



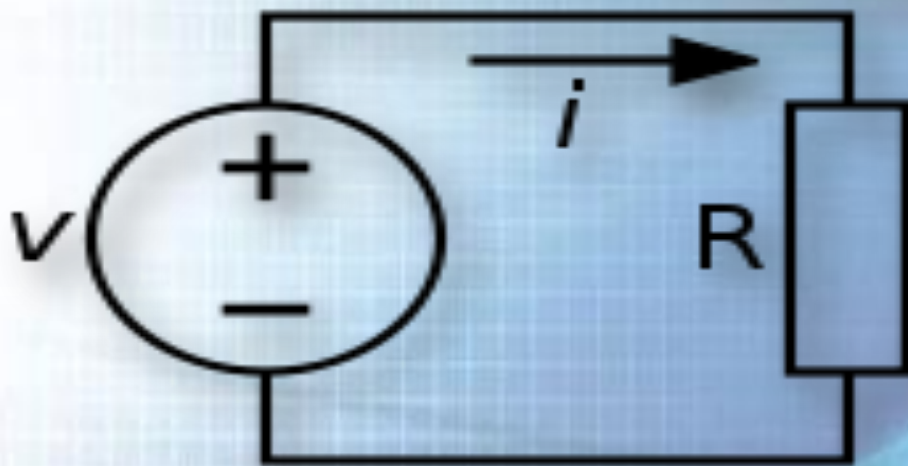
**Тема: Пасивні  
елементи засобів  
вимірювань**

# План

1. Елементи електричного кола та їх математичні моделі
2. Подільники напруги
3. Джерела струму та напруги
4. Резистори
5. Конденсатори
6. Котушки індуктивності
7. Трансформатори
8. Вимірювальні пристрої

# 1. Елементи електричного кола та їх математичні моделі

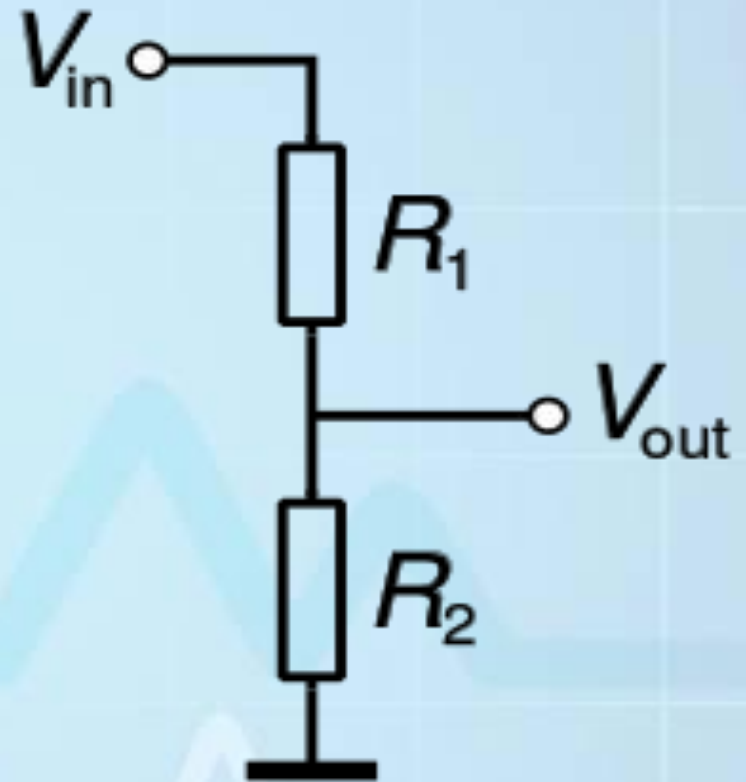
**Електричне коло** – сукупність сполучених між собою провідниками **резисторів, конденсаторів, котушок індуктивності, джерел струму й напруги, перемикачів** тощо, через яку може проходити електричний струм.





## 2. Подільники напруги

**Подільник напруги** – лінійна електронна схема, напруга на виході якої ( $V_{out}$ ) складає частину напруги на вході ( $V_{in}$ ).

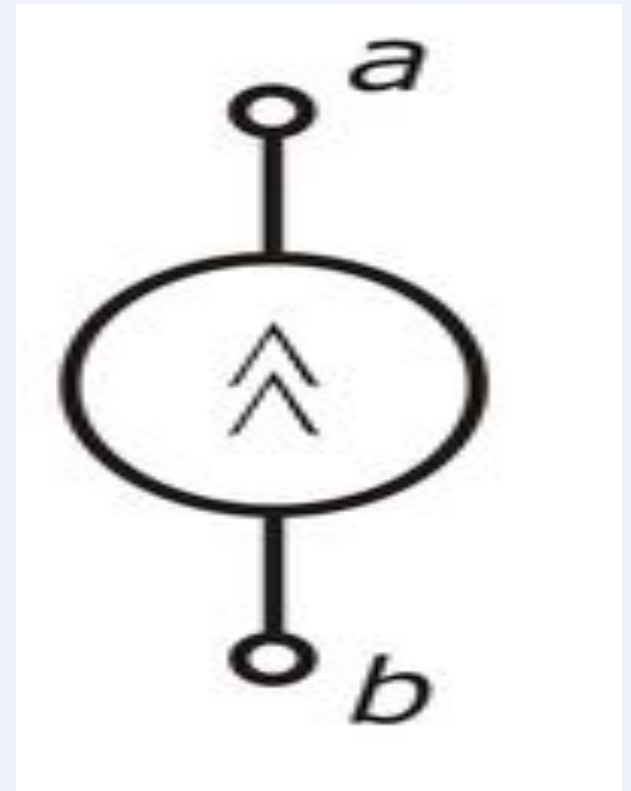


Найпростіший дільник напруги складається з **двох послідовно увімкнених резисторів**.

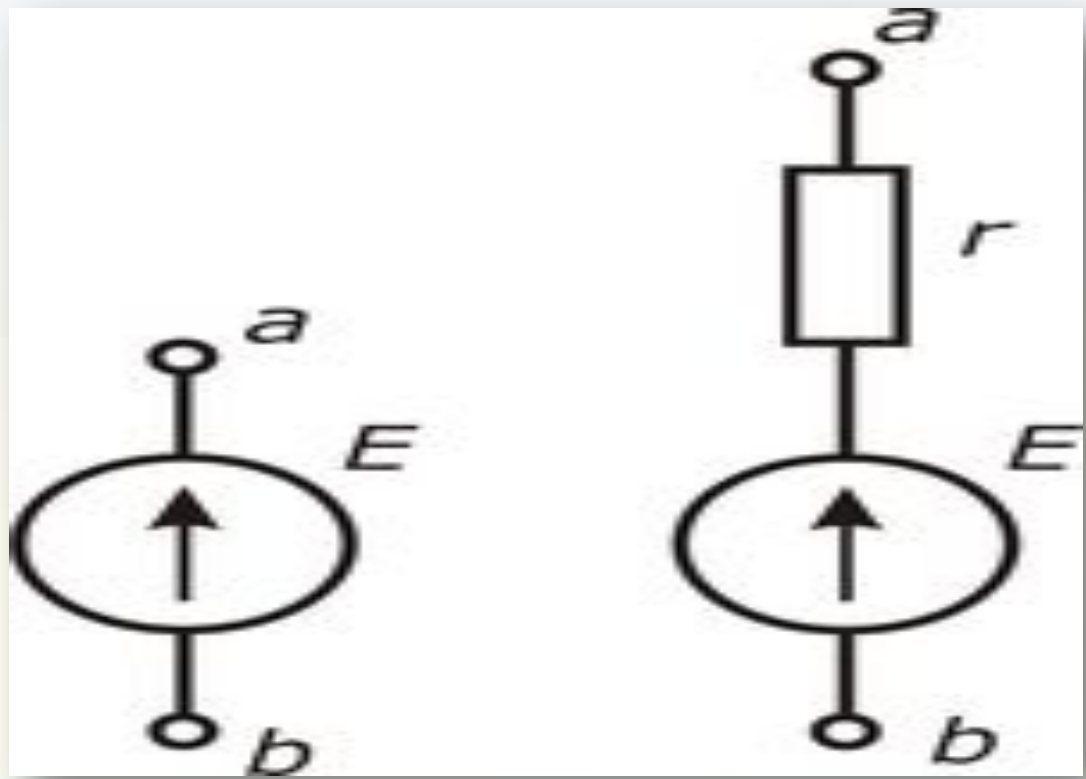
### 3. Джерела струму та напруги

#### Джерело струму

*або генератор струму — елемент електричного кола, який забезпечує в ньому протікання певного електричного струму.*



**Джерело напруги** або **генератор напруги** — елемент електричного кола, який забезпечує на своїх клеммах певне значення напруги, яке не залежить від струму в колі.



# Ідеальне джерело напруги

Ідеальне джерело напруги характеризується певним значенням електрорушійної сили і нульовим внутрішнім опором. Сила струму, що протікає через таке джерело, повністю визначається (за законом Ома) колом навантаження.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R},$$

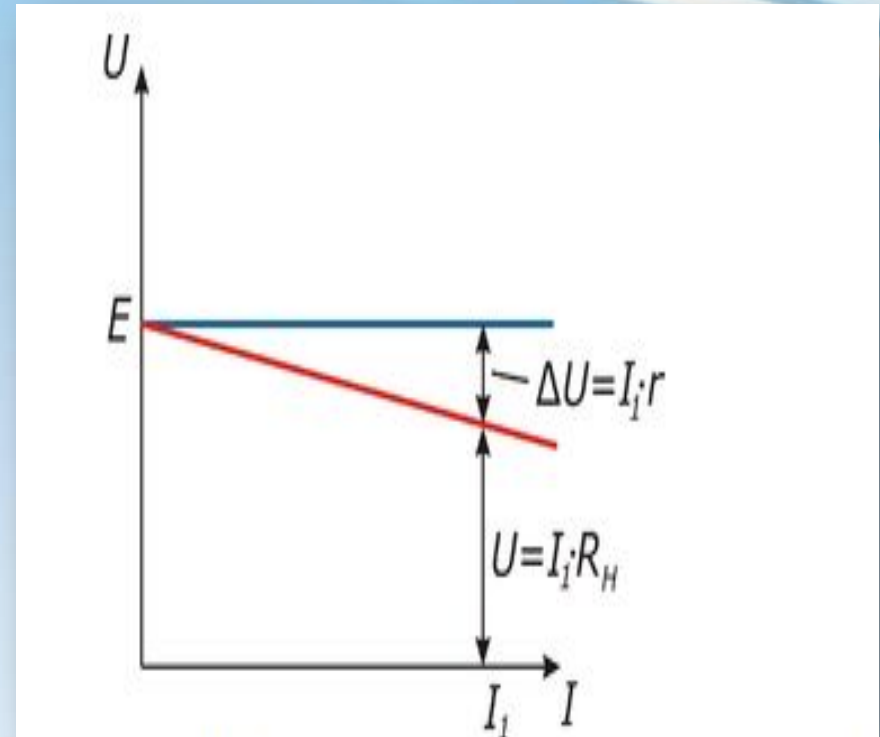
де  $\mathcal{E}$  — електрорушійна сила,  
 $R$  — електричний опір навантаження.

# Реальне джерело напруги

Реальні джерела напруги мають скінченні значення внутрішнього опору.

На графіку справа наведено навантажувальні характеристики

ідеального джерела напруги (джерела ЕРС) та реального джерела напруги



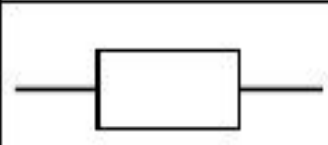
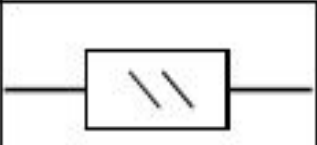
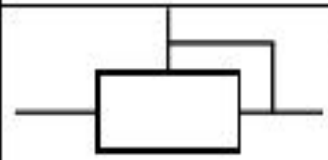
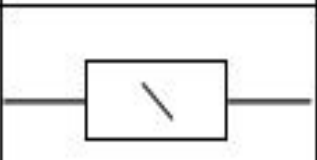
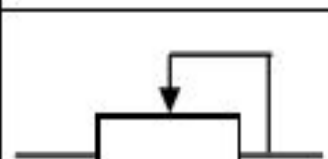

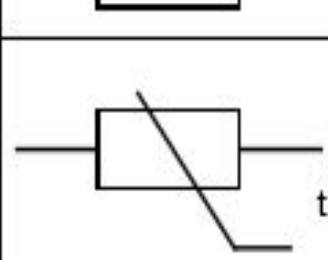
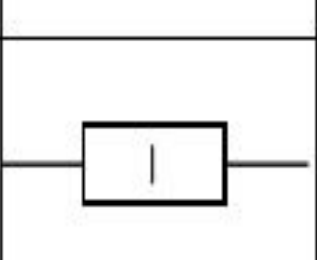
**Рис. 1** Навантажувальна характеристика **ідеального** і **реального** джерел напруги.



# 4. Резистори

**Резистори** – це радіоелементи, які служать для зміни струму та напруги в електричних колах.

Таблиця 1.1 - Умовні графічні позначення резисторів

Позначення резисторів на електричних принципових схемах		Позначення резисторів у залежності від потужності їхнього розсіювання	
	Резистор, загальне позначення		- 0.125 Вт
	Резистор підлагоджувальний		- 0.25 Вт
	Резистор змінний		- 0.5 Вт
	Терморезистор		- 1 Вт

**Опір резистора** знаходиться згідно закону Ома:

$$R = \frac{U}{I},$$

де  $U$  – падіння напруги на резисторі, В;  
 $I$  – а струм через резистор, А.

**Потужність резистора**

визначається з виразом:

$$P = U * I = I^2 * R$$

# Класифікація резисторів

## Залежно від області застосування:

- елементи загального призначення;
- елементи спеціального призначення.

## За конструкцією :

- плівкові,
- металоплівкові,
- металоокисні,
- металодіелектричні,
- композиційні,
- напівпровідникові.

## За типом провідного елемента:

- дротяні;
- недротяні.

# Розрізняють два основні типи резисторів

## **Постійні резистори**

в залежності від  
призначення бувають таких  
типів:

- прецизійні (високої точності),
- високочастотні та імпульсні,
- високовольтні (вище 2 кВ),
- високомегаомні (вище 10 МОм),

## **Змінні резистори**

бувають:

- підлагоджувальні
- регулювальні.



# Основні параметрами резисторів

Номінальний опір  
 $R$

Номінальна  
потужність  $P$

Допустиме  
відхилення  $\Delta R$

Температурний  
коефіцієнт  
опору

використовуються, зокрем резистори із спеціальних металевих сплавів з низьким значенням  $\alpha$ , як манганінових і константових сплавів та напівпровідникових компонентів з великими додатними чи від'ємними  $\alpha$  (наприклад,  $\text{CuNi}$ ), значення  $\alpha$  (температурний коефіцієнт опору) виражаються в  $\text{ppm}/^\circ\text{C}$ .

рівняння:  $R = R_0(1 + \alpha \Delta T)$

де  $R_0$  — значення резистора при температурі  $T_0$ .

Значення  $\alpha$  для різних матеріалів наведено в таблиці.

Таблиця 1. Температурний коефіцієнт опору резисторів.

Матеріал

Температура,  $^\circ\text{C}$

# 5. Конденсатори

**Конденсатор** — це система з двох електродів, розділених між собою діелектриком, яка має здатність запасати електричну енергію.

*Конденсатори класифікують за :*

- **робочою напругою:** *низьковольтні ( $U_{\text{роб}} < 1600 \text{ В}$ ), високовольтні ( $U_{\text{роб}} \geq 1600 \text{ В}$ );*
- **областю застосування** – *при малих струмах і малих напругах та при великих струмах і високих напругах;*
- **видом діелектрика** – *твердим, рідким, газоподібним, окисним, органічним;*
- **діапазоном робочих частот** – *для постійної або пульсуючої напруги; для напруги звукових частот ( 100 — 10000 Гц ); для напруги радіочастотного діапазону ( вище 100 кГц );*
- **призначенням** — *широкого застосування і спеціальні.*

# Основними параметрами конденсаторів є :

- ✓ **Номинальна ємність  $C$**  — це відношення накопиченого заряду до прикладеної напруги. Ємність вимірюється у фарадах, мікро-, нано- і пікофарадах ( $1\text{Ф} = 10^6\text{ мкФ} = 10^9\text{ нФ} = 10^{12}\text{ пФ}$ ).
- ✓ **Допустиме відхилення від номінального значення ємності  $\Delta C$  (%)** характеризує точність значення ємності конденсатора.

✓ **Номинальна робоча напруга конденсатора**  $U_{роб}$  – це максимальна напруга, при якій конденсатор може працювати на протязі мінімального часу до відмови. Значення робочої напруги встановлюється технічною документацією на виріб.

✓ **Частотні властивості** характеризують зміну ємності конденсатора від частоти прикладеної змінної напруги.



✓ **Допустима амплітуда змінної напруги на конденсаторі** – це напруга, при якій втрати енергії в конденсаторі не перевищують допустимих.

Її значення розраховується за формулою:

$$U_{m.доп.} = \sqrt{\frac{P_{р.доп.}}{C \cdot f \cdot \pi}}$$

де  **$P_{р.доп.}$**  – допустима реактивна потужність, ВА;

**$f$**  – частота змінної напруги на конденсаторі, Гц;

**$C$**  – ємність конденсатора, Ф.

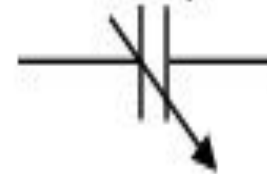
# Умовні графічні позначення конденсаторів



- конденсатор, загальне позначення;



- конденсатор підлагоджувальний;



- конденсатор змінної ємності;



- конденсатор постійної ємності полярний.

## 6. Котушки індуктивності

*Котушка індуктивності* (КІ) – це намоточні вузли радіоапаратури, які застосовуються як елементи коливальних контурів, для фільтрації сигналів різних частот, отримання магнітного зв'язку між окремими елементами електричних ланок, для створення на окремих ділянках електричної ланки заданих індуктивних опорів.

# Котушки індуктивності поділяються на:

- *КІ коливальних контурів;*
- *Дроселі.*

**Дроселем** називається котушка індуктивності, яка вмикається в коло для створення опору струмам високої або низької частоти.



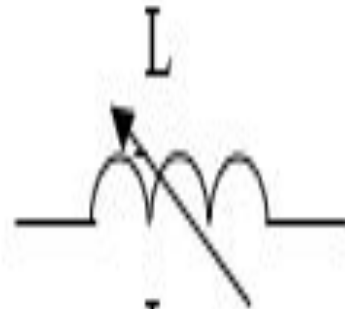
# Параметри дроселів та котушок індуктивності

- **Індуктивність** – це відношення потокозчеплення самоіндукції котушки до струму, що протікає через неї. Індуктивність вимірюється у генрі, мілі-генрі, мікро-генрі ( $1\text{Гн} = 10^3\text{ мГн} = 10^6\text{ мкГн}$ ).
- **Допустиме відхилення індуктивності** – це відношення у (%) відхилення індуктивності котушки чи дроселя від заданого значення, наведене у технічній документації.
- **Добротність  $Q$**  - це відношення реактивного опору котушки до її активного опору. Добротність визначає ККД та резонансні властивості контурів.
- **Власна ємність** - це ємність, яка виникає між витками та шарами обмотки котушки. Власна ємність є паразитним параметром, який збільшує втрати енергії і зменшує стабільність роботи коливальних контурів.

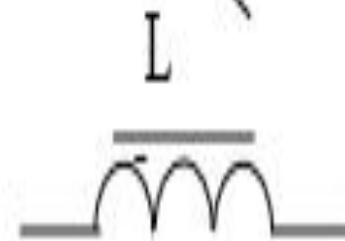
# Умовні графічні позначення індуктивних елементів



- котушка індуктивності, загальне  
позначення;



- котушка із змінною індуктивністю  
(варіометр);



- котушка індуктивності (дросель) з  
осердям.

# 7. Трансформатори

**Трансформатори** - це пристрої, що служать для зміни величини напруги, форми імпульсів, гальванічних розв'язок та узгодження опорів в електричних колах.

Трансформатор складається з **магнітопроводу**, на якому розміщені **катушки** (обмотки).

**Осердя трансформатора** - це магнітопровідний матеріал, який замкнений вздовж шляху магнітного потоку  $\Phi$ . Осердя потрібне для зменшення магнітного опору, щоб збільшити магнітний потік, яким передається енергія.

За призначенням трансформатори поділяються на:

**силові** (трансформатори живлення), **сигнальні** (низькочастотні та радіочастотні), **імпульсні**, **вимірювальні**.

# Основні параметри трансформаторів

Номінальна потужність  $P$

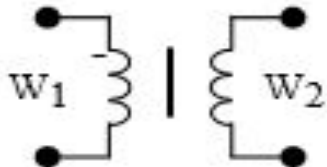
Коефіцієнт трансформації  
 $K_T$

Коефіцієнт корисної дії трансформатора  $\eta$

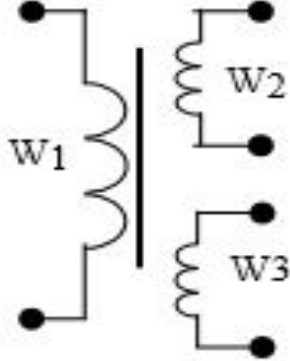
- відношення кількості витків вторинної обмотки  $w_2$  до кількості витків первинної  $w_1$ .
- $K_T = w_2/w_1$
- Якщо коефіцієнт трансформації  $K_T < 1$ , трансформатор вважають понижувальним, коли  $K_T > 1$ , то - підвищувальним.



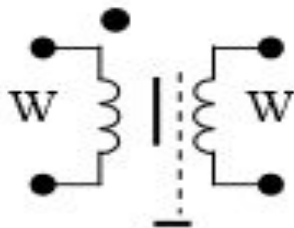
# Умовні графічні зображення трансформаторів



- трансформатор з однією вторинною обмоткою,



- трансформатор з кількома вторинними обмотками,



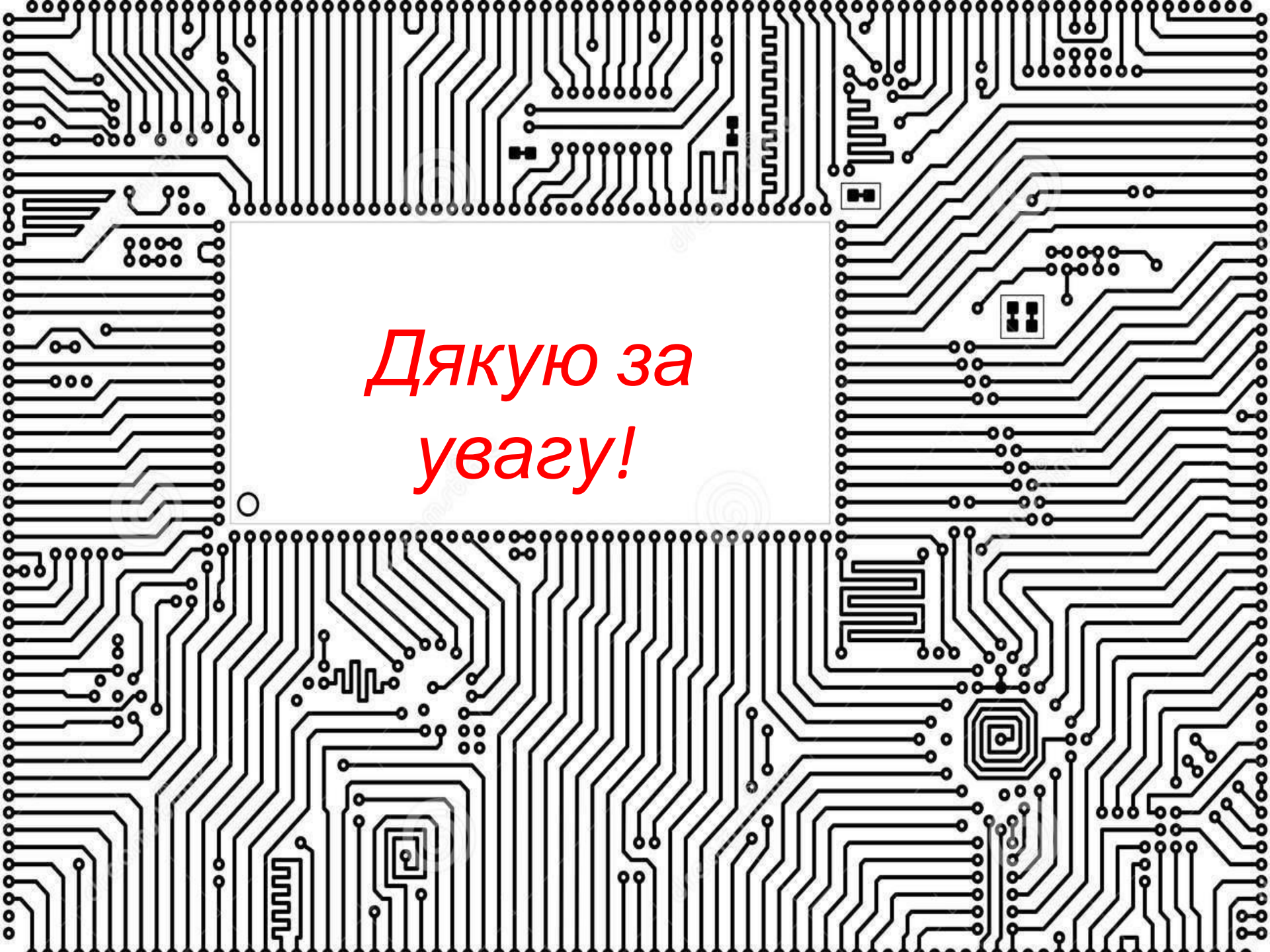
- трансформатор з екранованим магнітопроводом.

# Електровимірювальні прилади — клас пристроїв, що застосовуються для виміру різних електричних величин.

Електровимірювальні прилади для виміру електричних величин поділяються на:

- прилади для виміру сили струму — **Амперметри** ;
- прилади для виміру напруги — **Вольтметри** ;
- прилади для виміру активної та реактивної потужності — **Ватметри та Варметри** ;
- прилади для вимірювання опорів — **Омметри , Метри** ;
- прилади для виміру частоти змінної напруги або струму — **Частотоміри** .





*Дякую за  
увагу!*