

Лекція 3

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРВИННИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Зміна величини Y на виході перетворювача залежно від зміни вхідної величини X відбувається не миттєво, а з деяким запізненням, яке зумовлюється часом перебігу фізичних процесів у самому перетворювачі. Ця залежність $Y = f(t)$, де t – час, становить динамічну характеристику перетворювача.

Динамічним режимом називається процес переходу елементів і систем з одного сталого стану в інший, тобто така умова їх роботи, коли вхідна величина X , а отже, і вихідна величина Y змінюються в часі.

Процес зміни величин X і Y починається з деякого порогового часу $t = t_{\pi}$ і може протікати в інерційному і безінерційному режимах

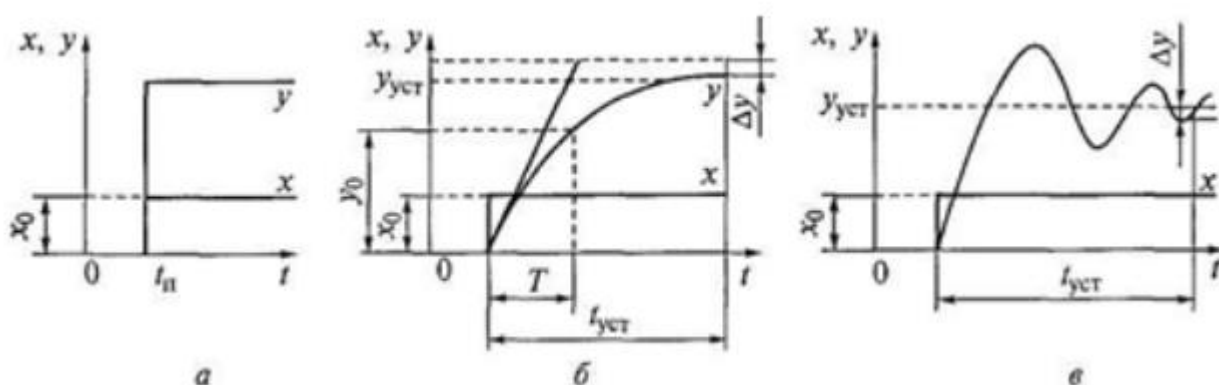


Рис. 3.1. Перехідні процеси в елементі при стрибкоподібній зміні вхідної величини:

а – при відсутності інерційності; б, в – при наявності інерційності

$$Y = Y_0(1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

$$a_2 \frac{d^2}{dt^2} Y(t) + a_1 \frac{d}{dt} Y(t) + a_0 Y(t) = b_0 X(t) \quad (3.1)$$

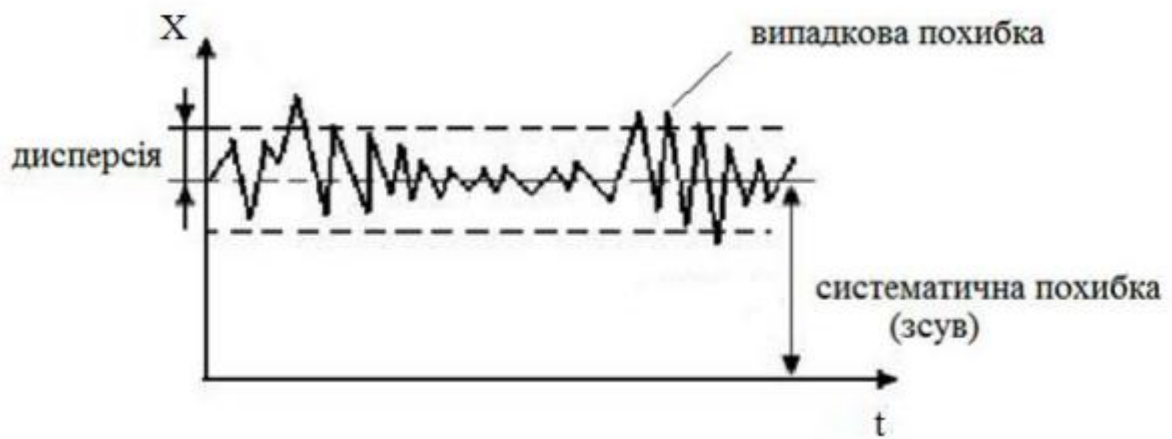


Рис. 3.2. Систематична і випадкова складові похибки вимірювання

$$\Delta_{\text{ВХ}} = \Delta_{\text{ВХ.СИСТ.}} + \Delta_{\text{ВХ.ВИП.}}$$

$$\Delta_{\text{ВИХ}} = \Delta_{\text{ВИХ.СИСТ.}} + \Delta_{\text{ВИХ.ВИП.}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\Delta Y = Y_p - Y_n$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta Y}{Y_p} \cdot 100\% = \frac{Y_p - Y_n}{Y_p} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

$$\gamma = \frac{\Delta_{\text{max}}}{Y_k} \cdot 100\% \quad (3.3)$$

Абсолютною похибкою називається різниця між дійсним (реальним) значенням вихідної величини Y_p і його номінальним значенням - Y_n :

$$\Delta Y = Y_p - Y_n \quad (3.4)$$

$$\Delta Y = Y_p - Y_n \text{ або } \Delta X = X_n - X_p$$

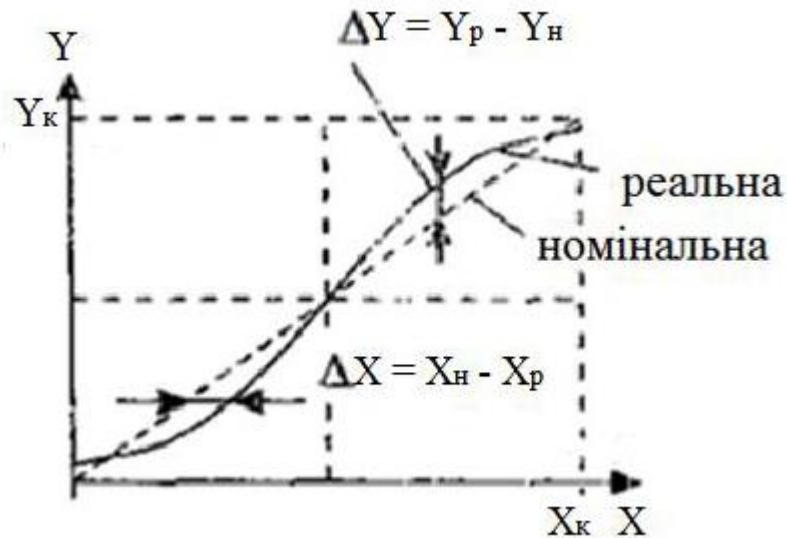


Рис. 3.3. До абсолютної похибки вимірювального перетворювача

Відносною похибкою називається відношення абсолютної похибки ΔY до реального (дійсного) значення вихідної величини Y_p :

$$\varepsilon_Y = \frac{\Delta Y}{Y_p} \cdot 100\% \quad (3.5)$$

Приведеною похибкою називається відношення абсолютної похибки до нормуючого значення: для перетворювачів це найбільше значення вихідної величини, для приладів максимальне значення шкали.

$$\gamma_Y = \frac{\Delta Y}{Y_{\max}} \cdot 100\% \quad (3.6)$$

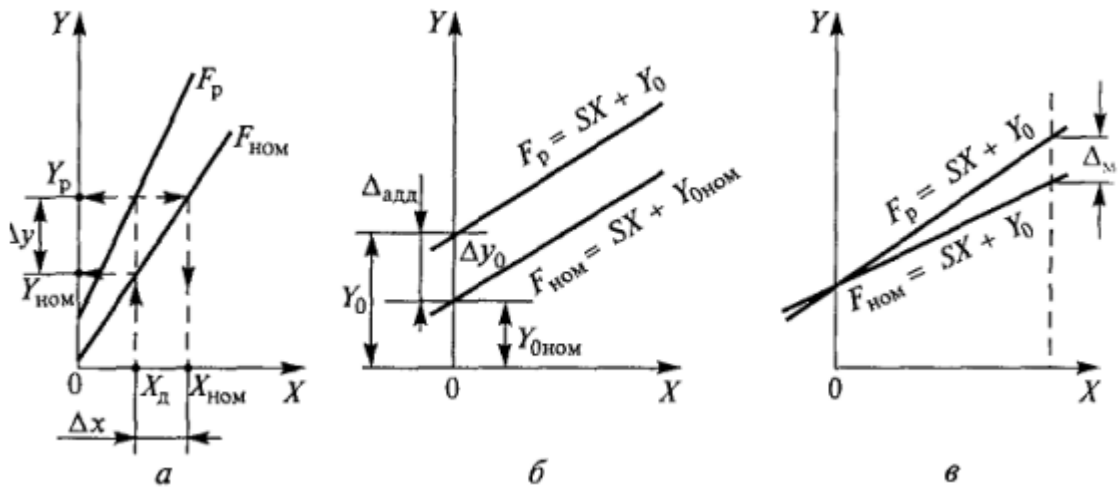


Рис. 3.4. Графіки похибок: а - по входу і виходу; б - адитивна; в - мультиплікативна

Абсолютною похибкою вимірювального перетворювача по виходу ΔY називається різниця між дійсним (реальним) значенням величини Y_p на виході перетворювача, що відбиває (відображає) вимірювану величину, і номінальним значенням Y_n величини на виході, яке визначається за дійсним (реальним) значенням величини X_d на вході за допомогою градуовальної характеристики, приписаної перетворювачу. Вона обчислюється за формулою:

$$\Delta Y = Y_p - Y_n, \quad (3.7)$$

$$Y_n = f(X_d), \quad (3.8)$$

$$\Delta Y = Y_p - f(X_d), \quad (3.9)$$

$$\Delta Y = Y_p - Y_n = Y_p - k_{н.х} X_p = k_p X_p - k_{н.х} X_p = (k_p - k_{н.х}) \cdot X_p = \frac{k_p - k_{н.х}}{k_p} \cdot Y_p, \quad (2.10)$$

$$k_p = \frac{Y_p}{X_p}$$

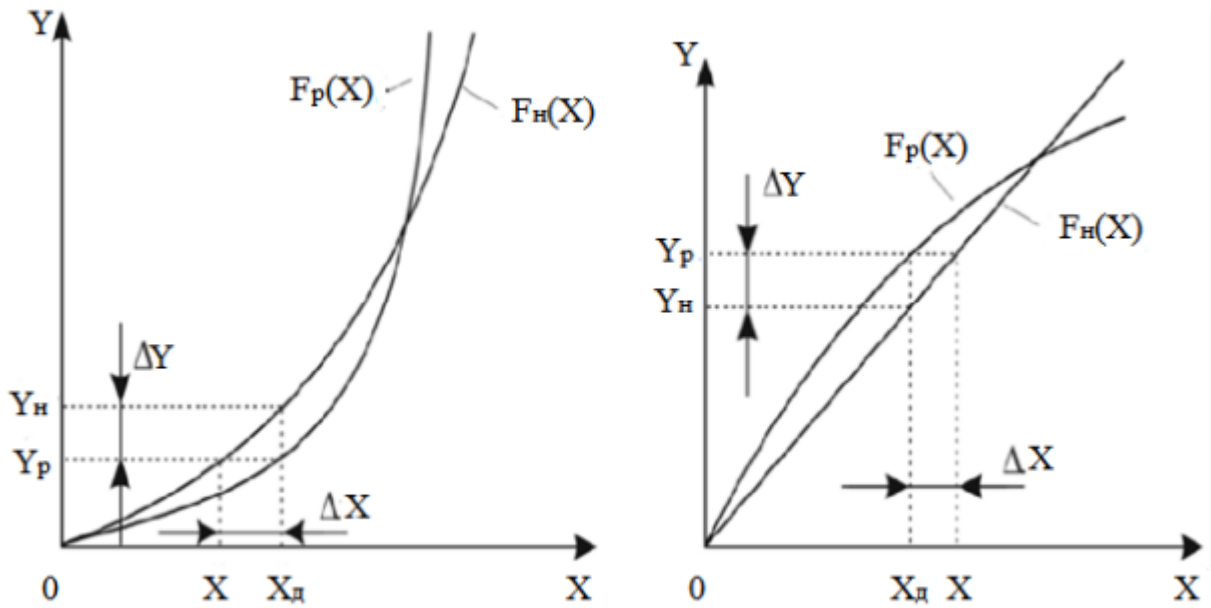


Рис. 3.5. До визначення похибок вимірювального перетворювача по входу і по виходу

Абсолютна похибка вимірювального перетворювача по входу визначається за формулою:

$$\Delta X = X_H - X_D, \quad (3.11)$$

$$\Delta X = \varphi(Y_H) - X_D, \quad (3.12)$$

$$\Delta X = X_H - X_p = \frac{Y_p}{k_{H.Y}} - X_p = \frac{k_p X_p}{k_{H.Y}} - X_p = \frac{k_p - k_{H.Y}}{k_{H.Y}} X_p = \frac{k_p - k_{H.Y}}{k_p k_{H.Y}} Y_p \quad (3.13)$$

$$k_{H.Y} = \frac{Y_p}{X_H} \quad k_p = \frac{Y_p}{X_p}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_X &= \frac{\Delta X}{X_p} \cdot 100\% = \frac{\varphi(Y_H) - X_p}{X_p} \cdot 100\% = \frac{k_p - k_{H.Y}}{k_{H.Y}} \cdot 100\% = \\ &= \left(\frac{k_p}{k_{H.Y}} - 1 \right) \cdot 100\% \end{aligned} \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_Y &= \frac{\Delta Y}{Y_p} \cdot 100\% = \frac{Y_H - f(X_p)}{f(X_p)} \cdot 100\% = \frac{k_p - k_{H.X}}{k_p} \cdot 100\% = \\ &= \left(1 - \frac{k_{H.X}}{k_p}\right) \cdot 100\% ,\end{aligned}\tag{3.15}$$

$$\varepsilon_Y = \frac{k_p - k_{H.X}}{k_p - k_{H.Y}} \cdot \frac{k_{H.Y}}{k_p} \cdot \varepsilon_X$$

$$\Delta Y = \frac{k_p - k_{H.X}}{k_p - k_{H.Y}} k_{H.Y} \cdot \Delta X\tag{3.16}$$

$$\begin{aligned}\Delta Y &= k_H \Delta X ; \\ \varepsilon_Y &= \frac{k_H}{k_p} \varepsilon_X .\end{aligned}$$

Приведеною похибкою вимірювального перетворювача по входу (виходу) називають відношення абсолютної похибки до нормуючого значення вхідного X_N ($X_N = X_{\max} - X_{\min}$) та вихідного Y_N ($Y_N = Y_{\max} - Y_{\min}$) сигналу відповідно, де X_{\max} , Y_{\max} , X_{\min} , Y_{\min} – максимальні і мінімальні значення вхідної і вихідної величин перетворювача.

Приведена похибка вимірювального перетворювача по входу обчислюється за формулою:

$$\gamma_X = \frac{\Delta X}{X_N} \cdot 100\% = \frac{\varphi(X_n) - X_d}{X_N} \cdot 100\%\tag{3.17}$$

Приведена похибка вимірювального перетворювача по виходу обчислюється за формулою:

$$\gamma_Y = \frac{\Delta Y}{Y_N} \cdot 100\% = \frac{Y_n - f(X_d)}{Y_N} \cdot 100\%\tag{3.18}$$

$$\gamma_X = \frac{\varphi(X_n) - X_d}{X_B - X_H} \cdot 100\%\tag{3.19}$$

$$\gamma_Y = \frac{Y_n - f(X_d)}{Y_B - Y_H} \cdot 100\% \quad (3.20)$$

$$Y_p = SX + Y_0, \quad (3.21)$$

$$\Delta_{aд} = \Delta Y_0 = Y_0 - Y_{0H}, \quad (3.22)$$

$$\Delta_M = [(S_H + \Delta S)X + Y_0] - [S_H X + Y_0] = \Delta SX, \quad (3.23)$$

$$\Delta_{\max} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n \quad (3.24)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad (3.25)$$