

## Лекція 2

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРВИННИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

**Перетворюючі характеристики** - це характеристики, які встановлюють зв'язок між вхідною і вихідною величинами. До них відносяться функції перетворення (градувальні характеристики), коефіцієнти перетворення, чутливість, діапазон перетворення, поріг чутливості.

**Метрологічні характеристики засобів вимірювань** - це характеристики, які:

1. нормуються для визначення результату вимірювання та його похибки;
2. впливають на результат і точність вимірювань.

Розрізняють **нормовані метрологічні характеристики**, вимоги до яких встановлені нормативними документами, і **ненормовані**.

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

**Номенклатура метрологічних характеристик** встановлюється Державним стандартом.

Нормовані метрологічні характеристики засобів вимірювань поділяють на наступні групи:

1. характеристики, призначені для визначення результатів вимірювань (без введення поправки);
2. характеристики похибок засобів вимірювань;
3. характеристики чутливості засобів вимірювань до впливаючих величин;
4. динамічні характеристики засобів вимірювальної техніки;
5. метрологічні характеристики впливу на похибку;
6. неінформативні параметри вихідного сигналу.

Характеристики **систематичної складової похибки** засобів вимірювань вибирають з числа наступних:

- 1) значення систематичної складової  $\Delta_c$  ;
- 2) значення систематичної складової  $\Delta_c$  і, додатково, математичне сподівання  $M[\Delta_c]$  і середнє квадратичне відхилення  $\sigma[\Delta_c]$  систематичної складової похибки.

Характеристики **випадкової складової похибки** засобів вимірювань можуть бути представлені у вигляді:

- 1) середньоквадратичного відхилення  $\sigma[\Delta_v]$  випадкової складової похибки;
- 2) середньоквадратичного відхилення випадкової складової похибки і, додатково, нормалізованої автокореляційної функції або функції спектральної густини випадкової складової похибки.

Залежно від **режиму роботи** як технічні, так і метрологічні характеристики поділяються на статичні і динамічні.

**Статичні характеристики** відповідають статичному режиму роботи перетворювача, при якому перетворювана (вимірювана) величина не залежить від часу.

**Динамічними називають характеристики**, які проявляються при роботі перетворювача (датчика) в динамічному режимі, тобто коли перетворювана величина є функцією часу.

**Динамічним режимом роботи** технічного пристрою вважається режим роботи, при якому зміна величини  $y$  на виході перетворювача в залежності від зміни вхідної величини  $x$  відбувається, не миттєво, а з деяким запізненням, яке зумовлюється часом перебігу фізичних процесів у самому перетворювачі (інерційними властивостями). Ця залежність і становить динамічну характеристику перетворювача.

## **Статичні характеристики перетворювачів**

**Статичною характеристикою** перетворювача називається залежність  $Y=f(X)$  вихідної величини  $Y$  від вхідної  $X$ , якщо вхідна величина змінюється настільки повільно, що в кожний момент часу її можна вважати незмінною.

Функція  $f(X)$  називається **функцією перетворення**.

Розрізняють номінальну (ідеальну) функцію перетворення  $Y = F_n(X)$  і реальну (дійсну, робочу) функцію перетворення  $Y = F_p(X)$ .

$$Y = F_n(X) \quad (2.1)$$

$$Y = F_p(X) \quad (2.2)$$

$$\Delta_{\text{пер.}} = \Delta Y = F_p(X) - F_n(X), \quad (2.3)$$

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots X_n)$$

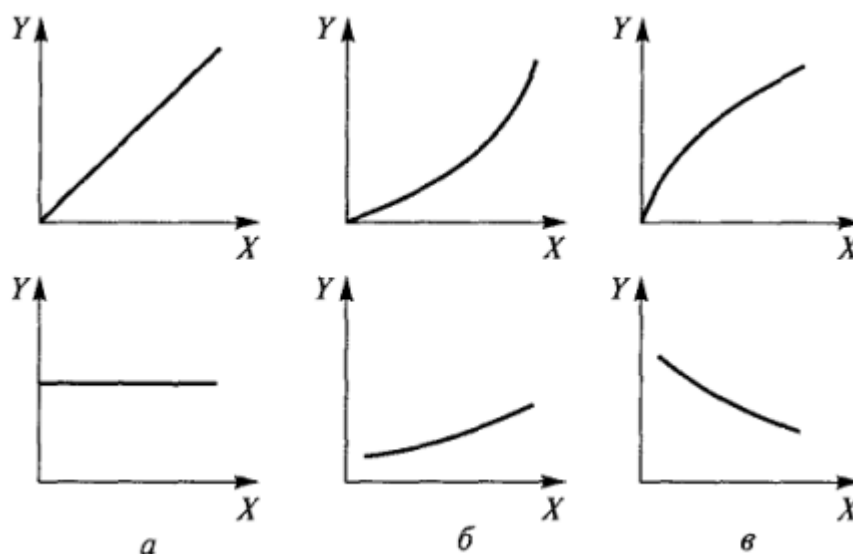


Рис. 2.1. Функції перетворення: а - лінійна; б, в - нелінійні

$$y = a + S \cdot X$$

де  $a$  - постійна складова (тобто значення вихідного сигналу при нульовому вхідному);  $S$  - тангенс кута нахилу прямої до вісі  $x$ .

У випадку лінійної залежності  $S = \text{const}$ . Тоді вводять позначення  $S = K$ . Коефіцієнт  $K$  називають коефіцієнтом перетворення або масштабним коефіцієнтом.

Логарифмічна функція перетворення описується залежністю

$$y = a + s \cdot \ln X$$

експоненціальна

$$y = ae^{sX}$$

степенева

$$y = a + bX^k$$

де  $s, b, k$  - постійні числа.

Головною загальною характеристикою перетворювачів є коефіцієнт перетворення (або коефіцієнт передачі), що представляє собою відношення вихідної величини перетворювача  $y$  до вхідної величини  $x$ ,

$$K = \frac{Y}{X}, \quad (2.4)$$

$$K' = \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \quad (2.5)$$

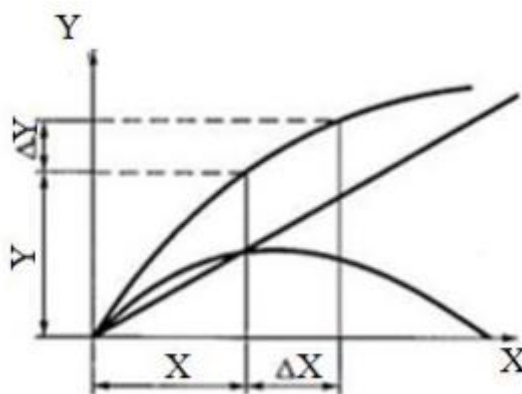


Рис. 2.2. Види статичної характеристики перетворювачів

$$\text{При } \Delta X \rightarrow 0, \quad K' = \frac{dY}{dX}.$$

Величина, що представляє собою відношення відносного збільшення вихідної величини  $\Delta Y/Y$  до відносного приросту вхідної величини  $\Delta X/X$ , називається відносним коефіцієнтом перетворення

$$\eta_{\Delta} = \frac{\Delta Y/Y}{\Delta X/X} = \frac{\Delta Y/\Delta X}{Y/X} \quad (2.6)$$

При  $\Delta X \rightarrow 0$  отримуємо

$$\eta_{\Delta} = \frac{dY/Y}{dX/X} = \frac{dY/dX}{Y/X} = K' \cdot \frac{1}{K} \quad (2.7)$$

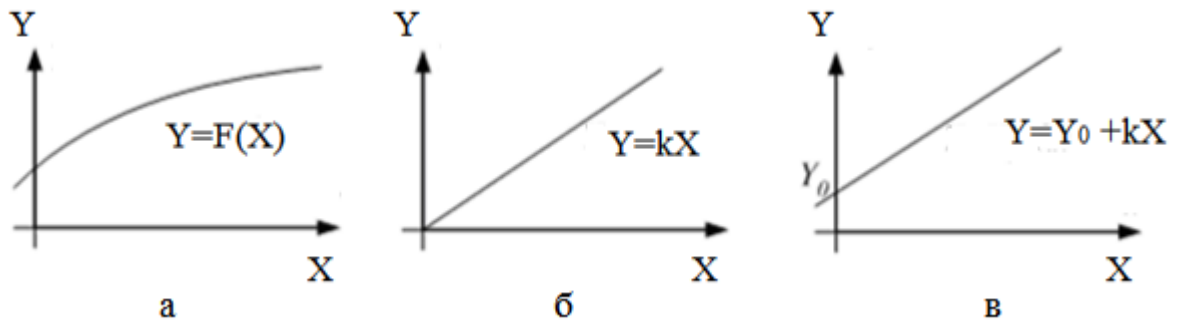


Рис. 2.3. Типові функції перетворення: а) нелінійна, б) лінійна, в) лінійна, що не проходить через 0.

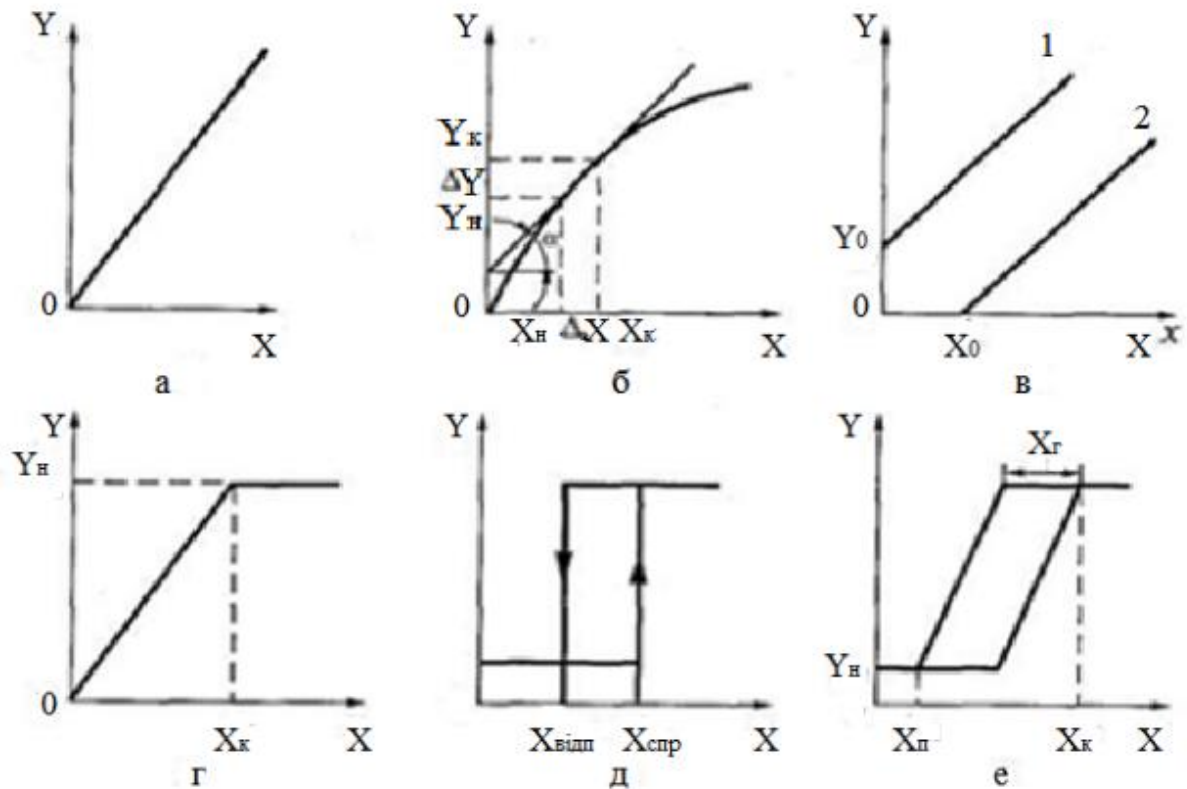


Рис. 2.4. Статичні характеристики датчиків:

а – лінійна; б – нелінійна; в – х сигналом холостого ходу та зоною нечутливості; г – з ділянкою насичення; д – релейного характеру; е - з петлею гістерезису.

В загальному випадку рівняння перетворення для лінійної статичної характеристики має вигляд:

$$Y = f(X) = \pm B + KX ,$$

де B - стала; K- коефіцієнт перетворення

$$K_{\text{п}} = \frac{X_{\text{відп.}}}{X_{\text{спр.}}} , \quad (2.8)$$

$$K_{\text{г}} = \frac{X_{\text{г}}}{(X_{\text{к}} - X_{\text{п}})} , \quad (2.9)$$

Для нелінійних характеристик коефіцієнт перетворення не є сталою величиною, тому в цьому випадку використовують **диференціальний коефіцієнт перетворення**  $K_{\text{д}}$  , під яким розуміють границю відношення вихідної і вхідної величин:

$$K_d = \frac{dY}{dX} = \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right|_{\Delta X \rightarrow 0}$$

$$\Delta_p(X) = X_k - X_n; \Delta_d(X) = \frac{X_k}{X_n}; \Delta_p(Y) = Y_k - Y_n; \Delta_d(Y) = \frac{Y_k}{Y_n}$$

$$K_r = \frac{X_r}{(X_k - X_n)}, \quad (2.9)$$

$$S(X) = \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \quad (2.10)$$

$$S(X) = \frac{dY}{dX} = F'(X)$$

$$S_{\text{сер.}} = \frac{Y_k - Y_n}{X_k - X_n}$$

$$S_{\text{відн.}} = \frac{\Delta Y/Y}{\Delta X/X}, \quad (2.11)$$

$$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot \dots \cdot S_n, \quad (2.12)$$

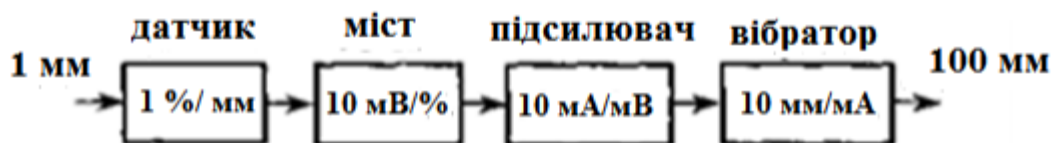


Рис. 2.5. До визначення чутливості вимірювального приладу

$$S = S_d \cdot S_m \cdot S_{\text{сис}} \cdot S_v = 1\%/мм \cdot 10 \text{ мВ} / \% \cdot 10 \text{ мА/мВ} \cdot 1 \text{ мм/мА} = 100 \text{ мм/мм}.$$

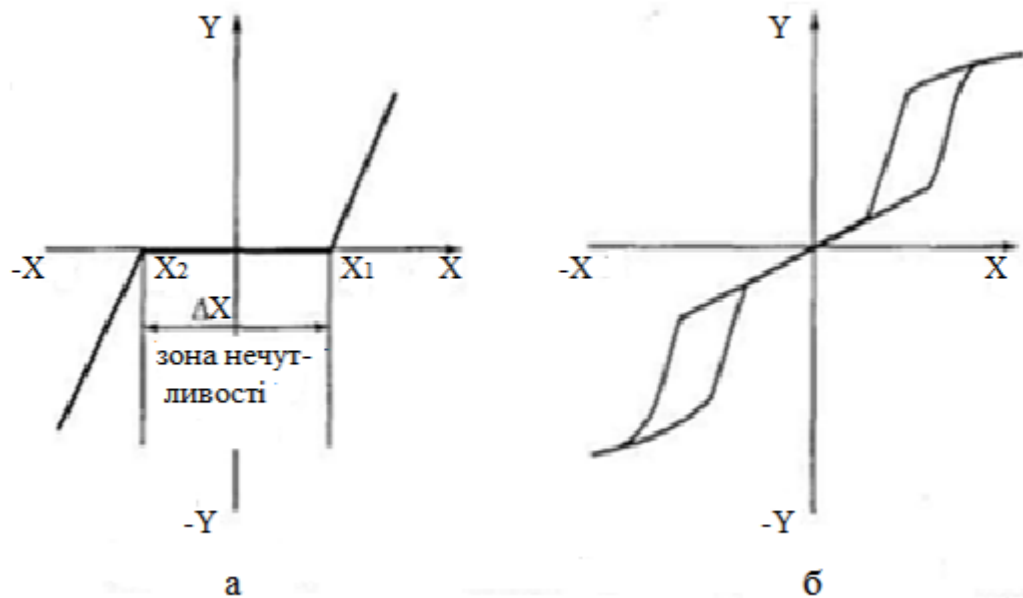


Рис. 2.6. Схема визначення порога чутливості:

а – характеристика перетворювача при наявності «мертвого ходу»;

б – характеристика перетворювача при наявності релейних властивостей.

**Межа перетворення перетворювача** – це максимальне значення вхідної величини, яка ще може бути сприйнята перетворювачем без спотворення цієї величини і без пошкоджень перетворювача.

**Робочий або динамічний діапазон перетворювача** — це діапазон зміни вхідної величини, в якому параметри перетворювача не виходять за задані межі.

**Діапазон перетворення вхідної величини** – це різниця між максимальним і мінімальним значенням вхідної фізичної величини:

$$D_x = X_k - X_p, \quad (2.13)$$

Аналогічно діапазон перетворення по вихідній величині

$$D_y = [f_0] Y_k - Y_p, \quad (2.14)$$



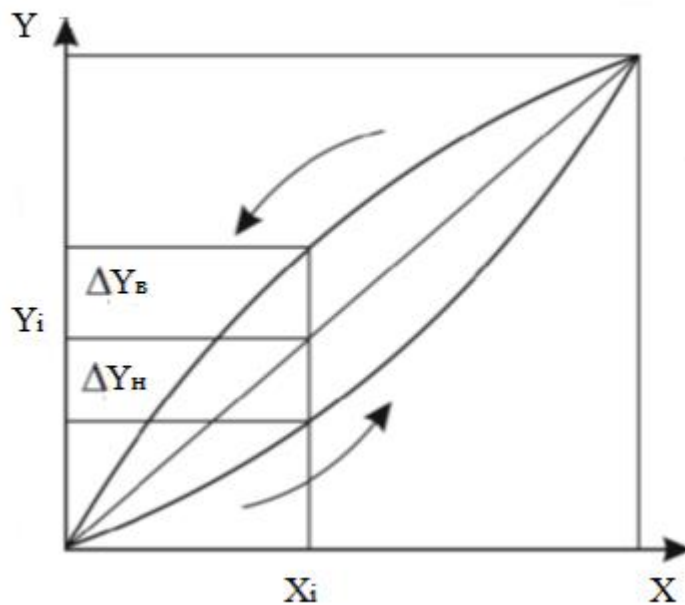


Рис. 2.7. Функція перетворення із гістерезисом:

$\Delta Y$  - похибка від гістерезису;  $Y_n$  – значення вихідної величини при зростанні вхідної величини  $x$ ;  $Y_v$  - значення вихідної величини при зменшенні вхідної величини  $X$ .

**Лінійність перетворювача** — це ступінь наближення функції перетворення датчика до прямої лінії.

**Нелінійність** визначається для перетворювачів, функцію перетворення яких можна апроксимувати прямою лінією.

**Відтворюваність** - це здатність перетворювача при однакових умовах видавати однакові результати.

**Постійність у часі функції перетворення** - важлива статична характеристика перетворювача.

**Потужність**, яку споживає ВП, залежить від його вхідного опору та характеризує ступінь взаємодії ВП та досліджуваного об'єкта.

**Роздільна здатність перетворювача** — це властивість розрізняти два близькі значення вхідної величини.

**Повторюваність** — це властивість датчика зберігати свої параметри від екземпляра до екземпляра.

**Опір перетворювача.** Опір є важливим фактором, що характеризує перетворювач. Опір - це відношення узагальненої сили до обумовленої нею

узагальненої швидкості (для електротехніки - це відповідно електричні напруги і струм). Опір характеризує втрати енергії в системі.

Опір може бути активним, реактивним, комплексним.

**Вхідний і вихідний імпеданс датчика** — це вхідний і вихідний повні опори.

**Зворотна дія перетворювача на вимірювану величину.**

**Неметрологічні характеристики засобів вимірювань (перетворювачів)** – це характеристики, які не впливають на результат і точність вимірювань, але визначають технічні та експлуатаційні параметри засобів вимірювальної техніки. Вони, як правило, не нормуються.

До неметрологічних характеристик належать:

**Надійність.** Під надійністю розуміють здатність об'єкта (зокрема, датчика, перетворювача) зберігати свої характеристики в заданих межах за певних умов експлуатації протягом заданого часу. Основним показником і характеристикою надійності засобу вимірювань є працездатність,

**Працездатність засобу вимірювань** – це такий стан засобу вимірювань, за якого він здатний виконувати свої функції згідно з вимогами нормативно-технічних документів (НТД).

**Безвідмовність** - це властивість об'єкта неперервно зберігати працездатний стан протягом тривалого часу у певних умовах експлуатації. При цьому не допускаються відмови. Під **відмовою** об'єкта розуміється невиконання будь-яких функцій або режимів, обумовлених в технічній документації. Показником безвідмовності є напрацювання на відмову.

**Відмова** – це порушення працездатності засобу вимірювань. Розрізняють **раптову відмову**, коли засіб вимірювань повністю втрачає робочу здатність, наприклад, внаслідок обриву кола, та **поступову відмову**, коли із старінням засобу вимірювань його метрологічні характеристики виходять за допустимі межі.

**Напрацювання** – це тривалість роботи засобу вимірювань в годинах, циклах або обсяг роботи, а **напрацювання на відмову** - відношення

напрацювання ремонтowanego засобу вимірювань до кількості відмов упродовж цього напрацювання.

**Довговічність** - це властивість об'єкта зберігати працездатний стан і задану ефективність до настання граничного стану, при якому він не здатний виконувати всі або одну зі своїх функцій, в тому числі не забезпечувати виконання будь-яких параметрів в заданих межах.

Показниками довговічності є термін служби і ресурс

**Термін служби** – це календарна тривалість експлуатації працездатність, а ресурс — напрацювання до граничного стану, за якого подальша експлуатація працездатність повинна бути припинена.

**Економічність засобу вимірювань** – простота конструкції та виправдана економічна вартість.

До статичних характеристик перетворювачів інформації ставляться певні вимоги: **однозначність** (мінімальний гістерезис); **стабільність у часі**; **ідентичність** для однотипних перетворювачів.