

Tụ điện ghép:

Bài 7: Khung dao động gồm cuộn L và tụ C thực hiện dao động điện từ tự do, điện tích cực đại trên 1 bản tụ là $Q_0 = 10^{-6}C$ và chuyển động dao động cực đại trong khung là $I_0 = 10A$.

a. Tính bước sóng của dao động tự do trong khung

b. Nếu thay tụ điện C bằng tụ C' thì bước sóng của khung tăng 2 lần. Hỏi bước sóng của khung là bao nhiêu nếu mắc C' và C song song, nối tiếp?

Lời giải

a. Tính bước sóng

- Năng lượng điện từ trong khung dao động

$$E = E_d + E_t = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$$

$$E = E_{dmax} = E_{tmax} \rightarrow \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{LI_0^2}{2}$$

$$\text{Do đó } LC = \frac{Q_0^2}{I_0^2} \rightarrow \sqrt{LC} = \frac{Q_0}{I_0}$$

$$\text{Bước sóng : } \lambda T = 2\pi\sqrt{LC} : \lambda = C.T = 2\pi.C\sqrt{LC} = 2\pi.3.10^8 \cdot \frac{10^{-6}}{10} \approx 188,4 \text{ m}$$

b. Bước sóng của khung

$$+ \text{ Khi có tụ C: } \lambda = 2\pi C\sqrt{LC}$$

$$+ \text{ Khi có tụ } C' : \lambda' = 2\pi C'\sqrt{LC'}$$

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \sqrt{\frac{C}{C'}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{C}{C'} = \frac{1}{4} \Rightarrow C' = 4C$$

$$+ \text{ Khi C nt } C' : C_{b1} = \frac{C.C'}{C+C'} = \frac{4C^2}{5C} = \frac{4}{5}C$$

$$\text{Bước sóng } \lambda_1 = 2\pi.C.\sqrt{L.\frac{4}{5}C} = \frac{4}{\sqrt{5}}\pi C\sqrt{LC} = \frac{2}{\sqrt{5}}\lambda$$

$$\rightarrow \lambda_1 = 168,5 \text{ m}$$

+ Khi C // C'

$$C_{b2} = C + C' = 5C$$

$$\text{Bước sóng } \lambda_2 = 2\pi C\sqrt{5LC} = \sqrt{5}\lambda_1 = 421,3 \text{ (m)}$$

Bài 8: Cho một mạch dao động có $L = 2.10^{-6}H$, $C = 8pF = 8.10^{-12}$

1. Năng lượng của mạch $E = 2,5.10^{-7}J$. Viết bt dòng điện trong mạch và bt hđt giữa 2 bản tụ. Biết rằng tại $t = 0$ cường độ dao động là cực đại.

2. Thay C bằng C_1 và C_2 ($C_1 > C_2$). Nếu mắc C_1 và C_2 nối tiếp thì tần số dao động của mạch bằng 12,5 MHz. Nếu mắc $C_1 // C_2$ thì tần số dao động của mạch bằng 6 MHz. Tính tần số của mạch khi chỉ dùng C_1 và C_2 với cuộn cảm L

Lời giải

1. Biểu thức năng lượng của mạch

$$E = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \rightarrow \begin{cases} I_0 = \sqrt{\frac{2E}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-4}}} = 0,05 \text{ (A)} \\ U_0 = \sqrt{\frac{2E}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-7}}{8 \cdot 10^{-12}}} = 250 \text{ (V)} \end{cases}$$

+ Tại $t = 0$

$$i = I_0 \cos \varphi = i_0 \text{ đạt cực đại}$$

$$\rightarrow \cos \varphi = 1 \rightarrow \varphi = 0$$

+ Vậy biểu thức dao động

$$+ \text{ Tính } \omega: \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 10^{-12}}} = 25 \cdot 10^6 \text{ Rad/s}$$

+ Vậy biểu thức dao động và hắt là

$$i_0 = 0,05 \cos (25 \cdot 10^6 t)$$

$$u = 250 \sin (25 \cdot 10^6 t)$$

$$2. \text{ Khi mắc } C_1 + C_2 \text{ thì } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

$$\text{Khi mắc } C_1 // C_2 \text{ thì } f' = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC'}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_1 + C_2)}}$$

$$\text{Khi mắc } C_1 \text{ thì } f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}$$

$$\text{Khi mắc } C_2 \text{ thì } f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}}$$

$$\text{Nhận thấy } \begin{cases} f_1^2 + f_2^2 = f^2 = 12,5^2 \\ \frac{f_1^2 \cdot f_2^2}{f_1^2 + f_2^2} = (f')^2 = 6^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} f_1^2 + f_2^2 = 12,5^2 \\ f_1^2 \cdot f_2^2 = 6^2 \cdot 12,5^2 \end{cases}$$

$$\text{Giải ra } \begin{cases} f_1^2 = 100 \\ f_2^2 = 56,25 \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} f_1^2 = 56,25 \\ f_2^2 = 100 \end{cases}$$

$$f_1 = 10 \text{ Rad/s}$$

$$f_2 = 10 \text{ Rad/s}$$

$$f_2 = 7,5 \text{ Rad/s}$$

$$f_2 = 7,5 \text{ Rad/s}$$

Bài 9: Cho mạch LC: bộ tụ điện $C_1//C_2$ rồi mắc với cuộn cảm L mạch dao động với tần số góc $\omega = 48\pi \text{ Rad/s}$. Nếu C_1 nối tiếp C_2 rồi mắc với cuộn cảm thì mạch dao động với tần số góc $\omega' = 100\pi \text{ Rad/s}$. Tính tần số dao động của mạch khi chỉ có một tụ mắc với 1 cuộn cảm.

Lời giải

$$\text{Khi dùng } C_1//C_2 \text{ ta có: } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{L(C_1 + C_2)}}.$$

$$\text{Khi dùng } C_1 \text{ nối tiếp } C_2 \text{ ta có } \omega' = \frac{1}{\sqrt{LC'}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

$$\text{Khi dùng } C_1 \text{ ta có } \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{LC_1}}$$

$$\text{Khi dùng } C_2 \text{ ta có } \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{LC_2}}$$

$$\text{Suy ra } \begin{cases} \omega_1^2 + \omega_2^2 = (\omega')^2 \\ \frac{\omega_1^2 \cdot \omega_2^2}{(\omega_1^2 + \omega_2^2)} = \omega^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \omega_1^2 + \omega_2^2 = 100^2 \pi^2 \\ \omega_1^2 \cdot \omega_2^2 = 1800^2 \pi^2 \end{cases}$$

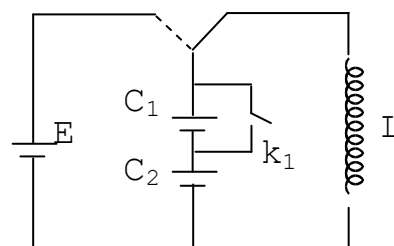
$$\text{Giải ra } \begin{cases} \omega_1^2 = 2360 \\ \omega_2^2 = 97640 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \omega_2^2 = 2360 \\ \omega_1^2 = 97640 \end{cases}$$

$$\text{Vậy } \begin{cases} \omega_1 = 48,6 \text{ Rad/s} \\ \omega_2 = 312 \text{ Rad/s} \end{cases} \quad \begin{cases} \omega_1 = 312 \text{ Rad/s} \\ \omega_2 = 48,6 \text{ Rad/s} \end{cases}$$

Bài 10:

1) Trong mạch dao động LC lý tưởng dao động theo phương trình $q = Q_0 \sin \omega t$. Viết biểu thức năng lượng điện trường trong tụ điện và năng lượng từ trường trong cuộn dây.

2) Trong mạch dao động (h.vẽ) bộ tụ điện gồm 2 tụ C_1 giống nhau được cấp năng lượng $W_0 = 10^{-6} \text{ J}$. Từ nguồn điện 1 chiều có dao động $E = 4 \text{ V}$. Chuyển K từ VT_1 sang VT_2 . Cứ sau những khoảng thời gian như nhau: $T_1 = 10^{-6} \text{ s}$ thì năng lượng trong tụ điện, cuộn cảm bằng nhau.



a) Xác định cường độ dòng điện cực đại trong cuộn dây

b) Đóng K_1 vào lúc cđđ cuộn dây đạt max. Tính lại hđt cực đại trên cuộn dây.

Lời giải

1) Phương trình: $q = Q_0 \sin \omega t$

Biểu thức năng lượng điện trường trong tụ C: $W_c = \frac{q^2}{2C} = \frac{Q_0^2}{2C} \sin^2 \omega t = W_0 \sin^2 \omega t$

Biểu thức năng lượng từ trường trong cuộn cảm L:

$$W_L = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} L (q')^2 = \frac{1}{2} L (\omega Q_0)^2 \cos^2 \omega t = \frac{Q_0^2}{2C} \cdot \cos^2 \omega t = W_0 \cos^2 \omega t$$

2. a) Tìm chu kì biên độ $W_c = W_L$

$$W_c = W_L \Rightarrow \frac{Q_0^2}{2C} \sin^2 \omega t = \frac{L T_0^2}{2} \cos^2 \omega t \rightarrow \cos^2 \omega t - \sin^2 \omega t = 0 \rightarrow \cos(2\omega t) = 0$$

$$\rightarrow 2\omega t = \frac{\pi}{2} + k\pi \rightarrow t = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{200} + \frac{k\pi}{200}$$

$$\text{Chu kì bt } W_c = W_L \text{ là: } \Delta t = t_{k+1} - t_k = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{T}{4}.$$

$$\text{Do đó } T = 4T_1 = 4 \cdot 10^{-6}$$

$$+ \text{ Điện dung của bộ tụ } C_b = \frac{C_1}{2} \rightarrow W_0 = \frac{1}{2} \frac{C_1 U_0^2}{2}$$

với U_0 là hđt cực đại của bộ tụ $\rightarrow U_0 = E = 4V$

$$\text{Suy ra } C_1 = \frac{4W_0}{U_0^2} = \frac{4 \cdot 10^{-6}}{4^2} = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow C_b = 0,125 \cdot 10^{-6} \text{ (F)}$$

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{2C_b} \Rightarrow L = \frac{T^2}{4\pi^2 C_b}$$

$$W_0 = \frac{L T_0^2}{2} \rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{2W_0}{L}} = \frac{2\pi}{T} \sqrt{2W_a C_b} \text{ Thay số: } I_0 = 0,785 \text{ A}$$

b) Tại tiếp điểm đóng k_1 , cddd trong mạch cực đại nên điện tích các tụ = 0, khi đóng k_1 , tụ C_1 bị nối tắt nhưng nl của mạch vẫn là W_0 .

Hđt cực đại U_1 giữa 2 đầu cuộn cảm cũng là hiệu điện thế cực đại giữa 2 bản tụ C_1

$$W_0 = \frac{1}{2} C_1 U_1^2 = \frac{1}{4} C_2 U_0^2 \Rightarrow U_1 = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{4}{\sqrt{2}} \text{ V}$$

Bài 11: Cho mạch dao động gồm một cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm $L = 2 \cdot 10^{-4} \text{ H}$, và tụ $C = 8 \text{ pF}$. Năng lượng của mạch là $E = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$. Viết biểu thức của cường độ dòng điện trong mạch và biểu thức hiệu điện thế giữa 2 bản tụ. Biết rằng tại thời điểm ban đầu cường độ dòng điện trong mạch có giá trị cực đại.

Lời giải: Tần số góc ω của mạch dao động là: $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 10^{-12}}} = 25 \cdot 10^6 \text{ Rad/s}$

Biểu thức của điện tích trên tụ điện có dạng:

$$q = Q_0 \sin(\omega t + \varphi) = Q_0 \sin(25 \cdot 10^6 t + \varphi) \quad (1)$$

$$i = I_0 \cos(25 \cdot 10^6 t + \varphi) \quad (2)$$

Theo đb khi $t = 0$; $i = I_0 \rightarrow \cos \varphi = 1 \rightarrow \varphi = 0$

$$\text{Năng lượng của mạch } E = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C} \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{2E}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-4}}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

$$Q_0 = \sqrt{2EC} = \sqrt{2 \cdot 25 \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot 10^{-12}} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C} \rightarrow i = 5 \cdot 10^{-2} \cos(25 \cdot 10^6 t) \text{ A}$$

$$U = \frac{Q_0}{C} \sin(25 \cdot 10^6 t) = 250 \cdot \sin(25 \cdot 10^6 t) \quad (V)$$

Bài 12: Một mạch dao động điện từ lí tưởng gồm cuộn dây có độ tự cảm L và tụ điện có điện dung $C = 0,02 \mu\text{F}$. Khi dao động trong mạch ổn định, giá trị cực đại của hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện và của cường độ dòng điện trong mạch lần lượt là $U_0 = 1\text{V}$ và $I_0 = 200\text{mA}$. Hãy tính tần số dao động và xác định hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện tại thời điểm cường độ dòng điện trong mạch có giá trị bằng 100mA .

Giải: Năng lượng điện từ của mạch là:

$$W = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} L I_0^2 = 0,5 \times 0,02 \times 10^{-6} \times 1^2 = 10^{-8} \text{ J}$$

$$\text{Suy ra: } L = C \frac{U_0^2}{I_0^2} = 0,02 \times 10^{-6} \times \frac{1}{0,2^2} = 5 \times 10^{-7} \text{ H}$$

$$\text{Tần số dao động của mạch là: } f = \frac{1}{T} = (2\pi\sqrt{LC})^{-1} = 1,59 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$\text{Ta có: } \frac{1}{2} L I^2 + \frac{1}{2} C U^2 = W = 10^{-8} \text{ J} \Rightarrow U = \sqrt{\frac{2W - L I^2}{C}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-8} - 5 \times 10^{-7} \times 0,1^2}{0,02 \times 10^{-6}}} = 0,5\sqrt{3} \text{ V} \text{ hay } U = 0,866 \text{ V}.$$