

Потужність струму. Закон Джоуля- Ленца в інтегральній і диференціальній формі

Практичне заняття № 15



Відскануйте QR-код
за допомогою
смартфона:



або
перейдіть за посиланням:
<https://vseosvita.ua/test/start/frh023>

Короткі теоретичні відомості

Закон Джоуля-Ленца:

Кількість теплоти, яка виділяється постійним струмом у провіднику, прямо пропорційна квадрату сили струму, опору провідника і часу проходження струму.

$$dq = I^2 R dt ,$$

Короткі теоретичні відомості

12.13 Закон Джоуля-Ленца у диференціальній формі

$$\omega = \sigma E^2 ,$$

де ω – об'ємна густина теплової потужності.

$$\omega = \frac{dQ}{dt \cdot dV} ,$$

де dQ - кількість теплоти, що виділяється в об'ємі dV за час dt .

Скільки електронів проходить за 1 с через поперечний переріз мідного дроту довжиною $l = 2\text{ м}$ і площею поперечного перерізу $S = 0,4\text{ мм}^2$, якщо при цьому на R_a розсіюється потужність $P = 0,35\text{ Вт}$.

$n - ?$

$$t = 1\text{ с}$$

$$l = 2\text{ м}$$

$$S = 0,4\text{ мм}^2 = 4 \cdot 10^{-7}\text{ м}^2$$

$$P = 0,35\text{ Вт}$$

$$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ Кл}$$

$$\rho(\text{Cu}) = \dots$$

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

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$V = S \cdot l; \quad P = \frac{Q}{t}$$

Розв'язання

$$q = ne; \quad I = \frac{q}{t} \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{It}{e}$$

$$I = jS; \quad j = \sigma E \Rightarrow I = \sigma ES \Rightarrow n = \frac{\sigma ESt}{e}$$

$$W = jE = \sigma E^2 = \frac{Q}{Vt} \Rightarrow E = \sqrt{\frac{Q}{Vt\sigma}} = \sqrt{\frac{\rho Q}{Vt}}$$

$$n = \frac{St}{\rho e} \cdot \sqrt{\frac{\rho Q}{Vt}} = \frac{t}{e} \sqrt{\frac{S^2 \cdot \rho Q}{\rho^2 S l t}} = \frac{t}{e} \sqrt{\frac{SQ}{lpt}}$$

$$n = \frac{t}{e} \sqrt{\frac{SP}{lp}}$$

$$B.: 1,27 \cdot 10^{19}$$

Сила струму в провіднику опором $R = 10$ Ом протягом $t = 2$ с зростає по лінійному закону від $I_0 = 0$ до $I_{\max} = 6$ А. Визначити кількість теплоти, що виділяється протягом першої і протягом другої секунд, а також співвідношення цих фізичних величин.

Розв'язання

$$\begin{array}{l} Q_1 = ? \quad Q_2 = ? \\ R = 10 \text{ Ом} \\ t_2 = 2 \text{ с} \\ t_1 = 1 \text{ с} \\ I_0 = 0 \\ I_{\max} = 6 \text{ А} \end{array}$$

$$Q = I^2 R t$$

$$dQ = I^2 R dt$$

$$I = kt \Rightarrow k = \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$dQ = k^2 R t^2 dt$$

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} k^2 R t^2 dt = k^2 R \int_{t_1}^{t_2} t^2 dt$$

$$I_1 = \frac{I_0 + I_{\max}}{2} = 3 \text{ (А)}$$

$$Q_1 = k^2 R \int_0^{t_1} t^2 dt = \frac{k^2 R}{3} \cdot t^3 \Big|_0^{t_1} = \frac{k^2 R}{3} t_1^3 = \frac{I_1^2 R t_1}{3} = \frac{I_1^2 R}{3} ; Q_1 = \frac{3^2 \cdot 10}{1} = 90 \text{ (Дж)}$$

$$Q_2 = k^2 R \int_{t_1}^{t_2} t^2 dt = \frac{k^2 R}{3} t^3 \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{k^2 R}{3} (t_2^3 - t_1^3) = \frac{I_{\max}^2 R}{3} (t_2^3 - t_1^3)$$

$$Q_2 = \frac{36 \cdot 10}{3} (2^3 - 1) = 360 \cdot 7 = 2520 \text{ (Дж)}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{2520}{90} = 28$$

Задача 3. Обмотка електричного кип'ятильника має дві секції. Якщо увімкнена тільки перша, то вода закипає через 8 хвилин, якщо тільки друга – через 30 хв. Через скільки хвилин закипить вода, якщо обидві секції увімкнуті а) послідовно; б) паралельно? Вважати, що все тепло йде тільки на нагрівання води.

Розв'язання

$$\begin{array}{l}
 \tau_3 = ? \quad \tau_4 = ? \\
 \hline
 \tau_1 = 8 \text{ хв.} \\
 \tau_2 = 30 \text{ хв.}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 U_1 = U_2 = U \\
 Q_1 = Q_2 = Q \\
 1) \quad Q = \frac{U^2}{R_1} \cdot \tau_1 \Rightarrow R_1 Q = U^2 \tau_1 \Rightarrow R_1 = \frac{U^2 \tau_1}{Q} \\
 2) \quad Q = \frac{U^2}{R_2} \cdot \tau_2 \Rightarrow R_2 = \frac{U^2 \tau_2}{Q}
 \end{array}$$

$$\text{а) } R_3 = R_1 + R_2 = \frac{U^2}{Q} (\tau_1 + \tau_2) \Rightarrow \tau_3 = \tau_1 + \tau_2 ; \quad \tau_3 = 38 \text{ (хв.)}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

$$\text{б) } R_4 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{U^2}{Q} \cdot \frac{\tau_1 \cdot \tau_2}{\tau_1 + \tau_2} \Rightarrow \tau_3 = \frac{\tau_1 \cdot \tau_2}{\tau_1 + \tau_2} = \frac{30 \cdot 8}{30 + 8} = \frac{240}{38} \approx 6,3 \text{ (хв.)}$$

Задача для самоїтнього розв'язання

- Нагрівник виготовлено з ніхромової дротини довжиною $l=8$ м та діаметром $d=0,25$ мм. Визначити потужність нагрівника під час вмикання його в коло постійного струму з напругою $U=220$ В.