

## **Метрологія, стандартизація та підтвердження відповідності електронної апаратури**

### **Структура засобів вимірювань**

## Загальні положення

- 1) Кожен засіб вимірювань є технічним засобом певної структури.
- 2) Ступінь складності засобу вимірювань визначається характером та кількістю перетворень, необхідних для перетворення інформативного параметра вхідного сигналу в інформативний параметр вихідного сигналу.

**Принцип дії засобу вимірювань** – це фізичний принцип, який покладено в основу його побудови.

Це часто відображається у назві засобу вимірювань.

**Приклади:** амперметр магнітоелектричний, вольтметр подвійного інтегрування, частотомір електронно-лічильний.

**Вимірювальне коло** – сукупність всіх відповідним чином з'єднаних перетворювальних елементів засобу вимірювань.

**Вимірювальне коло засобів вимірювань зображають графічно їх схемами.**

## **Види схем**

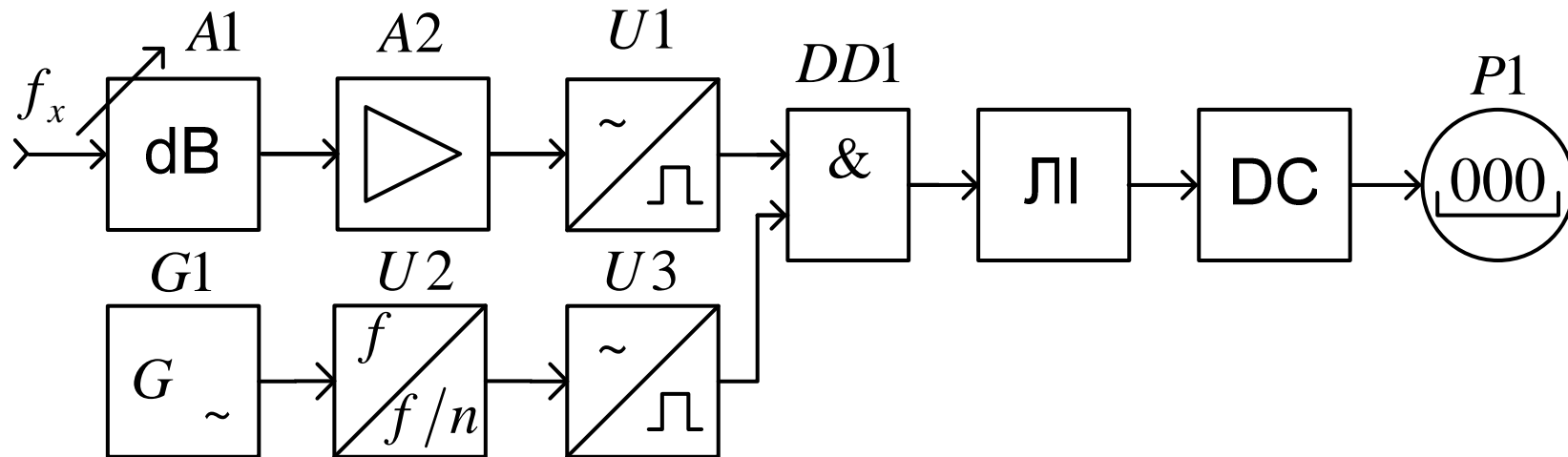
### **Види схем:**

- 1) кінематичні (К)**
- 2) гідравлічні (Г)**
- 3) пневматичні (П)**
- 4) оптичні (Л)**
- 5) електричні (Э)**
- 6) газові (крім пневматичних) (Х)**
- 7) вакуумні (В)**
- 8) енергетичні (Р)**
- 9) комбіновані (С)**
- 10) поділу (Е)**

## Типи схем

### Типи схем:

**Структурна схема (1)** – схема, що відображає основні функціональні частини виробу, їх призначення та взаємозв'язок.



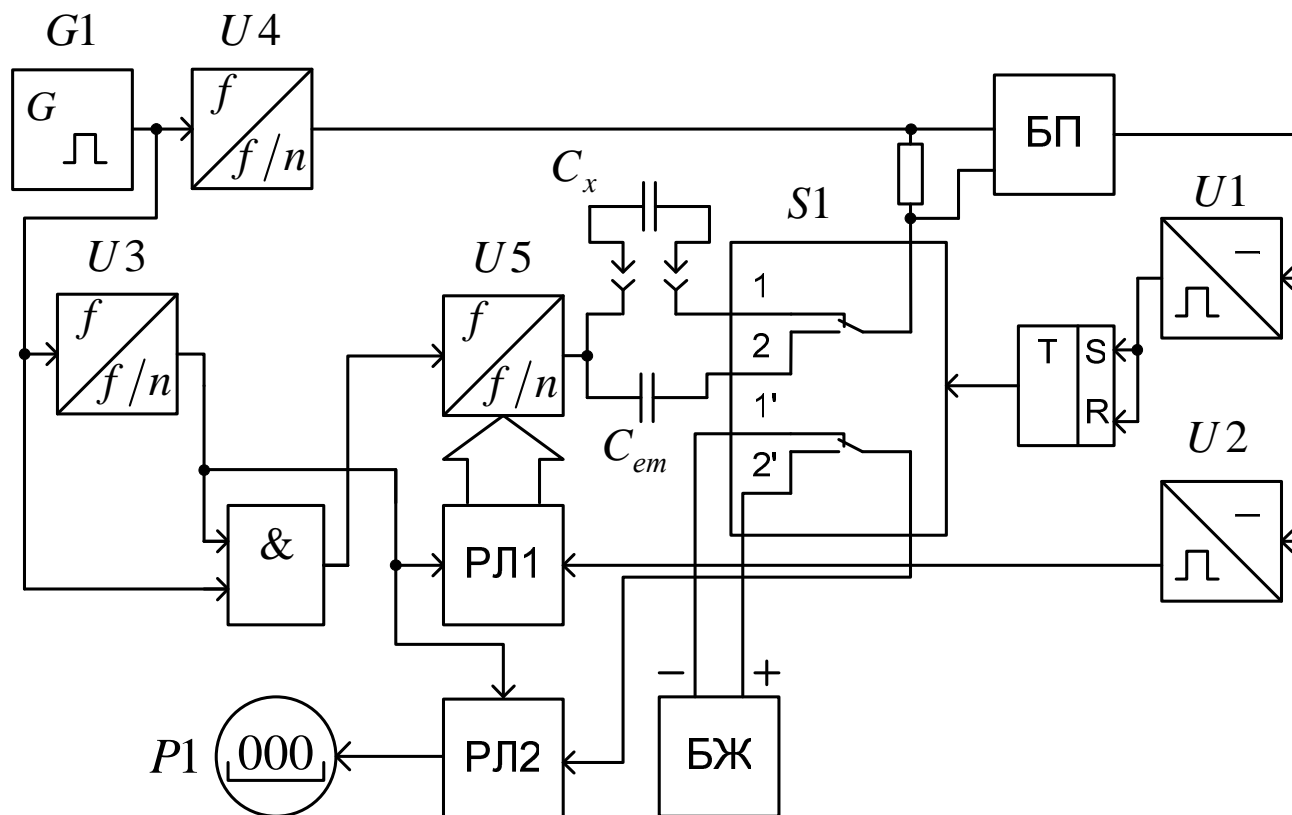
*Приклад структурної схеми*

*Функціональна частина* – будь-яка частина функціональної структури пристрою: функціональний елемент, ряд функціональних елементів.

*Функціональний елемент пристрою* – найменша одиниця функціональної структури пристрою, яку при технічній реалізації можна виконати як закінчену схему

## Типи схем

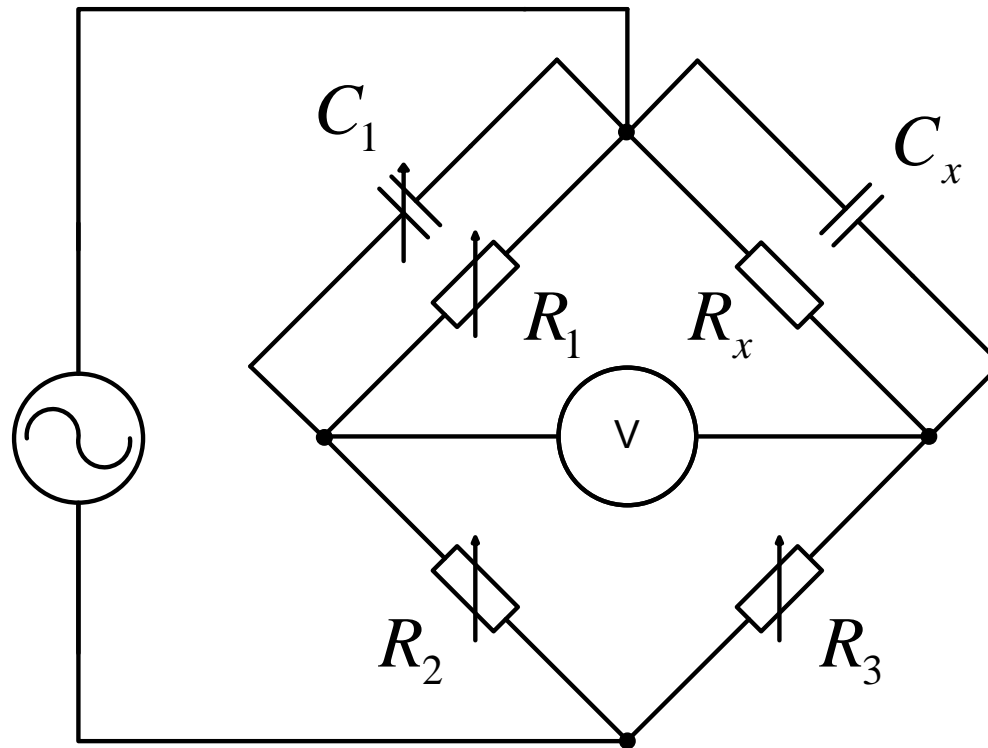
**Функціональна схема (2)** – схема, що пояснює процеси, які протікають в окремих колах або в цілій схемі. Кола, в яких хочуть пояснити процеси, показують так само детально, як на принциповій схемі, а інші функціональні частини зображають у вигляді прямокутників, як на структурній схемі.



*Приклад функціональної схеми*

## Типи схем

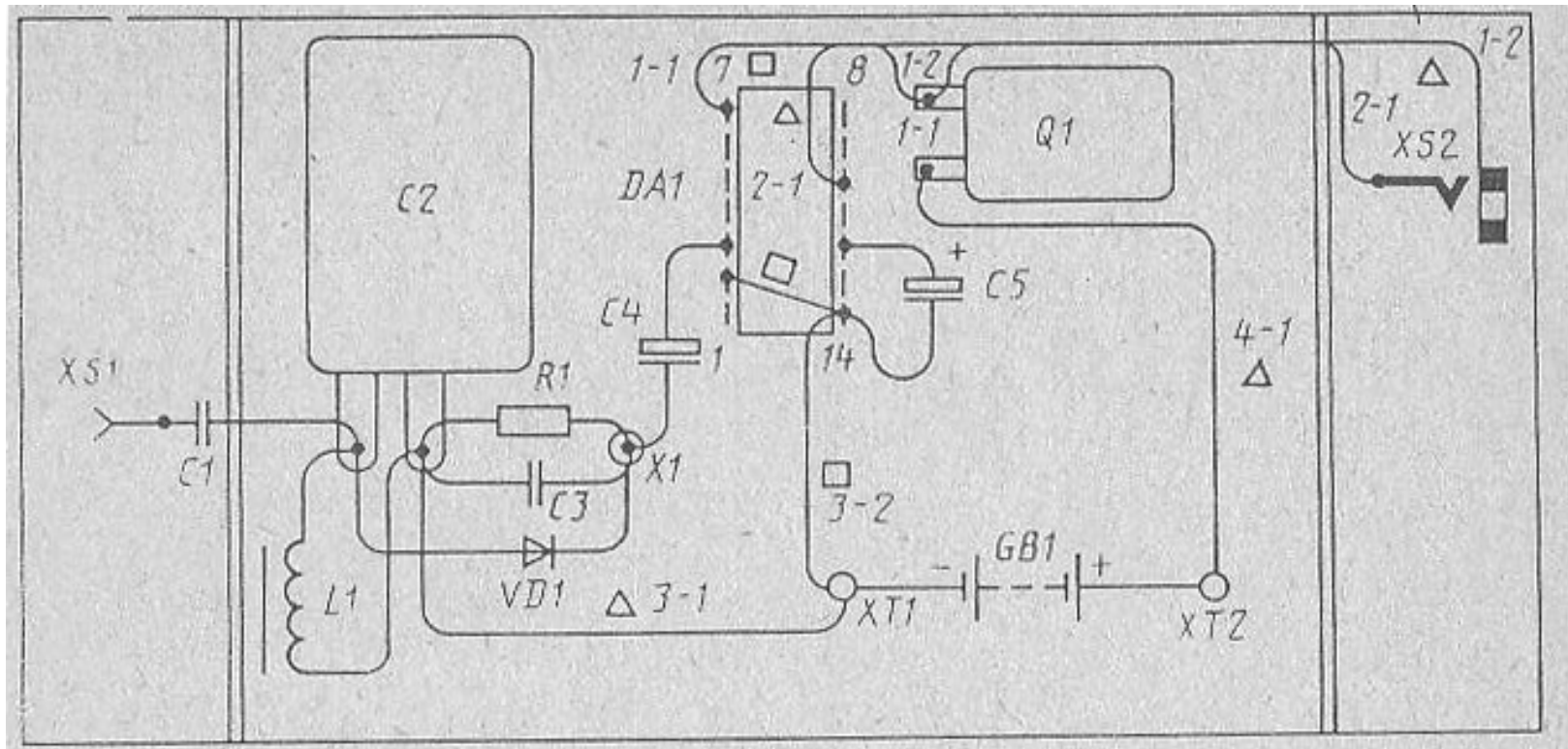
**Принципова (повна) схема (З)** – схема, що визначає повний склад елементів та зв'язків між ними і, як правило, дає детальне описання принципу дії пристрою.



*Приклад принципової схеми*

## Типи схем

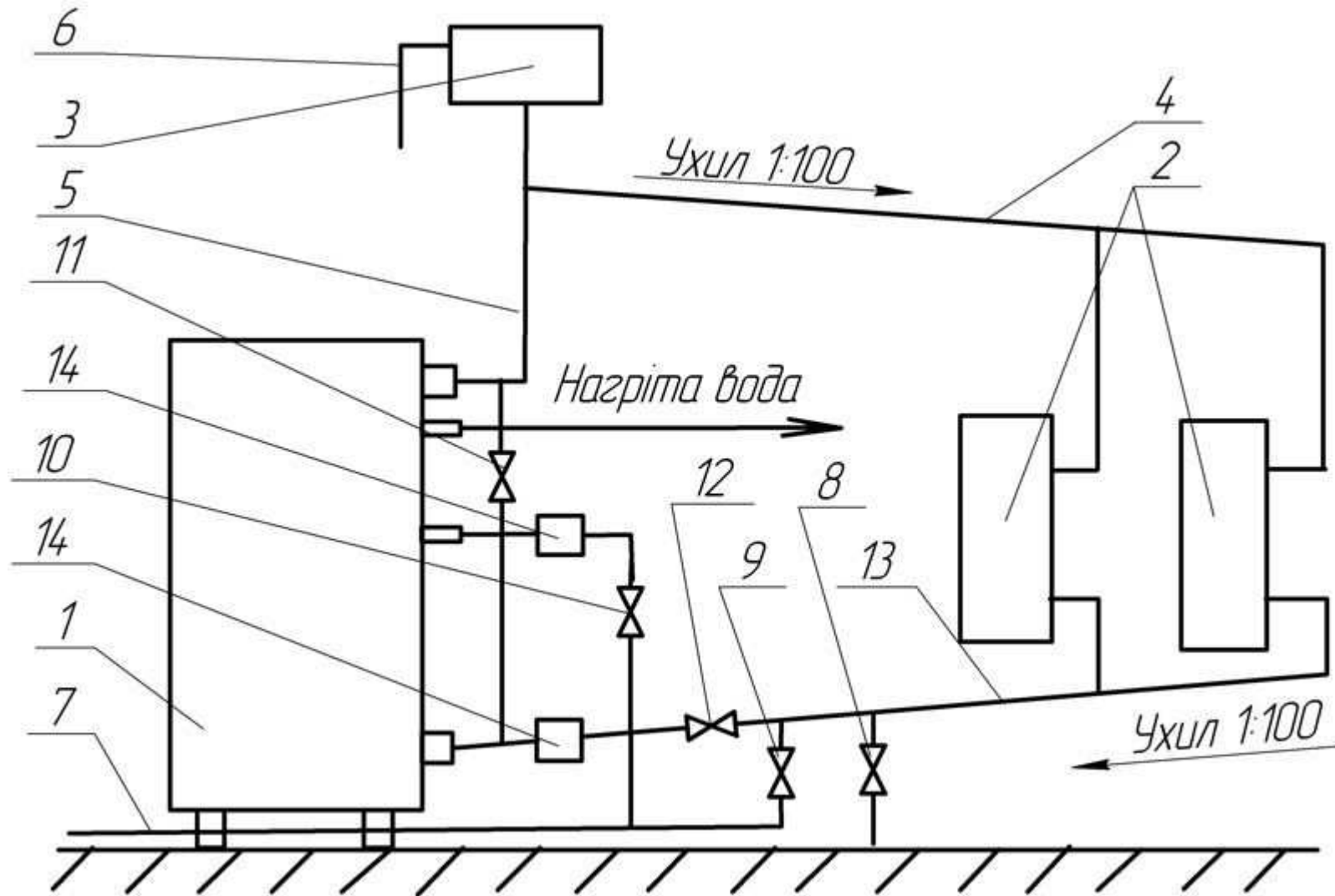
**Схема з'єднань (монтажна) (4)** – показує з'єднання складових частин виробу та визначає дроти, джгути, кабелі та трубопроводи, якими здійснюються ці з'єднання, а також місця їхнього приєднання та введення (роз'єми, плати, затискачі тощо).



*Приклад схеми з'єднань (монтажної)*

## Типи схем

Схема підключення (5) – показує зовнішні підключення виробу.



Приклад схеми підключення



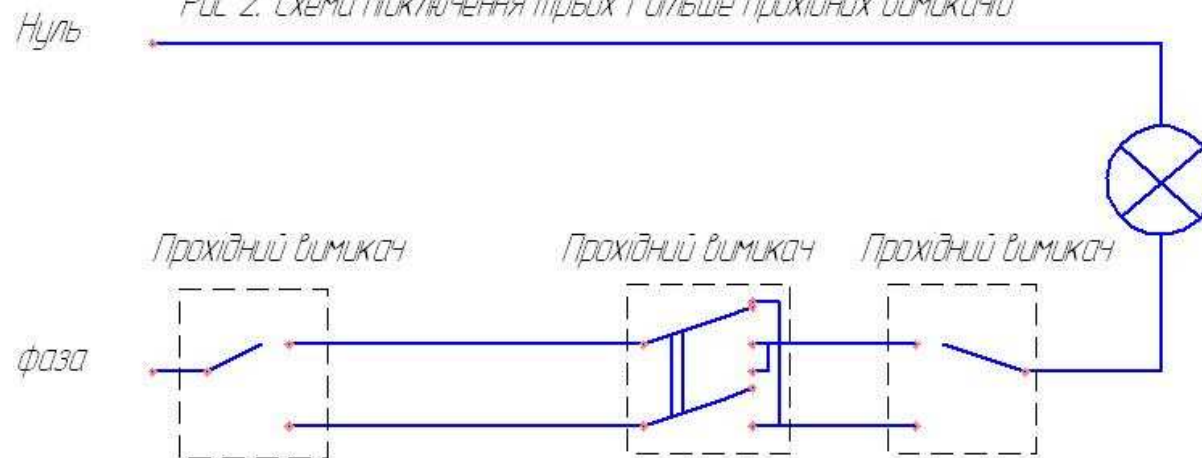
## Типи схем

**Схема підключення (5)** – показує зовнішні підключення виробу.

*Рис. 1. Схема підключення 2-х прохідних вимикачів*



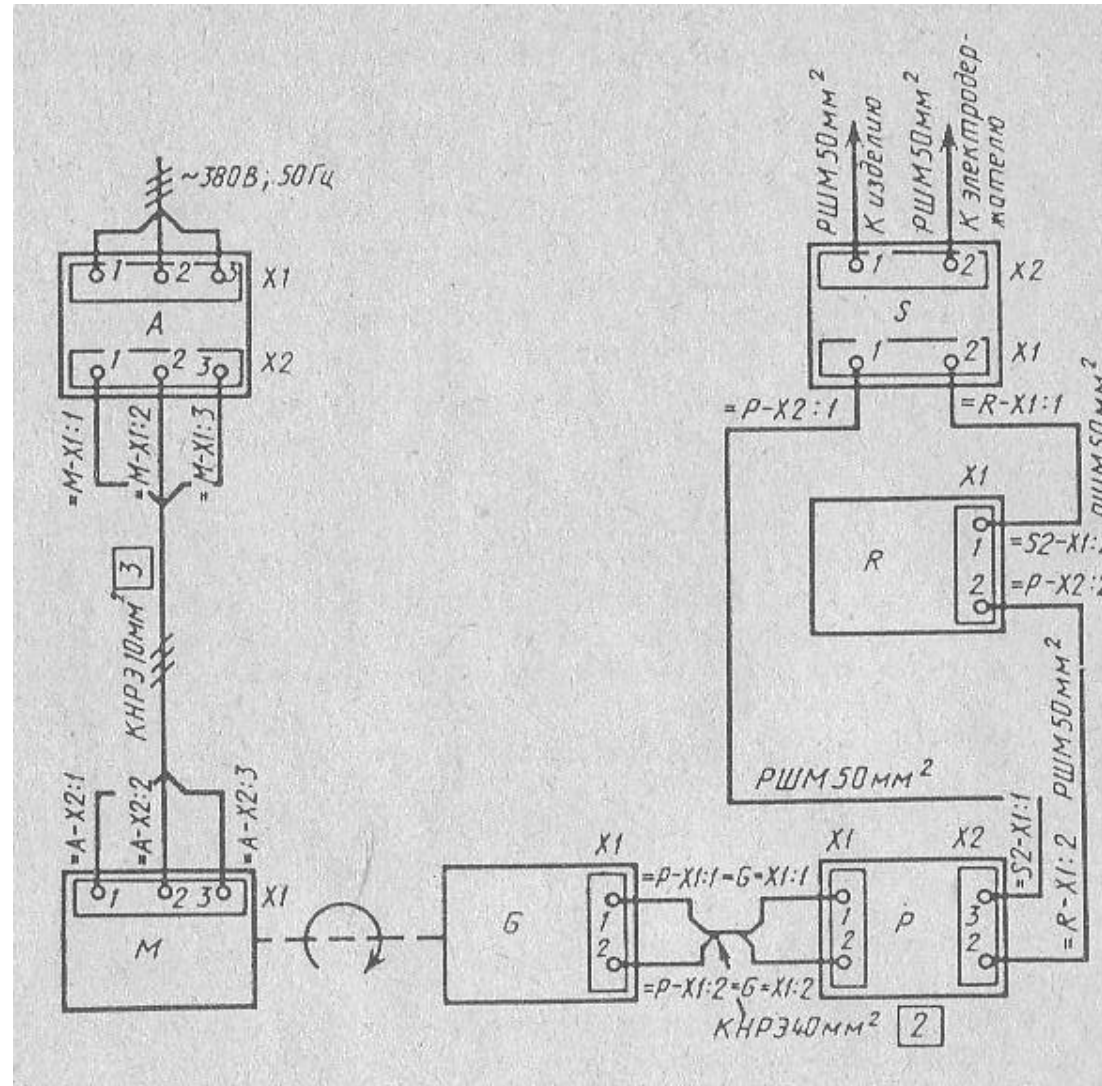
*Рис. 2. Схема підключення трьох і більше прохідних вимикачів*



*Приклад схеми підключення*

## Типи схем

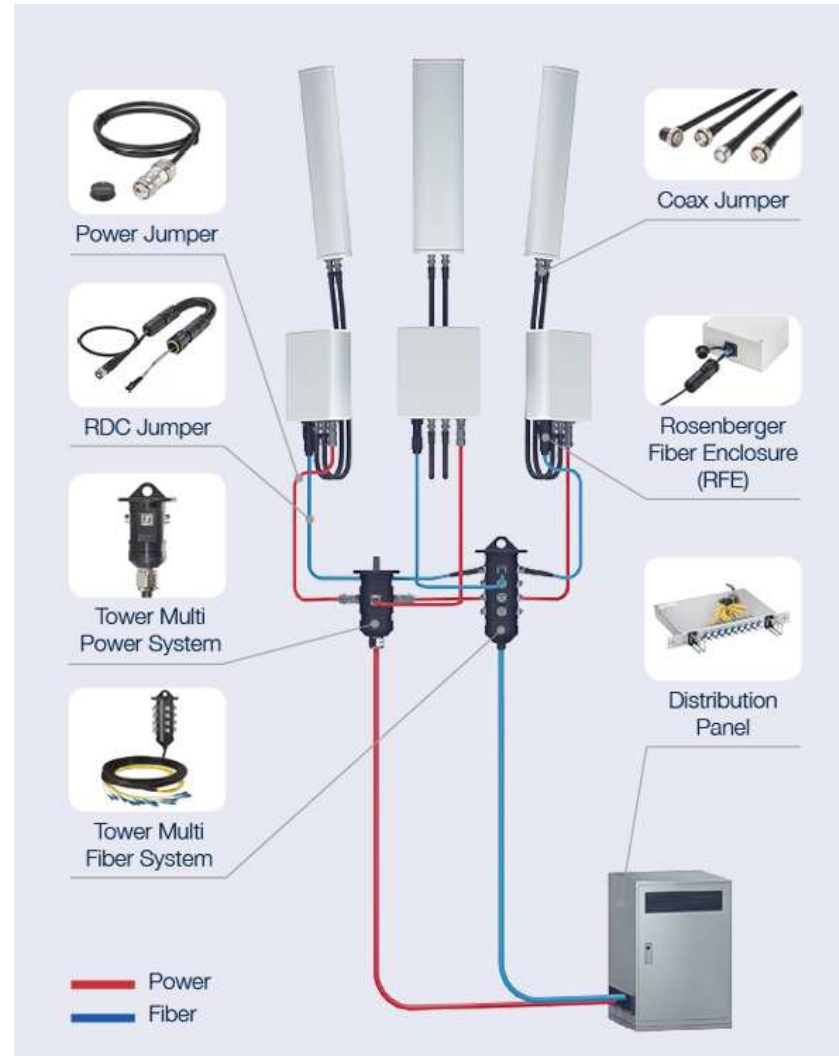
Схема підключення (5) – показує зовнішні підключення виробу.



Приклад схеми підключення

## Типи схем

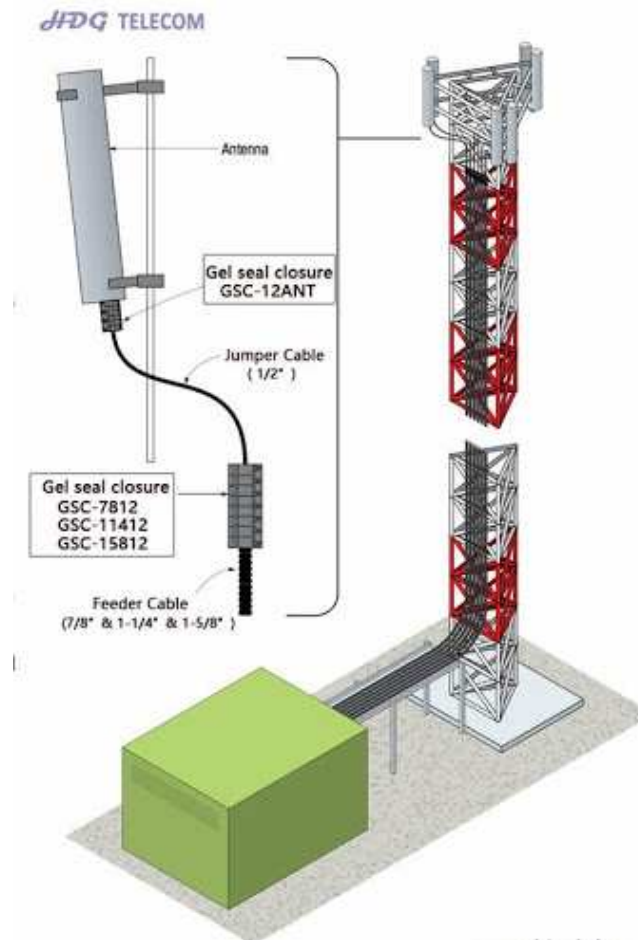
Загальна схема (б) – визначає складові частини комплексу та з'єднання їх між собою на місці експлуатації.



*Приклад загальної схеми*

## Типи схем

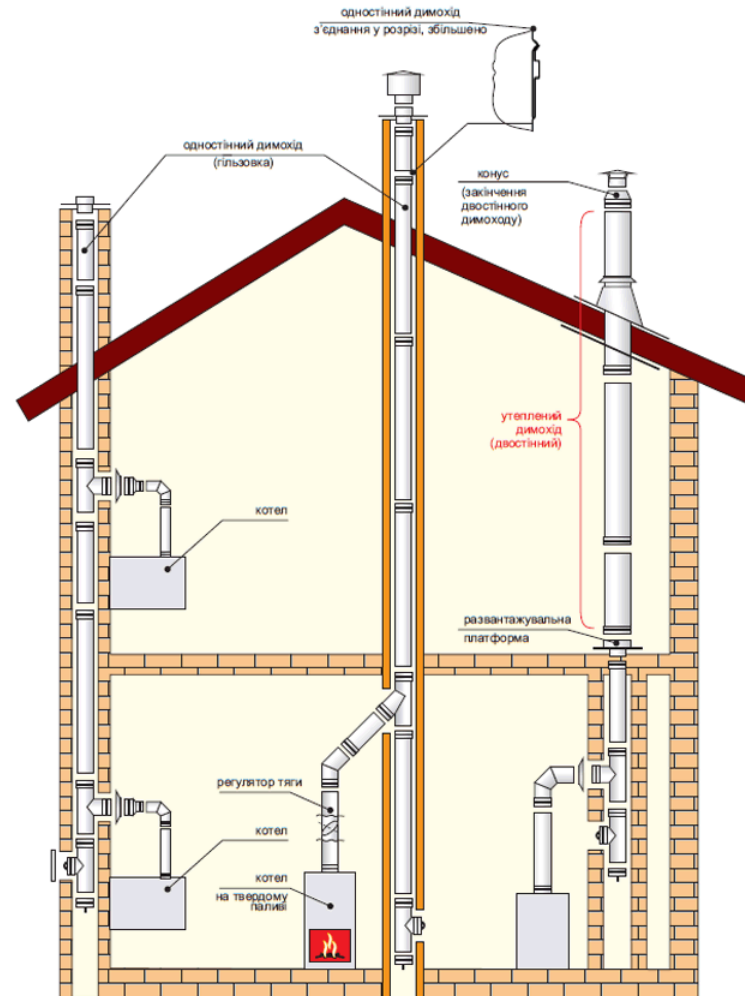
Схема розташування (7) – схема, що відображає відносне розташування складових частин виробу (установки), а за потреби – також джгути, дроти, кабелі, трубопроводи тощо.



*Приклад схеми розташування*

## Типи схем

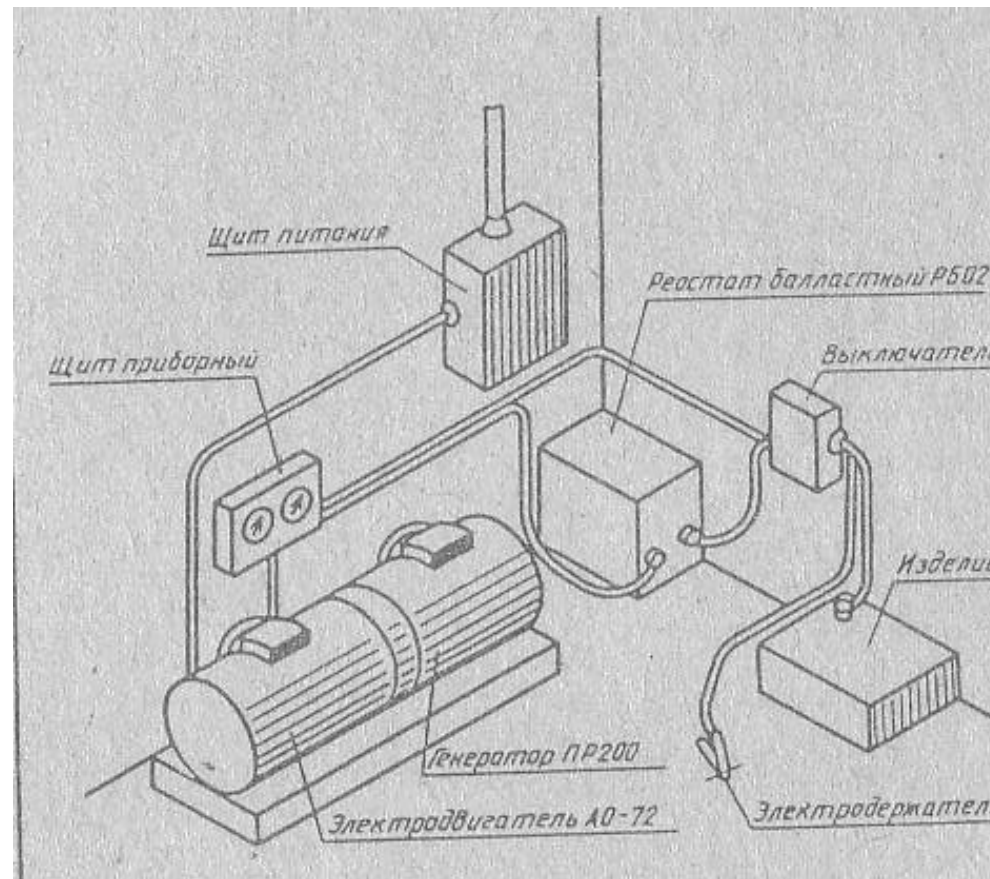
Схема розташування (7) – схема, що відображає відносне розташування складових частин виробу (установки), а за потреби – також джгути, дроти, кабелі, трубопроводи тощо.



*Приклад схеми розташування*

## Типи схем

Схема розташування (7) – схема, що відображає відносне розташування складових частин виробу (установки), а за потреби – також джгути, дроти, кабелі, трубопроводи тощо.



*Приклад схеми розташування*

## Типи схем

**Об'єднана схема (0)**– схема, коли на одному конструкторському документі виконують схеми двох або декількох типів, випущених на один виріб.

## Приклади позначення схем

П1 – пневматична структурна

В2 – вакуумна функціональна

Э1 – електрична структурна

Э2 – електрична функціональна

Э3 – електрична принципова



## Методи вимірювального перетворення

Структурні елементи вимірювального кола можуть бути з'єднані по різному (послідовно, паралельно, комбіновано).

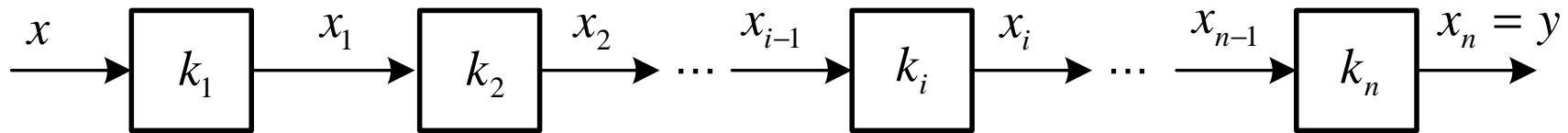
**Спосіб з'єднання цих елементів визначається методом вимірювального перетворення!**

### Методи вимірювального перетворення:

- 1) пряме перетворення;
- 2) зрівноважувальне перетворення:
  - а) слідкувальне зі статичною характеристикою;
  - б) слідкувальне з астатичною характеристикою;
  - в) розгортальне;
- 3) комбіноване перетворення.

## Пряме вимірювальне перетворення

Пряме перетворення характеризується тим, що передача вимірювальної інформації здійснюється тільки в одному напрямі – від входу до виходу, без зворотного зв'язку між ними – рисунок.



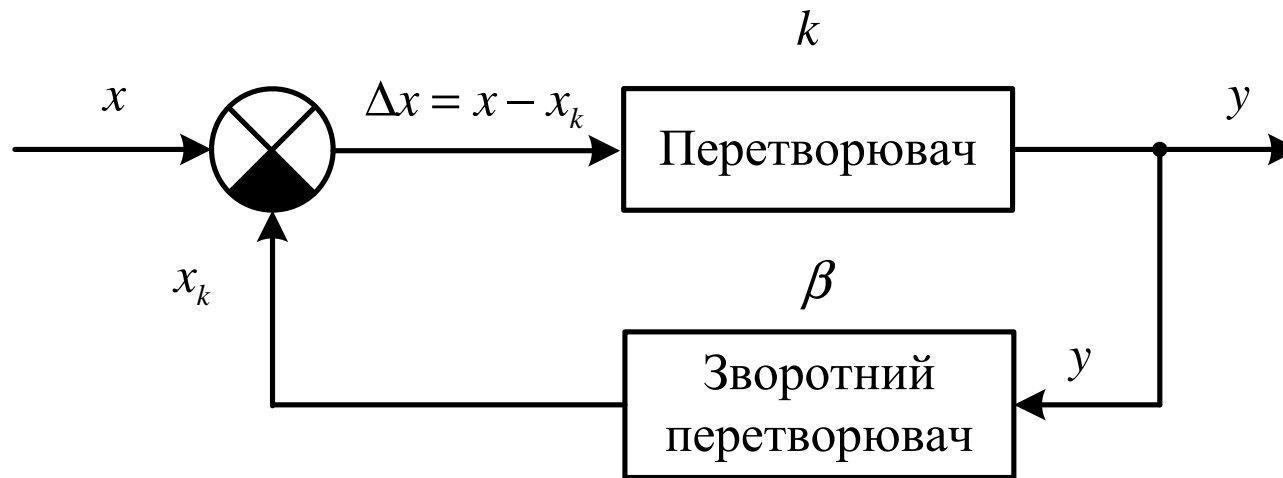
$k_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) - коефіцієнти перетворення окремих перетворювачів.

$$k = \prod_{i=1}^n k_i \Rightarrow dk = \sum_{i=1}^n \frac{\partial k}{\partial k_i} dk_i = (k_2 k_3 \cdot \dots \cdot k_n) dk_1 + (k_1 k_3 \cdot \dots \cdot k_n) dk_2 + \\ + \dots + (k_1 k_2 \cdot \dots \cdot k_{n-1}) dk_n.$$

або у скінченних приростах:

$$\Delta k = (k_2 k_3 \cdot \dots \cdot k_n) \Delta k_1 + (k_1 k_3 \cdot \dots \cdot k_n) \Delta k_2 + \dots + (k_1 k_2 \cdot \dots \cdot k_{n-1}) \Delta k_n \Rightarrow \\ \delta = \frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta k_1}{k} + \frac{\Delta k_2}{k} + \dots + \frac{\Delta k_n}{k} = \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n.$$

## Статичне зрівноважувальне перетворення



$$\Delta x = x - x_k = x - \beta y = x - \beta(k\Delta x) \Rightarrow \Delta x = \frac{x}{1 + k\beta}$$

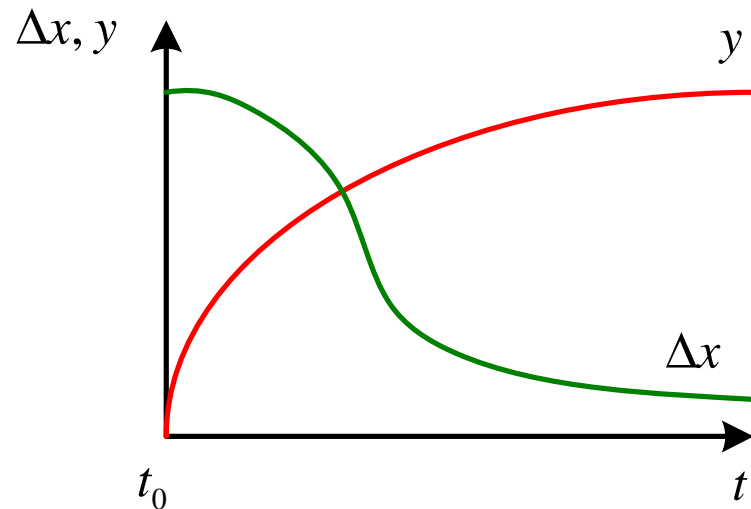
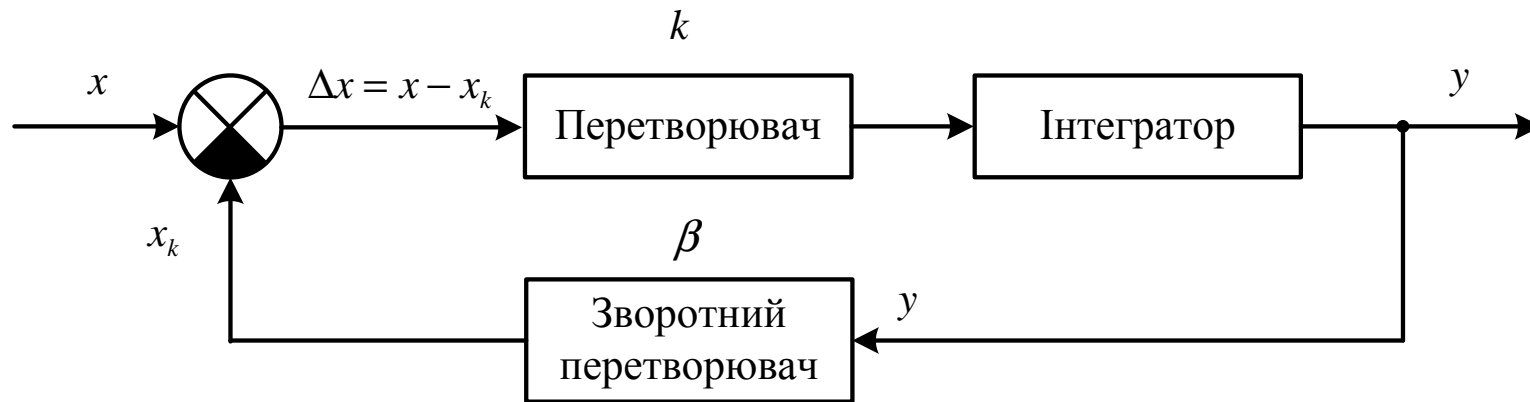
Тобто при великому коефіцієнті перетворення та завдяки глибокому негативному зворотному зв'язку  $\Delta x$  буде малим, але не дорівнюватиме нулю.  $\Delta x$  завжди пропорційне до значення вимірюваної величини  $x$ .

## Статичне зрівноважувальне перетворення

$$\begin{aligned} K &= \frac{y}{x} = \frac{k\Delta x}{x_k + \Delta x} = \frac{k\Delta x}{k\beta\Delta x + \Delta x} = \frac{k}{1 + k\beta} \Rightarrow \Delta K(\Delta k, \Delta\beta) \Rightarrow \\ \Rightarrow dK &= \frac{\partial K}{\partial k} dk + \frac{\partial K}{\partial \beta} d\beta = \frac{1}{(1 + k\beta)^2} dk - \frac{k}{(1 + k\beta)^2} d\beta \Rightarrow \\ \Rightarrow \delta_K &= \left. \frac{dK}{K} \right|_{k\beta \gg 1} = \frac{1}{(1 + k\beta)} \delta_k - \frac{k}{(1 + k\beta)} \delta_\beta \approx -\delta_\beta. \end{aligned}$$

Тобто мультиплікативна складова похибки (похибка  $k$ ) кола прямого перетворення буде нескінченно малою. Адитивна складова похибки (похибка нуля) визначається сумою адитивних похибок як кола прямого перетворення, так і кола зворотного перетворення.

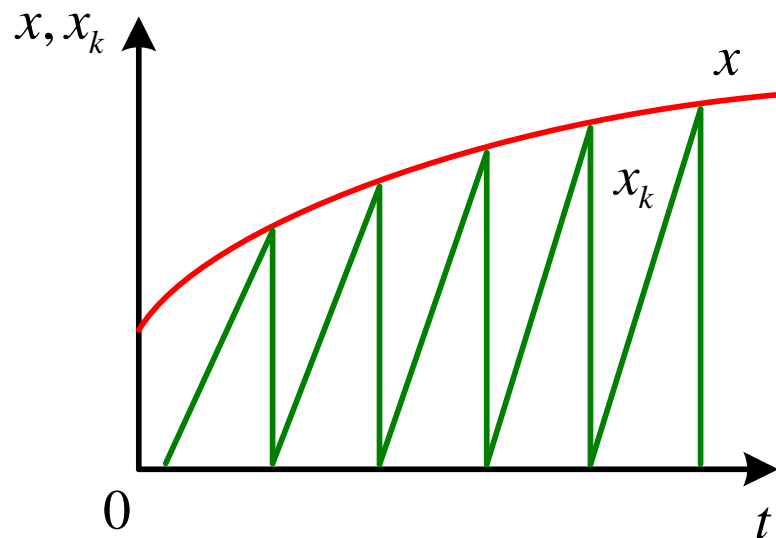
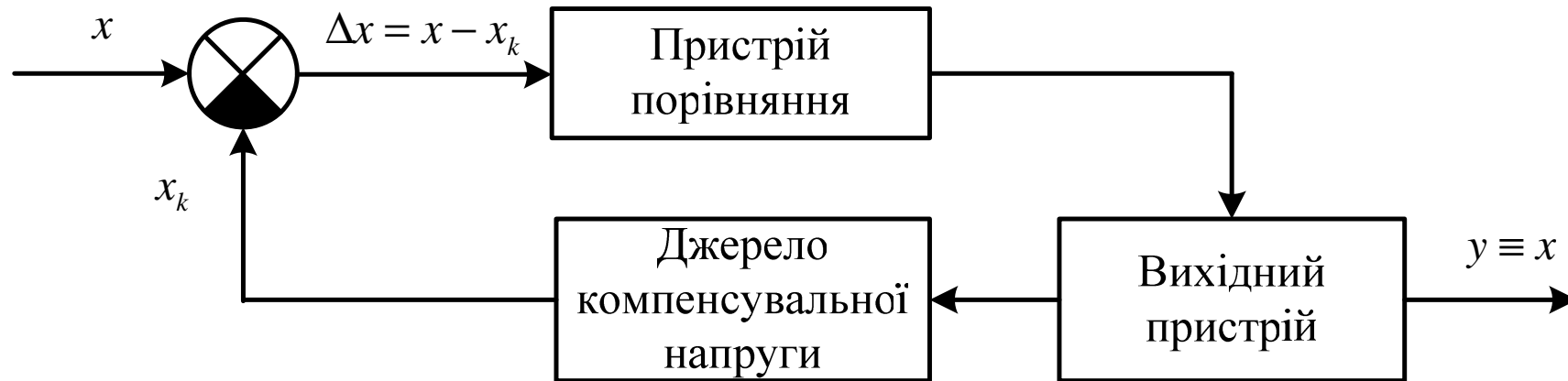
## Астатичне зрівноважувальне перетворення



При закінченні зрівноваження, коли  $\Delta x = 0$ , вихідна величина інтегратора  $y$  досягає свого усталеного значення, а значення вимірюваної величини може бути оцінене як  $x = x_k$ .

Засоби вимірювань зрівноважувального перетворення практично не споживають енергії від досліджуваного об'єкта (не дають методичної похибки).

## Розгортальне зрівноважувальне перетворення



При  $\Delta x = x - x_k$  настільки малому, що реагує компаратор, який подає сигнал на вихідний пристрій про рівність  $x = x_k$ , а джерело компенсуючої напруги – інформацію про значення  $x_k$ .

**Комбіноване перетворення** буде тоді, коли негративним зворотним зв'язком охоплено частину кола прямого перетворення.