

1 Принципи, методи та методика вимірювань

Для точних вимірювань фізичних величин у метрології розроблені способи використання принципів і засобів вимірювальної техніки, застосування яких дозволяє вилучити із результатів вимірювань ряд систематичних і випадкових похибок, і позбавити експериментатора необхідності вводити поправки для їх компенсації, а в деяких випадках взагалі одержувати вірогідні результати. Багато способів використання так і залишаються лише способами, їх застосовують лише в окремих, небагатьох випадках. Проте є й такі способи використання, які необхідні при численних вимірюваннях багатьох величин. Коли вони стають загальними, їх називають методами вимірювань.

Принцип вимірювання — фізичне явище або сукупність фізичних явищ, які покладені в основу вимірювання певної величини. Наприклад, вимірювання температури за допомогою використання термоелектричного ефекту, зміни електричного опору терморезисторного перетворювача чи зміни тиску термометричної речовини газового термометра та ін. Засіб вимірювальної техніки — технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

Метод вимірювання — сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки та принципів вимірювань для створення вимірювальної інформації.

Вимірювальна інформація — інформація про вимірювані величини та залежності між ними у вигляді сукупності їх значень.

У метрології у процесі вимірювань найширше застосовуються прямі методи вимірювання, що забезпечують визначення шуканої величини за експериментальними даними.

До прямих методів вимірювання відносяться: метод безпосередньої оцінки, метод порівняння з мірою, метод протиставлення, нульовий (компенсаційний), диференційний та ін.

Метод безпосередньої оцінки полягає в тому, що вимірювана величина визначається безпосередньо за показниками шкали вимірювального приладу (наприклад, зважування на циферблатних вагах, вимірювання тиску пружинним манометром).

Вимірювання цим методом проводяться дуже швидко, просто і не вимагають високої кваліфікації, оскільки не потрібно ускладнювати вимірювальний прилад і виконувати складні обчислення. Проте точність таких вимірювань невисока через вплив зовнішнього середовища та розмірів шкали приладу. При проведенні точніших вимірювань слід користуватися методом порівняння з мірою, який полягає в тому, що вимірювана величина порівнюється з величиною, відтвореною мірою. Результат вимірювання

визначається як сума значень порівняльної міри та показів вимірювального приладу або приймається рівним значенню міри (наприклад, аналітичні ваги).

Метод протиставлення — це метод порівняння з мірою, коли вимірювана і відтворена мірою величини одночасно діють на прилад порівняння, за допомогою якого визначається співвідношення між цими величинами. Значення шуканої величини визначається після досягнення рівноваги за значенням зрівноважуючої величини. Наприклад, на важільних вагах маса зваженого вантажу визначається за масою поставлених ваг.

Нульовий (компенсаційний) метод полягає у порівнянні вимірюваної величини з мірою, а результуючий ефект дії величин на прилад доводиться до нуля. Цей метод широко використовується в автоматичних вимірювальних приладах: автоматичних мостах, потенціометрах, аналізаторах рідин, газів та ін. На результати вимірювань, як правило, майже не впливають зовнішні чинники і джерело живлення вимірювальних електричних схем.

Диференціальний (різницевий) метод (ДМ) полягає в тому, що вимірювальним приладом визначається різниця між вимірюваною величиною і величиною-мірою. Наприклад, вимірювання надмірного тиску в апаратах відносно атмосферного тиску за допомогою диференціального манометра типу ДМ.

Метод збіжності є різновидом методу порівняння з мірою і полягає в тому, що різниця між шуканою і відтвореною мірою величинами вимірюється за збігом шкал або періодичних сигналів. Цей метод використовується при вимірюванні точних сигналів часу, частоти обертання тощо. Крім перелічених методів, у метрологічній практиці використовуються багато інших: інтерферентний — для точних вимірювань лінійних величин, фотоелектричний — у машинобудуванні та ін.

2 Види вимірювань та їх класифікація

На результати вимірювань впливає досить багато чинників: зовнішні умови, методи, технічні засоби вимірювання, вид експериментів та ін. Зважаючи на численність різних чинників та умови проведення експерименту, вимірювання можна класифікувати за характером зміни вимірюваної величини в часі, за способом одержання числового значення, точністю та ін.

За характером зміни вимірюваної величини в часі вимірювання можна розподілити на статистичні, статичні та динамічні.

Статистичні вимірювання пов'язані з визначенням характеристик випадкових процесів, звукових сигналів, рівнів шумів і. т. д.

Статичні вимірювання - це вимірювання, при яких протягом певного проміжку часу вимірювана величина майже не змінюється або ж її значення змінюється поступово відповідно до процесу виробництва. Статичні

вимірювання (рис. 3.2) використовуються, як правило, для встановлення взаємозв'язку між ФВ одного і того ж самого об'єкта дослідження. Вони застосовуються у пасивних експериментах і забезпечують задовільний рівень наочності при зміні вимірюваних величин за певний проміжок часу (годину, зміну, добу). Таким, наприклад, є проведення пасивного експерименту на випарній установці для вимірювання основних її параметрів: температури, рівня, тиску, витрати пари тощо.

Динамічні вимірювання - вимірювання, які показують зміну вимірюваної величини в часі при різних збуреннях, що впливають на об'єкт дослідження або ж на ЗВ. Динамічні вимірювання дають можливість вивчати динамічні властивості об'єкта і засобу вимірювальної техніки (ЗВТ), особливо первинних перетворювачів (датчиків).

Статичні та динамічні вимірювання в ідеальному вигляді на практиці зустрічаються рідко.

За способом одержання числового значення вимірюваної величини вимірювання поділяються на прямі, посередні, сукупні та сумісні.

Прямими називаються такі вимірювання, за яких значення вимірюваної величини визначається безпосередньо за експериментальними даними (вимірювання довжини метром, вимірювання температури термометром, тиску - манометром та ін.). Прямі вимірювання найпростіші і найпоширеніші у промисловості.

Посередніми називаються такі вимірювання, за яких значення вимірюваної величини вираховується за допомогою відомих математичних залежностей між цією величиною і величиною, яка визначається прямими вимірюваннями.

При сукупних вимірюваннях числове значення вимірюваної величини визначається розв'язком системи рівнянь, одержаних шляхом сукупних прямих вимірювань однієї або декількох однойменних величин (наприклад, визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення).

При сумісних вимірюваннях одночасно вимірюють дві або декілька різнойменних величин для виявлення залежностей між ними. Як правило, результати таких вимірювань використовуються в наукових дослідженнях.

За точністю вимірювання числових значень вимірюваної величини вимірювання поділяються на три групи:

- вимірювання з максимально можливою точністю відповідно до наявного технічного рівня. Це вимірювання за допомогою еталонів, спрямовані насамперед на відтворення встановлених одиниць ФВ або ж фізичних констант. Крім того, такі вимірювання необхідні під час наукових досліджень високого рівня та розробок сучасних технологій в електроніці, атомній енергетиці тощо.

- контрольно-повірочні вимірювання, похибки яких не перевищують деяких наперед заданих значень. До них відносять лабораторні вимірювання ФВ за допомогою зразкових і технічних засобів високих класів точності. Такі вимірювання проводяться у метрологічних лабораторіях Держстандарту України та науково-дослідних інститутах.
- технічні вимірювання - вимірювання, які проводяться у промисловості і визначаються невисоким класом точності засобів вимірювання.

Залежно від одиниць вимірювання значення вимірювальних величин можна розподілити на абсолютні, відносні та приведені.

Абсолютними називаються вимірювання, значення яких подані в абсолютних одиницях ФВ (наприклад, тиск - у паскалях, довжина - в метрах, час - у секундах та ін.).

Відносними називаються вимірювання, значення яких подані як відношення вимірюваної величини до однойменної, умовно прийнятої за одиницю, або ж у відсотках (наприклад, вологість повітря).

За кількістю вимірювальної інформації розрізняють однократні (одноразові) і багатократні вимірювання.

Одноразові вимірювання - це один вимір однієї величини, тобто число вимірювань дорівнює числу вимірюваних величин. Практичне застосування такого виду вимірювань завжди пов'язане з великими похибками, тому слід проводити не менше трьох одноразових вимірювань і знаходити кінцевий результат як середнє арифметичне значення.

Багаторазові вимірювання характеризуються перевищенням числа вимірювань кількості вимірюваних величин. Зазвичай мінімальне число вимірів у даному випадку більше трьох. Перевага багаторазових вимірювань - у значному зниженні впливів випадкових факторів на похибку вимірювання.

3 Засоби вимірювальної техніки та їх характеристика

Засіб вимірювальної техніки - технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

До засобів вимірювальної техніки відносяться:

- засоби вимірювань
- вимірювальні пристрої

Засіб вимірювання — засіб вимірювальної техніки, який реалізує процедуру вимірювань. До засобів вимірювань відносяться:

- кодові засоби вимірювань
- реєструвальні засоби вимірювань

- вимірювальні прилади
- вимірювальні канали
- вимірювальні системи

Засіб вимірювань реалізує в ідеальному випадку лінійну залежність між значеннями вимірювальної величини та її відповідними розмірами.



Вимірювальний прилад - це засіб вимірювання, в якому створюється візуальний сигнал вимірювальної інформації.

Залежно від способу відліку інформації поділяються

- аналогові
- цифрові
- реєструвальні

Аналоговий вимірювальний прилад - вимірювальний прилад, у якому візуальний сигнал вимірювальної інформації представляється за допомогою шкали й покажчика (Рисунок 1)

Рисунок 1 –Аналогові вимірювальні прилади

Цифровий вимірювальний прилад – візуальний сигнал вимірювальної інформації представляється у вигляді цифр або символів на пристрої, що показує результати (Рисунок 2)

Рисунок 2 – Цифрові вимірювальні прилади

Реєструючий засіб вимірювання - засіб вимірювання для вимірювання й автоматичного запису значень вимірюваних величин, які можуть змінюватись у часі (Рисунок 3).

Рисунок 3 – Реєструючі засоби

Вимірювальний канал – сукупність засобів вимірювальної техніки, засобів зв'язку та інших технічних засобів, призначена для створення сигналу вимірювальної інформації про одну вимірювану фізичну величину.

Вимірювальна система – сукупність вимірювальних каналів, вимірювальних пристроїв та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної інформації про декілька фізичних величин (Рисунок 4)



Рисунок 4 – Блок-схема вимірювальної системи

Вимірювальні пристрої

Диференціація вимірювань на окремі вимірювальні операції і детальний розгляд особливостей засобів вимірювальних операцій відкриває можливість аналізу і синтезу методів вимірювання в тісному зв'язку зі структурами засобів вимірювань.


Вимірювальний пристрій - засіб вимірювальної техніки, в якому виконується лише одна із складових частин процедури вимірювань (вимірювальна операція).




Виділяють такі вимірювальні пристрої:

- міра
- вимірювальний перетворювач
- масштабний перетворювач
- компаратор
- числовий вимірювальний перетворювач (обчислювальний компонент).

Вимірювальні пристрої не забезпечують можливості здійснювати відлік інформації.

Таблиця 1 – Типи вимірювальних пристроїв

Вимірювальні пристрої	Вимірювальні операції	Умовне позначення	Рівняння перетворення
Міра	Відтворення фізичних величин		$XN = NX * qX$

Вимірювальний перетворювач	Вимірювальне перетворення		$Y = F(X)$ $Y = \text{КВП} * X$
Масштабний перетворювач	Масштабне перетворення		$X1 = \text{КМП} * X$
Компаратор (пристрій порівняння)	Порівняння		$\Delta X = \text{sign}(X1 - X2)$

Основні характеристики засобів вимірювальної техніки

Метрологічні характеристики:

- характеристики ЗВТ, які нормуються для визначення результату вимірювання та його похибки
- характеристики, які впливають на результат і точність вимірювань

Нормування метрологічних характеристик ЗВТ полягає у раціональному виборі та законодавчому затвердженні їх номенклатури (переліку), встановленні номінальних значень та допустимих відхилень реальних метрологічних характеристик ЗВТ від їх номінальних значень.

Номенклатура метрологічних характеристик ЗВТ встановлена “ГОСТ 8.009-84 ГСИ”

Характеристики, призначені для визначення результату вимірювання:

- функція перетворення ЗВТ
- номінальне значення однозначної або номінальні значення багатозначної міри
- ціна поділки шкали вимірюваного приладу або багатозначної міри
- вид вихідного коду, кількість розрядів коду, ціна одиниці найменшого розряду цифрових засобів вимірювань

Характеристики основної похибки ЗВТ:

- систематичної складової похибки
- випадкової складової похибки

Характеристики чутливості ЗВТ до впливних величин (характеристики додаткових складових похибки ЗВТ):

- функція впливу
- зміни значень метрологічних характеристик ЗВТ, спричинені змінами їх величин у встановлених межах
- динамічні характеристики ЗВТ
- характеристики взаємодії ЗВТ з об'єктами дослідження та навантаження
- неінформативні параметри вихідного сигналу ЗВТ

Із вказаного переліку для конкретного ЗВТ вибирають такі метрологічні характеристики, які необхідні для визначення результату та похибки вимірювання. Ці характеристики регламентуються державними стандартами та іншими нормативно-технічними документами на цей ЗВТ.

Перелік посилань

1. Дімов Ю.В. Метрологія, стандартизація і сертифікація. Підручник для вузів. 2-е вид. - СПб.: Пітер, 2006.
2. Метрологія, стандартизація і сертифікація: Підручник / Ю.І. Борисов, А.С. Сігов та ін; Під ред. А.С. Сігова. - М. Форум: Инфра-М, 2005.
3. Керівництво за висловом невизначеності вимірювання. - ВНИИМ, С-Пб.: 2005.
4. Кулаков М.В. Технологічні вимірювання і прилади для хімічних виробництв. Підручник, 3-е видання. - М.: Машиностроение.1983.-424 с.
5. Фарзане Н.Г., Ілясов Л.В., Азім-Заде А.Ю. Технологічні вимірювання і прилади. підручник, 3-е издание.-М.: Вища школа, 1989-345 с.
6. Петров І.К. Технологічні вимірювання і прилади в харчовій промисловості. Підручник .- М.: Анропроіздат, 1985.-244 с.
7. Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Збірник завдань і питань по теплотехнічних вимірювань і приладів. -М.: Энергопромиздат, 1985.-328 с.
8. Промислові роботи і засоби автоматизації. Довідник / Під. Ред. В.В. Черенкова .- Л.: Машинобудування, 1987.-847 с.
9. Келін Ю.М. Типові елементи систем автоматизованого управління.-М.: Форум: інфаМ.2002 р.
10. Таланов В.Д. Технічні засоби автоматизації \ за редакцією Ключева.-2-е вид., Перераб. і доп.: Исто-сервіс, 2002, -248 с.