

Урок 05 Робота і потужність електричного струму. Закон Джоуля – Ленца

Мета уроку:

Навчальна: Поглибити та закріпити знання учнів про роботу, потужність електричного струму, закон Джоуля – Ленца; з'ясувати характер залежності між енергією, що виділяється на певній ділянці кола, силою струму й опором цієї ділянки; формувати навички розв'язувати задачі.

Розвивальна. Розвивати вміння узагальнювати і систематизувати знання; розвивати необхідність постійного самовдосконалення і самоосвіти.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Дія всіх відомих вам електричних приладів відбувається за рахунок електричної енергії. В результаті цього одержуємо світло, теплоту, звук, механічний рух, тобто різні види енергії.

Все це приклади роботи електричного струму. У всіх цих випадках електрична енергія перетворюється в інший вид енергії (світлову, теплову, магнітну, хімічну).

Яку роботу виконує електричний струм, проходячи по тій або іншій ділянці кола?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Робота електричного струму

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

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

Одиниця роботи струму в СІ – **джоуль**:

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

2. Потужність електричного струму

Проблемне питання

• На побутових приладах є написи: на електричній лампі «230 В; 12 Вт; на електропрасці «потужність електричної праски 2200 Вт». Що ці написи означають?

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**:

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

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

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*.

Проблемне питання

• Чи існують прилади для вимірювання потужності та роботи електричного струму?

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.

Теплову дію струму вивчали англійський фізик Джеймс Прескотт Джоуль (1818–1889) і російський фізик Емілій Християнович Ленц (Генріх Ленц) (1804–1865). Незалежно один від одного вони дійшли однакового висновку.

Закон Джоуля – Ленца

Кількість теплоти Q , яка виділяється в провіднику зі струмом, прямо пропорційна квадрату сили струм 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:

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

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

Проблемне питання

- Яке практичне значення має закон Джоуля – Ленца?

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

Проаналізувавши закон Джоуля – Ленца, доходимо висновку: якщо в різних ділянках кола сила струму однакова, то в ділянці, що має більший опір, виділяється більша кількість теплоти. Отже, збільшивши опір певної ділянки кола, можна досягти того, що майже вся теплота буде виділятися саме тут. Так працюють електронагрівальні пристрої, нагрівальний елемент яких має невелику площу поперечного перерізу і виготовлений із матеріалу з великим питомим опором (ніхром, константан). А от підвідні проводи, навпаки, мають порівняно велику площу поперечного перерізу й виготовлені із матеріалу з малим питомим опором (мідь, алюміній, сталь). Унаслідок цього опір підвідних проводів набагато менший, ніж опір нагрівального елемента, і тому вони майже не нагріваються.

IV. 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

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

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

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

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

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

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

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

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

5. Дві електричні лампи з опорами 160 Ом і 240 Ом увімкнені паралельно в мережу з напругою 120 В. Визначте потужність кожної лампи.

Дано:

$$R_1 = 160 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 240 \text{ Ом}$$

$$U = 120 \text{ В}$$

$$P_1 = ?$$

$$P_2 = ?$$

Розв'язання

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

$$U = U_1 = U_2$$

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} \quad P_2 = \frac{U^2}{R_2} \quad [P] = \frac{\text{В}^2}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}^2}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{В} \cdot \text{А} = \text{Вт}$$

$$P_1 = \frac{120^2}{160} = 90 \text{ (Вт)} \quad P_2 = \frac{120^2}{240} = 60 \text{ (Вт)}$$

Відповідь: $P_1 = 90 \text{ Вт}$; $P_2 = 60 \text{ Вт}$.

6. Дві електричні лампи з опорами 160 Ом і 240 Ом ввімкнені послідовно в мережу напругою 120 В. Яка потужність кожної лампи?

Дано:

Розв'язання

$$P = UI \quad U = IR \quad \Rightarrow \quad P = I^2 R$$

$$R_1 = 160 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 240 \text{ Ом}$$

$$U = 120 \text{ В}$$

$$P_1 = ?$$

$$P_2 = ?$$

$$I = I_1 = I_2 \quad P_1 = I^2 R_1 \quad P_2 = I^2 R_2$$

$$I = \frac{U}{R} \quad R = R_1 + R_2 \quad I = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

$$P_1 = \frac{U^2 R_1}{(R_1 + R_2)^2} \quad P_2 = \frac{U^2 R_2}{(R_1 + R_2)^2}$$

$$[P] = \frac{\text{В}^2 \cdot \text{Ом}}{(\text{Ом} + \text{Ом})^2} = \frac{\text{В}^2}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}^2}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{В} \cdot \text{А} = \text{Вт}$$

$$P_1 = \frac{120^2 \cdot 160}{(160 + 240)^2} = 14,4 \text{ (Вт)}$$

$$P_2 = \frac{120^2 \cdot 240}{(160 + 240)^2} = 21,6 \text{ (Вт)}$$

Відповідь: $P_1 = 14,4 \text{ Вт}$; $P_2 = 21,6 \text{ Вт}$.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

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.

VI. 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

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

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

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:

$$R = 0,5 \text{ Ом}$$

$$I = 50 \text{ А}$$

$$t = 3 \text{ год}$$

$$= 10,8 \cdot 10^3 \text{ с}$$

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: $A = 13,5 \text{ МДж}$.

$A = ?$	
---------	--

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

Дано: $U = 220 \text{ В}$ $I = 5 \text{ А}$	Розв'язання $P = UI \quad [P] = \text{В} \cdot \text{А} = \text{Вт}$ $P = 220 \cdot 5 = 1100 \text{ (Вт)}$
$R = ?$	Відповідь: $P = 1,1 \text{ кВт}$.

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

Дано: $P_1 = 300 \text{ Вт}$ $\frac{l_1}{l_2} = \frac{4}{3}$	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: $P_2 = 400 \text{ Вт}$.
$P_2 = ?$	

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: $U_1 = 120 \text{ В}$ $P_1 = 30 \text{ Вт}$ $U_2 = 160 \text{ В}$	Розв'язання Щоб лампа працювала в номінальному режимі необхідно послідовно підключити додатковий опір R' , щоб збільшити загальний опір R_2 . $I_1 = I_2 = I' \quad I_1 = \frac{P_1}{U_1}$ $R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_1}{\frac{P_1}{U_1}} = \frac{U_1^2}{P_1} \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_2}{\frac{P_1}{U_1}} = \frac{U_2 U_1}{P_1}$ $R' = R_2 - R_1 = \frac{U_2 U_1}{P_1} - \frac{U_1^2}{P_1} = \frac{U_1}{P_1} (U_2 - U_1)$ $[R'] = \frac{\text{В}}{\text{Вт}} \cdot (\text{В} - \text{В}) = \frac{\text{В} \cdot \text{В}}{\text{В} \cdot \text{А}} = \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{Ом}$
$R' = ?$	

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

Відповідь: $R' = 160 \text{ Ом}$.