

Фізика 11

Урок 35 Вільні електромагнітні коливання в ідеальному коливальному контурі.

Формула Томсона

Мета уроку:

Навчальна: Формувати знання про електромагнітні коливання у коливальному контурі, перетворення енергії в коливальному контурі; показати, що зміна напруги та сили струму у коливальному контурі відбувається за законом гармонічних коливань, вивести формулу Томсона.

Розвивальна. Розвивати пізнавальні навички учнів; вміння аналізувати навчальний матеріал, умову задачі, хід розв'язання задач; вміння стисло і грамотно висловлювати свої міркування та обґрунтовувати їхню правильність.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: комбінований.

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

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

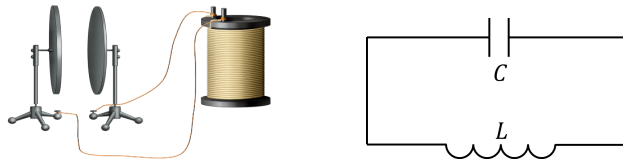
II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Сучасне суспільство неможливо уявити без швидкого обміну інформацією, тобто без мобільних телефонів, Інтернету. Хоча не так давно – понад століття тому – винайшли радіо і менш ніж століття як почалися перші регулярні телетрансляції. Усі ці досягнення техніки ґрунтуються на передаванні та прийманні радіосигналів. Що є обов'язковою складовою більшості радіопередавачів і радіоприймачів?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

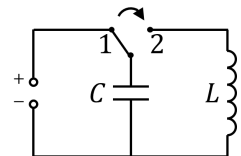
1. Електромагнітні коливання в коливальному контурі

Коливальний контур – це фізичний пристрій, який складається з послідовно з'єднаних конденсатора і котушки індуктивності.



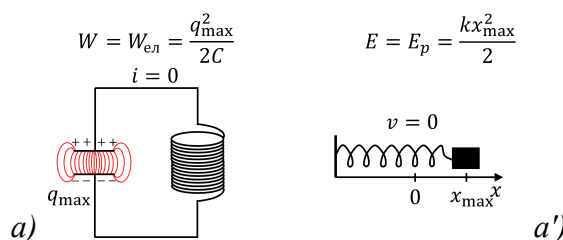
Коливальний контур є коливальною системою, тобто в ньому можуть виникати вільні електромагнітні коливання.

Щоб у коливальному контурі виникли вільні коливання, системі необхідно передати енергію, наприклад зарядити конденсатор. З'єднаємо конденсатор із джерелом незмінного струму з вихідною напругою U_{max} . На обкладках конденсатора накопичиться деякий електричний заряд q_{max} , а між обкладками виникне електричне поле, енергія якого дорівнює:

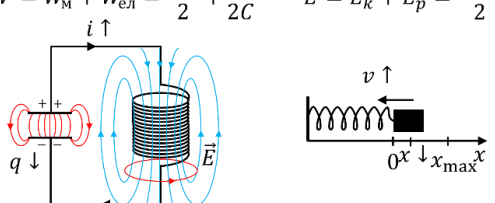


$$W_{\text{ел. max}} = \frac{CU_{\text{max}}^2}{2} = \frac{q_{\text{max}}^2}{2C}$$

Якщо після зарядки конденсатор замкнути на котушку індуктивності (рис. а), то під дією електричного поля конденсатора вільні заряджені частинки в контурі почнуть рухатись напрямлено.



У контурі виникне електричний струм i , а конденсатор почне розряджатися (рис. 18.2, б).

$$W = W_M + W_{\text{ел}} = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \quad E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$


б) б')

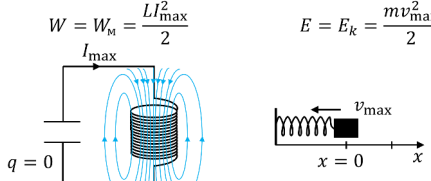
Електричний струм завжди створює магнітне поле. Особливо сильним воно є всередині котушки. Сила струму в котушці зростає, тому магнітна індукція створеного струмом магнітного поля зростає теж. Змінне магнітне поле породжує вихрове електричне поле $\vec{E}$, яке в цьому випадку напрямлене протилежно струму, тому сила струму зростає поступово. Поступово зменшується й заряд у на обкладках конденсатора. Отже, *протягом першої чверті періоду (рис. а-в) енергія електричного поля конденсатора перетворюється на енергію магнітного поля котушки*. Повна енергія коливального контуру дорівнюватиме:

$$W = W_M + W_{\text{ел}} = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

q – заряд конденсатора в деякий момент часу; C – ємність конденсатора; L – індуктивність котушки; i – сила струму в котушці.

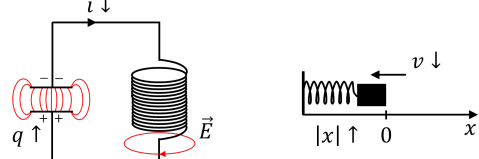
У той момент, коли конденсатор повністю розрядиться (рис. в), енергія електричного поля дорівнюватиме нулю ($W_{\text{ел}} = 0$), сила струму сягне максимального значення I_{max} , а повна енергія контуру становитиме:

$$W = W_{M, \text{max}} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$W = W_M = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} \quad E = E_k = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$


в) в')

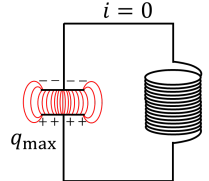
Заряд на обкладках конденсатора перетворився на нуль, проте струм одразу не припиниться й не змінить свого напрямку. Щойно сила струму в котушці почне зменшуватися, почне зменшуватися і магнітна індукція поля, створеного цим струмом, – виникне вихрове електричне поле, яке в цьому випадку підтримує струм. Заряджені частинки продовжують рух у тому самому напрямку, і конденсатор *перезаряджається* – заряд на його обкладках змінюється на протилежний (рис. г). Отже, *протягом другої чверті періоду (рис. 18.2, в-д) енергія магнітного поля котушки перетворюється на енергію електричного поля конденсатора*. Конденсатор перезаряджатиметься, доки сила струму не досягне нуля ($i = 0$). Енергія магнітного поля котушки в цей момент теж дорівнюватиме нулю ($W_M = 0$), а енергія електричного поля конденсатора набуде максимального значення (рис. д).

$$W = W_M + W_{\text{ел}} = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \quad E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$


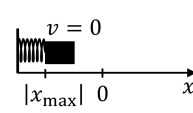
г) г')

$$W = W_{\text{ел}} = \frac{q_{\text{max}}^2}{2C} \quad E = E_p = \frac{kx_{\text{max}}^2}{2}$$

$i = 0$



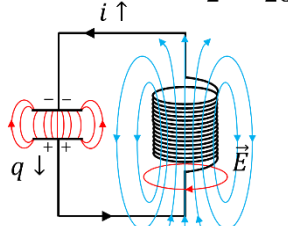
д)



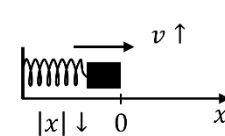
д')

Наступну половину періоду характер зміни електричного заряду на обкладках конденсатора й характер зміни сили струму в контурі будуть такими самими, тільки у зворотному напрямку (рис. е-ж). Коли заряд на обкладках конденсатора досягне максимального значення (рис. а), завершиться одне повне коливання.

$$W = W_M + W_{\text{ел}} = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \quad E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

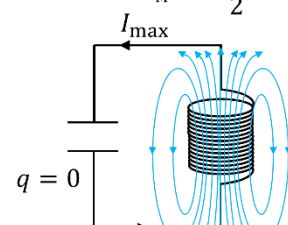


е)

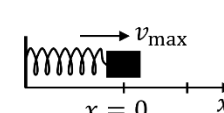


е')

$$W = W_M = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} \quad E = E_k = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$

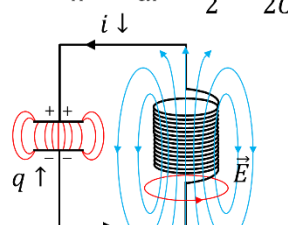


є)

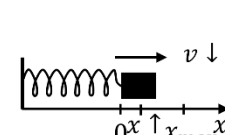


є')

$$W = W_M + W_{\text{ел}} = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \quad E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$



ж)



ж')

2. Аналогія між вільними електромагнітними і механічними коливаннями

Якщо зіставити електромагнітні коливання (а – ж) і механічні коливання можна помітити (а' – ж'), що коливання різної природи підпорядковуються схожим закономірностям.

Механічні коливання пружинного маятника	Електромагнітні коливання в коливальному контурі
• Під час коливань відбувається <i>періодичне перетворення енергії</i> .	
Потенціальна енергія ↔ Кінетична енергія	Енергія електричного поля ↔ Енергія магнітного поля
• У будь-якій коливальній системі завжди є втрати енергії, тому <i>реальні коливання є згасаючими</i> .	
Енергія витрачається на подолання сил опору рухові і нагрівання пружини під час деформації.	Енергія витрачається на нагрівання підвідних проводів, обмотки котушки, на поляризацію діелектрика, тощо.
• Якби не було втрат енергії (коливальна система була б ідеальною), коливання були б незгасаючими (амплітуда коливань залишалася б незмінною), а повна енергія коливальної системи зберігалася б.	

Закон збереження енергії для ідеального пружинного маятника: $E_{p\max} = E_p + E_k = E_{k\max}$ $\frac{kx_{\max}^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{kv_{\max}^2}{2}$	Закон збереження енергії для ідеального коливального контуру: $W_{\text{ел. max}} = W_{\text{ел}} + W_{\text{м}} = W_{\text{м. max}}$ $\frac{q_{\max}^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2}$
• Коливання в ідеальній коливальній системі називають власними коливаннями, а <i>період власних коливань визначається параметрами коливальної системи</i> і не залежить від амплітуди коливань, тобто від енергії, яку передано системі під час виведення її з положення рівноваги.	
Період власних механічних коливань тіла на пружині визначають за формулою: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	Період власних електромагнітних коливань у коливальному контурі визначають за формулою Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Формулу Томсона можна отримати, використавши аналогію між вільними електромагнітними коливаннями в коливальному контурі та механічними коливаннями тіла на пружині. Маса m тіла в механічній коливальній системі аналогічна індуктивності L котушки. Жорсткість k пружини аналогічна величині, оберненій до ємності конденсатора, тобто $1/C$. Чим менша жорсткість пружини, тим повільніше коливається тіло, і чим більша ємність конденсатора, тим довше він заряджається і розряджається.

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Сила струму в коливальному контурі змінюється з часом відповідно до рівняння $i = 2,5 \sin \sin 50\pi t$ (А). Визначте амплітудне значення сили струму, власну частоту й період вільних електромагнітних коливань у цьому контурі.

Дано:

$$i = 2,5 \sin \sin 50\pi t \text{ (А)}$$

$$I_{\max} - ?$$

$$\nu - ?$$

$$T - ?$$

Розв'язання

$$i = 2,5 \sin \sin 50\pi t$$

$$i = I_{\max} \sin \sin (\omega t + \varphi_0)$$

$$I_{\max} = 2,5 \text{ А} \quad \omega = 50\pi \text{ с}^{-1}$$

$$\omega = 2\pi\nu \Rightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$[\nu] = \text{с}^{-1} = \text{Гц} \quad \nu = \frac{50\pi}{2\pi} = 25 \text{ (Гц)}$$

$$T = \frac{1}{\nu} \quad [T] = \frac{1}{\text{Гц}} = \frac{1}{\text{с}^{-1}} = \text{с} \quad T = \frac{1}{25} = 0,04 \text{ (с)}$$

Відповідь: $I_{\max} = 2,5 \text{ А}; \nu = 25 \text{ Гц}; T = 0,04 \text{ с}.$

2. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю $1,2 \text{ мкФ}$ і котушки з індуктивністю 42 мГн . Визначте період і частоту вільних електромагнітних коливань у цьому контурі.

Дано:

$$C = 1,2 \text{ мкФ} = 1,2 \cdot 10^{-6}$$

$$L = 42 \text{ мГн} = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$$

$$T - ?$$

$$\nu - ?$$

Розв'язання

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$[T] = \sqrt{\text{Гн} \cdot \text{Ф}} = \sqrt{\frac{\text{В}}{\text{А/с}} \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{В}}} = \sqrt{\frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{А/с}}} = \text{с}$$

$$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{4,2 \cdot 10^{-2} \cdot 1,2 \cdot 10^{-6}} \approx 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}$$

$$\nu = \frac{1}{T} \quad [\nu] = \frac{1}{c} = \text{Гц} \quad \nu = \frac{1}{1,4 \cdot 10^{-3}} \approx 714 \text{ (Гц)}$$

Відповідь: $T \approx 1,4 \text{ мс}$; $\nu \approx 714 \text{ Гц}$.

3. Ідеальний коливальний контур складається з конденсатора ємністю $0,4 \text{ мкФ}$ і котушки індуктивністю 1 мГн . Конденсатор зарядили до напруги 100 В і замкнули на котушку. Визначте електричну енергію, передану конденсатору, і максимальну силу струму в котушці.

Дано:

$$C = 0,4 \text{ мкФ} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 1 \text{ мГн} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$U_{\max} = 100 \text{ В}$$

$$W_{\text{ел. max}} - ?$$

$$I_{\max} - ?$$

Розв'язання

$$W_{\text{ел. max}} = \frac{CU_{\max}^2}{2}$$

$$[W_{\text{ел. max}}] = \Phi \cdot B^2 = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} \cdot \text{В}^2 = \text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{В} = \text{Дж}$$

$$W_{\text{ел. max}} = \frac{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 100^2}{2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (Дж)}$$

$$W_{\text{ел. max}} = W_{\text{м. max}} \quad W_{\text{м. max}} = \frac{LI_{\max}^2}{2}$$

$$\frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} \Rightarrow I_{\max} = U_{\max} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$I_{\max} = 100 \cdot \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-3}}} = 2 \text{ (А)}$$

Відповідь: $W_{\text{ел. max}} = 2 \text{ мДж}$; $I_{\max} = 2 \text{ А}$.

4. Ємність конденсатора у коливальному контурі зменшили в два рази, а індуктивність котушки збільшили в чотири рази. У скільки разів при цьому змінився період вільних електромагнітних коливань у контурі?

Дано:

$$C_1 = 2C_2$$

$$L_2 = 4L_1$$

$$\frac{T_1}{T_2} - ?$$

Розв'язання

$$T_1 = 2\pi\sqrt{L_1 C_1} \quad T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C_2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} = \frac{\sqrt{L_1 C_1}}{\sqrt{4L_1 C_2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$T_2 = \sqrt{2}T_1$$

Відповідь: $T_2 = \sqrt{2}T_1$; період збільшився в $\sqrt{2}$ раз.

5. Яку ємність повинен мати конденсатор у коливальному контурі, що містить, крім того, котушку індуктивністю 25 мкГн , якщо період вільних електромагнітних коливань у цьому контурі 2 мкс ?

Дано:

$$L = 25 \text{ мкГн} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

$$T = 2 \text{ мкс} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

$$C - ?$$

$$\text{Розв'язання } T = 2\pi\sqrt{LC} \quad T^2 = 4\pi^2 LC \Rightarrow C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}$$

$$C = \frac{(2 \cdot 10^{-6})^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 25 \cdot 10^{-6}} \approx 4,1 \cdot 10^{-9} \text{ (Ф)}$$

Відповідь: $C \approx 4,1 \text{ нФ}$.

6. У коливальний контур увімкнений конденсатор ємністю $0,2 \text{ мкФ}$. Яку індуктивність потрібно включити в контур, щоб у ньому виникли вільні електромагнітні коливання звукової частоти 700 Гц ?

Дано:

$$C = 0,2 \text{ мкФ}$$

$$= 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$\nu = 700 \text{ Гц}$$

$$L = ?$$

$$\text{Розв'язання} \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \nu^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC} \quad \Rightarrow \quad L = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 C}$$

$$L = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 700^2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}} \approx 0,259 \text{ (Гн)}$$

Відповідь: $L \approx 0,259 \text{ Гн}$.

7. Циклічна частота електромагнітних коливань у контурі дорівнює $45 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$. Визначте ємність конденсатора, ввімкненого в цей контур, якщо індуктивність котушки дорівнює 8 мГн .

Дано:

$$\omega = 4,5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$$

$$L = 8 \text{ мГн}$$

$$= 8 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$C = ?$$

Розв'язання

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{L\omega^2}$$

$$C = \frac{1}{8 \cdot 10^{-3} \cdot (4,5 \cdot 10^4)^2} \approx 62 \cdot 10^{-9} \text{ (Ф)}$$

Відповідь: $C \approx 62 \text{ нФ}$.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Назвіть основні елементи коливального контуру.
2. Опишіть процес вільних електромагнітних коливань у коливальному контурі.
3. Чому після повного розрядження конденсатора струм через його котушку не припиняється?
4. Які перетворення енергії відбуваються під час електромагнітних коливань у коливальному контурі?
5. Який коливальний контур називають ідеальним?
6. Запишіть закон збереження енергії для ідеального коливального контуру.
7. Отримайте формулу Томсона, скориставшись методом аналогій.

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 18, Вправа № 18 (1, 2)

Додаткові задачі

1. Як зміниться власна частота вільних електромагнітних коливань у коливальному контурі, якщо і ємність конденсатора й індуктивність котушки збільшити в два рази?

Дано:

$$C_2 = 2C_1$$

$$L_2 = 2L_1$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = ?$$

Розв'язання $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ $\nu_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$ $\nu_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{2\pi\sqrt{L_2C_2}}{2\pi\sqrt{L_1C_1}} = \frac{\sqrt{2L_12C_1}}{\sqrt{L_1C_1}} = 2$$

$$\nu_1 = 2\nu_2$$

Відповідь: $\nu_1 = 2\nu_2$; частота зменшиться в 2 рази.

2. Визначте період і циклічну частоту вільних електромагнітних коливань у контурі, що складається з конденсатора ємністю 17 пФ і котушки індуктивністю 4,5 мкГн.

Дано:

$$C = 17 \text{ пФ}$$

$$= 17 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$L = 4,5 \text{ мкГн}$$

$$= 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

$$T = ?$$

$$\omega = ?$$

Розв'язання $T = 2\pi\sqrt{LC}$

$$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 17 \cdot 10^{-12}} \approx 54,9 \cdot 10^{-9} \text{ (с)}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad [\omega] = \frac{1}{\sqrt{\text{Гн} \cdot \text{Ф}}} = \frac{1}{\text{с}} = \text{с}^{-1}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 17 \cdot 10^{-12}}} \approx 1,15 \cdot 10^8 \text{ (с}^{-1}\text{)}$$

Відповідь: $T \approx 55 \text{ нс}$; $\omega \approx 1,15 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$.

3. Визначте частоту вільних електромагнітних коливань у контурі, що складається з конденсатора ємністю 13,4 пФ і котушки індуктивністю 3 мГн.

Дано:

$$C = 13,4 \text{ пФ}$$

$$= 13,4 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$L = 3 \text{ мГн}$$

$$= 3 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$\nu = ?$$

Розв'язання $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

$$\nu = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{3 \cdot 10^{-3} \cdot 13,4 \cdot 10^{-12}}} \approx 0,794 \cdot 10^6 \text{ (Гц)}$$

Відповідь: $\nu \approx 794 \text{ кГц}$.

4. Заряд на обкладках конденсатора в коливальному контурі змінюється з часом відповідно до рівняння $q = 0,5 \cdot 10^{-6} \cos \cos(2\pi \cdot 10^3 t + 0,785)$ (Кл). Визначте максимальний заряд на обкладках конденсатора, а також період і частоту коливань у контурі.

Дано:

$$q = 0,5 \cdot 10^{-6} \cos \cos(2\pi \cdot 10^3 t + 0,785) \text{ (Кл)}$$

$$q_{\max} = ?$$

$$T = ?$$

$$\nu = ?$$

Розв'язання

$$q = 0,5 \cdot 10^{-6} \cos \cos(2\pi \cdot 10^3 t + 0,785)$$

$$q = q_{\max} \cos \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$q_{\max} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$\varphi_0 = 0,785 \text{ рад} \quad \omega = 2\pi \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} \quad [T] = \frac{1}{\text{с}^{-1}} = \text{с}$$

$$T = \frac{2\pi}{2\pi \cdot 10^3} = 1 \cdot 10^{-3} (\text{с})$$

$$\nu = \frac{1}{T} \quad [\nu] = \frac{1}{\text{с}} = \text{Гц}$$

$$\nu = \frac{1}{1 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^3 (\text{Гц})$$

Відповідь: $q_{\max} = 0,5 \text{ мкКл};$

$T = 1 \text{ мс}; \nu = 1 \text{ кГц}.$

5. Конденсатору ємністю 10 нФ у коливальному контурі надали заряд 10 мкКл, після чого в контурі виникли загасаючі електромагнітні коливання. Яка кількість теплоти виділиться в коливальному контурі до моменту, коли коливання повністю загаснуть?

Дано:

$$C = 10 \text{ нФ} = 10 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$q = 10 \text{ мкКл} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$Q = ?$

Розв'язання

$$Q = W_{\text{ел}} = \frac{q^2}{2C}$$

$$Q = \frac{(10 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 5 \cdot 10^{-3} (\text{Дж})$$

Відповідь: $Q = 5 \text{ мДж}.$

6. Конденсатор ємністю 16 нФ зарядили до напруги 50 В і з'єднали послідовно з котушкою індуктивності. У контурі виникли загасаючі електромагнітні коливання. Яка кількість теплоти виділиться в коливальному контурі на той момент, коли коливання повністю загаснуть?

Дано:

$$C = 16 \text{ нФ}$$

$$= 16 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$U = 50 \text{ В}$$

$Q = ?$

Розв'язання

$$Q = W_{\text{ел}} = \frac{CU^2}{2}$$

$$[Q] = \text{Ф} \cdot \text{В}^2 = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} \cdot \text{В}^2 = \text{Кл} \cdot \text{В} = \text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{В} = \text{Дж}$$

$$Q = \frac{16 \cdot 10^{-9} \cdot (50)^2}{2} = 20 \cdot 10^{-6} (\text{Дж})$$

Відповідь: $Q = 20 \text{ мкДж}.$

7. Коливальний контур містить котушку з індуктивністю 2 мГн. Яку ємність повинен мати конденсатор у цьому контурі, щоб період електромагнітних коливань у ньому дорівнював 2,5 мс?

Дано:

$$L = 2 \text{ мГн}$$

$$= 2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$T = 2,5 \text{ мс}$$

$$= 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

$C = ?$

Розв'язання

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$T^2 = 4\pi^2 LC \Rightarrow C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}$$

$$[C] = \frac{\text{с}^2}{\text{Гн}} = \frac{\text{с}^2}{\frac{\text{В}}{\text{А/с}}} = \frac{\text{с} \cdot \text{А}}{\text{В}} = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} = \text{Ф}$$

$$C = \frac{(2,5 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \approx 79,2 \cdot 10^{-6} (\text{Ф})$$

Відповідь: $C \approx 79,2 \text{ мкФ}.$

8. Котушку якої індуктивності слід ввести в коливальний контур, щоб при ємності конденсатора 40 нФ частота електромагнітних коливань склала 200 кГц?

Дано:

$$C = 40 \text{ нФ}$$

$$= 4 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$$

$$\nu = 200 \text{ кГц}$$

$$= 2 \cdot 10^5 \text{ Гц}$$

$$L = ?$$

Розв'язання

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\nu^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC} \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 C}$$

$$[L] = \frac{1}{\text{Гц}^2 \cdot \text{Ф}} = \frac{1}{\text{с}^{-2} \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{В}}} = \frac{1}{\text{с}^{-2} \cdot \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{В}}} = \frac{\text{В}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \text{Гн}$$

$$L = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot (2 \cdot 10^5)^2 \cdot 4 \cdot 10^{-8}} \approx 16 \cdot 10^{-6} \text{ (Гн)}$$

Відповідь: $L \approx 16 \text{ мкГн}$.

9. Яка індуктивність котушки, що входить у коливальний контур, якщо відомо, що ємність конденсатора 200 пФ, а циклічна частота електромагнітних коливань у контурі $5 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$?

Дано:

$$C = 200 \text{ пФ} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$$

$$\omega = 5 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$$

$$L = ?$$

Розв'язання

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L = \frac{1}{C\omega^2}$$

$$[L] = \frac{1}{\text{Ф} \cdot \text{с}^{-2}} = \frac{1}{\frac{\text{Кл}}{\text{В}} \cdot \text{с}^{-2}} = \frac{1}{\frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{В}} \cdot \text{с}^{-2}} = \frac{\text{В}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \text{Гн}$$

$$L = \frac{1}{2 \cdot 10^{-10} \cdot (5 \cdot 10^6)^2} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ (Гн)}$$

Відповідь: $L = 0,2 \text{ мГн}$.