

Вільні електромагнітні КОЛИВАННЯ В КОЛИВАЛЬНОМУ КОНТУРІ



К О Л И В А Л Ь Н И Й К О Н Т У Р

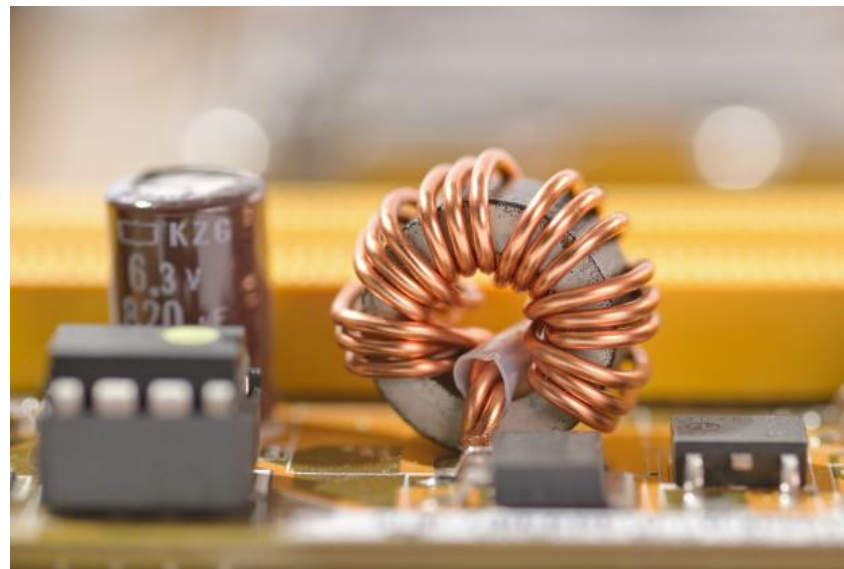
Сучасне суспільство неможливо уявити без швидкого обміну інформацією, тобто без мобільних телефонів, Інтернету. Хоча не так давно — понад століття тому — винайшли радіо і менш ніж століття як почалися перші регулярні телетрансляції. Усі ці досягнення техніки ґрунтуються на передаванні та прийманні радіосигналів.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



К О Л И В А Л Ь Н И Й К О Н Т У Р

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.



Модель (а) та електрична схема (б) коливального контуру: 1 — котушка індуктивності; 2 — конденсатор

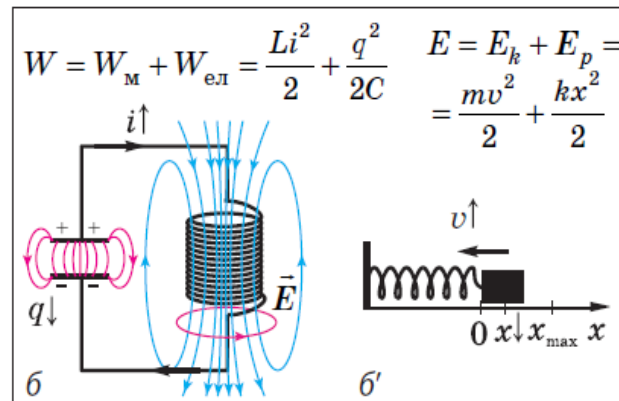
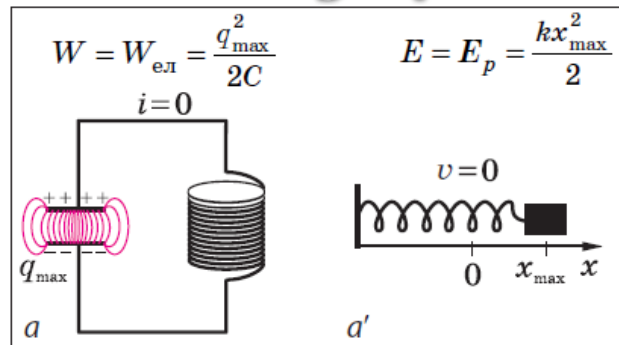
Як виникають коливання в контурі

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:

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

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. б).

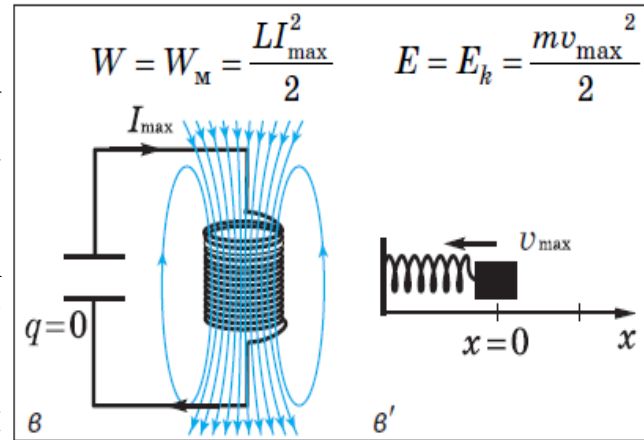


Як виникають коливання в контурі

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 $\square E$, яке в цьому випадку напрямлене протилежно струму, тому сила струму зростає поступово.

Поступово зменшується й заряд q на обкладках конденсатора. Отже, протягом першої чверті періоду енергія електричного поля конденсатора перетворюється на енергію магнітного поля котушки. Повна енергія коливального контуру дорівнюватиме:

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



Характеристики коливання в контурі

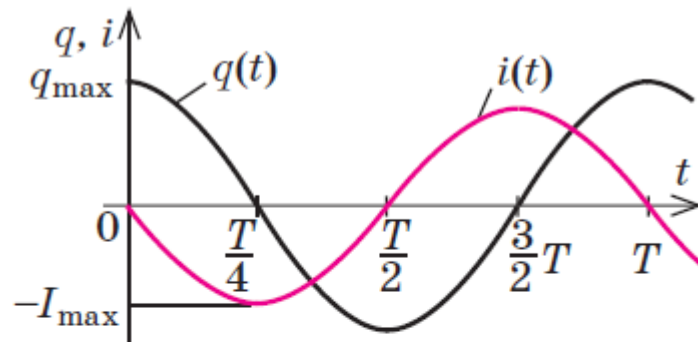
Закон збереження енергії для ідеального коливального контуру:

$$W_{\text{ел.мах}} = W_{\text{ел}} + W_{\text{м}} = W_{\text{м.мах}},$$

або
$$\frac{q_{\text{мах}}^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{LI_{\text{мах}}^2}{2}.$$

Період власних електромагнітних коливань у коливальному контурі визначають за формулою Томсона:

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



Графіки електромагнітних коливань в ідеальному коливальному контурі: $q(t)$ — графік залежності заряду на обкладках конденсатора від часу; $i(t)$ — графік залежності сили струму в контурі від часу

розв'язувати

Задача. Максимальна напруга на обкладках конденсатора і деального коливального контуру досягає 1,0 кВ. Яким є період електромагнітних коливань у контурі, якщо за амплітудного значення сили струму 1,0 А енергія магнітного поля в контурі 1,0 мДж?

Дано:

$$U_{\max} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$I_{\max} = 1,0 \text{ А}$$

$$W_{\text{м. макс}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

T — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання. Для визначення періоду електромагнітних коливань скористаємося формулою Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$ і законом збереження енергії:

$$W_{\text{ел. макс}} = W_{\text{м. макс}}.$$

1) Оскільки $W_{\text{м. макс}} = \frac{LI_{\max}^2}{2}$, то $L = \frac{2W_{\text{м. макс}}}{I_{\max}^2}$.

2) Оскільки $W_{\text{ел. макс}} = \frac{CU_{\max}^2}{2}$, то $C = \frac{2W_{\text{ел. макс}}}{U_{\max}^2} = \frac{2W_{\text{м. макс}}}{U_{\max}^2}$ (адже $W_{\text{ел. макс}} = W_{\text{м. макс}}$).

3) За формулою Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{\frac{2W_{\text{м. макс}}}{I_{\max}^2} \cdot \frac{2W_{\text{м. макс}}}{U_{\max}^2}} = 4\pi \frac{W_{\text{м. макс}}}{I_{\max} U_{\max}}$.

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

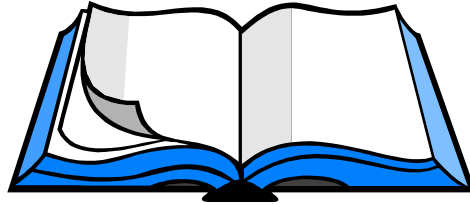
$$|T| = \frac{\text{Дж}}{\text{А} \cdot \text{В}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{Кл}}{\text{А} \cdot \text{Дж}} = \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{А}} = \text{с}; \quad T = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 10^3} \approx 13 \cdot 10^{-6} (\text{с}).$$

Відповідь: $T \approx 13$ мкс.

Домашнє завдання

Підручник: Фізика 11 кл. Стандарт. За редакцією В.Г. Баряхтара, С.О. Довгого:

- Опрацювати: §18
- Вправа 18 № 1 - 3 (розв'язати)



Розв'язки надіслати: dimaslyuta@gmail.com – пошта.
0660098440 Viber, Telegram