### ЛЕКЦІЯ 4

### ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ

* 1. **Класифікація похибок вимірювання**

Похибки вимірювань класифікують за трьома основними класифікаційними ознаками - **за способом вираження**, **за характером зміни**, **за місцем виникнення**. Класифікація похибок вимірювань наведена на рис.2.1.

Абсолютні

За характером зміни в часі

За причиною виникнення

Відносні

Інструментальні

Методичні

Випадкові

Систематичні

За місцем виникнення

За характером зміни

За способом вираження

Періодичні

Прогресивні

Постійні

Похибки встановлення

Суб'єктивні

Методичні

Інструментальні

Похибка від взаємодії з об'єктом

вимірювання

Похибка засобів вимірювання

Рисунок 2.1 - Класифікація похибок вимірювання

За способом вираження похибки поділяються на **абсолютні** та **відносні.** Класична метрологія виходить з позиції, що результат вимірювання завжди відрізняється від істинного значення вимірюваної величини. Тому під час вимірювань фізичної величини (ФВ) виникає похибка, яка дорівнює різниці між виміряним значенням X фізичної величини та її істинним ХІ значенням

X = X – XІ. (2.1)

*Істинне значення. Значення фізичної величини, яке ідеально відображало б певну властивість об’єкта.*

Визначити істинне значення величини вимірюванням неможливо через обмежені можливості засобів вимірювань. Однак існують величини, істинне значення яких відоме апріорі, наприклад, один повний оберт дорівнює 2 радіанів або 3600. Раніше відмічена неможливість визначення істинного значення є наслідком принципової недосконалості відображення при вимірюванні та причиною неминучості похибки вимірювання. Оскільки істинне значення ФВ нам за умовою невідоме, то похибку вимірювання з останнього рівняння визначити неможливо. Для визначення похибки істинне значення ФВ замінюють дійсним - XД.

*Дійсне значення. Значення фізичної величини, знайдене експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що його можна використати замість істинного для даної мети.*

Тоді похибка вимірювання буде визначатись через дійсне значення.

*Абсолютна похибка вимірювання. Різниця між результатом вимірювання і дійсним значенням вимірюваної величини*

X = X - XД. (2.2)

Абсолютною дану похибку назвали тому, що вона виражена в абсолютних одиницях вимірюваної величини.

На практиці дійсне значення ФВ може бути знайдено за допомогою багаторазових вимірювань з наступним усередненням результатів спостережень і поданням цього середнього в якості дійсного або за допомогою зразкового засобу вимірювання. Якщо абсолютну похибку взяти з протилежним знаком і алгебрично додати до результату вимірювання, то можна ввести поправку в результати вимірювання.

(2.3)

q

= - X.

*Поправка - значення величини, що алгебрично додається до результату вимірювання з метою вилучення систематичної похибки.*

У багатьох випадках числове значення абсолютної похибки не дає правильного уявлення про точність вимірювання, ступінь достовірності одержаного результату. Тому введено більш універсальну характеристику точності у вигляді відносної похибки.

*Відносна похибка вимірювання. Відношення абсолютної похибки вимірювання до дійсного значення вимірюваної величини*

X X XД . (2.4)

XД XД

Відносна похибка може виражатися не тільки у відносних величинах, але й у відсотках

X 100% XД

X XД XД

100% . (2.5)

Аналіз останніх двох рівнянь дозволяє дійти висновку, що чим менша похибка вимірювання, тим вища його точність, отже, тим менша

різниця між істинним значенням ФВ і результатом її вимірювань. Із збільшенням похибки зменшується точність.

*Точність вимірювання. Головна характеристика якості вимірювання, що*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *відображає близькість результату вимірювання значення вимірюваної величини.* | *до* | *істинного* |
| Кількісно точність  вимірювання визначається обернена до відносної похибки | як | величина, |

. (2.6)

1

XД

X XД

Крім точності вимірювань на практиці застосовують також такі характеристики якості вимірювань: **правильність**, **збіжність** та **відтворюваність** вимірювань.

*Правильність вимірювань. Характеристика якості вимірювання, що відображає близькість до нуля систематичної похибки вимірювання.*

*Збіжність результатів вимірювання. Характеристика якості вимірювань, що відображає близькість повторних результатів вимірювань однієї й тієї ж величини в однакових умовах.*

*Відтворюваність вимірювань. Характеристика якості вимірювань, що відображає близькість результатів вимірювань однієї й тієї ж величини, виконаних в різний час, в різних умовах, різними методами і засобами.*

Розрізнюють **надмірну похибку** і **промах**.

*Надмірна похибка. Похибка вимірювання, що суттєво перебільшує очікувану (в даних умовах) похибку.*

*Промах. Результат вимірювання, що має надмірну похибку.*

За характером зміни похибки вимірювання поділяють на

### систематичні і випадкові.

*Систематична похибка. Складова похибки , що залишається сталою або прогнозовано змінюється у ряді вимірювань тієї ж величини.*

*Випадкова похибка. Складова похибки* o *, що непрогнозовано змінюється у ряді вимірювань тієї ж величини.*

У загальному випадку похибка результату вимірювання містить систематичну і випадкову складові, навіть якщо було введено поправки на систематичні похибки, викликані відомими факторами впливу. Пояснюється це, по-перше, тим, що значення факторів не залишаються в процесі вимірювання постійними, а по-друге, тим, що на результат вимірювання впливають фактори, дія яких у даному експерименті не

передбачалася, або ж фактори, дію яких неможливо врахувати. Оскільки у похибку вимірювання входить випадкова складова, то її слід вважати величиною випадковою. Значення повної похибки вимірювання для будь- якого моменту часу визначається

 o

. (2.7)

Використовуючи апарат підсумовування часткових похибок випадкового характеру і часткових похибок систематичного характеру, можна оцінити похибку вимірювання.

Систематичні похибки в свою чергу поділяються **за причиною виникнення** та **за характером зміни у часі**. За причиною виникнення систематичні похибки поділяються на **інструментальні**, **методичні**, **суб’єктивні**, похибки **встановлення**.

*Похибки встановлення. До них належать такі, прояви яких зумовлені неправильним застосуванням міри: встановлення приладу з нахилом або відхилення зовнішніх умов від нормальних (наявність зовнішніх полів, відхилення температури від нормальної тощо).*

*Суб’єктивні похибки проявляються в результаті особливостей самого спостерігача. Наприклад, при підрахунку поділок шкали різні люди по-різному оцінюють одне і те саме положення стрілки. Один схильний завжди занижувати показання, інший - завищувати їх.*

*Методичні похибки виникають через недоліки самого методу вимірювання або через неточність застосованих спрощених формул. Скажімо, при непрямому вимірюванні площі перерізу круглого стержня прямим вимірюванням діаметра з наступним обчисленням площі S = d2****/****4 результат буде із систематичною методичною похибкою через обмежене число знаків після коми числа .*

*Інструментальні похибки властиві усім вимірювальним приладам і мірам. Ці похибки виникають у результаті допущених при виготовленні і градуюванні засобів вимірювання, порушень технології при нанесенні міток на шкали стрілкових приладів, за рахунок різних відхилень при підганянні дійсних значень фізичної величини до номінального.*

За характером зміни у часі систематичні похибки поділяються на

### постійні, прогресивні, періодичні.

*Постійні похибки. До них належать такі, які тривалий час залишаються незмінними і протягом вимірювального експерименту є постійними.*

*Прогресивні похибки. Це такі похибки, які в процесі даної серії вимірювань безперервно зростають або зменшуються, тобто є функцією часу.*

*Періодичні похибки. До їх числа належать систематичні похибки, значення яких є періодичною функцією або часу, або самої вимірюваної величини.*

За місцем виникнення похибки вимірювання розподіляються на

### інструментальні і методичні.

*Інструментальна похибка. Складова похибки вимірювання, зумовлена властивостями засобів вимірювальної техніки.*

*Методична похибка. Складова похибки вимірювання, що зумовлена неадекватністю об’єкта вимірювання та його моделі, прийнятої при вимірюванні.*

Інструментальна похибка складається з **похибки засобів вимірювання** та похибки від їх **взаємодії** з об’єктом вимірювання.

*Похибка від взаємодії. Складова інструментальної похибки, що виникає внаслідок впливу засобів вимірювальної техніки на стан об’єкта вимірювання.*

*Похибка засобів вимірювальної техніки. Складова інструментальної похибки, що виникає внаслідок наявності похибки певного засобу вимірювання.*

Похибки засобів вимірювальної техніки в свою чергу поділяються на **абсолютні**, **відносні** та **зведені**, **систематичні** та **випадкові**, **адитивні**, **мультиплікативн**і і **нелінійні**, **основні** і **додаткові**, **статичні** і **динамічні**.

*Абсолютною похибкою засобу вимірювань називають різницю між показом засобу вимірювань та істинним значенням вимірюваної величини за відсутності методичних похибок і похибок від взаємодії засобу вимірювань з об’єктом вимірювання*

*Відносною похибкою засобу вимірювань називають відношення абсолютної похибки засобу вимірювань до істинного значення вимірюваної величини*

*Зведеною похибкою засобу вимірювань називають відношення абсолютної похибки засобу вимірювань до нормованого значення*

*Основна похибка - похибка засобу вимірювальної техніки за нормальних умов його використання.*

*Додаткова похибка - похибка засобу вимірювальної техніки, яка додатково виникає під час використання засобу вимірювань в умовах відхилення хоча б однієї з впливних величин від нормального значення або її виходу за границі нормальної зони значень.*

*Адитивна - складова абсолютної похибки засобу вимірювальної техніки, яка не залежить від вимірюваної величини.*

*Мультиплікативна - складова похибки засобу вимірювальної техніки, яка пропорційна вимірюваній величині.*

*Нелінійна - складова похибки засобу вимірювальної техніки, яка нелінійно залежить від вимірюваної величини.*

*Систематична похибка засобу вимірювання – складова похибки засобу вимірювання, яка є постійною під час проведення вимірювань або змінюється за певним законом.*

*Випадкова похибка засобу вимірювання – складова похибки засобу вимірювання, яка під час проведення вимірювань змінюється випадково.*

*Динамічна похибка - складова похибки, що виникає додатково до статичної під час динамічних вимірювань.*

*Статична похибка – похибка засобу вимірювання, що виникає при проведенні статичних вимірювань.*