

Урок 28 Розв'язування задач

Мета уроку:

Навчальна. Закріпити знання за темою «Самоіндукція. Індуктивність. Енергія магнітного поля», продовжити формувати навички та вміння розв'язувати фізичні задачі, застосовуючи отримані знання.

Розвивальна. Розвивати уміння правильно розподіляти час; самостійність у навчанні; вміння самостійно застосовувати правила, закони.

Виховна. Виховання дисципліни, чесності, відповідальності.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

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

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

1. Провести бесіду за матеріалом § 14

Бесіда за питаннями

1. Опишіть дослід, який демонструє, що після замкнення кола, яке містить котушку індуктивності, струм у колі зростає поступово. Чим зумовлене це явище?
2. Дайте означення самоіндукції.
3. Сформулюйте закон самоіндукції.
4. Дайте означення індуктивності. Назвіть її одиницю в СІ.
5. Доведіть, що магнітне поле має енергію. За якою формулою її обчислюють?
6. Проведіть аналогію між масою та індуктивністю.

2. Перевірити виконання вправи № 14: завдання 1, 2.

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

III. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. Обмотка котушки індуктивності має 1000 витків проводу. Внаслідок лінійної зміни струму в котушці від 4 А до 12 А за 1 с створений ним магнітний потік змінився на 2 мВб. Визначте ЕРС самоіндукції та індуктивність котушки.

Дано:

$$N = 1000$$

$$I_1 = 4 \text{ А}$$

$$I_2 = 12 \text{ А}$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

$$|\Delta\Phi| = 2 \text{ мВб}$$

$$= 2 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$$

$$\varepsilon_{is} - ?$$

$$L - ?$$

Розв'язання

$$\varepsilon_{is} = N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

$$[\varepsilon_{is}] = \frac{\text{Вб}}{\text{с}} = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$

$$\varepsilon_{is} = 1000 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1} = 2 \text{ (В)}$$

1 спосіб

$$\varepsilon_{is} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} \Rightarrow L = \frac{\varepsilon_{is} \Delta t}{|\Delta I|} = \frac{\varepsilon_{is} \Delta t}{|I_2 - I_1|}$$

$$[L] = \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А} - \text{А}} = \frac{\text{В}}{\text{А} / \text{с}} = \text{Гн} \quad L = \frac{2 \cdot 1}{|12 - 4|} = 0,25 \text{ (Гн)}$$

2 спосіб

$$\varepsilon_{is} = N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \quad \varepsilon_{is} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} = L \frac{|I_2 - I_1|}{\Delta t}$$

$$N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = L \frac{|I_2 - I_1|}{\Delta t} \Rightarrow L = \frac{N |\Delta\Phi|}{|I_2 - I_1|}$$

$$L = \frac{1000 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{|12-4|} = 0,25 \text{ (Гн)}$$

Відповідь: $\varepsilon_{is} = 2 \text{ В}; L = 0,25 \text{ Гн}.$

2. Струм силою 4 А, протікаючи по замкнутому контуру, створює магнітний потік 100 мВб. Струм рівномірно зменшується до 2 А за 0,002 с. Яка ЕРС самоіндукції виникає в контурі в цьому випадку?

Дано:

$$I_1 = 4 \text{ А}$$

$$I_2 = 2 \text{ А}$$

$$\Phi_1 = 100 \text{ мВб}$$

$$= 0,1 \text{ Вб}$$

$$\Delta t = 0,002 \text{ с}$$

$$= 2 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

$$\varepsilon_{is} = ?$$

Розв'язання

$$\varepsilon_{is} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t}$$

$$\Phi_1 = LI_1 \Rightarrow L = \frac{\Phi_1}{I_1}$$

$$\varepsilon_{is} = \frac{\Phi_1 |\Delta I|}{I_1 \Delta t}$$

$$[\varepsilon_{is}] = \frac{\text{Вб} \cdot \text{А}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$

$$\varepsilon_{is} = \frac{0,1 \cdot |2-4|}{4 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 25 \text{ (В)}$$

Відповідь: $\varepsilon_{is} = 25 \text{ В}.$

3. Сила струму в провіднику зменшилася протягом 20 с від 12 А до 8 А. При цьому енергія магнітного поля провідника зменшилася на 2 Дж. Визначте індуктивність провідника й ЕРС самоіндукції, що виникла в ньому.

Дано:

$$\Delta t = 20 \text{ с}$$

$$I_1 = 12 \text{ А}$$

$$I_2 = 8 \text{ А}$$

$$\Delta W_{\text{м}} = -2 \text{ Дж}$$

$$L = ?$$

$$\varepsilon_{is} = ?$$

Розв'язання

$$W_{\text{м1}} = \frac{LI_1^2}{2} \quad W_{\text{м2}} = \frac{LI_2^2}{2}$$

$$\Delta W_{\text{м}} = W_{\text{м2}} - W_{\text{м1}} = \frac{L}{2} (I_2^2 - I_1^2)$$

$$L = \frac{2\Delta W_{\text{м}}}{I_2^2 - I_1^2}$$

$$[L] = \frac{\text{Дж}}{\text{А}^2 - \text{А}^2} = \frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{А}^2} = \frac{\text{В}}{\text{А/с}} = \text{Гн}$$

$$L = \frac{2 \cdot (-2)}{8^2 - 12^2} = 0,05 \text{ (Гн)}$$

$$\varepsilon_{is} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} = L \frac{|I_2 - I_1|}{\Delta t}$$

$$[\varepsilon_{is}] = \text{Гн} \cdot \frac{\text{А} - \text{А}}{\text{с}} = \frac{\text{В}}{\text{А/с}} \cdot \frac{\text{А}}{\text{с}} = \text{В}$$

$$\varepsilon_{is} = 0,05 \cdot \frac{|8-12|}{20} = 0,01 \text{ (В)}$$

Відповідь: $L = 50 \text{ мГн}; \varepsilon_{is} = 10 \text{ мВ}.$

4. До джерела струму з ЕРС 40 В і внутрішнім опором 1 Ом приєднали соленоїд, опір обмотки якого 3 Ом. Визначте індуктивність соленоїда, якщо після встановлення постійної сили струму енергія магнітного поля в ньому дорівнює 7,5 Дж. Яке середнє значення матиме ЕРС самоіндукції в соленоїді під час розмикання кола за 15 мс?

Дано:

$$\varepsilon = 40 \text{ В}$$

$$r = 1 \text{ Ом}$$

$$R = 3 \text{ Ом}$$

$$W_m = 7,5 \text{ Дж}$$

$$\Delta t = 15 \text{ мс} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

$$L - ?$$

$$\varepsilon_{is} - ?$$

Розв'язання

Користуючись законом Ома для повного кола, можна знайти силу струму в колі: $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

Тоді енергія магнітного поля котушки дорівнюватиме:

$$W_m = \frac{LI^2}{2} = \frac{L\varepsilon^2}{2(R+r)^2} \Rightarrow L = \frac{2W_m(R+r)^2}{\varepsilon^2}$$

$$L = \frac{2 \cdot 7,5 \cdot (3+1)^2}{40^2} = 0,15 \text{ (Гн)}$$

$$\varepsilon_{is} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} = \frac{L\varepsilon}{\Delta t(R+r)} \quad [\varepsilon_{is}] = \frac{\text{Гн} \cdot \text{В}}{\text{с} \cdot \text{Ом}} = \frac{\frac{\text{В}}{\text{А/с}} \cdot \text{В}}{\text{с} \cdot \frac{\text{В}}{\text{А}}} = \text{В}$$

$$\varepsilon_{is} = \frac{0,15 \cdot 40}{15 \cdot 10^{-3} \cdot (3+1)} = 100 \text{ (В)}$$

Відповідь: $L = 150 \text{ мГн}$; $\varepsilon_{is} = 100 \text{ В}$.

IV. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

V. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Повторити § 14, Вправа № 14 (3, 5)

Додаткові задачі

1. Магнітний потік, що пронизує котушку, яка має 500 витків проводу, рівномірно змінюється протягом 0,2 с від нуля до 12 мВб. Визначте ЕРС самоіндукції, що виникає в котушці, і її індуктивність, якщо сила струму за цей час змінилася від нуля до 0,5 А.

Дано:

$$N = 500$$

$$\Delta t = 0,2 \text{ с}$$

$$|\Delta \Phi| = 12 \text{ мВб} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$$

$$|\Delta I| = 0,5 \text{ А}$$

$$\varepsilon_{is} - ?$$

$$L - ?$$

Розв'язання

$$\varepsilon_{is} = N \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t} \quad \varepsilon_{is} = 500 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 30 \text{ (В)}$$

1 спосіб

$$\varepsilon_{is} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} \Rightarrow L = \frac{\varepsilon_{is} \Delta t}{|\Delta I|}$$

$$[L] = \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}} = \frac{\text{В}}{\text{А/с}} = \text{Гн} \quad L = \frac{30 \cdot 0,2}{0,5} = 12 \text{ (Гн)}$$

2 спосіб

$$\varepsilon_{is} = N \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t} \quad \varepsilon_{is} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t}$$

$$N \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} \Rightarrow L = \frac{N |\Delta \Phi|}{|\Delta I|}$$

$$L = \frac{500 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 12 \text{ (Гн)}$$

Відповідь: $\varepsilon_{is} = 30 \text{ В}$; $L = 12 \text{ Гн}$.

2. Замкнена котушка опором 20 Ом й індуктивністю 10 мГн поміщена в змінне магнітне поле. Коли створюваний цим полем магнітний потік рівномірно збільшився на 1 мВб, сила струму зросла від нуля до 50 мА. Який заряд пройшов за цей час по котушці?

Дано:

$$R = 20 \text{ Ом}$$

$$L = 10 \text{ мГн} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$$

$$|\Delta\Phi| = 1 \text{ мВб} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$$

$$|\Delta I| = 50 \text{ мА} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

$$|\Delta q| - ?$$

Розв'язання

Струм у котушці утворюється з появою ЕРС індукції: $\varepsilon_i = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$

Зміна ж струму в колі приводить до появи ЕРС самоіндукції, яка направлена проти ε_i :

$$\varepsilon_{is} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} \quad \varepsilon = \varepsilon_i - \varepsilon_{is} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} - L \frac{|\Delta I|}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = IR = \frac{|\Delta q|}{\Delta t} R$$

$$\frac{|\Delta q|}{\Delta t} R = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} - L \frac{|\Delta I|}{\Delta t}$$

$$|\Delta q| = \frac{|\Delta\Phi| - L|\Delta I|}{R}$$

$$|\Delta q| = \frac{1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{20} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ (Кл)}$$

Відповідь: $|\Delta q| = 25 \text{ мкКл}$.

3. Усередині котушки, індуктивність якої 0,25 мГн, знаходиться плоский виток проводу з опором 10 Ом. Площина витка перпендикулярна до осі котушки. Сила струму в котушці рівномірно змінюється від 2 А до 10 А. Який заряд пройде через поперечний переріз проводу?

Дано:

$$L = 0,25 \text{ мГн}$$

$$= 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}$$

$$R = 10 \text{ Ом}$$

$$I_1 = 2 \text{ А}$$

$$I_2 = 10 \text{ А}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$|\Delta q| - ?$$

Розв'язання

Струм у котушці утворюється з появою ЕРС індукції:

$$\varepsilon_i = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \quad |\Delta\Phi| = |\Delta B| S \cos \alpha = 0 \quad (\cos \alpha = 0) \Rightarrow \varepsilon_i = 0$$

Зміна ж струму в колі приводить до появи ЕРС самоіндукції, яка направлена проти ε_i :

$$\varepsilon_{is} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} \quad \varepsilon = \varepsilon_{is} - \varepsilon_i = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} \quad \varepsilon = IR = \frac{|\Delta q|}{\Delta t} R$$

$$\frac{|\Delta q|}{\Delta t} R = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} \quad |\Delta q| = \frac{L|\Delta I|}{R}$$

$$|\Delta q| = \frac{2,5 \cdot 10^{-4} \cdot |10 - 2|}{10} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ (Кл)}$$

Відповідь: $|\Delta q| = 200 \text{ мкКл}$.

4. На клема котушки опором 8 Ом з індуктивністю 25 мГн подається напруга 56 В. Яка енергія виділиться в процесі розмикання ланцюга?

Дано:

$$R = 8 \text{ Ом}$$

$$L = 25 \text{ мГн} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$U = 56 \text{ В}$$

$$Q - ?$$

Розв'язання

Користуючись законом Ома для ділянки кола, можна знайти силу струму в колі: $I = \frac{U}{R}$

Тоді енергія магнітного поля котушки дорівнюватиме:

$$W_m = \frac{LI^2}{2} = \frac{LU^2}{2R^2}$$

При розмиканні кола ця енергія перетворюється в енергію індукційного електричного поля, остання – в енергію струму самоіндукції і, нарешті, у внутрішню енергію, мірою зміни якої і буде кількість теплоти, яка виділиться в замкнутому контурі, який складається із котушки:

$$Q = W_{\text{м}} = \frac{LU^2}{2R^2}$$

$$[Q] = \frac{\Gamma_{\text{н}} \cdot \text{В}^2}{\text{Ом}^2} = \frac{\frac{\text{В}}{\text{А/с}} \cdot \text{В}^2}{\frac{\text{В}^2}{\text{А}^2}} = \text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} = \text{Дж}$$

$$Q = \frac{25 \cdot 10^{-3} \cdot 56^2}{2 \cdot 8^2} = 612,5 \cdot 10^{-3} \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $Q = 612,5 \text{ мДж}$.

5. Соленоїд має один шар витків проводу. Як зміниться його індуктивність, якщо зверху намотати другий шар витків проводу?

Якщо другий шар намотати у протилежному напрямку, індуктивність стане близькою до 0. Якщо напрямки намотування збігаються, індуктивність зростає в 4 рази.

6. Чи можна вважати індуктивність електромагніту величиною, постійною для нього?

Ні, оскільки індуктивність залежить від магнітної проникності осердя, а та, у свою чергу, від сили струму.

7. Мідний лист розмістили в магнітному полі. Якщо його спробувати виштовхнути з поля, виникне сила опору. Чому?

Переміщення листа призводить до зміни магнітного потоку, що пронизує лист, внаслідок чого в ньому виникають індукційні струми, які, відповідно до правила Ленца, викликають силу опору.