

Тема №2: Електричне коло і його основні закони

Тема: Закон Ома. Електрорушійна сила (ЕРС) і напруга джерел електричної енергії

Мета: Ознайомитись з основними поняттями закону Ома для повного кола, співвідношенням ЕРС до напруги. Навчитись читати й креслити електричні схеми, складати за ними електричне коло.

Усередині джерела струму відбувається розподіл зарядів, у результаті чого на позитивному полюсі джерела накопичується позитивний заряд, а на негативному – негативний. Внаслідок цього між полюсами виникає різниця потенціалів, а в зовнішній частині кола – електростатичне поле, під дією якого в зовнішньому колі тече струм.

Поза джерелом струму вільні заряди рухаються під дією сил електростатичного поля, але усередині джерела вони рухаються проти сил цього поля.

Наприклад, у хімічному джерелі струму позитивні іони рухаються до позитивного полюса, незважаючи на те, що електростатичне поле «тягне» їх до негативного полюса.

Отже, для того щоб у джерелі струму відбувався розподіл зарядів, усередині джерела струму на вільні заряди повинні діяти сили неелектростатичного походження. їх називають **сторонніми силами**.

Наприклад, у хімічних елементах струму сторонні сили мають хімічну природу; у генераторах електростанцій сторонні сили — це зазвичай сили, що діють на вільні електрони провідника з боку вихрового електричного поля, породжуваного змінним магнітним полем.

На цьому уроці ви й дізнаєтеся про ці сили, основними поняттями закону Ома, навчитесь читати й креслити електричні схеми, складати за ними електричне коло.

I. Опрацювання теоретичного матеріалу

Електрорушійна сила

Сторонні сили своєю роботою замикають коло і забезпечують сталість струму. Кожне джерело струму характеризується роботою сторонніх сил з переміщення одиниці позитивного заряду, що діють у ньому, тобто певною електрорушійною силою (ЕРС).

Усередині джерела струму сторонні сили виконують роботу Астор, переміщаючи вільні заряди проти дії сил електростатичного поля. Ця робота пропорційна заряду, тому

Ø відношення роботи сторонніх сил з переміщення заряду усередині джерела до заряду є характеристикою джерела струму й називається електрорушійною силою джерела:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{стор}}}{q}.$$

У системі СІ $[\mathcal{E}] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}.$

Будь-яке джерело струму по суті є перетворювачем енергії: у ньому якийсь один вид енергії перетворюється в електричну. Із цього погляду сторонні сили й виконують роботу з розподілу зарядів (фізична величина, вимірювана роботою сторонніх сил з роз'єднання одиниці кількості електрики).

Закон Ома для повного кола

Під час переміщення заряду q усередині джерела струму сторонні сили виконують роботу $A_{\text{стор}} = q\mathcal{E}$, де $\mathcal{E}$ — ЕРС джерела. Під час протікання струму у зовнішньому колі в ньому виділяється кількість теплоти $Q_{\text{зовн}} = I^2 R t = q I R$, де R — опір зовнішнього кола. Джерело струму також має деякий опір, що позначають зазвичай r і називають внутрішнім опором джерела. Тому під час проходження струму усередині джерела в ньому виділяється кількість теплоти:

$$Q_{\text{внутр}} = I^2 r t = q I r.$$

Із закону збереження енергії випливає, що $A_{\text{стор}} = Q_{\text{зовн}} + Q_{\text{внутр}}$, звідки одержуємо $q\mathcal{E} = q I R + q I r$, або $\mathcal{E} = I R + I r$.

Суму опорів $R + r$ називають повним опором кола, і отримане співвідношення формулюють як закон Ома для повного кола:

Ø сила струму в замкнутому колі, що містить одне джерело, дорівнює відношенню ЕРС джерела до повного опору кола:

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

Якщо коло містить кілька послідовно увімкнених елементів з ЕРС $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3$ і т. ін., то повна ЕРС кола дорівнює алгебраїчній сумі ЕРС окремих елементів. Загальний опір кола дорівнює сумі всіх опорів: $R_{\text{заг}} = R + r_1 + r_2 + r_3$.

У разі паралельного з'єднання елементів з однаковою ЕРС електрорушійна сила батареї дорівнює ЕРС одного елемента.

4. Наслідки із закону Ома для повного кола

Як випливає із закону Ома для повного кола, сила струму $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ зростає відповідно до збільшення R . Найбільша сила струму відповідає випадку $R = 0$,

$$I_{\text{кз}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

тобто короткому замиканню. Під час короткого замикання сила струму цієї формули видно, що якщо внутрішній опір джерела дуже малий, струм короткого замикання буде дуже значним, що може вивести джерело з ладу.

Розімкнутому колу відповідає нескінченно великий зовнішній опір R . При цьому, як випливає з формули закону Ома для всього кола, сила струму $I = 0$.

Відповідно до закону Ома для ділянки кола, напруга між кінцями провідника $U = IR$. Із закону Ома для повного кола, записаного у вигляді $\mathcal{E} = IR + Ir$, одержуємо $U = \mathcal{E} - Ir$. Звідси випливає, що

Ø у разі збільшення сили струму напруга між полюсами джерела струму зменшується.

Найбільше значення напруги між полюсами джерела дорівнює $\mathcal{E}$ при $I = 0$ (розімкнуте джерело струму), тобто напруга між розімкнутими полюсами джерела дорівнює ЕРС цього джерела:

$$U = \mathcal{E}.$$

Найменша ж напруга між полюсами дорівнює нулю — йому відповідає коротке замикання, за якого сила струму $I_{\text{кз}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$ (струм короткого замикання).

III. Розв'язування задач

Реостат підключено до джерела струму. Під час зміни опору реостата від $R_1 = 4,0$ Ом до $R_2 = 9,5$ Ом сила струму в колі змінюється від $I_1 = 8,0$ А до $I_2 = 3,6$ А. Знайдіть ЕРС джерела струму і його внутрішній опір r .

Розв'язання

Із закону Ома для повного кола $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ випливає співвідношення $\mathcal{E} = I(R + r)$. Із цього співвідношення одержуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = I_1(R_1 + r) \\ \mathcal{E} = I_2(R_2 + r) \end{cases}$$

$$\text{Звідси: } r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}, \quad \mathcal{E} = \frac{I_2 R_2 (R_2 - R_1)}{I_1 - I_2}.$$

Підставивши числові значення, одержуємо $\mathcal{E} = 36 \text{ В}$, $r = 0,5 \text{ Ом}$.

III. Підсумок уроку

- Що ми дізналися на уроці:

Відношення роботи сторонніх сил з переміщення заряду усередині джерела до заряду є характеристикою джерела струму й називається електрорушійною силою

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{стор}}}{q}.$$

джерела:

· Закон Ома для повного кола: сила струму в замкнутому колі, що містить одне джерело, дорівнює відношенню ЕРС джерела до повного опору кола:

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

· Найбільша сила струму відповідає режиму короткого замикання:

$$I_{\text{кз}} = \frac{\mathcal{E}}{r}.$$

· Напруга на полюсах замкнутого джерела струму: $U = \mathcal{E} - Ir.$

IV. Домашнє завдання

1. Опрацювати теоретичний матеріал
2. Вивчити формули та позначення фізичних величин для закону Ома
3. Розв'язати задачу:

$$E = 1,1 \text{ В}$$

$$R = 2 \text{ Ом}$$

$$I = 0,5 \text{ А}$$

$$I_{\text{кз.}} - ?$$