.

13.7. Электр статикалық аспаптар

Электростатикалық аспаптардың әрекет ету принципі екі немесе бірнеше электрлік зарядталған өткізгіштердің өзара әрекеттестігіне негізделген. Мұндай аспаптардың конструктивтік механизмдері өзгермелі сыйымдылықтары бар әуе конденсаторын көрсетеді. Электродтардың өзгермелі белсенді ауданы бар және электродтар арасындағы өзгермелі қашықтығы бар аспаптар кеңінен таралған. Электростатикалық аспаптардың құрылымының сұлбасы 13.19-суретте көрсетілген. Аспаптың жылжымайтын бөлігі - бұл екі электрод 1, олардың арасында жылжымалы электрод 2 орналасқан. Төселген өлшенетін кернеудің әсерімен электрлік өріс құрылады, оның күші жылжымалы электродтың орын ауысы мен онымен механикалық байланысты көрсеткіштің 3 орын ауысын тудырады. Механизмдегі қарсы әрекет ететін момент таспалы немесе спиральды серіппелермен 4 жасалады. Тыныштану - әуелік немесе магнитті индукциялық. Жылжымал электродтың орын ауыстыру электрлік өрістің энергиясы ең үлкені болғанға дейін жүреді. Бұл ретте айналдырғыш момент аспапты тұрақты ток тізбегіне қосқан кезде жылжымалы электродтың орын ауыстыру бұрышы бойынша электрлік өрістің туынды энергиясы ретінде анықталады:

$$M_{ep} = \frac{dW_2}{d\alpha} = \frac{d\left(C \frac{U^2}{2}\right)}{d\alpha} = \frac{U^2}{2} \frac{dC}{d\alpha}, \quad (13.44)$$

мұнда C - шкаланың бөліну бағасы.



13.19-Сурет. Электростатикалық аспап құрылысының сұлбасы:

a - электродтардың өзгермелі ауданы бар; *б* - электродтар арасындағы өзгермелі қашықтығы бар; 1, 2 - **электродтар**; 3 - **нұсқауыр**; 4 - **серіппе**

Аспапты айнымалы (синусоидалық) ток тізбегіне қосқан кезде кернеумен $u = U_m \sin \omega t$ жылжымалы бөліктің орын ауыстыру мерзім ішіндегі орташа моменттің әсерімен жүреді

$$M_{\text{ор}} = \frac{1}{2} \frac{dC}{d\alpha} \frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt = \frac{1}{2} U^2 \frac{dC}{d\alpha}. \quad (13.45)$$

Аспаптың элжымалы бөлігінің бекітілген орын ауыстыру бұрышы айналдырғыш және қарсы әрекет ететін моменттер тең болғанда болады, яғни $M_{\text{вр}} = M_{\text{пр}}$. болғанда Осы жағдайдан (13.2) формуланы ескере отырып аламыз

$$\alpha_y = \frac{1}{2W} \frac{dC}{d\alpha} U^2. \quad (13.46)$$

(13.46) формула аспаптың жылжымалы бөлігінің орын ауыстыру бұрышы қойылған кернеудің қолданыстағы мәнінің шаршысына пропорционалды екендігін көрсетеді, сәйкесінше аспаптың шкаласы біркелкі (төртбұрышты) емес. Жылжымайтын және жылжымалы электродтар формасын тандау, сонымен қатар оларды өзара орналастыру арқылы диапазонның 15-тен 100 %-ға дейінгі шектерінде шкаланы біркелкі бөлігін алады.

Аспаптың жылжымалы бөлігі тек зарядтың әсерімен ғана орын ауыстыратындығына байланысты, электростатикалық механизм негізінде тұрақты және айнымалы токтардың вольтметрлерін құруға болады, ол осы аспаптардың айрықша ерекшелігі болып табылады. Электростатикалық аспаптардың механизмінде туындайтын айналдырғыш момент аз болғандықтан, өнерәсіп өлшеу диапазонының бастапқы мәні 10 В жоғары вольтметрлерді шығарады.

Электростатикалық аспаптардың артықшылықтарына оларды тұрақты және айнымалы ток тізбектеріне жұмыс істеу үшін жарамдылығын, қуаттылықты өзіндік аз тұтынуын жатқызуға болады (тұрақты ток тізбектерінде нөлге тең). Электростатикалық аспаптың жұмысына кернеу жиілігінің өзгеруі, өлшенетін кернеу қисығының формасы және сыртқы магниттік өрістер әсер етпейді.

Электростатикалық аспаптардың кемшіліктері: төмен сезімталдық мен дәлдік, біркелкі емес шкала, сыртқы электрлік өрістердің әсері мен ылғал әсеріне ұшырағыштық.

Электростатикалық вольтметрлердің өлшеу диапазонын кеңейту үшін тұрақты ток тізбектерінде кернеу бөлгіштері немесе үстеме резисторлар қолданылады, ал айнымалы ток тізбектерінде - кернеудің конденсаторлық бөлгіштері немесе үстеме конденсаторлар қолданылады. Электрондық күшейткіштермен бірге электростатикалық аспаптарды қосу айнымалы токтың миллиамперметрлері мен милливольтметрлерін құруға мүмкіндік береді.

13.8. Индукциялық аспаптар

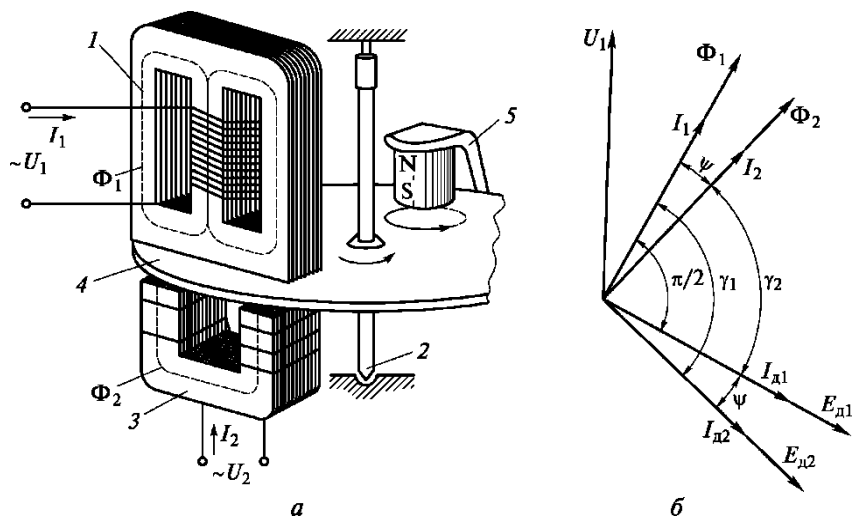
Жалпы ережелер Индукциялық аспаптардың жұмыс істеу принципі екі немесе одан да көп айнымалы магнитті ағындардың механизмнің қозғалыстағы бөлігіндегі олармен индукцияланған токтармен өзара әрекеттесуіне негізделген.

Құрылғының механизмі (13.20, а-сурет) екі жылжымайтын магниттік сымдардан I (1 катушкасы бар үш стерженді) және 3 (екі ретімен байланысқан катушкалар бар II пішінді), оське 2 қатты бекітілген жылжымалы алюминий дискіден 4 тұрады.

Аспаптың айнымалы ток тізбегіне қосқан кезде, I_1 және I_2 катушкаларындағы токтар тиісті токтармен фаза бойынша сәйкес келетін Φ_1 және Φ_2 айнымалы магниттік ағындарын қоздырады (13.20, б сурет).

Магниттік ағындар дисктерді қиып өтіп, онда айнымалы ЭҚК E_1 және E_2 индуцирлейді, олар өздерінің ағындарынан $\pi/2$ бұрыштарында артта қалады. ЭҚК әсерімен дискте екі орамдық ток I_{d1} и I_{d2} , жеткізіледі, олар фаза бойынша сәйкес ЭҚК үйлеседі, себебі диск белсенді кедергіні көрсетеді.

Ток контурын I_{d1} ағынмен тарту Φ_2 және ток контурын I_{d2} ағынмен итеру Φ_1 нәтижесінде екі қарама қарсы бағытталған момент туындайды, олар жылжымалы алюминий диск әсе етеді.



13.20-Сурет.

Индукциялық аспаптың құрылымының сұлбасы (а) мен векторлық

1 - жылжымайтын үш стерженді магнит өткізгіш; 2 - ось; 3 - жылжымайтын II тәріздес магнитті өткізгіш; 4 - жылжымалы алюминий диск; 5 - тұрақты магнит

Олардың бағыттары сол жақ қол ережесі бойынша анықталады, ал лездік мәндері - ток пен ағынның өзара әрекеттесуі кезінде белгілі қатынас бойынша:

$$m_{t1} = k_1 \Phi_1 i_{\partial 2}; m_{t2} = k_2 \Phi_2 i_{\partial 1},$$

мұнда k_1 және k_2 — пропорционалдылық коэффициенттері.

Егер айнымалы магниттік ағындар мына заң бойынша өзгерсе:

$$\Phi_1 = \Phi_{m1} \sin \omega t; \Phi_2 = \Phi_{m2} \sin (\omega t - \psi),$$

ал векторлық диаграммадан (13.20, б-суретті қараңыздар) $I_{\partial 1}$ және Φ_2 , векторлары арасында, сонымен қатар $I_{\partial 2}$ және Φ_1 векторлары арасында фазалық жылжуды ескере отырып:

$$i_{\partial 1} = I_{\partial 1} \sin(\omega t - \gamma_1); i_{\partial 2} = I_{\partial 2} \sin(\omega t - \gamma_2), \text{ онда моменттердің}$$

орташа мәндерін мына формулалар бойынша есептеуге болады:

$$M_1 = \frac{1}{T} \int_0^T m_{t1} dt = \frac{1}{T} k_1 \Phi_{m1} I_{\partial 2} \int_0^T \sin \omega t \sin(\omega t - \gamma_1) dt = k_1 \Phi_1 I_{\partial 2} \cos \gamma_1;$$

$$M_2 = \frac{1}{T} \int_0^T m_{t2} dt = \frac{1}{T} k_2 \Phi_{m2} I_{\partial 1} \int_0^T \sin \omega t \sin(\omega t - \gamma_2) dt = k_2 \Phi_2 I_{\partial 1} \cos \gamma_2;$$

$$\gamma_1 = \frac{\pi}{2} + \psi, \quad \gamma_2 = \frac{\pi}{2} - \psi, \text{ болғандықтан}$$

дискге әсер ететін нәтижелесуші момент

$$M_{\text{ер}} = -M_1 + M_2 = -k_1 \Phi_1 I_{\partial 2} \cos\left(\frac{\pi}{2} + \psi\right) + k_2 \Phi_2 I_{\partial 1} \cos\left(\frac{\pi}{2} - \psi\right) =$$

$$= k_1 \Phi_1 I_{\partial 2} \sin \psi + k_2 \Phi_2 I_{\partial 1} \sin \psi = (k_1 \Phi_1 I_{\partial 2} + k_2 \Phi_2 I_{\partial 1}) \sin \psi.$$

Егер дисклердегі магниттік ағындармен жеткізілетін токтар ағындармен сәйкес келетін қатынастармен байланысты болса:

$$I_{\partial 1} = k_3 f \Phi_1; \quad I_{\partial 2} = k_4 f \Phi_2,$$

мұнда k_3 және k_4 — попозионалдык коэффициенттері; f — магниттік ағындардың өзгеруі жиілігі (коректік желінің жиілігі), онда нәтижелесуші моментт үшін өрнек мына түрге ие

$$M_{\text{вр}} = (k_1 k_4 f \Phi_1 \Phi_2 + k_2 k_3 f \Phi_1 \Phi_2) \sin \psi,$$

немесе

$$M_{\text{вр}} = K f \Phi_1 \Phi_2 \sin \psi, \quad (13.47)$$

мұнда $K = k_1 k_4 + k_2 k_3$.

(13.47-) тендеуді талдау айналдырушы момент

2 ағындарының арасында фазаларды жылжыту бұрышы кезінде жететіндігін көрсетеді.

Тежегіш моментті қосу мен механизмдегі дискінің біркелкі айналуын қамтамасыз ету үшін тұрақты магнит (13.20, а-суретті қар.) қарастырылған. Тұрақты магнитпен жасалатын өріс айналатын дискде ЭҚК түзеді, соның нәтижесінде орамды ток пайда болады

$$I_b = k_I \Phi_n \omega,$$

мұнда k_I — пропорциональдылық коэффициенті ; Φ_n — тұрақты магниттің магниттік ағыны; ω — дискінің айналуының бұрыштық жылдамдығы.

Токтың I_b ағынмен Φ_n өзара әрекеттестігі моментпен дискінің тежелуін тудырады $M_m = k_2 \Phi_n I_b$.

Түрленуден кейін мынаны аламыз

$$M_T = k_1 k_2 \Phi_n^2 \omega = k_I \Phi_n^2 \omega, \quad (13.48)$$

мұнда $k_T = k_I k_2$.

Осылайша, тежегіш момент дискінің айналуының бұрыштық жылдамдығына тікелей пропорционалды болады.

Индукциялық аспаптардың негізгі артықшылықтары: үлкен айналдырғыш момент, сыртқы магниттік өрістердің әлсіз әсерлері мен үлкен қайта жүктеу қабілеті. Оған қоса, индукциялық аспаптар тек айнымалы ток үшін ғана жарамды, жоары емес дәлдікке ие, өзіндік үлкен қуатты тұтынады және олардың көрсеткіштеріне қоршаған ортаның температурасы мен ток жиілігінің өзгеруі әсер етеді.

Электр энергиясының бір фазалық есептеуіші. Бұл есептегіш айналу осі роликті типтегі есептегіш механизммен байланысты индукциялық механизмді көрсетеді. Егер 1-ші катушканы (13.20, а-суретті қараңыз) қуат көзіне параллель қосса, ал катушка 3 қабылдағышпен қатар қосса, онда осы катушкалармен жасалған магниттік ағындар пропорционалды болады:

$$\Phi_1 = k_I I_1 = k_I \frac{U_1}{Z_1} = k_I \frac{U_1}{2\pi f L_1} = k_U \frac{U_1}{f}; \quad \Phi_2 = k_I I_2.$$

Магниттік ағындардың мәндерін (13.47) формулаға қоя отырып, тұрақтыларды біріктіргеннен кейін аламыз

$$M_{bp} = k_{ep} U_1 I_2 \sin \psi,$$

мұнда k_{bp} — пропорциональдылық коэффициенті, $k_{bp} = k_U k_I$.

Егер аспаптың катушкаларын 13,20-суретке сәйкес тізбекке қосса, онда айналдырғыш момент тізбектің белсенді қуаттылығына пропорционалды болады:

$$M_{bp} = k_{ep} P.$$

Тізбектің белсенді қуаттылығы өзгермеген кезде $M_{вр} = M_T$. Сондықтан $k_{ер} P = k_T \omega$, немесе $k_{ер} = k_I d\alpha/dt$ Егер бұл теңдікті $k_{вр} P dt = k da$ түрінде қойса, онда интегрлеуден кейін t_1 -ден t_2 -ге дейінгі уақыт аралығында аламыз

$$Pt = W = CN, \quad (13.49)$$

мұнда C — аспаптың тұрақтысы, $C = 2\pi k_m / k_{вр}$; N — t уақыт ішіндегі аспап дискісінің айналым саны

Сәйкесінше, тізбектегі шығындалған энергия W аспап дискісінің айналымдар санына пропорционалды.

(13.49)-формуладағы C пропорционалдылық коэффициенті есептеуіштің нақты тұрақтысын көрсетеді

$$C_d = W/N, \quad (13.50)$$

ол төмендегідей анықталатын атаулы тұрақтыдан мынадай ерекшеленеді

$$C_n = 1/K,$$

мұнда K — есептеуіштің берілістік майы (шығындалған энергияның бірлігіне аспап көрсеткіштерінің өзгеруіне сәйкес келетін диск айналымдарының саны).

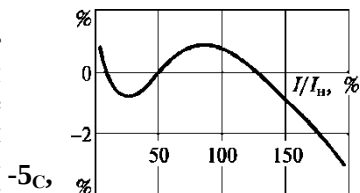
Нақты C_d мен атаулы C_n тұрақтылар арасындағы айырмашылықты есептеуіштің қателігі анықтайды, оның салыстырмалы мәнін пайызбен мына формула бойынша есептейді

$$\delta_{сч} = \frac{C_d - C_n}{C_n} 100. \quad (13.51)$$

Бұл қателік аспап механизмдегі үйкеліспен негізделген.

Әсіресе ол аз жүктемелерде басым болады (13.21-сурет). Есептегіштердегі үйкелістен қателіктерді азайту үшін магниттік ағынды екі құраушының параллель катушкаларына бөлу есебінен өтемдік моментті құру қарастырылған (құрылымдардың кейбір құрылымдарында компенсациялық момент магнит ағыны есебінен жасалады, ол параллель катушканың білігі полюсінің астында орналасқан қысқа тұйықталған ораммен қоздырылатын магниттік ағын есебінен құрылады).

Компенсациялық момент үйкелісті өтеу үшін қажетті мәннен асқан кезде аспаптың дискі тізбекте ток жоқ болған кезде айланады. Бұл өздік беру деп аталатын құбылыс қате реттеу, желідегі кернеудің артуы



13.21-Сурет. Индукциялық есептеуіштің салыстырмалы қателігінің мысалдық қисығы

(атаулыдан артық), механикалық әсер ету және т.с.с. салдарынан параллель катушкада тек кернеу әсерімен ғана туындауы мүмкін. Есептегіштің өздік бағытын пластина көмегімен жояды, ол параллель катушканың білігінде және аспап осінің ілгек сымында бекітіледі. Пластина мен ілгек арасындағы қашықтықты реттей отырып, олардың арасындаы тартылыс күшін диск тоқтағанға дейін өзгертеді. Пластина мен ілгек арасындағы өзара әрекеттеу күші аспа сезімталдықтың шекті шегіне жететіндей түрде таңдалған болуы тиіс. Есептегіштің сезімталдық шегін токтың атаулы күшіне пайызбен нормаланатын токтың ең аз мәнін атайды, егер қуаттылық кернеуі, жиілігі және коэффициенті нақтылы мәнге ие болса, дискінің үздіксіз айналуы жүреді.

СО-И449 типіндегі киловатт-сағаттаың бір фазалық есептеуіші біршама кең таралған. Ол 50 немесе 60 Гц жиіліктегі тізбектерде белсенді энергияны санау үшін тағайындалған. 2,5; 5,0; 10,0 және 20 А атаулы токтар мен 110, 120, 127, 220, 230, 240 және 250 В кернеудегі аспаптар шығарылады. Аспаптардың дәлдік санаттары 2,0.

Электр энергиясының үш фазалық есептеуіші. Бұл есептеуіш екі элементті (үш сымды тізбектер үшін) немесе үш элементті (төрт сымды тізбектер үшін) индукциялық аспапты көрсетеді. Мұндай аспаптың жылжымалы бөлігі жалпы осьте бекітілген екі немесе үш дисклер түрінде орындалған. Жылжымалы бөлікке әсер ететін айналдырғыш момент әрбір элементпен жасалатын моменттердің алгебралық жиынтығына тең. Бір дискісі бар екі элементті аспаптар мен екі дисктері бар үш элементті аспаптар магниттік жүйелердің өзара әсерін жою қиын болғандықтан қолданылмайды.

Тағайындалуына байланысты өнеркәсіпте әртүрлі типтегі индукциялық есептеуіштерді шығарады: белсенді энергияны - бір фазалы СО (бір фазалы есептегіш), үш фазалы СА3 (үш сымды тізбектер үшін) және СА4 (төрт сымды тізбектер үшін); реактивті энергия үшін - СР3 (үш сымды тізбектер үшін) және СР4 (төрт сымды тізбектер үшін), сонымен қатар арнайы тағайыдалымдағы есептегіштер. Бір фазалық тізбектерге арналған реактивтік энергия есептегіштері шығарылмайды.

Бақылау сұрақтары

1. Өлшеу тізбегі, өлшеуіш механизм, есептегіш құрылғы деген не?
2. Ұқсас аспаптардың қандай жалпы түйіндері мен бөлшектері бар?
3. Ұқсас аспаптарда қарсы әрекет ететін моменттерді құрудың қандай тәсілдері бар?
4. Магнитті электрлік аспаптардың әрекет ету принципі мен механизм сұлбасы қандай?

5. Логометрлік аспаптардың жұмысының ерекшелігі неде?
6. Магнитті электрлік гальванометрлер ненің есебінен жоғары сезімталдыққа ие? Оларда қандай жұмыс режимі болуы мүмкін?
7. Түзеткіш өлшеу аспаптарын қосудың қандай сұлбалары бар?
8. Контактті және контактісіз түрлендіргіштері бар қандай жылулық өлшеуіш аспаптары жұмыс істейді? Термобатарея қандай сұлба бойынша қосылады?
9. Электромагниттік аспаптардың жұмыс істеу принциптері мен механизм сұлбасы қандай?
10. Астатикалық электромагниттік аспаптардың артықшылықтары мен құрылымының ерекшелігі неде?
11. Электродинамикалық аспаптың жұмыс істеу принципінің сұлбасын және векторлық диаграммасын түсіндіріңіз.
12. Электродинамикалық логометр қалай құрылған және оның векторлық диаграммасының ерекшеліктері неде?
13. Құрылымның ерекшеліктері неде және ферродинамикалық аспаптардың жұмыс істеу принциптері қандай?
14. Электродинамикалық ваттметрлерде катушкалар қалай қосылады? Олардың жұмыс істеу принципі неде?
15. Электростатикалық аспаптар механизмінің сұлбасы мен әрекет ету принципін түсіндіріңіз.
16. Индукциялық аспаптар қандай принципте жұмыс істейді және құрылған? Индукциялық аспаптың векторлық диаграммасын түсіндіріңіз.
17. Электр энергия есептеуішінің жұмыс істеу принципі қандай? Бұл аспаптарда тіректерге үйкелудің қателіктері қандай түрде өтеледі?

САНДЫҚ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ӨЛШЕГІШТЕР АСПАПТАР МЕН ТҮРЛЕНДІРГІШТЕР

14.1. Сандық аспаптардың жіктелуі

Сандық өлшеу аспап деп (СӨА) көрсеткіштері сандық түрде көрсетілген өлшеуші ақпараттың дискретті сигналдарын автоматты бөліп шығаратын өлшеу құралдары аталады.

Өлшеуші шамаларының түрлеріне байланысты өлшегіш құралдар бөлінеді:

- тұрақты және құбылмалы тоқтардың (кернеулердің) вольтмерлері мен амперметрлері;
- тұрақты және құбылмалы тоқтардың омметрлері мен көпірлері;
- комбинирленген аспаптар;
- жиілікті, уақыт ара-қашықтығын және фазалық жылжуды өлшегіштер;
- әр түрлі элементтерді және т.б. өндіру уақытын анықтау үшін арналған мамандандырылған СӨА.

СӨА арқылы өлшенетін шамалардың диапазоны қарапайымда тым кең болады және кіші диапазон қатарына уатылады. Өлшеу барысында керекті кіші диапазонды таңдау қолмен немесе автоматты түрде жүргізіледі. Тандалған кіші диапазонда өлшеу әрқашан автоматты түрде жүзеге асырылады.

СӨА негізгі жіктеу белгілері ретінде нақтылық және тез әсер ету сияқты маңызды сипаттамаларды анықтайтын өлшенетін шаманың түрін және түрлендіру тәсілін есептеу саналады. Кіріспелі физикалық шамалардың түрі бойынша СӨА келесі өлшеуге арналған құралдардың негізгі топтарына бірігеді:

- тұрақты және құбылмалы тоқтардың (кернеулердің);
- Электрлік тізбектердің R , L және C параметрлері;
- уақытша параметрлер (жиілік, кезең, уақыттық интервал, фазалар).

Аталған топтарға кіретін СӨА-ның түрлері микропроцессорлармен өлшеу құралдары, компьютерлердің негізіндегі виртуалдық құралдыр және сандық осциллографтар болып табылады.

СӨА-дың оларды нақты өлшеу тапсырмасы үшін пайдалану мүмкіндігін анықтайтын маңыздырақ техникалық сипаттамасы болып табылады: өлшеу шектері, бөлу құны,

кіріс кедергісі, тез әсер етуі, нақтылығы, кедергіге төзімділігі және сенімділігі.

Өлшеу шегі деп аспаптың шкаласында көрсетілген шамамен өлшенетін максималды мәнді атайды.

Шкаланы бөлу құнын мына формула бойынша анықтауға болады

$$z = x_{\max}/10^m,$$

мұндағы $x_{\max}$ — өлшеу шегінің максималды мәні; m — ондық сандық есептің разрядының саны.

Әрбір өлшеу шегі үшін бөлу құны тұрақты және СӨА осы түрі үшін максималды мүмкін болатын шешуші қабілетті анықтайды.

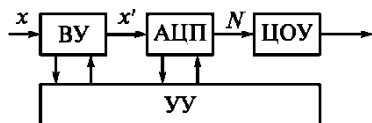
Шешуші қабілет — бұл бірінші (кіші) разрядтың бірлігіне сандық есептің өзгерту. Кейде шешуші қабілет ретінде СӨА кіші (көп шекті аспаптар үшін) шегін бөлу құнының мәні айтылады.

Тез әсер ету кіріс шамасының түрленуінің (АЦП үшін) немесе толық бір циклдың өлшеуін (СӨА үшін бұл өлшеу уақыты және индикация уақыты) орындау үшін қажетті максималды уақыт аралығымен анықталады. Бірқалыпты уақытша дискреттеумен СӨА үшін бұл өлшеу ара-қашықтығы Δt дискреттеу қадамымен анықталады, ал тез әсер ету - 1 с-тегі өлшеу санымен (түрлендіру), яғни $1/(\Delta t)$ мәнімен.

Кедергіге төзімділік - әр түрлі ашуландыратын ықпал (кедергі) болған кезде қажетті өлшеу нақтылығын сақтау қабілеттілігі. СӨА кіріс қысқыштарында дабылмен бірге пайда болатын кедергілердің әсерін толығымен жоюға болмайды. Сондықтан, кедергіге төзімділік саны жағынан СӨА кірісндегі кедергілердің басылу дәрежесімен сипатталады. СӨА кедергіге төзімділік бағасын негізінде кедергілерге аддитивті, яғни пайдалы дабылмен жиынтықталатынға қатысты есептейді.

Сонымен, СӨА осы уақытта өлшеуші аппаратураға көрсетілетін негізгі талаптарды толығырақ қанағаттандырады: жоғары нақтылық және тез әсер етушілік, өлшеу үрдістерінің және ақпаратты өңдеудің автоматтылығы. СӨА жалпыландырылған құрылымдық сызбасы 14.1-ші суретінде көрсетілген.

Сандық аспапта өлшенетін шама x оны кедергіден бөлу үшін және масштабтық түрлендіру үшін арналған кіріс құрылғысына (КҚ) беріледі. Аналогтық-сандық түрлендіргіш (АСТ) x' шамасын N кодына түрлендіреді, сандар қатары түрінде индикаторланатын сандық есептік құрылғыға (СЕК) берілетін жерге. Сандық кодтар ішкі құрылғыларға да шығарылуына болады, мысалы ары қарай сақтау өңдеу немесе сақтау үшін компьютерге. СӨА жұмысын басқару құралы (БК) аспаптың барлық функционалдық командалық сигналдарының белгілі реттілігін өңдеу және беру жолымен басқарады.



14.1. сурет. СӨА жалпыландырылған құрылымдық сызбасы

Кіріс сигналының түрлендіру тәсіліне байланысты СӨА шартты түрде тікелей және теңдестірілген түрлендіру аспаптарына бөлінеді.

Тік аспапты түрлендіру СӨА-да жалпы теріс байланыстың (яғни, шығыс пен кірістің байланысы) жоқ болады.

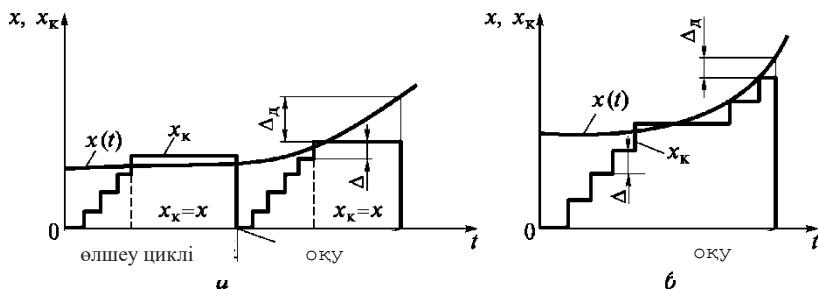
Олар жоғары тез әсер етуші қасиетке ие, бірақ дәл өлшеу тек қана барлық өлшегіш құралдардың жоғары нақтылығы кезінде ғана мүмкін болады, сондықтан да сирек қолданылады.

Теңдестіретін түрлендірудің сандық өлшеуіштік аспаптары жалпы кері байланыстың тізбегімен қамтылған. Теріс кері байланыстың тізбегі өлшенетін шамамен бір физикалық табиғаттағы хк компенсациялайтын шамаға $x(t)$ шығыстық дискреттеу сигналының сандық аналогтық түрлендіргішін (САТ) шын мәнінде ұсынады.

Теріс кері байланыспен қамтылған теңдестіретін түрлендіргіштің СӨА-ның олқылығы іс жүзінде тік түрлендіргіштің тізбегінің түрлендіргішінің олқылығына байланысты емес, негізінен СӨА-тың параметрлерімен анықталады. Сондықтан, САТ сызбаларында міндетті түрде жеткілікті жоғары нақтылықты және тұрақты элементтер қолданылады.

Компенсацияланатын шаманың x_k уақытында өзгеру сипаты бойынша СӨА теңдестіруді жаймаланатын және бағушы аспаптарға бөлінеді.

Жаймаланатын тепе-теңдік СӨА үлгісі - әр өлшеу тізбегіндегі хк өтелетін шамасының мәні кванттау А қадамына тең деңгейлермен нөлден бастап артатын аспаптар болып табылады. (14.2, а -сурет).



14.2 сурет. Теңдестірілетін түрдегі СӨА сызбаларына уақытша диаграммалар: а — ашатын; б - бақылайтын

Шамалардың идентификациясы кезінде $x_k = x$ теңдестіру үрдісі қысқартылады және компенсацияланатын шаманың кванттау дәрежесінің санына тең өлшеу нәтижесі бекітіледі. Көрсеткіштердің есебі қарапайымда x_k шамасының өзгерісінің цикл соңында жүргізіледі. Сонымен қатар теңдестіру кезеңдері мен есептің кезеңдері арасындағы уақыт ара қашықтығына $x(t)$ өлшенетін шамасының өзгерісіне негізделген D_d динамикалық олқылығы туындайды.

Теңдестіруді бақылаушы аспаптарда (14.2, 6 сурет) компенсацияланатын шаманың деңгейі өлшенетін шамамен теңдікке жеткеннен кейін нөлге қайтарылмайды, тұрақты болып қалады. x өзгерісі кезінде x_k шамасы сәйкесінше бұл өзгерісті $x - x_k$ түрлілігі D кванттау қадамының мәнінен аспайтындай етіп аңдиды. Есеп не теңдестіру кезінде немесе ішкі командалар бойынша жүргізіледі. Бақылаушы теңдестіру техникалық іске асырулар кезінде күрделілеу, бірақ өзге де тең жағдайларда кванттау қадамынан аспайтын кем динамикалық олқылықты қамтамасыз етеді.

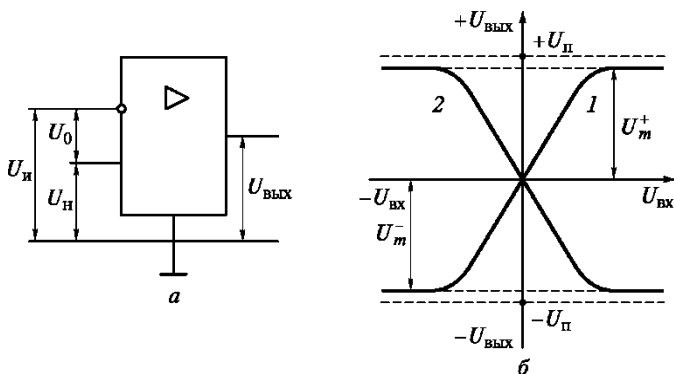
Шығыс дискреттік сигнал түрі бойынша СӨА және ҰСТ екілік, ондық және екілік-ондық формалармен ақпараттың ұсынылуымен аспаптарға бөлінеді. Екілік форма ең үнемді түрі болып табылады және негізінен жүйелі ҰСТ жүйелерінде ақпаратты ұсыну үшін қолданылады.

14.2. Сандық ұқсас және ұқсас-сандық түрлендіргіштер

Сандық ұқсас және ұқсас-сандық түрлендіргіштер сызбаларының әсер ету принциптерінің талдауына көшпей тұрып интегралды техниканың маңызды элементі - заманауи компараторлар құрылған (салыстыру құрылғылары) операциялық күшейткішті қарастырамыз.

Операциялық күшейткіштер. Операциялық күшейткіш (ОК) деп жоғары күшейту коэффициентіне ($10^6 \dots 10^7$), жоғары кіріс (жүздеген МОМ0) және кіші шығыс (Ом бірліктері) кедергілеріне ие интегралдық сызықтық кернеу күшейткішін атайды. 14.3 суретінде a ОК-тің шартты графикалық мәні көрсетілген.

Шығысқа қатысты ОК-дің кірісінің біреуі терістемейтін u_{in} , ал екіншісі - ии терістейтін болып табылады; соңғысы терістеу белгісімен белгіленеді (ОК-тің кірісіндегі шеңбер). ОК қуатталуы екі бірдей әр түрлі полярлы қорек көздерінен жүзеге асырылады + ип и —U (графикалық мәндерде қорек көздері қарапайымда көрсетілмейді). Мұндай қоректенуде кіріс және шығыс дабылдары екі полярлы болуы мүмкін, ал нөлдік кіріс дабылдарына нөлдік шығыс дабылдары сәйкес келеді. ОК про шығыс дабылы



14.3 - сурет. Операциялық күшейткіш:

a — шартты графикалық мәні; *б* - табыстамалық сипаттамалары

кіріс u_n - U_n әр түрлі дифференциалды кіріс дабылына порционалды болып келеді.

Кернеуі бойынша күшейту коэффициенті K_0 дифференциалды кіріс кернеуіне шығыс кернеуінің қатынасына тең.

Табыстамалық сипаттамалары (14.3, б сурет) ОК үшін маңызды мәнге ие болады. Егер күшейтілетін дабыл терістелмейтін кіріске берілген, ал терістелетін кіріс жерлендірілген болса, онда шығыстық кернеудің белгісі кірістің кернеудің белгісімен сәйкес келеді (1 жолақ). Терістейтін кіріске дабылды беру кезінде және терістемейтінді жерлендіруде шығыстық кернеудің белгісі кірістік белгіге қарама қарса болады (2 жолақ). Табыстамалық сипаттамалардың жолақтық аймақтарының Көлбеулік бұрышы K_0 кернеуі бойынша күшейткіш коэффициенттеріне пропорционалды. Табыстамалық сипаттамалардың көлденең аймақтары ОК аяқталған транзисторларының қанығу тәртібіне сәйкес келеді, сондықтан шығыс кернеуі

$$\pm U_{\text{вых}} = U_m^{\pm} = \pm U_n.$$

Интегралдық күшейткіш техникасының теориясында талдауларды жеңілдету және сызбаларды есептеу мақсатында операциялық күшейткіштерге ОК «мінсіз» түсінігін енгізеді, бұл үшін келесі жорамалдар әділетті: шексіз үлкен күшейткіш коэффициенті $K_0 =$ кіріс кедергісі $R_{\text{вх}0} = \infty$; шығыс кедергісі - $R_{\text{вых}0} = 0$.

Бұл жорамалдардан ОК екі негізгі қасиеттер бөлініп шығады (талдау ережелері).

1. Дифференциалдық кіріс дабылы нөлге тең:

$$U_0 = \frac{U_{шыс}}{K_0} = \frac{U_{шыс}}{\infty} = 0.$$

2. ОК кірістері кіріс дабылының қайнар көзінен тоқты пайдаланбайды:

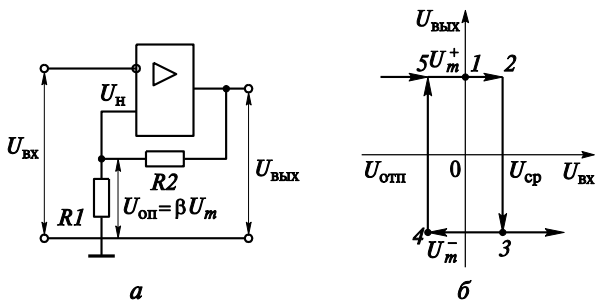
$$I_0 = \frac{U_{вх}}{K_0} = \frac{U_{вх}}{\infty} = 0.$$

Жоғарыда келтірілген «мінсіз» ОК түсінігі оны терістейтін және терістемейтін кірістердің «виртуалды» (көрінетін) тұйықталу принципі деп аталатын мәнге сәйкес келеді. Виртуалды тұйықталу бойынша физикалық кезіндегідей (қарапайым), қысқыштармен байланыстар аралығындағы кернеу нөлге тең. Сонымен қатар физикалық тұйықталудан тоқтың айырмашылығы виртуалды қысқыштармен тұйықталғанның арасында өтпейді. Басқаша айтқанда, ток үшін қысқыштардың виртуалды тұйықталуы электрлік тізбектің үзілуіне эквивалентті болады.

Күшейтілетін сигналдың берілісінің жағдайына тәуелді ОК кірісіне және оған ішкі элементтердің қосылуын екі қосылу фундаменталды сызбасын алуға болады: терістейтін және терістемейтін. ОК қолданумен кез-келген сызба техникалық шешіс осы қосуларда негізделеді. Олардың біреуі компараторде жүзеге асырылған.

Компаратор — екі ұқсас кернеулерді салыстыруды іске асыратын құрылғы. Компаратордың қарапайым сызбасында кіріс кернеуі шығыс кернеуінің бөлігі ретінде қолданылатын (14.4, а сурет) кейбір тіректік кернеумен салыстырылады.

ОК терістелетін кірісіне кіріс кернеуі түседі, ал терістемейтін кіріс тіректік кернеуге беріледі.



14.4 сурет. Компаратор:

а — сызба; б — табыстамалы сипаттама

$U_H = U_{on} = pU_m$, бөлгіштен шешілетін R_1, R_2 . Осылайша, ОК терістемейтін кері байланыс оң кері байланыс бойынша қамтылған және шығыс кернеуі кіріс және тіректік кернеуді салыстыру кезінде қарғумен өзінің полярлылығын өзгертеді.

Компоратордың әсер ету принципін табыстамалық сипаттама көмегімен - кірістен (14.4 б сурет) шығыс кернеуіне байланысты қарастырамыз. Кіретін кернеуі $U_{вх} = 0$, ал шығыс $U_{вых} = U^+$ (нүкте 1 14.4, б суретінде). Терістемейтін кірісте кенеу болады

$$U_H = \beta U_m^+,$$

мұндағы β - кедергілі тізбектің берілу коэффициенті R_1, R_2 компоратордағы оң кері байланыстың, $\beta = R_1/(R_1 + R_2)$.

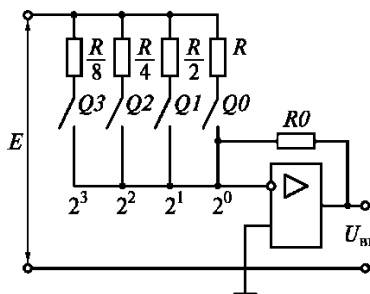
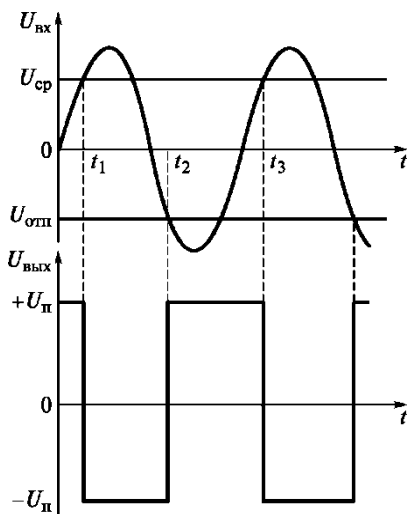
Егер кіріс кернеуі нөлден көп болса және ұлғайып отырса, онда оның амплитудасын тіректік, $U_{cp} = \beta U_m^+$ жұмсалатын кернеуіне тең амплитудамен салыстырған кезде, компоратор қайта қосылады. Бұл кезде U^+ мәнінен U_m мәніне шығыстық кернеудің секіrmелі өзгерісі жүреді (2-ші нүктеден 3 нүктеге ауысу 14.4, б суретінде көрсетілген). Кіріс кернеуінің ары қарайғы ұлғаюы компоратордың жағдайын өзгертпейді, және ОК терістелмейтін кірістегі кернеу сондай-ақ тұрақты болып қалады: $u_H = \beta U_m^+$. Кіріс кернеуін жіберу кернеуіне тең $U_{вх} = U_{отп} = \beta U_m^+$ тіректік мәнге дейін кеміткен кезде, компоратордың бастапқы жағдайға секіrmелі қайтуы жүзеге асады. Шығыс кернеуі бұл кезде U_m ден U^{++} -ға өзгереді (4 к нүктесінен 5 нүктеге ауысу 14.4, б суретінде).

Осылайша, компоратордың табыстамалы сипаттамасы гистерезис ілмегінің түрінде болады. Мұндай компоратор триггерлік (қайта қосатын) эффектіге ие болады, радиоэлектроникада оны *Шмитт триггері деп атайды*.

Кернеудің қажалуы және босатылуы сомасы $U_H = U_{cp} + U_{отп} = 2\beta U_m$ гистерезистің кернеуі болып табылады.

$$U_H = U_{cp} + U_{отп} = 2\beta U_m$$

Бұл кедергіге төзімділікті арттыру үшін енгізіледі, ол триггердің «дребезгін», яғни оның кіріс сигналы жоқ кезде кедергі кернеуімен кенеттен ауысуын болдырмауға жол береді. ОК компораторында кіріс кернеуінің амплитудасы шамамен қорек көзінің кернеуіне тең: $U_{вых} = U_m^+ = \pm U_H$. Компораторлар үздіксіз дабылдардың әр түрлі түрлерінен тік бұрышты формалы дабылдардың қалыптасуы үшін қолданылады. Жиі, синусоидалды кернеудің кіріс компораторында беріліс кезінде (14.5 сурет) оның шығысында симметриялы тік бұрышты тербеліс - ирелең (гр.өрнек, геометриялық нақыш) қалыптасады.



14.5 -сурет. Ирелеңнің қалыптасуы 14.6. сурет. СӨҚ синусоидынан компаратормен төрт ядролы сызба

$t = 0$ уақыты кезінде компаратордың шығысында $U = U_+$ кернеу . Компаратор мұндай жағдайда болады, әзірше кіріс кернеуі $U_{ВХ} < U_{ср}$. $t = t_1$ уақыты кезінде кіріс кернеуі $U_{ВХ} = U_{ср}$ болады және компаратор қайта қосылады. Бұл ретте шығыс кернеуі U_+ кенет өзгеру арқылы U_m мәнінен U_m мәніне өзгереді. $t = t_2$ уақыт сәтінде кіріс кернеу $U_{ВХ}$ тең болады және компаратордың жаңадан қосылуы жүреді.

Сандықұқсас түрлендіргіштер. Төрт разрядты сандық ұқсас түрлендіргіштің әрекет ету принципі 14.6-суретте көрсетілген ОУ қарапайым сұлбасының көмегімен көрсетіледі. Сұлбаның негізін тұақты кернеу көзі бар резисторлардың матрицасы құрайды, ол инвертирлеуші кіріс арқылы ОУ кілттермен жалғанған және екілік кодпен басқарылады (мысалы, есептегіштің шығыс коды). Сандық дабылдың кіріс кодына байланысты кедергілердің әртүрлі номиналдары бар резисторлар қосылады. Сұлбада кілттер тек оларға логикамен 1 сәйкес келетін командалар түскен кезде тұйықталады. 2^0 , 2^1 , 2^2 и 2^3 кірістері бойынша сәйкес күшейткіштердің терістеуші күшейткіштерінің коэффициенті:

$$K_0 = -R_0 Q_0 / R; K_1 = -2 R_0 Q_1 / R; K_2 = -4 R_0 Q_2 / R; K_3 = -8 R_0 Q_3 / R.$$

Мұндағы Q_0 , Q_1 , Q_2 , Q_3 — екі мәнді қабылдайтын кодтық сөздер: не 1 (кілт тұйықталған), не 0 (кілт алшақталған).

Осыдан, төрт разрядты екілік коды 0-ден 15 Д-ға дейін амплитуда бойынша өзгертін шығыс кернеуіне түрленетіні (еске салайық, А - кванттау қадамы) шығады. Мысалы, 1001 екілік санына $и_{\text{вых1}} = Д(1 \cdot 1 + 2 \cdot 0 + 4 \cdot 0 + 8 \cdot 1) = 9Д$ кернеуі сәйкес келеді, ал 1100 санына — $и_{\text{вых2}} = 12Д$. Кедргілі матрицаның кірісіне үнемі Е кернеуі түсіп тұратындықтан, онда САП шығыс кернеуі сандық дабылдың кодының қайта қосылуы кезінде секірістермен өзгереді. Шығыс дабылының тегістелуі төменгі жиілік сүзгісімен (ТЖС) іске асырылады.

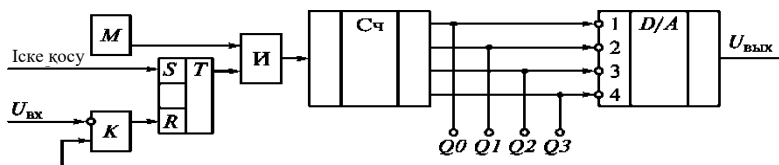
Ұқсас-сандық түрлендіргіштер. Өзінің құрылымы бойынша ұқсас - сандық түрлендіргіштер (ҰСТ) СҰТ ке қарағанда күрделірек, сондай-ақ соңғысы жиі ҰСТ-тің негізгі түйіні болып табылады. Қазіргі уақытта ҰСТ-тің құрылыс сызбасының үш әр түрлі тәсілі бар: реттілікті, параллельді және реттілікті - параллельді.

ҰСТ құрылысының реттілік (реттілік санының) әдісі (14.7 сурет) кіріске тең кернеуді алу үшін қажетті кіші разрядтың тіректік кернеуінің сомаланған санының есебінде негізделген.

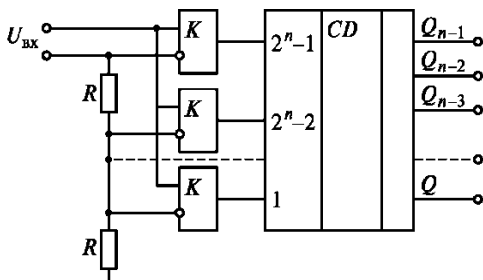
Сонымен қатар бір есептің k-разрядты екілік коды дискерттеу ара-қашықтығының 2^k сызбасында анықталады.

Үздіксіз кіріс сигналының түрлендіруінің басы RS-триггер Т арқылы бастаудың түсу импульсінің уақытымен анықталады және И логикалық элементі Сч есептегішіне М импульстерінің тактілік (есептік) шығыс генераторын қосады. Есептегіштен сандық код түсетін D/A түрлендіргішінің сызбасы компараторда К кіріс кернеуімен салыстырылатын ивх шығыс кернеуін қалыптастырады ивых. Бұл кернеулерді салыстыру кезінде компаратор И логикалық элементі арқылы тактілік импульстердің есептегішіне беруді тоқтату сигналын береді. Нәтижесінде аяқталған кезінде шығыс кернеуінің сандық эквивалентінің түрленуін көрсететін төрт разрядты кодтың шығыстық есептегішінен есеп алу жүзеге асырылады.

Сипатталған ҰСТ-те шығыс сандық кодының мәні түрлендіру барысында көп рет өзгереді, сондықтан ол төмен тез әсер етуге ие болып келеді.



14.7 сурет. Реттілік есебінің қарапайымдалған ҰСТ құрылымдық сызбасы



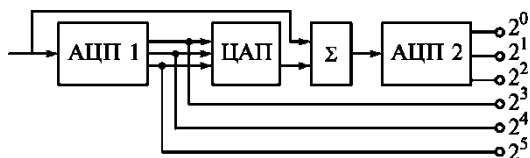
14.8 параллельді блок-схема

$2k - 1$ компараторының пайдалануына негізделген параллельді (есептеу әдісі бойынша) k -разрядты ҰСТ -нің әдісі (14.8 сурет). Компараторлардың операциялық күшейткіштерінің терістемейтін кірістері біріктірілген және оларға үздіксіз дабыл беріледі, ал әрбір терістеуші кіріске кедергілі бөлгіштен шешілетін тіректік дербес кернеу қосылған. Екі көршілес компараторлардың арасындағы тіректік кернеудің түрлілігі $A = \text{иоп}/2^*$ Компараторлар қадамына тең, кіріс кернеуі сәйкес тіректік кернеуден асады, логикалық 1-ді өндіреді, ал қалғаны логикалық 0. Компараторлардың шығысынан ақпарат оның екілік кодын түзетін шифраторға CD түседі.

Параллельді сызбалар басқа ҰСТ түрлерінің ішінде ең жоғары тез әсер етуге ие болып келеді. Алайда, өлшеудің нақтылығын жоғарылату мен кванттау шуының күштілігін азайту үшін параллельді ҰСТ-терге компараторлардың санын ұлғайту керек болады.

ҰСТ реттік-параллельді сызбаларында реттілік және параллельді дабыл түрлендіргіштерінің әдістерінің үйлесуі қолданылады, бұл реттілік түрлендіргіштердің тез әсер еткіштігін жоғарылатады және параллелдіктің көлемін азайтады

14.9 суретте алты разрядтық реттілік-параллельдік ұқсас-сандық түрлендіргіштің құрылымдық сызбасы көрсетілген, мұнда параллельді ҰСТ екі үш разрядтысы, бір үш разрядты ҰСТ және 2 сумматор қолданылады.



14.9-сурет. Ретті - параллельді ҰСТ-ның құрылымдық сызбасы

Ұқсас-сандық түрлендіргіш 2^3 , 2^4 и 2^5 мәндеріне сәйкес келетін кіріс кернеуінен үш үлкен разрядты шығыс кодын қалыптастырады. Бұл разрядтар ҰСТ сызбасының түрлендіргіштерінің олқылықтарының шамасына $i_{вх}$ кіріс шамасынан ерекшеленетін ұқсас кернеуді қайтадан түзетін үш разрядты САТ-тің кірісіне түседі. СҰТ шығыс сызбасынан ұқсас кернеу 2 сумматорға беріледі, ол жерде $i_{вх}$ кіріс кернеуінен шегеріледі. Алынған айырымдық кернеу ҰСТ2-ге беріледі, ол жерде түрлендіргіштің шығыс кодының 2^2 , 2^1 , 2^0 үш кіші сандық разрядына түрленеді.

СИТ дамуының келешектік жолдамасы болып өлшеу процессін, өзін өзі диагностикалау, берілген бағдарлама бойынша автоматты градуирлеу, сондай-ақ өлшеудің нәтижелерін біріншілік өңдеуді қамтитын микропроцессорлар қолданылады (түрлендіру функциясын желілендіру, олқылықтарды түзету, деректерді сығымдау, яғни өлшенетін ақпараттың артықтығын азайту). Осы уақытта СИТ элементтік базасы болып ұқсас және сандық интегралды микросызбалар табылады, бұл жоғары тез әсер етушілікте және аспаптардың кіші габариттік көлемдеріне жетуге жол береді. Интегралды микросызбаларды қолдану интеграцияның жоғары дәрежесінде айтарлықтай СИТ функционалдық мүмкіндіктерін кеңейтті және бір уақытта энергияны тұтынудың төмендеуі кезінде сенімділікті арттырды. Көптеген СИТ-те кіріс дабылының үлкен динамикалық диапазоны кезінде өлшеудің нақтылығын жоғарылататын өлшеу шектерінің автоматты таңдауы бар. Көптеген СИТ -тер интеграциялау және сүзгілеу операцияларын орындай алады, бұл олардың кедергіге төзімділігін айтарлықтай жоғарылатады.

Соңғы жылдары ұқсас-дискреттік өлшеу аспаптарын (ҰДӨА) алдық. СИТ -тен айырмашылығы оларда көрсеткіштің рөлін өзінің ұзындығын (жолақ) немесе орынын (нүкте) шкалаға қатысты дискретті ауыстыратын жарқырайтын жолақ немесе жарқырайтын нүкте орындайтын квазианалогтық есептік құрылғылар пайдаланылады. Квазианалогтық есептік құрылғылар кодпен басқарылады. Мұндай аспаптарда ұқсас аспаптардың (ұқсас есептік құрылғылар) және СИТ (шығыстағы код) артықшылықтары болады.

Қазіргі уақытта метрологияда және электрөлшеуші техникадағы жаңа бағыт - компьютерлік -өлшеуші жүйелер (КӨЖ) және олардың алуандығы - виртуалдық аспаптар қалыптасты.

14.3. Ұқсас электрондық вольтметрлер

Радиоэлектрлік техникада кернеуді әрқашан электрондық вольтметрлермен өлшейді. Электронды вольтметрлерде

күшейткіш құралдарымен жабдықталған, өлшегіш тізбегінен қуаттылықты тұтыну болмашы аз. Электронды вольтметрлердің артықшылықтарына жатады: өлшеудің кең шектері және жиіліктік диапазон (20 Гц-тен 1000 МГц дейін), жоғары сезімталдық , жақсы асқын жүктемелік қабілеттілік, энергияны тұтынудың меншікті аз болуы.

Электронды вольтметрлерді кейбір белгілеріне қарап жіктеуге болады:

- тағайындауы бойынша - тұрақты және ауыспалы кернеулік, синусоидалды және импульстік кернеу; фазаға сезімталдық, селективті, әмбебап;

- өлшеу тәсілі бойынша - тікелей бағалы және салыстыру аспаптары;

- кернеудің мәнін өлшеу сипаты бойынша - амплитудалық (шыңдық), орташа квадраттық мәнді, орташа тіктелген мәнді;

- жиілік диапазоны - төменгі жиілікті, жоғары жиілікті, аса жоғары жиілікті.

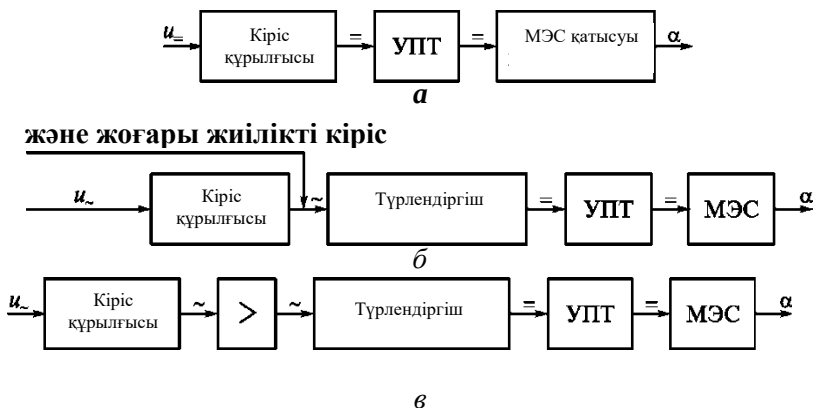
Содан басқа, барлық электрондық аспаптарды үлкен екі топқа бөлуге болады: тілдік есеппен ұқсас және сандық есеппен дискретті түрдің аспаптары.

Жалпы қабылданған белгілерге сәйкес электронды вольтметрлерге В индексі меншіктеледі, мысалы ВК7-16А — құрамдастырылған вольтметр; К - кедергіні өлшей алады; 7 - әмбебап: тұрақты және ауыспалы токқа; 16 - өңдеу нөмірі; А — модификация. Тұрақты токтың вольтметрлері В2 индекстеуіне, ал ауыспалы синусоидалды токтың вольтметрлері - В3 ке ие. Алайда тарихи қалыптасып қалған басқа да белгілер кездеседі, мысалы ш бұл «Вибратор» санкт-петербургтық зауытымен шығарылатын сандық вольтметр екендігін білдіреді.

Токтың күшін өлшеу қажеттілігі кезінде электронды вольтметр арқылы ток кернеуге мына формула бойынша ауысады $I_x R = U_x$.

Тілдік есеппен ұқсас вольтметрлер. Ұқсас вольтметрдің қарапайымдалған құрылымдық сызбалары 14.10 суретте көрсетілген. Қазіргі таңда тұрақты токтың ұқсас электрондық вольтметрлері (14.10, а суреті) шектелген қолданысқа ие, себебі олар өзінің техникалық қасиеттері бойынша тұрақты токтың сандық вольтметрлеріне жол береді және іс жүзінде келесілермен ысырылады. Сондықтан ары қарай тек ауыспалы токтың ұқсас вольтметрлері ғана қарастырылады.

14.10, б суретте келтірілген құрылымдық сызба вольтметрлерде айтарлықтай деңгейдің кернеуін өлшеу үшін қолданылады, себебі тұрақты токтың күшейткішінің көмегімен үлкен күшті қамту қиын. Есесіне мұндай күшейткіштердің жиілік диапазоны жүздеген мегегерцтерді құрауы мүмкін. Құрылымдық сызба,



14.10-сурет. Ұқсас электрондық вольтметрлердің құрылымдық сұлбасы:

а — тұрақты токтың; *б* — үлкен деңгейдің кернеуінің; *в* — милливольтметрдің;
 ТТК - тұрақты токтың күшейткіші; > — ауыспалы токтың күшейткіші; МЭС - магниттік-
 электрлік сызба

14.10 суретте қойылған, үлкен сезімталдыққа ие болатындықтан, милливольтметрде қолданылады. Соңғысы қосымша күшейткіштің болуымен байланысты, алайда мұндай сызбаның жиіліктік диапазоны төменде (жүзге дейін килогерц), себебі ауыспалы токтың кең жолақты күшейткішін құру кезінде қиындықтар туындайды.

Детекторлар. Айнымалы ток вольтметрлерін жасау кезінде пайдаланылатын элементтік база техника деңгейімен вольтметрді жасау сәтінде қолданылатынмен анықталады (жартылай өткізгішті үлгілерден бастап микроинтегралдық орындауға дейін), бірақ блоктардың функционалдық тағайындалуы ұқсас. Бұл ретте айнымалы кернеуді тұрақты кернеуге түрлендіргіштер маңызды қызметке ие. Детекторларды кіріс кернеудің шығыс кернеуге түрлену қызметі бойынша келесі типтерге жіктеуге болады: амплитудалық (шектік), орташа квадраттық және орташа түзетілген мәндер. Детектордың типі көбінесе аспаптың қасиеттерін анықтайды: амплитудалық детекторлары бар вольтметрлер ең жоғары жиілікті болып табылады; орташа квадраттық және детекторлары бар вольтметрлер кез келген формадағы кернеуді өлшеуге мүмкіндік береді; орташа түзетілген мәнді вольтметрлері тек үйлесімді дабылды өлшеу үшін ғана жарамды, бірақ ең қарапайым, сенімді және арзан болып табылады. Одан әрі детекторлардың кейбір қарапайым құрылымдық сұлбалары келтіріледі.

Амплитудалық детектор - шығысындағы кернеу, яғни жүктемедегі кернеу өлшенетін дабылдың максималдық (амплитудалық)

мәніне сәйкес келетін құрылғы. Бұл конденсатордағы кернеуді есте сақтау есебінен жүзеге асырылады (қуаттың жинақталуы кезінде ток диод арқылы өтеді)

Кез келген детектордың нақты жүктеу тізбегінің пайдалы сигналды (тұрақты құрамдас бөлікті) тиімді филтрлеуі және паразиттік жоғары жиіліктегі гармониканы басу үшін келесі теңсіздікті орындау қажет:

$$\frac{1}{\omega C_H} \ll R_H.$$

мұнда C_H — шығыс филтрдің теңсіздіктері; R_H — детектор жүктемесінің кедергісі.

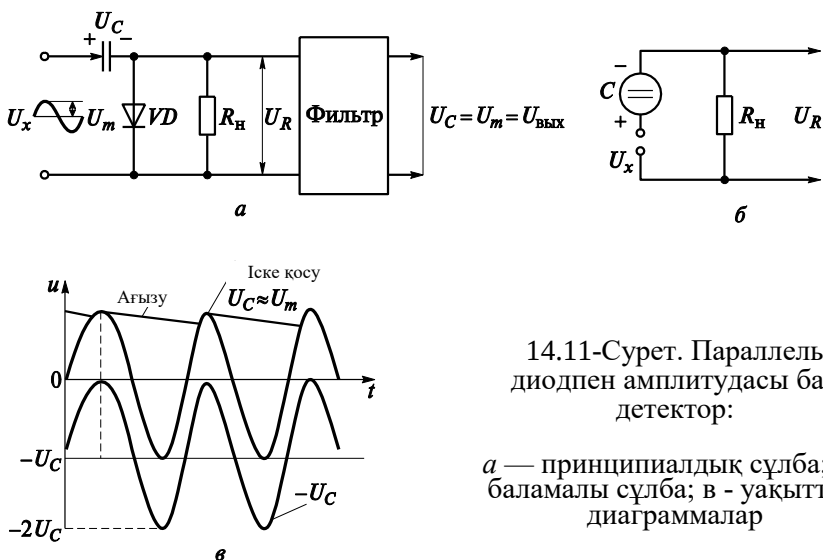
Детектор жұмысының тағы бір шарты: жүктеме резисторының кедергісі L_H диодтың кедергісінен оның тікелей өткізгіштік бағытында біршама үлкен болуы тиіс.

14.11-суретте принципиялық және баламалы тізбектер, сондай-ақ, диод параллельді қосылатын амплитудалық детектордың уақыттық диаграммалары (жабық кірісі бар детектор) көрсетілген.

Жабық кірісі бар (14.11, а-сурет) детекторға қарапайым үйлесімді кернеуді берген кездегі жұмысын қарастырайық.

$$u_x = U_m \sin \omega t.$$

Кіріске оң толқын түскен кездегі уақыт моменттерінде конденсатор C диод арқылы зарядталады, оның кедергісі



14.11-Сурет. Параллель диодпен амплитудасы бар детектор:

а — принципиялық сұлба; б — баламалы сұлба; в — уақыттық диаграммалар

ашық күйде R_0 аз болады ($R \ll R_n$). $t_3 = R_0 C$ зарядының тұрақты уақыты аз және максималдық мәнге дейін конденсатор заряды U_m жылдам жүреді. Теріс жартылай толқын уақытында конденсатор C зарядталады, себебі жүктеменің кедергісі жеткілікті түрде үлкен таңдалады (50..1000 МОм). Осылайша, тұрақты бәсеңдету $t_p = RC$ айнымалы кернеудің кезеңінен біршама үлкен $T = 2\pi/\omega$ болады. Нәтижесінде конденсатор $U_c = U_m = U_{\text{вых}}$ жуық кернеуге дейін зарядталған күйде қалады. Амплитудалық детектордың жеңілдетілген эквиваленттік сұлбасы мен оның жұмысын түсіндіретін уақыттық диаграммалар 14.11, б, в суретте көрсетілген.

РН жүктемелік кедергісінің кернеуінің өзгеруі кіріс кернеуінің амплитудасының және конденсатордағы кернеудің U_c айырмашылығымен анықталады

$$U_R = U_x - U_c.$$

Осылайша, шығыс кернеу U_R өлшенетін кернеудің екі еселенген лүпілдік амплитудасы болады, ол 14.11, в-суретте көрсетілген. Бұл қарапайым математикалық есептеумен де расталады:

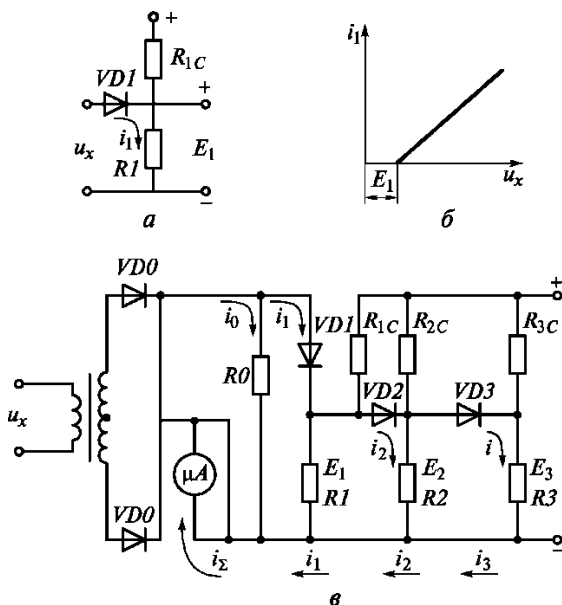
$$U = U_m \sin \omega t - U_c \approx U_m \sin \omega t - U_m.$$

$\sin \omega t = 1$ $U_R = 0$ кезінде; $\sin \omega t = 0$ $U_R = -U_m$ кезінде; $\sin \omega t = -1$ $U_R = -2U_m$ кезінде.

Дабылдың тұрақты құраушысын белгілеу үшін $U = -U_c$ детектордың шығысында сыйымдылықты фильтр қойылады, ол токтың барлық қалған гармоникасын басады.

Баяндалғаннан зерттелетін дабыл қаншалықты аз болса (жиілік қаншалықты көп болса), $U_c = U_m$ -тендігі соншалықты дәл орындалады. Бұнымен детектордың жоғары жиілікті қасиеттері түсіндіріледі. Амплитудалық детекторы бар вольтмерлермен жұмыс кезінде бұл аспаптардың көбінесе синусоидалық дабылдың орташа квадраттық мәндерінде градустилатындығын назарға алу керек, яғни аспаптың көрсеткіштері синусоида амплитудасының коэффициентіне бөлінген амплитудалық мәнге тең $U^* = U_m / K_a$.

Орташа квадраттық мәндердің детекторы - айнымалы кернеуді өлшенетін кернеудің қолданыстағы мәнінің квадратына пропорционалды тұрақты кернеуге түрлендіру. Яғни, қолданыстағы кернеуді өлшеу үш операцияны орындаумен байланысты: дабылдың лездік мәнін шаршыға шығару, орталау нәтижесінен түбірді орташалау және алу (соңғы операция әдетте вольтметр шкаласын градустиу кезінде іске асырылады). Лездік мәнді шаршыға шығару, әдетте, жартылай өткізгішті элементі ба ұяшықпен оның сипаттамасының шаршылық бөлігін пайдалану жолымен жүргізіледі; кейде бұл бөлік жасанды түрде жасалады.



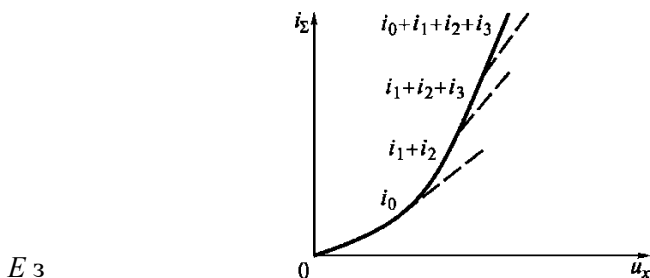
14.12-сурет. Қолданыстағы мәннің детекторы:
а - диодтық ұяшық; б - мінсіздендірілген сипаттама; в -
шаршылық детектор сұлбасы

14.12, а-суретте $VD1$ — R_{1C} , диодтық ұяшық көрсетілген, мұнда тұрақты кернеу E_1 диодқа $VD1$ ол резистордағы $R1$ өлшенетін кернеу $u_x(t)$ шамадан E_j артқанға дейін жабық болатындай түрде қойылған.

Жартылай өткізгішті диодтың вольтамперлік сипаттамасыны бастапқы учаскесі әдетте аз созылыңқылыққа ие (14.14, б-сурет), сондықтан да шаршылық бөлікті жасанды түде бөлікті-сызықты аппроксимация әдісімен ұзартады. Ол үшін детектор сұлбасында бірнеше диодтық ұяшықтар қолданылады (14.12, в-сурет).

14.13 суретте R_{1C} , R_{2C} , R_{3C} кедергілерінің тізбектерін $VD1$, $VD2$, $VD3$ диодтармен ретімен қосқан кездегі шаршылық сипаттама қалай алынатындығы көрсетілген. $VD1$ диод бастапқыда кернеумен E_1 жабық болады, содан кейін кернеудің артуы шамасы бойынша $u_x(t)$ ол ашылады және оның идеалдандырылған сипаттамасының бастапқы бөлігі артады.

14.12, в-суретте ұсынлған сұлбада алдымен $VD1$, $VD2$, $VD3$ диодтары E_1 , E_2 , E_3 , ығысу кернеулерімен жабылған және аз дабылдарда $u_x(t)$ ток миллиамперметрлер арқылы i_0 . тең. Сосын бұл диодтардың барлығы ретімен ашылады, жиынтықты ток



14.13-сурет. Шаршылы вольт-амперлік сипаттамасының аппроксимациясы

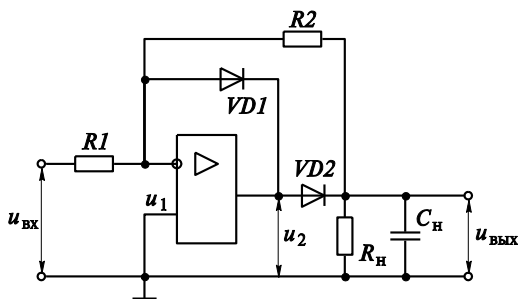
миллиамперметр арқылы өседі. Нәтижесінде жиынтықты вольтамперлік сипаттама қисыққа шаршы форма бойынша жақындайды.

Орташа шаршылық мәндерг аспаптарды құрастыру кезінде біршама қиындықтар туындайды, соның ішінде кең жиілікті диапазонды қамтамасыз етумен. Дегенмен бұл аспаптар ең қажеттілері болып табылады, себебі олар кез келген күрделі формадағы кернеуді өлшеуге мүмкіндік береді.

Орташа түзетілген мән детекторы - ауыспалы кернеуді тұрақты токқа түрлендіретін құрылғы, ол кернеудің орташа түзетілген мәніне пропорционалды. Орташа түзетілген мән детекторы бар өлшеуіш аспаптың шығыс тогының құрылымы түзету жүйесінің бұрын қарастырылған түйініне ұқсас және сондықтан да олардың қасиеттері көп жағынан ұқсас болады. Орташа түзетілген мәннің ұқсас электрондық вольтметрі түзету сұлбасы бар аспапқа қарағанда біршама жоғары сезімталдыққа және өлшеу тізбегінің қуаттылықты аз тұтынуына ие.

Интегралдық амплитудалық детекторлар. Диодты (транзисторлы сияқты) амплитудалық детекторлар аз кернеуде өлшенетін дабылға біршама сызықтық емес бұрмалауларды енгізеді. Сондықтан да соңғы жылдары өлшеуіш құрылғыларды интегралдық микросұлбалар - операциялық күшейткіштерде (ОК) амплитудалық детекторларды қолдана бастады (14.14-сурет).

Детектор инвертирлеуші сұлба бойынша орындалғандықтан (мүмкін инвертирлеуші емес қосу), онда оң жартылай толқындарды беру кезінде кернеу u_{2OK} шығысында теріс болады. Бұл ретте диод $VD1$ ашық, ал диод $VD2$ жабық. ОҚ шығысы диодтың $VD1$ шағын тікелей кедергісі арқылы кіріске қосылған, бұл терең теріс кері байланысты түзеді. Нәтижесінде ОК шығысындағы кернеу оның кірісіндегі кернеуге тең және нөлге жақын болады. Детектордың шығу кернеуі де нөлге тең.



14.14.-сурет ОК амплитудалық детектор

Теріс жартылау толқынға кернеуді u_2 берген кезде ОК шығысы оң болады, сондықтан да диод $VD1$ жабық, ал $VD2$ ашық болады. Бұл ретте ОК пен детектордың шығыстарындағы кернеу $i_{\text{ВЫХ}} = u_2 = -i_{\text{ВХ}} R1/R2$.

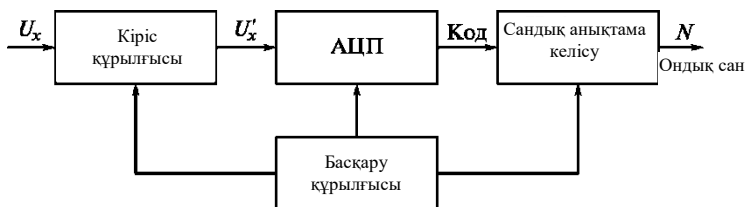
14.4. Сандық вольтметрлер

Сандық вольтметрлер (СВ) біршама кең таралған сандық аспаптар болып табылады. Сандық вольтметрдің жеңілдетілген сұлбасы 14.15-суретте көрсетілген

Кіріс құрылғы кернеу бөлгішінен тұрады, айнымалы ток вольтметрлерінде ол сонымен қатар айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіргіштен тұрады. ҰСТ ұқсас дабылды сандық кодпен ұсынылған сандық дабылға түрлендіреді. ҰСТ-те екілік-ондық кодты пайдалану сандық есептеуіш құрылғымен көрсетілген сандық кодты ондық санға кері түрлендіруді жеңілдетеді. Сұлбаның тораптары басқарушы құрылғымен жалғанған.

Түрлендіргіштердің типі бойынша сандық вольтметрлер төрт топқа бөліну мүмкін:

- кодтық-импульстік (разрядтық теңдігі бар);
- уақыттық импульстік;



14.15-Сурет. Сандық вольтметрдің жеңілдетілген құрылымдық сұлбасы.

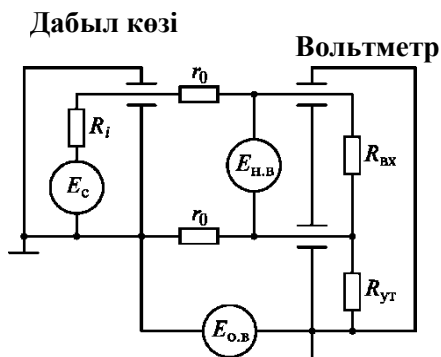
- жиілікті-импульстік;
- кеңістіктік кодтау.

Қазіргі уақытта сандық вольтметрлер көбінесе кодтық-импульстік және уақыттық импульстік түрлендіргіш негізінде құрылады.

Вольтметрлердің ұқсас-сандық түрлендіргіштері тұрақты токты сандық кодқа түрлендіреді, сондықтан да вольтметрлер сонымен қатар тұрақты ток аспаптары деп есептеледі. Вольтметрдің кірісінде айнымалы токтың кернеуін өлшеу үшін көбінесе орташа түзетілген мәндегі түрлендіргіш қойылады. Ең алдымен тұрақты токтың сандық вольтметрлерінің жекелеген типтерін қарауға өтпес бұрын, тұрақты токтың орташа статистикалық сандық вольтметрдің негізгі техникалық сипаттамаларын талдаймыз:

- Өлшеу диапазоны: 100 мВ, 1 В, 10 В, 100 В, 1 000 В;
- 100 мВ диапазонда сезімталдық шегі (квант немесе дискреттілік бірлігі) 1 мВ, 100 мкВ, 10 мкВ болуы мүмкін;
- белгілер саны (сандық шкала ұзындығы) - осы диапазондағы максималдық өлшенетін шаманың минималдыға қатынасы. Мысалы, 100 мВ өлшеу диапазонына 10 мкВ квант кезінде 10^4 белгіге сәйкес келеді;
- кіріс кедергі - жоғары, әдетте 100 МОм-нан артық;
- бөгеуілден қорғанушылық - сандық вольтметрлер жоғары сезімталдыққа ие, сондықтан да жақсы бөгеуілден қорғанушылықта қамтамасыз ету маңызды.

Сандық вольтметрдің кірісінде кедергілердің туындауы принципін сипаттайтын жеңілдетілген құрылымдық сұлба 14.16-суретте көрсетілген. Мұнда E_c — дабыл көзі; $E_{н.в}$ — вольтметр кірісіне төселген кедергі (қалыпты түр кедергісі, көздеу); $E_{о.в}$ — дабыл мен вольтметр көзінің корпустары потенциалдарының әртүрлілігінен туындайтын жалпы түрдегі кедергі; R — дабыл көзінің ішкі кедергісі; $L_{вх}$ — вольтметрдің кіріс кедергісі.



14.16-сурет.

Сандық вольтметрдің кірісіндегі кедергілердің туындауы сұлбасы

Жалпы түрдегі кедергі 50 және 100 Гц жиіліктерде қорек көздерінің жетіспеушілігінен туындайды, жалғағыш сымның кедергісінде r_0 кернеудің құлауын тудырады және вольтметрдің кіріс тізбегіне ауысады, егер клеммалар мен корпус арасындағы ағын кедергісі $R_{\text{ут}}$ аса үлкен болмаса. Егер клеммалардың бірін жерге тұйықтаса, онда кіріс тізбекке өтетін жалпы түрдегі кедергінің үлесі артады. Сондықтан да аз дабылдарды өлшеу кезінде жерден оқшауланған вольтметр кірісін пайдаланады.

Кедергілердің әсерін азайту тәсілдері:

- вольтметрдің оқшауланған кірісі мен экрандалған сымдарын пайдалану;

- интегрлеуші вольтметрлерді қолдану; бұл ретте кедергі мерзімі $u_{\text{ном}}(t) = U_{\text{нпом}} \sin \omega t$ өлшеу уақытына еселі болады және кедергі мерзім бойынша жойылады

$$u_{\text{ном}} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{\text{нпом}} \sin \omega t dt \rightarrow 0;$$

- вольтметрдің кірісіне кедергіні басудың үлкен коэффициенті бар фильтр қойылады (60...70 дБ).

Кедергіні басу коэффициенті келесі түрде анықталады:

$$K_{\text{под}} = 201g(U_{\text{ном.вх}} / U_{\text{ном.вых}}),$$

мұнда $U_{\text{ном.вх}}$ — фильтрдің кірісіндегі кедергі амплитудасы; $U_{\text{ном.вых}}$ — оның шығысындағы кедергі амплитудасы.

Сандық вольтметрлердің дәлдігі. Өлшеу диапазоны бойынша қателікті бөлу өлшеу құралдарының дәлдік санатын сипаттайтын формулаға сәйкес анықталады:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{U_K}{U} - 1 \right) \right],$$

мұнда c және d — қателіктің жиынтықты және аддитивтік құраушыларының сәйкесінше салыстырмалы келтірілгендері; U — өлшенетін кернеу; U_K — өлшеу диапазонының соңғы мәні.

0,1...1 В өлшеу диапазондары үшін c және d сандық мәндері 0,001...0,5% шегінде болады, оған қоса $c > d$.

Сандық вольтметрлердің жылдам әрекеті. ҰСТ заманауи сұлбалары өте үлкен жылдам әрекет етуді қамтамасыз ете алады, бірақ алынған нәтижені дәл тіркеу түсінігі мен сандық вольтметрлерде желілік кедергілерді орталаудан сандық вольтметрлерде ол шамамен секундына 20...50 өлшеуге дейін азаяды.

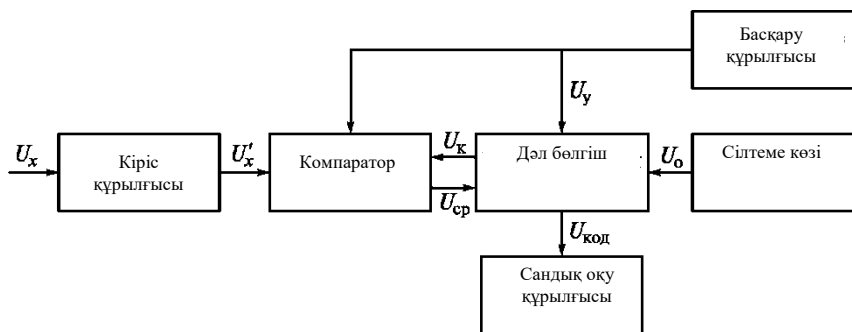
Кодтық-импульстік вольтметрлер. Кодтық-импульстік сандық вольтметрлерде кернеудің өлшеудің өтемдік әдісі принципі іске асырылады. Мұндай вольтметрдің жеңілдетілген құрылымдық сұлбасы 14.17-суретте көрсетілген

Кіріс құрылғыдан алынған кернеуді U'_x өлшеу прецизиондық бөлгішпен өндірілетін өтеуші кернеумен U_K салыстырылады. Өтемдік кернеу екілік-ондық есептеу жүйесіне сәйкес бірнеше кванттық деңгейге ие. Мысалы, 100 В дейінгі кернеуді өлшеу үшін тағайындалған екі разрядты сандық вольтметр келесі деңгейлерден тұруы мүмкін: 80, 40, 20, 10 және 8, 4, 2, 1 В.

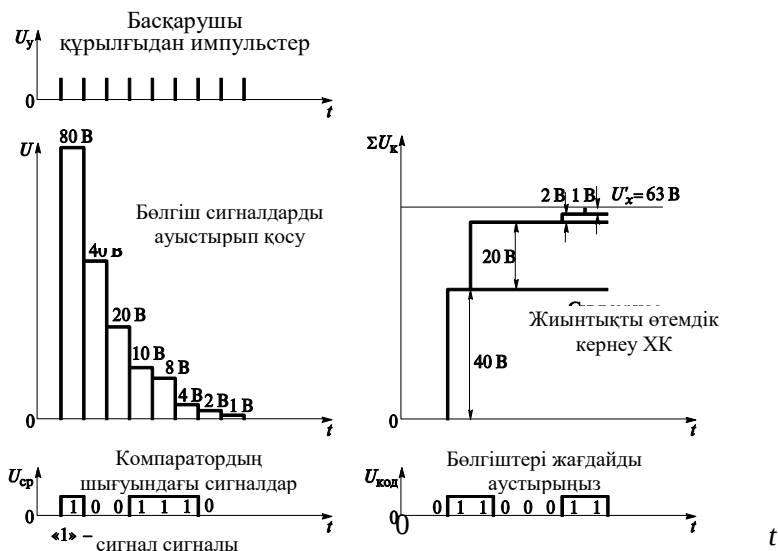
Шамасы бойынша екі кернеуді салыстыру (өлшенетін U'_x және өтемдік U_K) басқарушы құрылғыдан команда бойынша ретімен жүргізіледі. Салыстыру процессі 14.18-суретте көрсетілген. Басқарушы импульстер U_y уақыттың белгілі аралықтары арқылы тура бөлгіштің кедергісіне бөлгіш шығысында ретімен 80, 40, 20, 10, 8, 4, 2, 1 В дабылы туындайтындай түрде ауыстырып қосады; прецизиондық бөлгіштің сәйкес шығысына бір мезетте салыстыру құрылғысы қосылады.

Егер кернеудің қатынасы $U_K > U'_x$ болса, онда салыстыру құрылғысынан дабыл $и_{cp}$ бөлгіште $и_K$ дабылын шешу үшін сәйкес деңгейді өшіруге түседі. Егер $и_K < U_X$ болса, онда дабыл салыстыру құрылғысынан түспейді. Салыстыру процессі аяқталғаннан кейін прецизиондық бөлгіштің кілттерінің күйінен алынған дабыл $и_{од}$ есептік құрылғымен саналатын код болып табылады. 14.18-суретте ұқсас кернеуді 63 В кодтау процессі көрсетілген, бұдан бұл дабылға сәйкес келетін код мынадай болатындығы көрінеді: 01100011.

Кодтық-импульстік аспапта кернеуді өлшеу процессі таразыларда өлшеуге ұқсас, сондықтан аспаптарды кейде разряд бойынша теңдестіру деп атайды. Кодтық-импульстік аспаптың дәлдігі тіректік кернеу көзінің тұрақтылығына, бөлгішті дайындау дәлдігіне, салыстырғыш құрылғының іске



14.17-Сурет. Кодтық-импульстік вольтметрдің жеңілдетілген құрылымдық сұлбасы



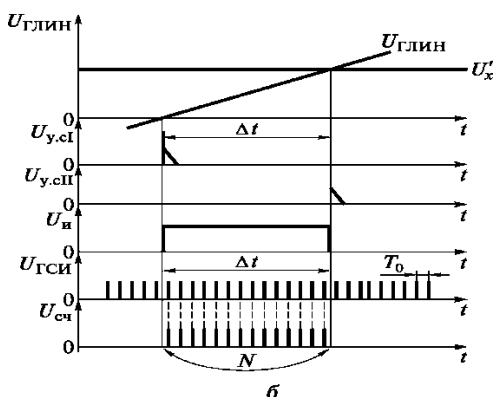
14.18-Сурет. Кодтық-импульстік вольтметрдің жұмысын көрсететін графиктер

қосылу шегіне байланысты болады. Аспаптардың кірісінде қалыпты кедергіден қорғанушылықты құру үшін фильтр қойылады. Жалпы мұндай сандық аспап жақсы техникалық сипаттамаларға ие және зертханалық ретінде пайдаланылады. Алғашқы сандық аспаптар өлшеу әдісі бойынша құрылды, бірақ уақыттық импульстік типтегі аспаптар біршама кең таралымға ие болды.

Уақыттық импульстік вольтметрлер. Уақыттық импульстік (уақыттық) типтегі сандық вольтметрлерде өлшенетін кернеуді пропорционалдық уақыт интервалына аралық түрлендіретін ҰСТ бар, ол белгілі жиіліктері бар импульстермен толтырылады. Мұндай түрлену нәтижесінде өлшегіш ақпараттың дискреттік дабылы түрлендіргіш шығысында есептеуіш импульстердің бумасы түріне ие, олардың саны өлшенетін кернеуге пропорционалды болады.

Уақыттық импульстік вольтметрлердің өлшеу қателігі келесі факторлармен анықталады: өлшенетін дабылдың дискреттенуі қателігі; есептік импульстердің жиілігінің тұрақсыздығы; салыстыру сұлбасында сезімталдық шегінің болуы және салыстыру сұлбасына келіп түсетін ара тәрізді кернеудің сызықты еместігі.

14.19-Сурет. СӨКГ бар тұрақты токтың сандық вольтметрі: а - құрылымдық сұлба; б - уақыттық диаграммалар



генераторы; импульстер есептеуіші; сандық есептеуіш құрылғы.

Өлшегіш ақпараттың дискреттік дабылы түрлендіргіш шығысында U'_x есептеуіш импульстердің бумасы түріне ие, олардың саны N кіріс кернеудің шамасына, яғни U_x пропорционалды болады. Уақыт бойынша сызықты өзгеретін кернеу $U_{\text{СӨКГ}}$ СӨКГ-мен екі салыстыру құралының кірісіне I келіп түседі. Салыстыру құрылғысының басқа кірісі II корпуспен жалғанған.

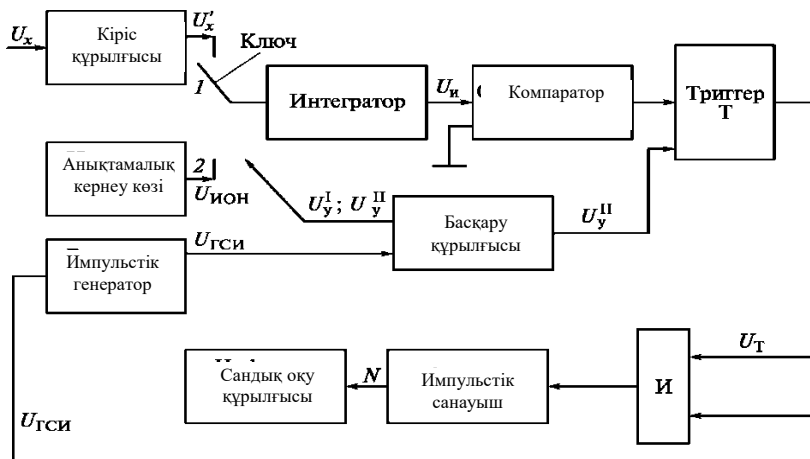
Кернеудің $U_{\text{СӨКГ}} = 0$ тепе-теңдігі сәтінде салыстыру құрылғысының кірістерінде I оның шығысында импульс туындайды (кіріс дабылдың нөлдік деңгейі солай бекітіледі). Триггердің T жекелеген кірісіне берілетін бұл импульс оның шығысында дабылдың пайда болуын тудырады. Триггер бастапқы күйге салыстыру құрылғысының II шығысынан түсетін импульспен қайтарылады. Бұл дабыл өлшенетін U'_x және сызықты өзгермелі кернеудің $U_{\text{глин}}$ теңдігі сәтінде туындайды. Осындай түрде қалыптасқан дабыл i_t $At = U'_x S$ ұзақтықпен (S — түрлену коэффициенті) сұлбаның кірісіне II беріледі, оның екінші кірісіне $I_0 = 1/T_0$ жиілікпен түсетін есептеуіш импульстер генераторынан дабыл $i_{\text{ГСИ}}$ келіп түседі. Сұлбаның шығысында II импульстік дабыл $i_{\text{сч}}$ екі кірісте де импульстер бар болғанда ғана пайда болады, яғни есептік импульстер триггер шығысында дабыл бар болғанда ғана өтеді.

Өткен импульстер саны $N = At/T_0$ (S түрлену коэффициентін ескере отырып) есептеуішпен саналады және аспаптың сандық есептеуіш құрылғысының индикаторында көрінеді. $UX = N/(I_0 S)$ алынған формуласы At интервалдың басталуымен және соңғымен есептік импульстердің пайда болуының сәйкес келмеуінен дискреттілік қателіктерін ескермейді. Бірақ та түрлену коэффициентінің сызықтық емес факторы оданда үлкен қателік енгізеді. Сондықтан да осы сұлба бойынша құрылған вольтметрлер сандық вольтметрлердың жанында біршама аз дәлдікте болып табылады. Кейде мұндай типтегі вольтметрлер қалқандық ретінде орындалады. СӨКГ бар вольтметрлердің кемшіліктеріне сонымен қатар кедергілерді басуға арналған фильтрлерді қолдану қажеттілігі жатады, себебі аспаптар интегрлеуші болып табылмайды.

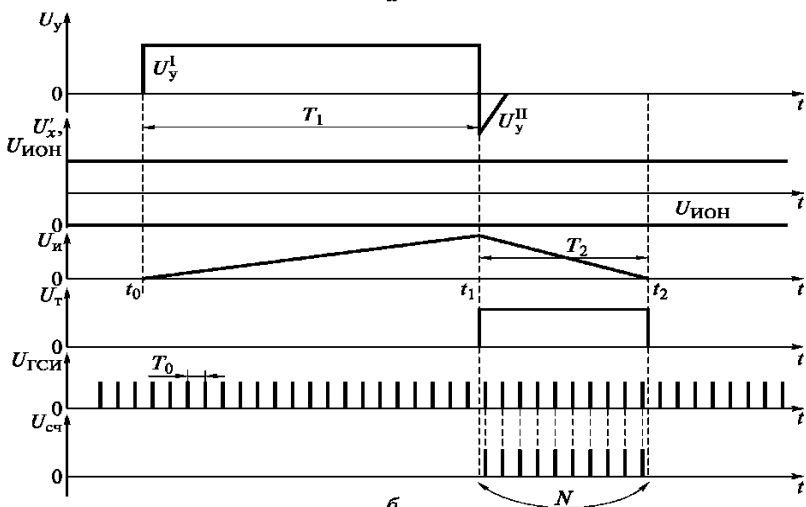
Екі интегрлеуі бар уақыттық импульстік вольтметрлер. Вольтметрдің құрылымдық сұлбасы мен оның жұмысын түсіндіретін уақыттық диаграммалар 14.20-суретте көрсетілген.

Кіріс кернеуді өлшеу тізбегі U_x уақыттың екі кескінінен тұрады: $T = T_1 + T_2$. Өлшеу тізбегінің басында $t = t_0$ болғанда, басқарушы құрылғы калибрленген

ұзақтық импульсін өндіреді $T_1 = T_0 K$, мұнда T_0 — есептік импульстерді қолдану кезеңі; K - есептеуіш сыйымдылығы. Басқарушы импульстің фронтының



а



б

14.20-Сурет. Қос интегрлеуі бар сандық вольтметр:
а - құрылымдық сұлба; б - уақыттық диаграммалар

пайда болуы сәтінде U_Y кілт -1-күйге тұйықталады және кіріс құрылғыдан интеграторға U_X кернеуі келіп түседі, ол өлшенетін кернеуге U_X пропорционалды болады.

Кернеуді U'_x интегрлеу T_1 интервал кезінде жалғасады (интегратордың шығысында өспелі кернеу қалыптасады $и_{и}$), ол аяқталған кезде $t = t_0$ болғанда басқарушы дабыл Uy^1 кілтті 2-күйге ауыстырады және интеграторға үлгілік кернеу көзінен (ҮКК) үлгілік теріс кернеу $и_{үтк}$ беріледі.

Сонымен бір уақытта басқарушы дабыл Uy^1 триггерді аударады. Кернеуді интегрлеу $и_{ион}$ жылдамырақ жүреді, себебі сұлбада $|U_{ион}| > U'_x$ орнатылған. Интегратордың шығысында құлайтын кернеу $и_{и}$, қалыптасады, оған қоса өлшенетін кернеудің U'_x амплитудасы қаншалықты жоғары болса, интегрлеу интервалының ұзақтығы T_2 соншалықты көп болады.

$t = t_2$ уақыт кезінде кернеу $и_{и}$ интегратор шығысында нөлге тең болады және салыстырғыш құрылғы (оның екінші кірісі корпуспен жалғанған) триггерді бастапқы күйіне қатара отырып, оған дабыл береді. Оның шығысында T_2 ұзақтығы бар импульс $и_t$ қалыптасады, ол сұлбаның кірісіне И түседі. Оның екінші кірісіне есептік импульстер генераторынан (ЕИГ) дабыл $и_{гси}$ беріледі. Триггерден түсетін импульс аяқталғаннан кейін өлшеу процессі аяқталады. Есептеуіште, яғни сандық есептеуіш құрылғыда өлшенетін кернеудің деңгейіне UX пропорционалды импульстер саны $M(Ц_{\cdot n})$ жазулы болады:

$$\int_{t_0}^{t_1} U'_x dt - \int_{t_1}^{t_2} U_{ион} dt = 0.$$

Бұл өрнек келесі формулаларға әкеледі:

$$T_1 = T_0 K; \quad T_2 \approx T_0 N; \quad U'_x T_1 = U_{ион} T_2.$$

Екі соңғы формулалардан мынан аламыз:

$$U'_x T_1 = U_{ион} N / K.$$

Алдын ала қатынастардан көргендей, өлшеу нәтижесінің қателігі үлгілік кернеудің бір деңгейіне тәуелді болады (кодтық-импульстік аспаптағы сияқты бірнеше емес). Бірақ мұнда сонымен қатар дискреттілік қателігі де орын алады. Аспаптың артықшылығы жақсы кедергіден қорғанушылық болып табылады, себебі аспап интегрлеуші. Қос интегрлеуі бар аспаптар негізінде СӨКГ бар аспаптарға қарағанда дәлдіктің біршама жоғары санаты бар аспаптар шығарылады.

Дәлдіктің жоғары санатындағы сандық вольтметрлер комбинирленіп жасалады: сұлбаларда косалкы зарядтық тенлестіру

және уақыттық импульстік интегрлеуші түрлендіру әдістері үйлеседі.

Айнымалы токтың көптеген сериялық сандық вольтметрлері айнымалы ток түрлендіргіштерін орташа түзетілген және қолданыстағы мәнді қолдану арқылы жасалады. Және, бұрын аталып өткендей, бұл аспаптардың қасиеттері көбінесе детекторлармен анықталатын болады.

Сандық мультиметрлер. сандық вольтметрінің құрылымдық сұлбасына микропроцессор мен қосымша түрлендіргіштерді қосу оны әмбебап өлшеуіш аспап - мультиметрге айналдыруға мүмкіндік береді.

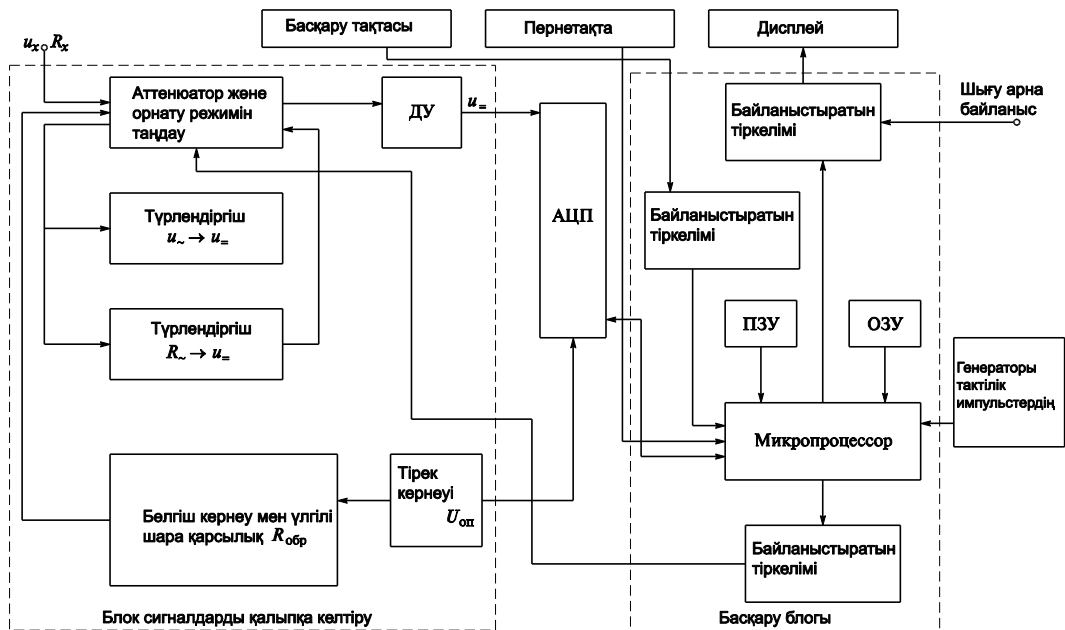
Сандық мультиметрлер тұрақты және айнымалы кернеуді, ток күшін, резисторлардың кедергісін, электрлік тербелістердің жиілігін өлшейді. Осциллографпен бірге пайдалану кезінде мультиметрлер уақыттық интервалдарды өлшеуге мүмкіндік береді (импульстердің мерзімі, ұзақтығы және т.с.с). Вольтметр сұлбасында микропроцессордың болуы қателіктерді автوماتты түрде түзетуді, автокалибрлеуді және істен шығулар диагностикасын іске асыруға мүмкіндік береді.

14.21-суретте мысал ретінде микропроцессоры бар заманауи сандық вольтметр көрсетілген. Вольтметрдің негізгі құрылғылары микропроцессор, ҰСТ, дабылдар мен басқаруды қалпына келтіру блоктары болып табылады.

Дабылдарды қалыпқа келтіру блогы сәйкес түрлендіргіш көмегімен кіріс өлшейтін параметрлерді (тұрақты және айнымалы ток кернеулерін, тұрақты токқа кедергілер және т.с.с) бірегейлендірілген дабылға әкеледі (и_н), ол ҰСТ кірісіне беріледі. Соңғысы әдетте қос интегрлеу әдісі бойынша әрекет етеді. Басқару блогы өлшеудің берілген түрі, ҰСТ, дисплейді басқару үшін жұмыс режимін таңдауды қамтамасыз етеді. Оған қоса, ол өлшеу жүйесінің қажетті конфигурациясын құрады.

Басқару блогының негізі басқалармен регистрлер арқылы байланысқан микропроцессор болып табылады. Микропроцессорды басқару басқару панелінде орналасқан пернетақта көмегімен немесе байланыстың қосатын арнасының стандартты интерфейсі арқылы іске асырылады. Микропроцессордың жұмыс бағдарламасы тұрақ есте сақтау құрылғысында (ТЕК) сақталады және жедел есте сақтау құрылғысы (ЖЕК) көмегімен қамтамасыз етіледі.

Өлшеулер үшін ендірілген жоғары тұрақтылықтағы және тіректі кернеудің прецизиондық резистивтік бөлгіштері, дифференциалдық күшейткіш (ДК) және элементтер қатары (аттенюатор және режимді таңдау құрылғысы, тіректік кернеу блогы (иоп) пайдаланылады. Барлық импульстік және сандық құрылғылар тактілік импульстердің генераторы дабылдармен синхрондалады.



14.21-сурет.. Микропроцессоры бар заманауи сандық вольтметр

14.5. Сандық жиілік өлшегіштер

Сандық жиілік өлшегіштер (СЖ) - ғылымның, техниканың, өнеркәсіптің ең әртүрлі салаларында электрлік дабылдардың жиілікті уақыттық параметрлерін бағалау үшін пайдаланылатын ең кең таралған өлшеу аспаптары. Олар мерзімдік дабылдардың өлшенетін жиіліктерінің ең кең диапазонында жұмыс істейді.

Заманауи СЖ барлық СӨТ ішіндегі ең жоғары метрологиялық сипатқа ие (дәлдік және рұқсат ету қабілеті), олар біршама жоғары жылдам әрекет етуімен, кең функционалдық мүмкіндіктермен, пайдаланудың қарапайымдылығымен, жоғары сенімділікпен ерекшеленеді.

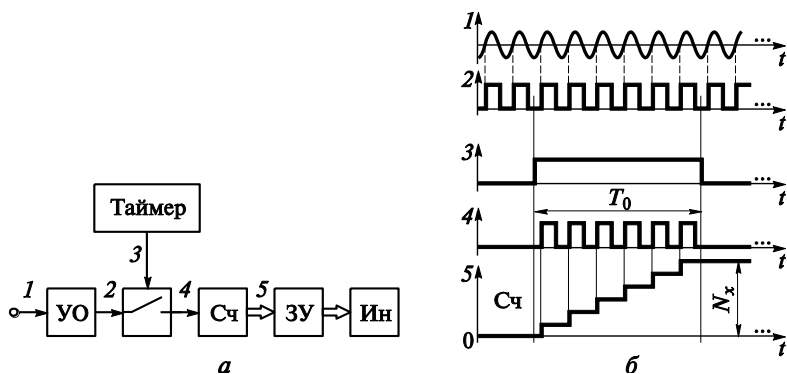
Мерзімдік дабылдарды жиілікті -уақыттық параметрлерін өлшеуден басқа СЖ әртүрлі физикалық шамаларды өлшеу үшін де қолданылады. Ол үшін СЖ қосалқы біріншілік өлшеуіш түрлендіргіштерін қосу қажет, олар жиілігі немесе мерзімі (ұзақтығы) өлшенетін шамаға пропорционалды шығыс дабылдарға ие. Мысалы, СЖ қозғалтқыш білігін айналдыру жылдамдығын немесе құбырдағы сұйықтық шығынын немесе ауа ағыны жылдамдығын өлшеу үшін пайдалануға болады. Сандық жиілік өлшеуіштерді сонымен қатар тұрақты жиілік генераторлары және тұрақты немесе бағдарламаланатын уақыт интервалдарының таймерлері ретінде қолданысқа ие. Оған қоса, СЖ көмегімен импульстер санын санауды ұйымдастыруға болады (оқиғалар саны).

Барлық дерлік СЖ жұмыстың екі негізгі режимін қамтамасыз етеді: жиілік өлшеулер мен мерзім өлшеулері (уақыт интервалының ұзақтығы). Осы режимдердегі СЖ қателіктері мен жұмыс істеу принциптерін, құрылымын қарастырайық.

14.5.1. Жиілікті өлшеу режимі

Жиілікті өлшеу режимін іске асыратын СЖ қарапайым құрылымы 14.22,а - суретте көрсетілген, ал бұл режимдегі жұмыстың уақыттық диаграммалары 14.22, б-суретте көрсетілген.

Зерттелетін мерзімдік дабыл 1 (сәйкесінше диаграмма 1) күшейткіш-шектеуіштің кірісіне беріледі, мұнда бекітілген амплитуданың тік бұрышты импульстерінің 2 реттілігіне түрленеді (диаграмма 2), оның жиілігі кіріс дабылдың жиілігіне f_x тең. Одан әрі бұл дабыл электрондық кілттің кірісіне түседі, оны мерзім сайын уақыттың тұрақты интервалына 3 тұйықтайтын таймер басқарады (диаграмма 3), мысалы $T_0 = 1$ с. Осылайша қалыптасқан импульстер сериясы 4 (диаграмма 4) есептеуіштің кірісіне (С_ч) түседі, оның ішіндегі 5 T_0 интервалының басында нөлге тең,



14.22-Сурет. Жиілікті өлшеу режимі:

a - СЖ жеңілдетілген құрылымы; *б* - жұмыстың уақыттық диаграммалары

шот интервалының соңында келіп түскен импульстер N_x санына тең. Бұл сан кіріс дабылдың өлшенетін жиілігіне f_x тікелей пропорционалды:

$$N_x = \text{Ent} [T_0 / T_x] = \text{Ent} [T_0 f_x],$$

мұнда $\text{Ent} [\dots]$ — $[\dots]$ өрнектің бүтін бөлігін анықтау операторы; T_x — кіріс дабылдың кезеңі $T_x = 1/f_x$; f_x — кіріс дабылдың жиілігі.

Есептеуіштің ішіндегі 5 буферлік есте сақтау құрылғысында сақталады және өлшеудің келесі кезеңі аяқталып және жаңа нәтижені жазғанға дейін сақталады. Бір мезетте нәтиже сандық есептеуіш құрылғы - Индикаторға (Ин) келіп түседі. Егер, мысалы, $T_0 = 1$ с интервалы ішінде есептеуіштің кірісіне 254 импульс түскен болса, онда сәйкесінше кіріс дабылдың жиілігі $f = 254$ Гц. Аспап циклімен жұмыс істейді, яғни әрбір жаңа циклінің басында есептеуіш нөлге түседі. Осылайша, өлшеу нәтижесі мерзім сайын жаңарады. Мерзімнің дабылдың формасы маңызды емес екенін атап өтейік.

Нақты СЖ жиілікті өлшеудің бірнеше диапазондар бар, яғни ұзақтығы бойынша әртүрлі бірнеше тұрақты интервал қалыптасады T_0 (мысалы, $T_{01} = 0,1$ с; $T_{02} = 1,0$ с; $T_{03} = 10$ с). СЖ жиілікті өлшеу режимінде жұмыс істегенде диапазонды дұрыс таңдау маңызды болып табылады, яғни импульстерді санау жүретін интервалды таңдау T_0 . Есептеуішке T_0 интервалында қаншалықты көп импульс N_x түссе (максималдық мүмкіндік шегінде әрине), индикаторда өлшеу нәтижесінің маңызды сандары соншалықты көп болады, сәйкесінше соншалықты жақсы болады.

Жалпы қателік. Жиілікті өлшеу нәтижесінің f_x қателігі екі құраушыдан тұрады: дискреттілік қателігі

A_{F1} ж әне
дәлсіздігімен туындаған қателік
 T_0 .

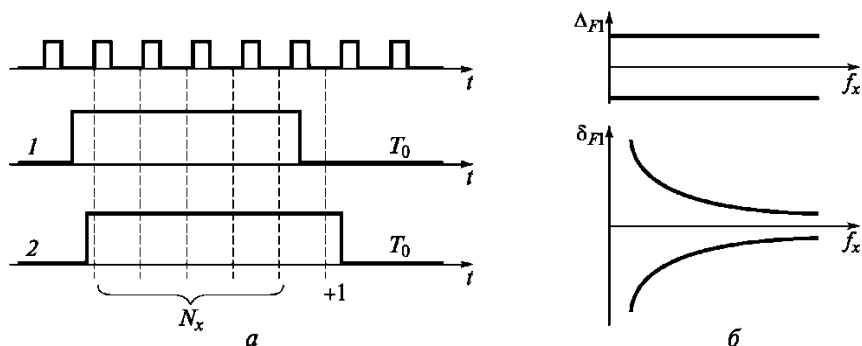
уақыт интервалын берудің

Дискреттілік қателігі Қателік A_{F1} кез келген ұқсас-сандық түрленуде болады. Осы қателіктің туындауы табиғатын қарастырайық. T_0/T_x қатынасы кез келген болуы мүмкін, себебі кіріс дабылының жиілігі әртүрлі мәндердің шексіз көп болуы мүмкін. Жалпы жағдайда T_0/T_x қатынасы - бөлшек сан екені түсінікті. Ал есептеуішпен саналатын N_x импульстер саны тек бүтін болуы мүмкін болғандықтан, осындай автоматты дөңгелету процессінде қателік (дискреттілік қателігі) табиғи түрде және міндетті түрде туындайды.

Бұл қателіктің ықтимал мәнін бағалайық. Интервалдың бірдей тұрақты мәнінде T_0 , уақыт бойынша ықтимал кіріс дабылдың орналасуына және интервалға T_0 , байланысты интервалға T_0 тиесілі импульстер сандары әр жаққа бірлікке ерекшеленуі мүмкін. 14.23, а-суретте мүлдем бірдей бастапқы жағдайлардағы екі әртүрлі жағдайлар көрсетілген (бірдей кіріс жиілік f_x , бірдей интервал T_0): бірінші жағдайда (диаграмма 1) есептеуішке түскен импульстер саны беске тең, ал екінші жағдайда (диаграмма 2) импульстер саны алтыға тең.

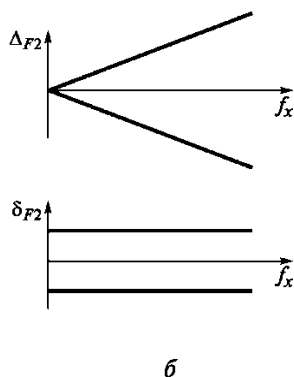
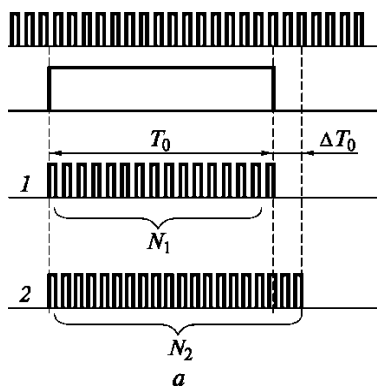
Қателік A_L — кездейсоқ шама, себебі кіріс дабыл мен таймер дабылы жалпы жағдайда өзара мүлдем байланысты емес. Бұл қателіктің максималдық ықтимал мәні өзгермейді және кіші разрядтың бір бірлігін - 1 квантты құрайды:

$$\Delta_{F1} = \pm 1 \text{ импульс} = \pm 1/T_0.$$



14.23-сурет. Жиілікті өлшеу режиміндегі аддитивтік қателік:

а - туындауы; б - абсолюттік және салыстырмалы қателіктер



14.24-Сурет. Жиілікті өлшеу режиміндегі мультипликативтік қателік: а - туындауы; б - абсолюттік және салыстырмалы қателіктер

ОСылайша, $L_{\text{я}}$ — бұл *аддитивтік* қателік, яғни өлшенетін шаманың мәні - жиілікке f_x тәуелді емес (14.23, б-сурет).

Интервалды берудің T_0 , нақты еместігімен туындаған қателік L_{p2} 14.24, а-суретте көрсетілген.

Егер интервалдың ұзақтығы T_0 қатаң түрде атаулы мәнге ие болғанда, онда есептеуішке келіп түскен импульстер саны N_1 тең болар еді (14.24, а-суреттің қараңыз). Егер интервал T_0 , мысалы атаулыдан біршама көп болса, және $T_0 + \Delta T_0$ құраса, онда дәл сол өлшенетін жиілікте f_x есептеуішке біршама көп импульс $N_2 > N_1$ түседі (14.24, а-сурет).

Бұл интервалды берудің дәлсіздігі ΔT_0 мультипликативтік, яғни өлшенетін жиілікті мәнінен сызықты тәуелдінің f_x пайда болуына әкеледі, ол мынан құрайды:

$$\Delta_{F2} = \pm (f_x \Delta T_0 / T_0).$$

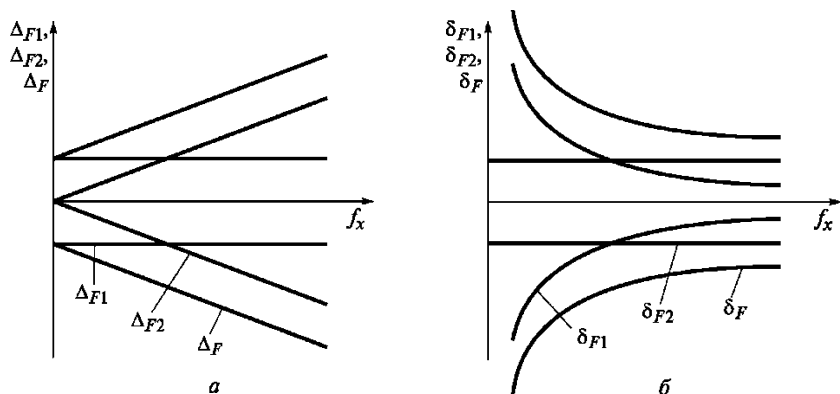
Жиілікті өлшеу нәтижесінің f_x жиынтықты абсолюттік қателігі L_p және жиынтықты салыстырмалы қателік S_F , % сәйкесінше:

$$\Delta_F = \Delta_{F1} + \Delta_{F2} = \pm [(1/T_0) + f_x (\Delta T_0 / T_0)];$$

$$\delta_F = \delta_{F1} + \delta_{F2} = \pm [(1/T_0 f_x) + (\Delta T_0 / T_0)].$$

Жиілікті өлшеу нәтижесінің f_x құраушы және жиынтықты абсолюттік және салыстырмалы қателіктерін келтірудің графиктік иллюстрациясы 14.25-суретте келтірілген.

Бұл режимде өлшенетін жиіліктің мәні аз болған сайын (интервал тұрақты болғанда T_0) салыстырмалы қателік S_F



14.25-Сурет. Жиынтықты абсолюттік (а) және салыстырмалы (б) қателіктер

соншалықты көп болады. Бұл қателікті азайту үшін интервалды T_0 арттыру қажет, бірақ оны өте үлкен ету мақсатты болады. Осылайша, мысалы, $T_0 = 10$ с интервалдың ұзақтығы жұмыс істеу үшін қолайлы емес, себебі әрбір жаңа нәтиженің пайда болуын күтудің біршама уақыты (10 с) операторда наразылық тудыруы мүмкін. Салыстырмалы төмен жиіліктерді өлшеу үшін СЖ екінші режимін пайдалану қолайлырақ: зерттелетін кіріс дабыл мезірімін өлшеу режимі $T_x = 1/f_x$.

Жиілікті өлшеу нәтижесінің қателіктерін анықтаудың мысалын қарайық. $T_0 = 1$ с интервалының мәнін және оның берудің ықтимал қателігін A берейік $T_0 = \pm 2$ мс. Жиілікті өлшеу нәтижесі алынады $f = 1$ кГц. Нәтиженің құрама және жиынтықты қателіктерінің мәнін бағалайық.

Абсолюттік аддитивтік A_{F1} және мультипликативтік A_{F2} қателіктердің мәндері сәйкесінше:

$$\Delta_{F1} = \pm(1/T_0) = \pm 1 \text{ Гц};$$

$$f_x \Delta T_0 / T_0 = \pm(1000 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 1) = \pm 2 \text{ Гц}.$$

Салыстырмалы аддитивтік S_{F1} және мультипликативтік S_{F2} қателіктердің мәндерін қарапайым түрмен анықтаймыз:

$$\delta_{F1} = (\Delta_{F1}/f_x)100 = \pm (1/1000)100 = \pm 0,1\%;$$

$$\delta_{F2} = (\Delta_{F2}/f_x)100 = \pm (2/1000)100 = \pm 0,2\%.$$

Жиілікті f_x өлшеу нәтижесінің жиынтықты абсолюттік A_F және салыстырмалы S_F қателіктері сәйкесінше мынаған тең:

$$\Delta_F = \Delta_{F1} + \Delta_{F2} = \pm 3 \text{ Гц};$$

$$\delta_F = \delta_{F1} + \delta_{F2} = \pm 3\%.$$

14.5.2. Кезеңді өлшеу режимі

Кезеңді өлшеу режимінде СЖ қарапайым құрылымы 14.26, а-суретте, ал уақыттық диаграммалар - 14.26, б суретте келтірілген. Бұл режимде кез келген формадағы кіріс мерзімдік дабыл 1 (сәйкесінше диаграмма 1) мерзімді қалыптаушының (МК) кірісіне беріледі, мұнда бекітілген амплитуданың тік бұрышты дабылына 2 түрленеді (диаграмма 2), оның ұзақтығы T_x кіріс дабылдың кезеңіне тең.

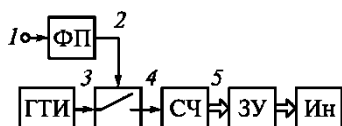
Одан әрі дабыл электрондық кілттің басқарушы кірісіне түседі де, оны T_x уақытқа тұйықтайды. Электрондық кілттің кірісінде - тұрақты белгісіз жиіліктегі F_0 тік бұрышты импульстер бар (диаграмма 3), ол тактілік импульстердің генераторының (ТИГ) шығысынан үнемі түседі. Осылайша, кілттің шығысында тік бұрышты импульстердің сериясы қалыптасады (диаграмма 4), онда импульстер саны N_x ұзақтыққа T_x пропорционалды болады:

$$N_x = \text{Ent} [T_x / T_0] = \text{Ent} [T_x F_0],$$

мұнда $\text{Ent} [\dots]$ — $[\dots]$ өрнектің бүтін бөлігін анықтау операторы; T_0 — тактілік импульстер кезеңі.

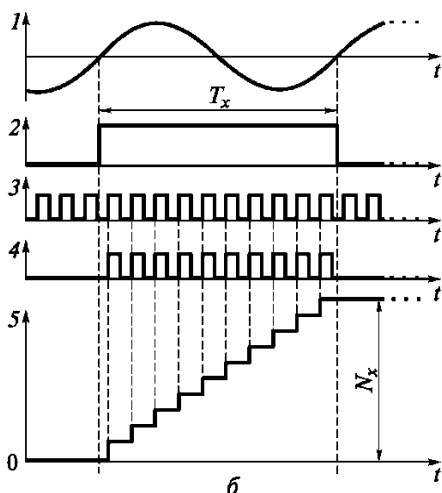
Индикатор (Ин) өлшеу нәтижесін санауға мүмкіндік береді. Егер, мысалы, ТИГ импульстерінің жиілігі $F_0 = 1$ кГц бекітілген болса, ал шот интервалының соңында есептеуіштің ішіндегі (СЧ) $N_x = 1\,520$ тең болса, онда кіріс дабылдың кезеңі, сәйкесінше $T_x = 1,52$ с тең.

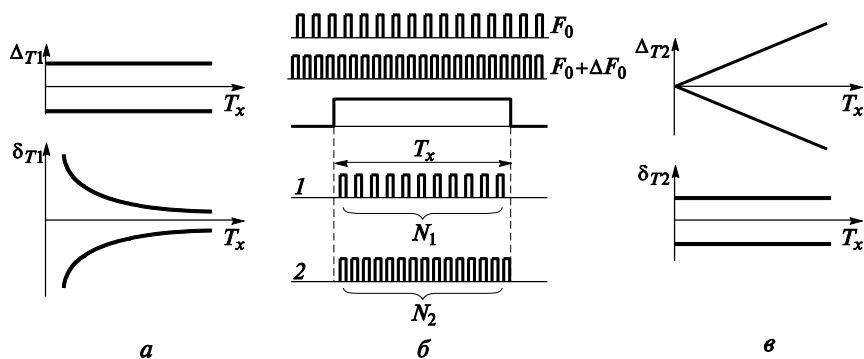
Және бұл режимде СЖ циклмен жұмыс істейді, яғни түрлендіргіштің әрбір жаңа циклінің басында есептеуіш нөлге түседі. Осылайша, өлшеу нәтижесі мерзім сайын жаңарады.



14.26-Сурет. Уақыт мерзімін (интервалын) өлшеу режимдері:

а - СЖ жеңілдетілген құрылымы
б - уақыттық диаграммалар





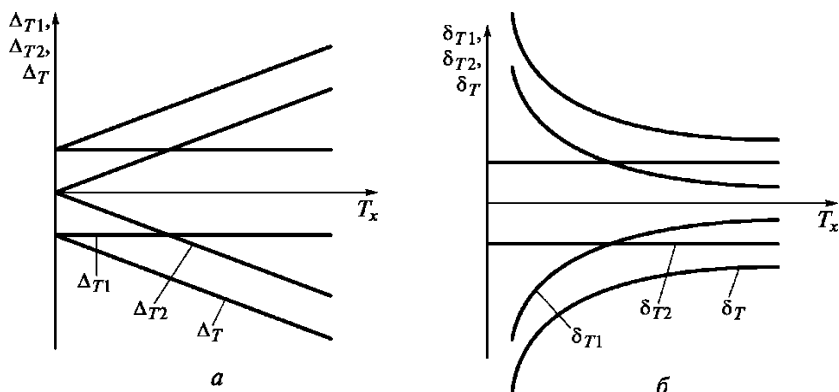
14.27-сурет. Мерзімді өлшеу режиміндегі құраушы қателіктер:

a - аддитивтік құраушы; *б* - екінші құраушының пайда болуы;

в - мультипликативтік құраушы

Қарапайым СТ жоғары жиілікті тұрақты ТИГ мен жиілікті сандық белгішіне ие, оның көмегімен бірнеше әртүрлі тактілік жиіліктер F_0 қалыптасады (мысалы, $F_{01} = 1,0$ кГц; $F_{02} = 10$ кГц; $F_{03} = 100$ кГц; $F_{04} = 1,0$ МГц), бұл кезеңді өлшеудің бірнеше мүмкін диапазондарының барын білдіреді. Сондықтан да өлшеу диапазонын дұрыс таңдау сұрағы маңызды болып табылады, мұнда минималдық қателік қамтамасыз етіледі.

Кезеңді өлшеу нәтижесінің қателігі τ . Уақыт интервалының T_x қателігі, жиілікті өлшеу режиміндегідей екі құраушыдан тұрады: дискреттілік қателігі Δ_{T1} және ТӨГ жиілігі мәндерінің тура еместігімен F_0 туындаған қателік Δ_{T2} . Дискреттілік қателігі Δ_{T1} табиғаты бойынша бірінші режимде қарастырылғанға ұқсас және



14.28-Сурет. Жиынтықты абсолюттік (а) және салыстырмалы (б) қателіктер

аддитивтік қателікті (14.27, *a* сурет) көрсетеді. Қателіктердің екінші құраушысының пайда болуын A_{T2} — 14.27, б-сурет көрсетеді.

Егер ТӨГ дабылының жиілігі қатай түрде атаулыға F_0 , тең болса, онда интервал кезінде T_x есептеуішке келіп түскен импульстердің саны N_x -ке тең болар еді. Егер T_{Γ} дабылының жиілігі, мысалы, атаулыдан біршама үлкен болса және $F_0 + A$ F_0 құраса, онда дәл сол интервалда T_x есептеуішке біршама көп импульс түседі Қателіктің бұл құраушысы мультипликативті болса, яғни оның мәні қаншалықты көп болса, өлшенетін кезеңнің (интервалдың) T ұзақтығы соншалықты көп болады (14.27, а-сурет).

Кезеңді өлшеу нәтижесінің T_x жиынтықты абсолюттік қателігі A_T және жиынтықты салыстырмалы қателік δ_T , %, (14.28-сурет) сәйкесінше:

$$\Delta_T = \Delta_{T1} + \Delta_{T2} = \pm [(1/F_0) + T_x (\Delta F_0 / F_0)];$$

$$\delta_T = \delta_{T1} + \delta_{T2} = \pm [(1/F_0 T_x) + (\Delta F_0 / F_0)].$$

Бақылау сұрақтары

1. Қандай өлшеуіш аспап сандық деп аталады? СӨА қандай әртүрлі түрлері бар?
2. СӨА негізгі жіктелімдік белгілері қандай?
3. СӨА қандай техникалық сипаттамалары олардың мүмкіндіктерін анықтайды?
4. СӨА құрылымдық сұлбасы қандай? Жаймаланатын және бақыланатын СӨА векторлық диаграммасы қалай көрінеді?
5. Операциялық күшейткіш деген не? Оның қосылу сұлбасы мен берілістік сипаттамалары қандай?
6. Компаратордың тағайындалуы және оның берілістік сипаттамалары қандай?
7. Сандық ұқсас түрлендіргіштің сұлбасын келтіріңіз және оның жұмысын түсіндіріңіз.
8. Ұқсас-сандық түрлендіргіштің тағайындалуы қандай? Параллель, реттік және параллель-реттік ҰСТ құрылымдық сұлбалары қандай?
9. Ұқсас электрондық вольтметрлердің құрылымдық сұлбалары қандай? Бұл аспаптардың тағайындалуы мен артықшылықтары қандай?
10. Амплитудалық детекторлардың тағайындалуы қандай? Детекторлар мен олардың тағайындалуы қандай?
11. Детектордың шаршылы вольт-амперлік сипаттамасының аппроксимациясы қалай жүргізіледі?
12. Операциялық күшейткіштерге амплитудалық детектордың сұлбасы қалай іске асырылады?
13. ҰСТ типі бойынша сандық вольтметрлердің қандай түрлері бар? Сандық вольтметрдің құрылымы қандай?
14. Сандық вольтметр шығысындағы кедергілер неден туындайды және қандай тәсілдермен азаяды?

15. Кодтық-импульстік вольтметрдің жұмысын көрсететін сұлба мен графикті түсіндіріңіз.

16. Сызықты өзгермелі кернеу генераторы бар сандық вольтметрдің уақыттық диаграммалары мен құрылымдық сұлбасын түсіндіріңіз.

17. Қос интегрлеуі бар сандық вольтметрдің уақыттық диаграммасы мен сұлбасын түсіндіріңіз.

18. Микропроцессоры бар сандық вольтметр қалай жұмыс істейді?

19. Жиілік пен мерзімді өлшеу режимдерінде сандық жиілік өлшеуіш қалай жұмыс істейді?

20. Сандық жиілік өлшеуіштердің жұмысы кезінде қандай қателіктер туындайды?

Өлшеу нәтижелерін визуалдық көрсету, шығару және тіркеу құралдары

15.1 Өлшеу нәтижелерін визуалдық көрсету, шығару және тіркеу құралдары

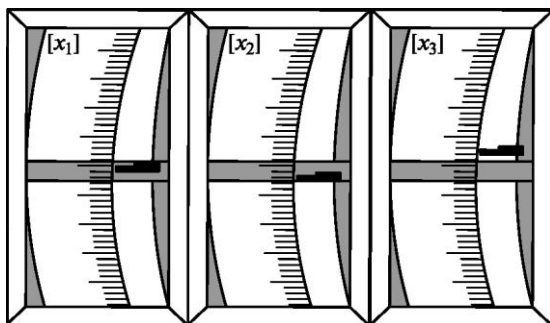
Баяу өзгеретін шамаларды өлшеу нәтижелерін көрсету. Баяу өзгеретін аналогтық мәндердің өлшенген мәндерін көрсетудің дәстүрлі құралы көрсеткішпен тірек өлшеуіші болып табылады. Тікелей есептейтін өлшеу құралдарының (өлшеу құралдары) көрсеткіштері мен өлшеуіштер түрлерінің мысалдары 15.1. кестеде келтірілген.

Параллакс қатесін азайту айна өлшеуіші арқылы қамтамасыз етіледі. Көрсеткіштердің жақсы көрінуі протекторлы тік (сурет 15.1) және көлденең (15.2-сурет) таразылармен жасалады. Индекс бойынша белгі өлшенген мән мәндерінің дрейфін қадағалауға мүмкіндік береді. Өлшеулердің рұқсат етілген

15.1-кесте.

Көрсеткіш аспаптардың шкалалары мен көрсеткіштерінің кейбір түрлері

Көрсеткіш	Шкала	Аспаптың үлгісі
Бағдар	Сызықты, доға тәріздес және т.б. белгілері бар шкала	Магниттік электрлік аспап
Жарық нүктесі немесе жарық дағы	Мөлдір шыныдан жасалған белгілері бар өлшеуіш	Айналы гальванометр; жарық сәулелі осциллограф
Бекітілген сызықшалар мен жылжымалы «терезе»	Жылжымалы өлшеуіштер, соның ішінде белгілерінің проекциялануымен	Жылжымалы өлшеуіші бар құрал
Өлшеуіштің шекті белгісі	Белгілері бар айналмалы өлшеуіш	Микрометрлік бұранда
Жылжымалы сұйықтық менискі	Өлшеуі бар капиллярлық түтік	Сынапты термометр, манометрлік түтікше
Сұйықтық беті	Жылжымалы өлшеуіш	Ареометр

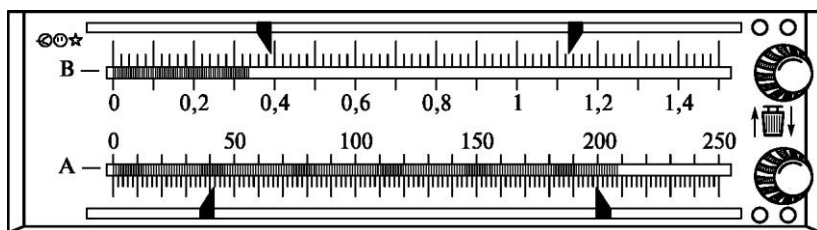


15.1-сурет. Кескінді тік өлшеуіш

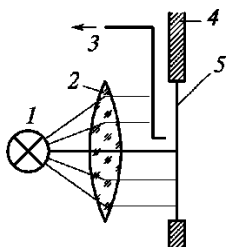
лимитін көрсететін белгілер болуы мүмкін, мысалы, жарық шығаратын диодтың көмегімен жаңа өлшеуіштер әзірленді (15.2-сурет); олардың шешімі 1% -ға жетеді. Белгіленген өлшеуіштерімен қатар олардың өлшенген мәндерін көрсететін дабыл шамдары бар аналогтары бар. Өлшеу нысанының жай-күйін көрсететін мнемоникалық тақталарды сұйықтық деңгейін өлшеу мысалынан жақсы көруге болады (15.3-сурет). Резервуар жылтыраған шыны терезе түрінде жарықтандырылған кескін арқылы көрсетіледі (5) және сұйықтық деңгейі жылжымалы экранның (3) ұстанымымен көрсетіледі.

Өлшеу нәтижелерінің көрнекі дисплейі өлшенген шамалардың берілген (мысалы, шекаралық) мәндеріне сәйкес өлшеуіштің белгілі бір нүктелерінде қалыптасатын акустикалық немесе жарық дабылдарымен бірге болуы мүмкін.

Заманауи өлшеу технологиясы жиі бөлінген нысандардың параметрлері мен сипаттамаларының дистанциялық өлшемдерімен байланысты. Бұл нақты нәтижелерді шешуді, соның ішінде - өлшеу нәтижелерін беру және оларды қайта өңдеу ортасының әсерінен



15.2-сурет. Көрсеткіштер ретінде жарық шығаратын диодтарды қолданатын өлшеуіштер

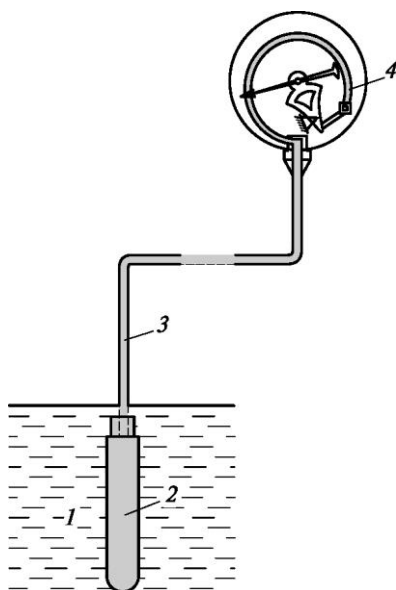


15.3-сурет Резервуардағы
сұйықтық деңгейін бақылауын
мнеманикалық тақталар
құрылғысы:

1 — жарық көзі; 2 — конденсор; 3 —
жылжымалы экран; 4 — қабырға; 5 - терезе

15.4-сурет Серіппелі түтікті
манометр көмегімен
тесператураны қашықтан
өлшеуге арналған құрылғы:

1 — өлшеу ортасы; 2 — сынапты термометр;
3 — капиллярлы түтік; 4 — серіппелі түтікті
манометр

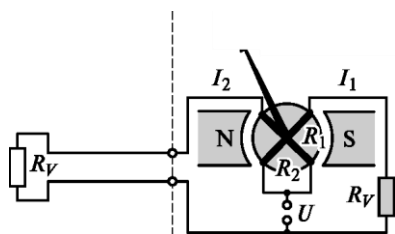


туындаған өлшеу қателіктерін азайтуды талап етеді. Бұл үшін электрлік, оптикалық және аз дәрежеде пневматикалық дабылдар пайдаланылады, олар кейінгі деректерді өңдеуді, оларды тіркеу мен көрсетуді қамтамасыз етеді.

Кейбір жағдайларда механикалық және гидравликалық энергия өлшеу нәтижелерін қашықтан тарату үшін қолданылады; бұл ең алдымен жұмыс істеудің тиісті қағидаларын дәстүрлі өлшеу техникасына, деңгейлік өлшегіштерге, тахометрлерге, манометрлерге және басқаларға тән. Гидравликалық дабыл тарату үлгісі болып тетіктері сынап термометрден жасалған, серіппелі түтікті маномермен қашықтан өлшеу болып табылады (15.4 сурет). Сынап бағанының биіктігіндегі өзгерістер, өлшенген температураның ауытқуына пропорционалды, манометрге жеткізілген капиллярлық түтіктегі қысымды өзгертуге әкеледі.

Пневматикалық дабылдарды көрсету құрылғысы — манометр болып табылады.

Деректерді салыстырмалы аздаған қашықтыққа беру үшін тұрақты ток дабылдары қолданылады; оларды көрсету үшін атақты электрөлшеуіш құрылғылар қажет.



15.5-Сурет. Логометр көмегімен температураны қашықтан өлшеу сызбасы

нақты түріне қарай бағаланады.

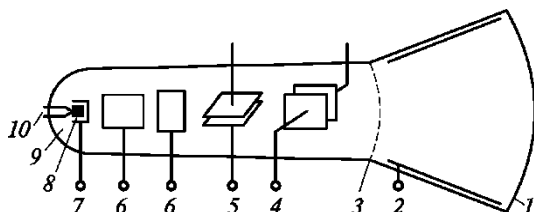
Өлшеу нәтижелері қашықтан берілсе, қабылдау жағындағы оптикалық дабылдар электр дабылдарына айналады.

Алайда, іс жүзінде, осы мақсаттар үшін қосымша түрлендіргіштер (күшейткіштер, түзеткіштер) және өлшегіш құрылғылар пайдаланылады, олар белгілі бір қосымшаларға арналған көрсететін құрылғылармен біріктіріледі.

15.5 суретте тетігі қарсылық термометрі болатын гометр арқылы температураны қашықтан есептеу сызбасы келтірілген. Осындай өлшеулерге арналған логометр өлшеуіші қашықтықтың

15.1. Уақыт бойынша жылдам өзгеретін шамаларды визуалдық көрсету

Уақыт бойынша жылдам өзгеретін шамалардың визуалдық бейнесі Ауыспалы өлшемдердің көрнекі көрсетудің маңызды құралы болып 15.6 суретте сызбалы көрсетілген негізі электронды-сәулелі түтік болатын эмбебап электронды-сәулелі осциллограф табылады. Жылыту катодымен 8 сәулеленетін электрондар басқару электроды 7 (жарықты реттеу үшін арналған, оның әрекеті шам торына ұқсас) және түтікті анод 6 (электрондарды тездету үшін және ағынды реттеуге арналған) арқылы өтіп, оның жарыктануын қамтамасыз ететін ішінде заты бар шыны ыдысқы люминисцентті экранға 1 түседі.



15.6-сурет. 15.6. сурет Электронды-сәулелі түтіктің сызбалы

1 — люминисцентті экран; 2 — екінші анод; 3 — тор; 4, 5 — бақылау тақталарының жұптары (тиісінше, сәулелің тік және көлденең ақаулары); 6 — түтікті анод; 7 — басқару электроды; 8 — қыздырылған катод; 9 — шыны ыдыс; 10 — жарқыл жібі

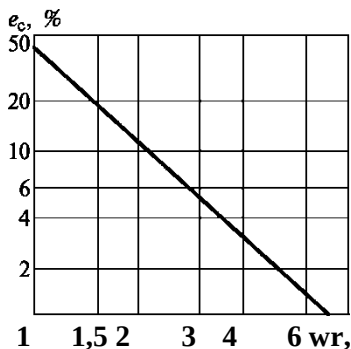
Түтікте электрондардың ағымы өтетін 4 және 5 басқару тақталарының екі жұбы бар. Тақтайлар 5 көлденең орналасқан. Оларға келтірілген өлшенетін ауыспалы қысым экранда тұзу тік сызық ретінде жарыктануды болдыратын, электрондар ағынының тік ауытқуының электрлі өрісін туындаттырады. Уақыт функциясынан есептелу дабылының кескінін алу үшін уақтылы тұрақты жылдамдықпен өзгеріп отыратын (сызықтық заң бойынша) тік ауытқулы тақталарға 4 сәуле бұрғылау тәрізді кернеумен түседі. Тік ауытқу пластиналарында кернеу болмаған кезде тік орам болғанда сәуле экранда тік сызықты «сызып тастайды».

Екі ауытқыған тақтайларда кернеулер болмаған кезде, сәуле стационарлық күйде қалады және экранның ортасындағы нүктені айқындайды. Дабылдың полярлығының өзгерісі ЭЛТ экранына қатысты сәуленің көлденең ығысуын тудырады. Ауытқыған тіліктерден кейінгі электрондардың қосымша тездеуі 2 екінші анодты қамтамасыз етеді, тілікке тормен кері әсер төмендейді. Екі координатты өс бойынша ауытқулардың сезгіштігі ЭЛТ-ның құрылымдық орындалуынан және оның электрлік параметрлеріне байланысты болады.

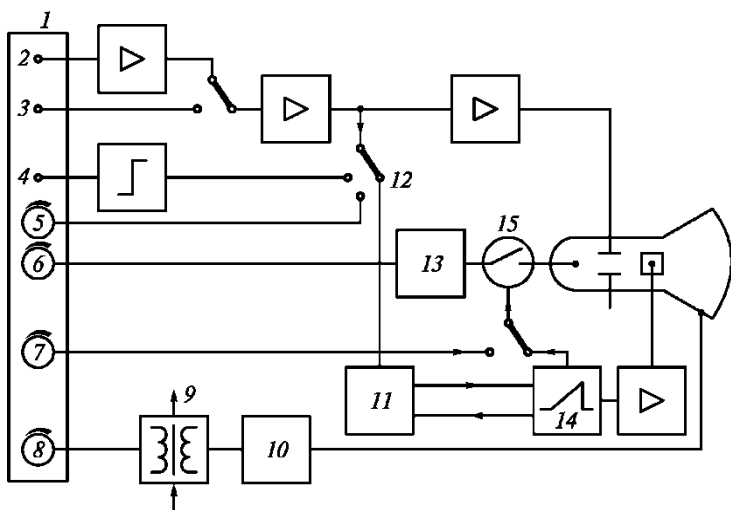
Сонымен қатар, бір жағынан, кескінінің жеткілікті жарықтығы мен екінші жағынан қажетті сезімталдық, кең жолақты және нақтылық арасында ымырысу болуы керек. Мысалы, жиілік диапазонының кеңеюі ЭЛТ сезімталдығының төмендеуіне әкеледі.

ЭЛТ кернеуі жолағына осциллографтың сипатының артуы T_n уақыты тәуелді болғандықтан, жолақ осциллограф импульсті дабылдың өлшеу қателігін анықтайды. Берілген кешенді қателікке есептелетін импульстың $T_{имп}/T_n$ қалыпты ұзақтығына тәуелді ес кестесі 15.7. суретте көрсетілген

Электронды-сәулелік осциллографтың жеңілдетілген диаграммасы 15.8. суретте көрсетілген. Есептелетін кернеу (3 кіру) күшейтілгеннен кейін тік ауытқулы тілікке беріледі, ал ең төмен деңгейлерде (2 кіру) қосымша алдын-ала күшейтулерге беріледі. Блок 11 өлшенетін кернеудің бастапқы кезеңінен бастап көлденең жылжыту генераторының үндесуін жүзеге асырады. Сұлбада көрсетілген



15.7-сурет Импульсті өлшеулердің кешенді ауытқуларының қалыптандырылған әрекетке тәуелділігінің кестесі



15.8-Сурет. Әмбебап электронды-сәулелі осциллографтың қысқартылған сызбасы:

1 — басқару элементтері; 2, 3 — өлшеу дабылдыарының кірістері; 4 — сыртқы үндестіру дабылының кірісі; 5 — қолмен іске қосу батырмасы; 6 — жарық үлгісінің реттеуіш дабылы; 7 — сәулені сөндіру түймесі; 8 — кернеу реттегіші; 9 — кернеу қорегі; 10 — жоғары кернеу блогы; 11 — ішкі үндестіру дабылының блогы; 12 — үндесу тәртібін қосқыш; 13 — жарық модуляторы; 14 — кдденен аралық генераторы; 15 — сәулені сөндіру кілті

(15.8. суретті қараңыз) 12 қосқыштың үндесуі ішкі болып табылады (жеке блоктардың 11 дабылы бойынша). Үйлестіру сыртқы болуы мүмкін - 4 кірген сыртқы генератордың жиілігімен немесе 5 түймешігін басу арқылы (суретті түсіру кезінде қолмен іске қосу әдетте қолданылады) 1.

Өлшенген сигнал қарама-қарсылық бағытында емес, «ығысып кетпеуін» қамтамасыз ету үшін, шаңтастың артқы кернеуі төмендеген кезде, электронды ағынынды сөндіретін теріс импульс ЭЛТ-дің басқару электродына қолданылады. Бұл импульс сорғылардың 14-генераторымен жасалады. Жарықты 7 батырмасын

⁴ Үндестіру кернеу жиілігінің арақатынасының тұрақтылығы үшін қажет - сығу және өлшенген; әйтпесе, кескін экран бойымен жылжиды, бұл байқау мен өлшеуді қиындатады. Ауыстыру үздіксіз және күтілімді болады. Зерттелетін импульстардың үлкен жұмыс кезеңі кезінде күту кестесінің күңгірттеу кестесі импульстің басталу сәтінде доға тәрізді кернеудің қалыптасуына әкелетін кескіннің тазалығын қамтамасыз ету үшін енгізілген.

басу арқылы қолмен өшіруге болады (15.8 суретте катодты және ЭЛТ басқару электроды біріктіріледі).

Жарықтылық модуляторы 13 шығаратын ауыспалы кернеу катодқа қолданылады және электронды сәуле тотығын және люминесценция жарықтығын реттейді, осылайша экранда байқалатын ЭЛТ қисық сызығының тиісті нүктелерінде байқалады. Ауыспалы кернеу жиілігі белгілі бір уақыт аралығына сәйкес келеді. Белгіленген уақыт аралығына көбейтілген экранда байқалған өлшенген дабыл қисықтарының бөліктерінің саны осы дабылдың ұзақтығын анықтауға мүмкіндік береді. Блок 13 сондай-ақ белгі генераторы немесе уақыт ауқымы деп те аталады.

Егер кіріс 2-ге ұқсас алдын ала сүзгіші 3 кірісіне қосылса және күшейткіштердің екеуі де автоматты түрде ауысса, онда осциллоскоп екі арналыға айналады және 2 және 3 кіріс зерттелетін дабылдарымен берілуі мүмкін. Екі арналы осциллографтарда, тік бұрылыс тіліктері мен екі электронды сәуленің сәйкес жұп санына ие екі сәулелі ЭЛТ пайдаланылуы мүмкін.

Бірыңғай жылдам үдерістерді өлшеу және көрсету үшін, мамандандырылған осциллографтар ЭЛТ өңделген (ұзақ уақыт өткеннен кейін). Осындай осциллоскоптардың әртүрлілігі - бұл кескінді көрнекіліксіз құрылғылар- ЭЛТ мақсатындағы ықтимал жеңілдету түрінде дабылды тіркеу. Содан кейін бұл дабыл төмен жылдамдықта саналады.

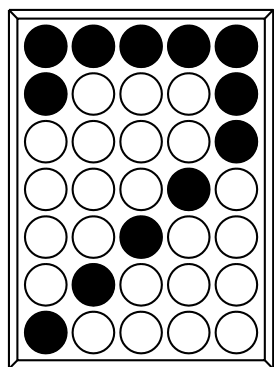
Қайталанатын жылдам ағымды үдерістерді өлшеу және көрсету үшін стробоскопиялық осциллограф қарастырылған.

15.2. Сандық мәліметтерді көрсету

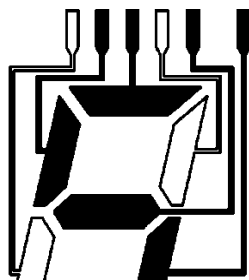
Соңғы сандық мәндер түріндегі сандық дабылдар түрлі сандық көрсеткіштермен көрнекі түрде көрсетіледі. Механикалық және электромеханикалық есептегіштерде сандар салынған есептегіш дөңгелектер (дискілер, барабандар) индикатор ретінде қызмет етеді; дөңгелектің ережесі көрсетілген нөмірдің сол немесе басқа санына сәйкес келеді.

15.9-суретте сандық мозаикалық индикатор көрсетілген. Онда декодер арқылы басқарылатын шамдардың матрицасы бар. Сол сияқты дәстүрлі шамдармен жарықтандырылған жеті білікті индикаторлар да әрекет етеді (15.10 сурет).

Шамды сандық құрылғыларда санды беретін анодтың электронды-сәулелі жаарықтандырғыштары бар декадты есептеу шамдары кеңінен қолданылады. Вакуумдық индикаторлардың тағы бір түрі-

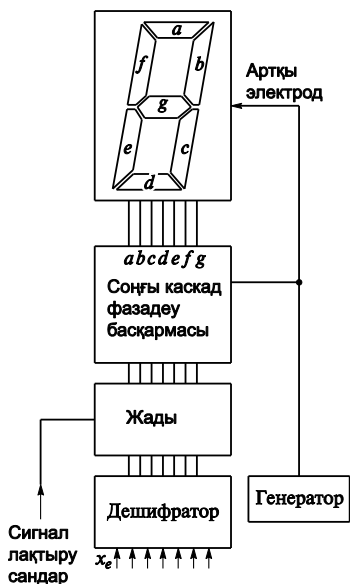


15.9-сурет. Сандық мозаикалық индикатор



15.10-сурет. Сандық жеті бөлікті индикатор

Кернеу қолданылатын катодтар жарықтандырылады. Анод пен катод арасындағы кернеу салыстырмалы түрде жоғары болуы тиіс, бұл осындай индикаторлардың жетіспеушілігі. Қазіргі заманғы сандық көрсеткіштер электрокатты денелерде және сұйық кристалдарда, катодлюминесценцияда және басқаларында жасалады.



15.9 және 15.10 суреттерде көрсетілген индикаторлары жарық диодты және сұйық кристалдардың көмегімен күшкінен нұсқада шығарылады.

Жарық диодты жарықтандырғыш жартылай өткізгіш материалға байланысты түрлі түсті жарық шығаруы мүмкін.

Олардың жарықтығын кернеуді өзгерту арқылы түзетуге болады.

Шекті энергия тұтыну шамамен 10 мВт / см².

Электрлік өрісінің әсерінен кейбір органикалық –

15.11. сурет. Сұйық кристалдардағы сегменттік индикатордың басқару схемасы

қосылыстардың оптикалық қасиеттерінің өзгеруіне негізделген сұйық кристалдардағы тұтыну көрсеткіштерінің аздығына негізделген ең аз индикаторлар қолданылады. Мұндай көрсеткіштер пассивті болып табылады; шағылысқан жарықта жұмыс істейді және жарық өзі шығармайды.

Сұйық кристалл - қатты дененің аралық фазасында орналасқан (қатты кристалдың оптикалық қасиеттеріне ие болғанда) және изотроптық өтімділікті беретін зат. Сұйық кристалдардың бірнеше мың түрі бар.

Индикатордағы сұйық кристалл екі шыны тіліктер арасында 10 мкм бос орынға орналастырылады. Тіліктер электродтар жасайтын электрөткізгішті қабатпен жабылған. Айнымалы ток кернеуі электродтарға қарай берілгенде, затқа байланысты, сыну индексі немесе поляризация коэффициенті өзгереді. Сұйық кристалдардағы индикаторлар төмен кернеуде аз қуат тұтынғандықтан, олар интегралды сызбаларда кеңінен қолданылады.

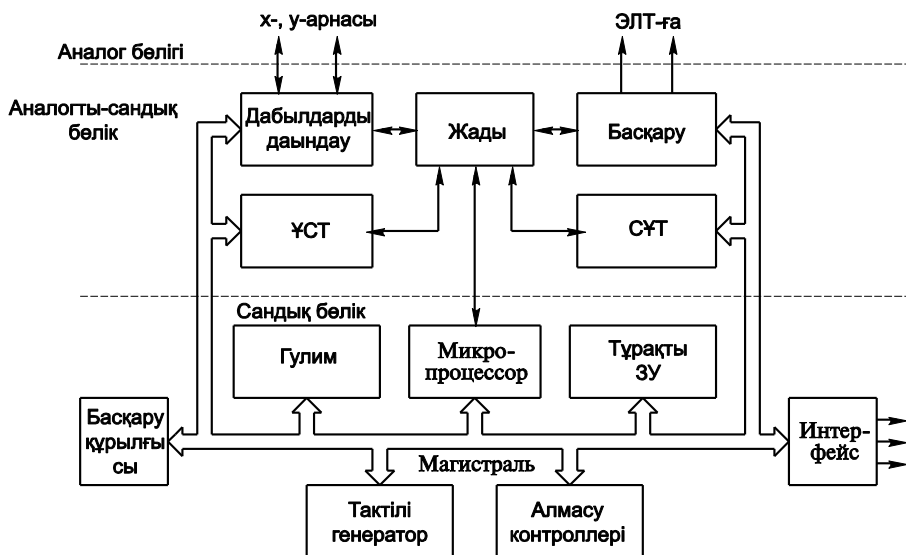
Сұйық кристалдардағы бөліктік индикатордың басқару сызбасы 15.11 суретте көрсетілген. Мұндай индикаторлардың кемшіліктері жұмыс температурасының шектеулі ауқымы, төмен жарықтығы және контраст болып табылады

15.3. Осциллограф көмегімен сандық түрде ұсынылған дискреттік дабылдардың суреті

Біріншіден, олар осциллографтар экранында тиісті нөмірлер түрінде көрсетілуі мүмкін. Ол үшін кірістірілген цифрлық деректерге сәйкес координаттардың екеуінде де сәуленің бұрылуын бақылайтын таңбалар генераторы бар қосымша техникалық құралдар қолданылады.

Екіншіден, сандық дабылдар дискреттік мәндерді санау теоремасының талаптарына сәйкес алынған жағдайда алдын ала сандық-аналогты түрлендірулерден кейін осциллографты енгізуіне жеткізілуі мүмкін. Төменгі сатылы сүзгіні қадамдарды тегістеу үшін ЦАП шығу кезінде орнату қажет.

Соңғы жылдары сандық осциллографтар, тез әрекет ететін АЦП бар, жады және ЦАП бар әмбебап осциллографтар жасалған (15.12 сурет). Өлшенген сигналдар жадыда жинақталған және өңделетін АЦП арқылы кодталады. Өңделген деректер сақталады және сандық-цифрлық түрлендіру ЭЛТ экранында көрсетіледі. Бұл қағида сіз көрсеткен кезде өлшенген дабылдардың уақытша өлшеуішін ұлғайтуға және - арзан ЭЛТ-ды пайдалануға мүмкіндік береді.



15.12. сурет Сандық осциллографтың функционалды сызбасы (өңдеу бөлігі)

Мәселен, 20 МГц кіріс дабылдарын және 8-биттік АЦП жиілігін таңдау жиілігінде жадтан деректерді таңдау жиілігі 2 МГц-ге дейін шектелуі мүмкін.

Цифрлық осциллографтар уақыт ішінде үнемі өзгеретін үдерістерді ғана емес, сондай-ақ мерзімді түрде оларды «жадыдан» шығарып немесе оған транзит аймағын бөлетінін жадыда сақтауға мүмкіндік береді.

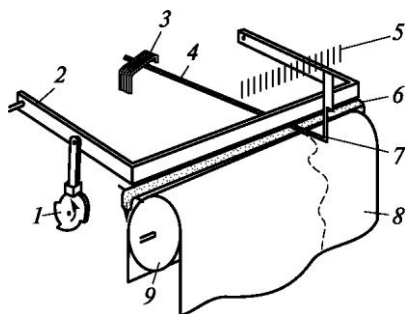
15.5 Аналогтық электр шамаларын графикалық тіркеу үшін техникалық құралдар

Бұл мақсат үшін өзін-өзі жазу құрылғылары мен осциллографтар қолданылады.

Үздіксіз (сызықтық) және нүктеге ұқсас жазбалар бар жазғыштар бар. Өлшеу механизмі үшін нүктелік диаграмма жазу құрылғысының дизайны (құлаған садакпен) 15.13-суретте көрсетілген. Магнитоэлектрлік өлшеуіш механизмінің 4 көрсеткіші 3 құлаған доға 2 әрекетімен мезгіл-мезгіл (қысқа мерзім ішінде) нүктелік проекция арқылы 7 автоматты түрде қозғалатын диаграмма қағазының үстінде орналасқан сия лентасына 6 басылады. Сонымен қатар, қағазда, нүктелер өлшенген мөлшердегі

15.13 сурет. Құлаған доғасы бар жазғыш құрылымының сызбасы:

1 — айналмалы жұдырықша; 2 — құлаған доға; 3 — магнитэлектрлі өлшеу механизмі; 4 — бағыт; 5 — өлшеуіш; 6 — бояғыш лента; 7 — үшкір шығарылым; 8 — диаграмма қағазы; 9 — айналмалы валик

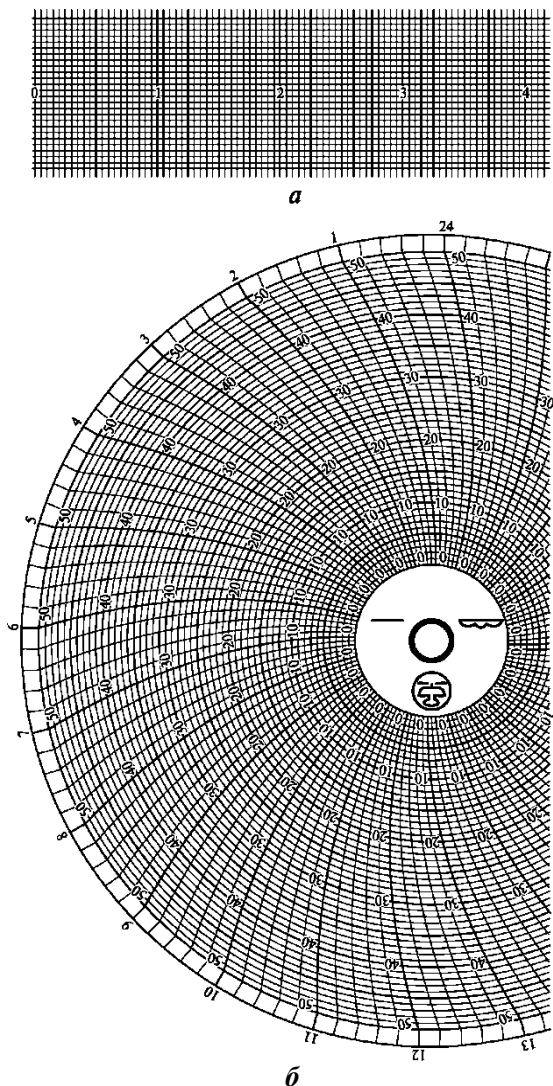


уақыттың өзгеруіне сәйкес көрсеткі ауытқуларын белгілейді. Доға құлауының кезеңділігі және көрсеткішінің қысымы айналдыратын шұңқырмен белгіленеді 1. Жазу нүктелерінің аралығы диаграмма қағазының жылдамдығын орнату арқылы анықталады, ол әртүрлі болуы мүмкін, мысалы, 1-ден 60 сек. Тіркеу қағидасы жоғары сезімтал өлшеу механизмдерін пайдалануға мүмкіндік береді. Мұндай тіркеуіштер көп арналы жазба үшін жасалады, онда көптеген түсті тас лентасы өлшеу нүктесін (арна) ауыстырып автоматты түрде ауысады және әр қисық өз түсімен жазылады.

Өлшеу механизмі мен үзіліссіз жазу құрылғысы бар тіркеуіштері көрсеткі капиллярлы қаламмен жабдықталған, ол диаграмма қағазына үнемі басылады. Қалам құтыдан сиямен беріледі. Жол жазбасының ұзындығы 4500 м-ге жетуі мүмкін және қағаз қозғалысы жылдамдығы 20-дан 3,600 мм / сағ дейін болады

Тіркеу механизмінің барабанындағы қағаз диаграммасының таспаларынан басқа, жазба дөңгелек диаграмма таспаларында орындалады (15.14-сурет). Диаграмма таспада қағаздың бағытына перпендикулярлы сызықтары тік бұрышты тор көрінеді, құралдың көлемді бөлімдеріне сәйкес келеді және осы бағытта параллель сызықтар уақытша өлшеуішті құрайды. Дөңгелек диаграммадағы таспаларда тор полярлық координаттарда қолданылады. Әрине, жазғыш тіркелу диаграммасын осы немесе басқа түріне бейімдейді. Қағазды үнемдеу тұрақты электр қозғалтқышымен жүзеге асырылады. Жылдамдықты кезеңді түрде ауыстыруға болады. Жылдам магнитофондар қозғалыстағы қағаз жылдамдығы 1 м-ден 50 м / с-қа дейін, жылдамдығы 1 м / с-тан кем емес. Осылайша, суретте көрсетілген дөңгелек диаграмма парағы. 15.14 суретте көрсетілгендей, $b 360^{\circ} / 24$ сағат айналу жылдамдығына арналған, бұл ең төмен жылдамдық шегі емес.

¹ Мұндай тіркеуіштер кейде тіркеуіштің сезімталдығын арттыратын күшейткіштерді өлшейді.



15.14 сурет . Өзін-өзі жазу құрылғысында қолданылатын диаграмма қағаздарының үлгілері:

a — диаграмма таспасы; *б* - дөңгелек диаграмма таспасы

$x_e = f(y)$ пішінінің тәуелділіктерін автоматты түрде тіркеу үшін, y - басқа мәннің функциясы, координаталық жазғыштар қолданылады. Мұндай жазу құрылғысы жазбаша органды басқаратын және стационарлы қағаздың беті бойынша x_e және y кіріс дабылдарына сәйкес

жылжытатын екі өтемақы өлшеу жүйесімен жабдықталған. Жазу органының қозғалыс жылдамдығы 0,2 м / с. Егер $y=f(t)$ және жазғышта қағаз таспаны жылжыту мүмкіндігі болса, онда үшінші координат уақытын тіркеуге болады, яғни, функциясы $y=f(t)$.

Жоғарыда аталған жазғыштардың көмегімен қарапайым қағазда функционалдық шамалардың графиктерін тіркеумен қатар, қағазда осциллографтар - электронды сәуле және жарық сәулесі арқылы жазуы мүмкін.

Электронды-сәулелі осциллографтардың көптеген түрлері ЭЛТ экранынан суреттерді суретке түсіруге арналған тіркемелермен жабдықталған. Жарық сәулесі осциллографтың негізні - бұл кездейсоқ гальванометр құрайды (ток немесе кернеу өлшенген жағдайда - магнитті электр тетігі және қуатты өлшеу үшін электродинамикалық механизм). Жақтау гальванометрі бір-жиіктелген рамамен магнитті электр тетігі түрінде жасалған болса, онда мұндай осциллограф цикл деп аталады. Ол салыстырмалы төмен сезгіштігімен және үлкен кіріс тоғымен (кадрдың толық ауытқуы үшін 50 мА дейін) сипатталады және жылдам үдерістердің (тербелістердің табиғи жиілігі 15 кГц жетеді) жазу мүмкіндігін береді. Механизмнің жоғарғы бөлігі (кадр) фото сезгіш қағаздағы күшкіне көздің нұрын көрсететін айнамен жабдықталған.

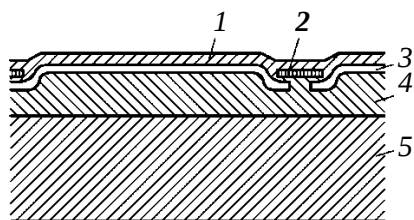
15.6. Өлшеудің сандық мәліметтерін тіркеу

Сандық деректерді ккрнекі тіркеу үшін түрлі баспа және перфораторларды қолданады.

Басып шығару сандық шығу арқылы өлшеу құралдарына қосылған электрлендірілген жазу машинкалары бойынша дәйекті түрде орындалуы мүмкін. Олардың жылдамдығы аз (2 ... 3 таңба / с). Компьютерден ақпаратты шығару құралы ретінде әзірленген мамандандырылған машинкалардың жылдамдығы 30 таңба / с жетеді. Сандық дөңгелектер жиынтығымен (25 жолға дейін немесе 3-ке дейін 103 нүкте / с) қалыптасатын баспа барабанымен сызықтық баспа құрылғылары жылдамырақ болады. Байланыс арналары бойынша берілетін деректерді тіркеу үшін телетиптер қолданылады. Олардың жылдамдығы шамамен 10 таңба / с.

Осы жылдарда дәйекті әрекеттердің әшекейлі баспа құрылғылары кеңінен таралған. Олардағы таңбалар мозаика индикаторындағы белгілерді қалыптастыру қағидасы бойынша таңдалады (15.9-суретті қараңыз), бірақ электрондық басқару блогынан дабылдарға сәйкес электромагнетиктермен бақыланатын басып шығару инелерінің растры түрінде басылады.

15.15 сурет . Термосезімтал қағазға электротермиялық матрицаның басып шығару қағидасы:



1 — беттік жабу; 2 — Басып шығару механизмінің соғу бөлігімен қыздыру элементтері; 3 — байланыс қабаты; 4 — әйнек қабат; 5 — алюминий оксиді бар негіз

Механикалық қағидаттармен қатар, техникалық құжаттардың арнайы түрлеріне физикалық немесе химиялық әсерге қатысты өлшем нәтижелерін жазудың кейбір қағидалары қолданылады. Мұндай кернеусіз баспа құрылғылары электротермиялық матрицаны қамтиды; Олардың әрекет қағидасы 15.15 суретте көрсетілген. Осындай баспа құралдарында жылу сезгіш қағазы қолданылады, оның ішінде 5 алюминий тотығы бар. Шыны қабаты 4 оқшауланған қабатпен жабылған, оның үстіне байланыс қабаты 3 қолданылады, алюминий тотығы қабаты қорғаныш рөлін атқарады. Басып шығару механизмінде 0,3 мм х 0,3 мм немесе бірнеше бөліктердің қыздыру элементтерінің матрицасы бар. Қағаз электронды блокта пайда болатын қыздыру элементтері жылу әсерінен қозғалса, тиісті белгі пайда болады. Жазылған ақпарат бұрын жазғыш құрылғыларының функцияларын орындайтын, бірақ оны әріптер мен сандар түрінде көрнекі түрде көрсетпейтін жады құрылғыларында сақталуы мүмкін.

Бақылау сұрақтары

1. Тікелей есеппен өлшеу құралдарында қандай өлшеуіштер мен көрсеткіштер пайдаланылады?
2. Қандай әдіспен көрсеткіштерді есептеу қателігін азайтуға болады?
3. Өлшеу нәтижелерін қашықтан тарату үшін қандай әдістер бар?
4. Осциллографтың электронды-сәулелі түтігі қалай орналасқан және ол қалай қызмет атқарады?
5. Электронды-сәулелі осциллограф көмегімен кернеуді қалай есептеуге болады?
6. Осциллографпен импульсті дабылдауды өлшеу қателіктері немен анықталады?
7. Сандық дабылдар сандық анықтағыш арқылы қалай көрінеді? Сұйық кристалдардағы сандық көрсеткіштер қалай бақыланады??
8. Сандық осциллографтар көмегімен дискретті дабылдар қалай көрсетіледі?

1. Аналоговые электроизмерительные приборы : учеб. пособие / [Е.Г.Би-шард, Е. А. Киселева, Г.П. Лебедев и др.] — М. : Высш. шк., 1991.
2. *Белый Д.М.* Новые направления аналоговых измерительных электроизмерительных приборов / Д.М. Белый. — М. : Информприбор, 1988.
3. *Драхсел Р.* Основы электроизмерительной техники / Р.Драхсел ; пер. с нем. В. Ю. Кончаловского. — М. : Энергоиздат, 1982.
4. Измерение электрических и неэлектрических величин : учеб. пособие / [Н. Н.Евстихиев, Я.А. Купершмидт, В.Ф.Популовский и др.] ; под ред. Н. Н.Евстихиева. — М. : Энергоатомиздат, 1990.
5. *Кравцов А. В.* Электрические измерения / А.В.Кравцов. — М. : Агро-промиздат, 1988.
6. *Крылова Г.Д.* Основы стандартизации, сертификации, метрологии: учебник / Г.Д.Крылова. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
7. *Лившиц И.М.* Основы стандартизации, метрологии, сертификации: учебник / И.М.Лившиц. — М. : Юрайт-М, 2001.
8. *Мейзда Ф.* Электронные измерительные приборы и методы измерений / Ф. Мейзда ; пер. с англ. — М. : Мир, 1990.
9. Методы электрических измерений : учеб. пособие / [Л.А.Журавин, М.А. Мариненко, Е.И.Семенов, Э. И. Цветков] ; под ред. Э. И. Цветкова. — Л. : Энергоатомиздат, 1990.
10. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: учебник / [В. И. Нефедов, В.И.Хахин, Е. В.Федорова и др.] ; под ред. В. И. Нефедова. — М. : Высш. шк., 2001.
11. Основы метрологии. Ч. 1 : учеб. пособие / [Ю. А. Богомолов, Т.М.Полховская, М.Н.Филиппов и др.]. — М. : МИСИС, 2000.
12. *Панфилов В.А.* Электрические измерения : учебник / В. А. Панфилов. — М. : Издательский центр «Академия», 2004.
13. *Певзнер Г. С.* Агрегатирование в электроприборостроении / Г. С. Певзнер, Э.И.Цветков, М.Б.Подиков. — М. : Энергия, 1981.
14. *Раннев Г. Г.* Методы и средства измерений : учебник / Г. Г. Раннев, А. П.Тарасенко. — 2-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2004.
15. *Сергеев А.Г.* Метрология / А. Г. Сергеев, В. В. Крохин. — М. : Логос, 2000.
16. *Тартаковский Д. Ф.* Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник / Д. Ф.Тартаковский, А. С. Ястребов. — М. : Высш. шк., 2001.
17. *Харт Х.* Введение в измерительную технику / Х. Харт ; пер. с нем. — М. : Мир, 1999.

18. *Хоффман Д.* Техника измерений и обеспечение качества : справочная книга / Д.Хоффман ; пер. с нем. ; под ред. Л. М. Закса, С. С. Кивилиса. — М. : Энергоатомиздат, 1983.

19. *Шишмарев В.Ю.* Технический контроль в приборостроении : учеб. пособие / В.Ю. Шишмарев. — М. : МГАТУ, 1996.

20. *Шишмарев В.Ю.* Электрорадиоизмерения : учебник / В.Ю.Шишмарев, В.И.Шанин. — М. : Издательский центр «Академия», 2004.

21. Метрология. Основные термины и определения РМГ 29—99. — М. : Изд-во стандартов, 2000.

22. Государственная система стандартизации. Сборник стандартов ГОСТ Р 1.0—92, ГОСТ Р 1.4—93, ГОСТ Р 1.5—92, ПР 50.1.001—93. — М. : Изд- во стандартов, 1994.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....	3
1 Тарау. Өндірістік аспаптар мен автоматтандыру құралдарының мемлекеттік жүйесі.....	8
1.1. Құрылымның тағайындалуы мен принциптері.....	8
1.2. Құрылымы.....	11
1.3. Ақпараттық байланыстар.....	13
1.4. Өлшеуіш түрлендіргіштер.....	14
1.5. Басқарушы және түзетуші элементтер.....	16
1.6. Атқарушы механизмдер мен реттеуші органдар.....	17
1.7. Агрегаттау - заманауи электрлік өлшегіш аппаратураларды құруға жүйелік бағыттың негізі.....	18
1.8. Электрлік өлшеуіш техника құралдарының агрегаттық кешенінің құрылымы мен құрамы.....	20
2 Тарау. Физикалық шамалар мен олардың бірліктері.....	32
2.1. Физикалық шамалар мен бірліктердің түрлері.....	32
2.2. Физикалық шамалардың бірлік жүйелері.....	32
2.2.1. СГС жүйесі.....	33
2.2.2. МКГСС жүйесі.....	34
2.2.3. МТС жүйесі.....	35
2.2.4. Электрлік бірліктердің абсолюттік практикалық жүйесі.....	36
2.2.5. МКСА жүйесі.....	36
2.2.6. Жүйеден тыс бірліктер.....	37
2.2.7. Салыстырмалы және логарифмдік шамалар мен бірліктер....	38
2.1. Физикалық шамалар бірлігінің халықаралық жүйесі.....	39
2.1. ӨЖ негізгі бірліктерінің мазмұнын анықтау.....	41
3 Тарау. Өлшеу құралдары туралы жалпы мәліметтер.....	47
3.1. Өлшеу құралдарының жіктелімі.....	47
3.2. Физикалық шамалардың бірлігін тудыру жүйесі.....	53
3.3. Ресейдің эталондық базасы.....	54
3.4. Өлшем бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік жүйесі.....	58
4 Тарау. Өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттары және оларды нормалау.....	62
4.1. Өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттарын таңдау мен нормалаудың принциптері.....	62

4.2. Өлшеу нәтижелерін анықтау үшін тағайындалған метрологиялық сипаттар.....	65
4.3. Өлшеу құралдарының қателіктерінің метрологиялық сипаттамалары.....	66
4.4. Өлшеу құралдарының динамикалық сипаттарын нормалау.....	68
4.5. Өлшеу құралдарының дәлдік санаттары.....	70
4.6. Өлшеу құралдарының метрологиялық сенімділігі.....	73
5 Тарау. Ұқсас өлшеу аспаптарының жалпы сипаттамалары	79
5.1. Ұқсас өлшеу аспаптарының жіктелімі.....	79
5.2. Ұқсас біріншілік өлшеуіштік түрлендіргіштер.....	82
5.2.1. Механикалық біріншілік түрлендіргіштер.....	82
5.2.2. Пневматикалық біріншілік түрлендіргіштер.....	85
5.2.3. Оптикалық біріншілік түрлендіргіштер.....	86
5.2.4. Электрлік біріншілік түрлендіргіштер.....	87
5.2.5. Ұқсас көрсеткіш аспаптар.....	96
5.2.6. Ұқсас тіркеуші аспаптар.....	96
6 Тарау. Электрлік емес шамаларды өлшеу құралдары	99
6.1. Электрлік емес шамаларды өлшеудің жалпы сұрақтары.....	99
6.2. Өлшеуіштік түрлендіргіштердің жалпы қасиеттері мен жіктелімі...	101
6.3. Электрмагниттік өлшеуіштік түрлендіргіштер.....	103
Жылулық өлшеуіштік түрлендіргіштер.....	110
7 Тарау. Уақытты өлшеу құралдары	116
Уақытты өлшеу облыстары.....	116
7.2. Уақыт шамалары, бірліктері және эталондары.....	117
Уақытты өлшеу жүйелері.....	118
7.3.1. Тербеліс принципіне негізделген уақыт шамалары.....	118
7.3.2. Тербелмелі жүйесі бар уақыт шамалары.....	118
7.3.3. Тербелмелі жүйесі жоқ уақыт шамалары.....	121
7.4. Уақытты өлшеуге арналған аспаптар.....	122
7.4.1. Уақытты өлшеуге арналған механикалық аспаптар.....	122
7.4.2. Жеке меншік механикалық шамасы бар механикалық сағаттар.....	123
7.4.3. Уақытты өлшеуге арналған электрлік аспаптар.....	125
8 Тарау. Геометриялық шамаларды өлшеу құралдары	127
8.1. Жалпы мәліметтер.....	127
8.2. Ұзындықты өлшеудің механикалық құралдары.....	128
8.3. Ұзындықты өлшеудің оптикалық-механикалық құралдары.....	133
8.4. Бұрыштарды өлшеудің құралдары мен әдістері.....	135
8.5. Белсенді бақылау аспаптары.....	136
8.6. Сызықтық өлшеулерге арналған пневматикалық аспаптар.....	142
8.7. Индуктивтік аспаптар.....	144
8.8. Сыйымдылықты аспаптар.....	147
8.9. Геометриялық сипаттамаларды бақылау үшін техникалық көруді қолдану.....	149

8.9.1. Техникалық көру жүйесімен жабдықталған ақпараттық-өлшеу жүйелерінің ерекшеліктері.....	150
8.9.2. Ақпаратты өлшеу жүйелерінің жұмысшы және ретке келтіруші кешендері.....	153
9 Тарау. Механикалық шамаларды өлшеу құралдары	156
9.1. Жалпы ережелер.....	156
9.2. Механикалық шамалар, бірліктер және эталондар.....	157
9.3. Механикалық шамаларды өлшеу принциптері.....	158
9.4. Салмақ, күш және қысымды өлшеу жүйелері.....	159
9.4.1. Салмақ түрлендіргіштері.....	159
9.4.2. Күш түрлендіргіштері.....	162
9.4.3. Қысым түрлендіргіштері.....	163
9.5. Салмақ, күш және қысымды өлшеуге арналған аспаптар.....	166
9.5.1. Иіңтіректі таразылар.....	166
9.5.2. Радиоизотоптық таразылар.....	168
9.5.3. Серіппелі және поршенді таразылар.....	168
9.5.4. Электрондық таразылар.....	169
9.5.5. Сауда таразылары.....	171
9.5.6. Айналмалы моменттерді өлшеу.....	173
9.6. Бұрыштық жылдамдықтарды өлшеу.....	177
9.7. Шығыс пен деңгейді өлшеу.....	178
9.7.1. Сұйықтықтар мен газдардың шығыны.....	178
9.7.2. Сұйықтық деңгейлерін өлшеу.....	179
9.7.3. Себілмелі материалдардың деңгейін өлшеу.....	181
10 Тарау. Жылулық шамаларды өлшеу құралдары	183
10.1. Жалпы мәліметтер.....	183
10.2. Жылулық шамалар, оладың бірліктері мен жүргізу тәсілдері.....	184
10.3. Температураны өлшеу.....	187
10.3.1. Жалпы мәліметтер.....	187
10.3.2. Температураны өлшеу құралдарының әрекет ету принциптері.....	189
11 Тарау. Температураны өлшеу құралдары	191
11.1. Халықаралық температуралық шкала.....	191
11.2. Температураны өлшеуге арналған аспаптар сұлбалары.....	194
11.2.1. Механикалық контактілік термометрлер.....	194
11.2.2. Кеңеюдің металлды термометрлер.....	195
11.2.3. Сұйықтықты шыны термометрлер.....	196
11.3. Контактілік әдістер мен температураны өлшеу құралдары.....	197
11.3.1. Кедергі термометрлері.....	199
11.3.2. Термобулар.....	203
11.3.3. Термисторлар.....	207
11.3.4. Интегралды жартылай өткізгіш тетіктер.....	208
11.3.5. Температураның әртүрлі тетіктерін салыстыру.....	209
11.3.6. Сандық термометр.....	210

11.3.7. Температураның контактілік өлшемдерінің ерекшеліктері..	211
11.4. Температураны өлшеудің контактісіз әдістері мен құралдары.....	213
11.4.1. Оптикалық сәулелену.....	214
11.4.2. ИҚ-термометрдің құрылымы.....	215
12 Тарау. Электрлік шамаларды өлшеу құралдары	218
12.1. Жалпы мәліметтер.....	218
12.2. Электрлік өлшеуіш аспаптар мен жүйелер.....	220
12.2.1. Электр механикалық өлшеуіш аспаптар.....	220
12.2.2. Термоэлектрлік өлшеуіш аспаптар.....	225
13 Тарау. Тікелей әрекет ететін электр механикалық өлшеуіш аспаптар	229
13.1. Тікелей әрекет ететін аспаптардың теория негіздері мен құрылымдары.....	229
13.2. Магниттік электрлік приборлар.....	234
13.3. Магниттік электрлік гальванометрлер.....	238
13.4. Түрлендіргіштері бар магниттік электрлік аспаптар.....	241
13.5. Электромагниттік аспаптар.....	245
13.6. Электр динамикалық және ферродинамикалық аспаптар.....	248
13.7. Электр статикалық аспаптар.....	256
13.8. Индукциялық аспаптар.....	258
14 Тарау. Сандық және электрондық өлшеуіш аспаптар мен түрлендіргіштер	264
14.1. Сандық аспаптардың жіктелуі.....	264
14.2. Сандық ұқсас және ұқсас сандық түрлендіргіштер.....	267
14.3. Ұқсас электрондық вольтметрлер.....	274
14.4. Сандық вольтметрлер.....	281
14.5. Сандық жиілік өлшегіштер.....	292
14.5.1. Жиілікті өлшеу режимі.....	292
14.5.2. Кезеңді өлшеу режимі.....	297
15 Тарау. Өлшеу нәтижелерін визуалдық көрсету, шығару және тіркеу құралдары	301
15.1.Баяу өзгеретін шамаларды өлшеу нәтижелерін көрсету.....	301
15.2.Уақыт бойынша жылдам өзгеретін шамалардың визуалдық бейнесі.....	304
Сандық мәліметтерді көрсету.....	307
15.4. Осциллограф көмегімен сандық түрде ұсынылған дискреттік дабылдардың суреті.....	309
15.5 Ұқсас электрлік шамаларды графикалық тіркеуге арналған техникалық құралдар.....	310
15.6. Өлшеудің сандық мәліметтерін тіркеу.....	313
Әдебиеттер тізімі.....	315