

## АҚПАРАТТЫҚ ӨЛШЕУШ ТЕХНИКА

### №1 – дәріс. Өлшеу процестері және өлшеуіш құралдар

Дәрістің мазмұны:

1. Энергетиканың маңызы және энергетикалық есептеудің мәселелері.
2. Ақпараттық өлшеуіш техника деген не? Оның қамтитын бағыттары.
3. Өлшеу процестері: өлшейтін электрлік шама, өлшеу әдістері, қателігі және өлшеу нәтижесі.
4. Өлшеуіш құралдар, аспаптар және түрленгіш датчиктер.

Дәрістің мақсаты: ақпараттық өлшеуіш техникасының қамтитын бағыттарын игеру және меңгеру.

Энергетика шаруашылығы көп өндірістік кәсіпорындарының негізгі жүйесі болып саналады. Себебі, энергетиканың арқасында энергетикалық күрделі процестер және өндірістік технологиялық түрлендірулер жасалады. Энергетиканың басты және негізгі міндеті - кәсіпорындарды, түрлі шаруашылықтарды және мекемелерді, жеке тұрғындарды, оқу және ғылыми институттарын электр энергиясымен қамтамасыздандыру болып саналады. Сондықтан да энергетикалық есептеудің келесі мәселелерге мәні зор:

- энергоресурстарды шығындау мен өзіндік нарқын анықтау;
- кәсіпорын ішінде шаруашылық есеп жүргізу;
- шығындалған энергия үшін сыртқы мекемелермен есеп айырысу;
- энергетикалық бақылау мен энергетикалық баланс құру.

Энергоресурстарды есептеуге және санауға қажетті ақпараттарды алу үшін түрлі-түрлі әдістер мен тәсілдер, түрленгіштер мен құрылғылар қолданылады. Соның ішінде басты тәсіл болып электр параметрлерінің шамасын өлшеу болып саналады. Тек қана соларды өлшеу нәтижесінде энергоресурстарды есептеу, не бақылау және басқару үшін керекті ақпараттарды аламыз.

Өлшеу – физикалық құбылыстар мен процестердің шамалары туралы сандық ақпарат алудағы негізгі тәсіл. Жаңа машина және апаратты жасағанда, не қиын технологиялық өндірістік процестерді жүргізгенде көп физикалық шаманы өлшеуге тура келеді. Бұған көбісіне бейэлектрлік шамалар жатады, олар механикалық, жылулық, химиялық, оптикалық және акустикалық болып бөлінеді. Кәзіргі кезде бейэлектрлік шамаларды түрлендіру және өлшеу үшін электрлік әдістер мен тәсілдер, аспаптар мен құралдар көп қолданады. Себебі, олардың қолдануда келесі ерекшеліктері және оңтайлықтары бар:

1. Олардың сезімталдығын (чувствительность), не өлшеу ауқымын (диапазон) оңай өзгертуге болады.
2. Жиілік ауқымы кең болғандықтан олардың инерциясы аз болады.
3. Алыстан өлшеу, бірден көп не әртүрлі шамаларды өлшеу, топтастыру не орталықтан оңай басқару.

«Ақпарат» деп, мағынасы адамға түсінікті және қабылдайтын құрылғы оқи алатын бағыттағы нақты хабарды айтады. Автоматтандыру техникасында бұл шамалардың нақты мәні туралы әрі жеке процестердің сипаттамалары

туралы хабар болады. Ақпарат жүйе ішінде дереу өңделу немесе есте сақтау құрылғысына алдын ала ендірілу қажеттілігіне қарай әртүрлі тасығыштар мен ақпаратты бейнелеу құралдары пайданылады. Ақпаратты беру және өңдеу үшін электр сигналдары қолданылады. Әртүрлі басқару құрылғылары мен есептеу техникасында ақпаратты сигналды түрлендіру арқылы өңдейді.

Ақпараттық өлшеу жүйелерінің (система) құрамына келесі блоктар мен құрылғылар жатады:

- ақпаратты алу мақсатында түрлендіргіш (датчиктер);
- күшейту, түрлендіру (преобразование) мен кодтау үшін күшейткіштер мен түрленгіштер, өлшеу құрылғылары мен құралдары;
- бағдарламалық немесе алгоритмдік математикалық және логикалық (қисындық) құрылғылар;
- автоматтық басқару, өзіндік бақылау, диагностика, коммутация құрылғылары.

Сонымен, ақпараттық өлшеу жүйелеріне (АӨЖ) тұтынушыға керекті ақпаратын қамтамасыз етіп отыратын, функционалды түрде ақпараттық арнаға біріктірілген, метрологиялық параметрлері алдын-ала анықталған өлшеу құралдары мен қосымша техникалық құралдар жатады. Демек, энергообъектілердің жұмыстық параметрлері әр уақытта бақыланып және керекті шамада сақталынып отыру керек. Сонымен, бақылау және энергообъектілерді басқару процестерін орындау тек қана ақпараттық өлшеу жүйелерінің негізгі міндеті болып саналады.

Өлшеуіш ақпарат – өлшейтін объект және өлшеу процесстері туралы өлшеу арқылы алынған дербес хабар. Алғашқы ақпараттың негізінде өлшеу процесі орын алады.

Өлшеу – зерттейтін параметрдің мөлшерін табудағы метрологиялық оператордың жұмысы. Бұл параметрлерді физикалық шама (ФШ) деп атайды.

Өлшейтін шама бір – біріне сәйкес келетін әдістер мен өлшеуіш құралдардың арқасында өлшем бірлігімен (ӨБ) салыстырылады. Өлшем бірлігі халықаралық келісіммен әр физикалық шамаға тұрақты өлшемде белгіленген және оның сандық мәні бірге тең. Физикалық шаманы өлшегенде соған сәйкес өлшем бірлігімен салыстырамыз. Өлшенген ФШ ның өлшем бірлігіндегі үлесін, не одан қанша есе аз не көп екенін білу үшін милли, микро, кило, мега және т.б. деген қосымша жұрнақ қолданылады.

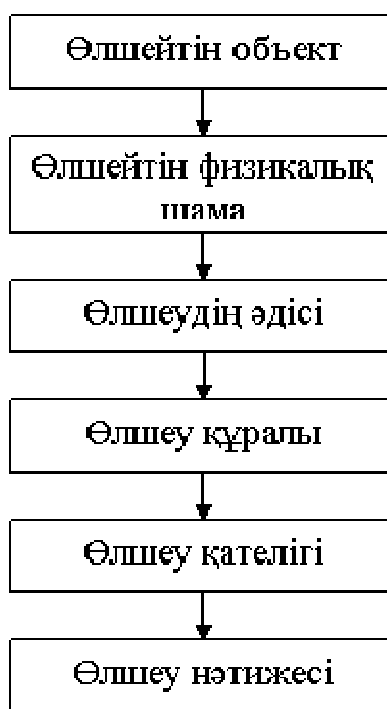
Өлшеу процесінің ғылыми негізі болып метрология саналады. Метрология – өлшеу туралы ғылым, оның техникасы және өлшеуіш құралдарды қолдану, онан кейін, өлшемдердің біркелкілігін ұйымдастырып, заң жүзінде сақтау.

ҚР «Өлшемдердің біркелкілігі туралы» заңы өлшеу процестердің сапалылығын көздейді: оның тұрақтылығын және әр өлшеу нәтижесі бір біріне сәйкес келуін сақтайды. Сонымен, өлшеу процестердің басқы әдістері және тәсілдері. метрологиялық жұмыстың іргесін қалайды. Әдетте, метрологиялық жұмыс халықаралық түрде стандартталған. Ол үшін мынандай ұйымдар бар:

МКТИ – техникалық өлшеуден халықаралық конференция; МОЗМ – заңды метрологиядан халықаралық ұйым. Осы ұйымдардың кепілдемелерінің қоятын басты мақсаты: өлшеу нәтижелері өлшем бірлігімен белгілену керек және өлшеу қателіктерінің мәні де көрсетілуі керек.

Ақпараттық өлшеу техникасы метрологияның тәжірибелік және қолданбалы түріне жатады. Ақпараттық өлшеу техникасының (АӨТ) басты міндеті болып өлшеуді жүргізу және оны бағалау, өлшеудің тәсілдері мен құралдарын практикалық қолдану болып саналады. АӨТ екі топқа бөлінеді: бірінші, жұмыстық (өндірістік) өлшеу техникасы, екінші, үлгілі (нақты, лабораториялық) өлшеу техникасы. Сөйтіп, ақпараттық өлшеу техникасы өлшеу процесіне қатысты барлық теориялық және тәжірибелік мәселелерді тегіс қамтиды.

Өлшеу процесі оператормен (бақылаушымен) келесі функциялық сұлбамен жүргізіледі.



### 1.1 Сурет. Өлшеу процессінің функциялық сұлбасы

Көрсетілген әрекеттердің (операциялардың) неге керек екенін және неге жататынын көрсетейік.

Өлшейтін объект – электростанция, қосалқы станция, таралу құралғылары, генераторлар (өндіргіш), қозғалтқыштар (двигательдер).

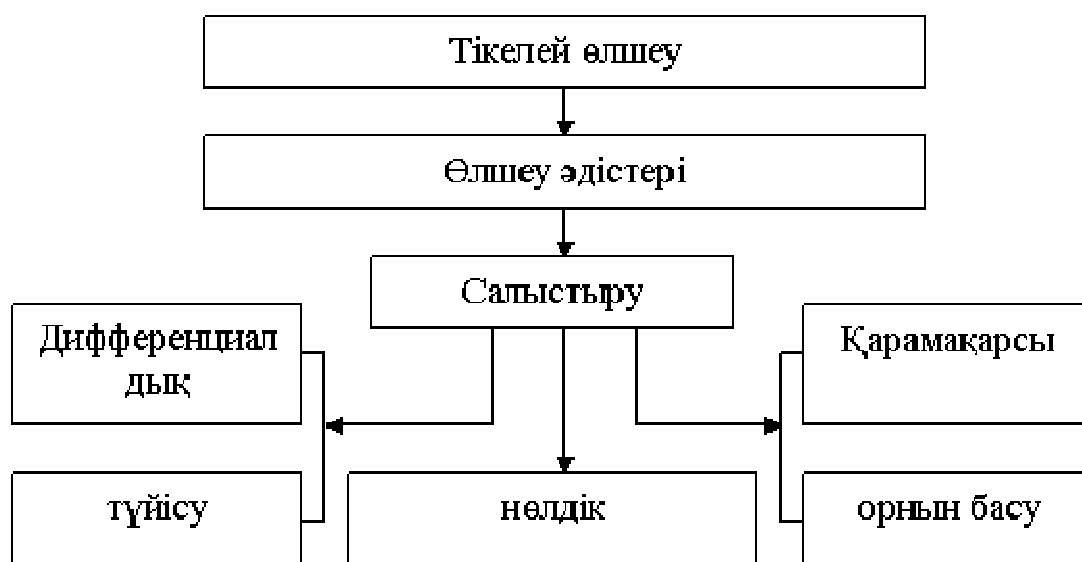
Өлшенетін физикалық шама – электр тоғы, кернеу, қуат, электр энергиясының шығыны, жиілік.

Өлшеудің әдісі – белгілі кепілдеме жүзінде, қолдану тәжірибесіне және оператордың тәжірибесіне сәйкес алынады.

Өлшеу құралы – қолданылатын әдіске байланысты, құралдың табылуына және өлшеу жағдайына сәйкес алынады.

Өлшеу қателігі – теориялық және тәжірибелік есептеу әдістеріне байланысты.

Өлшеу нәтижесі – халықаралық стандарттармен салыстырылады. ФШ өлшеу кең ауқымда (диапазон) өзгереді. Мысалы, энергетика объектілеріне кездесетін электр кедергісі Омның мыңнан бір бөлігінен тераОмға дейін өзгеруі мүмкін. Ең көп тараған өлшеу әдісі – тікелей өлшеу әдісі болып табылады. Келесі суретте өлшеу әдістері көрсетілген.



## 1.2 Сурет – Өлшеу әдістері сұлбасы

Тікелей өлшеу әдісін қолданғанда физикалық шама бірден өлшеуіш құралдың көрсеткішінен өлшенеді. Салыстырмалы әдісте: физикалық шаманың мәні белгілі өлшеммен салыстырылады. Көпке белгілі салыстырмалы әдіс – нөлдік әдіс.

Өлшеу құралдары мына түрлерге бөлінеді:

1. Өлшемдік құралдар – бұл физикалық шаманы бірден табатын құралдар.
2. Өлшеу құралдар, аспаптар – олар аналогтік, цифрлық, өзі жазатын, интегралдық болады. Бұлар өлшеу нәтижесін бірден береді, оны, оператор бірден байқайды.
3. Өлшеуіш түрлендіргіштер – масштабтық, бір ФШ екіншіге айландырады. Бұл құралдар ФШ-лардың шығыс параметрін кіріс параметрлеріне пропорционал жасайды.
4. Өлшеуіш қондырғылар – алдынала белгіленген өлшеу әдістерімен өлшеу құралдарының жинағы.

Басқарылатын не өлшейтін объекті мен өлшеуіш жүйелердің шығыстық құрылғылары арасында әрқашан физикалық шама – электр сигналы тектес

өлшеуіш түрлендіргіштер болады. Осындай түрленгіштерді түрлендіргіш датчиктер деп атайды.

Электрондық есептеу машинасын пайдаланатын автоматтық жүйелерде ақпаратты беру және өңдеу негізінен «1» және «0» электр сигналдарының комбинациясының дискретті жиынтығы түрінде өтеді. Бұл жағдайда алдымен физикалық шама электр кернеуіне, содан кейінгі кезеңде сигналдардың дискретті жыйынтығына түрленеді. Сонымен, түрлендіргіш датчиктер физикалық шаманы бір мәнді байланысқан электр (не басқа) сигналына түрлендіреді. Олардың мынандай түрлері болады: механикалық (күштік, сығу-созу); электрлік; магниттік; электромагниттік (сәулелену); гравитациялық; жылулық.

Барлық түрлендіргіш датчиктер қызмет принципі бойынша параметрлік не генераторлық деп екі топқа бөлуге болады. Бірінші топқа өлшенетін шаманың мәні электр тізбегінің параметрлеріне, яғни кедергіге, индуктивтікке, сыйымдылыққа түрленетін түрлендіргіш датчиктер жатады. Бұл жағдайда қосымша қоректендіру көзі қажет. Генераторлық түрлендіргіш датчиктерде әртүрлі энергия тікелей электр энергиясына түрленеді.

Түрлендіргіш датчиктердің статикалық сипаттамасы деп, өлшенетін ( $x$ ) шамамен түрлендіргіш датчиктің шығысындағы сигналдың ( $y$ ) арасындағы  $y=f(x)$  функционалдық тәуелділікті айтады.  $F(x)$  функциясын түрлендіру функциясы деп те атайды. Шығыстық  $y$  шамасының аз өсімшесінің кірістік  $x$  шамасының аз өсімшесіне қатынасын түрлендіргіш датчиктің сезімталдығы деп атайды:  $S=\Delta y/\Delta x$ . Түрлендіргіш датчиктің сезгіштік деңгейі деп, оның шығысында сигналдың өзгерісі ( $\Delta y$ ) пайда болуына сәйкес келетін түрлендіргіш датчиктің, кірісіндегі шаманың ( $\Delta x$ ) аздаған өзгерісін айтады. Сигналдың деңгейлік өзгерісі деп ( $\Delta y$ ), шығыстық сигналдың керекті аспаптар арқылы тіркеуге жарайтын ең кіші мәнін айтады. Түрлендіргіш датчиктің деңгейлік сезімталдығы сигналды өңдейтін электр түрленгіштердің не тіркеуіш аппараттардың техникалық сипаттамаларына сәйкес болуы керек.

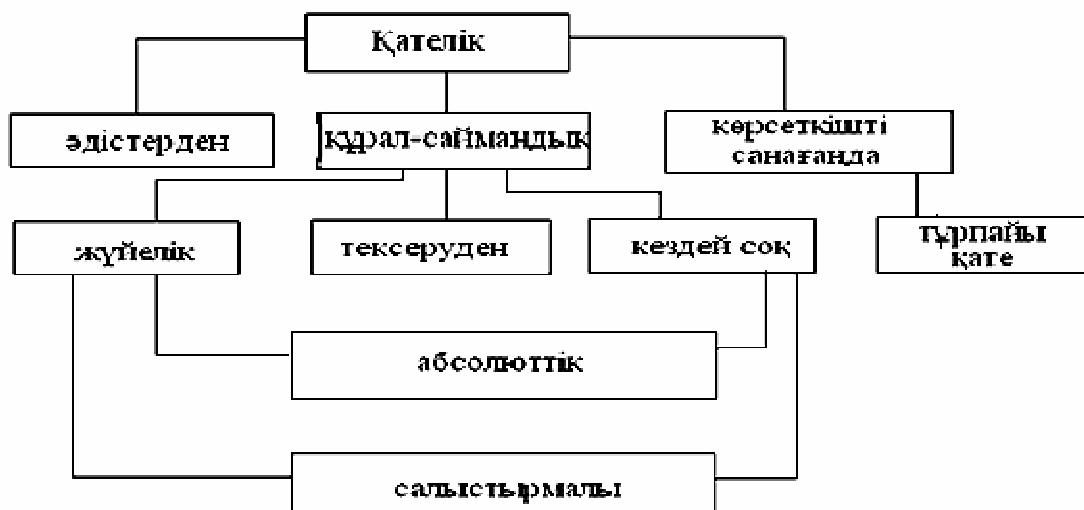
## **2 №2-дәріс. Өлшеудің қателіктері**

Дәрістің мазмұны:

1. Өлшеудің қателіктерін метрологиялық түрде топтау үлгісі.
2. Қателіктердің түрлеріне берілген анықтамалар.
3. Статистикалық қателіктерді Гаусс заңын табуда қолдану.

Дәрістің мақсаты: өлшеудің қателіктерін бір-бірінен айыра білу және оларды табудың жолдарын игеру.

Өлшеу еш уақытта дәл болмайды. өлшеудің дәлдігінің ықтималдығы нөлге тең. Метрология өлшеу қателіктерінің келесі топтау үлгісін береді.



2.1 Сурет – Өлшеу қателіктерін топтау үлгісі

Жалпы айтқанда өлшеудің қателігі – алған өлшемнің нәтижесінің дұрыс болмауы. Өлшеу қателігі физикалық шаманы өлшегенде болатын қателіктердің барлық құрамын қамтиды, сонан кейін алынған нәтиженің шын не нақты мәндерден аутқуын көрсетеді. Мысалы, физикалық шаманың өлшенген мәні  $X$  десек, ал оның шындық мәнін  $X_{ш}$  деп белгілесек, сонда ауытқу (отклонение) мынаған тең.

$$\Delta_X = X - X_{ш} \quad (2.1)$$

Физикалық шаманың шындық мәні дегеніміз, өлшеу қателігі жоқ деген сөз. Бұл сөз идеалдық түрде айтылған сөз. Тәжірибе жүзінде ФШ шындық мәнін алуға болмайды. Сондықтан практикада ФШ шын мәнінің  $X_{ш}$  орнына оның нақты  $X_n$  мәнін қолданады. ФШ-ның нақты мәнін табу үшін ерекше әдістерді және үлгілі өлшеуіш құралдарды қолданады. Сонда былай жазуға болады.

$$\Delta_X = X - X_n \quad (2.2)$$

Бұл алгебралық айырмашылық таңбасын өзгерту мүмкіндігінен мұны өлшеудің абсолюттік қателігі деп атайды. Сондықтан өлшеудің дұрыс нәтижесі.

$$X = X_n + \Delta_X \quad (2.3)$$

Кей кезде түзелу коэффициентін қолданады.

$$\Pi_X = -\Delta_X \quad (2.4)$$

Сонда өлшеудің дұрыс мәні былайша жазылады.

$$X = X_H - \Delta_X = X_E + \Pi_X. \quad (2.5)$$

Белгілі ғылыми деректерге негізделе отырып өлшеу қателіктерін үш топқа бөлуге болады: тұрпайы, жүйелілік және кездейсоқтық қателіктер. Тұрпайы қателіктерге электрөлшеуіш аспаптың көрсеткішін дұрыс бағаламау жатады. Оған аспаптың шкаласының бөліктерін қате бағалау, немесе көпшалалы аспаптың еселеу коэффициенттерін дұрыс қолданбау жатады. Немесе, көрсеткішті қарағанда тіл мен шкаланың арасында болатын параллактты елемеу. Сыртқы ортаның өлшеуіш аспапқа күшті әсері, оның бұзылуымен және кездейсоқ кедергілер өлшеудің тұрпайы қателіктеріне әкеліп соғады.

Абсолюттік мәні және таңбасы белгілі қателіктерді жүйелі қателіктер деп атайды. Егер өлшеу процесі тұрақты жағдайда өткізілсе, оларда тұрақты мәнде болады. Егер өлшеу жағдайы заңды түрде өзгерсе, жиелі қателіктер не өзгермейді, не өзгерсе заңды түрде өзгереді.

Жүйелі қателіктерге қандай өлшеу қателіктері жатады? Олар: электрөлшеуіш аспаптың қателігі, қолданылған өлшеу әдістемесінің қателігі, өлшеуіш құралдың қателігі, аз мәнді елемегендіктің қатесі және сыртқы ортаның әсерінен қателік. Осы қателіктерді жеке-жеке қарастырайық.

Электрөлшеуіш аспаптың жүйелі қателігіне үш топ қателіктер жатады: аддитивті, пропорционалды және шкаланы бөлу қателіктері. Егер өлшеуіш аспаптың тілі бастапқы кезде шкаланың нолінде тұрмаса аддитивтік қателік пайда болады. Бұл қателікті, егер аспаптың шкаласы бірқалыпты болса, алгебралық қосумен түзетуге болады. Пропорционалдық қателіктер көрсетуші аспаптарда қолданатын қосымша кедергілер мен шунттардың өз мәнінен ауытқуына байланысты. Егер бұл ауытқулардың мәндері белгілі болса, алынған өлшеудің нәтижесін түзеу коэффициентіне көбейтіп, пропорционалдық қателіктерді түзуге болады. Шкаланы бөлу қателіктерін әр өлшеуіш аспапқа қосымша түзету таблицасын жасап жоюға болады. Ол таблицаларды жасағанда өлшеуіш аспаптарға қарағанда өлшеу дәлдігі жоғары өлшеуіш құралдар қолданылуы қерек. Қолданылған өлшеу әдістемесі мен өлшеуіш құралдың қателіктері кернеу көзінің электр қозғалыс күшін (э.қ.к.-эдс) өлшейтін вольтметрдің ішкі кедергісінің әсерінен пайда болады. Аз мәнді елемегендіктің қатесі өлшеу әдістемесі мен өлшеуіш құралдың қателіктеріне жақын. Ол қатені өлшеу кезінде де, өлшегеннен кейінде табуға болмайды. Себебі, оның неден пайда болатын факторларды да табу не білу қиын.

Егер сыртқы ортаның әсеріне келсек, ол температураның, атмосфералық қысымдықтың және ауаның ылғалдылығына байланысты. Осы жағдайлар өлшеуіш аспаптың көрсетуінің туралығына әсерін тигізеді. Және сыртқы электр не магнит өрістерінің өзгеруі де өлшеу нәтижесіне қосымша қателік кіргізеді.

Практикалық өлшеулерде жүйелі қателіктерді құрал-сайманмен және әдістемелік қателіктердің алгебралық қосындысы деп санайды

$$\Delta_{\text{ж}} = \Delta_{\text{к.с}} + \Delta_{\text{з}} \quad (2.6)$$

Әр уақытта жүйелік қателікпен бірге кездейсоқтық қателіктер болады. Сондықтан өлшеудің абсолюттік қателігі мынаған тең

$$\Delta_X = \Delta_{\text{ж}} + \Delta_{\text{к.с}} \quad (2.7)$$

Мұнда  $\Delta_{\text{к.с}}$  – кездейсоқтық қателік. Осы қателіктің екі құраушылардың әсерімен бір физикалық шама көп рет қайталап өлшегенде, мысалы  $n$  рет, статистикалық қатар пайда болады

$$\{X\}: (X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (2.8)$$

Мұндай қатарға орташа арифметикалық мән (значение) аламыз

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.9)$$

Әр өлшемнің орташа арифметикалық мәннен ауытқуы орташа квадраттық ауытқумен (ОКА) табылады

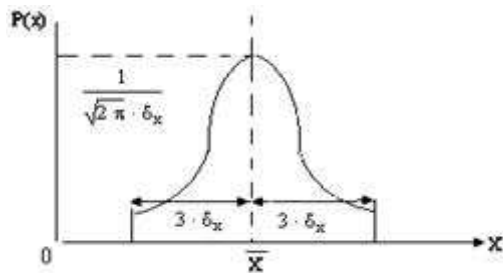
$$\sigma_X = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.10)$$

Орташа арифметикалық мән мен орташа квадраттық ауытқу келесі көрсетілетін үлестірімнің қалыпты (нормальное) заңының (Гаусс заңы) сипаттамалары болып есептеледі

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left[-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma_x^2}\right] \quad (2.11)$$

Мұнда  $P(x)$ -әр физикалық шаманың болу ықтималдығының тығыздығы. Бұл аналитикалық мағынаны ықтималдық тығыздықтың қисығымен көрсетуге болады:





## 2.2 Сурет – Ықтималдық тығыздықтың қисығы

Бұл суретте көрсетілгендей ықтималдық тығыздықтың қисығында ең үлкен ординат болып өлшемдердің орташа мәні саналады, яғни өлшеу нәтижелерінің орталық топтасуы болады. Егер  $X$  жүйелік қатеге жатса, ОКА осы нәтижелердің орталық топтасудан ауытқуларын көрсетеді. Ықтималдық теорияда және математикалық статистикада үш сигманың ( $3\sigma_x$ ) ережесі бекітілген. Сонда кез келген өлшемнің нәтижесі  $P_c=0.9973$  сенімділік ықтималмен  $\pm 3\sigma_x$  екі арада жатады, демек

$$x_i = \bar{x} \pm 3\sigma_x \quad (2.12)$$

мұнда  $P_c=0.997$ .

Электрэнергетикада сенімділік ықтимал  $P_c=0.95$  мәнінде алынған, сонда  $\pm 3\sigma_x$  екі ара кішіреді

$$x_i = \bar{x} \pm 1.96\sigma_x \quad (2.13)$$

$P_c=0.95$ .

Бұл мағынаны жалпы түрде былайша жазуға болады

$$x_i = \bar{x} \pm t\sigma_x \quad (2.14)$$

мұнда  $t = 1, 2, 3, \dots$

Практикалық кезде өлшеу процесін көп уақытқа созуға болмайды. Ең көп болғанда өлшеуді 5 не 8 реттен қайталауға болады. Бұл жағдайда орташа арифметикалық мәнің растылығы артады.

Сондықтан аз рет өлшегенде орташа арифметикалық мәнің орташа квадраттық ауытқымасы былайша табылады

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \quad (2.15)$$

Сонда орташа арифметикалық мәннің сенімділік арасы мынаған тең

$$x = \bar{x} \pm t_{p,n} \sigma_x \quad (2.16)$$

мұнда  $P_c=0.95$ ,  $t_{p,n}$  – Стьюденттің коэффициенті, оны әдетте келесі кестеден табады:

### 2.1 Кесте

n	3	4	5	6	8	10	20	50	200
$t_{0,95,n}$	4,3	3,2	2,8	2,6	2,4	2,3	2,1	2	1,96

Кейбір кезде физикалық шаманы тура табуға болмайды, ол басқа шамалармен математикалық тәуелділік формулалармен байланысты болады. Мысалы бұл функционалдық байланысты жалпы түрде былай жазуға болады

$$A=f(x) \quad (2.17)$$

егер  $x$  өлшегенде  $\pm dx$  орташа абсолюттік қате жіберсек, онда

$$A+dA=f(x+dx). \quad (2.18)$$

Дифференциалдың қасиетіне сәйкес

$$dA = \frac{df(x)}{dx} dx. \quad (2.19)$$

Сонда салыстырмалы қателік

$$E = \frac{dA}{A} = \frac{\frac{df(x)}{dx} dx}{f(x)} = \frac{df(x)}{f(x)}. \quad (2.20)$$

Мұны натурал логарифмнің дифференциалы ретінде жазуға болады

$$E = d \ln f(x). \quad (2.21)$$

**№3 – дәріс. Аналогтық өлшеуіш аспаптардың жалпы сипаттамалары**

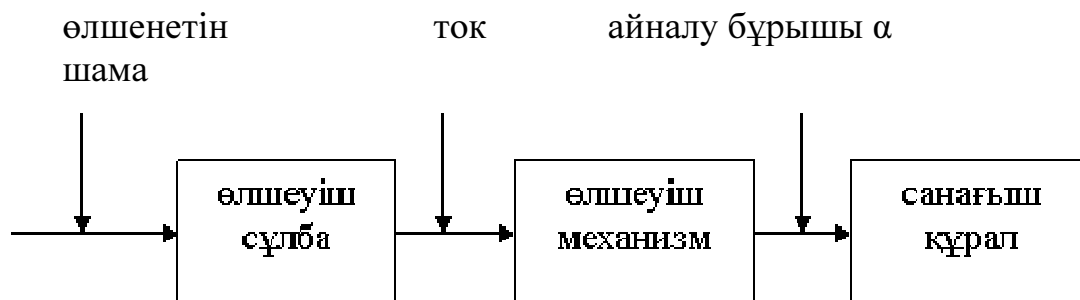
Дәрістің мазмұны:

1. Электрөлшеуіш аспаптардың шкалаларының түрлері және оларды баптау.

2. Өлшеуіш аспаптардың дәлдік кластары және оларды табу.

Дәрістің мақсаты: электрөлшеуіш аспаптардың шкалаларын бір-бірінен ажырата алу және дәлдік кластарды таба білу.

Электрөлшеу аспаптарына (ЭӨА) электр шамаларын өлшейтін құралғылар жатады. 3.1 суретте ЭӨА жұмыс әрекетінің сұлбасы келтірілген.



3.1 Сурет – ЭӨА-ның функционалдық сұлбасы

Өлшеуіш сұлба жалпы айтқанда масштабтық түрлендіргіш болып саналады. Оның құрамына шунттар, қосымша кедергілер, кернеуді күшейткіштер не физикалық шаманы тұрақты токқа түрленгіштер кіреді.

Өлшеуіш механизм тұрақты токты ЭӨАның жылжымалы тетігінің (тілі) айналу бұрышына түрлендіру міндетін атқарады.

Әр ЭӨАтың төменде келтірілген метрологиялық сипаттамалары болады:

1. Өлшеу ауқымы,  $\alpha$  ө (физикалық шаманың (ФШ) өлшем бірлігі).
2. Көрсету ауқымы,  $\alpha$  к (ФШ өлшем бірлігі).
3. Бөліс саны;  $\alpha$  (бөліс).
4. Бөлістің шамасы,  $C$  (ФШ өлшем бірлігі / бөліс) не сезімталдығы  $S=1/C$  (бөліс / ФШ өлшем бірлігі).
5. Кіріс кедергісі,  $R_k$  (Ом).
6. Дәлдік класы,  $\gamma$  (%).

Физикалық және техникалық шамаларды өлшеу үшін халықаралық өлшеу жүйесімен сәйкестендірілген пропорционалдық шкалалар қолданылады. Өлшеу құрылғысының бір тетігі болып шкала саналады, оның арқасында өлшейтін шаманың мәні табылады. Өлшеу кезінде өлшейтін шаманың мәні шкаладағы индикаторлық белгілер арқылы саналады. Шкалада өлшем белгілері де болу керек. Өлшеу аспабын өлшемдеу (градуировка) кезінде шкалаға штрихтер, нүктелер не болмаса басқа таңбалар қойылады. Шкаланың бөлісінің шамасы (таңбалардың бір-бірінен алшақтығы) өлшемдеу кезінде анықталады. Шкаладағы басты өлшем белгілері тағы да майда бөлімдерге бөлінуі мүмкін. Өлшем белгілерін қою әдісіне қарай аспаптың шкаласы аналогтық, цифрлық және құрамалық болып

бөлінеді. Шкалалар аспапта көруге оңтайлы жерде орналасу керек. Оларды алыстан қарап анықтауға не жақыннан дәл санауға оңтайлы болу керек. Шкалада өлшем бөлістерінен басқа қандай аспап екендігі және оның не үшін қолданылатындығы туралы таңбалар болу керек.

Аналогтық шкала – мұндай шкалада өлшем белгілері штрихпен не нүктемен көрсетіледі. Бұл шкала аналогтық мәндерді бірдей көрсетеді. Өлшемдік белгілер шкаланың бетінде басты сызықтың үстіне орналасады. Өлшем белгілері шкаланың басқы және соңғы мәнін, нольдік таңбаны, не өлшеудің басқы және аяққы ауқымын көрсетеді. Шкалалардың басты түрлері стандартталған. Аспаптың шкаласының өлшемдік белгілері біркелкі орналасуы мүмкін, не олар біркелкі орналаспайды. Кей кезде аналогтық шкалада тек қана өлшемдік белгі беріледі, не нақтылық мән, не шеткі мән, не нольдік мәндер көрсетіледі.

Ең көп тараған шкалалар осы түрлі болады.

Шкаланың бір бөлінісі деп аналогтық шкаладағы екі өлшемдік белгілердің арасын айтады. Сонда, шкаланың бір бөлісі өлшейтін шаманың бір бірлігі болып саналады. Өлшенген шама бірден табылады, не шкаланың бір бөлісін көрсетілген бөліс санына көбейту керек.

Мысалы. Өлшенген шама

$$A = \alpha c \quad (3.1)$$

мұнда  $\alpha$  – шкаланың бөліс саны;

$c$  – шкаланың тұрақты коэффициенті;

ол  $C = A_n / \alpha_n$  тең;

мұнда  $A_n$  – аспаптың нақты мәні;

$\alpha_n$  – шкаланың нақты бөліс саны.

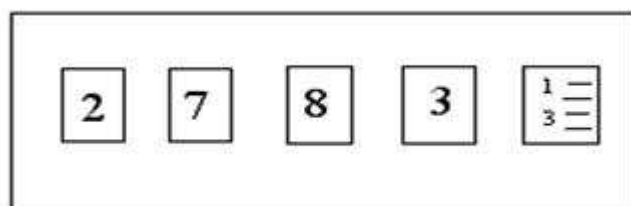
Шкалалардың мынандай түрлері бар:

1. Өлшемсіз шкала – бұл аналогтық шкалада бөлістердің мәні қатар сандар ретінде беріледі, не тіпті берілмейді. Бұл жағдайда біз тек бөлістің санын білеміз, не оған сәйкес қатар сандардың мәнін білеміз. Өлшенетін шама әр бөлістің мәні арқылы, не шкаланың тұрақты коэффициентін білу арқылы табылады. Мұндай шкалалар әдетте құрамалық аспаптарда (тестер) қолданылады. Өлшемсіз шкалада қатар сандық мәндер болмаса өлшенетін шаманы табу қиын. Бұл шкалалар номиналды не шеткі мәні көрсетілген сынаушы аспаптарда, не индикаторда қолданылады.

2. Жанама мәндер шкаласы. Мұндай өлшеуіш аспаптардың шкалалары жанама әдіспен өлшенген мәндердің шамасына сәйкес өлшемдік белгілермен көрсетілген. Бұл жағдайда өлшеуіш аспаптың кірісіне өлшейтін

шама белгілі тәуелділікпен түрлендірген соң сигнал ретінде беріледі. Бірақ оның шкаласы өлшейтін шаманың мәндерімен белгіленген.

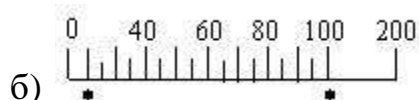
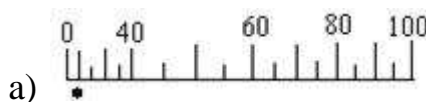
3. Құрамалық шкала – бұл шкалалар аналогтық және сандық көрсеткіштерімен жабдықталған. Құрамалық шкалаларда, сандық шкалада жоғарғы разрядтық сандар сатылы өзгерсе, ал кіші разрядты сандар аналогтық шкаладағыдан жай біркелкі өзгереді. 3.4 суретте көрсетілгендей, үйде қолданатын индукциялық электр санағыштары осылай жұмыс істейді.



3.4 Сурет – Құрамалық шкала

4. Біркелкі емес шкалалар. Бұл аналогтық шкалаларда бөлістердің ара қашықтықтары және оларға берілген мәндері біркелкі емес әртүрлі болады.

3.5 суретте өлшеу аумағы көрсетілген біркелкі емес шкалалар көрсетілген.



3.5 Сурет – Біркелкі емес шкалалар

Мұнда өлшемдік белгілердің орналасуы шкаланың сызықтық емес теңдеуіне сәйкес болады, және шкалада оның атын жазады, мысалы, квадраттық не логарифмдік шкала деп. Шкаланың басқы бөлістері белгілі математикалық функциямен не эмпирикалық заңмен белгіленеді және олардың сандық мәндері біркелкі не біркелкі емес сандық қатардан алынады. Көбінесе шкаланың бөлінісі және олардың сандық мәндері біркелкі сызық шкалаға жақындатуға тырысады. Біркелкі емес шкалалардың өлшеу ауқымы өлшеу көрсеткішінің ауқымынан көбіне өзгеше болады, сондықтан шкалада нүкте көрсетіледі. Егер шкаланың үлкен біркелкі еместігі болса, оны 1,2 және

5 еселік өлшемдіктермен белгілейді. Әр шкаланың өзіндік өлшемдік қасиеттері бар:

Өлшемдік қасиеттер – аналогтық шкалаға өлшемдік белгілерін бір заңды түрде қою. Шкаланың бөліс бірлігінің шамасына қарай өлшемдік белгілер 1,2 және 5 еселік болуы мүмкін. Егер негізіне 1 алса өлшемдік кезінде шкаланың бір бөліс шамасы 1 не  $1 \cdot 10^n$  -ге тең,  $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ , әр 5 не 10, не 20 сандық белгілер шкалада сандық мәнмен көрсетіледі.

Әр электрөлшегіш аспаптың басқы метрологиялық сипаттамасы болып оның дәлдік класы болып саналады, оны келтірілген қателік арқылы табуға болады

$$\gamma_x = \pm \Delta_x / X_N * 100\% \quad (3.2)$$

мұнда  $\Delta_x$  – абсолюттік қателіктің максималдық өзгеріс ауқымы  $X_N$  – шкаланың түріне байланысты мөлшерлеу мәні (нормир)  $\gamma_x$  – келтірілген қателік.

Егер нөлдік белгі шкаланың сол жағында болса (3,3 а сурет) мөлшерлеу мән аспаптың номиналдық қатесінің мәніне тең

$$X_N = \Delta_H. \quad (3.3)$$

Егер нөлдік белгі шкаланың ортасында болса

$$X_N = 2\Delta_H. \quad (3.4)$$

Барлық мемлекеттер үшін аспаптардың дәлдік класы бір мәнде бекітілген және олар аспаптың шкаласында, құжаттарда көрсетілген.

3.1 кесте – Дәлдік класының халықаралық мәндері

Өлшеуіш аспаптар	Дәлдік класы	
	өлшеуіш аспап	қосымша құрылғылар
дәл және үлгілі	0,05	0,02
	0,1	0,05
	0,2	0,1
	(0,3)	0,1
	0,5	0,2
жұмыстық	1	0,5
	1,5	0,5
	2,5	1
	(4)	1
	5	1

Егер аспап бағдылы жағдайда (23°C) қолданылатын болса дәлдік класы өлшеу қателігі (процентпен) кепілді шекарадан шықпайтындығын көрсетеді.

Мысалы, аспаптың дәлдік класы 1 болса, онда оның қателігі  $\pm 1\%$  болады. Егер аспаптың өлшеу ауқымының ең соңғы мәні 100В болса, онда өлшеу қателігі  $\pm 1В$  болады. Температура  $10^{\circ}\text{C}$  мен  $30^{\circ}\text{C}$  арасында өзгерген кезде де аспаптың өлшеу қателігі  $\pm 1\%$  аспауы керек. Аспаптың дәлдік класы оның рұқсат етілген басқы қателігімен сәйкестендіріп ГОСТ 8.401-80 пен қалыптасады. Аспап қолданылатын бағдылы жағдай өзгергенде пайда болатын қосымша қателік рұқсат етілген басқы қателіктің бөлісі не еселеу мәндерінде нормаланады. Мысалы, аспаптың дәлдік класы G болса, қосымша қателік басқы қателіктің жартысынан аспауы керек, сонда жалпы қателік болып  $G+0,5G$  саналады. Сөйтіп аспаптың жалпы қателігі оның дәлдік класының мәнінен көп болуы мүмкін.

Электрөлшеуіш аспаптарды не өлшеуіш құралғыларды қолданғанда олардың уақыты өтпеген таңбалары болу керек.

Таңбалау.Әр өлшеуіш құралғыға арнайы таңба салынады. Ол өлшеуіш аспаптың тексеруден өткендігінің және оны қолдануға болатындығының әйгегі.

Арнайы таңба салу мемлекеттік тексеру зертханасының жұмысы, аспапты тексергеннен кейін таңба салынады не арнайы құжат беріледі. Бұл таңбалы аспаптың өлшеу қателігі бекіткен шекарадан аспайды, оның құрылыс тетіктерінің ақауы жоқ және оны қолдана беруге болады деген сөз. Арнайы таңбаның күші тек бекітілген уақытқа ғана жарайды, одан кейін аспапты тағыда тексеруден өткізу керек.

#### **№4 – дәріс. Аналогтық аспаптардың өлшеуіш механизмдері**

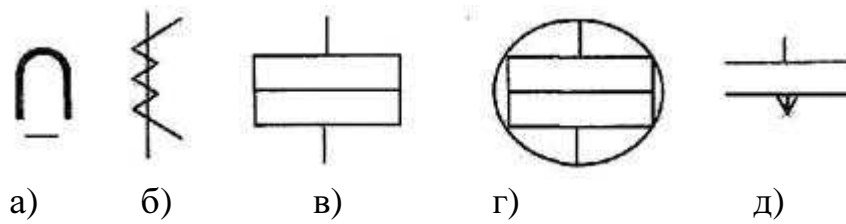
Дәрістің мазмұны:

1. Электр шамаларын өлшеу үшін қолданатын әртүрлі жүйелерде істейтін өлшеуіш механизмдердің жұмыс істеу принциптері және шартты белгілері.

2. Өлшеуіш механизмдердің бір-бірінен айырмашылықтары, артықшылықтары және кемістіктері.

Дәрістің мақсаты: әртүрлі жүйелерде істейтін өлшеуіш механизмдерді бір-бірінен ажырата білу, жұмыс істеу принципін және олардың метрологиялық сипаттамаларын игеру.

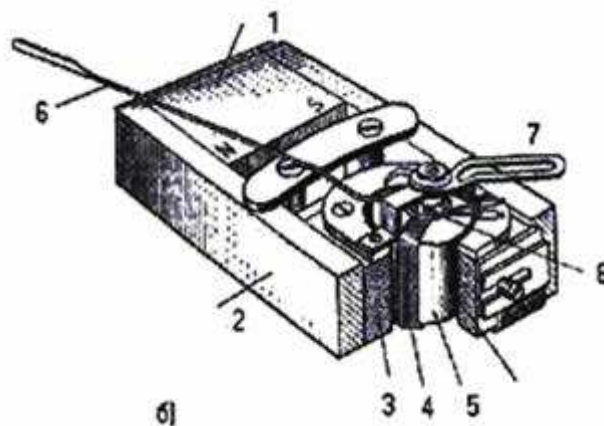
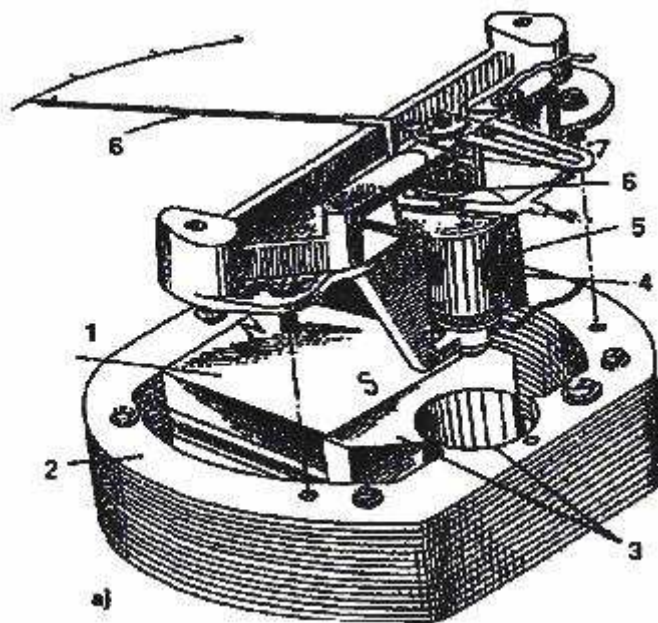
Әр түрлі электр шамаларын өлшеу үшін магнитоэлектрлік, электромагниттік, электродинамикалық, ферродинамикалық және электростатикалық жүйелерде істейтін өлшеуіш механизмдер (ӨМ) қолданады. 4.1 суретте ӨМ жүйелерінің шартты белгілері келтірілген.



4.1 Сурет – Өлшеуіш механизм жүйелерінің шартты белгілері

Бұл суретте солдан оңға қарай: магнитоэлектрлік (а), электромагниттік (б), электродинамикалық (в), ферродинамикалық( г) және электростатикалық (д) жүйелер.

Магнитоэлектрлік жүйе. Бұл жүйелік аспаптар тұрақты магниттің магнит өрісімен тоғы бар орауыштың өзара электромагниттік әрекетіне байланысты жұмыс істейді. Оның конструкциясы 4.2 суретте келтірілген.





4.2. Сурет – Магнитоэлектрлік жүйедегі өлшеуіш механизмнің конструкциясы, суретте келтірілген белгілер: 1– В индукциялы тұрақты магнит NS; 2 – магнитжүргізгіш; 3 – полностік ұштықтар; 4 – өлшеуіш орауыш: оралым саны, оның өлшемі  $b \times h$  5 – өзекше; 6 – серппе; 7 – аспаптың тілі; 8 – нолдік түзеткіш; а – дөнгелек, б – жалпақ магнитпен.

Өлшейтін ток қарсылық серппе арқылы орауыш арқылы өткен кезде аспаптың тілі мына заңмен шкаланың біреуі шама бөлістерін көрсетеді

$$\alpha = \frac{B_b \cdot h \cdot w}{W} \cdot I = S \cdot I \quad (4.1)$$

мұнда В – индукция;

W – серппенің меншікті қарсылық моменты;

S – ӨМ-ның сезімталдығы;

w – оралым саны.

Айнымалы токты өлшегенде айнымалы токты тұрақты токқа айналдыратын түрленгіштер қолданады. Магнитоэлектрлік аспаптың артықшылықтары: сезімталдығы, аз мөлшерлі токты өлшегенде айналым моменттің жеткіліктігі, сыртқы магнит өрістердің әсері аздығы, энергияны аз пайдалану және өлшейтін объектіге әсері аздығы.

Оның кемшіліктері: конструкциясының қиындығы, сондықтан қымбаттығы, өлшейтін токтың мөлшерінің аздығы, ең көп болғанда 500мА.

Магнитоэлектрлік аспаптар тұрақты токты өлшейтін амперметр не вольтметр ретінде көп қолданылады. Оларды дәлдік кластары 0.1; 0.2; 0.5 шамада.

Электромагниттік жүйенің өлшеуіш механизмнің жұмысы өлшейтін ток тұрақты орауыштан өткенде пайда болатын магниттік өрістің жылжымалы ферромагниттік тіліктің (пластина) арасындағы электрмагниттік әсерге негізделген. Аспапты ток тізбегіне қосқанда өзек орауыштың ішкі кеңістігіне тартылады. Теңбе теңдікті сақтауға серппе қолданылады.

$$\alpha = \frac{1}{2W} I^2 \frac{dL}{d\alpha} = \frac{1}{2W} I^2 f(\alpha) \quad (4.2)$$

Аспаптың шкаласының тәуелділік теңдеуі: Мұндағы L – орауыштың индуктивтігі. Электромагниттік аспаптардың шкалалары біркелкі болып орналаспаған. Олар тұрақты токты да өлшейді. Көбінесе олар айнымалы токты өлшеуіш амперметрлер мен вольтметрлер болып саналады.

Электромагниттік аспаптың артықшылықтары: тұрақты және айнымалы токтарды өлшеуге болатындығы, өлшеу аумағының кеңдігі, токтар 200А дейін, кернеулерді 600В өлшейді. Дәлдік класы 1,0; 1,5 дейін.

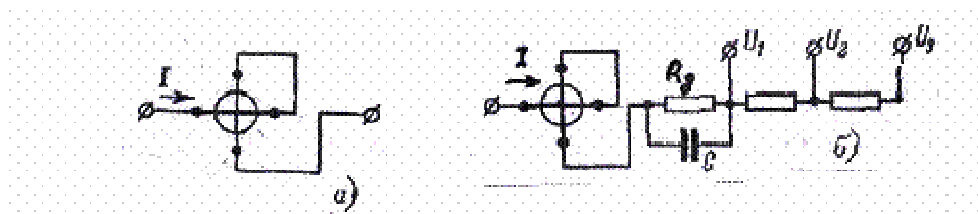
Оның кемшіліктері: шкаласы біркелкі емес, сезімталдығы төмен (әсіресе шкаланың басында), энергияны көп пайдалануы (сондықтан, электромагниттік милливольтметрлер жоқ), сыртқы магниттік өрістердің әсері бар.

Электродинамикалық өлшеуіш механизмның жұмыс істеу принципі магнитоэлектрлік механизммен бірдей, бірақ бір айырмашылығы бар, ол егер магнитоэлектрлік механизмде магнит өрісі тұрақты магнит арқылы пайда болса, ал электродинамикалық механизмде өлшейтін ток тұрақты орауышты өткенде пайда болады. Бұл механизмде магниттік материалдар қолданылмайды, сондықтан қалдық, магниттелудің, гистерезистің, не құйын тоқтың, өлшеу қателіктеріне әсері жоқ. Конструкцияның тетіктері және бекіту ұйықтары (узел) күйіктастан (керамика) жасалады. Тұрақты жалпақ жұмысшы орауыштың ішіне жылжымалы орауыш орналастырылған. Екеуіненде ток жүргенде айландыру моменті пайда болады, сол арқылы көрсету мәнін білеміз. Шиыршықты серппе арқылы жылжымалы орауышқа ток әкелінеді және оның арқасында механикалық тепе – теңдік (қайтару) моменті пайда болады. Аспаптың көрсеткіш тілшігі ауакамералық демпфер арқылы тыныштандырылады.

Аспаптың шкаласының теңдеуі мына түрде берілген

$$\alpha = \frac{1}{W} \cdot I_m \cdot I_x \cdot \frac{dM}{(d\alpha_T)^{\cos(\varphi - \phi_2)}} \quad (4.3)$$

мұнда  $I_m, I_x$  – тұрақты және жылжымалы орауыштардағы токтар;  
 $M$  – екі орауыштың арасындағы өзара индуктивтігі;  
 $\varphi$  – екі токтың фазаларының айырмашылықтары.



4.7. Сурет – Электродинамикалық амперметр мен вольтметрлердің өлшеу тізбектерінің сұлбасы

Миллиамперметрдің өлшеу тізбегі (4.7 а) орауыштарды бірінен кейін біреуін қосқандықтан тұрады, сондықтан

$$I_m = I_{sc} = I, \quad (4.4)$$

$$\alpha = \frac{1}{W} I^2 \frac{dM}{d\alpha}. \quad (4.5)$$

Бұл аспаптың шкаласы практикалық жүзде біркелкі, бірақ шкаланың басталарында 10 – 12% і жұмысқа жарамсыз.

Вольтметрдің өлшеу тізбегі (4,7.б) тағыда қосымша кедергіден тұрады:

$$I = I_m = I_{sc} = U_1 / R_1 \quad (4.6)$$

Сонда аспаптың көрсетуі

$$\alpha = \frac{1}{W \cdot R_1} \cdot (U - y) \cdot \frac{dM}{d\alpha}. \quad (4.7)$$

Электродинамикалық аспаптардың басқалардан өзгешілігі, оның тұрақты және айнымалы токтарды өлшеуге болатындығы, жоғары деңгейдегі өлшеу дәлдігі (дәлдік кластары 0,5; 1.0 және 1,5) және оның көрсеткіштерінің уақытты тұрақтылығы.

Оның кемшіліктері: кіші деңгейдегі сезімталдығы, шкаласының біркелкі еместігі және энергияны көп пайдалануы (милливольтметрлер жоқ).

Бұл аспаптардың қолданылу өзгешеліктерінің бірі оның токтың бағытымен мәнінің өзгеруіне сезімталдығы. Сондықтан олар ваттметр, частотомер және фазометр ретінде қолданылады. Әдетте ваттметрдің шкаласы біркелкі болып келеді.

Ферродинамикалық өлшеуіш механизм электродинамикалық өлшеуіш механизмнің бір түрі болып саналады, онда жұмысшы ағын (магнит өрісі) жеке магнитөткізгіште жиналған. Жұмысшы ағынды пайда қылатын орауыш магниттік өзекшеге орналасады. Бұл жағдай өлшеуіш механизмнің бекем болуына және айналма моменттің жоғары деңгейде болуына әкеп соғады.

Жылжымалы орауыш өзінің магниттік өзекшесіне орналасады. Мұндай конструкция өзекшедегі құйын токтарға кететін шығын аз болатынын көрсетеді. Шығыршықты серппе арқылы жылжымалы орауышқа ток әкелінеді және механикалық қарамақарсылық момент пайда болады. Тынышталу ауа арқылы не индукциялық тәсілмен жасалынады. Ферродинамикалық өлшеуіш механизмнің шкаласы токты не кернеуді өлшегенде квадраттық болып келеді, ал қуатты өлшегенде біркелкі болады. Кәзіргі кезде бұл механизм айнымалы токтың қуатын өлшеуге қолданылады.

Бұл өлшеуіш механизмдердің ерекшеліктері: үлкен айналдырма моменті, өзіндік күшті магнит өрісі, сыртқы магнит өрісінің әсері жоқ, электр энергиясының шығындауы электродинамикалық механизмдерге қарағанда аз.

Үлкен айналдырма моментінің барлығына сәйкес бұл механизмдерді қолданып түрлі ауқымда істейтін өздігінен жазатын ваттметрлер жасалған.

Электрстатикалық өлшеуіш механизмдер тек қана үлкен тұрақты не айнымалы токтың кернеулерін өлшеуге арналған.

Бұл аспаптардың жұмысы зарядталған екі пластиналардың бір біріне электрлік әсеріне негізделген. Оның шкаласының теңдеуі

$$\alpha = \frac{1}{2W} \cdot (U - y) \cdot \frac{dc}{d\alpha} \quad (4.8)$$

мұнда  $dc / d\alpha$  – өлшеуіш механизмінің кіріс сыйымдылығының өзгеруі.

Басты ерекшеліктері: кіріс кедергісінің үлкендігі, синусоидал емес кернеудің әрекет мәнін өлшеуге болатындығы.

## **№5 дәріс. Өндіріс жағдайында тұрақты ток пен кернеуді өлшеу**

Дәрістің мазмұны:

1. Шунт пен қосымша кедергіні электр тізбегіне қосу сұлбалары және оларды қолданғанда пайда болатын қателіктер.

2. Шунттар мен қосымша кедергілердің метрологиялық сипаттамалары.

Дәрістің мақсаты: шунттар мен қосымша кедергілердің жұмыс істеу принципін, пайда болатын қателіктерді және олардың метрологиялық сипаттамаларын білу және есте сақтау.

Экономикалық құндылықты арттыру үшін және энергетикалық объектілердің жұмысын оңтайлату үшін үлкен токтарды не жоғары кернеулерді өлшеу дәлдігі үлкен дәрежеде болу қажет. Қазіргі кезде бұл шамаларды өлшеу қателігі көбінесе 2,5% не одан артық болып келеді. Электроэнергияның сапасын арттыру үшін өлшеу құралдарының қателігі 0,5-1,0% аспау керек. Бұл жағдайды орындау үшін келесі себептерді еске алу керек: үлкен ток болғандықтан ток жүргізуші сымдарда үлкен болады; олардың электромагниттік әсері күшті; өлшеу құралдарын жоғары кернеулі тізбектерде жақсы оқшаулама (изоляция) жасау керек.

Үлкен тұрақты токтарды, мысалы 200-500 кА, өлшеу алюминдерді электролиздеу құралғыларында қолданады. Жоғары тұрақты кернеуді (800...3000В) өлшеу жылжымалы электр көліктерінің қосалқы станцияларына қажет.

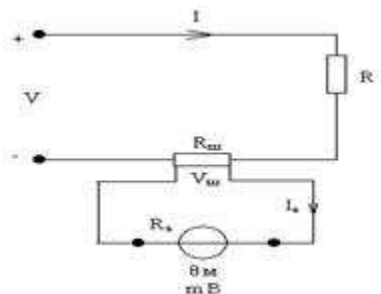
Үлкен токтарды не жоғары кернеулерді өлшеу өлшемдік кедергілердің (шунттар, қосымша кедергілер не кернеуді бөлгіштер) арқасында масштабтық түрлендіру әдістерімен шешіледі.

Үлкен токтарды өлшеу өлшенетін токтың өлшемдік кедергіден өткенде кернеудің түсу шамасын өлшеуге негізделген. Бұл жағдайда өлшемдік кедергілер манганиннен жасалған шунттар түрінде жұмыс істейді (5.1 сурет).

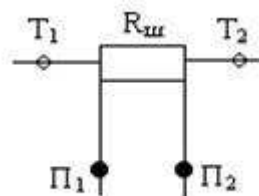
5.1 суретте көрсетілген: а) шунтпен токты өлшеу схемасы; б) шунттың электр схемасы.

Мұндай сұлбаны өлшейтін токтың тізбегіне  $T_1$  және  $T_2$  тоқтық қыспақ арқылы қосылады, ал кернеудің түсуі  $\Pi_1$  және  $\Pi_2$  потенциалдық қыспақтар арқылы өлшенеді.

а)



б)



### 5.1 Сурет – Шунтты қосу схемасы

Шунттың метрологиялық параметрлері:

1. Шунттың номинальдық тоғы –  $I_{шн}$  (1А...7.5кА).
2. Шунттан  $I_{шн}$  тоғы өткенде кернеудің номинальдық түсуі  $U_{шн}$  (50, 60, 75, 100 мВ).
3. Шунттың дәлдік класы  
(0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5).

$$\gamma = (R_{шд} - R_{шн}) * 100 / R_{шн} \quad (5.1)$$

мұнда  $R_{шд}$  – жасалып шыққаннан кейінгі шунттың кедергісі.

Шунттың кедергісі номинальдық мәндер арқылы табылады

$$R_{шн} = U_{шн} / I_{шн} \quad (5.2)$$

Өлшеуіш механизм ретінде магнитоэлектрлік аспап қолданылады, оның номинальдық токтары  $I_{ан} = 1\text{мА}, \dots, 100\text{мА}$ , ал ішкі кедергісі  $R_a$ . Сондықтан шунттың кедергісі мына формуламен табылады

$$R_{шн} = R_a / (n - 1) \quad (5.3)$$

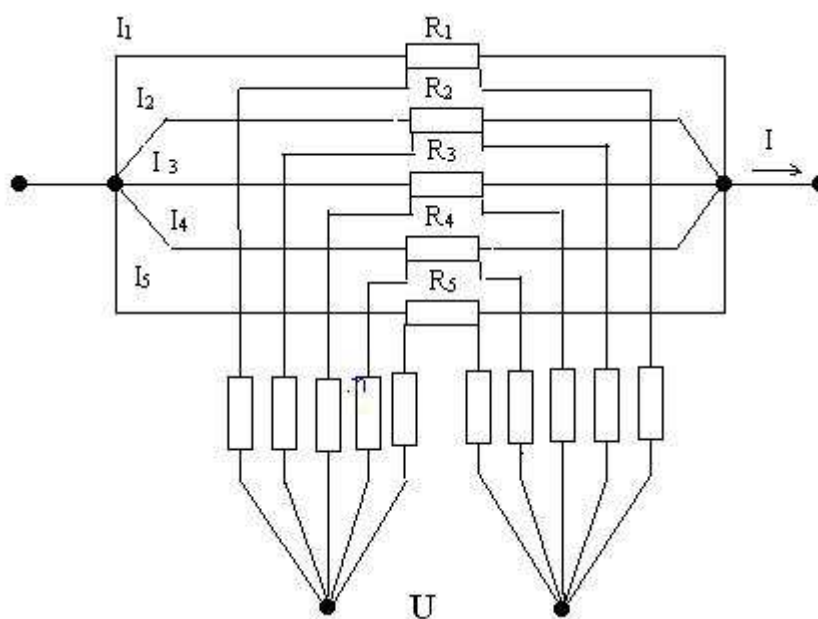
мұнда  $n = I / I_{ан}$  – шунтталу коэффициенті. Сонда өлшенетін токтың шамасы

$$I = (1 + R_a / R_{шн}) * I_{ан} \quad (5.4)$$

Егер токтың күші 7,5 кА асса оны өлшеу үшін шунттарды параллельдік қосу әдісі қолданады (5.2 сурет).

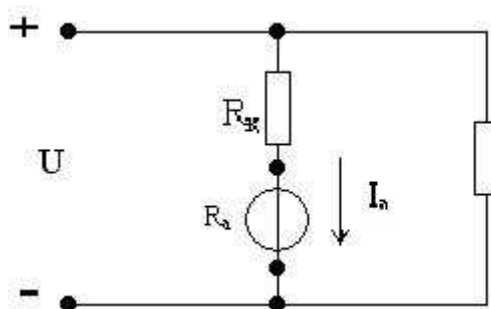
Бұл сұлба үшін

$$I = U \cdot \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j} \quad (5.5)$$



5.2 Сурет – Шунттарды параллельді қосу

Жоғары мәнді кернеу қосымша резистор арқылы өлшенеді ( 5.3 Сурет).



5.3 Сурет – Кернеуді өлшеудің сұлбасы

Қосымша резисторлар мангазиннен жасалады және олардың формасы әртүрлі болады: өзек түрлі, таспа, қиықша, орауыш, шығыршық түрде.

Олар қорғауыш қорабқа орналасады.

Олар үшін келесі метрологиялық сипаттамалар бекітілген:

1. Номиналдық кернеу,  $U_{RH}$ , (300-3000)В.

2. Номиналдык ток,  $I_{RH}$ , (3...30mA).

3. Дәлдік классы,  $\gamma$  (0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5%).

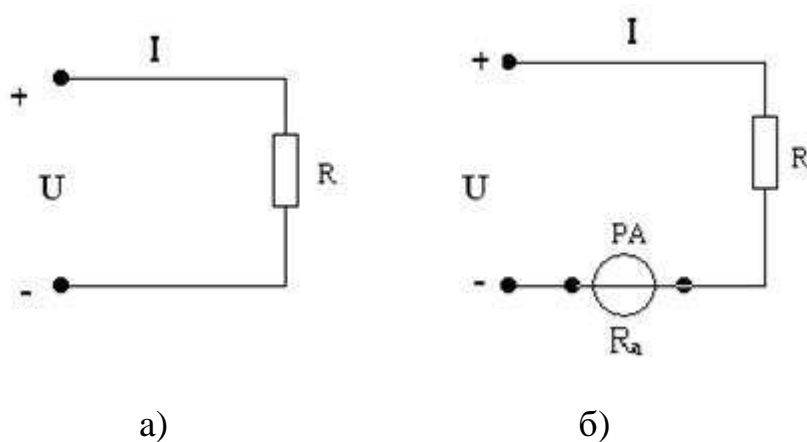
Қосымша резистордың мәнін табу үшін мына формуланы қолданады

$$R_k = R_a(m-1)$$

мұнда  $m = U / U_{ан} = U / I_{ан} R_a$  – бөлу коэффициенті.

Қосымша резисторы бар және 220 В жоғары кернеуді өлшейтін вольтметрлердің қорабы қызыл түспен боялады, онан кейін оператордан алыс жерге орналастырады.

Токты амперметрмен не кернеуді вольтметрмен өлшегенде әдістемелік қателіктер болуы мүмкін.



#### 5.4 Сурет – Токты өлшегендегі әдістемелік қателіктер

5.4 а суретінде көрсетілген электр тізбегіндегі ток күшінің шын мәні Ом заңымен табылады

$$I = U/R.$$

Бұл тізбекке амперметрді қосқан токтың мәні өзгереді.

$$I_1 = U / (R + R_a).$$

Бұл жағдай әдістемелік қателік пайда болуға әкеліп соғады:

а) абсолюттік –  $\Delta_{эК} = U / (R + R_a) - U / R = - (UR_a) / R(R + R_a);$

ә) салыстырмалы –  $\delta_{эК} = \Delta_{эК} / (U/R) = -R_a / (R + R_a) = -1 / (1 + R/R_a).$

Мысал.  $R = 10$  Ом,

$R_a = 0.1$  Ом.

$$\delta_{\text{ЭК}} = -[1/(1+100)] * 100 = -0.99 = -1\%.$$

Жалпы қарастырғанда былайша жасаймыз:

а) егер  $R/R_a > 1$  деп алсақ (5.10) аркасында рауалды (допустимая) қателікті табуға болады

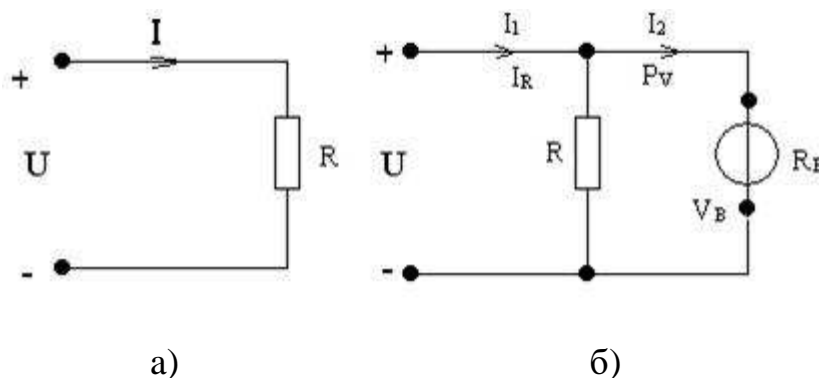
$$\delta_{\text{кр}} < |R_a/R|;$$

ә) рауалды қателік амперметрдің дәлдік класына қарағанда 10 есе аз болу керек:

$$\delta_{\text{кр}} < 0,1\gamma_a.$$

Мысал. Егер  $\gamma_a = 1\%$ ; егер  $R = 10$  Ом, сонда  $R_a = \delta_{\text{ЭК}} * R = 0,1 * 10^{-2} * 10 = 0,01$  Ом.

Кернеуді өлшегенде де вольтметрдің ішкі кедергісінің әсерімен өлшеу қателігі пайда болады (5.5 сурет).



5.5 Сурет – Кернеуді өлшегендегі әдістемелік қателіктер

Вольтметрдің ішкі кедергісінен электр тізбегіндегі токтың шын мәні ( $I = V/R$ ) – өзгереді

$$I_1 = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{U(R + R_B)}{R \cdot R_B}$$

Сондықтан әдістемелік қателік пайда болады:

а) абсолюттік –  $\Delta_{\text{ЭК}} = U(R + R_B)/R R_B - U/R = U/R_B$ ;

ә) салыстырмалы –  $\delta_{\text{ЭК}} = \Delta_{\text{ЭК}} * R/U = R/R_B$ .

$R_B$  – үлкен болған сайын қателік азаяды.

Рауалды қателік вольтметрдің дәлдік класынан ( $\gamma_B$ ) 10 есе аз болуы керек.

Мысал.  $\gamma_B = 1\%$ ,  $\delta_{\text{ЭК}} = 0,1\%$ ,

$R = 10$ кОм.

Сонда  $R_B = R / \delta_{\text{ЭК}} = (10 * 100) / 0.1 = 10$ кОм.