Урок 07 Електрорушійна сила. Закон Ома для повного кола

Мета уроку:

Навчальна: Формувати поняття сторонніх сил, ЕРС та внутрішнього опору джерела струму, повного опору електричного кола; забезпечити засвоєння учнями співвідношення між параметрами замкнутого електричного кола, способів вимірювання ЕРС.

Розвивальна. З метою розвитку мислення розвивати вміння: аналізувати навчальний матеріал, умову задачі, хід розв'язання задач; розкривати загальне і конкретне; встановлювати закономірності; систематизувати, встановлювати зв'язки нового з раніше вивченим;

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: Комбінований.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

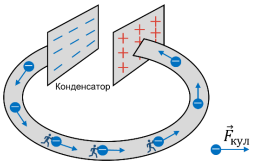
II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

На найпоширеніших джерелах струму написано: 1,5 В; 3,7 В; 5 В.

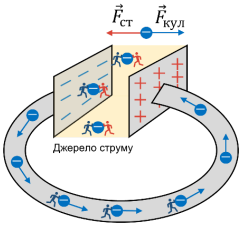
Що це означає?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Сторонні сили



На кінцях металевого дроту створили різницю потенціалів (приєднали кінці дроту до пластин зарядженого конденсатора). Під дією кулонівських сил $\vec{F}_{кул}$ 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.

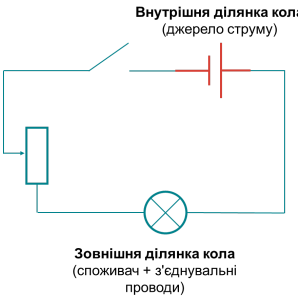
Джерело струму – це пристрій, між клемами якого тривалий час може існувати різниця потенціалів за рахунок сторонніх сил.

Проблемне питання

• Яка природа 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 ε джерела струму – скалярна фізична величина, яка характеризує енергетичні властивості джерела струму і дорівнює відношенню роботи сторонніх сил $A_{ст}$ із переміщення позитивного заряду q всередині джерела до значення цього заряду.

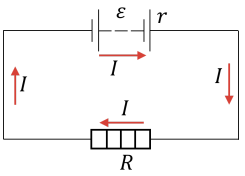
$$\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}$$

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

ЕРС джерела струму дорівнює 1 В*, якщо сторонні сили всередині джерела виконують роботу* 1 Дж*, переміщуючи заряд* +1 Кл *від негативного полюса цього джерела до позитивного.*

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:

$$Q = I^2Rt + I^2rt$$

Проблемне питання

• Звідки береться ця енергія?

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

$$A = A_{кул} + A_{ст}$$

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

$$A_{ст} = \varepsilon q \qquad q = It$$

$$\varepsilon It = I^2Rt + I^2rt$$

$$\varepsilon = I(R + r)$$

$R + r$ – 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 ($R \to 0$) теж спричиняє коротке замикання. Сила струму короткого замикання є максимальною для даного джерела та визначається за формулою: $I_{\text{к.з}} = \frac{\varepsilon}{r}$

ε – ЕРС джерела струму; r – внутрішній опір джерела.

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Визначте ЕРС джерела струму, якщо при переміщенні заряду 10 Кл сторонні сили виконали роботу 120 Дж.

Дано:

$q = 10$ Кл

$A_{\text{ст}} = 120$ Дж

$\varepsilon - ?$

Розв'язання

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q} \qquad [\varepsilon] = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$

$$\varepsilon = \frac{120}{10} = 12\ (\text{В})$$

Відповідь: $\varepsilon = 12$ В.

2. До джерела струму, ЕРС якого 24 В, а внутрішній опір 0,5 Ом, підключили резистор з опором 7,5 Ом. Знайдіть силу струму в колі.

Дано:

$\varepsilon = 24$ В

$r = 0,5$ Ом

$R = 7,5$ Ом

$I - ?$

Розв'язання

Закон Ома для повного кола: $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ $\qquad [I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}+\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А}$

$$I = \frac{24}{7,5+0,5} = 3\ (\text{А})$$

Відповідь: $I = 3$ А.

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

Дано:

$\varepsilon = 5$ В

$r = 0,5$ Ом

$R = 12$ Ом

$U - ?$

Розв'язання

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

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

$$\frac{U}{R} = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad => \quad U = \frac{R\varepsilon}{R+r}$$

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

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

Відповідь: $U = 4,8$ В.

4. 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:

$\varepsilon = 60$ В

Розв'язання

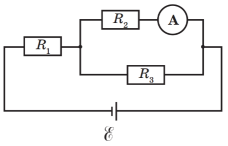
Закон Ома для повного кола: $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

$r = 2$ Ом $I = 2$ А $R_1 = 20$ Ом $R_2 - ?$	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:*** $R_2 = 8$ Ом.

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

Дано:
$R_1 = R_2 = R_3 = 2$ Ом
$\varepsilon = 8$ В
$r = 1$ Ом
$I_2 - ?$

Розв'язання



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

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

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

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

$R = 2 + 1 = 3\ (\text{Ом})$

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

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

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

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

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

$I_2 = \frac{2}{2} = 1\ (\text{А})$

Відповідь: $I_2 = 1$ А.

6. Якщо до джерела струму з ЕРС 4 В підключити провідник з опором 7 Ом, то сила струму в колі дорівнюватиме 0,5 А. Знайдіть силу струму короткого замикання.

Дано:

$\varepsilon = 4$ В

$R = 7$ Ом

$I = 0,5$ А

$I_{к.з} - ?$

Розв'язання

Закон Ома для повного кола:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad => \quad r = \frac{\varepsilon}{I} - R$$

$$I_{к.з} = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{\varepsilon}{\frac{\varepsilon}{I} - R} \qquad \left[I_{к.з}\right] = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}} - \text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А}$$

$$I_{к.з} = \frac{4}{\frac{4}{0,5} - 7} = 4\ (\text{А})$$

Відповідь: $I_{к.з} = 4$ А.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

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 ката. 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?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ Опрацювати § 4, Вправа № 4 (1, 2)

Додаткові задачі

1. Батарея акумуляторів має ЕРС 12 В. Сила струму в колі дорівнює 4 А, напруга на клемах батареї 11 В. Визначте внутрішній опір батареї акумуляторів.

Дано:

$\varepsilon = 12$ В

$I = 4$ А

$U = 11$ В

$r - ?$

Розв'язання

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

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

$$\frac{U}{I} = \frac{\varepsilon}{I} - r \quad => \quad r = \frac{\varepsilon - U}{I}$$

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

$$r = \frac{12-11}{4} = 0,25\ (\text{Ом})$$

Відповідь: $r = 0,25$ Ом.

2. У колі, що складається із джерела струму з ЕРС 6 В і внутрішнім опором 2 Ом та резистором з опором R, сила струму дорівнює 1 А. Якою стане сила струму в колі, якщо зовнішній опір кола збільшиться в два рази?

Дано:

$\varepsilon = 6$ В

$r = 2$ Ом

$I_1 = 1$ А

$R_2 = 2R_1$

$I_2 - ?$

Розв'язання

Закон Ома для повного кола:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1+r} \quad => \quad R_1 = \frac{\varepsilon}{I_1} - r$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2+r} = \frac{\varepsilon}{2R_1+r} = \frac{\varepsilon}{2\left(\frac{\varepsilon}{I_1}-r\right)+r} = \frac{\varepsilon I_1}{2\varepsilon - I_1 r}$$

$$\left[I_2\right] = \frac{\text{В}\cdot\text{А}}{\text{В}-\text{А}\cdot\text{Ом}} = \frac{\text{В}\cdot\text{А}}{\text{В}-\text{А}\cdot\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А}$$

$$I_2 = \frac{6\cdot 1}{2\cdot 6 - 1\cdot 2} = 0,6\ (\text{А})$$

Відповідь: $I_2 = 0,6$ А.

3. Визначте покази амперметра й вольтметра (див. рисунок), якщо $R_1 = 3$ Ом і $R_2 = 6$ Ом, ЕРС джерела струму 10 В, а його внутрішній опір 1 Ом.

Дано:

$R_1 = 3$ Ом

$R_2 = 6$ Ом

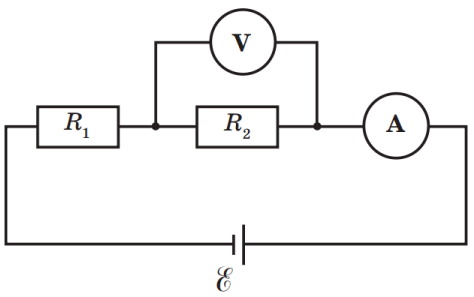
$\varepsilon = 10$ В

$r = 1$ Ом

$I - ?$

$U_2 - ?$

Розв'язання



Закон Ома для повного кола:

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

Резистори з'єднані послідовно:

$$R = R_1 + R_2$$

$$I = I_1 = I_2$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1+R_2+r} \qquad [I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}+\text{Ом}+\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{А}$$

$$I = \frac{10}{3+6+1} = 1\ (\text{А})$$

$$U_2 = IR_2 \qquad [U_2] = \text{А}\cdot\text{Ом} = \text{А}\cdot\frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{В}$$

$$U_2 = 1\cdot 6 = 6\ \text{В}$$

Відповідь: $I = 1$ А; $U_2 = 6$ В.

4. Ніхромовий провідник довжиною 50 см і діаметром 0,5 мм підключили до джерела струму з ЕРС 4,5 В і внутрішнім опором 3 Ом. Знайдіть напругу на кінцях провідника.

Дано:

$l = 50$ см $= 0,5$ м

$d = 0,5$ мм

$= 0,5\cdot 10^{-3}$ м

$\varepsilon = 4,5$ В

$r = 3$ Ом

$\rho = 1,1\cdot 10^{-6}$ Ом·м

$U - ?$

Розв'язання

$$U = IR$$

$$R = \rho\frac{l}{S} = \frac{4\rho l}{\pi d^2} \qquad I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{\varepsilon}{\frac{4\rho l}{\pi d^2}+r} = \frac{\varepsilon\pi d^2}{4\rho l+r\pi d^2}$$

$$U = \frac{\varepsilon\pi d^2}{4\rho l+r\pi d^2} \bullet \frac{4\rho l}{\pi d^2} = \frac{4\rho l\varepsilon}{4\rho l+r\pi d^2}$$

$$[U] = \frac{\text{Ом}\cdot\text{м}\cdot\text{м}\cdot\text{В}}{\text{Ом}\cdot\text{м}\cdot\text{м}+\text{Ом}\cdot\text{м}^2} = \text{В}$$

$$U = \frac{4\cdot 1,1\cdot 10^{-6}\cdot 0,5\cdot 4,5}{4\cdot 1,1\cdot 10^{-6}\cdot 0,5+3\cdot 3,14\cdot\left(0,5\cdot 10^{-3}\right)^2} \approx 2,17\ (\text{В})$$

Відповідь: $U \approx 2,17$ В.

5. Якщо до джерела струму підключити резистор з опором 8 Ом, то в колі виникне струм певної сили. Якщо замінити резистор на інший, з опором 17 Ом, то сила струму стане в два рази меншою, ніж у першому випадку. Визначте внутрішній опір джерела струму.

Дано:

$R_1 = 8$ Ом

$R_2 = 17$ Ом

$I_1 = 2I_2$

$r - ?$

Розв'язання

Закон Ома для повного кола:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1+r} \qquad I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2+r}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2+r}{R_1+r}$$

$$I_1\left(R_1+r\right) = I_2\left(R_2+r\right)$$

$$2I_2\left(R_1+r\right) = I_2\left(R_2+r\right)$$

$$2R_1 + 2r = R_2 + r$$

$$r = R_2 - 2R_1 \qquad [r] = \text{Ом} - \text{Ом} = \text{Ом}$$

$$r = 17 - 2 \cdot 8 = 1 \text{ (Ом)}$$

Відповідь: $r = 1$ Ом.