

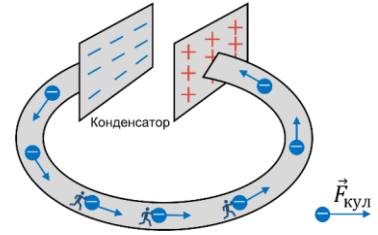
## Урок 7. Електрорушійна сила. Закон Ома для повного кола

### Хід уроку

#### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

##### 1. Сторонні сили

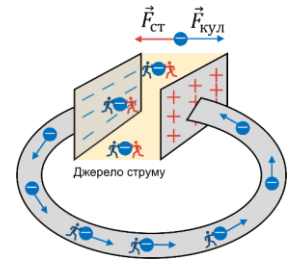
На кінцях металевого дроту створили різницю потенціалів (приєднали кінці дроту до пластин зарядженого конденсатора). Під дією кулонівських сил  $\vec{F}_{\text{кул}}$  електрони всередині провідника почнуть рухатися напрямлено і в провіднику виникне електричний струм, такий струм швидко припиниться (пластини втрачають заряд та стають електрично нейтральними).



##### Проблемне питання

- Що необхідно зробити, щоб струм існував тривалий час?

Необхідно безперервно «перетягувати» електрони на негативно заряджену пластину. Таке «перетягування» не може відбуватися під дією кулонівських сил (кулонівські сили заважають рухові електронів, адже однойменні заряди відштовхуються), слід використати сторонні сили.



**Сторонні сили – це будь-які сили, що діють на електрично заряджені частинки і не є кулонівськими.**

**Джерело струму – це пристрій, між клемми якого тривалий час може існувати різниця потенціалів за рахунок сторонніх сил.**

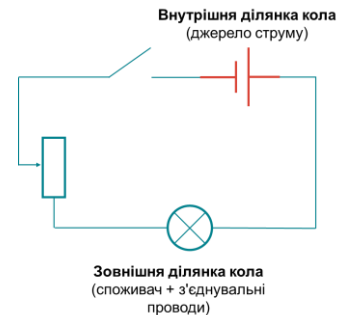
##### Природа сторонніх сил:

- хімічні реакції (у гальванічних елементах і акумуляторах);
- змінення магнітного поля (в електромагнітних генераторах);
- дія світла (у фотоелементах).

##### Повне електричне коло:

**Внутрішня ділянка кола** (джерело струму) – «працюють» сторонні сили, які підтримують постійну різницю потенціалів на виході джерела.

**Зовнішня ділянка кола** (споживач + з'єднувальні проводи) – кулонівські сили створюють напрямлений рух вільних заряджених частинок – у споживачі та в з'єднувальних проводах тече постійний електричний струм.



##### 2. Електрорушійна сила

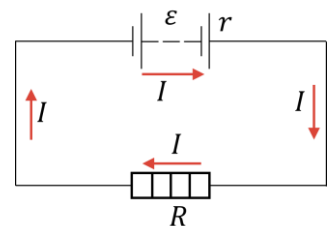
**Електрорушійна сила  $\varepsilon$  джерела струму – скалярна фізична величина, яка характеризує енергетичні властивості джерела струму і дорівнює відношенню роботи сторонніх сил  $A_{\text{ст}}$  із переміщення позитивного заряду  $q$  всередині джерела до значення цього заряду.**

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$$

Одиниця ЕРС в СІ – вольт:  $[\varepsilon] = \text{В}$

##### 3. Закон Ома для повного кола

Розглянемо найпростіше повне (замкнене) електричне коло. Зовнішня ділянка цього кола (з'єднувальні проводи і нагрівач) має опір  $R$ . Внутрішня ділянка кола (джерело струму) має ЕРС і опір  $r$  (опір електроліту й електродів). *Опір джерела струму називають внутрішнім опором джерела.*



Якщо сила струму в колі дорівнює  $I$ , відповідно до закону Джоуля – Ленца за час  $t$  на зовнішній і внутрішній ділянках кола разом виділиться певна кількість теплоти:

$$Q = I^2 R t + I^2 r t$$

У колі одночасно «працюють» і кулонівські, і сторонні сили:

$$A = A_{\text{кул}} + A_{\text{ст}}$$

Кулонівські сили є потенціальними – їхня робота на замкненому контурі дорівнює нулю:  $A_{\text{кул}} = 0$  (на зовнішній ділянці кола кулонівські сили здійснюють додатну роботу, на внутрішній ділянці – від'ємну). Отже, енергія виділяється тільки завдяки роботі сторонніх сил:  $Q = A_{\text{ст}}$

$$\begin{aligned} A_{\text{ст}} &= \varepsilon q & q &= It \\ \varepsilon It &= I^2 Rt + I^2 rt \\ \varepsilon &= I(R + r) \end{aligned}$$

$R + r$  – повний опір кола

**Закон Ома для повного кола:**

Сила струму в повному електричному колі дорівнює відношенню ЕРС джерела струму до повного опору кола:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

#### 4. Коротке замикання

**Коротке замикання** – це з'єднання ділянки кола, що перебуває під напругою, провідником, опір якого дуже малий порівняно з опором цієї ділянки.

Коротке замикання може відбутися внаслідок порушення ізоляції, якщо два оголені проводи, приєднані до споживача, торкнуться один одного, або під час ремонту елементів кола, які перебувають під напругою.

Під час короткого замикання сила струму в колі збільшується в кілька разів, що згідно із законом Джоуля – Ленца призводить до значного нагріву проводів і як наслідок – до пожежі. Саме тому електрична проводка повинна обов'язково містити запобіжники.

Підключення до джерела струму провідника з дуже малим опором ( $R \rightarrow 0$ ) теж спричиняє коротке замикання. Сила струму короткого замикання є максимальною для даного джерела та визначається за формулою:

$$I_{\text{к.з}} = \frac{\varepsilon}{r}$$

$\varepsilon$  – ЕРС джерела струму;  $r$  – внутрішній опір джерела.

### ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАТЬ І ВМІНЬ

1. До джерела струму з ЕРС 5 В і внутрішнім опором 0,5 Ом підключили лампу з опором 12 Ом. Знайдіть напругу на лампі.

**Дано:**

$$\varepsilon = 5 \text{ В}$$

$$r = 0,5 \text{ Ом}$$

$$R = 12 \text{ Ом}$$

$$U = ?$$

**Розв'язання**

$$\text{Закон Ома для ділянки кола: } I = \frac{U}{R}$$

$$\text{Закон Ома для повного кола: } I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

$$\frac{U}{R} = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow U = \frac{R\varepsilon}{R+r}$$

$$[U] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{В}}{\text{Ом} + \text{Ом}} = \text{В}$$

$$U = \frac{12 \cdot 5}{12 + 0,5} = 4,8 \text{ (В)}$$

**Відповідь:**  $U = 4,8 \text{ В}$ .

2. Джерело струму з ЕРС 60 В і внутрішнім опором 2 Ом підключили до ділянки кола, що складається із двох послідовно з'єднаних резисторів. Сила струму в колі становить 2 А, опір одного з резисторів 20 Ом. Знайдіть опір іншого резистора.

**Дано:**

$\varepsilon = 60 \text{ В}$

$r = 2 \text{ Ом}$

$I = 2 \text{ А}$

$R_1 = 20 \text{ Ом}$

$R_2 = ?$

**Розв'язання**

Закон Ома для повного кола:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Резистори з'єднані послідовно:

$$R = R_1 + R_2$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r} \Rightarrow R_2 = \frac{\varepsilon}{I} - R_1 - r$$

$$[R_2] = \frac{\text{В}}{\text{А}} - \text{Ом} - \text{Ом} = \text{Ом}$$

$$R_2 = \frac{60}{2} - 20 - 2 = 8 \text{ (Ом)}$$

**Відповідь:**  $R_2 = 8 \text{ Ом}$ .

3. Визначте покази амперметра (див. рисунок), якщо  $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ Ом}$ , ЕРС джерела струму  $8 \text{ В}$ , а внутрішній опір  $1 \text{ Ом}$ .

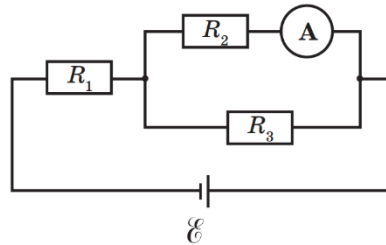
**Дано:**

$R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ Ом}$

$\varepsilon = 8 \text{ В}$

$r = 1 \text{ Ом}$

$I_2 = ?$

**Розв'язання**

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$[R_{23}] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{Ом}}{\text{Ом} + \text{Ом}} = \text{Ом}$$

$$R_{23} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1 \text{ (Ом)}$$

$$R = R_1 + R_{23} \quad [R] = \text{Ом} + \text{Ом} = \text{Ом}$$

$$R = 2 + 1 = 3 \text{ (Ом)}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad [I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом} + \text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А}$$

$$I = \frac{8}{3 + 1} = 2 \text{ (А)} \quad I = I_1 = I_{23} = 2 \text{ А}$$

$$U_{23} = I_{23} R_{23} \quad [U_{23}] = \text{А} \cdot \text{Ом} = \text{А} \cdot \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_{23} = 2 \cdot 1 = 2 \text{ В} \quad U_{23} = U_2 = U_3 = 2 \text{ В}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} \quad [I_2] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А}$$

$$I_2 = \frac{2}{2} = 1 \text{ (А)}$$

**Відповідь:**  $I_2 = 1 \text{ А}$ .

## ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

1. Що називають сторонніми силами?
2. Охарактеризуйте ЕРС як фізичну величину.
3. Скориставшись законом збереження енергії, законом Джоуля – Ленца та означеннями ЕРС і сили струму, отримайте закон Ома для повного кола. Сформулюйте цей закон.
4. Що називають коротким замиканням? Наведіть приклади.

5. Як розрахувати силу струму короткого замикання?
6. Як і чому ККД джерела струму залежить від навантаження?

### **ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ**

Опрацювати § 4, Вправа № 4 (1, 2)