

# Лекція 1

## КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ ТА ЇХ МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

### 1.1 Класифікація засобів вимірювань

За призначенням засоби вимірювання (ЗВ) діляться на:

1) *міри* – ЗВ, призначені для відтворення фізичної величини заданого розміру з певною точністю. Існують однозначні, багатозначні міри, а також набори мір і магазини мір (гирі, кінцеві міри довжини, магазин опорів, лінійка);

2) *вимірювальні перетворювачі* – ЗВ, призначені для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, яка є зручною для передачі, подальшого перетворення, обробки і зберігання, але не піддається безпосередньому сприйняттю спостерігача (термопара, індукційний давач, вимірювальний підсилювач, аналого-цифровий перетворювач);

3) *вимірювальні прилади* – ЗВ, призначені для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для сприйняття спостерігачем (вольтметр, омметр, манометр, термометр). Вимірювальні прилади мають відліковий пристрій (шкалу або цифровий індикатор), за допомогою якого відображається результат вимірювання;

4) *вимірювальні установки* – сукупність функціонально об'єднаних ЗВ (мір, перетворювачів, приладів) і допоміжних пристроїв, призначена для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для сприйняття спостерігачем, і розташована в одному місці (вимірювання опору або потужності за допомогою амперметра і вольтметра, вимірювання АЧХ за допомогою генератора і вольтметра тощо);

5) *вимірювальні інформаційні системи* – сукупність ЗВ та допоміжних пристроїв, з'єднаних між собою каналами зв'язку, призначена для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для автоматичної обробки, передачі і використання в автоматичних системах керування.

За метрологічними функціями ЗВ поділяють на *зразкові, робочі та еталони*.

### 1.2 Метрологічні характеристики засобів вимірювань

Найважливішими властивостями засобів вимірювань є ті, від яких залежить якість одержуваної з їхньою допомогою вимірювальної інформації. Якість вимірювань характеризується точністю, вірогідністю, правильністю, збіжністю і відтворюваністю вимірювань, а також розміром похибок, що допускаються.

*Метрологічні характеристики засобів вимірювань* – це такі характеристики їх властивостей, які впливають на результати і похибки

вимірювань і призначені для оцінки технічного рівня і якості засобів вимірювань, для визначення результатів вимірювання і розрахункової оцінки характеристик інструментальної складової похибки вимірювання.

ГОСТ 8.009-84 установлює комплекс нормованих метрологічних характеристик засобів вимірювань, які можна розділити на декілька груп:

- 1) характеристики, призначені для визначення результатів вимірювання (без введення поправки);
- 2) характеристики похибок засобів вимірювань;
- 3) характеристики чутливості засобів вимірювань до величин, що впливають;
- 4) динамічні характеристики засобів вимірювань;
- 5) характеристики, що відображають взаємодію засобів вимірювань з об'єктом вимірювань;
- 6) неінформативні параметри вихідного сигналу засобів вимірювання.

### 1.2.1 Характеристики, призначені для визначення результатів вимірювання.

Номінальна статична функція перетворення засобу вимірювання (градувальна характеристика, рівняння перетворення) – установлює залежність  $Y = F(X)$  інформативного параметра вихідного сигналу  $Y$  від значення інформативного параметра вхідного сигналу  $X$ . Може задаватись у формі рівняння, графіка або таблиці.

X	Y
4	0.8
5	1
6	1.4
7	2
8	2.8
9	3.8
10	5

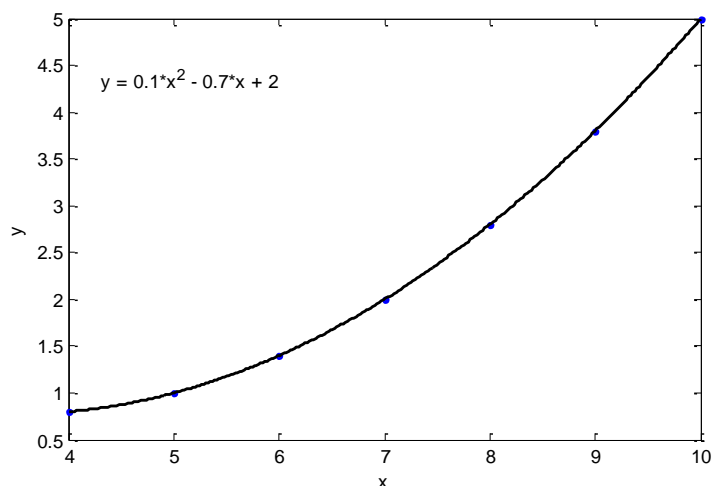


Рисунок 1.1 – Функція перетворення засобу вимірювань

Ідеальна функція перетворення є лінійною залежністю, але під дією тих або інших причин вона може змінювати свій вигляд. Якщо функція перетворення лінійна ( $Y = KX$ ), то коефіцієнт  $K$  називається *чутливістю*. У

протилежному випадку під чутливістю необхідно розуміти похідну від функції перетворення  $K = \partial Y / \partial X$  в заданій точці діапазону.

*Коефіцієнт перетворення* – відношення вихідної величини ЗВ до вхідної

$$K(X) = \frac{Y}{X}.$$

Якщо функція перетворення лінійна і проходить через початок системи координат, то  $K(X) = const$ .

*Номінальне значення однозначної або багатозначної міри* – значення фізичної величини, відтворюване мірою.

*Чутливість приладу* – відношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу до зміни вимірюваної величини (сигналу) на вході:

$$S = \Delta Y / \Delta X.$$

*Ціна поділки шкали* аналогового вимірювального приладу або багатозначної міри – різниця значень величин, що відповідають двом сусіднім позначкам шкали (у мікрометра, наприклад, вона дорівнює 0,01 мм). Вона пов'язана із чутливістю залежністю

$$C = 1 / S = \Delta X / \Delta Y.$$

Чутливість і ціна поділки – величини іменовані. Звичайно говорять про чутливість приладу до якоїсь величини (напруги, струму, опору і т.д.). Наприклад,  $S = 5$  поділок/В;  $C = 0,2$  В/поділку.

*Поріг чутливості* – зміна вхідного сигналу, яка викликає найменшу зміну вихідного сигналу, що може бути виявлена спостерігачем за допомогою даного приладу без додаткових пристроїв. Поріг чутливості визначає фактичну роздільну здатність вимірювального приладу.

*Діапазон показань* – область значень шкали, обмежена кінцевим і початковим значеннями шкали, тобто найбільшим і найменшим значеннями вимірюваної величини.

*Діапазон вимірювань* – область значень вимірюваної величини, у межах якої нормуються допустимі границі похибок засобу вимірювання.

*Стабільність* засобу вимірювання – властивість, що виражає незмінність у часі його метрологічних характеристик (показань).

*Швидкодія* – час, що затрачується на одне вимірювання. Для аналогового приладу швидкодія визначається часом установлення показань (часом заспокоєння) – проміжком часу з моменту зміни вимірюваної величини до моменту встановлення показань приладу. Для цифрових приладів швидкодія  $B$  визначається як відношення числа вимірювань  $n$  за деякий проміжок часу  $\Delta t$  до цього проміжку часу:

$$B = n / \Delta t.$$

Для цифрових ЗВ нормуються *вид вихідного коду*, *число розрядів коду* і *одиниця молодшого розряду*.

### 1.2.2 Характеристики похибок засобів вимірювань.

До цієї групи належать:

- характеристики систематичної складової похибки;
- характеристики випадкової складової похибки;
- характеристики сумарної похибки вимірювання;
- варіація вихідного сигналу засобу вимірювання.

*Варіація (нестабільність)* показань приладу – алгебраїчна різниця між найбільшим і найменшим результатами вимірювань при багаторазовому вимірюванні однієї і тієї ж величини в незмінних умовах.

### 1.2.3 Характеристики чутливості засобів вимірювань до величин, що впливають.

*Функції впливу* – описують залежність зміни значень метрологічних характеристик засобів вимірювань від змін величин, що впливають (температура, вібрація, тиск, електромагнітні поля тощо), або неінформативних параметрів вхідного сигналу.

### 1.2.4 Динамічні характеристики засобів вимірювань.

*Диференціальне рівняння* пов'язує вихідну величину засобу вимірювань  $y(t)$  із вхідною  $x(t)$  у динамічному режимі роботи

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = \\ = b_m \frac{d^m x(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dx(t)}{dt} + b_0 x(t). \end{aligned}$$

Застосувавши до лівої і правої частини диференціального рівняння перетворення Лапласа, можна отримати *передаточну функцію*

$$S(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0}.$$

*Перехідна характеристика* – це реакція засобу вимірювання на вхідний сигнал у вигляді одиничної сходинок  $1(t)$  (функція Хевісайда) для нульових початкових умов.

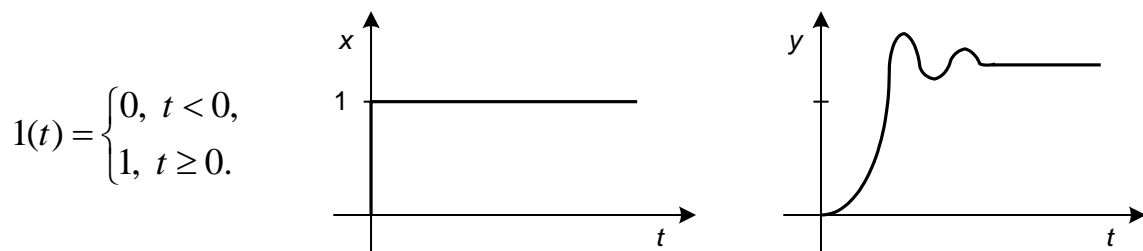


Рисунок 1.2 – перехідна характеристика

Імпульсна характеристика – це реакція засобу вимірювання на вхідний одиничний дельта-імпульс  $\delta(t)$  (функцію Дірака) для нульових початкових умов.

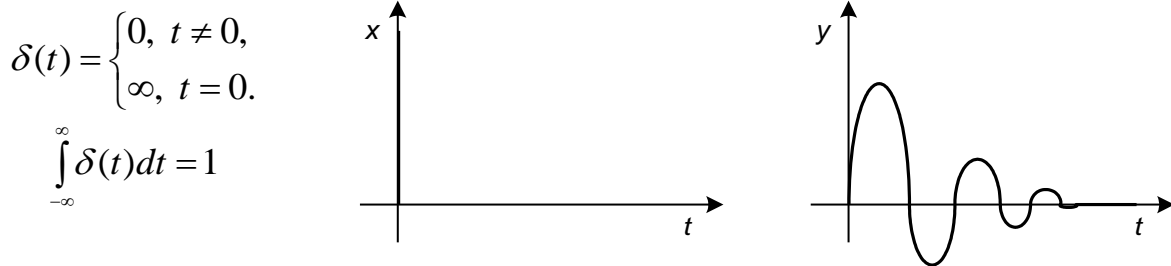


Рисунок 1.3 – Імпульсна характеристика

Поведінку засобу вимірювання в частотній області описує так звана частотна характеристика (або комплексний коефіцієнт передачі), яку можна отримати, поклавши в передаточній функції  $p = j\omega$ . Модуль коефіцієнта передачі  $|S(j\omega)|$  називається *амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ)*, а фаза  $\arg S(j\omega)$  – *фазочастотною характеристикою (ФЧХ)*.

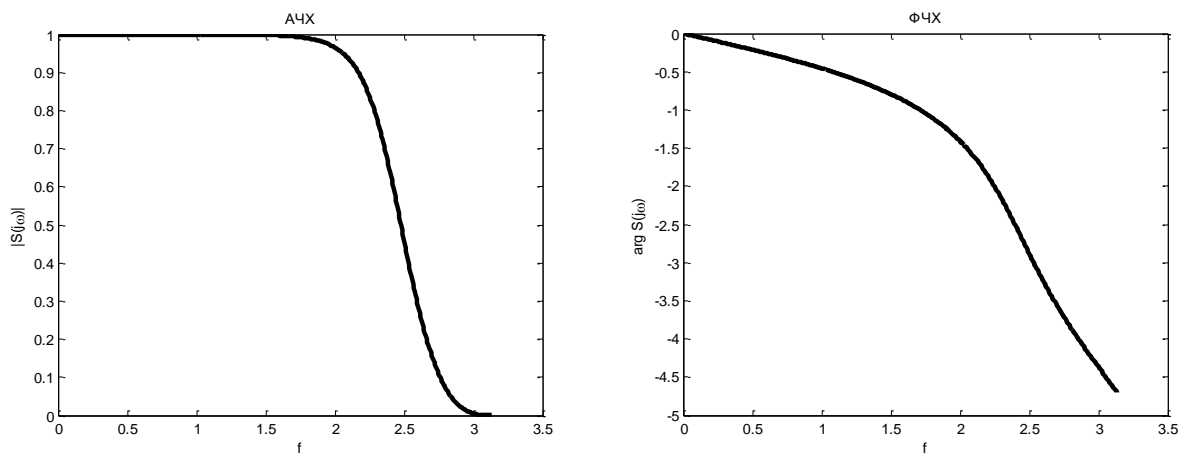


Рисунок 1.4 – АЧХ і ФЧХ

АЧХ показує, як змінюється амплітуда гармонічного сигналу при проходженні його через ЗВ, а ФЧХ показує, яку затримку по фазі вносить ЗВ для гармонічного сигналу відповідної частоти.

### 1.2.5 Характеристики, що відображають взаємодію засобів вимірювань з об'єктом вимірювань.

До цієї групи належать:

- повний вхідний опір засобу вимірювань  $Z_{вх}$ ;
- повний вихідний опір засобу вимірювань  $Z_{вих}$ .

При вимірюванні об'єкт вимірювання і засіб вимірювання взаємодіють між собою. В результаті такої взаємодії можливе спотворення вимірювальної інформації. Для зменшення впливу засобу вимірювання на об'єкт потрібно в залежності від метода вимірювання і вимірюваної величини вибирати вхідний опір ЗВ або великим (наприклад, при вимірюванні напруги вольтметром), або малим (вимірювання струму амперметром).

При побудові засобів вимірювань потрібно узгоджувати опори функціональних блоків, які з'єднуються між собою і утворюють вимірювальне коло.

### **1.2.6 Неінформативні параметри вихідного сигналу засобів вимірювання.**

*Неінформативні параметри вихідного сигналу* засобів вимірювання – це параметри вихідного сигналу, які не використовуються для передачі або індикації значення інформативного параметра вхідного сигналу вимірювального перетворювача або не є вихідною величиною міри.

Неінформативні параметри можуть впливати на результат і похибку вимірювання інформативних параметрів. Наприклад, при вимірюванні середньоквадратичного значення змінної напруги неінформативним параметром є частота сигналу, яка впливає на точність вимірювання напруги через нерівномірність АЧХ вольтметра в усьому діапазоні вимірювань.