

## Урок 5. Робота і потужність електричного струму. Закон Джоуля – Ленца

### Хід уроку

#### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

##### 1. Робота електричного струму

Розглянемо ділянку кола, на яку подано напругу  $U$  і в якій тече постійний електричний струм силою  $I$ .

$$U = \frac{A}{q} \Rightarrow A = Uq \qquad I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It \qquad A = UIt$$

Одиниця роботи струму в СІ – джоуль:

$$[A] = 1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}$$

##### 2. Потужність електричного струму

Потужність струму  $P$  – фізична величина, яка чисельно дорівнює роботі струму за одиницю часу.

$$P = \frac{A}{t}$$

$P$  – потужність електричного струму;  $A$  – робота струму за час  $t$ .

Одиниця потужності в СІ – ват:

$$[P] = 1 \text{ Вт} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

$$P = \frac{UIt}{t} = UI \qquad 1 \text{ Вт} = 1 \text{ В} \cdot \text{А}$$

$U$  – напруга на ділянці кола, на якій визначають потужність струму;

$I$  – сила струму в ділянці.

За будь-якого з'єднання споживачів загальна потужність струму в усьому колі дорівнює сумі потужностей окремих споживачів.

Вимірюючи потужність струму в споживачі, ми визначаємо його *фактичну потужність*. Потужність, яку зазначено в паспорті електропристрою (або на пристрої), називають *номінальною потужністю*.

*Ватметр* – прилад, призначений для вимірювання потужності електричного струму в колі.

*Електролічильник* – це прилад для прямого вимірювання роботи струму.

Поряд із цифровим табло електролічильника написано: кВт · год.

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot 3600 \text{ с} = 3600000 \text{ Дж} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

##### 3. Закон Джоуля – Ленца

Будь-який провідник під час проходження струму нагрівається. Це відбувається тому, що вільні заряджені частинки в провіднику розганяються електричним полем і, зіштовхуючись з іншими частинками, передають їм частину своєї кінетичної енергії. Унаслідок цього внутрішня енергія провідника збільшується – провідник нагрівається.

#### Закон Джоуля – Ленца

Кількість теплоти  $Q$ , яка виділяється в провіднику зі струмом, прямо пропорційна квадрату сили струму  $I$ , опору провідника  $R$  та часу  $t$  проходження струму:

$$Q = I^2 R t$$

$Q$  – кількість теплоти, яка виділяється провідником зі струмом;  $I$  – сила струму у провіднику;  $R$  – опір провідника;  $t$  – час проходження струму.

Інші формули випливають із Закон Джоуля – Ленца:

$$Q = UIt; \qquad Q = \frac{U^2}{R} t$$

**Можна користуватися** тільки в тому випадку, коли вся електрична енергія витрачається на нагрівання.

Якщо ж на ділянці кола є споживачі енергії, в яких виконується механічна робота або відбуваються хімічні реакції, даними формулами **користуватися не можна**.

#### 4. Електронагрівальні пристрої

Теплова дія струму використовується в різних електронагрівальних пристроях (праски, плити, чайники, електричні каміни, рефлектори, лампи накаливання). Основною частиною будь-якого електронагрівника є *нагрівальний елемент*.

#### ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАТЬ І ВМІНЬ

1. Яку роботу виконало електричне поле, якщо через поперечний переріз провідника пройшов заряд 3 Кл, а напруга на провіднику склала 2 В?

**Дано:**

$$q = 3 \text{ Кл}$$

$$U = 2 \text{ В}$$

$$A = ?$$

**Розв'язання**

$$U = \frac{A}{q} \Rightarrow A = Uq$$

$$[A] = \text{В} \cdot \text{Кл} = \text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} = \text{Дж} \quad A = 2 \cdot 3 = 6 \text{ (Дж)}$$

**Відповідь:**  $A = 6 \text{ Дж}$ .

2. Під напругою 24 В електродвигун насоса працював 10 хв, електричний струм виконав роботу 115,2 кДж. Знайдіть силу струму в обмотці електродвигуна.

**Дано:**

$$U = 24 \text{ В}$$

$$t = 10 \text{ хв} = 600 \text{ с}$$

$$A = 115,2 \text{ кДж}$$

$$= 115,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

$$I = ?$$

**Розв'язання**

$$A = UIt \Rightarrow I = \frac{A}{Ut}$$

$$[I] = \frac{\text{Дж}}{\text{В} \cdot \text{с}} = \frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{В} \cdot \text{с}} = \text{А} \quad I = \frac{115,2 \cdot 10^3}{24 \cdot 600} = 8 \text{ (А)}$$

**Відповідь:**  $I = 8 \text{ А}$ .

3. За 10 с через поперечний переріз провідника пройшов заряд 20 Кл. Знайдіть потужність струму, якщо напруга на кінцях провідника становила 12 В.

**Дано:**

$$t = 10 \text{ с}$$

$$q = 20 \text{ Кл}$$

$$U = 12 \text{ В}$$

$$P = ?$$

**Розв'язання**

$$P = UI \quad I = \frac{q}{t} \Rightarrow P = \frac{Uq}{t}$$

$$[P] = \frac{\text{В} \cdot \text{Кл}}{\text{с}} = \frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{с}} = \text{В} \cdot \text{А} = \text{Вт}$$

$$P = \frac{12 \cdot 20}{10} = 24 \text{ (Вт)}$$

**Відповідь:**  $P = 24 \text{ Вт}$ .

4. Спіраль електричної плитки вкоротили в два рази. Як змінилася потужність плитки?

**Дано:**

$$l_1 = 2l_2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = ?$$

**Розв'язання**

$$P = UI \quad I = \frac{U}{R} \Rightarrow P = \frac{U^2}{R} \quad R = \rho \frac{l}{S}$$

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{U^2 S}{\rho l_1} \quad P_2 = \frac{U^2}{R_2} = \frac{U^2 S}{\rho l_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{U^2 S}{\rho l_1}}{\frac{U^2 S}{\rho l_2}} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{l_2}{2l_2} = \frac{1}{2}$$

**Відповідь:**  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2}$ ; потужність збільшилася в 2 рази.

#### ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

1. За якою формулою обчислюють роботу струму? У яких одиницях її подають?

2. Доведіть, що  $1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ .

3. Сформулюйте закон Джоуля – Ленца. Чому він має таку назву?

4. Які формули для розрахунку кількості теплоти, що виділяється в провіднику під час проходження струму, ви знаєте? Чи завжди можна ними користуватися?

5. Дайте характеристику потужності струму як фізичної величини.

### **ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ**

Опрацювати § 3, Вправа № 3 (1, 2)

### Додаткові задачі

1. Знайдіть напругу на кінцях провідника, якщо при проходженні через його поперечний переріз заряду в 5 Кл електричне поле виконало роботу 12,5 Дж.

**Дано:**

$$q = 5 \text{ Кл}$$

$$A = 12,5 \text{ Дж}$$

$$U = ?$$

**Розв'язання**

$$U = \frac{A}{q} \quad [U] = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \text{В}$$

$$U = \frac{12,5}{2} = 2,5 \text{ (В)}$$

**Відповідь:**  $U = 2,5 \text{ В}$ .

2. Який заряд пройшов через поперечний переріз провідника, якщо за напруги на кінцях провідника 20 В електричне поле виконало роботу 6 кДж?

**Дано:**

$$U = 20 \text{ В}$$

$$A = 6 \text{ кДж}$$

$$= 6 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

$$q = ?$$

**Розв'язання**

$$U = \frac{A}{q} \Rightarrow q = \frac{A}{U}$$

$$[q] = \frac{\text{Дж}}{\text{В}} = \frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{В}} = \text{А} \cdot \text{с} = \text{Кл}$$

$$q = \frac{6 \cdot 10^3}{20} = 300 \text{ (Кл)}$$

**Відповідь:**  $q = 300 \text{ Кл}$ .

3. Яку роботу виконує електродвигун, який працює за напруги 220 В, за 5 хв, якщо сила струму в ньому дорівнює 3 А?

**Дано:**

$$U = 220 \text{ В}$$

$$t = 5 \text{ хв} = 300 \text{ с}$$

$$I = 3 \text{ А}$$

$$A = ?$$

**Розв'язання**

$$A = UIt \quad [A] = \text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} = \text{Дж}$$

$$A = 220 \cdot 3 \cdot 300 = 198 \cdot 10^3 \text{ (Дж)}$$

**Відповідь:**  $A = 198 \text{ кДж}$ .

4. Електродвигун, опір обмотки якого 0,5 Ом, працює при силі струму 50 А. Визначте енергію, марно витрачену за 3 год його роботи.

**Дано:**

$$R = 0,5 \text{ Ом}$$

$$I = 50 \text{ А}$$

$$t = 3 \text{ год}$$

$$= 10,8 \cdot 10^3 \text{ с}$$

$$A = ?$$

**Розв'язання**

$$A = UIt \quad U = IR \Rightarrow A = I^2 Rt$$

$$[A] = \text{А}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с} = \text{А}^2 \cdot \frac{\text{В}}{\text{А}} \cdot \text{с} = \text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} = \text{Дж}$$

$$A = 50^2 \cdot 0,5 \cdot 10,8 \cdot 10^3 = 13,5 \cdot 10^6 \text{ (Дж)}$$

**Відповідь:**  $A = 13,5 \text{ МДж}$ .

5. Знайдіть потужність електродвигуна верстата, якщо за напруги 220 В у ньому тече струм силою 5 А.

**Дано:**

$$U = 220 \text{ В}$$

$$I = 5 \text{ А}$$

$$P = ?$$

**Розв'язання**

$$P = UI \quad [P] = \text{В} \cdot \text{А} = \text{Вт}$$

$$P = 220 \cdot 5 = 1100 \text{ (Вт)}$$

**Відповідь:**  $P = 1,1 \text{ кВт}$ .

6. Спираль електричної праски потужністю 300 Вт укоротили на одну чверть. Якою стала потужність праски?

**Дано:**

$$P_1 = 300 \text{ Вт}$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{4}{3}$$

$$P_2 = ?$$

**Розв'язання**

$$P = UI \quad I = \frac{U}{R} \Rightarrow P = \frac{U^2}{R} \quad R = \rho \frac{l}{S}$$

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{U^2 S}{\rho l_1} \quad P_2 = \frac{U^2}{R_2} = \frac{U^2 S}{\rho l_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{U^2 S}{\rho l_1}}{\frac{U^2 S}{\rho l_2}} = \frac{l_2}{l_1} \Rightarrow P_2 = P_1 \cdot \frac{l_1}{l_2} = \frac{4}{3} P_1$$

$$[P_2] = \text{Вт} \quad P_2 = \frac{4}{3} \cdot 300 = 400 \text{ (Вт)}$$

**Відповідь:**  $P_2 = 400 \text{ Вт}$ .

7. На лампі зазначено «120 В, 30 Вт». Який опір і як слід підключити до лампи, щоб за напруги в мережі 160 В вона працювала в номінальному режимі?

**Дано:**

$$U_1 = 120 \text{ В}$$

$$P_1 = 30 \text{ Вт}$$

$$U_2 = 160 \text{ В}$$

$$R' = ?$$

**Розв'язання**

Щоб лампа працювала в номінальному режимі необхідно послідовно підключити додатковий опір  $R'$ , щоб збільшити загальний опір  $R_2$ .

$$I_1 = I_2 = I' \quad I_1 = \frac{P_1}{U_1}$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_1}{\frac{P_1}{U_1}} = \frac{U_1^2}{P_1} \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_2}{\frac{P_1}{U_1}} = \frac{U_2 U_1}{P_1}$$

$$R' = R_2 - R_1 = \frac{U_2 U_1}{P_1} - \frac{U_1^2}{P_1} = \frac{U_1}{P_1} (U_2 - U_1)$$

$$[R'] = \frac{\text{В}}{\text{Вт}} \cdot (\text{В} - \text{В}) = \frac{\text{В} \cdot \text{В}}{\text{В} \cdot \text{А}} = \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{Ом}$$

$$R' = \frac{120}{30} \cdot (160 - 120) = 160 \text{ (Ом)}$$

**Відповідь:**  $R' = 160 \text{ Ом}$ .