

## ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

### §1 Електричний струм.

#### Сила й густина струму.

#### ЕРС і напруга

1. Будь-яке впорядкований (спрямований) рух електричних зарядів називається **ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ**. При накладанні зовнішнього електричного поля  $E$  в провіднику починається рух зарядів, тобто виникає електричний струм. При цьому позитивні заряди рухаються по полю, а негативні - проти поля. За напрямком струму приймають напрямком руху позитивних зарядів. Для виникнення й існування електричного струму необхідне виконання двох умов:
2. наявність вільних носіїв зарядів ( тобто речовина повинна бути провідником або напівпровідником при високих температурах),
3. Наявність зовнішнього електричного поля.

Для кількісного опису електричного струму вводиться - **СИЛА СТРУМУ** – скалярна фізична величина, рівна кількості електричного заряду, переносимому за одиницю часу через поперечний переріз провідника  $S$ .

$$I = \frac{q}{t}$$

- для постійного струму, і

$$I = \frac{dq}{dt}$$

- для змінного струму.

Струм, сила й напрямок якого не змінюються з часом, називається **постійним**.

**ГУСТИНА СТРУМУ**  $\vec{j}$  - векторна фізична величина, чисельно рівна силі струму, що проходить через одиницю площі, перпендикулярної до струму.

$$\vec{j} = \frac{I}{S} \vec{n}$$

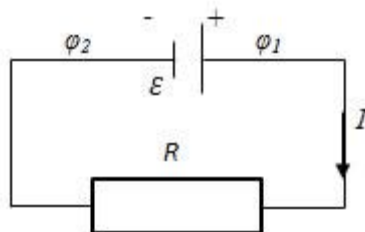
- для постійного струму, і

$$\vec{j} = \frac{dI}{dS} \vec{n}$$

- для змінного струму.

#### II. ЕРС

Для того щоб через розглянуту ділянку провідника проходив струм  $I$ , необхідно підтримувати постійну різницю потенціалів між розглянутими точками провідника.



Для того щоб підтримувати постійну різницю потенціалів на кінцях провідника його необхідно підключити до джерела струму. Джерело струму робить роботу з переміщення електричних зарядів уздовж усього кола. Ця робота виконується за

рахунок **СТОРОННІХ СИЛ** – сил не електростатичного походження, що діють на заряди з сторони джерела струму. Природа сторонніх сил може бути різної (крім нерухомих зарядів):

- 1) хімічні реакції – у гальванічних елементах (батареях), акумуляторах,
- 2) електромагнітної – у генераторах. При цьому генератори можуть використовувати а) механічну енергію – ГЕС, б) ядерну – АЕС, в) теплову – ТЕС, г) припливів і відливів – ПЕС, д) вітрову – ВЕС і т.д.
- 3) використання фотоефекта – фотоерс у калькуляторах і сонячних батареях,
- 4) п'єзоефект – п'єзоерс, наприклад, у п'єзозажигалках,
- 5) контактна різниця потенціалів – термоерс у термопарах і т.д.

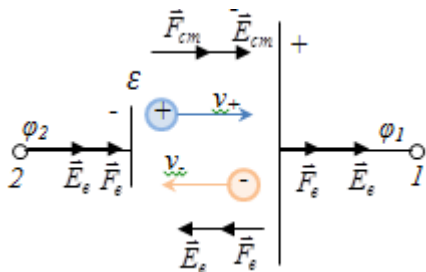
Під дією поля сторонніх сил електричні заряди рухаються усередині джерела струму проти сил електростатичного поля, за рахунок чого на клеммах джерела струму підтримується різниця потенціалів і в ланцюзі тече струм.

Джерело струму характеризується електрорушійною силою – ЕРС.

$$\mathcal{E} = \frac{A}{q}$$

$$[\mathcal{E}] = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В.}$$

ЕРС визначається роботою виконуваною сторонніми силами по переміщенню одиничного позитивного заряду уздовж замкненого кола.



Стороння сила рівна:

$$\vec{F}_{cm} = q \cdot \vec{E}_{cm}$$

де  $\vec{E}_e$  – напруженість поля сторонніх сил. Робота сторонніх сил по переміщенню заряду  $q$  на замкненій ділянці кола рівна:

$$A = \int_{\epsilon} \vec{F}_{cm} \cdot d\vec{l} = q \int_{\epsilon} \vec{E}_{cm} \cdot d\vec{l} : q \quad \Rightarrow$$

$$\mathcal{E} = \int_{\epsilon} \vec{E}_{cm} \cdot d\vec{l}$$

тобто ЕРС дорівнює циркуляції вектора напруженості сторонніх сил. На ділянці 1 – 2 (див. рисунок) крім сторонніх сил діє сила електростатичного поля

$$\vec{F}_e = q\vec{E}_e$$

так як результуюча сила на ділянці 1 - 2 дорівнює

$$\vec{F} = \vec{F}_{cm} + \vec{F}_e = q(\vec{E}_{cm} + \vec{E}_e),$$

тоді

$$A_{12} = q \int_1^2 \vec{E}_{cm} d\vec{l} + q \int_1^2 \vec{E}_e d\vec{l} = q\vec{E} + q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Для замкненого кола

$$A_{\text{Ел.стат.поля}} = 0 \quad \Rightarrow \quad A_{12} = q\mathcal{E}.$$

**НАПРУГОЮ**  $U$  на ділянці 1 - 2 називається фізична величина, обумовлена роботою, чиненої сумарним полем електростатичних (кулонівських) і сторонніх сил при переміщенні одиничного позитивного заряду на даній ділянці кола

$$U_{12} = \frac{A_{12}}{q} = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}.$$

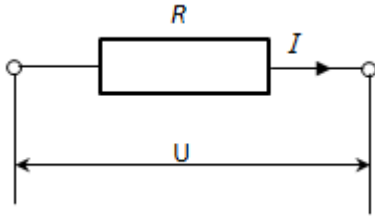
$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 \text{ при } \mathcal{E} = 0.$$

## §2 Закони Ома

### 1. Закон Ома для однорідної ділянки кола.

**Однорідною** називається ділянка не утримуюча ЕРС.

Сила струму на однорідній ділянці кола прямо пропорційна напрузі й обернено пропорційна опорі кола

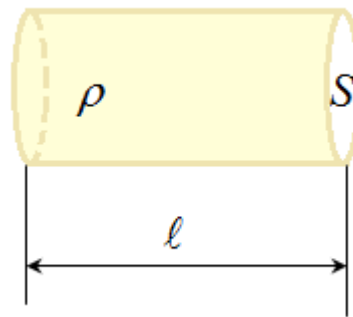


$$I = \frac{U}{R}.$$

$[R] = \text{Ом}$ . 1 Ом – опір такого провідника, у якому при напрузі 1 В тече струм 1 А.

провідність.  $[G] = \text{См}$   
Опір  $R$  провідника залежить форми, а також від матеріалу

$$R = \rho \frac{l}{S},$$



$$G = \frac{1}{R}, \quad G - \text{електрична}$$

(Сименс).  
від його розмірів і провідника.

де  $\rho$  - питомий опір

одиниці довжини провідника.

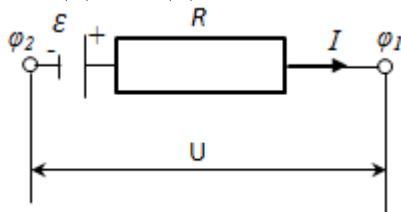
$l$  - довжина провідника;  $S$  - площа поперечного перерізу провідника.

провідника - опір

$$[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м};$$

### 1. Закон Ома для неоднорідної ділянки кола

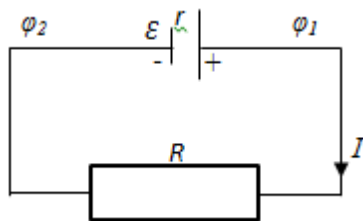
**НЕОДНОРІДНОЮ** називається ділянка кола, що містить ЕРС



$$U_{12} = \frac{A_{12}}{q} = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}.$$

$$I = \frac{U_{12}}{R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}}{R}$$

- Закон Ома для неоднорідної ділянки кола в інтегральній формі.



3. Закон Ома для замкнутого кола ( для повного кола).

$$I = \frac{U_{12}}{R'} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}}{R'} = \frac{\mathcal{E}}{R'}$$

де  $R' = R + r$ , где  $R$  - опір зовнішнього кола,  $r$  - опір джерела ЕРС, тоді

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

- Закон Ома для повного кола

### 4. Закон Ома в диференціальній формі.

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

$$R = \rho \frac{\ell}{S};$$

$$I = \frac{U \cdot S}{\rho \cdot \ell};$$

$$j = \frac{I}{S};$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho};$$

$$E = \frac{U}{d};$$

$\sigma$  - - питома електропровідність;  $[\sigma] = \text{См} / \text{м}$ .

$\vec{j} = \sigma \vec{E}$  - Закон Ома в диференціальній формі.

Густина струму  $\vec{j}$  прямо пропорційна напруженості електричного поля  $E$ . Коефіцієнт пропорційності  $\sigma$  - питома електропровідність.