

Електрорушійна сила. Робота над електричним зарядом на ділянці кола. Закон Ома для однорідної ділянки кола. Залежність опору від геометричних розмірів провідника. Закон Ома в диференціальній формі

Практичне заняття № 13



**Сумський
державний
університет**



Повторення теоретичних відомостей



Відскануйте QR-код
за допомогою смартфона

або
перейдіть за посиланням:
<https://vseosvita.ua/test/start/rvn739>

Короткі теоретичні відомості

Сила електричного струму визначається кількістю електрики, що проходить через поперечний переріз провідника за одиницю часу:

$$I = \frac{dq}{dt}, \text{ або для постійного струму: } I = \frac{q}{t}.$$

Густина струму \vec{j} – вектор, напрям якого збігається з напрямом напруженості електричного поля. В загальному вигляді:

$$j = \frac{dI}{dS} \text{ і для постійного струму: } j = \frac{I}{S}.$$

Опір провідника довжиною l і площиною перерізу S визначається як:

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

де ρ – питомий опір провідника при температурі $t^{\circ}\text{C}$:

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t),$$

де ρ_0 – питомий опір провідника при 0°C , α – температурний коефіцієнт опору, t – температура провідника в градусах шкали Цельсія.

Короткі теоретичні відомості

Залежність сили струму від напруги і опору провідника визначається законом Ома для ділянки кола:

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

Закон Ома в диференціальній формі:

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E} = \sigma \vec{E}$$

Закон Ома для повного кола:

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

де r – внутрішній опір джерела струму з е.р.с. = \mathcal{E} .

Задача 1. Сила струму в провіднику рівномірно змінюється з часом згідно з рівнянням $I = 4 + 2t$ (I – в амперах, t – в секундах). Визначити заряд q , що пройшов через провідник за час від $t_1 = 2$ с до $t_2 = 6$ с. За якого постійного струму I_0 через поперечний переріз провідника за той самий час пройде той самий заряд?

$$\begin{array}{l}
 q - ? \quad I_0 - ? \\
 \hline
 I = 4 + 2t \\
 t_1 = 2 \text{ с} \\
 t_2 = 6 \text{ с} \\
 \Delta t' = \Delta t \\
 q' = q
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 1) \quad I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = I dt \Rightarrow q = \int_{t_1}^{t_2} I dt \\
 q = \int_{t_1}^{t_2} (4 + 2t) dt = \int_{t_1}^{t_2} 4 dt + \int_{t_1}^{t_2} 2t dt = \\
 = 4t \Big|_{t_1}^{t_2} + \frac{2}{2} t^2 \Big|_{t_1}^{t_2} = 4(t_2 - t_1) + t_2^2 - t_1^2 \\
 q = 4(6 - 2) + 36 - 4 = 48 \text{ (Кл)}.
 \end{array}$$

$$2) \quad I_0 = \frac{q'}{\Delta t'} = \frac{q}{\Delta t};$$

$$I_0 = \frac{48}{4} = 12 \text{ (А)}.$$

Задача 2. Визначити величину заряду, який пройшов по мідному провіднику довжиною $l=20\text{м}$ і площею поперечного перерізу $S=0,17\text{м}^2$ при температурі 20°C , якщо напруга на його кінцях змінилася протягом 20 секунд від $U_0=2\text{В}$ до $U=4\text{В}$.

$q = ?$	$I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = I dt \Rightarrow q = \int_0^t I dt$
$l = 20\text{м}$	$I = \frac{U}{R} \Rightarrow q = \int_0^t \frac{U}{R} dt$
$S = 0,17\text{м}^2$	$U = U_0 + ct \Rightarrow q = \int_0^t \frac{U_0 + ct}{R} dt = \int_0^t \left(\frac{U_0}{R} + \frac{ct}{R} \right) dt$
$t^\circ = 20^\circ\text{C}$	$q = \int_0^t \frac{U_0}{R} dt + \int_0^t \frac{ct}{R} dt = \frac{U_0}{R} \cdot t \Big _0^t + \frac{c}{R} \cdot \frac{t^2}{2} \Big _0^t =$
$t = 20\text{с}$	$= \frac{U_0 t}{R} + \frac{ct^2}{2R} = \frac{t}{R} \left(U_0 + \frac{ct}{2} \right) = \frac{t}{2R} (2U_0 + ct)$
$U_0 = 2\text{В}$	$c = \frac{U - U_0}{t} \Rightarrow q = \frac{tS}{2\rho l} \left(2U_0 + \frac{U - U_0}{t} \cdot t \right) = \frac{tS}{2\rho l} (U_0 + U)$
$U = 4\text{В}$	$R = \rho \frac{l}{S}$
$\rho(\text{Cu})$	$q = 30\text{Кл}$

Задача 3. Визначити ЕРС і внутрішній опір акумулятора, якщо він дає в зовнішнє коло корисну потужність 9,5 Вт при силі струму 5 А, а при силі струму 8 А - 14,4 Вт.

$$\mathcal{E} - ?, r - ?$$

$$I_1 = 5 \text{ A}$$

$$P_1 = 9,5 \text{ Вт}$$

$$I_2 = 8 \text{ A}$$

$$P_2 = 14,4 \text{ Вт}$$

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}$$

$$P = IU = \underbrace{I^2 R}_R = \frac{U^2}{R}$$

$$R_1 = \frac{P_1}{I_1^2}$$

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{P_1}{I_1^2} + r} = \frac{\mathcal{E} \cdot I_1^2}{P_1 + I_1^2 r}$$

$$\mathcal{E} = \frac{I_1 (P_1 + I_1^2 r)}{I_1^2} = \frac{P_1 + I_1^2 r}{I_1}$$

$$\frac{P_1 + I_1^2 r}{I_1} = \frac{P_2 + I_2^2 r}{I_2} \Rightarrow$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}$$

$$R_2 = \frac{P_2}{I_2^2}$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{P_2}{I_2^2} + r} = \frac{\mathcal{E} I_2^2}{P_2 + I_2^2 r}$$

$$\mathcal{E} = \frac{P_2 + I_2^2 r}{I_2}$$

$$I_2 P_1 + \frac{I_1^2 I_2 r}{I_1} = I_1 P_2 + \frac{I_1 I_2^2 r}{I_2}$$

$$r = \frac{I_1 P_2 + I_2 P_1}{-I_1^2 I_2 + I_1 I_2^2} = \frac{I_1 P_2 + I_2 P_1}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)}$$

Задача 3. Визначити ЕРС і внутрішній опір акумулятора, якщо він дає в зовнішнє коло корисну потужність 9,5 Вт при силі струму 5 А, а при силі струму 8 А - 14,4 Вт.

$$\mathcal{E} = \frac{P_1 + I_1^2 r}{I_1} ; \quad r = \frac{I_1 P_2 + I_2 P_1}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)}$$

$$\mathcal{E} I_1 = P_1 + I_1^2 r = \frac{I_1 P_2 + I_2 P_1}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)} ; \quad \mathcal{E} I_1 - P_1 = \frac{I_1^2 P_2 + I_1 I_2 P_1}{I_2 (I_2 - I_1)}$$

$$\mathcal{E} = \frac{\frac{I_1^2 P_2 + I_1 I_2 P_1}{I_2 (I_2 - I_1)} + P_1}{I_1} = \frac{I_1^2 P_2 + I_1 I_2 P_1 + I_2 P_1 (I_2 - I_1)}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)} =$$

$$= \frac{I_1^2 P_2 + \cancel{I_1 I_2 P_1} + I_2^2 P_1 - \cancel{I_1 I_2 P_1}}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)}$$

$$\mathcal{E} = \frac{I_1^2 P_2 + I_2^2 P_1}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)}$$

$$r = 0,03 \text{ (Ом)}, \quad \mathcal{E} = 2,1 \text{ (В)}.$$

Задача для самостійного розв'язання

12.5 При зовнішньому опорі $R_1 = 8 \text{ Ом}$ сила струму в електричному колі $I_1 = 0,8 \text{ А}$, при опорі $R_2 = 15 \text{ Ом}$ сила струму $I_2 = 0,5 \text{ А}$. Визначити силу струму $I_{\text{КЗ}}$ короткого замикання джерела ЕРС.