

ПОХИБКИ ВИМІРІВ

к. ф.-м. н., ст. викл. Пилипенко О.В.

При будь-яких вимірах через недосконалість їх методів, неточність вимірювальних приладів та інші чинники виникають **похибки**, тобто **виміряна величина відрізняється від її дійсного значення**, під яким розуміють величину, яка знайдена точнішими методами і приладами.

Для кількісної оцінки якості вимірювання застосовують похибку результату вимірювання (похибку вимірювання), яка є відхиленням результату вимірювання x від істинного (дійсного) значення X_I (X_D) вимірюваної величини

$$\Delta = x - X_I = x - X_D$$

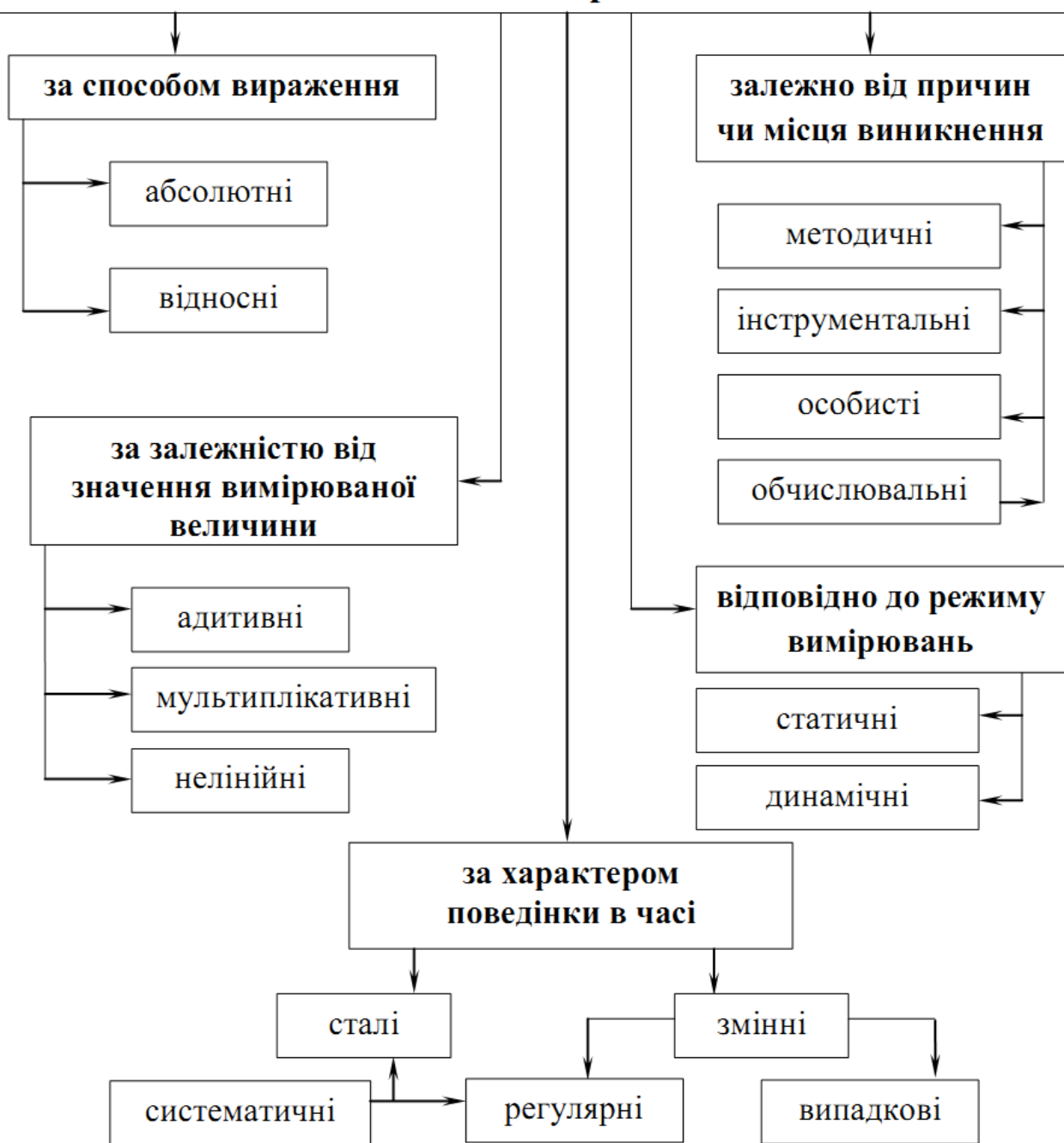
Істинне значення фізичної величини – це значення фізичної величини, яке ідеально відображає певну властивість об'єкту.

Дійсне значення фізичної величини – це значення фізичної величини, яке знайдене експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що може використовуватись замість істинного значення.

Фактори, які впливають на процес формування похибок вимірювання

- недосконалість засобів, що використовують при вимірюваннях (інструмента-льний фактор);
- вплив зовнішніх умов на об'єкт та засоби вимірювань;
- недостатня кваліфікація експериментатора, що здійснює вимірювання;
- взаємний вплив засобів вимірювань та об'єкта;
- не збігання моделі вимірюваної величини та справжньої властивості об'єкта, розмір якої слід виміряти;
- недосконалість обчислювального алгоритму та обчислень при опрацюванні первинних результатів вимірювань для кінцевих результатів;
- неточні калібрування;
- часові зміни вимірювальної величини та властивостей ЗВТ;
- математичні спрощення (математичний фактор);
- втрати цифрових даних під час передавання та зберігання.

Похибки вимірювань



похибка результату вимірювання містить *систематичну й випадкові* складові та навіть коли була введена поправка – це значення величини, що алгебраїчно додається до результату вимірювання з метою вилучення систематичної похибки.

- **систематична похибка** – це складова похибки, що залишається сталою або прогнозовано змінюється у ряді вимірювань однієї й тієї ж величини;
- **випадкова похибка** – це складова похибки, що не прогнозовано (випадково) змінюється у ряді вимірювань однієї й тієї ж величини;
- **інструментальні похибки**, що зумовлені недосконалістю ЗВТ та залежністю їх властивостей від впливу зовнішніх умов. Така похибка присутня завжди, так як вимірювання неможливе без вимірювальних засобів;
- під час вимірювань різні за кваліфікацією виконавці вимірювань порізноmu визначають покази аналогових приладів, при цьому похибка може сягати до половини поділки, а то і більше. Така похибка має назву **особиста**.
- **методичні похибки** зумовлені методом вимірювання та вимірювально-го перетворення.
- причинами виникнення **обчислювальної похибки** можуть стати ефекти заокруглення та обчислювальні проблеми розв'язування вимірювальної задачі.

- **абсолютна похибка** вимірювання – це різниця між результатом вимірювання та істинним (дійсним) значенням вимірюваної величини;
- **відносна похибка** вимірювання – це відношення абсолютної похибки вимірювання до дійсного значення вимірюваної величини;
- **статичні похибки** – це похибки, яка виникають під час статичних вимірювань, у яких вимірювана величина упродовж вимірювального експерименту не змінюється;
- **динамічні похибки** – це похибки, які виникають під час динамічних вимірювань, в яких вимірювана величина під час вимірювального експерименту може змінюватися;
- **адитивні похибки** – це абсолютні похибки, які не залежать від значення вимірюваної величини, та які ніби то алгебраїчно додаються (від англ. add – додавати) до вимірюваної величини;
- **мультиплікативні похибки** – це абсолютні похибки, які лінійно зростають чи зменшуються при збільшенні значення вимірюваної величини, а саме, є пропорційними до добутку (від англ. multiplication – множення) певного коефіцієнту і значення вимірюваної величини;
- **нелінійні похибки** – це абсолютні похибки, які нелінійно залежать від значення вимірюваної величини

сталі (систематичні) похибки – це похибки, які упродовж здійснення вимірювального експерименту не змінюють свого значення, хоча воно може залишатися невідомим;

- **змінні похибки**, які поділяються на прогресуючі, регулярні та випадкові:

- **прогресуючі похибки** – це похибки, які упродовж здійснення вимірювального експерименту практично лінійно змінюють своє значення та мають назву дрейфи;

- **регулярні похибки** – це похибки, які під час виконання вимірювального експерименту змінюються регулярно, наприклад, періодично, і закон їх часової зміни може бути дослідженим, визначеним, і такі похибки можуть бути враховані;

- **випадкові похибки** – це похибки, що змінюються в часі нерегулярно, непередбачувано, а їх майбутні значення можна прогнозувати лише з певною часткою ймовірності.

Промахи – це результати вимірювання, які мають надмірні похибки.

Надмірні похибки – це похибки вимірювання, що суттєво перебільшують очікувані похибки.

Абсолютна похибка (Δ) вимірювання – це різниця між результатом вимірювання x та істинним значенням вимірюваної величини X_1 :

$$\Delta = x - X_1 = x - X_0$$

Приклад 4.1 Істинне (дійсне) значення струму $I = 10,3$ мА, а в результаті вимірювання отримано значення вимірювання струму $10,5$ мА, то абсолютна похибка вимірювання струму становить

$$\Delta I = I - I_0 = 10,5 - 10,3 = 0,2 \text{ мА.}$$

Така послідовність величин в означенні похибки потрібна для коригування систематичних похибок, зокрема, введення відповідних поправок до результату вимірювань. Коли при вимірюванні говорять «*похибка вимірювання*», то мають на увазі *абсолютну похибку*.

Відносною похибкою виміру називається виражене у відсотках відношення абсолютної похибки виміру до дійсного значення вимірюваної величини.

$$\delta = \frac{\Delta}{X_a} \cdot 100\% \cong \frac{\Delta}{x} \cdot 100\%$$

Приклад 4.2 Здійснено вимірювання ємності 0,225 мкФ з похибкою $\Delta C = 0,003$ мкФ і індуктивності 20,1 мГн з похибкою $\Delta L = 0,15$ мГн. Встановити, в якому випадку точність вимірювання краща.

Розв'язання.

1. При вимірюванні ємності відносна похибка дорівнює

$$\delta_C = \frac{\Delta C}{C_a} \cdot 100\% = \frac{0,003}{0,225} \cdot 100\% = 1,33\%.$$

2. Під час вимірювання індуктивності відносна похибка дорівнює

$$\delta_L = \frac{\Delta L}{L_a} \cdot 100\% = \frac{0,15}{20,1} \cdot 100\% = 0,7\%.$$

3. Точність вимірювання індуктивності є найвищою, оскільки відносна похибка вимірювання індуктивності є меншою.

Міру точності характеризують приведеною похибкою приладу під якою розуміють виражене у відсотках відношення абсолютної похибки ΔA до верхньої межі виміру(номіналу) приладу A_H .

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_H} \cdot 100\%$$

Для приладів з нерівномірною шкалою приведена похибка визначається залежно від довжини шкали $l_{\text{ш}}$

$$\gamma = \frac{\Delta l}{l_{\text{ш}}} \cdot 100\%$$

де Δl - довжина відрізка дуги шкали приладу, що лежить між відмітками виміряного і дійсного значень вимірюваної величини.

Найбільша приведена похибка, яка допускається для вимірювального приладу по ДСТУ носить назву допустимої похибки

$$\gamma_d = \frac{\Delta A_{\text{наиб}}}{A_H} \cdot 100\%$$

Клас точності засобу вимірювань – це узагальнена характеристика засобу, яка визначається границями його допустимих основної і додаткових похибок, а також регламентованими характеристиками, що впливають на його точність. Слід відзначити, що клас точності ЗВ – це не похибка, а кількісна характеристика, за величиною якої можна оцінити похибку ЗВ.

Позначення класу точності		Форма похибки	Вираз для оцінювання, границі допустимої основної похибки	Пояснення
на засобі вимірювання	в технічній документації			
0,5	клас точності 0,5	зведена	$\gamma = \frac{\Delta X}{X_H} \cdot 100\%;$ $\gamma = \pm 0,5\%$	нормоване значення X_H визначено в одиницях вимірюваної фізичної величини
1,5 ✓	клас точності 1,5	зведена	$\gamma = \frac{\Delta X}{X_H} \cdot 100\%;$ $\gamma = \pm 1,5\%$	нормоване значення X_H приймається рівним довжині шкали або її частині
2,5 ○	клас точності 2,5	відносна	$\delta = \pm 2,5\%$	позначення класу точності надає безпосередню вказівку на границю допустимої основної похибки

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!!!