

Тема 20. Електричне коло. Електрорушійна сила.

Закони постійного струму

Для виникнення електричного струму необхідно створити на кінцях провідника різницю потенціалів і постійно підтримувати її. Ця умова буде виконана, якщо в електричному колі є джерело струму.

Джерело струму має два полюси: позитивний і негативний. При розімкненому зовнішньому колі на негативному полюсі джерела струму буде надлишок електронів, а на позитивному їх не вистачатиме. Зрозуміло, що таке розділення зарядів у межах джерела струму відбувається під дією сил, що мають некулонівську природу. Ці додаткові сили неелектричного походження, що діють у межах джерела струму, називаються **сторонніми**. Природа сторонніх сил може бути хімічною (гальванічні елементи, акумулятори), тепловою (термоелементи) тощо.

Характеризує сторонні сили фізична величина, що називається **електрорушійною силою (ЕРС)**. ЕРС (позначається літерою ε) дорівнює роботі сторонніх сил по переміщенню одиничного позитивного заряду в замкнутому електричному колі:

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор}}}{q}.$$

Одиниця вимірювання електрорушійної сили в СІ – 1 Вольт (В). Потрібно зазначити, що термін «електрорушійна сила» є досить невдалим, оскільки ЕРС характеризує джерело струму з енергетичного боку.

У разі замкненого електричного кола на будь-якій ділянці його зовнішньої частини є деяка різниця потенціалів $\varphi_2 - \varphi_1 = U$, її називають **напругою**, або **спадом напруги**, на цій ділянці кола.

Ділянка кола, що містить ЕРС, називається **неоднорідною** (рис. 1).

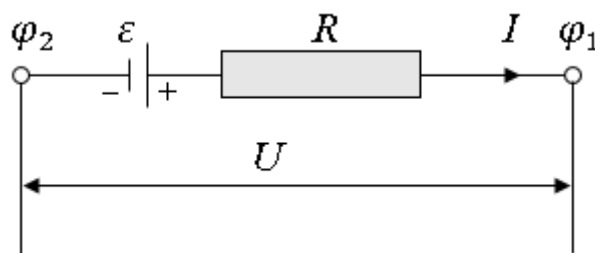


Рис. 1. Неоднорідна ділянка кола.

Закон Ома для неоднорідної ділянки кола:

$$U = (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon .$$

Якщо замкнене коло складається із джерела струму з ЕРС (ε) і внутрішнім опором r та зовнішньої частини з опором R (рис. 2), то силу струму в колі визначають за формулою:

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

Це співвідношення називають **законом Ома для повного кола**: сила струму в замкненому колі прямо пропорційна величині ЕРС (ε), що діє в цьому колі, й обернено пропорційна його повному опору.

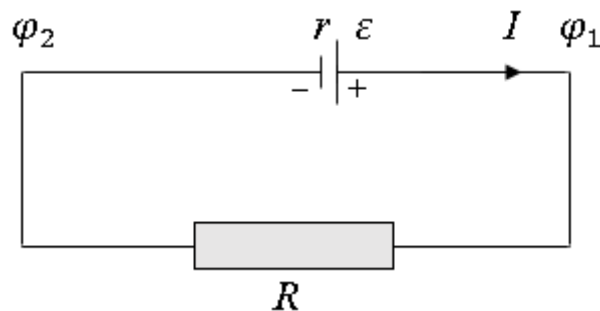


Рис. 2. Закон Ома для повного кола.

Підключення до полюсів джерела струму провідника з нехтовно малим опором називають **коротким замиканням**. В цьому випадку зовнішній опір $R \rightarrow 0$. Сила струму короткого замикання дорівнює:

$$I_{\text{кз}} = \frac{\varepsilon}{r} .$$

Приклад 1 (№ 603). Від джерела з ЕРС 12 В зарядили конденсатор до заряду

10^{-3} Кл. Яку роботу виконали сторонні сили джерела?

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор}}}{q} , A_{\text{стор}} = \varepsilon q = 12 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} .$$

Відповідь: 12 мДж.

Приклад 2. До акумулятора з ЕРС 6 В та внутрішнім опором 0,5 Ом під'єднали опір 5,5 Ом. Знайдіть напругу на клемі акумулятора.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{6}{5,5 + 0,5} = 1 \text{ А.}$$

$$U = I * R = 1 * 5,5 = 5,5 \text{ В.}$$

Відповідь: 5,5 В.

Приклад 3. ЕРС батареї акумуляторів дорівнює 6 В, а внутрішній опір 0,25 Ом. Знайдіть силу струму короткого замикання.

$$I_{\text{кз}} = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{6}{0,25} = 24 \text{ А.}$$

Відповідь: 24 А.

Приклад 4. При короткому замиканні кола:

А) сила струму через джерело зменшується;

Б) напруга на затискачах джерела збільшується;

В) ЕРС джерела струму збільшується;

Г) падіння напруги на внутрішньому опорі джерела збільшується.

Відповідь: Г.

Падіння напруги на внутрішньому опорі джерела збільшується. Під час короткого замикання опір зовнішнього кола наближається до нуля, напруга на клемі джерела струму також наближається до нуля, сила струму в колі збільшується, падіння напруги на внутрішньому опорі джерела струму наближається до ЕРС джерела.

Приклад 5. До джерела струму із внутрішнім опором 0,4 Ом та ЕРС 3,6 В підключено резистор опором 11,6 Ом. Визначте силу струму в колі.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{3,6}{11,6 + 0,4} = 0,3 \text{ А.}$$

Відповідь: 0,3 А.

Приклад 6. Обчисліть ЕРС джерела струму з внутрішнім опором 0,2 Ом, якщо в разі підключення до нього резистора опором 6,8 Ом сила струму в колі становить 2 А.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}, \quad \varepsilon = I(R + r) = 2(6,8 + 0,2) = 14 \text{ В.}$$

Відповідь: 14 В.

Приклад 7. До джерела струму спочатку підключили резистор опором 8 Ом, а потім послідовно з ним ще один такий самий. Під час підключення одного резистора сила струму через джерело становила 2 А, а після підключення другого резистора стала рівна 1,2 А. Обчисліть ЕРС джерела струму.

$$R_1 = 8 \text{ Ом}, R_2 = 16 \text{ Ом.}$$

$$\varepsilon = I(R + r) = 2(8 + r) = 1,2(16 + r),$$

$$16 + 2r = 19,2 + 1,2r, 0,8r = 3,2, r = 4 \text{ Ом.}$$

$$\varepsilon = 2(8 + 4) = 24 \text{ В.}$$

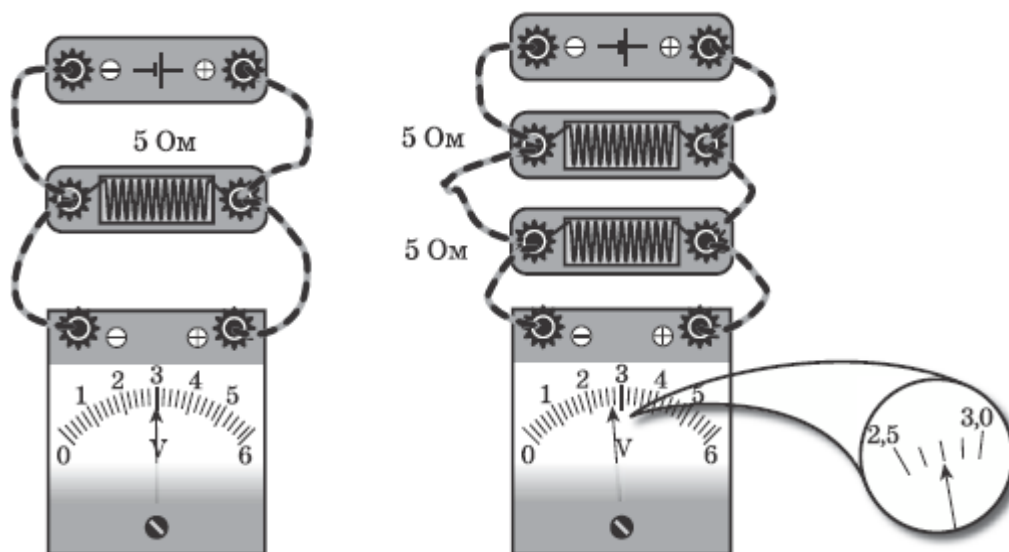
Відповідь: 24 В.

Приклад 8. Установіть відповідність між елементами електричного кола і їх властивостями або призначенням.

1 Джерело струму	А Ділянка кола, на якій здійснюється робота кулонівських сил із розділення електричних зарядів
2 Нагрівний елемент електричного чайника	Б Ділянка кола, яка може змінювати опір від найменшого до практично нескінченного
3 З'єднувальні провідники	В Ділянка кола, на якій здійснюється робота сторонніх сил з розділення електричних зарядів
4 Вимикач	Г Ділянка кола, яка має помітний опір
	Д Ділянка кола, яка має найменший опір

Відповідь: 1 – В, 2 – Г, 3 – Д, 4 – Б.

Приклад 9. Під час виконання лабораторної роботи учень за допомогою вольтметра двічі визначив напругу на зовнішній ділянці електричного кола (див. рисунок). Визначте за даними досліду ЕРС джерела струму.



$1/R_2 = 1/5 + 1/5 = 0,2 + 0,2 = 0,4$, $R_2 = 1/0,4 = 2,5$ Ом – паралельне з'єднання.

$U_1 = 3$ В, $U_2 = 2,75$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 2,5$ Ом.

$I_1 = U_1/R_1 = 3/5 = 0,6$ А, $I_2 = U_2/R_2 = 2,75/2,5 = 1,1$ А.

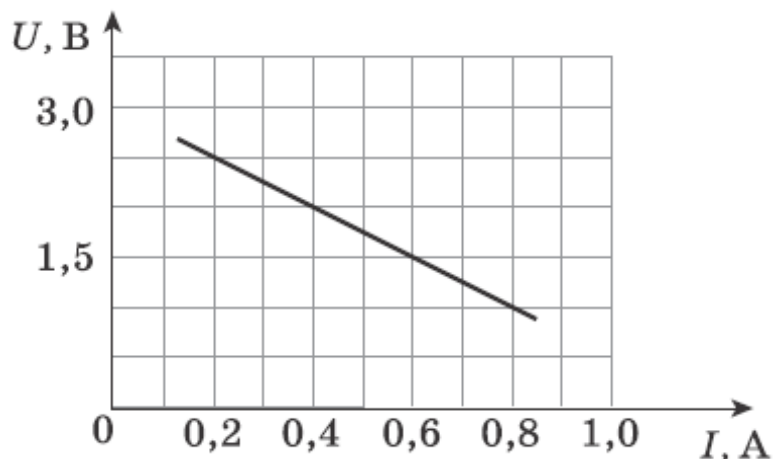
$\varepsilon = I_1(R_1 + r) = I_2(R_2 + r)$, $0,6(5+r) = 1,1(2,5+r)$,

$3 + 0,6r = 2,75 + 1,1r$, $0,5r = 0,25$, $r = 0,5$ Ом.

$\varepsilon = 0,6(5 + 0,5) = 3,3$ В.

Відповідь: 3,3 В.

Приклад 10. Під час виконання досліду учень отримав вольт-амперну характеристику джерела струму й побудував відповідний графік (див. рисунок). Визначте за графіком внутрішній опір джерела струму.



$$I_1 = 0,8 \text{ A}, U_1 = 1 \text{ В}, I_2 = 0,6 \text{ A}, U_2 = 1,5 \text{ В}.$$

$$R_1 = U_1/I_1 = 1/0,8 = 1,25 \text{ Ом}, R_2 = U_2/I_2 = 1,5/0,6 = 2,5 \text{ Ом}.$$

$$\varepsilon = I(R + r) = 0,8(1,25 + r) = 0,6(2,5 + r),$$

$$1 + 0,8r = 1,5 + 0,6r, 0,2r = 0,5, r = 2,5 \text{ Ом}.$$

Відповідь: 2,5 Ом.

Домашнє завдання: № 601, 602, 606-612.