

## Урок 36. Розв'язування задач.

**Мета.** Відпрацювати навички розв'язування типових задач із теми «електромагнітні коливання і хвилі». Розвивати логічне та алгоритмічне мислення.

### Хід уроку

#### 1. Актуалізація опорних знань.

Дайте відповіді на запитання:

1. У чому перевага електричної енергії порівняно з іншими видами енергії?
2. Які основні способи зменшення втрат енергії під час її передачі?
3. Що таке трансформатор? Яка його будова? На якому явищі ґрунтується його дія?
4. Опишіть фізичні процеси, що відбуваються в трансформаторі в режимі холостого ходу; в режимі навантаження.
5. Як визначити коефіцієнт трансформації?
6. Який трансформатор називають знижувальним? підвищувальним? Де застосовують такі трансформатори?
7. Чому трансформатори не можна під'єднувати до джерел постійного струму?
8. Які основні втрати енергії під час роботи трансформатора? Як їх зменшити?
9. Як визначити ККД трансформатора?

#### 2. Вчимося розв'язувати задачі.

**Задача 1.** Коливальний контур складається з котушки індуктивністю 120 мкГн і конденсатора змінної ємності. На які частоти можна настроїти даний контур якщо ємність конденсатора може змінюватися від 2 пФ до 300 пФ?

*Дано:*

$$C_1 = 2 \text{ пФ} = 2 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$C_2 = 300 \text{ пФ} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$$

$$L = 120 \text{ мкГн} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$\nu_1 - ?$$

$$\nu_2 - ?$$

*Розв'язування.*

Запишемо формулу Томсона  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ ;  $T = 1 / \nu$ .

Отже маємо  $\nu = 1 / 2\pi\sqrt{LC}$ .

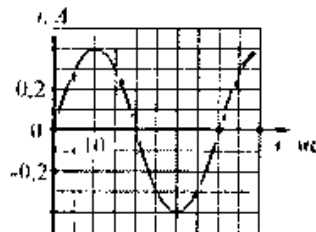
$$\nu_1 = 1 / 2\pi\sqrt{1,2 \cdot 10^{-4} \text{ Гн} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}} = 2,44 \cdot 10^6 \text{ Гц} ;$$

$$\nu_2 = 1 / 2\pi\sqrt{1,2 \cdot 10^{-4} \text{ Гн} \cdot 3,54 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}} = 4,88 \cdot 10^6 \text{ Гц} .$$

**Відповідь:** від 2,44 МГц до 4,88 МГц.

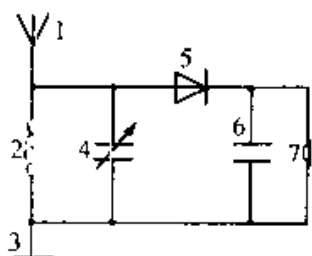
**Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю**  
**Рівень А (початковий)**

1. Яке співвідношення є формулою хвилі?  
 а)  $c = \lambda \nu$ ;      б)  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ ;      в)  $\varphi = \omega t + \varphi_0$ ;      г)  $\omega = 2\pi\nu$ .
2. На малюнку 1 зображено графік залежності сили струму від часу під час електромагнітних коливань у коливальному контурі. Визначити період коливань та амплітудне значення сили струму.  
 а) 10 мс, 0,2 А;      б) 10 мс, 0,4 А;      в) 40 мс, 0,2 А;      г) 40 мс, 0,4 А.
3. Фізичну величину, що характеризує здатність конденсатора протидіяти змінному струмові, називають...  
 а) ...опором;      б) ...ємністю;      в) ...ємнісним опором.



Мал. 1

- Рівень В (середній)**
1. За допомогою яких елементів радіоприймача (мал. 2) відбувається процес детектування?  
 а) 1,2,3;      б) 2,4;      в) 4,5;      г) 5,6,7.
  2. В коливальному контурі для конденсатора надали заряд. Як змінюється в наступну чверть періоду значення енергії магнітного поля системи?  
 а) збільшується;      б) зменшується;      в) не змінюється.
  3. У вторинній обмотці трансформатора 200 витків. Визначити кількість витків у первинній обмотці, якщо коефіцієнт трансформації 5.



Мал. 2

- Рівень С (достатній)**
1. Використовуючи графік залежності сили струму від часу (мал. 1), записати рівняння гармонічних коливань  $i=i(t)$ . Визначити значення сили струму для моменту часу  $t=60$  мс.
  2. Ємність ідеального коливального контуру 24 мкФ, індуктивність – 20 мГн. В деякий момент часу струм у контурі був 0,5 А, а напруга на конденсаторі 20 В. Яке максимальне значення напруги в контурі?

**Рівень D (високий)**

1. Неонова лампа увімкнена в мережу змінного струму частотою 50 Гц запалюється і гасне, коли напруга на ній досягає половини амплітудного значення. Знайти тривалість горіння лампи протягом періоду.
2. Ідеальний коливальний контур складається з котушки індуктивності і плоского конденсатора, площа кожної пластини якого  $20 \text{ см}^2$  і відстань між ними 1 см. Визначити діелектричну проникність середовища конденсатора, якщо амплітуда сили струму під час коливань в контурі 0,2 мА, амплітуда напруги 10 В, період коливань  $124\pi \cdot 10^{-8}$  с.

**Розв'язки цих завдань**

**Рівень А (початковий)**

1. а                      2. з                      3. в

**Рівень В (середній)**

1. з                      2. а  
3.

**Розв'язання**

$$\begin{array}{l} N_1 = ? \\ N_2 = 200 \\ k = 5 \end{array}$$

Коефіцієнт трансформації визначається формулою:  $k = \frac{N_1}{N_2}$ .  
Звідси  $N_1 = k \cdot N_2 = 5 \cdot 200 = 1000$ .

**Рівень С (достатній)**

- 1.

**Розв'язання**

$$\begin{array}{l} i = i(t), i = ? \\ t = 70 \text{ мс} = \\ = 0,07 \text{ с} \end{array}$$

З графіка записуємо амплітудне значення сили струму і значення періоду коливань.  $I_m = 0,4 \text{ А}$ ,  $T = 0,04 \text{ с}$ . Для запису рівняння коливань знаходимо циклічну частоту  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,04 \text{ с}} = 50\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Коливання струму підлягають закону синуса, тому  $i = I_m \sin \omega t$ . Після підстановки  $i = 0,4 \sin 50\pi t \text{ (А)}$ . Щоб визначити значення сили струму в момент часу 0,07 с, підставляємо це значення у рівняння коливань  $i = 0,4 \cdot \sin 50\pi \cdot 0,07 = 0,4 \cdot \sin \frac{7}{2} \pi = 0,2 \text{ А}$ .

- 2.

**Розв'язання**

$$U_m = ?$$

$$\begin{array}{l} C = 24 \text{ мкФ} = \\ = 24 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \\ L = 20 \text{ мГн} = \\ = 0,02 \text{ Гн} \\ u = 20 \text{ В} \\ i = 0,8 \text{ А} \end{array}$$

Миттєве значення енергії електричного поля  $W_{el} = \frac{Cu^2}{2}$ .

Миттєве значення енергії магнітного поля  $W_m = \frac{Li^2}{2}$ .

Повна енергія в контурі дорівнює сумі цих енергій

$$W_n = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{24 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 400 \text{ В}^2}{2} + \frac{0,02 \text{ Гн} \cdot 0,64 \text{ А}^2}{2}$$

$W_n = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ . Повна енергія дорівнює максимальній енергії

електричного поля.  $W_n = W_{\max el} = \frac{CU_{\max}^2}{2}$ . Звідси

$$U_{\max} = \sqrt{\frac{2W_n}{C}}. U_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}}{24 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}}} \approx 25,8 \text{ В}.$$

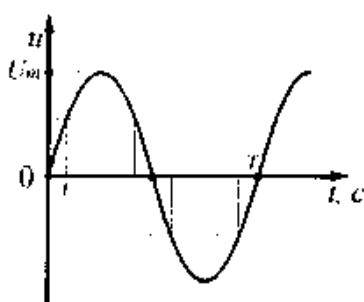
### Рівень D (високий)

1.

$t_1 = ?$

$$\nu = 50 \text{ Гц}$$

$$u = \frac{U_{\max}}{2}$$



Циклічна частота

$$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Гц} = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Запишемо рівняння гармонічних коливань що підлягають закону синуса.

$$u = U_m \cdot \sin 100\pi t; \frac{1}{2} = \sin 100\pi t; 100\pi t = \frac{\pi}{6}; t = \frac{1}{600} \text{ с.}$$

Це час до першого запалювання лампи. Тоді протягом

періоду  $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{50} \text{ с}$  лампа не горітиме час

$$4t = 4 \cdot \frac{1}{600} \text{ с} = \frac{1}{150} \text{ с, а горітиме протягом часу}$$

$$t_1 = T - 4t = \frac{1}{50} - \frac{1}{150} = \frac{1}{75} \text{ с.}$$

2.

$U_m = ?$

$$S = 20 \text{ см}^2 =$$

$$= 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$d = 1 \text{ см} =$$

$$= 0,01 \text{ м}$$

$$I_{\max} = 0,2 \text{ мА} =$$

$$= 2 \cdot 10^{-4} \text{ А}$$

$$U_{\max} = 10 \text{ В}$$

$$T = 124\pi \cdot 10^{-8} \text{ с}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

$$\frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2}. \text{ Звідси } L = C \frac{U_{\max}^2}{I_{\max}^2} \quad (1). \quad \text{Згідно}$$

$$\text{формули Томсона } T = 2\pi\sqrt{LC} \text{ або } T^2 = 4\pi^2 LC \quad (2).$$

$$\text{Підставимо (1) у (2) } T^2 = 4\pi^2 C \cdot \frac{U_{\max}^2}{I_{\max}^2} \cdot C \quad \text{Звідси:}$$

$$C = \frac{T \cdot I_{\max}}{2\pi U_{\max}}. \quad \text{Після підстановки}$$

$$C = \frac{124\pi \cdot 10^{-8} \text{ с} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ А}}{2\pi \cdot 10 \text{ В}} = 1,24 \cdot 10^{-11} \text{ Ф.}$$

Діелектричну проникність визначаємо з формули

$$\text{плоского конденсатора: } C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}.$$

$$\epsilon = \frac{Cd}{\epsilon_0 S} = \frac{1,24 \cdot 10^{-11} \text{ Ф} \cdot 0,01 \text{ м}}{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \approx 7.$$

3. Домашнє завдання.

Повторити параграфи 19- 21.