

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

Підлягає поверненню на кафедру

МЕТРОЛОГІЯ
I
СТАНДАРТИЗАЦІЯ
Навчальний посібник

ЧЕРНІВЦІ
“Рута”
2005

ББК 30.10я73
М 546
УДК 006.91(075.8)

Друкується за ухвалою редакційно-видавничої ради
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича

М - 546 Метрологія і стандартизація: Навчальний посібник/
Укл. Мар'янчук П.Д. — Чернівці: Рута, 2005. — 84 с.

У посібнику наведено визначення основних термінів, які використовуються в метрології і стандартизації, приведено основні положення законодавства про метрологію і метрологічну діяльність, описано принципи дії вимірювальних приладів та викладено методичку статистичної обробки результатів спостережень при вимірюванні.

Для студентів фізичних факультетів вищих навчальних закладів.

ББК 30.10я73
УДК 006.91(075.8)

© „Рута”, 2005

Розділ 1. Метрологія

1.1. Основні терміни та їх визначення

Закон „Про метрологію та метрологічну діяльність” визначає правові основи забезпечення єдності вимірювань в Україні, регулює відносини у сфері метрологічної діяльності та спрямований на захист громадян і національної економіки від наслідків недостовірних результатів вимірювань.

У цьому Законі наведені нижче терміни вживаються в такому значенні:

метрологія – наука про вимірювання;

вимірювання – відображення фізичних величин їх значеннями за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів;

одиниця вимірювання – фізична величина певного розміру, прийнята для кількісного відображення однорідних з нею величин;

єдність вимірювань – стан вимірювань, за якого їх результати виражаються в узаконених одиницях вимірювань, а характеристики похибок або невизначеності вимірювань відомі та із заданою ймовірністю не виходять за встановлені границі;

метрологічна діяльність – діяльність, яка пов’язана із забезпеченням єдності вимірювань;

методика виконання вимірювань – сукупність процедур і правил, виконання яких забезпечує одержання результатів вимірювань з гарантованою точністю;

засіб вимірювальної техніки – технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики;

тип засобу вимірювальної техніки – сукупність засобів вимірювальної техніки одного і того ж призначення, які мають один і той же принцип дії, однакову конструкцію та виготовлені за однією і тією ж технічною документацією;

еталон – засіб вимірювальної техніки, що забезпечує відтворення та/або зберігання одиниці вимірювання одного чи декількох значень, а також передачу розміру цієї одиниці іншим засобам вимірювальної техніки;

державний еталон – еталон, визнаний спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади у сфері метрології як основа для встановлення значень усіх еталонів даної одиниці вимірювання, що є у державі;

первинний еталон – еталон, який забезпечує відтворення одиниці вимірювання з найвищою у державі (порівняно з іншими еталонами тієї ж одиниці) точністю;

вторинний еталон – еталон, який отримує розмір одиниці вимірювання безпосередньо від первинного еталона даної одиниці або, у разі його відсутності, - відповідного еталона іншої держави;

вихідний еталон – еталон, який має найвищі метрологічні властивості серед еталонів даної одиниці, що є у державі, на підприємстві, в установі чи організації;

робочий еталон – еталон, призначений для перевірки чи калібрування засобів вимірювальної техніки;

нормативний документ з метрології – документ, який встановлює правила, положення, інші вимоги чи норми, що стосуються метрології та метрологічної діяльності;

державна метрологічна система – сукупність законодавчих та інших нормативно-правових актів, організаційної структури, наукової, технічної та нормативної бази з метрології, спрямованих на забезпечення єдності вимірювань у державі;

перевірка засобів вимірювальної техніки – встановлення придатності засобів вимірювальної техніки, на які поширюється державний метрологічний нагляд, до застосування на підставі результатів контролю їх метрологічних характеристик;

калібрування засобів вимірювальної техніки – визначення в певних умовах або контроль метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки;

метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки – дослідження засобів вимірювальної техніки з метою визначення їх метрологічних характеристик та встановлення придатності цих засобів до застосування;

атестація методики виконання вимірювань – процедура встановлення відповідності методики метрологічним вимогам, що ставляться до неї;

повірочна лабораторія – підприємство, установа, організація чи їх окремий підрозділ, що здійснює повірку засобів вимірювальної техніки;

калібрувальна лабораторія – підприємство, установа, організація чи їх окремий підрозділ, що здійснює калібрування засобів вимірювальної техніки;

вимірювальна лабораторія – підприємство, установа, організація чи їх окремий підрозділ, що здійснює вимірювання фізичних величин, визначення хімічного складу, фізико-хімічних, фізико-механічних та інших властивостей і показників речовин, матеріалів і продукції, за винятком вимірювань, пов'язаних з оцінкою відповідності продукції, процесів, послуг, з документальним оформленням їх результатів.

1.2. Метрологія та державний характер метрологічної діяльності в Україні

Закон регулює відносини, що виникають у процесі здійснення метрологічної діяльності, і поширюється на центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підприємства (їх об'єднання), установи і організації незалежно від форм власності та виду діяльності, що діють на території України, на фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності і виробників (експортерів) іноземних держав, що ввозять засоби вимірювальної техніки на територію України.

Закон також поширюється на фізичних осіб, які не є суб'єктами підприємницької діяльності, - власників засобів вимірювальної техніки, результати вимірювань якими використовуються для здійснення розрахунків за спожиті для побутових потреб електричну і теплову енергію, газ і воду.

Відносини у сфері метрології і метрологічної діяльності регулюються законом „Про метрологію та метрологічну діяльність” та іншими нормативно-правовими актами.

Державна метрологічна система створює необхідні засади для забезпечення єдності вимірювань у державі, а її діяльність спрямована на:

- реалізацію єдиної технічної політики у сфері метрології;

- захист громадян і національної економіки від наслідків недостовірних результатів вимірювань;
- підвищення рівня фундаментальних досліджень і наукових розробок;
- економію всіх видів матеріальних ресурсів;
- забезпечення якості та конкурентоспроможності вітчизняної продукції;
- створення нормативно-правових, нормативних, науково-технічних та організаційних основ забезпечення єдності вимірювань у державі.

Діяльність щодо забезпечення функціонування та розвитку державної метрологічної системи координує спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у сфері метрології (далі - ЦОВМ).

З метою колегіального розгляду концептуальних питань забезпечення функціонування та розвитку державної метрологічної системи при ЦОВМ створюється консультативно-дорадчий орган - Науково-технічна комісія з метрології.

Основною метою діяльності Комісії з метрології є формування пропозицій щодо напрямів технічної політики і науково-технічних робіт у сфері метрології та метрологічної діяльності.

Комісія з метрології формується з представників Державної метрологічної служби та метрологічних служб центральних органів виконавчої влади, підприємств і організацій.

Персональний склад Комісії з метрології та положення про неї затверджуються ЦОВМ.

Рішення Комісії з метрології реалізуються через відповідні рішення ЦОВМ.

Розроблення і затвердження нормативних документів з метрології здійснюються відповідно до закону.

Нормативні документи з метрології поділяються на:

- нормативні документи з метрології ЦОВМ;
- нормативні документи з метрології інших центральних органів виконавчої влади;
- нормативні документи з метрології підприємств і організацій.

Вимоги нормативних документів з метрології ЦОВМ є обов'язковими для виконання центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, організаціями, фізичними особами - суб'єктами підприємницької діяльності та іноземними виробниками.

Інші центральні органи виконавчої влади, підприємства і організації в межах своїх повноважень можуть розробляти та затверджувати нормативні документи з метрології, що конкретизують нормативні документи з метрології та нормативно-правові акти ЦОВМ і не суперечать їм.

1.2.1. Метрологічна служба України

Метрологічна служба України складається з Державної метрологічної служби і метрологічних служб центральних органів виконавчої влади, підприємств і організацій.

Державна метрологічна служба організовує, провадить та координує діяльність, спрямовану на забезпечення єдності вимірювань у державі, а також здійснює державний метрологічний контроль і нагляд за додержанням вимог цього Закону, інших нормативно-правових актів і нормативних документів з метрології.

До Державної метрологічної служби належать:

- спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у сфері метрології;
- національний науковий метрологічний центр, що належить до сфери управління ЦОВМ;
- державні наукові метрологічні центри, що належать до сфери управління ЦОВМ;
- територіальні (регіональні) органи ЦОВМ в Автономній Республіці Крим, областях, містах Києві та Севастополі, містах обласного значення;
- державні служби:
- Державна служба єдиного часу і еталонних частот;
- Державна служба стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів;

- Державна служба стандартних довідкових даних про фізичні сталі та властивості речовин і матеріалів.

Спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у сфері метрології (ЦОВМ) здійснює державне управління забезпеченням єдності вимірювань в Україні.

До повноважень ЦОВМ належить проведення єдиної в державі технічної політики щодо забезпечення єдності вимірювань, у тому числі:

- організація проведення фундаментальних досліджень у сфері метрології;
- організація створення та функціонування еталонної бази України;
- встановлення порядку створення, затвердження, реєстрації, зберігання та застосування еталонів, а також звірення їх з еталонами інших держав та міжнародними еталонами;
- координація діяльності метрологічної служби України;
- розроблення та затвердження нормативно-правових актів у сфері метрології та метрологічної діяльності;
- затвердження типів засобів вимірювальної техніки та встановлення порядку ведення Державного реєстру засобів вимірювальної техніки;
- встановлення вимог до державних повірників метрологічних центрів і територіальних органів, повірників повірочних лабораторій підприємств і організацій, аудиторів з метрології, державних інспекторів з метрологічного нагляду та порядку їх атестації;
- встановлення вимог до розроблення та атестації методик виконання вимірювань та порядку ведення Державного реєстру методик виконання вимірювань, що застосовуються у сфері поширення державного метрологічного нагляду;
- встановлення порядку ведення обліку підприємств, організацій та фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності, які провадять діяльність, пов'язану з виробництвом, ремонтом, продажем і прокатом засобів вимірювальної техніки;
- організація та проведення державного метрологічного контролю і нагляду;

- визначення порядку встановлення приналежності технічних засобів до засобів вимірювальної техніки;
- затвердження норм часу на перевірку засобів вимірювальної техніки;
- розроблення або участь у розробленні державних наукових і науково-технічних програм, що стосуються забезпечення єдності вимірювань;
- представництво та участь від України у міжнародних, європейських та інших регіональних організаціях з метрології.

Рішення ЦОВМ, прийняті в межах його повноважень, є обов'язковими для виконання центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, організаціями і фізичними особами.

Національний науковий метрологічний центр виконує наукові фундаментальні та прикладні дослідження у сфері метрології та науково-дослідні роботи, пов'язані із створенням, удосконаленням, зберіганням, застосуванням первинних і вторинних еталонів, створенням систем передачі розмірів одиниць вимірювань, розробленням нормативних документів з метрології, формуванням державних програм з метрології та концепції розвитку державної метрологічної системи, а також здійснює державний метрологічний контроль та науково-методичне забезпечення метрологічної діяльності.

Державні наукові метрологічні центри виконують наукові прикладні дослідження у сфері метрології та науково-дослідні роботи, пов'язані із створенням, удосконаленням, зберіганням, застосуванням первинних і вторинних еталонів та створенням систем передачі розмірів одиниць вимірювань у закріплених за цими центрами видах і підвидах вимірювань, розробленням нормативних документів з метрології, а також здійснюють державний метрологічний контроль.

Територіальні органи виконують завдання і функції ЦОВМ у межах, визначених ЦОВМ, а також здійснюють державний метрологічний контроль і нагляд.

Метрологічні центри і територіальні органи за договорами з підприємствами, організаціями та фізичними особами крім

робіт, зазначених вище, можуть проводити калібрування, метрологічну атестацію і ремонт засобів вимірювальної техніки, метрологічну експертизу документації, атестацію у державній метрологічній системі калібрувальних і вимірювальних лабораторій, атестацію методик виконання вимірювань та надавати інші метрологічні послуги відповідно до цього Закону.

Державні служби:

1. Державна служба єдиного часу і еталонних частот здійснює міжрегіональну і міжгалузеву координацію та виконання робіт, спрямованих на забезпечення єдності вимірювань часу і частоти та визначення параметрів обертання Землі.

2. Державна служба стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів здійснює міжрегіональну і міжгалузеву координацію та забезпечує виконання робіт, пов'язаних з розробленням і впровадженням стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів.

3. Державна служба стандартних довідкових даних про фізичні сталі та властивості речовин і матеріалів здійснює міжрегіональну і міжгалузеву координацію та забезпечує виконання робіт, пов'язаних з розробленням і впровадженням стандартних довідкових даних про фізичні сталі та властивості речовин і матеріалів.

Метрологічні служби можуть створюватися:

- у центральних органах виконавчої влади (у тому числі в їх центральних апаратах) - для координації робіт, пов'язаних із забезпеченням єдності вимірювань і здійсненням метрологічного контролю і нагляду;
- в органах управління об'єднань підприємств - для виконання делегованих підприємствами, що входять до складу об'єднань, функцій щодо забезпечення єдності вимірювань;
- на підприємствах і в організаціях - для забезпечення єдності вимірювань та здійснення метрологічного контролю і нагляду.

На підприємствах і в організаціях, які виконують роботи у сфері поширення державного метрологічного нагляду, обов'язково створюються метрологічні служби або призначаються особи, відповідальні за забезпечення єдності вимірювань.

Метрологічні служби центральних органів виконавчої влади, органів управління об'єднань підприємств, підприємств і організацій організують та виконують роботи, пов'язані із забезпеченням єдності вимірювань, основними з яких є:

- організація і здійснення метрологічного контролю і нагляду;
- розроблення методик виконання вимірювань, методик метрологічної атестації, повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки;
- організація подання на державні випробування і повірку, а також організація проведення ремонту засобів вимірювальної техніки.

Головні та базові організації метрологічних служб центральних органів виконавчої влади повинні бути атестовані відповідним центральним органом виконавчої влади за участю національного наукового метрологічного центру в порядку, встановленому нормативно-правовим актом ЦОВМ.

1.2.2. Державний метрологічний контроль і нагляд

Державний метрологічний контроль і нагляд здійснюються з метою перевірки додержання вимог Закону, інших нормативно-правових актів і нормативних документів з метрології.

Об'єктами державного метрологічного контролю і нагляду є:

- засоби вимірювальної техніки;
- методики виконання вимірювань;
- кількість фасованого товару в упаковках.

Державний метрологічний контроль і нагляд стосовно засобів вимірювальної техніки та методик виконання вимірювань поширюється на вимірювання, результати яких використовуються під час:

- робіт із забезпечення охорони здоров'я;
- робіт із забезпечення захисту життя та здоров'я громадян;
- контролю якості та безпеки продуктів харчування і лікарських засобів;
- контролю стану навколишнього природного середовища;
- контролю безпеки умов праці;
- геодезичних і гідрометеорологічних робіт;

- торговельно-комерційних операцій і розрахунків між покупцем (споживачем) і продавцем (постачальником, виробником, виконавцем), у тому числі у сферах побутових і комунальних послуг, телекомунікаційних послуг і послуг поштового зв'язку;
 - податкових, банківських і митних операцій;
 - обліку енергетичних і матеріальних ресурсів (електричної і теплової енергії, газу, води, нафтопродуктів тощо), за винятком внутрішнього обліку, який ведеться підприємствами, організаціями та фізичними особами - суб'єктами підприємницької діяльності;
 - робіт, пов'язаних з державною реєстрацією земельних ділянок і нерухомого майна;
 - робіт із забезпечення технічного захисту інформації, необхідність якого визначена законодавством;
 - робіт, що виконуються за дорученням органів прокуратури та правосуддя;
 - робіт з оцінки відповідності продукції, процесів, послуг;
 - реєстрації національних і міжнародних спортивних рекордів.
- Розглянемо види державного метрологічного контролю і нагляду:

До державного метрологічного контролю належать:

- уповноваження та атестація у державній метрологічній системі;
- державні випробування засобів вимірювальної техніки і затвердження їх типів;
- державна метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки;
- повірка засобів вимірювальної техніки.

До державного метрологічного нагляду належать:

- державний метрологічний нагляд за забезпеченням єдності вимірювань;
- державний метрологічний нагляд за кількістю фасованого товару в упаковках.

Уповноваження та атестація у державній метрологічній системі здійснюється відповідним органом з метою документального засвідчення компетентності і права

підприємства та організації чи їх окремого підрозділу проводити державні випробування і повірку засобів вимірювальної техніки, атестацію методик виконання вимірювань та калібрування засобів вимірювальної техніки та вимірювання.

Органами з уповноваження на проведення державних випробувань та повірки засобів вимірювальної техніки є ЦОВМ, на проведення атестації методик виконання вимірювань - ЦОВМ та метрологічні центри.

ЦОВМ здійснюється уповноваження:

- метрологічних центрів і територіальних органів - на проведення державних приймальних і контрольних випробувань і повірки засобів вимірювальної техніки та на проведення атестації методик виконання вимірювань, що використовуються у сфері та/або поза сферою поширення державного метрологічного нагляду;
- головних і базових організацій метрологічних служб центральних органів виконавчої влади - на проведення державних приймальних випробувань засобів вимірювальної техніки, на які не поширюється державний метрологічний нагляд;
- повірочних лабораторій підприємств та організацій - на проведення повірки засобів вимірювальної техніки;
- повірочних лабораторій іноземних виробників - на проведення повірки засобів вимірювальної техніки, призначених для ввезення на територію України партіями.

За рішенням ЦОВМ окремі етапи проведення робіт з уповноваження можуть виконувати метрологічні центри.

Метрологічними центрами за рішенням ЦОВМ здійснюється уповноваження підприємств та організацій на проведення атестації методик виконання вимірювань, що використовуються у сфері та/або поза сферою поширення державного метрологічного нагляду.

Органами з атестації на проведення калібрування засобів вимірювальної техніки та вимірювань є ЦОВМ, метрологічні центри та територіальні органи.

ЦОВМ здійснюється атестація:

1) метрологічних центрів і територіальних органів на проведення:

калібрування засобів вимірювальної техніки для інших підприємств, організацій та для фізичних осіб;

вимірювань у сфері та/або поза сферою поширення державного метрологічного нагляду;

2) калібрувальних лабораторій іноземних виробників - на проведення калібрування засобів вимірювальної техніки, призначених для ввезення на територію України партіями.

За рішенням ЦОВМ окремі етапи проведення робіт з атестації можуть виконувати метрологічні центри.

Метрологічними центрами за рішенням ЦОВМ здійснюється атестація калібрувальних лабораторій підприємств та організацій, що не належать до сфери управління центральних органів виконавчої влади або належать до сфери управління цих органів (якщо ці органи не мають метрологічної служби з головними та/або базовими організаціями), - на проведення калібрування засобів вимірювальної техніки для власних потреб цих підприємств та організацій.

Уповноважені або атестовані організації повинні додержуватися вимог нормативно-правових актів і нормативних документів з метрології, відповідно до яких вони були уповноважені або атестовані;

Засоби вимірювальної техніки, призначені для серійного виробництва в Україні або для ввезення на територію України партіями, підлягають державним приймальним та контрольним випробуванням з метою затвердження типів цих засобів або контролю їх відповідності затвердженим типам і обов'язковим вимогам нормативних документів з метрології.

Засоби вимірювальної техніки, не призначені для серійного виробництва в Україні або для ввезення на територію України партіями, на які поширюється державний метрологічний нагляд, підлягають державній метрологічній атестації.

Засоби вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, випускаються з серійного виробництва, ремонту та у продаж, видаються напрокат, на які поширюється державний метрологічний нагляд, підлягають повірці.

Повірці також підлягають:

- вихідні і робочі еталони метрологічних центрів та територіальних органів;
- вихідні еталони підприємств і організацій;
- засоби вимірювальної техніки, що застосовуються під час державних випробувань, державної метрологічної атестації та повірки засобів вимірювальної техніки, а також під час калібрування засобів вимірювальної техніки для інших підприємств, організацій та для фізичних осіб.

Засоби вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, підлягають періодичній повірці через міжповірочні інтервали, порядок встановлення яких визначається нормативно-правовим актом ЦОВМ.

Підприємства, організації та фізичні особи зобов'язані своєчасно (з урахуванням установлених міжповірочних інтервалів) подавати засоби вимірювальної техніки на повірку.

Повірка засобів вимірювальної техніки проводиться територіальними органами, уповноваженими на її проведення. У разі якщо територіальні органи через відсутність відповідних еталонів не можуть провести повірку окремих типів засобів вимірювальної техніки, повірка цих засобів проводиться метрологічними центрами, уповноваженими на її проведення.

Повірку засобів вимірювальної техніки під час експлуатації та випуску з виробництва і ремонту можуть виконувати повірочні лабораторії підприємств і організацій, уповноважені на її проведення.

Державний метрологічний нагляд за забезпеченням єдності вимірювань поширюється на центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, організації та фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності.

У центральних та місцевих органах виконавчої влади, органах місцевого самоврядування та в органах управління об'єднань підприємств проводиться перевірка додержання вимог цього Закону, інших нормативно-правових актів і нормативних документів з метрології.

На підприємствах, в організаціях і у фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності, крім того, проводиться перевірка:

- стану і застосування засобів вимірювальної техніки;
- застосування атестованих методик виконання вимірювань і правильності виконання вимірювань;
- додержання умов і правил проведення державних випробувань, повірки, калібрування, ввезення, випуску з виробництва, ремонту та у продаж і видачі напрокат засобів вимірювальної техніки, проведення вимірювань та атестації методик виконання вимірювань.

Державний метрологічний нагляд здійснюють посадові особи ЦОВМ та його територіальних органів:

- головний державний інспектор України з метрологічного нагляду та його заступники, якими за посадою є відповідно керівник ЦОВМ та його заступники;
- головні державні інспектори Автономної Республіки Крим, області, міста з метрологічного нагляду та їхні заступники, якими за посадою є відповідно керівники територіальних органів та їхні заступники;
- державні інспектори з метрологічного нагляду, якими за посадою є відповідно керівники підрозділів, їхні заступники та спеціалісти ЦОВМ, керівники підрозділів, їхні заступники та спеціалісти територіальних органів, на яких покладено здійснення державного метрологічного нагляду.

Головний державний інспектор України та його заступники, головні державні інспектори Автономної Республіки Крим, області, міста, їхні заступники і державні інспектори під час виконання своїх обов'язків мають право:

- безперешкодно (з пред'явленням службового посвідчення) відвідувати центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, організації та фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності з додержанням установлених у них порядку і режиму роботи;
- перевіряти діяльність центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, організацій та фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності щодо додержання вимог цього Закону, інших нормативно-правових актів і нормативних

документів з метрології, а також використовувати при цьому їх технічні засоби та залучати до перевірок їх працівників;

- одержувати необхідні відомості та матеріали з метрологічної діяльності.

Державні інспектори крім дій, зазначених вище, мають також право:

- направляти засоби вимірювальної техніки на інспекційну повірку;
- перевіряти правильність віднесення засобів вимірювальної техніки до таких, що підлягають повірці;
- перевіряти кількість фасованого товару в упаковках під час його фасування та продажу, відбирати для цього зразки упаковок фасованих товарів і у разі потреби розкривати готові упаковки;
- користуватися проїзними квитками для проїзду в міському пасажирському транспорті (крім таксі), які можуть закуповуватися за рахунок асигнувань, передбачених у кошторисі на утримання організації, у штаті якої ці інспектори перебувають.

У разі виявлення порушень метрологічних вимог головні державні інспектори та їхні заступники і державні інспектори мають право:

- забороняти застосування, випуск з ремонту та у продаж і видачу напрокат засобів вимірювальної техніки;
- анулювати результати повірки засобів вимірювальної техніки;
- давати приписи та встановлювати строки усунення порушень метрологічних вимог;
- забороняти реалізацію партій фасованого товару, з яких відбиралися зразки упаковок фасованих товарів;
- забороняти виконання робіт, пов'язаних з вимірюваннями;
- складати протоколи про адміністративні правопорушення у сфері метрологічної діяльності;
- вносити пропозиції про тимчасове зупинення дії або анулювання свідоцтв про уповноваження на проведення державних випробувань і повірки засобів вимірювальної техніки та атестації методик виконання вимірювань, атестатів

акредитації на проведення калібрування засобів вимірювальної техніки та свідоцтв про атестацію на проведення калібрування засобів вимірювальної техніки та вимірювань;

- вносити пропозиції щодо передання до правоохоронних органів матеріалів про порушення метрологічних вимог.

У разі виявлення порушень метрологічних вимог головні державні інспектори та їхні заступники крім дій, розглянутих вище, мають також право:

- забороняти випуск з виробництва засобів вимірювальної техніки;
- розглядати справи про адміністративні правопорушення у сфері метрологічної діяльності і накладати адміністративні стягнення відповідно до закону;
- надсилати правоохоронним органам матеріали про порушення метрологічних вимог у випадках, передбачених законодавством.

Поновлення застосування, випуску з виробництва, ремонту та у продаж і видачі напрокат засобів вимірювальної техніки, реалізації партій фасованих товарів в упаковках, виконання робіт, пов'язаних з вимірюваннями, проводиться на підставі позитивних висновків повторної перевірки державним інспектором, витрати на яку оплачують відповідні підприємства, організації та фізичні особи - суб'єкти підприємницької діяльності.

Державні повірники, виконуючи свої обов'язки, мають право:

- безперешкодно, з пред'явленням службового посвідчення, відвідувати підприємства і організації з додержанням встановлених у них порядку і режиму роботи для виконання повірочних робіт;
- брати участь у здійсненні державного метрологічного контролю і нагляду;
- проводити контроль стану і застосування засобів вимірювальної техніки, які використовуються у сфері поширення державного метрологічного нагляду;
- використовувати технічні засоби (необхідні для проведення повірки засобів вимірювальної техніки), що належать

підприємствам і організаціям, на яких здійснюється повірка, та залучати до проведення повірки працівників цих підприємств і організацій.

У разі якщо за результатами повірки встановлено, що засоби вимірювальної техніки не відповідають вимогам нормативних документів з метрології, державні повірники мають право:

- вносити пропозиції щодо заборони використання або випуску з виробництва та ремонту засобів вимірювальної техніки;
- анулювати результати повірки засобів вимірювальної техніки;
- вносити пропозиції щодо скорочення міжповірочного інтервалу в разі, якщо засоби вимірювальної техніки не відповідають встановленим метрологічним вимогам за діючим міжповірочним інтервалом.

Державні повірники зобов'язані проводити повірку з додержанням вимог відповідних нормативних документів з метрології.

1.2.3. Метрологічний контроль і нагляд

До метрологічного контролю належать:

- атестація калібрувальних і вимірювальних лабораторій підприємств і організацій;
- метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки;
- калібрування засобів вимірювальної техніки;
- метрологічна експертиза документації та атестація методик виконання вимірювань.

Метрологічний контроль здійснюється метрологічними службами центральних органів виконавчої влади, їх головними і базовими організаціями, метрологічними службами підприємств і організацій.

Головними і базовими організаціями метрологічних служб центральних органів виконавчої влади, метрологічними службами підприємств і організацій проводиться метрологічна атестація та калібрування засобів вимірювальної техніки, метрологічна експертиза документації та атестація методик виконання вимірювань.

Метрологічний нагляд здійснюється за забезпеченням єдності вимірювань.

Метрологічний нагляд здійснюється:

- метрологічними службами центральних органів виконавчої влади - на підприємствах і в організаціях, що належать до сфери їх управління;
- головними і базовими організаціями метрологічних служб центральних органів виконавчої влади - на підприємствах і в організаціях, що належать до сфери управління цих органів, визначених положеннями про відповідні головні і базові організації;
- метрологічними службами підприємств і організацій - на відповідних підприємствах і в організаціях.

Засоби вимірювальної техніки, не призначені для серійного виробництва або для ввезення на територію України партіями, на які не поширюється державний метрологічний нагляд, підлягають метрологічній атестації.

Засоби вимірювальної техніки, призначені для серійного виробництва в Україні або для ввезення на територію України партіями, на які не поширюється державний метрологічний нагляд, підлягають калібруванню під час випуску з виробництва та ремонту.

Необхідність проведення калібрування засобів вимірювальної техніки під час експлуатації визначається їх користувачем.

Під час метрологічного нагляду за забезпеченням єдності вимірювань проводиться перевірка:

- стану і застосування засобів вимірювальної техніки;
- застосування методик виконання вимірювань;
- правильності виконання вимірювань;
- своєчасності надання засобів вимірювальної техніки на повірку і калібрування;
- додержання умов і правил проведення повірки і калібрування засобів вимірювальної техніки та проведення вимірювань, що відповідно виконуються уповноваженими повірочними та атестованими калібрувальними та вимірювальними лабораторіями;

- додержання вимог нормативних документів з метрології.

Фінансування діяльності Державної метрологічної служби здійснюється за рахунок:

- коштів державного бюджету;
- надходжень від виконання робіт з державного метрологічного контролю, інших метрологічних робіт та надання метрологічних послуг;
- коштів від виконання науково-дослідних робіт;
- інших надходжень, передбачених законом.

Відповідно до міжнародних договорів України можуть визнаватися результати державних випробувань, затвердження типу, повірки, калібрування і метрологічної атестації засобів вимірювальної техніки, вимірювань, атестації методик виконання вимірювань, проведених в іноземних державах.

Особи, винні в порушенні законодавства про метрологію та метрологічну діяльність, притягаються до дисциплінарної, цивільної, адміністративної чи кримінальної відповідальності.

1.3. Одиниці вимірювань.

В Україні застосовуються одиниці вимірювань Міжнародної системи одиниць (далі - SI), прийнятої Генеральною конференцією з мір та ваг і рекомендованої Міжнародною організацією законодавчої метрології, а саме:

Основні одиниці SI:

- метр як одиниця довжини (позначення одиниці: українське - м, міжнародне - m);
- кілограм як одиниця маси (позначення одиниці: українське - кг, міжнародне - kg);
- секунда як одиниця часу (позначення одиниці: українське - с, міжнародне - s);
- ампер як одиниця сили електричного струму (позначення одиниці: українське - А, міжнародне - A);
- кельвін як одиниця термодинамічної температури (позначення одиниці: українське - К, міжнародне - K);
- кандела як одиниця сили світла (позначення одиниці: українське - кд, міжнародне - cd);

- моль як одиниця кількості речовини (позначення одиниці: українське - моль, міжнародне - mol);

Міжнародна система одиниць (SI) прийнята в жовтні 1960 р. XI Генеральною конференцією по мірам і вагам (див. табл. 1), де наведені основні та додаткові одиниці.

Визначення основних і додаткових одиниць SI:

Метр дорівнює довжині шляху, який проходить у вакуумі світло за $1/299792458$ долю секунди.

Кілограм дорівнює масі міжнародного прототипу кілограма.

Секунда дорівнює 9192631770 періодам випромінювання, яке відповідає переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезія – 133.

Ампер дорівнює силі постійного струму, який при проходженні по двох паралельних прямолінійних провідниках нескінченної довжини й безмежно малого кругового перерізу, розташованих на віддалі 1 м один від одного у вакуумі, викликає би на кожній ділянці провідника довжиною 1 м силу взаємодії, яка дорівнює $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Кельвін дорівнює $1/273,16$ частини термодинамічної температури потрійної точки води.

Кандела дорівнює силі світла в заданому напрямку джерела, яке випускає монохроматичне випромінювання частотою $540 \cdot 10^{12}$ Гц, енергетична сила світла якого в цьому напрямку складає $1/683$ Вт/ср.

Моль дорівнює кількості речовини системи, яка містить стільки ж структурних елементів, скільки міститься атомів в нукліді ^{12}C масою 0,012 кг. При застосуванні моля структурні елементи повинні бути специфіковані й можуть бути атомами, молекулами, іонами, електронами та іншими частинками або специфікованими групами частинок.

Радіан дорівнює куту між двома радіусами кола, дуга між якими за довжиною рівна радіусу.

Стерадіан дорівнює тілесному куту з вершиною в центрі сфери, який вирізає на поверхні сфери площу, яка дорівнює площі квадрата із стороною, яка за довжиною дорівнює радіусу сфери.

Похідні одиниці SI – одиниця похідної фізичної величини системи одиниць, яка утворена відповідно до рівняння, яке

зв'язує її з основними одиницями або з основними і вже визначеними похідними

Таблиця 1.

Величина			Одиниця		
Назва	Розмір - ність	Рекомендо- ване позначення	Назва	Позначення	
				Укра - їнське	Між на- родне
Основні одиниці					
Довжина	L	l, L	метр	м	m
Маса	M	m	кілограм	кг	kg
Час	T	t, T	секунда	с	s
Сила електричного струму	I	I	ампер	A	A
Термо- динамічна температура Кельвіна	Θ	T, Θ	кельвін	K	K
Сила світла	J	I_v	кандела	кд	cd
Кількість речовини	N	N, ν	моль	моль	mol
Додаткові одиниці					
Плаский кут	-	φ	радіан	рад	rad
Тілесний кут	-	Ω	стерадіан	ср	sr

3) десяткові кратні та часткові від одиниць SI (див. табл. 2.).

В Україні застосовуються також:

- одиниці, що не входять до SI, але дозволені ЦОВМ (далі - дозволені позасистемні одиниці);
- комбінації одиниць SI та дозволених позасистемних одиниць.

Таблиця 2.

Множник	Приставка	Позначення приставки	
		українське	Міжнародне
10^{18}	екса	E	E
10^{15}	пета	P	P
10^{12}	тера	T	T
10^9	гіга	G	G
10^6	мега	M	M

Множник	Приставка	Позначення приставки	
		українське	Міжнародне
10^3	кіло	к	k
10^2	гекто	г	h
10^1	дека	да	da
10^{-1}	деци	д	d
10^{-2}	санти	с	c
10^{-3}	мілі	м	m
10^{-6}	мікро	мк	μ
10^{-9}	нано	н	n
10^{-12}	піко	п	p
10^{-15}	фемто	ф	f
10^{-18}	атто	а	a

Визначення основних одиниць SI, назви та визначення похідних одиниць SI, десяткових кратних і часткових від одиниць SI, дозволених позасистемних одиниць, а також їх позначення та правила написання встановлюються нормативними документами з метрології ЦОВМ.

За рішенням ЦОВМ можуть бути дозволені до тимчасового застосування у визначеній галузі інші одиниці вимірювань, кратні та часткові від них.

Розглянемо особливості застосування одиниць вимірювань стосовно товарів та послуг, призначених для експорту

Характеристики і параметри експортних товарів (у тому числі засобів вимірювальної техніки) та послуг (у тому числі з вимірювань, метрологічної атестації, перевірки, калібрування), що виробляються або виконуються для іноземних держав, можуть бути подані в одиницях вимірювань, встановлених замовником.

Переведення неметричних одиниць Англії і США в метричну систему мір наведено в таблиці 3.

Таблиця 3.

Англо – американські одиниці вимірювань	Метричні одиниці
Одиниці довжини	
Морська миля міжнародна	1852 м
Миля законна	1609,344 м
Фарлонг	201,17 м
Кабельтов (0,1 морської милі)	185,2 м

Англо – американські одиниці вимірювань	Метричні одиниці
Ярд = 3 фута = 36 дюймам	0,9144 м
Фут = 12 дюймам	30,48 см
Дюйм = 10 великим лініям = 12 малим лініям	25,40 мм
Велика лінія	2,54 мм
Мала лінія	2,117 мм
Одиниці площі	
Квадратна миля = 640 акрам	2,590 км ²
Акр = 4840 квадратним ярдам	4047 м ²
Квадратний ярд = 9 квадратним футах	0,836 м ²
Квадратний фут = 144 квадратним дюймам	0,0929 м ²
Квадратний дюйм	6,452 см ²
Одиниці об'єму і місткості	
Кубічний ярд = 27 кубічним футах	0,7646 м ³
Кубічний фут = 1728 кубічним дюймам	0,02832 м ³
Кубічний дюйм	16,386 см ³
для рідин	
Барель нафтовий (США)	159,0 л
Галон (Англія) = 4 квартах = 8 пінтам	4,546 л
Галон (США) = 4 квартах рідинним = 8 пінтам рідинним	3,785 л
для сипких тіл	
Барель сухий (США)	115,6 л
Бушель (Англія) = 8 галонам (англійським)	36,37 л
Бушель (США) = 64 пінтам сухим	35,24 л
Галон сухий (США)	4,4 л
Кварта суха (США)	1,1 л
Одиниці маси	
Тонна довга = 2240 фунтам = 1,12 короткої тонни	1,016 т

Англо – американські одиниці вимірювань	Метричні одиниці
Тонна коротка = 2000 фунтам	0,907 т
Центнер довгий = 112 фунтам	50,80 кг
Фунт торговий = 16 унціям = 256 драхмам = 7000 грамам	453,59 г
Трійська унція = аптекарській ун. = 8 драхмам	31,1035 г
Карат метричний	0,2 г
Одиниці швидкості	
Морська миля в годину (вузол)	1,852 км/год
Миля в годину	0,447 м/с
Фут в секунду	0,305 м/с

Переведення найважливіших старих руських одиниць в одиниці SI подано в таблиці 4.

Таблиця 4

Величина	Одиниця	Значення в одиницях SI
Довжина	верста	1,06680 км
	сажень	2,11360 м
	аршин	0,711200 м
	вершок	4,445000 см
	фут (дорівнює англ. футу)	0,304800 м
	дюйм	2,54000 см
Маса (вага)	лінія	2,54000 мм
	пуд	16,380496 кг
	фунт	0,40951241 кг
	лот	12,797263 г
	золотник	4,2657543 г
доля	44,434940 мг	
Площа	квадратна верста	1,13806 км ²
	десятина	10925,4 м ²
Об'єм, місткість	кубічна сажень	9,7126 м ³
	бочка	0,492 м ³
	відро	12,2994 дм ³
	штоф (0,1 відро)	1,22994 дм ³
	пляшка винна (1/16 відра)	0,768712 дм ³

Величина	Одиниця	Значення в одиницях SI
	пляшка горілчана (1/20 відра)	0,614970 дм ³
	чарка (1/100 відра)	122,994 см ³
	чверть (для сипких тіл)	0,209909 м ³
	четверик	0,262387 м ³
	гарнец	3,27984 дм ³

1.4. Державні еталони

Державні еталони є основою технічної бази державної метрологічної системи. Статус державних еталонів надається первинним еталонам, створення і вдосконалення яких здійснюється відповідно до державних науково-технічних програм, які розробляються ЦОВМ, з метою забезпечення потреб життєдіяльності людини, економіки і оборони України та інших сфер.

За виконання завдань цих програм і технічний рівень створених еталонів несе відповідальність ЦОВМ.

У разі відсутності первинних еталонів статус державних еталонів може бути наданий вторинним еталонам національного наукового метрологічного центру і державних наукових метрологічних центрів, що належать до сфери управління ЦОВМ), та територіальних (регіональних) органів ЦОВМ в Автономній Республіці Крим, областях, містах Києві та Севастополі, містах обласного значення, які є вихідними еталонами України.

Надання еталонам статусу державних еталонів здійснюється ЦОВМ у порядку, встановленому нормативним документом з метрології цього органу.

Державні еталони є виключно державною власністю і перебувають у віданні ЦОВМ.

У державній метрологічній системі можуть застосовуватися первинні еталони, які є власністю підприємств і організацій, без надання їм статусу державних еталонів.

Контроль за додержанням правил і умов зберігання та застосування цих еталонів здійснює національний науковий метрологічний центр.

Як вихідні еталони України у державній метрологічній системі можуть застосовуватися вторинні і робочі еталони метрологічних центрів, територіальних органів, підприємств і організацій, які мають найвищі метрологічні властивості серед еталонів відповідних одиниць вимірювань, що є у державі.

З метою забезпечення визнання на міжнародному рівні еталонів, зазначених вище, а також результатів вимірювань, повірки та калібрування, що виконуються відповідно вимірювальними, повірочними та калібрувальними лабораторіями, метрологічні характеристики цих еталонів повинні підтверджуватися шляхом їх звірення з відповідними еталонами інших держав і міжнародними еталонами.

Реєстрація, зберігання та застосування еталонів, зазначених у частинах першій - четвертій цієї статті, а також звірення їх з еталонами інших держав і міжнародними еталонами провадяться у порядку, встановленому нормативним документом з метрології ЦОВМ.

Відповідальність за додержання правил і умов зберігання та застосування еталонів, покладається на керівників метрологічних центрів, територіальних органів, підприємств і організацій, де зберігаються еталони, та вчених зберігачів цих еталонів.

1.5. Засоби вимірювальної техніки

Засоби вимірювальної техніки можуть застосовуватися, якщо вони відповідають вимогам щодо точності, встановленим для цих засобів, у певних умовах їх експлуатації.

Засоби вимірювальної техніки, на які поширюється державний метрологічний нагляд, дозволяється застосовувати, випускати з виробництва, ремонту та у продаж і видавати напрокат лише за умови, якщо вони пройшли повірку або державну метрологічну атестацію.

Засоби вимірювальної техніки, на які не поширюється державний метрологічний нагляд, дозволяється випускати з виробництва та ремонту лише за умови, якщо вони пройшли калібрування або метрологічну атестацію.

Ввезення на територію України засобів вимірювальної техніки партіями може здійснюватися, якщо типи цих засобів занесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки.

Порядок ввезення на територію України засобів вимірювальної техніки встановлюється Кабінетом Міністрів України.

Підприємства, організації та фізичні особи - суб'єкти підприємницької діяльності, які провадять діяльність, пов'язану з виробництвом, ремонтом, продажем і прокатом засобів вимірювальної техніки, повинні письмово повідомити відповідні територіальні органи про свою діяльність у порядку, встановленому нормативно-правовим актом ЦОВМ.

Підприємства, організації та фізичні особи - суб'єкти підприємницької діяльності, які провадять діяльність, пов'язану з ремонтом засобів вимірювальної техніки, повинні дотримуватися умов і правил проведення цієї діяльності, які встановлюються нормативно-правовим актом ЦОВМ.

Територіальні органи здійснюють облік підприємств, організацій та фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності, які провадять діяльність, пов'язану з виробництвом, ремонтом, продажем і прокатом засобів вимірювальної техніки.

1.5.1. Міри, вимірювальні перетворювачі і електромеханічні прилади

Засіб вимірювання, який призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру, називається мірою. Значення величини, яке вказане на мірі, називається номінальним значенням міри (наприклад: набір гир, масштабні лінійки).

До мір відносяться еталони, зразкові і робочі міри. Еталони, які займають особливе місце серед мір, призначені для відтворення і (або) зберігання одиниць фізичних величин з метою передачі їх розміру іншим засобам вимірювань.

За призначенням міри поділяють на зразкові і робочі. Міри, які затверджені як зразкові, призначені для перевірки і градування робочих засобів вимірювань. Робочі міри служать для вимірювань.

За точністю відтворення фізичної величини зразкові міри бувають 1, 2, і 3-го розрядів, причому найменша похибка відтворення у міри 1-го розряду.

За кількістю відтворюваних розмірів величини міри поділяються на однозначні й багатозначні та набори мір. До однозначних мір відносяться вимірювальні котушки опору, котушки індуктивності і взаємної індуктивності, вимірювальні конденсатори постійної ємності, нормальні елементи і стабілізовані джерела напруги.

Вимірювальні котушки опору виконують на номінальне значення опору 10^{zn} Ом, де n – ціле число. Вони мають чотири затискачі два з яких називають струмовими, а два – потенціальними. Між потенціальними затискачами опір котушки відповідає номінальному при вмиканні котушки в коло з допомогою струмових затискачів. Обмотку котушки опору виготовляють із манганіну, який має великий питомий електричний опір, при малому температурному коефіцієнті опору, малій термо-ЕРС в парі з міддю і при високій стабільності своїх властивостей. Котушки опору можуть мати клас точності від 0,0005 до 0,1 при номінальному опорі від 10^{-5} до 10^{10} Ом.

Вимірювальні котушки індуктивності і взаємної індуктивності. Котушки індуктивності виготовляють з дроту, намотаного на каркас (з номіналами від 10^{-6} до 1 Гн, класів точності від 0,05 до 0,5 і з верхньою межею частоти 100 кГц).

Котушки взаємної індуктивності мають дві обмотки, намотані на спільному каркасі. Котушки випускають з номіналами від 10^{-4} до 10^{-2} Гн з допустимою основною похибкою $\pm 0,1\%$ і з верхньою межею частоти 50 кГц.

Вимірювальні конденсатори. Як однозначні міри електричної ємності використовують повітряні й газонаповнені конденсатори і конденсатори із слюдяною ізоляцією. Ємність повітряних конденсаторів не перевищує 10000 пФ. Для роботи в колах високої напруги використовують газонаповнені конденсатори. Вимірювальні конденсатори мають клас точності від 0,005 до 1.

Нормальні елементи. Однозначною мірою ЕРС і напруги є нормальний елемент, який являє собою спеціальне хімічне

джерело електричної енергії, ЕРС якого відома з великою точністю і при незмінній зовнішній температурі відрізняється великою стабільністю (сталістю) в часі. Випускають нормальні елементи з насиченим і ненасиченим розчином електроліту, які відрізняються своїми характеристиками. В залежності від температури навколишнього середовища (t) ЕРС нормального елемента з насиченим розчином електроліту визначається виразом:

$$E_t = E_{20} - 40,6 \cdot 10^{-6}(t - 20) - 0,95 \cdot 10^{-6}(t - 20)^2 + 0,01 \cdot 10^{-6}(t - 20)^3$$

де E_{20} – ЕРС нормального елемента при температурі 20°C ($E_{20} = 1,0185 \div 1,0187$ В). Нормальні елементи можуть мати класи точності від 0,0002 до 0,02.

Стабілізовані джерела напруги. В даний час як міри електричної напруги часто застосовують стабілізовані джерела живлення. Для стабілізованого джерела напруги постійного струму ПЗ6 – 1 при відхиленні живлячої напруги на $\pm 10\%$ має вихідну напругу при номінальному струмі навантаження 1мА постійною в межах $(1,5000 \pm 0,0001)$ В.

До багатозначних мір відносяться вимірювальні генератори, калібратори напруги, струму і фазового зсуву, вимірювальні конденсатори змінної ємності, варіометри – міри змінної індуктивності, магазини опорів, ємності, індуктивності, взаємної індуктивності.

Вимірювальні генератори – це джерела змінного струму і напруги, форма яких наперед відома, а частота, амплітуда і деякі інші параметри можуть регулюватися в певних межах і відраховуватись із гарантованою точністю. За призначенням і спектром частот вони поділяються на генератори синусоїдальних сигналів, шумових сигналів, імпульсних сигналів і сигналів спеціальної форми.

Калібратори. Калібратори напруги і струму – це стабілізовані джерела напруги або струму, які дають можливість одержувати на їх виході ряд каліброваних, тобто точно відомих значень сигналів. Випускаються калібратори постійного і змінного струму і напруги.

Прикладом **вимірювального конденсатора змінної ємності** може служити конденсатор типу Р 5076, діапазон зміни ємності якого 0 – 35 мкФ, клас точності 0,2.

Магазини. Як багатозначні міри одержали розповсюдження магазини опорів, ємності і індуктивності, в яких з допомогою відповідних перемикачів можна встановити необхідне значення величини, яка відтворюється мірою.

Магазини опорів випускають із діапазоном відтворення значення величини від 10^{-2} до 10^{10} Ом і класами точності від 0,01 до 0,2. Магазини ємності мають діапазон відтворення 10^{-3} – 10^9 пФ і класи точності від 0,005 до 1. Магазини індуктивності (взаємної індуктивності) випускають із номінальними значеннями індуктивності (взаємної індуктивності) старшої декади від 0,001 до 10000 мГн з числом декад від 1 до 5; клас точності магазинів від 0,02 до 1.

Застосовуються також набори мір, наприклад набір вимірювальних конденсаторів. Міри, які входять до наборів, можуть мати різні класи точності і різний допустимий частотний діапазон.

Масштабні вимірювальні перетворювачі. Масштабним називають вимірювальний перетворювач, який призначений для зміни величини в задану кількість разів. До них відносяться шунти, дільники напруги, вимірювальні підсилювачі, вимірювальні трансформатори струму і напруги.

Шунти. Для зменшення сили струму в певну кількість разів застосовують шунти. Наприклад, така задача виникає в тому випадку, коли діапазон показів амперметра менший, ніж діапазон зміни вимірюваного струму. Шунт є резистором, який вмикається паралельно із засобом вимірювань.

Якщо опір шунта $R_{ш} = R/(n - 1)$, де R – опір засобу вимірювань; $n = I_1/I_2$ – коефіцієнт шунтування, то струм I_2 в n разів менший, ніж струм I_1 .

Шунти виготовляють із манганіну. В амперметрах для вимірювання невеликих струмів (до 30 А) шунти розміщують у корпусі приладу, для вимірювання величини струмів (до 75000А) застосовують зовнішні шунти.

Шунти застосовують із різними засобами вимірювань, однак в основному їх використовують у колах постійного струму в магнітоелектричних приладах. Шунти з вимірювальними механізмами інших типів не застосовують внаслідок малої чутливості цих механізмів, що приводить до суттєвого

збільшення розмірів шунтів і потужності, яка ними споживається. Крім того, при використанні шунтів на змінному струмі виникає додаткова похибка від зміни частоти, оскільки зі зміною частоти опори шунта і вимірювального механізму змінюються неоднаково.

Дільники напруги. Для зменшення напруги у певну кількість разів застосовують дільники напруги, які в залежності від роду напруги можуть бути виконані на елементах, які мають лише активний опір, ємнісний або індуктивний опір.

Для збільшення верхньої межі вимірювання засобу вимірювань, наприклад межі вимірювання вольтметра, який має внутрішній опір R_v , застосовують додаткові резистори, які вмикаються послідовно з вольтметром. При цьому додатковий резистор і вольтметр утворюють дільник напруги. Опір додаткового резистора визначають за формулою $R_d = R_v[(U_x/U_v)-1]$, де U_x – вимірювана напруга; U_v – спад напруги на вольтметрі; R_v – внутрішній опір вольтметра. Додаткові резистори виготовляють із манганінової дротини і використовують у колах постійного і змінного струму (до 20 кГц). Вони бувають вбудованими в середину приладу і зовнішніми. Серійно випускають калібровані додаткові резистори, які можуть використовуватись з будь-яким приладом, який має вказаний номінальний струм. Класи точності каліброваних додаткових резисторів від 0,01 до 1. Додаткові резистори використовують для перетворення напруги до 30 кВ. Номінальний струм додаткових резисторів від 0,5 до 30 мА.

Вимірювальні підсилювачі. Для підсилення сигналів постійного і змінного струму, тобто для розширення границь вимірювань у бік малих сигналів, застосовують вимірювальні підсилювачі. За діапазоном частот підсилюваних сигналів вимірювальні підсилювачі бувають постійного струму і напруги, низькочастотними (20 Гц – 200 кГц), високочастотними (до 250 МГц) і селективними, які підсилюють сигнали у вузькій смузі частот. Застосування електронних вимірювальних підсилювачів дозволяє вимірювати сигнали від 0,1 мВ і 0,3 мкА з похибкою від 0,1 до 1%. При менших струмах і напругах, які підсилюють, застосовують фотогальванометричні підсилювачі.

Вимірювальні трансформатори змінного струму і напруги використовують як перетворювачі великих змінних струмів і напруг у відносно малі струми і напруги, які є допустимими для вимірювань приладами з невеликими стандартними межами вимірювання (наприклад 5 А, 100 В). Застосуванням вимірювальних трансформаторів в колах високої напруги досягається безпека для персоналу, який обслуговує прилади, оскільки прилади при цьому вмикаються в заземлене коло низької напруги.

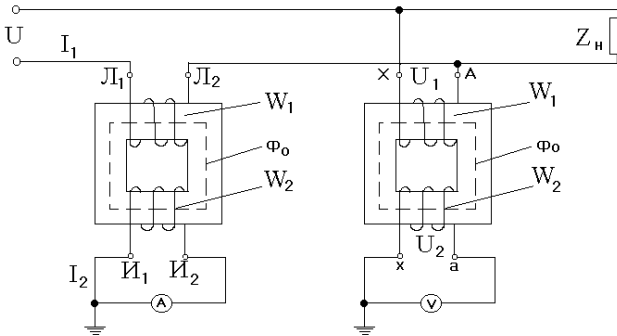


Рис. 1. Схеми вмикання вимірювальних трансформаторів струму (а) і напруги (б)

Вимірювальні трансформатори складаються з двох ізольованих одна від одної обмоток: первинної з кількістю витків ω_1 і вторинної – ω_2 , поміщених на феромагнітне осердя. (Для правильного вмикання трансформаторів і приладів затискачі трансформатора позначають як на рисунку).

У трансформаторах струму, як правило, первинний струм I_1 більший, ніж вторинний I_2 , тому в них $\omega_1 < \omega_2$. У трансформаторах струму з $I_{1н}$ вище 500 А первинна обмотка може складатись із одного витка у вигляді шини, яка проходить через вікно осердя.

У трансформаторах напруги первинна напруга U_1 більша ніж вторинна U_2 , тому в них $\omega_1 > \omega_2$. Вторинна номінальна напруга $U_{2н}$ у стандартних трансформаторів складає 100 або $100/\sqrt{3}$ В при різних значеннях первинної номінальної напруги $U_{1н}$. Первинну обмотку трансформатора струму вмикають у вимірюване коло послідовно, а трансформатора напруги -

паралельно. Вимірювальні прилади вмикають у вторинну обмотку трансформаторів.

За показаннями приладів можна визначити значення вимірюваних величин. Для цього показання приладів помножити на коефіцієнти K_I і K_U . Для трансформатора струму $K_I = I_1/I_2$, а для трансформатора напруги $K_U = U_1/U_2$. Коефіцієнти K_I і K_U називають дійсними коефіцієнтами трансформації.

Однак I_2 і U_2 змінюються непропорційно I_1 і U_1 , тобто K_I і K_U непостійні і залежать від багатьох факторів. Тому показання приладів множать не на дійсні, а на постійні номінальні коефіцієнти трансформації: $K_{Iн} = I_{1н}/I_{2н}$; $K_{Uн} = U_{1н}/U_{2н}$.

Вимірювальні трансформатори напруги працюють у режимі, який близький до режиму холостого ходу, оскільки у вторинну обмотку вмикають прилади з відносно великим внутрішнім опором.



Вимірювальні трансформатори постійного струму і напруги застосовуються при вимірюванні струмів і напруг у високовольтних установках передачі енергії постійним струмом, а також у тих випадках, коли використання шунтів неможливе і недоцільне, наприклад при вимірюванні дуже великих постійних струмів (вище 10000А).

Електромеханічні перетворювачі. У цих перетворювачах електрична енергія перетворюється в механічну енергію переміщення рухомої частини відносно нерухомої.















За способом створення протидіючого моменту вимірювальні механізми бувають із механічним протидіючим моментом і з електричним протидіючим моментом – логометричні вимірювальні механізми.

Таблиця 4.

Умовні позначення, які наносяться на електровимірювальні прилади і допоміжні частини

№ п/п	Назва	Умовне позначення
<i>1. Позначення принципу дії приладу</i>		
1	Магнітоелектричний прилад з рухомою рамкою	
2	Магнітоелектричний логометр з рухомими рамками	

№ п/п	Назва	Умовне позначення
3	Магнітоелектричний прилад з рухомим магнітом	
4	Магнітоелектричний логометр з рухомим магнітом	
5	Електромагнітний прилад	
6	Електромагнітний логометр	
7	Електромагнітний поляризований прилад	
8	Електродинамічний прилад	
9	Електродинамічний логометр	
10	Феродинамічний прилад	
11	Феродинамічний логометр	
12	Індукційний прилад	
13	Індукційний логометр	
14	Магнітоіндукційний прилад	
15	Електростатичний прилад	
16	Вібраційний прилад (язичковий)	
17	Тепловий прилад (з дротом, що нагрівається)	
18	Біметалічний прилад	
<i>2. Додаткові позначення за видом перетворювача</i>		
19	Термоперетворювач (ізолюваний)	
20	Термоперетворювач (неізолюваний)	
21	Випрямляч (напівпровідниковий)	
22	Випрямляч (електромеханічний)	
23	Електронний перетворювач	
24	Перетворювач вібраційно-імпульсний	
<i>3. Додаткові позначення по захисту від магнітних та електричних</i>		

№ п/п	Назва	Умовне позначення
<i>полів</i>		
25	Захист від зовнішніх магнітних полів (1 категорія захищеності)	
26	Захист від зовнішніх електричних полів (1 категорія захищеності)	
<i>4. Позначення роду струму</i>		
27	Постійний струм	—
28	Змінний (однофазний) струм	
29	Постійний та змінний струми	
30	Трифазний струм	
31	Трифазний струм при нерівномірному навантаженні фаз	
<i>5. Позначення класу точності, положення приладу, міцності ізоляції, впливаючих величин</i>		
32	Клас точності при нормуванні похибки у відсотках від діапазону вимірювання, наприклад 1,5	1,5
33	Те саме при нормуванні похибки у відсотках від довжини шкали, наприклад 1,5	
34	Горизонтальне положення шкали	
35	Вертикальне положення шкали	⊥
36	Похиłe положення шкали під певним кутом (наприклад 60°)	
37	Напря́м орієнтування приладу в земному магнітному полі	
38	Вимірювальне коло, ізольоване від корпусу і випробуване напругою, наприклад 2 кВ	
39	Прилад випробуванню міцності ізоляції не підлягає	
40	Обережно! Міцність ізоляції вимірювального кола по відношенню до корпусу не відповідає нормам (позначення виконується червоним кольором)	
41	Увага! Дивись додаткові вказівки в паспорті та інструкції по експлуатації	
<i>6. Позначення затискачів, коректора, аретира</i>		

№ п/п	Назва	Умовне позначення
42	Від'ємний затискач	–
43	Додатний затискач	+
44	Загальний затискач (для багатограничних приладів змінного струму і комбінованих приладів)	
45	Затискач постійного струму (в комбінованих приладах) – в залежності від полярності	
46	Затискач змінного струму (в комбінованих приладах)	
47	Генераторний затискач (для ватметрів варметрів і фазометрів)	
48	Затискач, з'єднаний з рухомою частиною (рамкою) приладу	
49	Затискач, з'єднаний з екраном	Э або Экран
50	Затискач, з'єднаний з корпусом	
51	Затискач (гвинт, шпилька) для заземлення	
52	Коректор	
53	Аретир	Арр. або Арретир
54	Напрямок аретування	
<i>7. Позначення захищеності від впливу навколишнього середовища</i>		
55	Для закритих опалюваних приміщень (група А)	Позначення не наносяться
56	Для закритих сухих неопалюваних приміщень (група Б)	Б
57	Для польових і морських умов (група В)	В ₁ , В ₂
58	Для умов сухого та вологого тропічного клімату	Т
<i>8. Умовні позначення груп по стійкості до механічних дій</i>		
59	Звичайні з підвищеною механічною міцністю	ОП
60	Тряскоміцні	ТП
61	Віброміцні	ВП
62	Не чутливі до тряски	ТН
63	Не чутливі до вібрації	ВН
64	Удароміцні	УП

№ п/п	Назва	Умовне позначення
<i>9. Умовні позначення корпусів по захищеності від впливу навколишнього середовища</i>		
65	Бризгозахисний	Бз
66	Водозахисний	Вз
67	Герметичний	Гм
68	Газозахисний	Гз
69	Пилезахисний	Пз
70	Вибухобезпечний	Вб
<i>10. Умовні позначення допоміжних частин і з'єднувальних провідників</i>		
71	Опір додатковий (загальне позначення)	ДС
72	Шунт окремий (зовнішній)	НШ
73	Трансформатор струму (загальне позначення)	ТТ
74	Трансформатор напруги (загальне позначення)	ТН
75	Додатковий пристрій	ДУ
76	Термоперетворювач	ТП
77	Провідники з'єднувальні калібровані	КП

Вимірювальні прилади являють собою пристрої, які під дією вимірюваної фізичної величини виробляють сигнал, який функціонально зв'язаний з її числовим значенням, який сприймається спостерігачем у вигляді показань приладу.

Термоелектрична система. Система, яка характеризується застосуванням однієї або кількох терморпар, які дають під впливом тепла, що виділяється вимірюваним струмом, постійний струм у вимірювач магнітоелектричної системи, шкала якого проградуєвана на вимірювану величину змінного струму.

Вібраційна система. Система, яка характеризується застосуванням ряду налаштованих пластинок, які мають різний період власних коливань і які дозволяють проводити вимірювання частоти внаслідок резонансу пластинки, яка коливається з вимірюваною частотою.

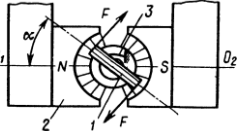
Електронна система. Система, яка характеризується застосуванням з метою вимірювання процесів випромінювання електронів, які відбуваються в електронних трубках.

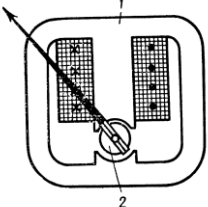
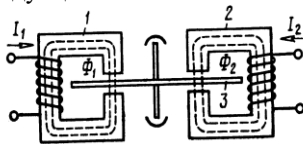
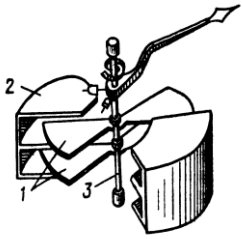
Теплова система. Система, яка характеризується тим, що відхилення рухомої системи вимірювача викликається або

подовженням, або зміною форми, або об'єму тіла, яке нагрівається вимірюваним струмом.

Таблиця 5.

Електромеханічні вимірювальні механізми.

Схема перетворювача	Принцип дії
<p>Магнітоелектрична система</p> 	<p>Взаємодія магнітного поля постійного магніту 2 і котушки з вимірюваним струмом 1 створює механічний момент, який вимірюють із допомогою пружинної крутильної ваги 3.</p>
<p>Магнітоелектричний логометр</p> 	<p>Котушки 1 і 2 взаємодіють із нерівномірним полем постійного магніту 3. Механічні моменти двох котушок, які виникають у результаті взаємодії, направлені зустрічно. Рухома система котушок повертається доти, доки не наступить рівновага. Таким чином кут повороту стрілки, яка закріплена на осі котушок є функцією струмів двох котушок.</p>
<p>Електромагнітна система</p> 	<p>По вимірювальній котушці 1 пропускають струм, який створює магнітне поле. На рухомій системі закріплено стальне осердя 2. Взаємодія сталюого осердя і магнітного поля викликає механічний момент, який вимірюють з допомогою пружинної крутильної ваги 3, 4.</p>
<p>Електродинамічна система</p> 	<p>Механічний момент у системі котушок 1 і 2 виникає в результаті взаємодії струмів, які протікають у них. Котушка 1 закріплена нерухомо, котушка 2 – на осі разом зі стрілкою. Момент вимірюють із допомогою пружинних крутильних ваг 3, 4. Момент, який виникає в системі, пропорційний добутку струмів в котушках</p>

<p>Схема перетворювача</p> <p>Феродинамічна система</p> 	<p>Принцип дії</p> <p>Принцип дії таких механізмів аналогічний принципу дії електродинамічної системи. Введення сталених осердь 1 і 2 у вимірювальний механізм збільшує чутливість перетворювача.</p>
<p>Індукційна система</p> 	<p>Система двох котушок 1, 2 створює магнітне поле, яке біжить, якщо по них протікають змінні струми. Таке поле індуктує вихрові струми в алюмінієвому диску 3, який закріплений на осі. Взаємодія індуктованого струму з магнітним полем, яке біжить, викликає механічний момент.</p>
<p>Електростатична система</p> 	<p>Перетворювач складається із двох електродів, ізольованих один від одного. Електрод 1 знаходиться на осі 3, електрод 2 закріплений нерухомо. Електроди утворюють конденсатор. До електродів підводиться напруга, під дією якої вони заряджаються. Сила взаємодії виникає між однойменно зарядженими електродами. Кут відхилення рухомої системи є функцією напруги між електродами.</p>

Випрямляюча система. Система, яка характеризується застосуванням одного або кількох випрямлячів та вимірювача магнітоелектричної системи, які з'єднані у схему, що дозволяє здійснювати вимірювання електричних величин змінного струму зі шкалою вимірювача, проградуїрованого на вимірювану величину змінного струму.

1.5.2. Електронні радіовимірювальні прилади

Електронні радіовимірювальні прилади поділяються за характером вимірів та видом вимірюваних величин на такі підгрупи (і позначаються):

- А. – прилади для вимірювання струму.
- В. – прилади для вимірювання напруги.
- Е. – прилади для вимірювання параметрів компонентів і кіл із зосередженими постійними.
- М. – прилади для вимірювання потужності.
- Р. – прилади для вимірювання параметрів елементів та трактів із розподіленими постійними.
- Ч. – прилади для вимірювання частоти і часу.
- Ф. – прилади для вимірювання різниці фаз та групового часу запізнювання.
- С. – прилади для спостереження, вимірювання та дослідження форми сигналу і спектра.
- Х. – прилади для спостереження і дослідження характеристик радіопристроїв.
- И. – прилади для імпульсних вимірювань.
- П. – прилади для вимірювання напруженості поля і радіоперешкод.
- У. – підсилювачі вимірювальні.
- Г. – генератори вимірювальні.
- Д. – атенюатори і прилади для вимірювання послаблень.
- К. – комплексні вимірювальні установки.
- Л. – прилади загального застосування для вимірювання параметрів електронних ламп і напівпровідникових приладів.
- Ш. – прилади для вимірювання електричних і магнітних властивостей матеріалів.
- Я. – блоки радіовимірювальних приладів.
- Э. – вимірювальні пристрої коаксіальних і хвилеводних трактів.
- Б. – джерела живлення для вимірювань і радіовимірювальних приладів.

Прилади підгруп у залежності від їх принципу дії поділяються на види, які позначаються буквою підгрупи і номером виду. Наприклад, частотоміри електронно-лічильні ЧЗ, частотоміри гетеродинні Ч4 і т.д.

Прилади кожного виду в залежності від їх технічних характеристик і черговості розробок поділяються на типи з позначенням порядкового номера моделі. Наприклад, Г4 – 73

означає: генератор сигналів (Г), високочастотний (4), модель – 73.

I. Електронні аналогові прилади і перетворювачі

Електронні аналогові прилади і перетворювачі – це засоби вимірювань, в яких перетворення сигналів вимірюваної інформації здійснюється з допомогою аналогових електронних пристроїв. Вихідний сигнал таких засобів є неперервною функцією вимірюваної величини. Електронні прилади і перетворювачі застосовують при вимірюванні практично всіх електричних величин: напруги, струму, частоти, потужності, опору і т.д.

Електронні вольтметри

В електронних вольтметрах вимірювана напруга перетворюється з допомогою аналогових електронних пристроїв у постійний струм, який подається на магнітоелектричний вимірювальний механізм зі шкалою, проградуєваною в одиницях напруги. Електронні вольтметри володіють високою чутливістю і широким діапазоном вимірюваних напруг (від десятків нановольт на постійному струмі до десятків кіловольт), великим вхідним опором (більше 1МОм), можуть працювати в широкому частотному діапазоні (від постійного струму до частот у межах сотень мегагерц). Ці переваги обумовили широке розповсюдження електронних вольтметрів.

За своїм призначенням і принципом дії найбільш розповсюджені вольтметри можуть бути поділені на вольтметри постійного струму, змінного струму, універсальні, імпульсні і селективні.

Вольтметри постійного струму

Спрощена структурна схема таких вольтметрів наведена на рис. 2.

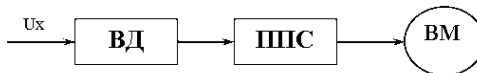


Рис. 2. Структурна схема вольтметра постійного струму

ВД – вхідний дільник напруги; ППС – підсилювач постійного струму; ВМ – магнітоелектричний вимірювальний механізм. Кут відхилення показчика вимірювального механізму $\alpha = k_{ВД} \cdot k_{ППС} \cdot S_U \cdot U_X = k_V \cdot U_X$, де $k_{ВД}$, $k_{ППС}$ – коефіцієнти перетворення (підсилення) відповідно ВД і ППС, S_U – чутливість за напругою

вимірювального механізму; k_v – коефіцієнт перетворення електронного вольтметра; U_x – вимірювана напруга.

Послідовне з'єднання дільника напруги і підсилювача є характерною особливістю будови всіх електронних вольтметрів. Розглянута структурна схема вольтметра постійного струму використовується у складі універсальних вольтметрів, оскільки при незначному ускладненні – додаванні перетворювача змінної напруги у постійну – з'являється можливість вимірювання і змінної напруги.

У вольтметрів постійного струму, як правило, $k_{ППС} \approx 1$, а основне призначення ППС – забезпечити великий вхідний опір вольтметра (міряють не нижче десятків або одиниць мілівольт).

Для створення високочутливих вольтметрів постійного струму (мікрвольтметрів) застосовують підсилювачі постійного струму, побудовані за схемою М – ДМ (модулятор – демодулятор), яка наведена на рис. 3.

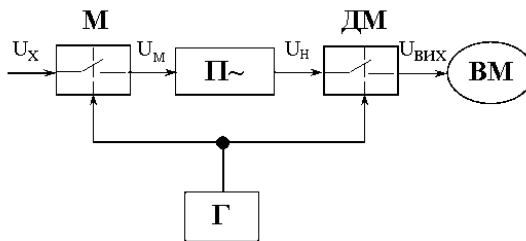


Рис. 3. Структурна схема електронного вольтметра постійного струму з підсилювачем М – ДМ.

М – модулятор; ДМ – демодулятор; Г – генератор; П~ – підсилювач змінного струму. Підсилювачі змінного струму не пропускають постійну складову сигналу, і тому в них відсутній дрейф “нуля”, який має місце у ППС (підсилювачах постійного струму). Коефіцієнт підсилення $k = 3,33 \cdot 10^5$ для мікрвольтметра В2 – 25. Середнє значення напруги вихідного сигналу пропорційне вхідній напрузі $U_{сеп} = kU_x$.

Вольтметри змінного струму

Такі вольтметри складаються із перетворювача змінної напруги в постійну, підсилювача і магнітоелектричного вимірювального механізму. Можливі дві узагальнені структурні

схеми вольтметрів змінного струму (рис. 2.3), які відрізняються своїми характеристиками.

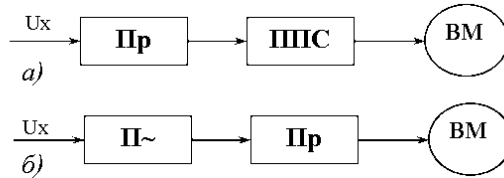


Рис. 4. Структурні схеми вольтметрів змінного струму

У вольтметрах за схемою рис. 4, (а) вимірювана напруга U_x спочатку перетворюється в постійну напругу, яка потім подається на ППС і ВМ, які є, по суті, вольтметром постійного струму. Перетворювач Пр являє собою малоінерційну нелінійну ланку, тому вольтметри з такою структурою можуть працювати в широкому частотному діапазоні (від десятків герц до 10^3 МГц). Для зменшення впливу розподілених ємностей і індуктивностей вхідного кабелю і вхідного кола приладу перетворювачі переважно виконують у вигляді виносних вузлів – пробників. Водночас вказані недоліки ППС і особливості роботи нелінійних елементів при малих напругах не дозволяють робити такі вольтметри високочутливими. Їх верхня межа вимірювань при максимальній чутливості складає десятки – одиниці мілівольт.

У вольтметрах, виконаних за схемою 4, (б), завдяки попередньому підсиленню вдається підвищити чутливість. Однак створення підсилювачів змінного струму з великим коефіцієнтом підсилення, працюючих у широкому діапазоні частот, – досить важка технічна задача. Тому такі вольтметри мають відносно низький частотний діапазон (1 – 10 МГц); верхня межа вимірювань при максимальній чутливості складає десятки або сотні мікрівольт.

У залежності від виду перетворювача змінної напруги в постійну відхилення показчика вимірювального механізму вольтметрів можуть бути пропорційні амплітудному (піковому), середньому (середньовипрямленому) або діючому значенням вимірюваної напруги. У зв'язку з цим вольтметри називають відповідно вольтметрами амплітудного, середнього або діючого значення. Однак незалежно від виду перетворювача шкалу

вольтметрів змінного струму, як правило, градуують у діючих значеннях напруги синусоїдальної форми.

Універсальні вольтметри

Такі вольтметри призначенні для вимірювання напруг постійного і змінного струмів. Узагальнена структурна схема зображена на рис. 5, де В – перемикач. У залежності від положення перемикача В вольтметр працює за схемою вольтметра змінного струму з перетворювачем П (положення 1) або вольтметра постійного струму (положення 2).

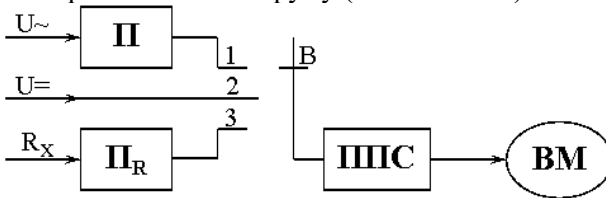


Рис. 5. Структурна схема універсального вольтметра

В універсальних вольтметрах, які називаються також комбінованими, часто передбачається можливість вимірювання опорів R_x . У таких вольтметрах є перетворювач Π_R , вихідний опір якого залежить від невідомого опору: $U_{\text{вих}} = f(R_x)$. На основі цієї залежності шкала приладу градується в одиницях опору. При вимірюванні резистор з невідомим опором підключається до входних затискачів перетворювача, а перемикач ставиться в положення 3.

1.5.3. Цифрові прилади і перетворювачі.

І. Цифрові вольтметри.

Неперервна величина $x(t)$ – величина, яка може мати в заданому інтервалі часу при нескінченно великій кількості моментів часу нескінченно велике число значень. Будь-яка неперервна величина, яка обмежена деякими граничними значеннями, може бути дискретизована в часі і квантована за рівнем.

Дискретизація – фізична операція перетворення неперервної в часі величини в дискретну, при якій зберігаються її миттєві значення тільки в певний момент часу (моменти дискретизації).

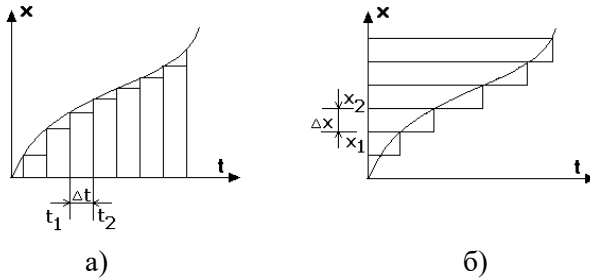


Рис. 6 Часові діаграми, які пояснюють дискретизацію в часі (а) і квантування за рівнем (б) неперервної функції

Крок дискретизації – проміжок часу Δt між двома найближчими моментами t_1 і t_2 дискретизації. Крок дискретизації може бути постійним (рис. 6, а) або змінним. При дискретизації втрачається частина інформації, однак кожне значення дискретної величини строго зв'язано з певним моментом часу. Дискретний сигнал на відміну від неперервного може мати тільки кінцеву кількість значень.

Квантування – фізична операція перетворення неперервної величини у квантовану заміною її миттєвих значень найближчими фіксованими значеннями, сукупність яких утворена за певним законом. Квант Δx (сходина (ступінь) квантування) – різниця між двома сусідніми значеннями x_1 і x_2 (рис. 6, б). У результаті рівномірного квантування миттєві значення неперервної величини представляються кінцевою кількістю сходинок квантування.

Цифрове кодування – операція умовного представлення числового значення величини цифровим кодом, тобто послідовністю цифр (сигналів), які підпорядковуються певному закону.

Цифрові вимірювальні прилади (ЦВП) автоматично перетворюють неперервну вимірювану величину або її аналог (фізичну величину, пропорційну вимірюваній) в дискретну форму, піддають цифровому кодуванню і видають результат вимірювання у вигляді чисел, які з'являються на відліковому пристрої або які фіксуються цифродрукуючим пристроєм.

Таким чином, у процесі вимірювань у ЦВП здійснюється автоматичне перетворення значень неперервної вимірюваної

величини N в обмежену кількість дискретних значень D . Фіксованим значенням D ставляться у відповідність числа, які виражаються тим чи іншим кодом K :

$$N \rightarrow D \rightarrow K$$

Код можна представити у вигляді електричних сигналів, де носієм інформації в ньому є не значення фізичної величини, а часове або просторове розташування цих сигналів.

Порівняно з аналоговими приладами ЦВП мають низку переваг: об'єктивність, зручність відліку і реєстрації результатів вимірювання; високу точність вимірювання до 0,001% при широкому діапазоні вимірюваних величин (від 0,1 мкВ до 1000В); високу швидкодію (до 10^6 перетворень на секунду) внаслідок відсутності електромеханічних частин; повну автоматизацію процесу вимірювання (автоматичний вибір межі та полярності вимірюваних напруг, корекцію похибок); можливість безпосереднього поєднання з ЕОМ, цифродрукуючим пристроєм; можливість дистанційної передачі результатів вимірювання у вигляді коду без втрати точності.

Недоліками ЦВП можна вважати відносну їх складність і високу вартість. Але з застосуванням інтегральних схем ці недоліки суттєво зменшуються. Більш прості вимірювальні задачі можна розв'язувати аналоговими приладами, більш складні – з допомогою ЦВП.

Цифрові вимірювальні прилади багатомежні, універсальні, призначені для вимірювання напруги постійного і змінного струмів, частоти, фази, опору резисторів, ємності конденсаторів, відношення напруг та інших електричних, а також неелектричних величин.

Цифрове кодування

Цифровий код – це послідовність цифр, які підкоряються певному закону, з допомогою якого умовно відображають числове значення вимірюваної величини. В основі використовуваних цифрових кодів лежать різні системи числення.

З точки зору виконання арифметичних і логічних операцій зручною є десяткова система, тому результати вимірювань у всіх вимірювальних приладах виражаються в десятковій системі. У ЦВП в основному застосовують пристрої з двома

стійкими станами (тригер, реле), які дозволяють здійснювати кодування у двійковій системі числення. Система числення баується на представленні будь-якого числа у вигляді суми

$$N = \sum_{i=0}^n K_i P^i,$$

де n – кількість розрядів; K – коефіцієнт; P – основа системи числення, дорівнює цілому числу використовуваних у системі знаків.

Найбільше значення коефіцієнта K дорівнює $(P - 1)$ (оскільки знак “0” використовується завжди).

Наприклад, число 53 у двійковій системі числення (рис. 2,а) можна записати так:

$$N = \sum_{i=0}^{i=n} K_i 2^i = 53 = 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

Для спрощення запису вказують тільки значення коефіцієнтів K (0 або 1), розташовуючи їх за зменшенням номера розряду (зліва направо) – 110101. Код числа у двійковій системі числення можна відтворити з допомогою електричних імпульсів (сигналів). Попередньо необхідно домовитись, що символу “1” відповідає наявність імпульсу (високий рівень сигналу), символу “0” – відсутність імпульсу (низький рівень сигналу). Такий сигнал називається логічним, а апаратно реалізується на елементах, які мають два стійких стани (включено – виключено; відкритий – закритий). Число 53 у двійковій системі буде мати код, показаний на рис. 7, а. Із рисунка видно, що кожний імпульс коду в залежності від місця (в часі) має певне значення – “вагу”.

У десятковій системі числення число 53 повинно бути записано таким чином:

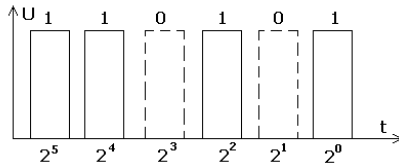
$$N = \sum_{i=0}^{i=n} K_i 10^i = 53 = 5 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$$

де $K = 0, 1, 2, \dots, 9$

Представлення числа 53 у двійковому кодї вимагає 12 елементів (6 – для символу “1” і 6 – для символу “0”), представлення числа в десятковому кодї – 20 елементів. Таким чином, двійковий код більш економічний, ніж десятковий, але

керувати пристроєм, який відображає інформацію про результати вимірювань у десятковій системі числення, зручніше.

а)



б)

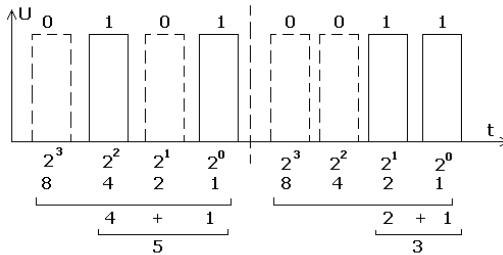


Рис. 7. Представлення числа 53 у двійковому коді (а) і коді десяткового розряду (б) при “вагах” 8-4-2-1

Двійково-десяткова система за складністю та економічністю займає проміжний стан між двома розглянутими вище системами. Нижче наведені десяткові цифри 0 – 9 з “вагами” 8 – 4 – 2 – 1 двійкового коду:

Таблиця 6.

Десяткові цифри	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Код 8-4-2-1	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

Число 53 у двійково-десятковій системі при “вагах” елементів двійкового коду 8 – 4 – 2 – 1 в кожному десятковому розряді (рис. 7, б):

$$N = \sum_{i=0}^3 K_i 2^i \sum_{j=0}^m 10^j = (0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0) \cdot 10^1 + (0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0) \cdot 10^0 = 53$$

де j – номер десяткового розряду.

Вимірювальну інформацію в цифрових вольтметрах можна подати в десятковому коді для візуального відліку й вивести в двійковому коді на цифродрукуючий пристрій для реєстрації або ввести в ЕОМ для обробки.

II. Особливості будови цифрових вольтметрів

та методи перетворення неперервної величини в дискретну

Серед ЦВП особливе місце займають цифрові вольтметри (ЦВ) постійного струму. На відміну від аналогових приладів, вони містять аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), в якому виконуються операції квантування за рівнем і кодування, а також пристрій цифрового відліку. Цифрові вольтметри класифікують за способом перетворення неперервної величини в дискретну; структурною схемою ЦАП; способом урівноваження.

За способом перетворення розрізняють ЦВ з кодоімпульсним (порозрядним кодуванням, зважуванням), з часо- і частотноімпульсними перетвореннями. У ЦП з кодоімпульсним перетворенням відбувається послідовне порівняння значень вимірюваної величини із рядом дискретних значень відомої величини, яка змінюється за певним законом. Цифровий вольтметр з квазіімпульсним перетворенням називають ще вольтметром порозрядного кодування. У ЦВ з часоімпульсним перетворенням вимірювана величина U_x перетворюється в часовий інтервал Δt з наступним заповненням цього інтервалу імпульсами N зразкової частоти (рахівними імпульсами), які підраховуються цифровим лічильником. У ЦВ з частотноімпульсним перетворенням (інтегруючих) вимірювальна напруга U_x перетворюється в частоту f руху імпульсів, які підраховуються за певний інтервал часу цифровим лічильником.

За структурною схемою аналогово-цифрових перетворювачів цифрові вольтметри поділяють на вольтметри прямого й урівноважуючого перетворення. У вольтметрах прямого перетворення відсутній зворотний зв'язок з виходу на вхід і неперервна вимірювана величина безпосередньо перетворюється в дискретну. В ланцюгу проходження сигналу є кілька перетворювачів. Ці вольтметри відрізняються відносно низькою точністю (внаслідок накопичення похибок окремих

перетворювачів у процесі перетворення), однак можуть забезпечити максимально можливу швидкодію.

У вольтметрах урівноважуючого перетворення обов'язково є обернений зв'язок, тобто вхідна величина в процесі перетворення урівноважується вихідною. Оскільки вихідною величиною перетворювача є код (цифри), зворотній перетворювач називають цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП). Аналого-цифровий перетворювач урівноважуючого перетворення забезпечує максимально можливу точність за рахунок використання загального від'ємного зворотного зв'язку, але меншу швидкодію.

За способом урівноваження ЦВ ділять на вольтметри із стежачим і розгортуючим урівноваженням.

У вольтметрах із стежачим урівноваженням (рис. 8, а) вимірювана величина U_x неперервно порівнюється з компенсуючою величиною U_k . Компенсуюча величина змінюється в часі доти, доки із заданою точністю не буде досягнуто рівності $U_k = U_x$, після чого здійснюється відлік. У вольтметрах із розгортуючим урівноваженням (рис. 8, б) операція порівняння величин вимірюваної U_x і компенсуючої U_k відбувається за певною наперед заданою програмою. Компенсуюча напруга примусово змінюється від нуля до максимального значення і закінчує цю зміну в момент рівності напруг, тобто при $U_k = U_x$.

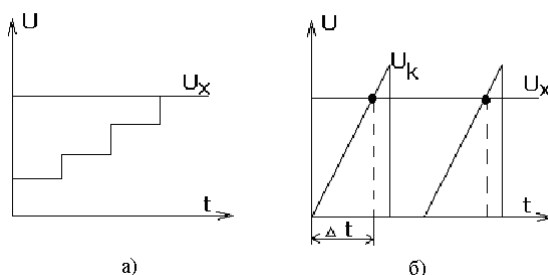


Рис.8. Часові діаграми, які пояснюють принцип стежачого (а) і розгортуючого (б) урівноважування.

Цифрові вимірювальні прилади є складними пристроями, їх функціональні вузли виконуються на основі елементів електронної техніки (інтегральних схем-дешифраторів, ЦАП,

АЦП, тригерів, операційних підсилювачів, аналогових ключів на діодах, біполярних і польових транзисторах, логічних ключів та ін.)

Кожний ЦВ має пристрій цифрового відліку, який складається із дешифраторів і знакових (цифрових) індикаторів. Дешифратори є перетворювачами дискретних сигналів, тобто дозволяють одержувати на виході необхідну комбінацію сигналів при подачі певної комбінації сигналів на вході. У ЦВ дешифратори перетворюють двійково-десятковий код у відповідні напруги, які управляють цифровими індикаторами, які забезпечують візуальну індикацію в десятковому коді (наприклад код 8 – 4 – 2 – 1 у десятковий код від 0 до 9). Для виконання цього завдання зазвичай використовують логічні схеми И як найбільш прості й доволі швидкодіючі. Знакові індикатори використовують для подання результатів вимірювання в цифровій формі. Конструкція знакових індикаторів може бути різною. Наприклад, застосовують індикатори з газорозрядними лічильними лампами (декатрони) і лампами типу ИН (кількість ламп повинна відповідати кількості десяткових розрядів відлікового пристрою) з анодами у вигляді сіток і катодами, виконаними у формі арабських цифр від 0 до 9 (рис. 9); люмінесцентні мозаїчні індикатори (рис. 10), які забезпечують яскраве й чітке зображення цифр.

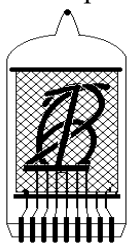


Рис. 9. Цифрова газорозрядна індикаторна лампа

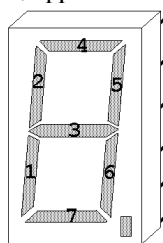


Рис. 10. Люмінесцентний індикатор

Вони складаються із окремих елементів мозаїки, які світяться при підключенні напруги до відповідних елементів; мозаїчні індикатори із світловипромінюючими діодами (забезпечують високу надійність і хорошу узгодженість із транзисторними схемами); електронні індикатори виконані на

спеціальних електронно-променевих трубках; пристрій у вигляді світлового табло, яке складається із 10 неонових ламп (в залежності від значення вимірюваної величини загоряється та чи інша лампа і освітлює відповідну цифру).

Для покращення параметрів ЦВП створюються комбіновані структури з одночасним використанням різних методів перетворення, адаптивні (які пристосовуються до параметрів вимірюваного сигналу) структури з автоматичною корекцією, автоматичною калібруванням, структура з усуненням надлишкової інформації, із статистичною обробкою інформації, термостатичними пристроями та ін., використовуються елементи, вузли, які володіють покращеними характеристиками.

1.6. Вимірювання та використання їх результатів.

Загальні відомості про вимірювання

Вимірюванням називається знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом з допомогою спеціальних технічних засобів – мір і вимірювальних приладів.

Результати вимірювань можуть бути використані за умови, якщо відомі відповідні характеристики похибок або невизначеності вимірювань.

Вимірювальні лабораторії можуть виконувати вимірювання у сфері поширення державного метрологічного нагляду за умови їх атестації на проведення цих вимірювань.

Методики виконання вимірювань, що використовуються у сфері поширення державного метрологічного нагляду, повинні бути атестовані.

Атестація цих методик проводиться метрологічними центрами, територіальними органами, підприємствами і організаціями, уповноваженими у державній метрологічній системі на проведення цієї атестації. Атестовані методики заносяться до Державного реєстру методик виконання вимірювань, що застосовуються у сфері поширення державного метрологічного нагляду, у порядку, встановленому нормативним документом з метрології ЦОВМ. Необхідність атестації методик виконання вимірювань, що використовуються поза сферою поширення державного метрологічного нагляду, визначається їх розробниками чи користувачами.

1.6.1. Правила виконання (проведення) вимірювань

1. Вимоги до методик виконання вимірювань

Методика виконання вимірювань (МВВ)-(НТД) науково-технічна документація, в якій встановлена сукупність операцій і правил, виконання яких забезпечує одержання необхідних результатів вимірювань. У МВВ повинні встановлюватись: її призначення, норми точності і область застосування; метод (методи) вимірювань, вимоги до засобів вимірювань і допоміжних пристроїв, які необхідні для виконання вимірювань, вимоги до безпеки, включаючи економічну безпеку, вимоги до кваліфікації операторів, вимоги виконання вимірювань, експериментальні операції, які виконуються для одержання результатів спостережень при вимірюванні; способи обробки результатів спостережень і оцінки показників точності вимірювань, вимоги до оформлення результатів вимірювань.

Як правило, типові методики виконання вимірювань оформлюються у вигляді стандартів (або методичних вказівок) різної категорії (державних, відомчих, конкретних виробництв) або розділів стандартів на: технологічні процеси, методи випробувань і контролю якості продукції, методи і засоби повірки засобів вимірювань, програми метрологічної атестації засобів вимірювань. Можуть розроблятися і конкретні (нетипові) методики виконання вимірювань. У необхідних випадках виконується метрологічна атестація методик проведення вимірювань.

Примітка. При виконанні наукових досліджень методика виконання вимірювань у вигляді спеціального документа зазвичай не складається. Відповідальність за правильність організації і виконання вимірювань і за їх результати несе в цьому випадку керівник експерименту.

Розробку або вибір методики виконання вимірювань розпочинають із аналізу об'єкта, умов і мети вимірювань і встановлення відповідної моделі об'єкта вимірювань. Під моделлю (яка містить фізичні, математичні, структурні, смислові та інші аспекти) об'єкта вимірювань (ОВ) розуміють формалізований опис об'єкта вимірювань, який оснований на сукупності знань, які вже є про об'єкт вимірювань і досить однозначно і точно відображаючий його властивості в розглядуваних умовах і для поставленої мети. Як вимірювані величини необхідно вибрати

такі параметри або характеристики моделі об'єкта вимірювань, які якнайбільше відповідають меті вимірювання.

Неповна адекватність відображення моделлю властивостей об'єкта є джерелом принципових похибок моделі, для оцінки яких експериментальними або розрахунковими способами необхідно використати всі наявні можливості. Похибками моделі можна нехтувати, якщо вони не перевищують 10 % від припустимої похибки вимірювань.

2. Вибір методу вимірювань

Вибір методу вимірювань визначається прийнятою моделлю ОВ і доступними засобами вимірювань. Під методом вимірювань розуміють прийом або сукупність прийомів порівняння вимірюваної величини з її одиницею (або шкалою) відповідно до реалізованих принципів вимірювань. При виборі методу вимірювань домагаються того, щоб похибка методу вимірювань, яка обумовлена недосконалістю прийнятих моделей і методу вимірювань (теоретична похибка), не відобразилась помітно на результуючій похибці вимірювання, тобто не перевищувала 30% від неї. Різні методи вимірювань вимагають різних витрат часу на виконання спостережень. Тому необхідно враховувати і часові залежності вимірюваних величин. Зміни вимірюваних параметрів моделі протягом часу вимірювання (виконання циклу спостережень), як правило, не повинні перевищувати 10% від заданої похибки вимірювання. Якщо можливі альтернативи, враховують і економічні показники: не виправдане завищення точності моделі і методу вимірювань зумовлюють необґрунтовані затрати. Те ж стосується й вибору засобів вимірювань. Таким чином, вибір методу вимірювань і засобів вимірювань практично відбувається одночасно.

3. Вибір засобів вимірювань і допоміжних пристроїв

Вибір засобів вимірювань визначається вимірюваною величиною, прийнятим методом вимірювань і необхідною точністю результату вимірювань (нормам точності). Вимірювання з застосуванням засобів вимірювань недостатньої точності малоцінні (навіть, непотрібні), оскільки можуть бути причиною неправильних висновків. Застосування занадто

точних засобів вимірювання економічно не вигідне. Враховують також діапазон зміни вимірюваної величини, умови вимірювань, експлуатаційні якості засобів вимірювань, їх вартість.

Основну увагу приділяють похибкам засобів вимірювань. При цьому домагаються виконання умови:

$$\Delta_E = \Delta_{\text{мод}} + \Delta_M + \Delta_{\text{зв}} + \Delta_{\text{ум}} + \Delta_o \leq \Delta_d$$

де граничні похибки: $\Delta_{\text{мод}}$ – моделі вимірювань; Δ_M – метода вимірювань; $\Delta_{\text{зв}}$ – засобів вимірювань; Δ_o – оператора; $\Delta_{\text{ум}}$ – додаткові похибки, обумовлені дією впливаючих факторів умов вимірювань; Δ_d – гранична допустима похибка результатів вимірювань.

Цей критерій вибору засобів вимірювань досить надійний, але дає завищену на 20-30% оцінку сумарної похибки вимірювання Δ_Σ . Якщо такий запас за точністю неприпустимий, сумування складових Δ_Σ необхідно провести за іншими формулами. Необхідно також мати на увазі, що навіть в області нормальних умов вимірювань похибка засобів вимірювань може змінюватись на 35%.

Зразкові засоби вимірювань для проведення метрологічної атестації або перевірки вибираються відповідно до вказівок науково-технічної документації на повірочні схеми і (або) методики перевірки (атестації).

Для правильної організації вимірювань необхідно також підібрати: комплект засобів вимірювань для контролю умов вимірювань; комплект технічних пристроїв, які забезпечують вказані в методиці виконання вимірювань умови вимірювань (умови випробувань) об'єкта вимірювань; комплект пристроїв і матеріалів, які необхідні для: підготовки об'єкта вимірювань (вибору об'єкта випробувань), виконання допоміжних операцій при вимірюваннях; реєстрації і оформлення результатів спостережень і вимірювань.

1.6.2 Методи вимірювань

Метод безпосередньої оцінки використовується в вимірювачах індуктивності і ємності з безпосереднім відліком вимірюваної величини на шкалі приладу (рис. 11 а) і омметрах (рис. 11 б).

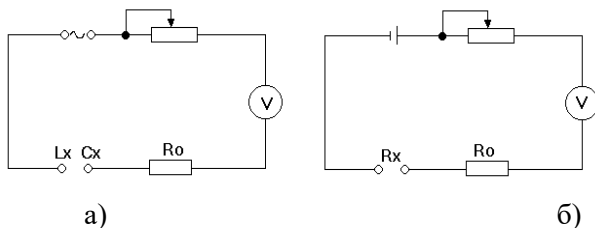


Рис. 11. Вимірювання з безпосереднім відліком вимірюваної величини на шкалі приладу

У вимірювачах індуктивності та ємності джерелом живлення служить напруга мережі змінного струму частотою 50 Гц або генератор сигналів звукової частоти й вимірювана величина відраховується за шкалою індикаторного приладу змінного струму. В омметрах як джерело живлення постійного струму застосовується частіше за все сухий елемент, а індикаторним приладом є магнітоелектричний мікроамперметр.

Залежність струму через індикаторний прилад I від величини вимірюваної індуктивності L_x , ємності C_x , або опору R_x виразиться відповідно

$$I = I_{\text{макс}} \cdot \frac{R_0}{\sqrt{R_0^2 + (\omega L_x)^2}},$$

$$I = I_{\text{макс}} \cdot \frac{R_0}{\sqrt{R_0^2 + \left(\frac{1}{\omega C_x}\right)^2}}, \quad I = I_{\text{макс}} \cdot \frac{R_0}{R_0 + R_x}$$

де $I_{\text{макс}} = U/R_0$ – максимальний струм через індикаторний прилад, який відповідає відхиленню стрілки на певну шкалу при закорочених вхідних затискачах приладу ($L_x = 0$, $C_x = \infty$ або $R_x = 0$); R_0 – опір внутрішнього каліброваного резистора приладу, послідовно з яким під'єднується вимірюваний резистор, котушка індуктивності або конденсатор; U – напруга джерела живлення; ω – кутова частота джерела живлення змінного струму.

Із наведених рівнянь можна побачити, що оскільки величини $I_{\text{макс}}$, R_0 і ω постійні, то шкала приладу може бути проградуїрована безпосередньо в одиницях вимірюваної індуктивності, ємності або опору.

Метод вольтметра – амперметра базується на вимірюванні струму і напруги в колі з котушкою індуктивності (рис. 12 а), конденсатором (рис. 12 б) або резистором (рис. 12 в).

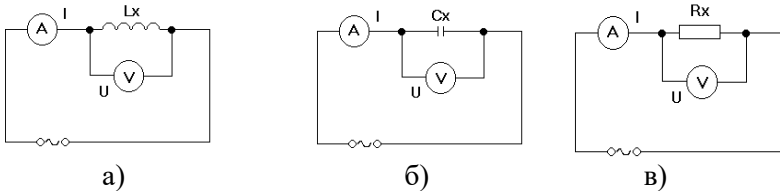


Рис 12. Метод вольтметра – амперметра

і визначенні відповідно індуктивності, ємності і активного опору за законом Ома для кола змінного струму згідно з формулами

$$L_x = \frac{U}{\omega I}; \quad C_x = \frac{I}{\omega U}; \quad R_x = \frac{U}{I};$$

де U – спад напруги на вимірюваній котушці, конденсаторі або резисторі, визначений вольтметром; I – струм у колі, визначений амперметром; ω – кутова частота прикладеної напруги.

Для непрямого вимірювання опору використовують амперметр і вольтметр. Існують дві схеми під'єднання цих приладів (рис. 13, а, б).

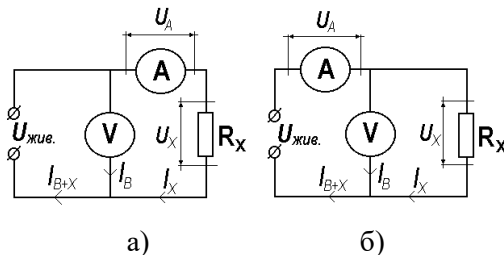


Рис. 13. Схема під'єднання амперметра і вольтметра при вимірюванні опору; а – метод вольтметра, при $R_x \gg r_a$; б – метод амперметра, при $R_x \ll r_a$.

При вимірюванні за схемою, яка наведена на рис. 13, а, амперметр буде показувати струм $I = I_x$, а вольтметр – напругу $U = U_x + U_a$, де U_a – спад напруги на амперметрі, внутрішній опір якого r_a ; U_x – спад напруги на вимірюваному опорі R_x ; I_x – струм, який проходить через опір R_x .

Вимірюваний опір визначається за формулою:

$$R_x = (U - U_a)/I_x = (U - I_x r_a)/I_x.$$

Таким чином, чим більший опір амперметра, тим більша похибка вимірювання. Схема вимірювань, яка наведена на рис. 13, а, дає задовільні результати при $R_x \gg r_a$.

При вимірюванні за схемою, наведеною на рис. 13, б, амперметр буде показувати струм $I = I_x + I_B$, а вольтметр – напругу $U_x = U$, де I_B – струм, що проходить через вольтметр.

Вимірюваний опір визначається за формулою:

$$R_x = U/I_x = U/(I - I_B) = U/(I - U/r_B).$$

Отже, чим менший опір вольтметра, тим вища похибка вимірювання.

Наведені схеми за точністю вимірювання рівноцінні. Точність вимірювання при цьому методі буде визначатись сумою похибок амперметра й вольтметра. Якщо обидва прилади будуть класу 0,5, то загальна похибка вимірювання буде дорівнювати 1% від вимірюваної величини. Із цього випливає, що при вимірюванні опорів за методом амперметра й вольтметра необхідно користуватись приладами більш високого класу точності.

У таких випадках, коли невідомі внутрішні опори приладів, а отже, неможливо ввести поправки, із двох наведених схем бажано користуватись схемою рис. 13, б при вимірюванні малих опорів і схемою рис. 13, а при вимірюванні великих опорів.

Резонансний метод вимірювання індуктивності або ємності базується на використанні залежності між елементами L і C коливного контура при настройці його в резонанс.

Для вимірювання індуктивності вимірювана котушка L_x під'єднується із зразковим конденсатором змінної ємності $C_{зр}$, утворюючи вимірювальний контур (рис. 14).

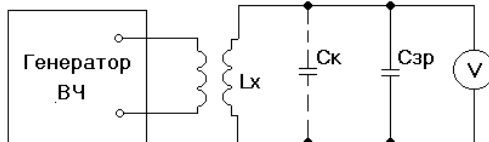


Рис. 14 Вимірювальний контур

Контур під'єднується до генератора сигналів високої частоти і настраюється в резонанс із частотою його коливаний, яка відраховується за шкалою генератора. У момент резонансу,

який визначається за максимальним показом під'єднаного паралельно контуру електронного вольтметра, величина вимірюваної індуктивності

$$L_x = \frac{10^6}{4\pi^2 f^2 (C_{зр} + C_k)}$$

де L_x – індуктивність вимірюваної котушки, мкГн; $C_{зр}$ – ємність зразкового конденсатора, пФ; C_k – власна ємність котушки, пФ; f – частота коливань генератора, МГц.

При вимірюванні ємності резонансним методом вимірюваний конденсатор C_x під'єднується до зразкової котушки $L_{зр}$, утворюючи вимірювальний коливний контур (рис. 15)

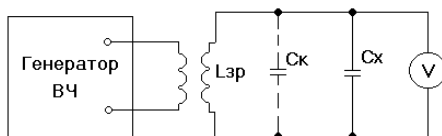


Рис. 15 Вимірювальний коливний контур

Контур зв'язується із високочастотним генератором, який настраюється в резонанс з власною частотою контура. Шукане значення ємності

$$C_x = \frac{10^6}{4\pi^2 f^2 L_{зр}} - C_k,$$

де C_x – вимірювана ємність, пФ; C_k – власна ємність котушки, пФ; $L_{зр}$ – індуктивність котушки, мкГн; f – частота коливань генератора, МГц.

При заміні C_x зразковим конденсатором може бути визначена власна ємність котушки

$$C_k = \frac{10^6}{4\pi^2 f^2 L_{зр}} - C_{зр}$$

де $C_{зр}$ – ємність зразкового конденсатора, пФ.

Вимірювання малих індуктивностей і ємностей диференціальним методом. Вимірювання малих індуктивностей і ємностей може бути проведено по зміні частоти генератора при під'єднанні до його коливного контуру вимірюваної котушки або конденсатора.

Оскільки сучасна вимірювальна техніка дозволяє вимірювати дуже малі прирости частоти, то цей метод дає можливість досить точно вимірювати невеликі значення індуктивності і ємностей. Якщо, наприклад, до коливного контуру генератора під'єднати вимірюваний конденсатор ємністю C_x (рис. 16), то відносна зміна частоти генератора

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{\Delta C}{C} \right|,$$

де $\Delta f = f_1 - f_2$ – зміна частоти генератора, f_1 – частота генератора до під'єднання вимірюваного конденсатора ємністю C_x ; f_2 – частота генератора після під'єднання конденсатора; $\Delta C = C_x$ – зміна ємності коливного контуру конденсатора; C – початкове значення ємності коливного контуру генератора.

Вимірявши значення частот генератора f_1 та f_2 і знаючи C , визначимо з попередньої формули C_x

$$C_x = \frac{2(f_1 - f_2) \cdot C}{f_1}$$

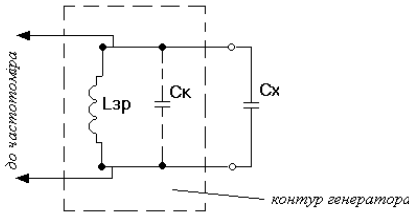


Рис. 16

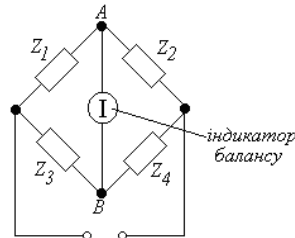


Рис. 17

Метод моста. У загальному випадку мостова схема (рис.) являє собою послідовно замкнуте з'єднання чотирьох віток з комплексними опорами $\dot{Z}_1, \dot{Z}_2, \dot{Z}_3, \dot{Z}_4$. В одну діагональ моста вмикають джерело напруги звукової частоти, а в іншу – індикатор балансу.

Як індикатор балансу в мостових схемах змінного струму дуже часто застосовують головні телефони або підсилювач із індикаторним вихідним приладом.

$$U_{AB} = 0 \text{ коли } \dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_4 = \dot{Z}_2 \cdot \dot{Z}_3$$

$$\{ \dot{Z}_1 = Z_1 e^{j\varphi_1} \quad \dot{Z}_2 = Z_2 e^{j\varphi_2} \quad \dot{Z}_3 = Z_3 e^{j\varphi_3} \quad \dot{Z}_4 = Z_4 e^{j\varphi_4} \}$$

Для збалансованого моста покази індикатора дорівнюють нулю. Баланс амплітуд $Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$. Баланс фаз $\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$.

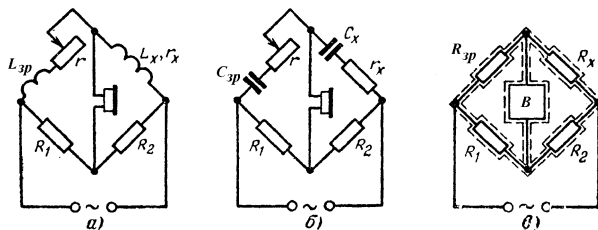


Рис. 18 Вимірювання індуктивності (а), ємності (б) і активного опору (в) методом моста.

Регулюванням опорів R_1 , R_2 , r досягають балансу моста.

$$а) L_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot L_{зп}; \quad r_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot r; \quad б) C_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot C_{зп}; \quad r_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot r;$$

Регулюванням резисторів R_1 і R_2 досягають балансу моста

$$в) R_x = R_{зп} \cdot \frac{R_2}{R_1}.$$

1.7. Методика статистичної обробки результатів спостережень при вимірюванні

Основний постулат метрології полягає в тому, що відлік є випадковим числом. На цьому постулаті, який легко піддається перевірці й залишається справедливим в будь-яких областях і видах вимірювань, основана вся метрологія. Відлік (при вимірюванні за шкалою відношень) не може бути представлений одним числом його можна лише описати словом або математичними символами, представити масивом експериментальних даних, таблично, графічно, аналітичним виразом і т. д. Проілюструємо це двома прикладами.

Приклад 1. При n – кратному незалежному вимірюванні однієї й тієї ж фізичної величини постійного розміру на світловому табло цифрового вимірювального приладу у випадковому порядку з'явилися числа x_i , наведені в першій графі табл. 7.

Таблиця 7.

x_i	m_i	$P(x_i)=m_i/n$	$F(x_i)$
90,10	1	$\frac{1}{100} = 0.01$	0,01

x_i	m_i	$P(x_i)=m_i/n$	$F(x_i)$
90,11	2	$\frac{2}{100} = 0,02$	$0,01+0,02=0,03$
90,12	5	$\frac{5}{100} = 0,05$	$0,03+0,05=0,08$
90,13	10	$\frac{10}{100} = 0,10$	$0,08+0,1=0,18$
90,14	20	$\frac{20}{100} = 0,20$	$0,18+0,2=0,38$
90,15	24	$\frac{24}{100} = 0,24$	$0,38+0,24=0,62$
90,16	19	$\frac{19}{100} = 0,19$	$0,62+0,19=0,81$
90,17	11	$\frac{11}{100} = 0,11$	$0,81+0,11=0,92$
90,18	5	$\frac{5}{100} = 0,05$	$0,92+0,05=0,97$
90,19	2	$\frac{2}{100} = 0,02$	$0,97+0,02=0,99$
90,20	1	$\frac{1}{100} = 0,01$	$0,99+0,01=1,00$

Кожне i -те число з'явилося m_i разів. Це являє собою відлік при такому вимірюванні?

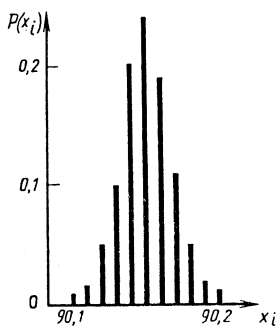


Рис. 19 Розподіл ймовірності відліку у цифрового вимірювального приладу

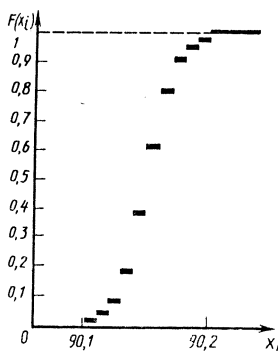


Рис. 20 Функція розподілу ймовірності відліку у цифрового вимірювального приладу.

Розв'язання. Жодне із чисел у першій графі таблиці, взяте окремо, не є відліком. Відлік характеризується всією сукупністю цих чисел із урахуванням того, як часто вони з'являлись. Беручи частість m_i/n кожного i -го числа за ймовірність його появи $P(x_i)$,

заповнимо третю графу в таблиці. У сукупності з першою вона дасть нам розподіл ймовірності відліку, наведений у вигляді таблиці. Його ж можна представити графічно (рис. 19).

А можна поступити й по-іншому. Проставимо в четвертій графі таблиці ймовірності того, що на табло показуючого вимірювального приладу з'явиться число таке що менше або дорівнює тому, яке наведене в першій графі. В сукупності з першою графою це дасть нам зображену таблично функцію розподілу ймовірності відліку. Графічно вона виглядає так, як це показано на рис. 20.

Як розподіл ймовірності $P(x_i)$, так і функція розподілу ймовірності $F(x_i)$ є вичерпним описом відліку у цифрових вимірювальних приладах будь-якої конструкції.

Приклад 2. При n -кратному незалежному вимірюванні однієї й тієї ж фізичної величини постійного розміру аналоговим вимірювальним приладом показчик відлікового пристрою у випадковій послідовності по m разів зупинявся на кожній із поділок шкали:

Таблиця 8.

Поділка шкали	m	Поділка шкали	m
0,10 ... 0,11	1	0,15 ... 0,16	23
0,11 ... 0,12	2	0,16 ... 0,17	20
0,12 ... 0,13	6	0,17 ... 0,18	10
0,13 ... 0,14	11	0,18 ... 0,19	5
0,14 ... 0,15	19	0,19 ... 0,20	3

Чому дорівнює відлік при такому вимірюванні?

Розв'язання. Беручи поділки шкали за основи, побудуємо із них прямокутники з висотами, що дорівнюють відношенню частостей m/n до ціни поділки шкали Δx (у даному випадку безрозмірної).

Фігура, одержана й зображена на рис. 21 а, називається гістограмою. З'єднавши тепер відрізками прямих середини верхніх сторін прямокутників (рис. 21 а), одержимо ламану лінію, яка називається полігоном.

Як гістограма, так і полігон є вичерпним емпіричним описом відліку в аналогових вимірювальних приладах будь-якої конструкції. Якщо би була можливість збільшувати n , то при

$n \rightarrow \infty$ і $\Delta x \rightarrow 0$ полігон перейшов би в криву густини розподілу ймовірності відліку $p(x)$ (рис. 21 б).

Тут так само, як і в прикладі 1, можна поступити по-іншому. Підраховуючи, скільки разів покажчик відлікового просторою зупинявся лівіше кожної позначки шкали, відкладаючи над цією позначкою вздовж осі ординат відношення кількості таких відхилень до їх загальної кількості n і з'єднуючи одержані точки відрізками прямих, одержимо ламану лінію, (рис. 22 а), яка називається кумулятивною кривою.

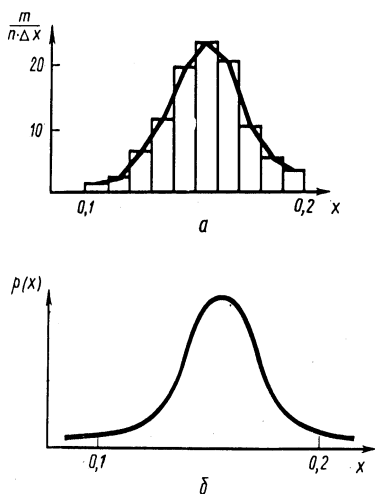


Рис. 21. Гістограма, полігон і густина розподілу ймовірності відліку в аналогового вимірювального приладу.

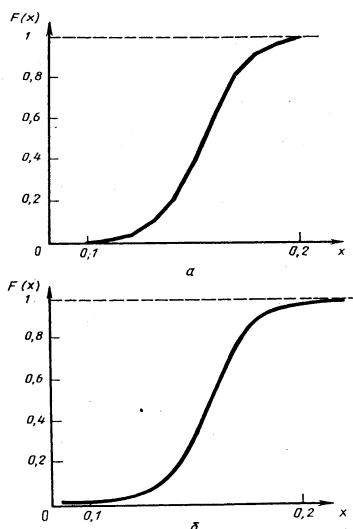


Рис. 22. Кумулятивна крива (а), функція розподілу ймовірності відліку (б) в аналогового вимірювального приладу.

Як гістограма і полігон вона вичерпно характеризує відлік у аналогових вимірювальних приладах. Якщо би знову ж таки була можливість збільшувати n , то при $n \rightarrow \infty$ і $\Delta x \rightarrow 0$ кумулятивна крива перейшла би в графік функції розподілу ймовірності відліку $F(x)$, показаний на тому ж рис. 22 б.

Густина розподілу ймовірності $p(x)$ і функція розподілу ймовірності $F(x)$ служать в теорії ймовірностей моделями емпіричних законів розподілу, які одержуються із експериментальних даних методами математичної статистики.

Оскільки результати спостережень і випадкові похибки є частковим прикладом випадкових величин, для їх математичного опису можна використати апарат теорії ймовірності. Відомо, що повністю властивості випадкової величини описуються функцією розподілу, яка визначається як інтегральна ймовірність того, що випадкова величина, наприклад результат спостереження x_i , буде меншою, ніж деяке значення x :

$$F_x = P[x_i < x].$$

Функція F_x , яка називається також інтегральною функцією (законом) розподілу, є функцією x , яка не зменшується, причому $F(-\infty) = 0$, а $F(\infty) = 1$. Ймовірність попадання результату спостереження в інтервал $[x_1, x_2]$ дорівнює

$$P[x_1 < x_i < x_2] = F_x(x_2) - F_x(x_1).$$

Більш наочно властивості результатів спостереження й випадкових похибок описуються диференціальною функцією (законом) розподілу, яка називається густиною ймовірності

$$f_x = dF_x/dx.$$

При наявності ряду результатів спостережень x_1, x_2, \dots, x_n графік функції f_x може бути побудований за загальновідомим правилом із допомогою гістограми. З урахуванням відзначених вище властивостей можна показати, що

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_x(x) dx = 1$$

$$P[x_1 < x_i < x_2] = \int_{x_1}^{x_2} f_x(x) dx. \quad (1)$$

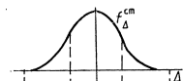

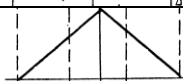
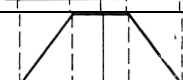


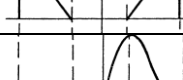
У метрологічній практиці зустрічаються найрізноманітніші функції розподілу, причому не завжди їх можна навіть представити в аналітичній формі. І все таки все багатоманіття реальних функцій вдається, як правило, апроксимувати з задовільною точністю стандартними аналітичними функціями, перелік яких у вигляді диференціальних функцій f_x^{cm} розподілу абсолютних похибок приведених в таблиці.

Із усіх розподілів, наведених у таблиці, найчастіше при вивченні випадкових похибок зустрічається нормальний розподіл. Центральна гранична теорема теорії ймовірностей стверджує, що реальний розподіл випадкових похибок буде близьким до нормального всякий раз, коли результати спостережень формуються під впливом великої кількості

незалежно діючих факторів, кожний з яких створює лише незначний вплив порівняно із сумарною дією всіх інших.

Таблиця 9.

Стандартні апроксимації функцій розподілу.

Функція	Графік функції
Нормальна (січна)	
Рівномірна	
Трикутна (Сімпсона)	
Трапецієподібна	
Антимодальна I	
Антимодальна II	
Релея (січна)	

Саме це характерно для більшості видів технічних вимірювань. Нормальний розподіл результатів спостережень описується диференціальною функцією (2)

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

де \bar{x} - середнє значення (або математичне очікування m_x) випадкової величини x_i ,

$$\sigma_x = \sqrt{D_x},$$

де D_x - дисперсія, σ_x - середнє квадратичне відхилення (СКВ) результатів спостережень x_i відносно \bar{x} (або m_x).

На рис. 23 наведені графіки f_x , побудовані за формулою

$$f_x = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma_x^2}} \text{ при } \sigma_x' > \sigma_x'' > \sigma_x'''.$$

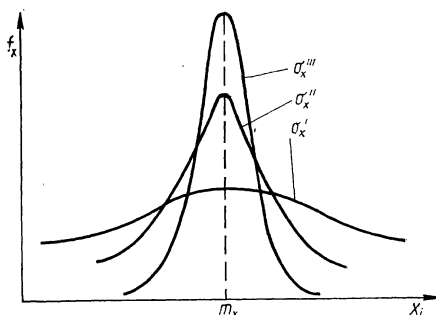


Рис. 23 Графіки нормального розподілу при $\sigma_x' > \sigma_x'' > \sigma_x'''$ (m_x або \bar{X})

Як видно, з ростом σ_x збільшується розсіювання результатів спостережень, тобто ймовірність появи великих похибок зростає, малих — зменшується. Для кількісної оцінки цієї залежності замінимо у формулі (2)

$$(x_i - \bar{x}) / \sigma_x = t \quad (3)$$

і вирахуємо за формулою (1) ймовірність попадання результату спостереження в інтервал $[x_1, x_2]$

$$P[x_1 < x_i < x_2] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{t_2} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt = F(t_2) - F(t_1) = 2F(t) - 1. \quad (4)$$

Функція $F(t)$ табульована й може використовуватись для оцінки випадкових похибок. Однак при цьому необхідно пам'ятати, що точне визначення значень $m_x = \bar{X}$ і σ_x у формулі (3) можливе тільки при великій (теоретично нескінченній) кількості спостережень. Практично ж число спостережень завжди обмежена і при $n < 30$ замість розподілу (2) необхідно користуватись розподілом Стьюдента

$$f(t, n) = \frac{1}{\sqrt{\pi(n-1)}} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left[\frac{(n-1)}{2}\right]} \cdot \left(1 + \frac{t^2}{n-1}\right)^{-n/2}, \quad (5)$$

де Γ – гама-функція. При $n \geq 30$ розподіл (5) переходить у розподіл (2) і ϵ , таким чином, більш універсальними. За аналогією з (4)

$$P[x_1 < x_i < x_2] = 2F(t, n) - 1,$$

де $F(t, n)$ – інтегральна функція Стюдента, значення якої також протабульовані.

Хоча нормальний розподіл зустрічається найчастіше, кожний раз оцінці випадкових похибок повинна передувати перевірка приналежності одержаних результатів спостережень до нормального розподілу. Правила такої перевірки стандартизовані. Конкретно при $n > 50$ перевірка проводиться з використанням критеріїв Колмогорова (λ_n), Персона (χ^2) або Мізеса-Смірнова (ω^2). Якщо ж $3 < n < 50$, для перевірки використовується спеціальний критерій (W).

Розглянемо методику статистичної обробки результатів спостережень, яка належить до прямих вимірювань з багатократними спостереженнями. Передбачається, що спостереження рівноточні: виконуються даним експериментатором в однакових умовах, одним і тим же приладом. Методика полягає в наступному:

1. Проводять n спостережень (одиничних вимірів) і фіксують n результатів спостережень одного і того ж значення фізичної величини (n показів приладу): $x'_1, x'_2, \dots, x'_i, \dots, x'_n$.
2. Виключають відомі систематичні похибки із результатів спостережень і одержують виправлені результати $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$.
3. Знаходять середнє арифметичне значення виправлених результатів спостережень за формулою

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

і вважають \bar{x} за результат вимірювання.

4. Обчислюють оцінку середньоквадратичного відхилення результатів спостережень:

а) знаходять за формулою $\Delta x_i = x_i - \bar{x}$ відхилення від середнього арифметичного (абсолютну похибку вимірювання)

$$\Delta x_1 = x_1 - \bar{x}; \Delta x_2 = x_2 - \bar{x}; \dots; \Delta x_i = x_i - \bar{x}; \dots; \Delta x_n = x_n - \bar{x};$$

б) перевіряють правильність обрахунків, якщо вони правильні,

$$\text{то } \sum_{i=1}^n \Delta x_i = 0;$$

в) одержують квадрати відхилень від середнього $(\Delta x_1)^2; (\Delta x_2)^2; \dots; (\Delta x_i)^2; \dots; (\Delta x_n)^2;$

г) визначають відповідно до формули $\hat{\sigma}_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2}$,

оцінку середньоквадратичного відхилення;

д) знаходять значення відносної середньоквадратичної

випадкової похибки за формулою $\delta = \frac{\hat{\sigma}_x}{\bar{x}}$. (Щоб підкреслити

різницю між формулами ймовірнісних характеристик і їх оцінок (коли кількість спостережень обмежена), останні позначають знаком $\hat{\cdot}$.)

5. Обраховують оцінку середньоквадратичного відхилення

результату вимірювань $\hat{\sigma}_{p.e.} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$.

6. Перевіряють гіпотезу про те, що розподіл результатів спостережень – нормальний (гаусівський).

7. Обчислюють довірчі межі випадкової похибки результату вимірювання:

а) задаються коефіцієнтом довіри α ;

Розглянуті оцінки результатів вимірювань, які виражаються одним числом, називають точковими (точка числової осі, в якій повинно знаходитись значення невідомого параметра). Оскільки таку оцінку вважають за дійсне значення вимірюваної величини, то виникає питання про точність і надійність одержаної оцінки. Судять про це за ймовірністю α того, що абсолютне значення відхилення $\Delta x = \hat{x}_0 - x_0$ (де величину $x_{сер} = \bar{x}$ розглядають як оцінку x_0 – істинного значення вимірюваної величини, тобто \hat{x}_0) буде залишатись меншим за деяку призначену величину ε :

$$P(|\Delta x| < \varepsilon) = \alpha \text{ або } P(|\hat{x}_0 - x_0| < \varepsilon) = \alpha.$$

В останньому виразі величина ε характеризує точність оцінки, а ймовірність α , яка називається коефіцієнтом довіри (довірчою ймовірністю) – надійність оцінки.

Остання нерівність, записана для $\hat{x}_0 = \bar{x} = x_{\text{сер.}}$ у формі $P(\bar{x} - \varepsilon < x_0 < \bar{x} + \varepsilon) = \alpha$, свідчить про те, що випадковий інтервал $j(\alpha) = 2\varepsilon$, який простягається від $(\bar{x} - \varepsilon)$ до $(\bar{x} + \varepsilon)$, з ймовірністю α накриває величину x_0 (невипадкова величина x_0 з ймовірністю α виявляється в середині цього інтервалу). Інтервал j_α називається довірчим, а його межі – довірчими. Способи знаходження довірчих границь викладені, наприклад, в книзі [Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М. : Физматгиз, 1962. – 564 с.].

б) користуючись для гауссівського розподілу формулою $(\alpha+1)/2 = F_\Gamma(\beta)$, за таблицею визначають значення β , яке відповідає заданому коефіцієнту довіри α ;

в) знаходять значення ε із виразу $\varepsilon = \beta \cdot \hat{\sigma}_{p.v.}$;

г) обчислюють довірчі границі $(x_{\text{сер.}} - \varepsilon; x_{\text{сер.}} + \varepsilon)$ або $(\bar{x} - \varepsilon; \bar{x} + \varepsilon)$;

д) визначають довірчий інтервал $j_\alpha = 2\varepsilon$.

При нерівноточних вимірюваннях (різні оператори, різні прилади, неоднакові умови вимірювань), обчислюючи похибки, замість середнього арифметичного значення результатів вимірювань використовують середнє врівноважене, тобто враховують вагу вимірювань.

Якщо x_1, x_2, \dots, x_m – незалежні результати спостережень одного й того ж значення фізичної величини, середньоквадратичні відхилення яких відповідно $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m$, то як оцінку вимірюваного значення використовують вираз

$$x_{\text{сер.ур}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^m g_i \cdot x_i \right)}{\left(\sum_{i=1}^m g_i \right)},$$

де $g_i = 1/\sigma_i^2$ – вага i -го вимірювання.

Середньоврівноважена оцінка є незміщеною, ефективною і має просту аналітичну форму, зручну для практичних розрахунків.

Розділ II. Стандартизація

2.1. Основні функції стандартизації

Стандартизація стає повноправною наукою, яка має свою теорію і практику, свої цілі, принципи й методи. Стандартизація охоплює всі сторони діяльності людини. Це наука про раціональні форми і способи організації діяльності, направленої на встановлення єдиних оптимальних засобів культурної і економічної спільності людей.

Стандартизація – це встановлення й застосування правил із метою впорядкування діяльності в певній галузі на користь і при участі всіх зацікавлених сторін і, зокрема, для досягнення всезагальної оптимальної економії при дотриманні умов експлуатації (використання) і вимог безпеки. Вона ґрунтується на об'єднаних досягненнях науки, техніки та практичного досвіду і визначає основу не тільки сьогодишнього розвитку і повинна здійснюватись нерозривно з прогресом.

Стандарт – це результат конкретної роботи по стандартизації, одержаний на основі досягнень науки, техніки і практичного досвіду і прийнятий (затверджений) компетентною організацією. Стандарт є нормативно-технічним документом, який регламентує норми, правила, вимоги, поняття, позначення, які є об'єктами стандартизації, розроблені, узгоджені, затверджені і які застосовуються й змінюються в порядку, який встановлений системою стандартизації.

Стандарт, який формулює певні властивості конкретного виробу або іншого об'єкта, встановлює границю (межу) якості продукції, нижче якої вона бракується. Крім того, стандарт полегшує контроль за якістю продукції як із боку відділів технічного контролю, так і з боку споживачів, гарантує певну сукупність показників якості сировини для споживаючих галузей, сприяє встановленню єдиних технологічних процесів, режимів виробництва в галузях, які виробляють стандартну продукцію високої якості, та ін.

Основні аспекти стандартизації як цілеспрямованої діяльності суспільства:

- технічна і економічна ефективність;

- якість;
- безпека;

З цих точок зору і повинні розглядатись усі дослідження, розробки, виробництва та інші заходи.

Стандартизація дозволяє розглядати будь-яку людську діяльність із вказаних вище точок зору, тому вона повинна виконувати певні функції. До них належать функції, які дозволяють розглядати стандартизацію як засіб:

- економічного і суспільного прогресу;
- раціоналізації і оптимізації господарської діяльності;
- управління якістю продукції і забезпечення оптимальної якості.

З іншого боку, стандартизація виконує ряд важливих функцій:

1. організаційну – впорядкування організації виробництва, структури, типів і асортименту виробів, забезпечення концентрації і спеціалізації виробництва, розвиток міжнародного розподілу праці;

2. планування – утвердження науково обґрунтованих показників як основи реального планування якості, споживної вартості виробів - об'єктів виробництва, встановлення термінів впровадження прогресивних параметрів;

3. забезпечення якості – встановлення якості і сприяння підвищенню її, підтриманню і контролю;

4. обліку – забезпечення взаємозамінності виробів і кооперації виробництва;

5. раціоналізаторську – створення передумов для росту серійності виробництва, забезпечення раціонального вибору розмірів і видів виробів, матеріалів, конструкції і технологічних процесів;

6. правову – забезпечення прав споживачів і виробників, зменшення суперечностей між виробником і споживачем, встановлення обов'язкових для виконання умов поставки, правил прийомки, умов випробувань, відбору проб і т.д.;

7. економічну – зниження витрат виробництва, зменшення витрат сировини, матеріалів, запасних частин, забезпечення конкурентної здатності продукції на міжнародному ринку, зменшення витрат на громадську працю;

8. управління – забезпечення демократичного централізму в народному господарстві, усунення адміністрування, одержання якісної науково-технічної інформації;

9. систематизація – класифікація й кодування продукції, термінології, означень, знаків, символів і т.д.;

10. взаєморозуміння – забезпечення взаєморозуміння у всіх галузях народного господарства, полегшення внутрішньої та міжнародної торгівлі, зв'язків, обміном науковим і технічним досвідом;

11. соціальну – додержання правил техніки безпеки і умов праці;

12. пропаганди – популяризація передових ідей сучасної організації виробництва, уніфікація продукції, агрегування кооперування;

13. виховну – привчання до точності, порядку, вибору оптимальних технологічних процесів, бережливого ставлення до власності, підвищення почуття відповідальності за дотримання вимог нормативної технічної документації.

2.2. Принципи стандартизації

Принципами стандартизації є обов'язковість додержання стандартів, перспективність, динамічність, ефективність, комплексність і системність.

Обов'язковість стандартів у нас у країні встановлена законами. Недотримання стандартів переслідується за законом. За порушення вимог стандартів і технічних умов конкретні винуватці несуть відповідальність за законом.

Перспективність робіт із стандартизації забезпечується випуском випереджаючих стандартів, які встановлюють підвищені по відношенню до досягнутого рівня норми і вимоги до об'єктів стандартизації, які будуть оптимальні в майбутньому. Тим самим стимулюється прискорення темпів науково-технічного прогресу. Базою випереджаючої стандартизації служать науково-технічні прогнози. У свою чергу випереджаючі стандарти ставлять на міцну нормативну основу перспективне планування.

У процесі розробки випереджаючих стандартів враховується динаміка розвитку науки і техніки. В них узаконюються не

досягнуті показники і рівень якості продукції, що випускається, а те, що ще знаходиться в розробці і стане реальністю тільки через певний час, вказаний у стандарті. Випереджаючі стандарти дозволяють планувати процес підвищення якості, дають у руки розробників і споживачів інформацію про параметри виробів у недалекому майбутньому. Вони ніби є програмою організації виробництва з випуску продукції підвищеної якості. У той же час на розробниках випереджаючих стандартів покладається велика відповідальність за правильність прогнозування розвитку науки, техніки на певний період.

Таким чином, включення до стандарту випереджаючих параметрів визначає напрям розвитку відповідної галузі, тобто стандартизація є спрямовуючою, організуючою силою в науково-технічному процесі.

Динамічність стандартизації забезпечується періодичною перевіркою стандартів, внесенням до них змін, а також своєчасним переглядом або відміною стандартів. Діючі стандарти підлягають перевірці відповідно до термінів інформаційних даних. При перевірці визначається їх науково-технічний рівень, при необхідності розробляються пропозиції з оновлення застарілих показників, норм, характеристик, вимог, термінів, означень, позначень, одиниць фізичних величин. Результати перевірки можуть служити основою для перегляду стандарту.

Комплексність стандартизації забезпечується розробкою програм, які охоплюють стандартизацією не тільки готові вироби, але й сировину, матеріали, комплектуючі вироби, елементи технології, засоби вимірювань, методи підготовки та організації виробництва. В умовах, коли все складнішими стають зв'язки з координації, інтеграції і спеціалізації виробництва, взаємодії підприємств, міністерств і відомств програми комплексної стандартизації зарекомендували себе як діючий засіб міжгалузевої координації, подолання відомчих бар'єрів.

Комплексна стандартизація є методичною основою комплексної системи керування якістю. В сучасному складному і різноманітному виробництві не можна досягти значного підвищення якості окремими розрізненими заходами. Повинна

бути система, яка передбачає взаємопов'язані вимоги до всіх складових частин кінцевого виробу й до організаційно-технічних заходів, які охоплюють всі стадії життєвого циклу виробу, починаючи з наукових розробок, дослідно-конструкторських робіт і закінчуючи експлуатацією, включаючи ремонтні роботи.

Програми комплексної стандартизації розробляються на основі таких принципів:

- випереджаючий розвиток стандартизації сировини, матеріалів, комплектуючих виробів;
- вибір прогресивних вимог, норм і показників, які включаються до стандартів і технічних умов;
- оптимізація показників і обсягу робіт з комплексної стандартизації і вибір найбільш ефективних напрямів стандартизації.

2.3. Методи стандартизації

Методами стандартизації є уніфікація, агрегування й типізація, які забезпечують взаємозамінність і спеціалізацію на різних рівнях.

Під уніфікацією розуміють один із найважливіших методів стандартизації, який полягає в раціональному скороченні видів, типів і розмірів виробів однакового функціонального призначення, а також вузлів і деталей, з яких складається виріб, з метою створення обмеженої кількості взаємозамінних вузлів і деталей, які дозволяють збирати нові вироби з додаванням певної кількості оригінальних елементів. Чим більше уніфікованих вузлів і деталей у машині, тим коротші терміни проектування й виготовлення, оскільки скорочується кількість креслень, наново розроблених технологічних процесів, обладнання, яке проектується. Уніфікація дозволяє знизити вартість виробництва нових виробів, підвищити серійність і, отже, рівень автоматизації виробничих процесів, знизити працемісткість виготовлення, забезпечити велику мобільність промисловості під час випуску нових виробів, організувати спеціалізовані виробництва.

Уніфікація, необхідність якої економічно обґрунтована, повинна завершатись стандартизацією уніфікованих виробів. При цьому необхідно пам'ятати, що уніфікація повинна проводитись із урахуванням перспектив удосконалення вузлів і деталей.

Найбільш елементарним видом уніфікації є «симпліфікація» — просте скорочення найменш використовуваних елементів до необхідного мінімуму.

Розрізняють такі види: типорозмірна, внутрітипова і міжтипова.

Типорозмірна уніфікація здійснюється у виробках однакового функціонального призначення, які відрізняються одне від одного числовим значенням головного параметра.

Внутрітипова уніфікація здійснюється у виробках одного й того ж функціонального призначення, які мають однакове числове значення головного параметра, але відрізняються конструкційним виконанням складових частин.

Міжтипова уніфікація здійснюється у виробках різного типу і різного конструкційного виконання (наприклад уніфікація поздовжньо-фрезерних, стругальних, шліфувальних станків між собою).

Роботи з уніфікації можуть здійснюватись на трьох рівнях: заводському, галузевому, міжгалузевому.

Агрегування — це метод створення і експлуатації машин, приладів і обладнання із окремих стандартних, уніфікованих вузлів, які багаторазово використовуються при створенні різних виробів на основі геометричної та функціональної взаємозамінності.

Агрегування забезпечує розширення області застосування машин шляхом заміни їх окремих вузлів і блоків, можливість компоновки машин, приладів, обладнання різного функціонального призначення із окремих вузлів, які виготовляються на спеціалізованих підприємствах, створення універсальних пристроїв при розробці технологічного оснащення і т.д.

Агрегування дозволяє також збільшити номенклатуру машин, що випускається, і обладнання за рахунок модифікації їх основних типів і створення різних типів. Крім того,

агрегування дає можливість застосування приладів і складного технологічного механізованого і автоматизованого оснащення за рахунок використання спільних агрегатів і вузлів, організації високопродуктивного ремонту машин та інших виробів за рахунок використання взаємозамінних агрегатів і вузлів.

Типізація — метод стандартизації, який полягає в установленні типових об'єктів для даної сукупності, які беруться за основу (базу) при створенні інших об'єктів, близьких за функціональним призначенням.

Цей метод іноді називається методом “базових конструкцій” оскільки в процесі типізації вибирається об'єкт, найбільш характерний для даної сукупності, з оптимальними властивостями, а при одержанні конкретного об'єкта — виробу або технологічного процесу вибраний об'єкт (типовий) може одержувати лише деякі часткові зміни або доробки. Таким чином, типізація є розповсюдженням великої кількості функцій на незначну кількість об'єктів, оскільки забезпечує збереження тільки типових об'єктів із даної сукупності. Ефективність типізації обумовлена використанням перевіреного рішення при розробці нового виробу, прискоренням і зниженням вартості підготовки виробництва виробів, створюваних на одній базі, положенням умов експлуатації типових (базових) виробів і їх модифікації. Типізація завершується стандартизацією розроблених типових об'єктів.

Типізація як ефективний метод стандартизації розвивається в трьох основних напрямках: стандартизація типових технологічних процесів, стандартизація типових виробів загального призначення, створення нормативно-технічних документів, які визначають порядок проведення будь-яких робіт, розрахунків, випробувань і т.д.

Взаємозамінність — це властивість незалежно виготовлених деталей, вузлів і агрегатів забезпечувати безперешкодне збирання машин або приладів і виконувати своє функціональне призначення без порушення технічних вимог, які ставляться до даного виробу в цілому. Взаємозамінними деталі й вузли є в тому випадку, якщо параметри які ї описують знаходяться в заданих межах. Вимоги взаємозамінності висуваються до таких

параметрів, як точність розмірів, відхилення форми і розташування поверхонь, хвилястість і шорсткість, фізико-хімічні властивості матеріалів.

Під методом функціональної взаємозамінності розуміють визначення точності геометричних і фізико-хімічних параметрів деталей і вузлів на основі досить чітко встановлених зв'язків між цими параметрами і експлуатаційними показниками.

Повна взаємозамінність забезпечується дотриманням параметрів із такою точністю, яка допускає збирання й заміну будь-яких з'єднаних деталей вузлів і агрегатів без якихось додаткових заходів — обробки, підбору, регулювання.

Неповна (обмежена) взаємозамінність характеризується можливістю проведення таких додаткових заходів при зборці, як груповий підбір деталей (селективна зборка), застосування компенсаторів, регулювання положення, пригонка.

Зовнішня взаємозамінність — це взаємозамінність покупних і кооперованих виробів і вузлів за експлуатаційними показниками, а також за розмірами і формою приєднаних поверхонь, по яких взаємозв'язані вузли основного виробу з'єднуються між собою, а також із покупними і кооперованими виробами.

Внутрішня взаємозамінність — це взаємозамінність деталей, які складають окремі вузли, або складових частин і механізмів, які входять у виріб.

Уніфікація, агрегування, типізація і взаємозамінність є базою для розвитку робіт за спеціалізацією. Можливі два шляхи збільшення випуску продукції:

- розширення виробничих площ і збільшення кількості робітників (екстенсивний);
- розвиток спеціалізації виробництва (інтенсивний).

Вартість виробів при спеціалізованому виробництві знижується.

Предметна спеціалізація полягає в тому, що на окремому підприємстві зосереджується випуск нової продукції, яка відповідає профілю підприємства, наприклад спеціалізація заводу з випуску тракторів, станків і т. д. (початкова форма спеціалізації виробництва).

Подетальна спеціалізація полягає в тому, що в процесі виготовлення виділяється виробництво окремих деталей, вузлів і складальних одиниць. Цей вид спеціалізації економічно найвигідніший. При цьому підприємства-суміжники поставляють складальним підприємствам необхідні деталі, вузли, агрегати.

Технологічна спеціалізація — це виділення окремих стадій технологічного процесу в спеціалізовані заводи, цехи, ділянки (наприклад, організація прядильних, ткацьких, облицювальних фабрик у текстильній промисловості). При цьому збільшуються масштаби виробництва, підвищується продуктивність праці, знижується собівартість, раціональніше використовуються засоби виробництва.

Функціональна спеціалізація виникла в результаті розділення й кооперування праці в галузі допоміжного обслуговування виробництва. Найбільш важливим різновидом функціональної спеціалізації є організація централізованого ремонтного обслуговування групи підприємств, об'єднаних за тими або іншими ознаками: територіальною, галузевою або експлуатаційною. Функціональна спеціалізація забезпечує високу продуктивність і зниження собівартості допоміжного обслуговування виробництва.

Список літератури

1. Метрологія та вимірювальна техніка / За ред. проф. Е. Поліщука. – Львів: Вид-во «Бескид Біт», 2003. – 544 с.
2. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством / Под ред. акад. Н.С. Соломенко. – М.: Изд-во стандартов, 1990, – 342 с.
3. Закон України „Про внесення змін до Закону України „Про метрологію та метрологічну діяльність”. – Відомості ВВР. 2004. № 37. С. 449.
4. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. – Л.: СЗПИ, 1983.
5. Шишкин И.Ф. Прикладная метрология. – Л.: СЗПИ, 1985.
6. Аристов О.В., Шебанов В.И. Основы стандартизации и контроль качества в радиоэлектронике. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 212 с.

7. Артемьев Б.Г., Голубев С.М. Справочное пособие для работников метрологических служб. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – Кн. 1. – 428 с.
8. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 335 с.
9. Измерения качества продукции / Под ред. А.В. Гличева. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 256 с.
10. Пролейко В.М., Чекмарев А.А. Качество, надежность и долговечность электронных приборов. – М.: Энергия, 1972. – 224 с.
11. Семенов Ю.Г. Контроль качества. – М.: Высшая школа, 1990. – 320 с.
12. Юдин М.Ф., Селиванов М.Н., Тищенко О.Ф., Скороходов А.И. Основные термины в области метрологии. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 113 с.
13. Основы метрологии и электрические измерения (под ред. Е.М. Душина). – Ленинград: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.
14. Электрические измерения (под ред. А.В. Фремке). – Ленинград: Энергия, 1973. – 424 с.
15. Атомалян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. – Москва: Высшая школа, 1989. – 384 с.
16. Елизаров А.С. Электрорадиоизмерения. – Минск: Вышэйшая школа, 1986. – 320 с.
17. Соркин И.М. Основы радиоизмерительной техники. – Москва: Энергия, 1976. – 312 с.

ЗМІСТ

Розділ 1. Метрологія.....	3
1.1. Основні терміни та їх визначення	3
1.2. Метрологія та державний характер метрологічної діяльності в Україні.....	5
1.2.1. Метрологічна служба України	7
1.2.2. Державний метрологічний контроль і нагляд.....	11
1.2.3. Метрологічний контроль і нагляд	19
1.3. Одиниці вимірювань.	21
1.4. Державні еталони	27
1.5. Засоби вимірювальної техніки	28
1.5.1. Міри, вимірювальні перетворювачі і електромеханічні прилади	29
1.5.2. Електронні радіовимірювальні прилади.....	41
1.5.3. Цифрові прилади і перетворювачі.	46
1.6. Вимірювання та використання їх результатів.....	54
1.6.1. Правила виконання (проведення) вимірювань	55
1.6.2. Методи вимірювань.....	57
1.7. Методика статистичної обробки результатів спостережень при вимірюванні.....	63
Розділ II. Стандартизація.....	73
2.1. Основні функції стандартизації.....	73
2.2. Принципи стандартизації.....	75
2.3. Методи стандартизації.....	77
Список літератури	81

Навчальне видання

Метрологія і стандартизація

Навчальний посібник

Укладач: *Мар'янчук Павло Дмитрович*

Відповідальний за випуск: *Горлей Петро Миколайович*

Літературний редактор *Макарова О.П.*

Технічний редактор *Майструк Е.В.*

Реєстраційне свідоцтво ДК №891 від 08.04.2002 р.

Підписано до друку 8.12.2005. Формат 60×84/16.

Папір офсетний. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 4,59

Обл.-вид. арк. 4,94 Зам. 433 Тираж 100.

Друкарня видавництва «Руга» Чернівецького національного університету
58012, Чернівці, вул. Коцюбинського, 2