

CHỦ ĐỀ 5: DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ

1. BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN CÁC THAM SỐ CỦA MẠCH LC

Phương pháp giải

1) Tần số, chu kì

Các đại lượng q , u , \vec{E} , i , \vec{B} biến thiên điều hòa theo thời gian với tần số góc, tần số và chu kì lần lượt là:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad T = 2\pi\sqrt{LC} \text{ hay } \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{I_0}{Q_0}$$

Liên hệ giữa các giá trị cực đại: $I_0 = \omega Q_0 = \omega C U_0$

$$\text{Năng lượng dao động điện từ: } W = W_C + W_L = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}$$

Năng lượng điện trường chứa trong tụ w_C và năng lượng từ trường chứa trong cuộn cảm w_L

biến thiên tuần hoàn theo thời gian với $\omega' = 2\omega$, $f' = 2f$, $T = \frac{T}{2}$

$$\begin{cases} W_C = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{Q_0^2}{2C} \cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{Q_0^2}{4C} [1 + \cos(2\omega t + 2\varphi)] \\ W_L = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{L\omega^2 Q_0^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{Q_0^2}{2C} \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{Q_0^2}{4C} [1 - \cos(2\omega t + 2\varphi)] \end{cases}$$

Ví dụ 1: Một mạch dao động LC lí tưởng có cuộn cảm thuần có độ tự cảm 2 mH và tụ điện có điện dung 8 μ F, lấy $\pi^2 = 10$. Năng lượng từ trường trong mạch biến thiên với tần số

A. 1250 Hz

B. 5000 Hz

C. 2500 Hz

D. 625 Hz

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-6}}} = 1250(\text{Hz})$$

Từ trường trong cuộn cảm biến thiên với tần số f , còn năng lượng từ trường biến thiên với tần số $f' = 2f = 2500(\text{Hz})$

Ví dụ 2: (CĐ-2012) Một mạch dao động điện từ lí tưởng gồm cuộn cảm thuần và tụ điện có điện dung thay đổi được. Trong mạch đang có dao động điện từ tự do. Khi điện dung của tụ điện có giá trị 20 pF thì chu kì dao động riêng của mạch dao động là 3 μ s. Khi điện dung của tụ điện có giá trị 180 pF thì chu kì dao động riêng của mạch dao động là

A. $\frac{1}{9} \mu s$

B. $\frac{1}{27} \mu s$

C. $9 \mu s$

D. $27 \mu s$

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi\sqrt{LC_2}}{2\pi\sqrt{LC_1}} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \Rightarrow \frac{T_2}{3} = \sqrt{\frac{180}{20}} \Rightarrow T_2 = 9(\mu s)$$

Chú ý: Khoảng thời gian hai lần liên tiếp để các đại lượng q, u, i, E, B, w_c, w_L bằng 0 hoặc có

độ lớn cực đại là $\frac{T}{2}$

XIN GIỚI THIỆU QUÝ THẦY CÔ GIÁO BỘ TÀI LIỆU

1. TÀI LIỆU DẠY THÊM

FILE WORD FULL VẬT LÝ 10, 11, 12 GỒM NHIỀU CHUYÊN ĐỀ CÓ ĐẦY ĐỦ LÝ THUYẾT, VÍ DỤ GIẢI CHI TIẾT, BÀI TẬP RÈN LUYỆN CÓ ĐÁP ÁN, ĐỀ KIỂM TRA MỘT TIẾT, ĐỀ THI HỌC KỲ .

GIÁ: + Cả 3 bộ 10, 11, 12: 200K

2. BỘ TÀI LIỆU BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI : 10,11,12

(Có đầy đủ chuyên đề, phương pháp giải và giải chi tiết. Đặc biệt file word các Sách BDHSG 10, 11 của Nguyễn Phú Đồng)

GIÁ : + Cả 3 khối 10,11,12: 200K

(ĐẶC BIỆT RẤT NHIỀU SÁCH HAY CỦA CÁC THẦY CÔ NỔI TIẾNG CÓ GIẢI CHI TIẾT FILE)

Nếu quý Thầy/ Cô nào quan tâm muốn có được đầy đủ bộ tài liệu này xin liên hệ

Zalo: 0911.465.929 (Thầy Đông) hoặc facebook : Lê Kim Đông

*Quý thầy cô chuyển khoản vào số tài khoản: **4211215000573** Ngân hàng Nông nghiệp và Phát triển nông thôn Agribank.*

Chủ tài khoản Lê Kim Đông.

Xin cảm ơn sự quan tâm của quý Thầy/ Cô !

Ví dụ 3: Một mạch dao động với tụ điện C và cuộn cảm L đang thực hiện dao động tự do. Điện tích cực đại trên một bản tụ điện là $10(\mu\text{C})$ và cường độ dòng điện cực đại trong mạch là $10\pi \text{ A}$. Khoảng thời gian 2 lần liên tiếp điện tích trên tụ triệt tiêu là

- A. $1 \mu\text{s}$ B. $2 \mu\text{s}$ C. $0,5 \mu\text{s}$ D. $6,28 \mu\text{s}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$W = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow LC = \frac{Q_0^2}{I_0^2} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi \frac{Q_0}{I_0} = 2\pi \frac{10 \cdot 10^{-6}}{10\pi} = 2 \cdot 10^{-6} (\text{s})$$

Khoảng thời gian 2 lần liên tiếp điện tích trên tụ triệt tiêu là $\frac{T}{2} = 10^{-6} (\text{s})$

Ví dụ 4: Một mạch dao động LC lí tưởng tụ điện có điện dung $\frac{6}{\pi} (\mu\text{F})$. Điện áp cực đại trên tụ là 4 V và dòng điện cực đại trong mạch là 3 mA. Năng lượng điện trường trong tụ biến thiên với tần số góc

- A. 450 (rad/s). B. 500 (rad/s). C. 250 (rad/s). D. 125 rad/s.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\text{Từ hệ thức: } I_0 = \omega Q_0 = \omega C U_0 \Rightarrow \omega = \frac{I_0}{C U_0} = 125 (\text{rad/s})$$

Năng lượng điện trường biến thiên với tần số $\omega' = 2\omega = 250 (\text{rad/s})$

Ví dụ 5: (ĐH-2010) Một mạch dao động lí tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm $4 \mu\text{H}$ và một tụ điện có điện dung biến đổi từ 10 pF đến 640 pF. Lấy $\pi^2 = 10$. Chu kì dao động riêng của mạch này có giá trị

- A. từ $2 \cdot 10^{-8}$ đến $3 \cdot 10^{-7}$ B. từ $4 \cdot 10^{-8}$ đến $3,2 \cdot 10^{-7}$
C. từ $2 \cdot 10^{-8}$ đến $3,6 \cdot 10^{-7}$ D. từ $4 \cdot 10^{-8}$ đến $2,4 \cdot 10^{-7}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = 2\pi\sqrt{LC_1} = 2\pi\sqrt{4 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-12}} = 4 \cdot 10^{-8} (\text{s}) \\ T_2 = 2\pi\sqrt{LC_2} = 2\pi\sqrt{4 \cdot 10^{-6} \cdot 640 \cdot 10^{-12}} = 3,2 \cdot 10^{-7} (\text{s}) \end{cases}$$

Ví dụ 6: Cho một mạch dao động điện từ gồm một tụ điện có điện dung $4 (\mu\text{F})$. Biết điện trường trong tụ biến thiên theo thời gian với tần số góc 1000 (rad/s). Độ tự cảm của cuộn dây là

- A. 0,25 H B. 1 mH C. 0,9 H D. 0,0625 H.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Tần số dao động riêng của mạch bằng tần số biến thiên của điện trường trong tụ nên:

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{1000^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 0,25(\text{H})$$

Ví dụ 7: Một mạch dao động LC tụ điện có điện dung $\frac{10^{-2}}{\pi^2} \text{F}$ và cuộn dây thuần cảm. Sau khi thu được sóng điện từ thì năng lượng điện trường trong tụ điện biến thiên với tần số bằng 1000 Hz. Độ tự cảm của cuộn dây là

- A.** 0,1 mH **B.** 0,21 mH **C.** 1 mH **D.** 2 mH.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Tần số dao động riêng của mạch bằng nửa tần số biến thiên của năng lượng điện trường trong tụ

nên $f = 500 \text{ Hz}$ và $L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{(2\pi f)^2 C} = \frac{1}{(1000\pi)^2 \cdot \frac{10^{-2}}{\pi^2}} = 10^{-4}(\text{H})$

Chú ý: Điện dung của tụ điện phẳng tính theo công thức: $C = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$, trong đó S là diện tích đối diện của hai bản tụ, d là khoảng cách hai bản tụ và ϵ hằng số điện môi của chất điện môi trong tụ.

Ví dụ 8: Tụ điện của một mạch dao động LC là một tụ điện phẳng. Mạch có chu kì dao động riêng là T . Khi khoảng cách giữa hai bản tụ giảm đi bốn lần thì chu kì dao động riêng của mạch là

- A.** $T\sqrt{2}$ **B.** $2T$ **C.** $0,5T$ **D.** $0,5T\sqrt{2}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

Từ công thức $C = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$ nếu giảm d bốn lần thì $C' = 4C$ nên $T' = 2T$

Ví dụ 9: Một mạch dao động LC lí tưởng có thể biến đổi trong dải tần số từ 10 MHz đến 50 MHz bằng cách thay đổi khoảng cách giữa hai bản tụ điện phẳng. Khoảng cách giữa các bản tụ thay đổi

- A.** 5 lần **B.** 16 lần **C.** 160 lần **D.** 25 lần.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{\frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}}}{\frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}} = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 = 25$$

Ví dụ 10: Dòng điện trong mạch LC lí tưởng có cuộn dây có độ tự cảm $4 \mu\text{H}$, có đồ thị phụ thuộc dòng điện vào thời gian như hình vẽ bên. Tụ có điện dung là:

- A.** 2,5 nF **B.** $5 \mu\text{F}$ **C.** 25 nF **D.** $0,25 \mu\text{F}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

Từ đồ thị: $I_0 = 4 \text{ mA}$, thời gian ngắn nhất đi từ $i = 2(\text{mA}) = \frac{I_0}{2}$ đến $t = I_0$ rồi về

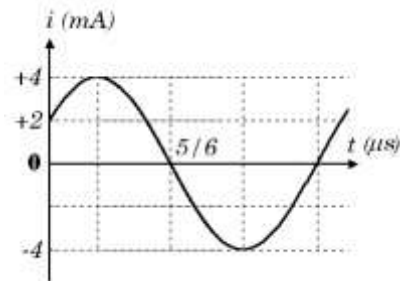
$$i=0 \text{ là } \frac{5}{6}10^{-6}(\text{s}) = \frac{T}{6} + \frac{T}{4} \Rightarrow T = 2.10^{-6}(\text{s}) \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 10^6 \pi(\text{rad/s})$$

$$\Rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L} = 25.10^{-9}(\text{F})$$

2) Giá trị cực đại, giá trị tức thời

$$W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{q^2}{2} + \frac{Li^2}{2}$$

$$I_0 = \omega Q_0 = \omega CU_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} CU_0$$



Ví dụ 1: (ĐH – 2007) Một mạch dao động điện từ gồm một tụ điện có điện dung $0,125 \mu\text{F}$ và một cuộn cảm có độ tự cảm $50 \mu\text{H}$. Điện trở thuần của mạch không đáng kể. Hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ điện là 3 V . Cường độ dòng điện cực đại trong mạch là

A. $7,5 \text{ A}$ B. $7,5 \text{ mA}$ C. 15 mA D. $0,15 \text{ A}$

A. $7,5\sqrt{2} \text{ A}$ **B.** $7,5\sqrt{2} \text{ mA}$ **C.** 15 mA **D.** $0,15 \text{ A}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0 = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}} = 0,15(\text{A})$$

Ví dụ 2: Mạch dao động LC lí tưởng gồm tụ điện có điện dung $0,2 (\mu\text{F})$ và cuộn dây có hệ số tự cảm $0,05 (\text{H})$. Tại một thời điểm điện áp giữa hai bản tụ là 20 V thì cường độ dòng điện trong mạch là $0,1 (\text{A})$. Tính tần số góc của dao động điện từ và cường độ dòng điện cực đại trong mạch.

A. 10^4 rad/s ; $0,11\sqrt{2} \text{ A}$ **B.** 10^4 rad/s ; $0,12 \text{ A}$ **C.** 1000 rad/s ; $0,11 \text{ A}$ **D.** 10^4 rad/s ; $0,11 \text{ A}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\begin{cases} \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10000(\text{rad/s}) \\ W = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0 = \sqrt{i^2 + \frac{C}{L}u^2} = \sqrt{0,0116} \approx 0,11 \end{cases}$$

Ví dụ 3: Cho mạch dao động LC lí tưởng. Dòng điện chạy trong mạch có biểu thức $i = 0,04 \cos 20t(\text{A})$ (với t đo bằng μs). Xác định điện tích cực đại của một bản tụ điện.

A. 10^{-12} C **B.** $0,002 \text{ C}$ **C.** $0,004 \text{ C}$ **D.** 2 nC

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$I_0 = \omega Q_0 \Rightarrow Q_0 = \frac{I_0}{\omega} = \frac{0,04}{\frac{20\text{rad}}{10^{-6}\text{s}}} = 2 \cdot 10^{-9} (\text{C})$$

Ví dụ 4: (CD 2008): Mạch dao động LC có điện trở thuần bằng không gồm cuộn dây thuần cảm (cảm thuần) có độ tự cảm 4 mH và tụ điện có điện dung 9 nF. Trong mạch có dao động điện từ tự do (riêng), hiệu điện thế cực đại giữa hai bản cực của tụ điện bằng 5 V. Khi hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện là 3 V thì cường độ dòng điện trong cuộn cảm bằng

- A. 3 mA B. 9 mA C. 6 mA D. 12 mA

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$W = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow |i| = \sqrt{\frac{C}{L}(U_0^2 - u^2)} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 10^{-3}}(5^2 - 3^2)} = 6 \cdot 10^{-3} (\text{A})$$

Ví dụ 5: Mạch dao động điện từ LC gồm một cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm 50 (mH) và tụ có điện dung 5 (μF). Điện áp cực đại trên tụ 12 (V). Tính giá trị điện áp hai bản tụ khi độ lớn cường độ dòng là $0,04\sqrt{5}$ (A).

- A. 4 (V) B. 8 (V) C. $4\sqrt{3}$ (V) D. $4\sqrt{2}$ (V)

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$W = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow |u| = \sqrt{U_0^2 - \frac{L}{C}i^2} = \sqrt{12^2 - \frac{50 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-6}} \cdot 0,04^2 \cdot 5} = 8 (\text{V})$$

Ví dụ 6: Một mạch dao động điện từ gồm tụ điện có điện dung 0,0625 (μF) và một cuộn dây thuần cảm, đang dao động điện từ có dòng điện cực đại trong mạch là 60 (mA). Tại thời điểm ban đầu điện tích trên tụ điện 1,5 (μC) và cường độ dòng điện trong mạch $30\sqrt{3}$ (mA). Độ tự cảm của cuộn dây là

- A. 50 mH B. 60 mH C. 70 mH D. 40 mH

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow L = \frac{q^2}{C(I_0^2 - i^2)}$$
$$\Rightarrow L = \frac{1,5 \cdot 10^{-12}}{0,0625 \cdot 10^{-6} (60^2 - 30^2 \cdot 3) \cdot 10^{-6}} = 0,04 (\text{H})$$

Ví dụ 7: (ĐH-2011) Một mạch dao động LC lí tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm 50 mH và tụ điện có điện dung C. Trong mạch đang có dao động điện từ tự do với cường độ dòng điện

$i = 0,12 \cos 2000t(A)$ (i tính bằng A, t tính bằng s). Ở thời điểm mà cường độ dòng điện trong mạch bằng một nửa cường độ hiệu dụng thì hiệu điện thế giữa hai bản tụ có độ lớn bằng

- A. $12\sqrt{3} V$ B. $5\sqrt{14} V$ C. $6\sqrt{2} V$ D. $3\sqrt{14} V$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{2000^2 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 5 \cdot 10^{-6} (H); i = \frac{I}{2} = \frac{I_0}{2\sqrt{2}}$$

$$W = \frac{1}{2} L I_0^2 = \frac{1}{2} C u^2 + \frac{1}{2} L i^2 \rightarrow u = \sqrt{\frac{L}{C} (I_0^2 - i^2)} = \sqrt{\frac{L}{C} \left(I_0^2 - \frac{I_0^2}{8} \right)}$$

$$u = (2000 \cdot 50 \cdot 10^{-3}) \sqrt{\frac{7}{8}} = 3\sqrt{14} (V)$$

Chú ý: Các hệ thức liên quan đến tần số góc:

$$\begin{cases} W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C} \Rightarrow q^2 + LC \cdot i^2 = Q_0^2 \Rightarrow \boxed{q^2 + \frac{i^2}{\omega^2} = Q_0^2} \\ W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow \frac{q^2}{LC} + i^2 = I_0^2 \Rightarrow \boxed{\omega^2 q^2 + i^2 = I_0^2} \end{cases}$$

Ví dụ 8: (ĐH-2008) Trong mạch dao động LC có dao động điện từ tự do (dao động riêng) với tần số góc 104 rad/s. Điện tích cực đại trên tụ điện là $10^{-9} C$. Khi cường độ dòng điện trong mạch bằng $6 \cdot 10^{-6} A$ thì điện tích trên tụ điện là

- A. $6 \cdot 10^{-10} C$ B. $8 \cdot 10^{-10} C$ C. $2 \cdot 10^{-10} C$ D. $4 \cdot 10^{-10} C$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C} \Rightarrow |q| = \sqrt{Q_0^2 - \frac{i^2}{\omega^2}} = 8 \cdot 10^{-10} (C)$$

Ví dụ 9: Trong mạch dao động LC lí tưởng có dao động điện từ tự do, biểu thức dòng điện trong mạch $i = 5\pi \cos \omega t (mA)$. Trong thời gian 1 s có 500000 lần dòng điện triệt tiêu. Khi cường độ dòng điện trong mạch bằng $4\pi (mA)$ thì điện tích trên tụ điện là

- A. 6 nC B. 3 nC C. $0,95 \cdot 10^{-9}$ D. 1,91 nC

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Trong 1 chu kì dòng điện triệt 2 lần nên trong 1 s dòng điện triệt tiêu $2f$ lần.

$$\begin{cases} f = \frac{500000}{2} = 250000 (Hz) \Rightarrow \omega = 2\pi f = 500000\pi (rad / s) \\ W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow |q| = \frac{1}{\omega} \sqrt{I_0^2 - i^2} = 6 \cdot 10^{-9} (C) \end{cases}$$

Chú ý: Nếu bài toán cho q, i, L và U_0 để tìm ω ta phải giải phương trình trùng phương:

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \xrightarrow{C = \frac{1}{\omega^2 L}} q^2 + i^2 \frac{1}{\omega^2} = \frac{U_0^2}{L^2} \frac{1}{\omega^4}$$

$$\Rightarrow \frac{U_0^2}{L^2} \frac{1}{\omega^4} - i^2 \frac{1}{\omega^2} - q^2 = 0$$

Ví dụ 10: Một mạch dao động LC lí tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm 50 mH và tụ điện có điện dung C. Trong mạch đang có dao động điện từ tự do với điện áp cực đại hai đầu cuộn cảm là 12 V. Ở thời điểm mà cường độ dòng điện trong mạch bằng $0,03\sqrt{2}$ A thì điện tích trên tụ có độ lớn bằng $15\sqrt{14}$ μC . Tần số góc của mạch là

- A. 2.10^3 rad/s B. 5.10^4 rad/s C. 5.10^3 rad/s D. 25.10^4 rad/s

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\frac{U_0^2}{L^2} \frac{1}{\omega^4} - i^2 \frac{1}{\omega^2} - q^2 = 0 \Rightarrow \frac{144}{0,05^2} \frac{1}{\omega^4} - 0,03^2 \cdot 2 \cdot \frac{1}{\omega^2} - 15^2 \cdot 14 \cdot 10^{-12} = 0$$

$$\Rightarrow \omega = 2.10^3 \text{ (rad/s)}$$

Chú ý:

$$\text{Nếu } i = xI_0 \text{ thì } W_L = x^2 W \Rightarrow W_C = W - W_L = (1 - x^2) W \begin{cases} |q| = \sqrt{1 - x^2} Q_0 \\ |u| = \sqrt{1 - x^2} U_0 \end{cases}$$

$$\text{Nếu } q = yQ_0, u = yU_0 \text{ thì } W_C = y^2 W \Rightarrow W_L = W - W_C = (1 - y^2) W \Rightarrow |i| = \sqrt{1 - y^2} I_0$$

Ví dụ 11: Một mạch dao động LC lí tưởng có điện áp cực đại giữa hai bản tụ điện là U_0 . Tại thời điểm điện tích trên một bản tụ có độ lớn bằng 0,6 giá trị cực đại thì khi cường độ dòng điện trong mạch có giá trị

- A. $0,25.I_0\sqrt{2}$ B. $0,5.I_0\sqrt{3}$ C. $0,6.I_0$ D. $0,8.I_0$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$q = 0,6Q_0 \Rightarrow W_C = 0,36W \Rightarrow W_L = W - W_C = 0,64W \Rightarrow |i| = \sqrt{0,64}I_0 = 0,8I_0$$

Ví dụ 12: (ĐH-2008) Trong một mạch dao động LC không có điện trở thuần, có dao động điện từ tự do (dao động riêng). Điện áp cực đại giữa hai bản tụ và cường độ dòng điện cực đại qua mạch lần lượt là U_0 và I_0 . Tại thời điểm cường độ dòng điện trong mạch có giá trị $\frac{I_0}{2}$ thì độ lớn điện áp giữa hai bản tụ điện là

A. $0,75.U_0$

B. $0,5.U_0\sqrt{3}$

C. $0,5.U_0$

D. $0,25.U_0\sqrt{3}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

Cách 1: $i = 0,5I_0 \Rightarrow W_L = 0,25W \Rightarrow W_C = W - W_L = 0,75W$

$$\Rightarrow |u| = \sqrt{0,75}U_0 = 0,5\sqrt{3}U_0$$

Cách 2:

$$W = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow \frac{Cu^2}{2} + \frac{1}{4} \frac{LI_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{Cu^2}{2} + \frac{1}{4} \frac{CU_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow |u| = \frac{\sqrt{3}}{2}U_0$$

Ví dụ 13: (ĐH-2010) Xét hai mạch dao động điện từ lí tưởng. Chu kì dao động riêng của mạch thứ nhất là T_1 , của mạch thứ hai là $T_2 = 2T_1$. Ban đầu điện tích trên mỗi bản tụ điện có độ lớn cực đại Q_0 . Sau đó mỗi tụ điện phóng điện qua cuộn cảm của mạch. Khi điện tích trên mỗi bản tụ của hai mạch đều có độ lớn bằng q ($0 < q < Q_0$) thì tỉ số độ lớn cường độ dòng điện trong mạch thứ nhất và độ lớn cường độ dòng điện trong mạch thứ hai là

A. 0,25. B. 0,5. C. 4. D. 2.

A. 0,25

B. 0,5

C. 4

D. 2

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$Q_0^2 = q^2 + \frac{i^2}{\omega^2} \Rightarrow |i| = \omega\sqrt{Q_0^2 - q^2} \Rightarrow \left| \frac{i_1}{i_2} \right| = \frac{\omega_1\sqrt{Q_0^2 - q^2}}{\omega_2\sqrt{Q_0^2 - q^2}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1} = 2$$

3) Giá trị tức thời ở hai thời điểm

Ta đã biết nếu hai đại lượng x, y vuông pha nhau thì $\left(\frac{x}{x_{\max}} \right)^2 + \left(\frac{y}{y_{\max}} \right)^2 = 1$

Vì q, i vuông pha nên: $\left(\frac{q}{Q_0} \right)^2 + \left(\frac{i}{I_0} \right)^2 = 1 \Leftrightarrow \left(\frac{q}{Q_0} \right)^2 + \left(\frac{i}{\omega Q_0} \right)^2 = 1$

Vì u, i vuông pha nên: $\left(\frac{u}{U_0} \right)^2 + \left(\frac{i}{I_0} \right)^2 = 1 \Leftrightarrow \left(\frac{q}{Q_0} \right)^2 + \left(\frac{i}{\omega C Q_0} \right)^2 = 1$

* Hai thời điểm cùng pha $t_2 - t_1 = nT$ thì $u_2 = u_1; q_2 = q_1; i_2 = i_1$

* Hai thời điểm ngược pha $t_2 - t_1 = (2n + 1)\frac{T}{2}$ thì $u_2 = -u_1; q_2 = -q_1; i_2 = -i_1$

$$\left(\frac{q_1}{Q_0}\right)^2 + \left(\frac{i_2}{\omega Q_0}\right)^2 = 1 \Rightarrow Q_0 = \sqrt{q_1^2 + \left(\frac{i_2}{\omega}\right)^2};$$

$$\left(\frac{q_2}{Q_0}\right)^2 + \left(\frac{i_1}{\omega Q_0}\right)^2 = 1 \Rightarrow Q_0 = \sqrt{q_2^2 + \left(\frac{i_1}{\omega}\right)^2}$$

* Hai thời điểm vuông pha $t_2 - t_1 = (2n+1)\frac{T}{4}$ thì $\begin{cases} u_1^2 + u_2^2 = U_0^2; & q_1^2 + q_2^2 = Q_0^2; & i_1^2 + i_2^2 = I_0^2 \\ |i_2| = |\omega q_1|; & |i_1| = |\omega q_2| \end{cases}$

Nếu n chẵn thì $i_2 = -\omega q_1; i_1 = \omega q_2$

Nếu n lẻ thì $i_2 = \omega q_1; i_1 = -\omega q_2$

Ví dụ 1: Một mạch dao động LC lí tưởng có chu kì $2 \mu s$. Tại một thời điểm, điện tích trên tụ $3 \mu C$ sau đó $1 \mu s$ dòng điện có cường độ $4\pi A$. Tìm điện tích cực đại trên tụ.

A. $10^{-6} C$

B. $5.10^{-5} C$

C. $5.10^{-6} C$

D. $10^{-4} C$

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 10^6 \pi (\text{rad/s})$$

Cách 1: Hai thời điểm ngược pha $t_2 - t_1 = \frac{T}{2}$ thì

$$Q_0 = \sqrt{q_1^2 + \left(\frac{i_2}{\omega}\right)^2} = \sqrt{(3.10^{-6})^2 + \left(\frac{4\pi}{10^6 \pi}\right)^2} = 5.10^{-6} (C)$$

Cách 2:
$$\begin{cases} q = Q_0 \cos(10^6 \pi t) \\ i = q' = -10^6 \pi Q_0 \sin(10^6 \pi t) \end{cases}$$

$$\begin{cases} q = Q_0 \cos(10^6 \pi t) = 3.10^{-6} \\ i = -10^6 \pi Q_0 \sin[10^6 \pi (t + 10^{-6})] = +10^6 \pi Q_0 \sin(10^6 \pi t) = 4\pi \Rightarrow Q_0 \sin(10^6 \pi t) = 4.10^{-6} \end{cases}$$

$$\Rightarrow Q_0 = \sqrt{(3.10^{-6})^2 + (4.10^{-6})^2} = 5.10^{-6} C$$

Ví dụ 2: Một mạch dao động LC lí tưởng có chu kì T . Tại một thời điểm điện tích trên tụ bằng $6.10^{-7} C$, sau đó $\frac{3T}{4}$ cường độ dòng điện trong mạch bằng $1,2\pi 10^{-3} A$. Tìm chu kì T .

A. $10^{-3} s$

B. $10^{-4} s$

C. $5.10^{-3} s$

D. $5.10^{-4} s$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Cách 1: Hai thời điểm vuông pha $t_2 - t_1 = (2.1+1)\frac{T}{4}$ với $n = 1$ lẻ nên

$$i_2 = \omega q_1 \Rightarrow \omega = \frac{i_2}{q_1} = 2000\pi(\text{rad/s}) \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 10^{-3}(\text{s})$$

Cách 2: $q = Q_0 \cos \frac{2\pi t}{T} = 6.10^{-7}(\text{C})$

$$i = -\frac{2\pi}{T} Q_0 \sin \frac{2\pi}{T} \left(t + \frac{3T}{4} \right) = 1,6\pi.10^{-3} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = \frac{1,2\pi.10^{-3}}{Q_0 \cos \frac{2\pi t}{T}} \Rightarrow T = 10^{-3}(\text{s})$$

Ví dụ 3: Một mạch dao động LC lí tưởng có tần số góc $10000\pi(\text{rad/s})$. Tại một thời điểm điện tích trên tụ là $-1 \mu\text{C}$, sau đó $0,5.10^{-4}\text{s}$ dòng điện có cường độ là

- A.** $0,01\pi \text{ A}$ **B.** $-0,01\pi \text{ A}$ **C.** $0,001\pi \text{ A}$ **D.** $-0,001\pi \text{ A}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2.10^{-4}(\text{s}) \Rightarrow \frac{T}{4} = 0,5.10^{-4}(\text{s})$$

Hai thời điểm vuông pha $t_2 - t_1 = (2.0 + 1)\frac{T}{4}$ với $n = 0$ chẵn nên $i_2 = -\omega q_1 = 0,01\pi(\text{A})$

Chú ý: Nếu bài toán liên quan đến hai mạch dao động mà điện tích bởi hệ thức $aq_1^2 + bq_2^2 = c(1)$

thì ta đạo hàm hai vế theo thời gian: $2aq_1q'_1 + 2bq_2q'_2 = 0(2)$

$\Leftrightarrow aq_1i_1 + bq_2i_2 = 0$. Giải hệ (1), (2) sẽ tìm được các đại lượng cần tìm.

Ví dụ 3: (ĐH - 2013): Hai mạch dao động điện từ lý tưởng đang có dao động điện từ tự do. Điện tích của tụ điện trong mạch dao động thứ nhất và thứ hai lần lượt là q_1 và q_2 với $4q_1^2 + q_2^2 = 1,3.10^{-17}$, q tính bằng C. Ở thời điểm t , điện tích của tụ điện và cường độ dòng điện trong mạch dao động thứ nhất lần lượt là 10^{-9}C và 6mA , cường độ dòng điện trong mạch dao động thứ hai có độ lớn bằng :

- A.** 10mA **B.** 6mA **C.** 4mA **D.** 8mA

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Từ $4q_1^2 + q_2^2 = 1,3.10^{-17}(1)$ lấy đạo hàm theo thời gian cả hai vế ta có:

$$8q_1q'_1 + 2q_2q'_2 = 0 \Leftrightarrow 8q_1i_1 + 2q_2i_2 = 0(2). \text{ Từ (1) và (2) thay các giá trị } q_1 \text{ và } i_1$$

tính được $i_2 = 8\text{mA}$

4) Năng lượng điện trường. Năng lượng từ trường. Năng lượng điện từ

$$W = W_C + W_L = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2}$$

Ví dụ 1: Cho một mạch dao động LC lí tưởng gồm tụ điện có điện dung $0,5 \text{ (}\mu\text{F)}$ và một cuộn dây thuần cảm. Biết điện áp cực đại trên tụ là 6 (V) . Xác định năng lượng dao động.

A. $3,6 \text{ }\mu\text{J}$

B. $9 \text{ }\mu\text{J}$

C. $3,8 \text{ }\mu\text{J}$

D. $4 \text{ }\mu\text{J}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$W = \frac{CU_0^2}{2} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ (J)}$$

Ví dụ 2: Một mạch dao động LC lí tưởng đang hoạt động, cuộn dây có độ tự cảm 5 mH . Khi điện áp giữa hai đầu cuộn cảm $1,2 \text{ V}$ thì cường độ dòng điện trong mạch bằng $1,8 \text{ mA}$. Còn khi điện áp giữa hai đầu cuộn cảm bằng $0,9 \text{ V}$ thì cường độ dòng điện trong mạch bằng $2,4 \text{ mA}$. Điện dung của tụ và năng lượng điện từ là

A. 200 nF và $2,25 \cdot 10^{-7} \text{ J}$

B. 20 nF và $5 \cdot 10^{-10} \text{ J}$

C. 10 nF và $25 \cdot 10^{-10} \text{ J}$

D. 10 nF và $3 \cdot 10^{-10} \text{ J}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} W = \frac{Cu_1^2}{2} + \frac{Li_1^2}{2} \\ W = \frac{Cu_2^2}{2} + \frac{Li_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W - \frac{1,2^2}{2}C = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot (1,8 \cdot 10^{-3})^2}{2} \\ W - \frac{0,9^2}{2}C = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot (2,4 \cdot 10^{-3})^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W = 2,25 \cdot 10^{-7} \text{ (J)} \\ C = 20 \cdot 10^{-8} \text{ (F)} \end{cases}$$

(Có thể dùng máy tính cầm tay để giải hệ!)

Ví dụ 3: (CĐ 2007): Một mạch dao động LC có điện trở thuần không đáng kể, tụ điện có điện dung $5 \text{ }\mu\text{F}$. Dao động điện từ riêng (tự do) của mạch LC với hiệu điện thế cực đại ở hai đầu tụ điện bằng 6 V . Khi hiệu điện thế ở hai đầu tụ điện là 4 V thì năng lượng từ trường trong mạch bằng

A. 10^{-5} J

B. $5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

C. $9 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

D. $4 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$W_L = W - W_C = \frac{CU_0^2}{2} - \frac{Cu^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{2} (6^2 - 4^2) = 5 \cdot 10^{-5} \text{ (J)}$$

Ví dụ 4: Một mạch dao động điện từ LC lý tưởng. Biết điện dung của tụ điện $C = 5 \text{ }\mu\text{F}$, hiệu điện thế cực đại hai đầu tụ điện là $U_0 = 12 \text{ V}$. Tại thời điểm mà hiệu điện thế hai đầu cuộn dây 8 V , thì năng lượng điện trường và năng lượng từ trường trong mạch có giá trị tương ứng là

A. $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ và $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

B. $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ và $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

C. $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ và $1,1 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

D. $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ và $3,0 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} W_C = \frac{Cu^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 8^2}{2} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ (J)} \\ W_L = \frac{CU_0^2}{2} - \frac{Cu^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2}{2} - \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 8^2}{2} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ (J)} \end{cases}$$

Ví dụ 5: Cho một mạch dao động điện từ gồm một tụ điện có điện dung 8 (pF) và một cuộn cảm có độ tự cảm 200 (μH). Bỏ qua điện trở thuần của mạch. Năng lượng dao động của mạch là 0,25 (μJ). Tính giá trị cực đại của dòng điện và hiệu điện thế trên tụ.

- A.** (0,05 A; 240 V) **B.** (0,05 A; 250 V) **C.** (0,04 A; 250 V) **D.** (0,04 A; 240 V)

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow \begin{cases} I_0 = \sqrt{\frac{2W}{L}} = 0,05 \text{ (A)} \\ U_0 = \sqrt{\frac{2W}{C}} = 250 \text{ (V)} \end{cases}$$

$$\text{Chú ý: } W_C = nW_L \begin{cases} W_L = \frac{1}{n+1} W \Rightarrow |i| = \sqrt{\frac{1}{n+1}} I_0 \\ W_C = \frac{1}{n+1} W \Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{1}{n+1}} Q_0; |u| = \sqrt{\frac{1}{n+1}} U_0 \end{cases}$$

(Toàn bộ có (n + 1) phần W_L chiếm 1 phần và W_C chiếm n phần)

$$\Rightarrow \begin{cases} W_L = W_C \Rightarrow |i| = \frac{I_0}{\sqrt{2}}; |q| = \frac{Q_0}{\sqrt{2}}; |u| = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \\ W_L = 3W_C \Rightarrow |i| = \frac{I_0\sqrt{3}}{2}; |q| = \frac{Q_0}{2}; |u| = \frac{U_0}{2} \\ W_L = \frac{1}{3}W_C \Rightarrow |i| = \frac{I_0}{2}; |q| = \frac{Q_0\sqrt{3}}{2}; |u| = \frac{U_0\sqrt{3}}{2} \end{cases}$$

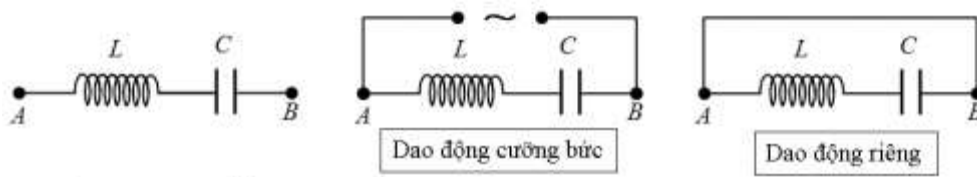
Ví dụ 6: Cường độ dòng điện trong mạch dao động LC có biểu thức $i = 9 \cos \omega t \text{ (mA)}$. Vào thời điểm năng lượng điện trường bằng 8 lần năng lượng từ trường thì cường độ dòng điện i bằng

- A.** 3 mA **B.** $1,5\sqrt{2}$ mA **C.** $2\sqrt{2}$ mA **D.** 1 mA

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$W_L = \frac{1}{8} W_C \begin{cases} W_L = \frac{1}{9} W \Rightarrow |i| = \sqrt{\frac{1}{9}} I_0 = 3 \text{ (mA)} \\ W_C = \frac{8}{9} W \end{cases}$$

5) Dao động cưỡng bức. Dao động riêng



* Nối AB vào nguồn xoay chiều thì mạch dao động cưỡng bức

$$\begin{cases} Z_L = \omega L \Rightarrow L = \frac{Z_L}{\omega} \\ Z_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{Z_C \omega} \end{cases}$$

* Cung cấp cho mạch năng lượng rồi nối AB bằng một dây dẫn thì mạch dao

động tự do với tần số góc thỏa mãn: $\frac{1}{\omega_0^2} = LC$. Nếu trước khi mạch dao động tự do, ta thay đổi độ

tự cảm và điện dung của tụ: $\frac{1}{\omega_0^2} = L'C' = (L \pm \Delta L)(C \pm \Delta C)$

Ví dụ 1: Đoạn mạch AB gồm cuộn cảm thuần nối tiếp với tụ điện. Đặt nguồn xoay chiều có tần số góc ω vào hai đầu A và B thì tụ điện có dung kháng 100Ω , cuộn cảm có cảm kháng 25Ω . Ngắt A, B ra khỏi nguồn rồi nối A và B thành mạch kín thì tần số góc dao động riêng của mạch là $100\pi(\text{rad/s})$. Tính ω .

A. $100\pi \text{ rad/s}$

B. $50\pi \text{ rad/s}$

C. 100 rad/s

D. 50 rad/s

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\begin{cases} Z_L = \omega L = 25\Omega \Rightarrow L = \frac{25}{\omega} \\ Z_C = \frac{1}{\omega C} = 100\Omega \Rightarrow C = \frac{1}{100\omega} \end{cases} \left| \frac{1}{\omega_0^2} = LC \Rightarrow \frac{1}{(100\pi)^2} = \frac{25}{\omega} \cdot \frac{1}{100\omega} \right.$$

$$\Rightarrow \omega = 50\pi(\text{rad/s})$$

Ví dụ 2: Đoạn mạch AB gồm cuộn cảm thuần nối tiếp với tụ điện. Đặt nguồn xoay chiều có tần số góc ω vào hai đầu A và B thì tụ điện có dung kháng 100Ω , cuộn cảm có cảm kháng 50Ω . Ngắt A, B ra khỏi nguồn và tăng độ tự cảm của cuộn cảm một lượng $0,5 \text{ H}$ rồi nối A và B thành mạch kín thì tần số góc dao động riêng của mạch là $100 (\text{rad/s})$. Tính ω .

A. $80\pi \text{ rad/s}$

B. $50\pi \text{ rad/s}$

C. 100 rad/s

D. 50 rad/s

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\begin{cases} Z_L = \omega L = 50\Omega \Rightarrow L = \frac{50}{\omega} \\ Z_C = \frac{1}{\omega C} = 100\Omega \Rightarrow C = \frac{1}{100\omega} \end{cases} \left| \frac{1}{\omega_0^2} = L'C = (L + \Delta L)C \right.$$

$$\Rightarrow \frac{1}{10000} = \frac{50}{\omega} \frac{1}{100\omega} + 0,5 \cdot \frac{1}{100\omega} \Rightarrow \frac{1}{2} \frac{1}{\omega^2} + \frac{1}{200} \frac{1}{\omega} - \frac{1}{10000} = 0$$

$$\Rightarrow \omega = 100(\text{rad/s})$$

Ví dụ 3: Đoạn mạch AB gồm cuộn cảm thuần nối tiếp với tụ điện. Đặt nguồn xoay chiều có tần số góc ω vào hai đầu A và B thì tụ điện có dung kháng 100Ω , cuộn cảm có cảm kháng 50Ω .

Ngắt A, B ra khỏi nguồn và giảm điện dung của tụ một lượng $\Delta C = \frac{1}{8\pi} \text{ mF}$ rồi nối A và B thành

mạch kín thì tần số góc dao động riêng của mạch là $80\pi(\text{rad/s})$. Tính ω .

- A.** $40\pi \text{ rad/s}$ **B.** $50\pi \text{ rad/s}$ **C.** $60\pi \text{ rad/s}$ **D.** $100\pi \text{ rad/s}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} Z_L = \omega L = 50\Omega \Rightarrow L = \frac{50}{\omega} \\ Z_C = \frac{1}{\omega C} = 100\Omega \Rightarrow C = \frac{1}{100\omega} \end{cases} \left| \frac{1}{\omega_0^2} = L(C + \Delta C) \right.$$

$$\Rightarrow \frac{1}{(80\pi)^2} = \frac{50}{\omega} \frac{1}{100\omega} - \frac{50}{\omega} \frac{10^{-3}}{8\pi}$$

$$\Rightarrow \omega^2 + 40\pi\omega - 3200\pi^2 = 0 \Rightarrow \omega = 40\pi(\text{rad/s})$$

Chú ý: Đặt điện áp xoay chiều $u = U_0 \cos \omega t$ lần lượt vào hai đầu đoạn mạch chỉ chứa L, chỉ chứa

$$C \text{ thì biên độ dòng điện lần lượt là } \begin{cases} I_{01} = \frac{U_0}{Z_L} = \frac{U_0}{\omega L} \\ I_{02} = \frac{U_0}{Z_C} = \omega C U_0 \end{cases} \Rightarrow I_{01} I_{02} = U_0^2 \frac{C}{L}$$

$$\text{Nếu mắc LC thành mạch dao động thì } W = \frac{L I_0^2}{2} = \frac{C U_0^2}{2} \Rightarrow I_0^2 = U_0^2 \frac{C}{L}$$

$$\text{Từ đó suy ra: } \frac{I_0^2}{I_{01} I_{02}} = \frac{U_0^2}{U_0^2} \Rightarrow I_0 = \frac{U_0}{U_0} \sqrt{I_{01} I_{02}}$$

Ví dụ 4: Nếu mắc điện áp $u = U_0 \cos \omega t$ vào hai đầu cuộn thuần cảm L thì biên độ dòng điện tức thời là I_{01} . Nếu mắc điện áp trên vào hai đầu tụ điện C thì biên độ dòng điện tức thời I_{02} . Mắc L và C thành mạch dao động LC. Nếu điện áp cực đại hai đầu tụ U_0 thì dòng cực đại qua mạch là

- A.** $I_0 = \sqrt{I_{01} I_{02}}$ **B.** $I_0 = \frac{2U_0^2}{\sqrt{I_{01} I_{02}}}$ **C.** $I_0 = \frac{U_0^2}{\sqrt{2I_{01} I_{02}}}$ **D.** $I_0 = \frac{U_0^2}{2\sqrt{I_{01} I_{02}}}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} \omega L = \frac{U_0}{I_{01}}; \frac{1}{\omega C} = \frac{U_0}{I_{01}} \Rightarrow \frac{L}{C} = \frac{U_0^2}{I_{01}I_{02}} \\ W = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow I_0 = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}} = U_0 \sqrt{\frac{I_{01}I_{02}}{U_0^2}} = \sqrt{I_{01}I_{02}} \end{cases}$$

Ví dụ 5: Nếu mắc điện áp $u = U_0 \cos \omega t$ (V) vào hai đầu cuộn thuần cảm L thì biên độ dòng điện tức thời là 4 (A). Nếu mắc điện áp trên vào hai đầu tụ điện C thì biên độ dòng điện tức thời 9 (A). Mắc L và C thành mạch dao động LC thì điện áp cực đại hai đầu tụ 1 (V) và dòng cực đại qua mạch là 10 A. Tính U_0 .

A. 100 V

B. 1 V

C. 60 V

D. 0,6 V

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\text{Áp dụng } \frac{I_0^2}{I_{01}I_{02}} = \frac{U_0^2}{U_0^2} \Rightarrow \frac{10^2}{4.9} = \frac{I_0^2}{U_0^2} \Rightarrow U_0 = 0,6(\text{V})$$

6) Khoảng thời gian

Thời gian ngắn nhất từ lúc năng lượng điện trường cực đại ($i=0, u=\pm U_0, q=\pm Q_0$) đến lúc năng lượng từ trường cực đại ($i=I_0, u=0, q=0$) là $\frac{T}{4}$. Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp

mà $W_L = W_C$ là $\frac{T}{4}$. Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp để các đại lượng $q, u, i, E, B, W_L,$

W_C bằng 0 hoặc có độ lớn cực đại là $\frac{T}{2}$.

Ví dụ 1: Một mạch dao động điện từ LC lí tưởng, ở thời điểm ban đầu điện tích trên tụ đạt cực đại 10 (nC). Thời gian để tụ phóng hết điện tích là 2 (μs). Cường độ hiệu dụng của dòng điện trong mạch là

A. 7,85 mA

B. 15,72 mA

C. 78,52 mA

D. 5,55 mA

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Thời gian phóng hết điện tích chính là thời gian từ lúc $q = Q_0$ đến $q = 0$ và bằng

$$\frac{T}{4} : \frac{T}{4} = 2.10^{-6} \Rightarrow T = 8.10^{-6}(\text{s}) \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 250000\pi(\text{rad/s})$$

$$\Rightarrow I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{\omega Q_0}{\sqrt{2}} = \frac{250000\pi.10.10^{-9}}{\sqrt{2}} \approx 5,55.10^{-3}(\text{A})$$

Ví dụ 2: Mạch dao động LC lí tưởng, cường độ dòng điện tức thời trong mạch dao động biến thiên theo phương trình: $i = 0,04 \cos \omega t$ (A). Biết cứ sau những khoảng thời gian ngắn nhất 0,25 (μs) thì

năng lượng điện trường và năng lượng từ trường bằng nhau bằng $\frac{0,8}{\pi}(\mu\text{J})$. Điện dung của tụ điện bằng

A. $\frac{25}{\pi}(\text{pF})$

B. $\frac{100}{\pi}(\text{pF})$

C. $\frac{120}{\pi}(\text{pF})$

D. $\frac{125}{\pi}(\text{pF})$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$W = W_L + W_C = 2 \cdot \frac{0,8}{\pi} 10^{-6}(\text{J}) = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow L = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{\pi}(\text{H}). \text{ Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp}$$

$$\text{mà } W_L = W_C \text{ là } \frac{T}{4} \text{ nên } \frac{T}{4} = 0,25 \cdot 10^{-6}(\text{s}) \Rightarrow T = 10^{-6}(\text{s})$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot 10^6(\text{rad/s}) \Rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{125 \cdot 10^{-12}}{\pi}(\text{F})$$

Ví dụ 3: Một mạch dao động lí tưởng gồm cuộn cảm thuần L và tụ C thực hiện dao động điện từ tự do. Tại thời điểm $t = 0$, điện áp trên tụ bằng giá trị hiệu dụng. Tại thời điểm $t = 150 \mu\text{s}$ năng lượng điện trường và năng lượng từ trường trong mạch bằng nhau. Xác định tần số dao động của mạch biết nó từ 23,5 kHz đến 26 kHz.

A. 25,0 kHz

B. 24,0 kHz

C. 24,5 kHz

D. 25,5 kHz

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\text{Khoảng thời gian hai lần để } W_L = W_C \text{ là } k \frac{T}{4} \text{ nên } 150 \cdot 10^{-6} = k \frac{T}{4} = \frac{k}{4f}$$

$$\Rightarrow f = \frac{5000}{3} k = \frac{5k}{3} \text{ kHz} \xrightarrow{23,5 \leq f \leq 26} 14,1 \leq k \leq 15,6k$$

$$\Rightarrow k = 15 \Rightarrow f = 25(\text{kHz})$$

Ví dụ 4: Một mạch dao động điện từ LC lí tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm $2 \mu\text{H}$ và tụ điện có điện dung $2 \mu\text{F}$. Trong mạch có dao động điện từ tự do. Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp mà năng lượng điện trường của tụ điện có độ lớn cực đại là

A. $2\pi \mu\text{s}$

B. $4\pi \mu\text{s}$

C. $\pi \mu\text{s}$

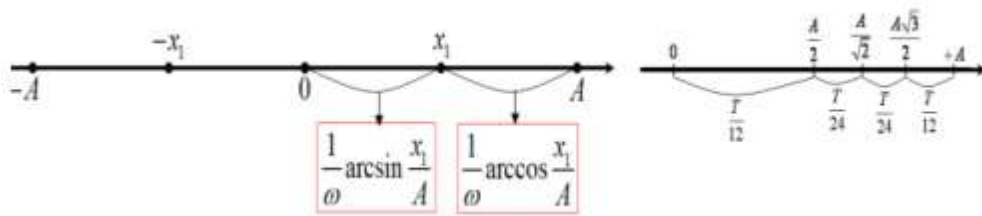
D. $1 \mu\text{s}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp mà năng lượng điện trường của tụ điện có độ lớn cực đại

$$\text{là } \frac{T}{2} = \pi\sqrt{LC} = 2\pi \cdot 10^{-6}(\text{s})$$

Chú ý: Phân bố thời gian trong dao động điều hòa:



Ví dụ 5: Mạch dao động LC dao động điều hoà với tần số góc 1000 rad/s. Tại thời điểm $t = 0$, dòng điện đạt giá trị cực đại bằng I_0 . Thời điểm gần nhất mà dòng điện bằng $0,6I_0$ là

Thời gian ngắn nhất đi từ $i = I_0$ đến $i = 0,6I_0$ là \arccos :

- A. 0,927 (ms) B. 1,107 (ms) C. 0,25 (ms) D. 0,464 (ms)

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$t = \frac{1}{\omega} \arccos \frac{i}{I_0} = \frac{1}{10^3} \arccos 0,6 \approx 9,27 \cdot 10^{-4} (\text{s})$$

Ví dụ 6: Mạch dao động LC dao động điều hoà với tần số góc 1000 rad/s. Tại thời điểm $t = 0$, dòng điện bằng 0. Thời điểm gần nhất mà năng lượng điện trường bằng 4 lần năng lượng từ trường là

- A. 0,5 (ms) B. 1,107 (ms) C. 0,25 (ms) D. 0,464 (ms)

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$W_C = 4W_L \Rightarrow \begin{cases} W_L = \frac{1}{5} W \Rightarrow |i| = \sqrt{\frac{1}{5}} I_0 \\ W_C = \frac{4}{5} W \end{cases}$$

Thời gian ngắn nhất đi từ $i = 0$ đến $i = \sqrt{\frac{1}{5}} I_0$ là \arcsin :

$$t = \frac{1}{\omega} \arccos \frac{i}{I_0} = \frac{1}{10^3} \arcsin \sqrt{\frac{1}{5}} \approx 4,64 \cdot 10^{-4} (\text{s})$$

Ví dụ 7: (ĐH – 2007): Một tụ điện có điện dung $10 \mu\text{F}$ được tích điện đến một hiệu điện thế xác định. Sau đó nối hai bản tụ điện vào hai đầu một cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm 1 H. Bỏ qua điện trở của các dây nối, lấy $\pi^2 = 10$. Sau khoảng thời gian ngắn nhất là bao nhiêu (kể từ lúc nối) điện tích trên tụ điện có giá trị bằng một nửa giá trị ban đầu?

- A. $\frac{3}{400}$ s B. $\frac{1}{600}$ s C. $\frac{1}{300}$ s D. $\frac{1}{1200}$ s

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

Thời gian ngắn nhất đi từ $i = Q_0$ đến $i = 0,5Q_0$ là $\frac{T}{6} = \frac{1}{6} \cdot 2\pi\sqrt{LC} = \frac{1}{300} (s)$

Ví dụ 8: (ĐH-2011) Trong mạch dao động LC lí tưởng đang có dao động điện từ tự do. Thời gian ngắn nhất để năng lượng điện trường giảm từ giá trị cực đại xuống còn một nửa giá trị cực đại là $1,5 \cdot 10^{-4} s$. Thời gian ngắn nhất để điện tích trên tụ giảm từ giá trị cực đại xuống còn một nửa giá trị đó là

A. $2 \cdot 10^{-4} s$

B. $6 \cdot 10^{-4} s$

C. $12 \cdot 10^{-4} s$

D. $3 \cdot 10^{-4} s$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Thời gian ngắn nhất để năng lượng điện trường giảm từ giá trị cực đại (giả sử lúc này $q = Q_0$)

xuống còn một nửa giá trị cực đại ($q = \frac{Q_0}{\sqrt{2}}$) là $\frac{T}{8} = 1,5 \cdot 10^{-4} s$, suy ra $T = 1,2 \cdot 10^{-3} s$

Thời gian ngắn nhất để điện tích trên tụ giảm từ giá trị cực đại xuống còn một nửa giá trị đó là $\frac{T}{6} = 2 \cdot 10^{-4} s$

Ví dụ 9: (ĐH-2012) Một mạch dao động điện từ lí tưởng đang có dao động điện từ tự do. Biết điện tích cực đại trên một bản tụ điện là $4\sqrt{2} (\mu C)$ và cường độ dòng điện cực đại trong mạch là $0,5\pi\sqrt{2} (A)$. Thời gian ngắn nhất để điện tích trên một bản tụ giảm từ giá trị cực đại đến nửa giá trị cực đại là

A. $\frac{4}{3} \mu s$

B. $\frac{16}{3} \mu s$

C. $\frac{2}{3} \mu s$

D. $\frac{8}{3} \mu s$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Tần số góc $\omega = \frac{I_0}{Q_0} = 125000\pi (rad/s)$, suy ra $T = \frac{2\pi}{\omega} = 1,6 \cdot 10^{-5} s = 16 \mu s$

Thời gian ngắn nhất để điện tích trên một bản tụ giảm từ giá trị cực đại Q_0 đến nửa giá trị cực đại $0,5Q_0$ là $\frac{T}{6} = \frac{8}{3} (\mu s)$

Ví dụ 10: (ĐH - 2013): Mạch dao động LC lí tưởng đang hoạt động, điện tích cực đại của tụ điện là $q_0 = 10^{-6} C$ và cường độ dòng điện cực đại trong mạch là $I_0 = 3\pi (mA)$. Tính từ thời điểm điện tích trên tụ là q_0 , khoảng thời gian ngắn nhất để cường độ dòng điện trong mạch có độ lớn bằng I_0 là

A. $\frac{10}{3} ms$

B. $\frac{1}{6} \mu s$

C. $\frac{1}{2} ms$

D. $\frac{1}{6} ms$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

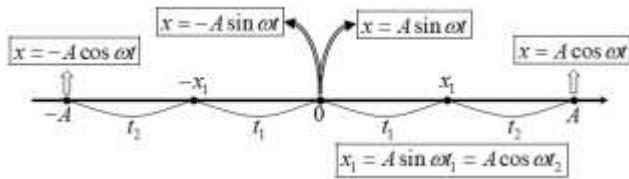
Tần số góc $\omega = \frac{I_0}{Q_0} = 3000\pi(\text{rad/s})$, suy ra $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{1500} \text{ s} = \frac{2}{3} \text{ ms}$

Thời gian ngắn nhất từ lúc $q=q_0$ đến $i=I_0$ là $\frac{T}{4} = \frac{1}{6} \text{ ms}$

Chú ý:

1) Nếu gọi t_{\min} là khoảng thời gian ngắn nhất giữa hai lần liên tiếp mà $|x|=x_1$ thì t_{\min} tính như hình vẽ.

2) Khoảng thời gian trong một chu kì để $|x|<x_1$ là $4t_1$ và để $|x|>x_1$ là $4t_2$



$$\begin{cases} t_1 = \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{x_1}{A} \\ t_2 = \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{x_1}{A} \end{cases} \begin{cases} x_1 = \frac{A}{\sqrt{2}} \Rightarrow t_1 = t_2 = \frac{T}{8} \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{4} \\ x_1 < \frac{A}{\sqrt{2}} \Rightarrow t_1 < \frac{T}{8}; t_2 > \frac{T}{8} \Rightarrow t_{\min} = 2t_1 \\ x_1 > \frac{A}{\sqrt{2}} \Rightarrow t_1 > \frac{T}{8}; t_2 < \frac{T}{8} \Rightarrow t_{\min} = 2t_2 \end{cases}$$

Ví dụ 11: Trong mạch dao động điện từ tự do LC, có tần số góc 2000 rad/s. Thời gian ngắn nhất giữa hai lần liên tiếp năng lượng điện trường trong tụ bằng 5 lần năng lượng từ trường trong cuộn cảm là

A. 1,596 ms

B. 0,798 ms

C. 0,4205 ms

D. 1,1503 ms

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$W_C = 5W_L \Rightarrow \begin{cases} W_L = \frac{1}{6} W \\ W_C = \frac{5}{6} W \Rightarrow |u| = u_1 = \sqrt{\frac{5}{6}} U_0 > \frac{U_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow t_{\min} = 2 \frac{1}{\omega} \arccos \frac{u_1}{U_0} \end{cases}$$

$$t_{\min} = 2 \frac{1}{2000} \arccos \sqrt{\frac{5}{6}} \approx 4,205 \cdot 10^{-4} (\text{s})$$

Ví dụ 12: Trong mạch dao động điện từ tự do LC, có tần số góc 2000 rad/s. Thời gian ngắn nhất giữa hai lần liên tiếp năng lượng từ trường trong cuộn cảm bằng 6 lần năng lượng điện trường trong tụ là

A. 1,1832 ms

B. 0,3876 ms

C. 0,4205 ms

D. 1,1503 ms

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$W_L = 6W_C \Rightarrow \begin{cases} W_C = \frac{1}{7} W \Rightarrow |u| = u_1 = \sqrt{\frac{1}{7}} U_0 < \frac{U_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow t_{\min} = 2 \frac{1}{\omega} \arccos \frac{u_1}{U_0} \\ W_L = \frac{6}{7} W \end{cases}$$

$$t_{\min} = 2 \frac{1}{2000} \arccos \sqrt{\frac{1}{7}} \approx 3,876.10^{-4} (s)$$

Ví dụ 13: Một mạch dao động LC lí tưởng với điện áp cực đại trên tụ là U_0 . Biết khoảng thời gian để điện áp u trên tụ có độ lớn $|u|$ không vượt quá $0,8U_0$ trong một chu kì là $4 \mu s$. Điện trường trong tụ biến thiên theo thời gian với tần số góc là

- A. $1,85.10^6 \text{ rad/s}$ B. $0,63.10^6 \text{ rad/s}$ C. $0,93.10^6 \text{ rad/s}$ D. $0,64.10^6 \text{ rad/s}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

Khoảng thời gian để điện áp u trên tụ có độ lớn $|u|$ không vượt quá $0,8U_0$ trong một chu kì là

$$4t_1 = 4 \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{0,8U_0}{U_0}$$

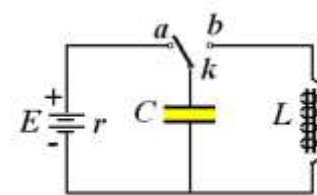
Thay số vào ta được: $4 \frac{1}{\omega} \arcsin 0,8 = 4.10^{-6} \Rightarrow \omega \approx 0,93.10^6 \text{ (rad/s)}$

2. BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN NẠP NĂNG LƯỢNG CHO MẠCH LC. LIÊN QUAN ĐẾN BIỂU THỨC.

Phương pháp giải

1) Nạp năng lượng cho tụ

Ban đầu khóa k nối với a , điện áp cực đại trên tụ bằng suất điện động của nguồn điện 1 chiều $U_0 = E$. Sau đó, khóa k chuyển sang b thì



mạch hoạt động với năng lượng: $W = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}$

Ví dụ 1: Mạch dao động LC lí tưởng được cung cấp một năng lượng $4 (\mu J)$ từ nguồn điện một chiều có suất điện động $8 (V)$ bằng cách nạp điện cho tụ. Biết tần số góc của mạch dao động 4000 (rad/s) . Xác định độ tự cảm của cuộn dây.

- A. $0,145 \text{ H}$ B. $0,35 \text{ H}$ C. $0,5 \text{ H}$ D. $0,15 \text{ H}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\begin{cases} W = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow C = \frac{2W}{U_0^2} = \frac{2.4.10^{-6}}{8^2} = \frac{10^{-6}}{8} (F) \\ L = \frac{1}{\omega^2 C} = 0,5(H) \end{cases}$$

Ví dụ 2: Một mạch dao động lý tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm $L = 0,05 (H)$ và tụ điện có điện dung $C = 5 (\mu F)$. Lúc đầu tụ đã được cung cấp năng lượng cho mạch bằng cách ghép tụ vào nguồn không đổi có suất điện động E . Biểu thức dòng điện trong mạch có biểu thức $i = 0,2 \sin \omega t (A)$. Tính E .

- A. 20 V B. 40 V C. 25 V D. 10 V

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow U_0 = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}} = 0,2 \sqrt{\frac{0,05}{5.10^{-6}}} = 20(V)$$

Ví dụ 3: Một mạch dao động lý tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm L và tụ điện có điện dung C . Lúc đầu tụ đã được cung cấp năng lượng cho mạch bằng cách ghép tụ vào nguồn không đổi có suất điện động 2 V. Biểu thức năng lượng từ trong cuộn cảm có dạng $W_L = 20 \sin^2 \omega t (nJ)$. Điện dung của tụ là

- A. 20 nF B. 40 nF C. 25 nF D. 10 nF

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\begin{cases} U_0 = 2(V); W_{L_{\max}} = 20.10^{-9} (J) \\ W_{L_{\max}} = W = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow C = \frac{2W}{U_0^2} = \frac{2.20.10^{-9}}{2^2} = 10^{-8} (F) \end{cases}$$

Ví dụ 4: Trong mạch dao động LC lí tưởng, lúc đầu tụ điện được cấp một năng lượng 1 (μJ) từ nguồn điện một chiều có suất điện động 4 V. Cứ sau những khoảng thời gian như nhau 1 (μs) thì năng lượng trong tụ điện và trong cuộn cảm lại bằng nhau. Độ tự cảm của cuộn dây là

- A. $\frac{35}{\pi^2} (\mu H)$ B. $\frac{34}{\pi^2} (\mu H)$ C. $\frac{30}{\pi^2} (\mu H)$ D. $\frac{30}{\pi^2} (\mu H)$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Đây là trường hợp nạp năng lượng cho tụ nên $U_0 = 4(V)$, từ công thức

$$W = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow C = \frac{2W}{U_0^2} = \frac{2.10^{-6}}{16} = 0,125.10^{-6} (F)$$

Khoảng thời gian hai lần liên tiếp để $W_L = W_C$ là $\frac{T}{4} = 10^{-6} s$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \cdot 10^6 \text{ (rad/s)} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{32}{\pi^2} \cdot 10^{-6} \text{ (H)}$$

Ví dụ 5: Mạch dao động lý tưởng gồm tụ điện có điện dung và cuộn dây có độ tự cảm L . Dùng nguồn điện một chiều có suất điện động 6 (V) cung cấp cho mạch một năng lượng $5(\mu\text{J})$ thì cứ sau khoảng thời gian ngắn nhất 1 (μs) dòng điện tức thời trong mạch triệt tiêu. Xác định biên độ dòng điện trong mạch.

A. $\frac{5\pi}{3}$ A

B. $\frac{\pi}{3}$ A

C. $\frac{2\pi}{3}$ A

D. $\frac{4\pi}{3}$ A

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$U_0 = 6 \text{ (V)} \text{ mà } W = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow C = \frac{2W}{U_0^2} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{36} = \frac{5}{18} \cdot 10^{-6} \text{ (F)}$$

Khoảng thời gian hai lần liên tiếp $i = 0$ là

$$\frac{T}{2} = \pi\sqrt{LC} = 10^{-6} \text{ (s)} \Rightarrow L = \frac{3,6}{\pi^2} \cdot 10^{-6} \text{ (H)}$$

$$W = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0 \sqrt{\frac{2W}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{\frac{3,6}{\pi^2} \cdot 10^{-6}}} = \frac{5\pi}{3} \text{ (A)}$$

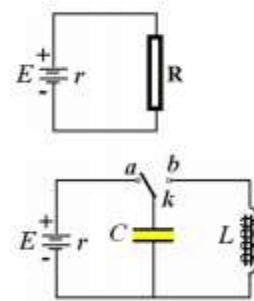
Chú ý: Nếu lúc đầu dùng nguồn điện một chiều có suất điện động E và

điện trở trong r cho dòng điện chạy qua R thì $I = \frac{E}{r+R}$

Sau đó, dùng nguồn điện này để cung cấp năng lượng cho mạch LC

bằng cách nạp điện cho tụ thì $U_0 = E$ và $I_0 = \omega Q_0 = \omega C U_0 = \omega C E$

$$\text{Suy ra } \frac{I_0}{1} = \omega C (r + R), \text{ với } \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \frac{2}{\sqrt{LC}}$$



Ví dụ 6: Nếu nối hai đầu đoạn mạch gồm cuộn cảm thuần L mắc nối tiếp với điện trở thuần $R = 1 \Omega$ vào hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động không đổi và điện trở trong $r = 1 \Omega$ thì trong mạch có dòng điện không đổi cường độ 1,5 A. Dùng nguồn điện này để nạp điện cho một tụ điện có điện dung $C = 1 \mu\text{F}$. Khi điện tích trên tụ điện đạt giá trị cực đại, ngắt tụ điện khỏi nguồn rồi nối tụ điện với cuộn cảm thuần L thành một mạch dao động thì trong mạch có dao động điện từ tự do với tần số góc 10^6 rad/s và cường độ dòng điện cực đại bằng I_0 . Tính I_0 .

A. 1,5 A

B. 2 A

C. 0,5 A

D. 3 A

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Áp dụng: $\frac{I_0}{I} = \omega C(r + R) \Rightarrow \frac{I_0}{1,5} = 10^6 \cdot 10^{-6} (1+1) \Rightarrow I_0 = 3 \text{ (A)}$

Ví dụ 7: (ĐH-2011) Nếu nối hai đầu đoạn mạch gồm cuộn cảm thuần L mắc nối tiếp với điện trở thuần $R = 1 \Omega$ vào hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động không đổi và điện trở trong r thì trong mạch có dòng điện không đổi cường độ I . Dùng nguồn điện này để nạp điện cho một tụ điện có điện dung $C = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$. Khi điện tích trên tụ điện đạt giá trị cực đại, ngắt tụ điện khỏi nguồn rồi nối tụ điện với cuộn cảm thuần L thành một mạch dao động thì trong mạch có dao động điện từ tự do với chu kì bằng $\pi \cdot 10^{-6} \text{ s}$ và cường độ dòng điện cực đại bằng $8I$. Giá trị của r bằng

A. $0,25 \Omega$

B. 1Ω

C. $0,5 \Omega$

D. 2Ω

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

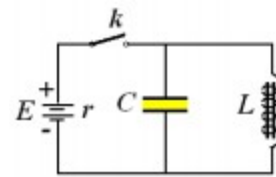
Tần số góc: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\pi \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^6 \text{ (rad/s)}$

Áp dụng: $\frac{I_0}{I} = \omega C(r + R) \Rightarrow 8 = 2 \cdot 10^6 (1 + R) \Rightarrow R = 1 \text{ (}\Omega\text{)}$

2) Nạp năng lượng cho cuộn cảm

Lúc đầu khoá k đóng, trong mạch có dòng một chiều ổn định $I_0 = \frac{E}{r}$

. Sau đó, khoá k mở thì I_0 chính là biên độ của dòng điện trong mạch dao động LC. Mạch hoạt động với năng lượng:



$$W = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}$$

Ví dụ 1: Một mạch dao động LC lí tưởng gồm tụ điện có điện dung $10 \mu\text{F}$ và cuộn cảm thuần có độ tự cảm $L = 4 \text{ mH}$. Nối hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động 6 mV và điện trở trong 2Ω vào hai đầu cuộn cảm. Sau khi dòng điện trong mạch ổn định, cắt nguồn thì mạch LC dao động với hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ là

A. $3\sqrt{2} \text{ mV}$

B. $30\sqrt{2} \text{ mV}$

C. 6 mV

D. 60 mV

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Đây là trường hợp nạp năng lượng cho cuộn cảm nên $I_0 = \frac{E}{r}$, từ công thức

$$W = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow U_0 = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{E}{r} \sqrt{\frac{L}{C}} = 0,003 \sqrt{\frac{0,004}{10 \cdot 10^{-6}}} = 0,06 \text{ (V)}$$

Chú ý: Khi nạp năng lượng cho cuộn cảm, từ công thức $W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{L}{2} \left(\frac{E}{r} \right)^2$ suy ra:

$$\frac{L}{C} = r^2 \left(\frac{U_0}{E} \right)^2, \text{ kết hợp với công thức } LC = \frac{1}{\omega^2} \text{ ta sẽ tìm được } L, C.$$

Ví dụ 2: Một mạch dao động LC lí tưởng gồm tụ điện có điện dung C và cuộn cảm thuần có độ tự cảm L. Nối hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động E và điện trở trong r vào hai đầu cuộn cảm. Sau khi dòng điện trong mạch ổn định, cắt nguồn thì mạch LC dao động hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ là U_0 . Biết $L = 25r^2C$. Tính tỉ số U_0 và E.

A. 10

B. 100

C. 5

D. 25

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\text{Áp dụng công thức } \frac{L}{C} = r^2 \left(\frac{U_0}{E} \right)^2 \Rightarrow 25 = \frac{L}{r^2C} = \left(\frac{U_0}{E} \right)^2 \Rightarrow \frac{U_0}{E} = 5$$

Ví dụ 3: Một mạch dao động LC lí tưởng kín chưa hoạt động. Nối hai cực của nguồn điện một chiều có điện trở trong r vào hai đầu cuộn cảm. Sau khi dòng điện trong mạch ổn định, cắt nguồn thì mạch LC dao động với tần số góc ω và hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ gấp n lần suất điện động của nguồn điện một chiều. Tính điện dung của tụ và độ tự cảm của cuộn dây theo n, r và ω

A. $C = \frac{1}{2nr\omega}$ và $L = \frac{nr}{2\omega}$

B. $C = \frac{1}{nr\omega}$ và $L = \frac{nr}{\omega}$

C. $C = \frac{nr}{\omega}$ và $L = \frac{1}{nr\omega}$

D. $C = \frac{1}{\pi nr\omega}$ và $L = \frac{nr}{\pi\omega}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\text{Từ hệ } \begin{cases} \frac{L}{C} = r^2 \left(\frac{U_0}{E} \right)^2 = r^2 n^2 \\ LC = \frac{1}{\omega^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} L = \frac{nr}{\omega} \\ C = \frac{1}{nr\omega} \end{cases}$$

Ví dụ 4: Mạch dao động điện từ lí tưởng gồm cuộn cảm có độ tự cảm $L = 0,1 \text{ mH}$ và một bộ hai tụ điện có cùng điện dung C_0 mắc song song. Nối hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện

động E và điện trở trong 4Ω vào hai đầu cuộn cảm. Sau khi dòng điện trong mạch ổn định, cắt nguồn thì mạch LC dao động với hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ đúng bằng $5E$. Tính C_0 .

A. $0,25\ \mu\text{F}$

B. $1,25\ \mu\text{F}$

C. $6,25\ \mu\text{F}$

D. $0,125\ \mu\text{F}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Áp dụng công thức $\frac{L}{C} = r^2 \left(\frac{U_0}{E} \right)^2 \Rightarrow \frac{10^{-4}}{C} = 4^2 \cdot 5^2 \Rightarrow C = 0,25 \cdot 10^{-6} (\text{F})$. Vì hai tụ ghép song song

nên $C = C_1 + C_2$ suy ra: $C_0 = \frac{C}{2} = 0,125 \cdot 10^{-6} (\text{F})$

Ví dụ 5: Mạch dao động điện từ lí tưởng gồm cuộn cảm có độ tự cảm $L = 0,6\ \text{mH}$ và một bộ hai tụ điện C_1, C_2 mắc ghép nối tiếp. Nối hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động E và điện trở trong 4Ω vào hai đầu cuộn cảm. Sau khi dòng điện trong mạch ổn định, cắt nguồn thì mạch LC dao động với hiệu điện thế cực đại giữa hai đầu L đúng bằng $6E$. Biết $C_2 = 2C_1$. Tính C_1

A. $0,9375\ \mu\text{F}$

B. $1,25\ \mu\text{F}$

C. $6,25\ \mu\text{F}$

D. $0,125\ \mu\text{F}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Áp dụng công thức $\frac{L}{C} = r^2 \left(\frac{U_0}{E} \right)^2 \Rightarrow \frac{3,6 \cdot 10^{-4}}{C} = 4^2 \cdot 6^2$

$\Rightarrow C = 0,625 \cdot 10^{-6} (\text{F}) = 0,625 (\mu\text{F})$

Vì hai tụ ghép nối tiếp $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ nên suy ra: $\frac{1}{0,625} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{2C_1} \Rightarrow C_1 = 0,9375 (\mu\text{F})$

Chú ý: Đến đây ta phải ghi nhớ: Nạp năng lượng cho tụ thì $U_0 = E$, còn nạp năng lượng cho cuộn cảm thuần thì $I_0 = \frac{E}{r}$

Ví dụ 6: Một học sinh làm hai lần thí nghiệm sau đây.

Lần 1: Dùng nguồn điện một chiều có suất điện động 6 (V), điện trở trong $1,5\ \Omega$ nạp năng lượng cho tụ có điện dung C. Sau đó, ngắt tụ ra khỏi nguồn và nối tụ với cuộn cảm thuần có độ tự cảm L thì mạch dao động có năng lượng 5 (μJ).

Lần 2: Lấy tụ điện và cuộn cảm có điện dung và độ tự cảm giống như lần thí nghiệm 1, để mắc thành mạch LC. Sau đó, nối hai cực của nguồn nói trên vào hai bản tụ cho đến khi dòng trong

mạch ổn định thì cắt nguồn ra khỏi mạch. Lúc này, mạch dao động với năng lượng $8 \text{ (}\mu\text{J)}$. Tính tần số dao động riêng của các mạch nói trên.

A. 0,45 Mhz

B. 0,91 Mhz

C. 8 Mhz

D. 10 Mhz

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Lần 1: Nạp năng lượng cho tụ nên $C = \frac{2W}{U_0^2} = \frac{2.5.10^{-6}}{6^2} = \frac{10^{-5}}{36} \text{ (F)}$

Lần 2: Nạp năng lượng cho cuộn cảm thuần nên $W = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{L\left(\frac{E}{r}\right)^2}{2}$

$$\Rightarrow L = \frac{2Wr^2}{E^2} = \frac{2.8.10^{-6}}{6^2} = \frac{4}{9}10^{-6} \text{ (H)}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \approx 0,45.10^6 \text{ (Hz)}$$

Ví dụ 7: Mạch dao động LC lí tưởng, điện dung của tụ là $\frac{0,1}{\pi^2} \text{ (pF)}$. Nối hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động E và điện trở trong 1Ω vào hai đầu cuộn cảm. Sau khi dòng điện trong mạch ổn định, cắt nguồn thì mạch LC dao động với năng lượng $4,5 \text{ mJ}$. Khoảng thời gian ngắn nhất từ lúc năng lượng điện trường cực đại đến lúc năng lượng từ trường cực đại là 5 ns . Tính E .

A. 0,2 (V)

B. 3 (V)

C. 5 (V)

D. 2 (V)

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

Khoảng thời gian ngắn nhất từ lúc năng lượng điện trường cực đại đến lúc năng lượng từ trường cực đại là $\frac{T}{4} = 5.10^{-9} \Rightarrow T = 2.10^{-8} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 10^8 \pi \text{ (rad/s)} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C} = 0,001 \text{ (H)}$. Đây là

trường hợp nạp năng lượng cho cuộn cảm nên $I_0 = \frac{E}{r}$, do đó, từ công thức tính năng lượng dao

động $W = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{L\left(\frac{E}{r}\right)^2}{2}$

$$\Rightarrow 4,5.10^{-3} = \frac{0,001}{2} \left(\frac{E}{1}\right)^2 \Rightarrow E = 3 \text{ (V)}$$

Ví dụ 8: Một mạch dao động LC lí tưởng, ban đầu nối hai đầu của cuộn dây thuần cảm vào hai cực của một nguồn điện có suất điện động E , điện trở trong là 2Ω , sau khi dòng điện chạy trong mạch đạt giá trị ổn định thì người ta ngắt nguồn và mạch LC với điện tích cực đại của tụ là 2.10^{-6}

C. Biết khoảng thời gian ngắn nhất kể từ lúc năng lượng từ trường đạt giá trị cực đại đến khi năng lượng trên tụ bằng ba lần năng lượng trên cuộn cảm là $\frac{\pi}{6} \mu s$. Giá trị E là

A. 6 (V)

B. 2 V

C. 4

D. 8 (V)

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Khoảng thời gian ngắn nhất kể từ lúc năng lượng từ trường đạt giá trị cực đại (giả sử lúc này $i = I_0$) đến khi năng lượng trên tụ bằng ba lần năng lượng trên cuộn cảm (lúc này $i = \frac{I_0}{2}$) là

$$\frac{T}{6} = \frac{\pi}{6} 10^{-6} \Rightarrow T = \pi \cdot 10^{-6} (s) \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 2 \cdot 10^6 \text{ (rad/s)}$$

Trường hợp này nạp năng lượng cho cuộn cảm nên $I_0 = \frac{E}{r}$, do đó, từ công thức tính năng lượng

$$\text{dao động: } W = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{L}{2} \left(\frac{E}{r} \right)^2$$

$$\Rightarrow E = Q_0 \omega r = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 2 = 8 (V)$$

3) Biểu thức phụ thuộc thời gian

Các đại lượng $q, u, \vec{E}, i, \vec{B}$ biến thiên điều hòa theo thời gian với cùng tần số góc:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{I_0}{Q_0}$$

Trong đó, chia làm hai nhóm: nhóm I gồm i, \vec{B} cùng pha nhau và sớm hơn nhóm II gồm q, u, \vec{E} là $\frac{\pi}{2}$. Hai nhóm này vuông pha nhau.

Ví dụ 1: Trong một mạch dao động LC, tụ điện có điện dung là $5 \mu F$, cường độ tức thời của dòng điện là $i = 0,05 \sin(2000t) (A)$, với t đo bằng giây. Tìm độ tự cảm của cuộn cảm và biểu thức cho điện tích của tụ.

A. $L = 0,05 \text{ H}$ và $q = 25 \cos(2000t - \pi) \mu C$

B. $L = 0,05 \text{ H}$ và $q = 25 \cos\left(2000t - \frac{\pi}{2}\right) \mu C$

C. $L = 0,005 \text{ H}$ và $q = 25 \cos(2000t - \pi) \mu C$

D. $L = 0,005 \text{ H}$ và $q = 2,5 \cos(2000t - \pi) \mu C$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\text{Độ tự cảm: } L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{2000^2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 0,05(\text{H})$$

$$\text{Biên độ của điện tích trên tụ: } Q_0 = \frac{I_0}{\omega} = 25 \cdot 10^{-6}(\text{C})$$

$$\text{Vì } q \text{ trễ pha hơn } i \text{ là } \frac{\pi}{2} \text{ nên } q = Q_0 \sin\left(2000t - \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow q = 25 \cos(2000t - \pi) \mu\text{C}$$

Ví dụ 2: Trong một mạch dao động LC, điện tích trên một bản tụ biến thiên theo phương trình

$$q = Q_0 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right). \text{ Như vậy:}$$

- A.** Tại các thời điểm $\frac{T}{4}$ và $\frac{3T}{4}$, dòng điện trong mạch có độ lớn cực đại, chiều ngược nhau.
- B.** Tại các thời điểm $\frac{T}{2}$ và T , dòng điện trong mạch có độ lớn cực đại, chiều ngược nhau.
- C.** Tại các thời điểm $\frac{T}{4}$ và $\frac{3T}{4}$, dòng điện trong mạch có độ lớn cực đại, chiều như nhau.
- D.** Tại các thời điểm $\frac{T}{2}$ và T , dòng điện trong mạch có độ lớn cực đại, chiều như nhau.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\text{Từ } q = Q_0 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = Q_0 \sin \omega t, \text{ suy ra: } i = q' = \omega Q_0 \cos \omega t = Q_0 \sin \omega t$$

$$\begin{cases} t = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\omega} \Rightarrow i = I_0 \cos \omega \frac{\pi}{\omega} = -I_0 \\ t = T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow i = I_0 \cos \omega \frac{2\pi}{\omega} = +I_0 \end{cases}$$

Ví dụ 3: Điện áp trên tụ điện và cường độ dòng điện trong mạch dao động LC có

$$\text{biểu thức tương ứng là: } u = 2 \cos(10^6 t)(\text{V}) \text{ và } i = 4 \cos\left(10^6 t + \frac{\pi}{2}\right)(\text{mA}). \text{ Hệ số}$$

tự cảm L và điện dung C của tụ điện lần lượt là

- A.** $L = 0,5 \mu\text{H}$ và $C = 2 \mu\text{F}$
- B.** $L = 0,5 \text{ mH}$ và $C = 2 \text{ nF}$
- C.** $L = 5 \text{ mH}$ và $C = 0,2 \text{ nF}$
- D.** $L = 2 \text{ mH}$ và $C = 0,5 \text{ nF}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\text{Cách 1: } \begin{cases} I_0 = \omega Q_0 = \omega C U_0 \Rightarrow C = \frac{I_0}{\omega U_0} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{10^6 \cdot 2} = 2 \cdot 10^{-9} (\text{F}) \\ L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{10^{12} \cdot 2 \cdot 10^{-9}} = 5 \cdot 10^{-4} (\text{H}) \end{cases}$$

$$\text{Cách 2: } \begin{cases} W = \frac{C U_0^2}{2} = \frac{L I_0^2}{2} \Rightarrow \frac{L}{C} = \frac{U_0^2}{I_0^2} = 250000 \\ LC = \frac{1}{\omega^2} = 10^{-12} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} L = 5 \cdot 10^{-4} (\text{H}) \\ C = 2 \cdot 10^{-9} (\text{F}) \end{cases}$$

Ví dụ 4: Mạch dao động lý tưởng LC gồm tụ điện có điện dung 25 (nF) và cuộn dây có độ tự cảm

L. Dòng điện trong mạch: $i = 0,02 \cos\left(8000t - \frac{\pi}{2}\right)$ (A) (t đo bằng giây). Tính năng lượng điện

trường vào thời điểm $t = \frac{\pi}{48000}$ (s).

A. 36,5 μJ

B. 93,75 μJ

C. 38,5 μJ

D. 39,5 μJ

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\begin{cases} L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{8000^2 \cdot 25 \cdot 10^{-9}} = 0,625 (\text{H}) \\ i\left(\frac{\pi}{48000}\right) = 0,02 \cos\left(8000 \cdot \frac{\pi}{48000} - \frac{\pi}{2}\right) = 0,01 (\text{A}) \end{cases}$$

$$W_c = W - W_L = \frac{L}{2} (I_0^2 - i^2) = \frac{0,625}{2} (0,02^2 - 0,01^2) = 93,75 \cdot 10^{-6} (\text{J})$$

Ví dụ 5: Dòng điện trong mạch dao động lý tưởng LC biến thiên: $i = 0,02 \cos\left(8000t - \frac{\pi}{2}\right)$ (A) (t

đo bằng ms). Biết năng lượng điện trường vào thời điểm $t = \frac{T}{12}$ là 93,75 μJ (với T là chu kỳ dao

động của mạch). Điện dung của tụ điện là

A. 0,125 mF

B. 25 nF

C. 25 mF

D. 12,5 nF.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\omega = 8000 (\text{rad/s}); i_{\frac{\pi}{48000}} = 0,02 \cos\left(8000 \cdot \frac{\pi}{48000} - \frac{\pi}{2}\right) = 0,01 (\text{A}) = \frac{I_0}{2}$$

$$\text{Cách 1: } W_L = \frac{1}{4} W \Rightarrow W_c = \frac{3}{4} W = \frac{3}{4} \frac{L I_0^2}{2} \Rightarrow L = \frac{8 W_c}{3 I_0^2} = \frac{5}{8} (\text{H})$$

$$\Rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L} = 25 \cdot 10^{-9} (\text{F})$$

$$\text{Cách 2: } W_C = \frac{LI_0^2}{2} - \frac{Li^2}{2} = \frac{(I_0^2 - i^2)}{2\omega^2 C} \Rightarrow 93,75 \cdot 10^{-6} \text{ (J)} = \frac{1}{2 \cdot 8000^2 \cdot C} (0,02^2 - 0,01^2)$$

$$\Rightarrow C = 25 \cdot 10^{-9} \text{ (F)}$$

Chú ý: Biểu thức của cảm ứng từ B sớm pha hơn biểu thức của cường độ điện trường E là $\frac{\pi}{2}$. Đối

với trường hợp tụ điện phẳng thì $U_0 = E_0 d$

Ví dụ 6: Trong mạch dao động LC lý tưởng, tụ điện phẳng có điện dung 5 nF, khoảng cách giữa hai bản tụ điện là 4 mm. Điện trường giữa hai bản tụ điện biến thiên theo thời gian với phương trình $E = 1000 \cos 5000t \text{ (kV / m)}$ (với t đo bằng giây). Cường độ dòng điện cực đại là

A.. B. 1,5/ 3 mA. C. 15/ 3 mA. D..

- A. 0,1 A B. $\frac{1,5}{\sqrt{3}}$ mA C. $\frac{15}{\sqrt{3}}$ mA D. 0,1 mA

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} U_0 = E_0 d = 1000 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 4000 \text{ (V)} \\ I_0 = \omega Q_0 = C \omega U_0 = 5 \cdot 10^{-9} \cdot 5000 \cdot 4 \cdot 10^4 = 0,1 \text{ (A)} \end{cases}$$

Ví dụ 7: Trong mạch dao động LC lý tưởng, tụ điện phẳng có điện dung 5 μF , khoảng cách giữa hai bản tụ điện là 3 mm. Điện trường giữa hai bản tụ điện biến thiên theo thời gian với phương trình $E = 10000 \cos(1000t) \text{ (kV / m)}$ (với t đo bằng giây). Độ lớn cường độ dòng điện chạy qua cuộn cảm thuần L khi điện áp trên tụ bằng nửa điện áp hiệu dụng trên tụ là

- A. 0,1 mA B. $\frac{0,1}{\sqrt{2}}$ mA C. $\frac{1}{\sqrt{2}}$ mA D. $\frac{3\sqrt{14}}{80}$ A

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\begin{cases} U_0 = E_0 d = 1000 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 3 \text{ (V)} \\ I_0 = \omega Q_0 = C \omega U_0 = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 10000 \cdot 3 = 0,15 \text{ (A)} \end{cases}$$

$$u = \frac{U_0}{2\sqrt{2}} \Rightarrow W_C = \frac{W}{8} \Rightarrow W_L = \frac{7}{8} W \Rightarrow |i| = \sqrt{\frac{7}{8}} I_0 = \frac{3\sqrt{14}}{80} \text{ (A)}$$

Chú ý: Nếu cho biểu thức thì có thể dùng vòng tròn lượng giác để xác định khoảng thời gian.

Ví dụ 8: Một mạch dao động LC lí tưởng điện áp trên tụ biến thiên theo phương trình:

$$u = U_0 \cos\left(1000\pi t - \frac{\pi}{6}\right) (\text{V}), \text{ với } t \text{ đo bằng giây. Tìm thời điểm lần 1, lần 2, lần 3, lần 4 và lần}$$

2013 mà năng lượng từ trường trong cuộn dây bằng 3 lần năng lượng điện trường trong tụ điện.

Hướng dẫn:

$$W_L = 3W_C \Rightarrow \begin{cases} W_C = \frac{1}{4}W \Rightarrow |u| = \sqrt{\frac{1}{4}}U_0 = \frac{A}{2} \\ W_L = \frac{3}{4}W \end{cases}$$

$$\text{Lần 1: } t_1 = \frac{\frac{\pi}{3} - \left(-\frac{\pi}{6}\right)}{\omega} = 0,5 \cdot 10^{-4} (\text{s})$$

$$\text{Lần 2: } t_2 = \frac{\frac{2\pi}{3} - \left(-\frac{\pi}{6}\right)}{\omega} = \frac{1}{12} \cdot 10^{-2} (\text{s})$$

$$\text{Lần 3: } t_3 = \frac{\left(2\pi - \frac{2\pi}{3}\right) - \left(-\frac{\pi}{6}\right)}{\omega} = 1,5 \cdot 10^{-3} (\text{s})$$

$$\text{Lần 4: } t_4 = \frac{\left(2\pi - \frac{\pi}{3}\right) - \left(-\frac{\pi}{6}\right)}{\omega} = \frac{11}{6} \cdot 10^{-3} (\text{s})$$

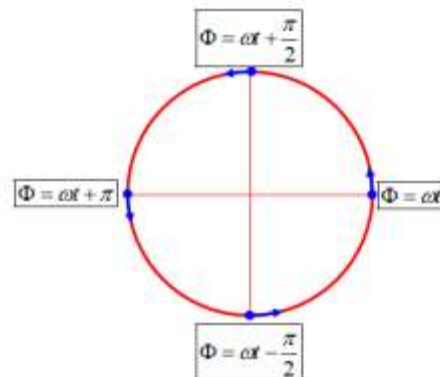
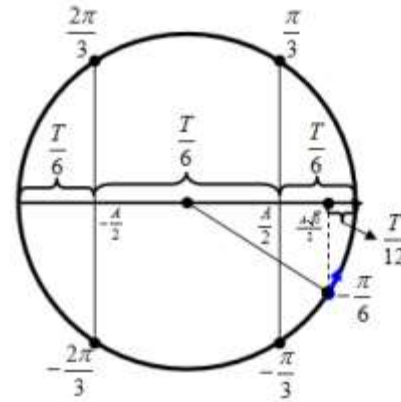
$$\text{Lần 2013: } \frac{2013}{4} = 503 \text{ dư } 1$$

$$\Rightarrow t_{2013} = 503T + t_1 = 503 \cdot \frac{2\pi}{1000\pi} + 0,5 \cdot 10^{-4} = 1,00605 (\text{s})$$

Chú ý: Để viết biểu thức q, u, i (q, u cùng pha và trễ hơn i là $\frac{\pi}{2}$) thì cần xác định các đại lượng sau:

$$\text{Tần số góc: } \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\text{Biên độ: } W = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}$$

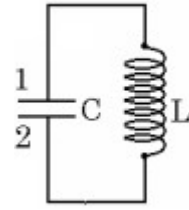


Pha ban đầu:
$$\begin{cases} A \cos \varphi = x_0 \\ -\omega A \sin \varphi = x'_0 \end{cases}$$

Bốn trường hợp đặc biệt: chọn gốc thời gian ở biên dương, biên âm, qua vị trí cân bằng theo chiều dương, qua vị trí cân bằng theo chiều âm lần lượt là:

$$x = A \cos \omega t; \quad x = -A \cos \omega t = A \cos(\omega t + \pi)$$

$$x = A \sin \omega t = A \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right); \quad x = -A \sin \omega t = A \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$



Ví dụ 9: Trong mạch dao động điện từ LC lý tưởng, dòng điện qua L đạt giá trị cực đại 10 (mA) và cứ sau thời gian bằng 200π (μs) dòng điện lại triệt tiêu. Chọn gốc thời gian là lúc điện tích trên bản một của tụ điện bằng $0,5Q_0$ (Q_0 là giá trị điện tích cực đại trên bản một) và đang tăng.

- 1) Viết phương trình phụ thuộc điện tích trên bản 1 theo thời gian.
- 2) Viết phương trình phụ thuộc cường độ dòng điện trong mạch theo thời gian nếu chọn chiều dương của dòng điện lúc $t = 0$ là vào bản một.
- 3) Viết phương trình phụ thuộc cường độ dòng điện trong mạch theo thời gian nếu chọn chiều dương của dòng điện lúc $t = 0$ là ra bản một.

Hướng dẫn:

Vì cứ sau thời gian bằng $200\pi \mu\text{s}$ dòng điện lại triệt tiêu nên $\frac{T}{2} = 200\pi \cdot 10^{-6} \Rightarrow$

$$T = 4\pi \cdot 10^{-4} (\text{s}) \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 5000 \text{ rad/s}$$

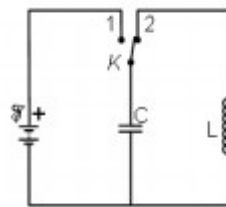
1) Theo bài ra:
$$\begin{cases} Q_0 \cos \varphi = 0,5 Q_0 \\ -\omega Q_0 \sin \varphi = x'_0 > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{3} \Rightarrow q = Q_0 \cos\left(5000t - \frac{\pi}{3}\right)$$

2)
$$i = q' = -5000Q_0 \sin\left(5000t - \frac{\pi}{3}\right)$$

3)
$$i = -q' = +5000Q_0 \sin\left(5000t - \frac{\pi}{3}\right)$$

Ví dụ 10: Cho mạch điện như hình vẽ:

$C = 500 \text{ pF}$; $L = 0,2 \text{ mH}$; $E = 1,5 \text{ V}$, lấy $\pi^2 \approx 10$. Tại thời điểm $t = 0$, khoá K chuyển từ (1) sang (2). Thiết lập công thức biểu diễn sự phụ thuộc của điện tích trên tụ điện C vào thời gian. Điện tích cực đại trên tụ C vào thời gian



A. $q = 0,75 \cos(100000\pi t + \pi) (\text{nC})$

B. $q = 0,75 \cos(100000\pi t) (\text{nC})$

C. $q = 7,5 \cos\left(1000000\pi t - \frac{\pi}{2}\right) (\text{nC})$

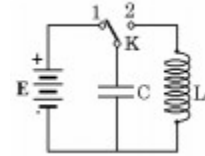
D. $q = 0,75 \cos\left(1000000\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{nC})$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Điện tích cực đại trên tụ $Q_0 = CU_0 = 0,75.10^{-9} \text{C}$

Vì lúc đầu $q = +Q_0$ nên $q = 0,75 \cos\left(1000000\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{nC})$

Ví dụ 11: Cho mạch điện như hình vẽ. Suất điện động của nguồn điện 1,5 (V), tụ điện có điện dung 500 (pF), cuộn dây có độ tự cảm 2 (mH), điện trở thuần của mạch bằng không. Tại thời điểm $t = 0$, khoá K chuyển từ (1) sang (2). Thiết lập biểu thức dòng điện trong mạch vào thời gian.



A. $i = 750 \sin(1000000t + \pi) (\mu\text{A})$

B. $i = 750 \sin(1000000t) (\mu\text{A})$

C. $i = 250 \sin(1000000t) (\mu\text{A})$

D. cả A và B

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

Tần số góc $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10^6 (\text{rad/s})$

Dòng điện cực đại $I_0 = \omega Q_0 = \omega CU_0 = 750.10^{-6} \text{C}$

Nếu coi lúc dòng điện bằng 0 và đang đi theo chiều dương thì

$i = 750 \sin(1000000t) (\mu\text{A})$, còn đang đi theo chiều âm thì $i = 750 \sin(1000000t + \pi) (\mu\text{A})$

Ví dụ 12: Một mạch dao động gồm một tụ điện có điện dung C và cuộn cảm có độ tự $L = 0,1 \text{ mH}$, điện trở thuần của mạch bằng không. Biết biểu thức dòng điện trong mạch là $i = 0,04 \cos(2.10^7 t) (\text{A})$. Biểu thức hiệu điện thế giữa hai bản tụ là

A. $u = 80 \cos(2.10^7 t) (\text{V})$

B. $u = 80 \cos\left(2.10^7 t - \frac{\pi}{2}\right) (\text{V})$

C. $u = 10 \cos(2.10^7 t) (\text{nV})$

D. $u = 10 \cos\left(2.10^7 t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{nV})$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\left\{ \begin{array}{l} C = \frac{1}{\omega^2 L} = 2,5.10^{-11} (\text{F}) \\ W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow U_0 = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}} = 80 (\text{V}) \end{array} \right. \xrightarrow{u_C \text{ trễ hơn } i \text{ là } \frac{\pi}{2}} u = 80 \cos\left(2.10^7 t - \frac{\pi}{2}\right) (\text{V})$$

Chú ý: Có thể dùng vòng tròn lượng giác để viết phương trình. Nếu ở nửa trên vòng tròn thì hình chiếu đi theo chiều âm và ở nửa dưới vòng tròn hình chiếu đi theo chiều dương.

Ví dụ 13: Cho một mạch dao động LC lí tưởng điện tích trên một bản một của tụ điện biến thiên theo thời gian với phương trình: $q = Q_0 \cos(\omega t + \varphi)$. Lúc $t = 0$ năng lượng điện trường đang bằng 3 lần năng lượng từ trường, điện tích trên bản một đang giảm (về độ lớn) và đang có giá trị dương. Giá trị φ có thể bằng

A. $\frac{\pi}{6}$

B. $-\frac{\pi}{6}$

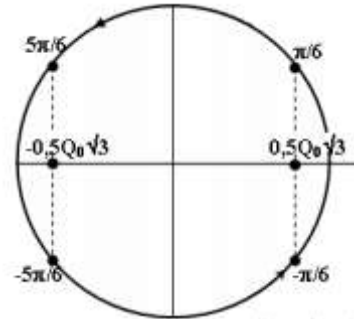
C. $-\frac{5\pi}{6}$

D. $\frac{5\pi}{6}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$W_C = 3W_L = \frac{3}{4}W = \frac{3}{4}W_{L_{\max}} \Rightarrow q = \pm \frac{Q_0\sqrt{3}}{2}$$

Vì q đang giảm về độ lớn và có giá trị dương nên $\Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{6}$



Ví dụ 14: Cho một mạch dao động LC lí tưởng điện tích trên một bản một của tụ điện biến thiên theo thời gian với phương trình $q = Q_0 \cos(\omega t + \varphi)$. Lúc $t = 0$ năng lượng điện trường đang bằng 3 lần năng lượng từ trường, điện tích trên bản một đang giảm (về độ lớn $|q|$) và đang có giá trị âm. Giá trị φ có thể bằng

A. $\frac{\pi}{6}$

B. $-\frac{\pi}{6}$

C. $-\frac{5\pi}{6}$

D. $\frac{5\pi}{6}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\left\{ \begin{array}{l} W_C = 3W_L = \frac{3}{4}W = \frac{3}{4}W_{L_{\max}} \Rightarrow q = \pm \frac{Q_0\sqrt{3}}{2} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Vì } q \text{ đang giảm về độ lớn và có giá trị âm nên } \Rightarrow q = -\frac{5\pi}{6} \end{array} \right.$$

Ví dụ 15: Trong mạch dao động LC lý tưởng, tụ điện phẳng có điện dung 5 nF, khoảng cách giữa hai bản tụ điện là 4 mm. Điện trường giữa hai bản tụ điện biến thiên theo thời gian với phương trình $E = 1000 \cos(5000t)$ (KV/m) (với t đo bằng giây). Dòng điện chạy qua cuộn cảm L có biểu thức

A. $i = 20 \cos(5000t)$ mA

B. $i = 100 \cos\left(5000t + \frac{\pi}{2}\right)$ mA

$$\text{C. } i = 100 \cos\left(5000t + \frac{\pi}{2}\right) \mu\text{A}$$

$$\text{D. } i = 20 \cos\left(5000t - \frac{\pi}{2}\right) \mu\text{A}$$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\begin{cases} U_0 = E_0 d = 1000 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 4000 (\text{V}) \\ I_0 = C \omega U_0 = 5 \cdot 10^{-9} \cdot 5000 \cdot 4000 = 0,1 (\text{A}) \end{cases}$$

Vì i sớm pha hơn E là $\frac{\pi}{2}$:

$$i = 0,1 \cos\left(5000t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{A})$$

4) Điện lượng chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn

Theo định nghĩa: $i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = i dt$

Điện lượng chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn tính từ thời điểm t_1 đến t_2 : $Q = \int_{t_1}^{t_2} i dt$

$$\begin{cases} i = I_0 \sin(\omega t + \varphi) \Rightarrow Q = -\frac{I_0}{\omega} \cos(\omega t + \varphi) \Big|_{t_1}^{t_2} = -\frac{I_0}{\omega} [\cos(\omega t_2 + \varphi) - \cos(\omega t_1 + \varphi)] \\ i = I_0 \cos(\omega t + \varphi) \Rightarrow Q = \frac{I_0}{\omega} \sin(\omega t + \varphi) \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{I_0}{\omega} [\sin(\omega t_2 + \varphi) - \sin(\omega t_1 + \varphi)] \end{cases}$$

Để tính điện lượng chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong thời gian Δt kể từ lúc dòng điện bằng 0, viết lại biểu thức dòng điện dưới dạng $i = I_0 \sin \omega t$ và tính tích phân

$$Q = \int_0^{\Delta t} I_0 \sin \omega t dt = \frac{I_0}{\omega} (1 - \cos \omega \Delta t)$$

Ví dụ 1: Trong một mạch dao động LC lí tưởng, tụ điện có điện dung C và cuộn cảm thuần có độ tự cảm L . Dòng điện trong mạch có giá trị cực đại I_0 . Trong khoảng thời gian từ cường độ dòng điện qua cuộn cảm bằng không đến lúc đạt giá trị cực đại, điện lượng đã phóng qua cuộn dây là

$$\text{A. } 2I_0 (LC)^{0,5}$$

$$\text{B. } I_0 (LC)^{0,5}$$

$$\text{C. } 2I_0 (LC)$$

$$\text{D. } I_0 (LC)$$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$Q_{\frac{T}{4}} = \int_0^{\frac{T}{4}} I_0 \sin \omega t dt = -\frac{I_0}{\omega} \cos \omega t \Big|_0^{\frac{\pi}{2\omega}} = \frac{I_0}{\omega} = \sqrt{LC} \cdot I_0$$

Ví dụ 2: Trong một mạch dao động LC lí tưởng, tụ điện có điện dung C . Sau khi tích điện đến hiệu điện thế U_0 , tụ điện phóng điện qua cuộn dây có độ tự cảm L . Trong khoảng thời gian giữa

hai lần liên tiếp cường độ dòng điện qua cuộn cảm bằng không, điện lượng đã phóng qua cuộn dây là

- A. CU_0 B. $2CU_0$ C. $0,5CU_0$ D. $\frac{CU_0}{4}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$Q_{\frac{T}{2}} = \int_0^{\frac{T}{2}} I_0 \sin \omega t . dt = -\frac{I_0}{\omega} \cos \omega t \bigg|_0^{\frac{\pi}{\omega}} = 2 \frac{I_0}{\omega} = 2CU_0$$

Ví dụ 3: Trong một mạch dao động LC lí tưởng. Dòng điện trong mạch có biểu $i = 2,0 \sin(100\pi t)$ A. Trong 5,0 ms kể từ thời điểm $t = 0$, số electron chuyển qua một tiết diện thẳng của dây dẫn là

- A. $3,98.10^{16}$ B. $1,19.10^{17}$ C. $7,96.10^{16}$ D. $1,59.10^{17}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\text{Ta nhận thấy } \Delta t = 5.10^{-3} \text{ s} = \frac{T}{4}$$

$$Q_{\frac{T}{4}} = \int_0^{\frac{T}{4}} I_0 \sin(\omega t) . dt = -\frac{I_0}{\omega} \cos \omega t \bigg|_0^{\frac{\pi}{2\omega}} = \frac{I_0}{\omega} \approx 6,366.10^{-3} \text{ C}$$

Vì mỗi electron mang điện tích $-1,6.10^{-19} \text{ C}$ nên số electron:

$$n = \frac{6,366.10^{-3}}{1,6.10^{-19}} \approx 3,98.10^6$$

3. BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN MẠCH LC THAY ĐỔI CẤU TRÚC

Phương pháp giải

1) Mạch gồm các tụ ghép

Nếu bộ tụ gồm các tụ ghép song song thì điện dung tương đương của bộ tụ: $C = C_1 + C_2 + \dots$ còn

nếu ghép nối tiếp thì $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

Chu kì dao động của mạch LC_1 , LC_2 , $L(C_1 // C_2)$ và $L(C_1 \text{ nt } C_2)$ lần lượt là:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{LC_1}; T_2 = 2\pi\sqrt{LC_2}; T_{ss} = 2\pi\sqrt{L(C_1 + C_2)}; T_{nt} = 2\pi\sqrt{L\left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}\right)}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} T_1^2 + T_2^2 = T_{ss}^2 \\ \frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} = \frac{1}{T_{nt}^2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2} = \frac{1}{f_{ss}^2} \\ f_1^2 + f_2^2 = f_{nt}^2 \end{cases}$$

Ví dụ 1: (CĐ-2010) Mạch dao động lý tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm L không đổi và có tụ điện có điện dung C thay đổi được. Khi $C = C_1$ thì tần số dao động riêng của mạch bằng 30

kHz và khi $C = C_2$ thì tần số dao động riêng của mạch bằng 40 kHz. Nếu $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ thì tần số

dao động riêng của mạch bằng

A. 50 kHz

B. 24 kHz

C. 70 kHz

D. 10 kHz

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$f_{nt} = \sqrt{f_1^2 + f_2^2} = 50(\text{kHz})$$

Ví dụ 2: Một mạch dao động (lí tưởng) khi dùng tụ điện C_1 thì tần số riêng của mạch là 120 (kHz)

khi dùng tụ C_2 thì tần số riêng của mạch là 160 (kHz). Khi mạch dao động dùng hai tụ ghép song song thì tần số dao động riêng của mạch là

A. 200 kHz

B. 96 kHz

C. 280 kHz

D. 140 kHz

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2} = \frac{1}{f_s^2} \Rightarrow f_s = \frac{f_1 f_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}} = 96(\text{kHz})$$

Ví dụ 3: Một mạch dao động điện từ có cuộn cảm không đổi L . Nếu thay tụ điện bởi các tụ C_1 ,

C_2 , C_1 nối tiếp C_2 và C_1 song song C_2 thì chu kì dao động riêng của mạch lần lượt là T_1 , T_2 ,

$T_{nt} = 4,8 (\mu\text{s})$, $T_{ss} = 10 (\mu\text{s})$. Hãy xác định T_1 biết $T_1 > T_2$

A. 8 μs

B. 9 μs

C. 10 μs

D. 6 μs

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} T_1^2 + T_2^2 = T_s^2 = 10^2 \\ \frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} = \frac{1}{T_{nt}^2} = \frac{1}{4,8^2} \end{cases} \xrightarrow{T_1 > T_2} \text{Đề giải nhanh hệ phương trình ta chú ý đến bộ số Pitago:}$$

$5^2 = 3^2 + 4^2$, nhân cả hai vế với 2^2 ta được $10^2 = 6^2 + 8^2$, vì $T_1 > T_2$ nên $T_1 = 8 \mu s$ và $T_2 = 6 \mu s$ (không sử dụng đến phương trình thứ 2)

Ví dụ 4: Một mạch dao động gồm cuộn dây thuần cảm L và hai tụ $C_1; C_2$. Khi mắc C_1 song song C_2 ($C_1 > C_2$) thì tần số dao động của mạch là 24 kHz, khi mắc C_1 nối tiếp C_2 thì tần số dao động của mạch là 50 kHz. Khi mắc C_1 với L thì tần số dao động là

- A. $f_1 = 30$ kHz B. $f_1 = 40$ kHz C. $f_1 = 25$ kHz D. $f_1 = 45$ kHz

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} f_1^2 + f_2^2 = f_{nt}^2 = 50^2 = 30^2 + 40^2 \\ \frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2} = \frac{1}{f_s^2} = \frac{1}{24^2} \end{cases} \xrightarrow{C_1 > C_2 \Rightarrow f_1 < f_2} f_1 = 30(\text{kHz})$$

Ví dụ 5: Hai mạch dao động có các cuộn cảm giống hệt nhau còn các tụ điện lần lượt là C_1 và C_2 thì tần số dao động lần là 3 (MHz) và 4 (MHz). Xác định các tần số dao động riêng của mạch khi người ta mắc nối tiếp 2 tụ và cuộn cảm có độ tự cảm tăng 4 lần so với các mạch ban đầu.

- A. 4 MHz B. 5 MHz C. 2,5 MHz D. 10 MHz

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\begin{cases} f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}; f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}}; f_{nt} = \frac{1}{2\pi\sqrt{4L \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}} \\ f_1^2 + f_2^2 = 4f_{nt}^2 \Rightarrow 2f_{nt} = \sqrt{f_1^2 + f_2^2} = 5 \text{ (MHz)} \Rightarrow f_{nt} = 2,5 \text{ (MHz)} \end{cases}$$

Chú ý: Có thể dựa vào quan hệ thuận nghịch để rút ra hệ thức liên hệ giữa các T và các f :

Từ $T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2 LC$ suy ra T^2 tỉ lệ với C và L .

Từ $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow f^{-2} = 4\pi^2 LC$ suy ra f^{-2} tỉ lệ với C và L .

Ví dụ 6: Một cuộn dây thuần cảm L mắc lần lượt với các tụ điện C_1, C_2 và C thì chu kỳ dao động riêng của mạch lần lượt là $T_1 = 6$ ms, $T_2 = 8$ ms và T . Nếu $3C = 2C_1 + C_2$ thì T bằng

- A. 14 ms B. 7 ms C. 6,7 ms D. 10 ms

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

Vì T^2 tỉ lệ với C nên từ hệ thức $3C = 2C_1 + C_2$ suy ra

$$3T^2 = 2T_1^2 + T_2^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2 \cdot 6^2 + 8^2}{3}} \approx 6,7 \cdot 10^{-3} (\text{s})$$

Ví dụ 7: Mạch dao động lý tưởng có L thay đổi. Khi $L = L_1$ thì $f_1 = 8 \text{ kHz}$ khi $L = L_2$ thì

$f_1 = 27 \text{ kHz}$. Khi $L = (L_1^3 L_2^2)^{\frac{1}{5}}$ thì tần số dao động trong mạch

A. 13 kHz

B. 16 kHz

C. 18 kHz

D. 20 kHz

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Vì f^{-2} tỉ lệ với L nên từ hệ thức $L = (L_1^3 L_2^2)^{\frac{1}{5}} \Leftrightarrow L^5 = L_1^3 L_2^2$ suy ra

$$f^{-2.5} = f_1^{-2.3} \cdot f_2^{-2.2} \Rightarrow f^{-2.5} = 8^{-6} \cdot 27^{-4} \Rightarrow f = \sqrt[10]{8^6 \cdot 27^4} \approx 13 (\text{kHz})$$

2) Tụ ghép liên quan đến năng lượng

$$\left[\begin{array}{l} C_1 // C_2 \Rightarrow u = u_1 = u_2 \Rightarrow \frac{q}{C} = \frac{q_1}{C} = \frac{q_2}{C} \\ C_1 \text{ nt } C_2 \Rightarrow q = q_1 = q_2 \Rightarrow Cu = C_1 u_1 = C_2 u_2 \end{array} \right. \left| \begin{array}{l} W_{C1} = \frac{q_1^2}{2C_1} = \frac{C_1 u_1^2}{2} \\ W_{C2} = \frac{q_2^2}{2C_2} = \frac{C_2 u_2^2}{2} \end{array} \right.$$

$$W = W_{C1} + W_{C2} + \frac{Li^2}{2} = W'_{C1} + W'_{C2} + \frac{Li^2}{2} \Leftrightarrow W = W_C + \frac{Li^2}{2} = W'_C + \frac{Li^2}{2}$$

Ví dụ 1: Một mạch dao động điện từ gồm cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm $L = 0,003 \text{ H}$ và 2 tụ điện mắc nối tiếp $C_1 = C_2 = 3 \mu\text{F}$. Biết hiệu điện thế trên tụ C_1 và cường độ dòng điện đi qua cuộn dây ở thời điểm t_1 có giá trị tương ứng là: 3 V và 0,15 A. Tính năng lượng dao động trong mạch.

A. 0,1485 mJ

B. 74,25 μJ

C. 0,7125 mJ

D. 0,6875 mJ

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\text{Vi } C_1 \text{ nt } C_2 \Rightarrow q = q_1 = q_2 \Rightarrow Cu = C_1 u_1 = C_2 u_2 \Rightarrow u_2 = \frac{C_1}{C_2} u_1 = 6(\text{V})$$

$$W = \frac{C_1 u_1^2}{2} + \frac{C_2 u_2^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 3^2}{2} + \frac{1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 6^2}{2} + \frac{0,003 \cdot 0,15^2}{2} = 7,425 \cdot 10^{-5} (\text{J})$$

Ví dụ 2: Một mạch dao động điện từ gồm cuộn dây thuần cảm và 2 tụ điện mắc nối tiếp $C_1 = C_2 = 3 \mu\text{F}$. Biết hiệu điện thế trên tụ C_2 và cường độ dòng điện đi qua cuộn dây ở thời điểm

t_1 và t_2 có giá trị tương ứng là: $\sqrt{3} \text{ V}$; 1,5 mA và $\sqrt{2} \text{ V}$; $1,5\sqrt{2} \text{ mA}$. Tính độ tự cảm L của cuộn dây.

A. 0,3 H

B. 3 H

C. 1 H

D. 0,1 H

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$C_1 \text{ nt } C_2 \Rightarrow \begin{cases} C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3 \cdot 1,5}{3 + 1,5} = 1 (\mu\text{F}) \\ q = q_1 = q_2 \Rightarrow Cu = C_1 u_1 = C_2 u_2 \Rightarrow \frac{Cu^2}{2} = \frac{C_2^2 u_2^2}{2C} = \frac{1,5^2 10^{-6}}{2C} u_2^2 \end{cases}$$

$$W = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} \Rightarrow 1,5^2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 - 1,5^2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = L(1,5^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} - 1,5^2 \cdot 10^{-6}) \Rightarrow L = 1 (\text{H})$$

Ví dụ 3: Một mạch dao động điện từ gồm cuộn dây thuần cảm và 2 tụ điện mắc song song $C_1 = C_2 = 3 \mu\text{F}$. Biết điện tích trên tụ C_2 và cường độ dòng điện đi qua cuộn dây ở thời điểm t_1 và t_2 có giá trị tương ứng là: $\sqrt{3} \mu\text{C}$; 4 mA và $\sqrt{2} \mu\text{C}$; $4\sqrt{2}$ mA. Tính độ tự cảm L của cuộn dây.

A. 0,3 H

B. 0,0625 H

C. 1 H

D. 0,125 H

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$C_1 // C_2 \Rightarrow \begin{cases} C = C_1 + C_2 = 3 + 1,5 = 4,5 (\mu\text{F}) \\ u = u_1 = u_2 \Rightarrow \frac{q}{C} = \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} \Rightarrow \frac{q^2}{2C} = \frac{Cq_2^2}{2} = 10^6 q_2^2 \end{cases} \quad W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}$$

$$\Rightarrow 10^6 (10^{-12} \cdot 3 - 10^{-12} \cdot 2) = L(4^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-6}) \Rightarrow L = 0,0625 (\text{H})$$

Ví dụ 4: Một mạch dao động LC lí tưởng đang hoạt động, cuộn dây có độ tự cảm 5 mH và hai tụ giống hệt nhau ghép nối tiếp. Khi điện áp giữa hai đầu một tụ là 0,6 V thì cường độ dòng điện trong mạch bằng 1,8 mA. Còn khi điện áp giữa hai đầu một tụ bằng 0,45 V thì cường độ dòng điện trong mạch bằng 2,4 mA. Điện dung của mỗi tụ là

A. 40 nF

B. 20 nF

C. 30 nF

D. 60 nF

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} W = \frac{Cu_1^2}{2} + \frac{Li_1^2}{2} \\ W = \frac{Cu_2^2}{2} + \frac{Li_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W - \frac{1,2^2}{2} C = \frac{5 \cdot 10^{-3} (1,8 \cdot 10^{-3})^2}{2} \\ W - \frac{0,9^2}{2} C = \frac{5 \cdot 10^{-3} (2,4 \cdot 10^{-3})^2}{2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} W = 2,25 \cdot 10^{-8} (\text{J}) \\ C = 20 \cdot 10^{-9} (\text{F}) \Rightarrow C_1 = C_2 = 2C = 40 \cdot 10^{-9} (\text{F}) \end{cases}$$

Chú ý: Nếu mạch ghép có liên quan đến nạp năng lượng thì vận dụng công thức tính điện dung tương đương (mắc song song $C = C_1 + C_2$, mắc nối tiếp $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$) và công thức nạp năng lượng (nạp năng lượng cho tụ $U_0 = E$, nạp năng lượng cho cuộn cảm $I_0 = \frac{E}{r}$).

Ví dụ 5: Một mạch dao động LC lí tưởng gồm hai tụ điện có cùng điện dung $0,5 \mu\text{F}$ ghép song song và cuộn cảm thuần có độ tự cảm $L = 0,4 \text{ mH}$. Nối hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động 6 mV và điện trở trong 2Ω vào hai đầu cuộn cảm. Sau khi dòng điện trong mạch ổn định, cắt nguồn thì mạch LC dao động với hiệu điện thế cực đại giữa hai đầu cuộn cảm là

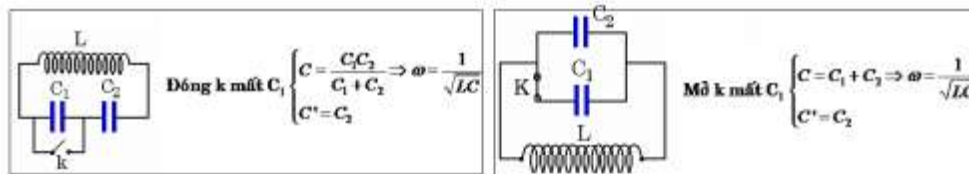
- A. $0,9 \text{ V}$ B. $0,09 \text{ V}$ C. $0,6 \text{ V}$ D. $0,06 \text{ V}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\begin{cases} I_0 = \frac{E}{r} = 0,003(\text{A}) \\ C = C_1 + C_2 = 1 (\mu\text{F}) \end{cases} \Rightarrow W = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow U_0 = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$\Rightarrow U_0 = 0,003 \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{10^{-6}}} = 0,06(\text{V})$$

3) Đóng mở khóa k làm mất tụ C_1 (hoặc C_1 bị đánh thủng)



Năng lượng của mạch còn lại $W' = W = W_{\text{mất}} = W = W_{C_1}$

$$\text{Nếu tụ } C_1 \text{ bị mất vào thời điểm mà } W_C = nW_L \Rightarrow \begin{cases} W_L = \frac{1}{n+1} W \\ W_C = \frac{n}{n+1} W \end{cases}$$

* Nếu $C_1 = C_2$ thì mọi thời điểm năng lượng W_C chia đều cho hai tụ nên $W_{C_1} = W_{C_2} = \frac{W_C}{2}$

* Nếu $C_1 \neq C_2$ thì sự phân bố năng lượng trên các tụ phụ thuộc cách mắc.

$$C_1 // C_2 \Rightarrow u_1 = u_2 = u \Rightarrow \begin{cases} \frac{W_{C1}}{W_{C2}} = \frac{C_1}{C_2} \\ W_C = W_{C1} + W_{C2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W_{C1} = \frac{C_1}{C_2 + C_1} W_C \\ W_{C2} = \frac{C_2}{C_2 + C_1} W_C \end{cases}$$

$$C_1 \text{ nt } C_2 \Rightarrow q_1 = q_2 = q \Rightarrow \begin{cases} \frac{W_{C1}}{W_{C2}} = \frac{C_2}{C_1} \\ W_C = W_{C1} + W_{C2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W_{C1} = \frac{C_2}{C_2 + C_1} W_C \\ W_{C2} = \frac{C_1}{C_2 + C_1} W_C \end{cases}$$

Ví dụ 1: Một mạch dao động LC lí tưởng gồm cuộn thuần cảm L và hai tụ C giống nhau mắc nối tiếp. Mạch đang hoạt động thì ngay tại thời điểm năng lượng điện trường trong các tụ bằng 5 lần năng lượng từ trường trong cuộn cảm, một tụ bị đánh thủng hoàn toàn. Năng lượng toàn phần của mạch sau đó sẽ bằng bao nhiêu lần so với lúc đầu?

- A. không đổi B. $\frac{7}{12}$ C. $\frac{3}{4}$ D. $\frac{5}{12}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$W_C = 5W_L \Rightarrow \begin{cases} W_L = \frac{1}{6} W \\ W_C = \frac{5}{6} W \end{cases} \xrightarrow{C_1 = C_2} W_{C1} = \frac{1}{2} W_C = \frac{5}{12} W$$

Năng lượng bị mất chính là năng lượng trong tụ đánh thủng C_1 . Do đó, năng lượng của mạch còn

$$\text{lại: } W' = W - W_{C1} = \frac{7W}{12}$$

Bình luận:

$$\text{Nếu thay } W = \frac{LI_0^2}{2}; W' = \frac{LI'^2_0}{2} \text{ sẽ được } \frac{LI'^2_0}{2} = \frac{7}{12} \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I'^2_0 = \sqrt{\frac{7}{12}} I_0$$

$$\text{Nếu thay } W = \frac{CU_0^2}{2}; W' = \frac{CU'^2_0}{2} \text{ sẽ được } \frac{CU'^2_0}{2} = \frac{7}{12} \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow U'^2_0 = \sqrt{\frac{7}{12} \frac{C}{C'}} U_0$$

$$\text{Nếu thay } W = \frac{Q_0^2}{2C}; W' = \frac{Q'^2_0}{2C'} \text{ sẽ được } \frac{Q'^2_0}{2C'} = \frac{7}{12} \frac{Q_0^2}{2C} \Rightarrow Q_0 = \sqrt{\frac{7}{12} \frac{C'}{C}} Q_0$$

Ví dụ 2: Một mạch dao động LC lí tưởng gồm cuộn thuần cảm và hai tụ giống nhau mắc nối tiếp. Mạch đang hoạt động thì ngay tại thời điểm năng lượng điện trường trong các tụ gấp đôi năng lượng từ trường trong cuộn cảm, một tụ bị đánh thủng hoàn toàn. Điện tích cực đại trên tụ sau đó sẽ bằng bao nhiêu lần so với lúc đầu?

A. $\frac{2}{3}$

B. $\frac{1}{3}$

C. $\frac{1}{\sqrt{3}}$

D. $\frac{2}{\sqrt{3}}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$W_C = 2W_L \Rightarrow \begin{cases} W_L = \frac{1}{3}W \\ W_C = \frac{2}{3}W \xrightarrow{C_1=C_2} W_{C_1} = \frac{W_C}{2} = \frac{W}{3} \end{cases}$$

Năng lượng còn lại: $W' = W - W_{C_1} = \frac{2W}{3} \Leftrightarrow \frac{Q_0'^2}{2C'} = \frac{2}{3} \frac{Q_0^2}{2C}$

$$\Rightarrow \frac{Q_0'}{Q_0} = \sqrt{\frac{2C'}{3C}} \text{ thay } \begin{cases} C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_0}{2} \\ C' = C_2 = C_0 \end{cases} \text{ ta được } \frac{Q_0'}{Q_0} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

Ví dụ 3: Mạch dao động LC lí tưởng gồm: cuộn dây có độ tự cảm L và một bộ tụ gồm hai tụ có điện dung lần lượt $C_1 = 3C_0$ và $C_2 = 2C_0$ mắc song song. Mạch đang hoạt động với năng lượng W, ngay tại thời điểm năng lượng từ trường trong cuộn cảm bằng $\frac{W}{2}$, người ta tháo nhanh tụ C_1 ra ngoài. Năng lượng toàn phần của mạch sau đó sẽ bằng bao nhiêu lần so với lúc đầu?

A. không đổi

B. 0,7

C. $\frac{3}{4}$

D. 0,8

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$C_1 // C_2 \Rightarrow u_1 = u_2 = u \Rightarrow \begin{cases} \frac{W_{C_1}}{W_{C_2}} = \frac{C_1}{C_2} \\ W_C = W_{C_1} + W_{C_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W_{C_1} = \frac{C_1}{C_2 + C_1} W_C \\ W_{C_2} = \frac{C_2}{C_2 + C_1} W_C \end{cases}$$

$$W_L = W_C = \frac{W}{2} \Rightarrow W_{C_1} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} W_C = 0,3W \Rightarrow W' = W - W_{C_1} = 0,7W$$

Ví dụ 4: Một mạch dao động LC lí tưởng gồm cuộn thuần cảm L và hai tụ có điện dung lần lượt $C_1 = 3C_0$ và $C_2 = 2C_0$ mắc nối tiếp. Mạch đang hoạt động thì ngay tại thời điểm năng lượng điện trường trong các tụ gấp đôi năng lượng từ trường trong cuộn cảm, tụ C_1 bị đánh thủng hoàn toàn. Điện áp cực đại giữa hai đầu cuộn cảm sau đó sẽ bằng bao nhiêu lần so với lúc đầu?

A. $0,2\sqrt{11}$

B. $\frac{\sqrt{11}}{3}$

C. $\frac{3}{4}$

D. $\frac{11}{15}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$C_1 \text{ nt } C_2 \Rightarrow q_1 = q_2 = q \Rightarrow \begin{cases} \frac{W_{C1}}{W_{C2}} = \frac{C_2}{C_1} \\ W_C = W_{C1} + W_{C2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W_{C1} = \frac{C_2}{C_2 + C_1} W_C \\ W_{C2} = \frac{C_1}{C_2 + C_1} W_C \end{cases}$$

$$W_C = 2W_L = \frac{2}{3}W \Rightarrow W_{C1} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} W_C = \frac{4}{15}W \Rightarrow W' = W - W_{C1} = \frac{11}{15}W$$

$$\frac{C'U_0^2}{2} = \frac{11}{15} \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow U'_0 = \sqrt{\frac{11}{15} \frac{C}{C'}} U_0 \text{ thay } \begin{cases} C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 1,2C_0 \\ C' = C_2 = 2C_0 \end{cases} \text{ ta được } \frac{U'_0}{U_0} = \frac{\sqrt{11}}{5}$$

Ví dụ 5: Một mạch dao động LC lí tưởng gồm cuộn thuần cảm L và hai tụ có điện dung lần lượt $C_1 = 3C_0$ và $C_2 = 2C_0$ mắc nối tiếp. Mạch đang hoạt động thì ngay tại thời điểm tổng năng lượng điện trường trong các tụ bằng 4 lần năng lượng từ trường trong cuộn cảm, tụ C_1 bị đánh thủng hoàn toàn. Cường độ dòng điện cực đại qua cuộn cảm sau đó sẽ bằng bao nhiêu lần so với lúc đầu?

A. 0,68

B. $\frac{7}{12}$

C. 0,82

D. 0,52

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$C_1 \text{ nt } C_2 \Rightarrow q_1 = q_2 = q \Rightarrow \begin{cases} \frac{W_{C1}}{W_{C2}} = \frac{C_2}{C_1} \\ W_C = W_{C1} + W_{C2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} W_{C1} = \frac{C_2}{C_2 + C_1} W_C \\ W_{C2} = \frac{C_1}{C_2 + C_1} W_C \end{cases}$$

$$W_C = 4W_L = \frac{4}{5}W \Rightarrow W_{C1} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} W_C = 0,32W \Rightarrow W' = W - W_{C1} = 0,68W$$

$$\Rightarrow I'_0 = \sqrt{0,68} I_0 \approx 0,82 I_0$$

Chú ý: Nếu đóng mở ở thời điểm $W_{C1} = 0$ ($q = 0, u = 0, i = \pm I_0$) thì $W' = W$ với

$$\begin{cases} W = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \\ W' = \frac{Q_0'^2}{2C'} = \frac{C'U_0'^2}{2} = \frac{L'I_0'^2}{2} \end{cases} \text{ và } \begin{cases} C = C_1 + C_2 \\ C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \\ C' = C_2 \end{cases}$$

Ví dụ 6: Cho mạch dao động điện từ lí tưởng gồm cuộn dây 6 (mH) và bộ tụ điện gồm hai tụ điện có điện dung lần lượt là $C_1 = 2$ (μF) và $C_2 = 3$ (μF) mắc nối tiếp. Điện áp cực đại giữa hai đầu bộ

tụ là 6 (V). Vào thời điểm dòng có giá trị cực đại thì tụ C_1 bị nối tắt. Điện áp cực đại giữa hai đầu cuộn cảm sau khi tụ C_1 bị nối tắt là

- A.** $10\sqrt{2}$ (V) **B.** $1,2\sqrt{10}$ (V) **C.** $12\sqrt{10}$ (V) **D.** $6\sqrt{2}$ (V)

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$\text{Khi } i = I_0 \text{ thì } W_{C1} = 0 \text{ nên } W' = W \Leftrightarrow \frac{C'U_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow U'_0 = U_0\sqrt{\frac{C}{C'}}$$

$$\text{Thay } U'_0 = 6\sqrt{\frac{1,2}{3}} = 1,2\sqrt{10} \text{ (V) ta được } \begin{cases} C = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = 1,2 \text{ (}\mu\text{F)} \\ C' = C_2 = 3 \text{ (}\mu\text{F)} \end{cases}$$

Ví dụ 7: Cho mạch dao động điện từ lí tưởng, điện trở thuần của mạch bằng không, độ tự cảm của cuộn dây 50 (mH). Bộ tụ gồm hai tụ điện có điện dung đều bằng 2,5 (μ F) mắc song song. Điện tích trên bộ tụ biến thiên theo phương trình $q = \cos \omega t$ (μ C). Xác định điện thế cực đại hai đầu cuộn dây sau khi tháo nhanh một tụ điện ở thời điểm $t = 2,75\pi$ (ms)

- A.** $0,005\sqrt{2}$ (V) **B.** $0,12\sqrt{2}$ (V) **C.** $2\sqrt{0,5}$ (V) **D.** $0,2\sqrt{2}$ (V)

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\begin{cases} C = C_1 + C_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2000 \text{ (rad/s)} \\ C' = C_2 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ F} \end{cases}$$

$$\text{Khi } t = 2,75\pi \text{ (ms) thì } q = \cos(2000 \cdot 2,75\pi \cdot 10^{-3}) = 0 \Rightarrow W_{C1} = 0 \Rightarrow W' = W$$

$$\Leftrightarrow \frac{C'U_0^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C} \Rightarrow U'_0 = 0,2\sqrt{2} \text{ (V)}$$

Ví dụ 8: Cho mạch dao động điện từ lí tưởng, điện trở thuần của mạch bằng không, độ tự cảm của cuộn dây 50 (mH). Bộ tụ gồm hai tụ điện có điện dung đều bằng 2,5 (μ F) mắc song song. Điện tích trên bộ tụ biến thiên theo phương trình $q = \cos \omega t$ (μ C). Xác định điện tích cực đại trên một bản tụ của tụ còn lại sau khi tháo nhanh một tụ điện ở thời điểm $t = 0,125\pi$ (ms)

- A.** $0,25\sqrt{3}$ (μ C) **B.** 0,5 (μ C) **C.** $0,25\sqrt{6}$ (μ C) **D.** $0,5\sqrt{3}$ (μ C)

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\begin{cases} C = C_1 + C_2 = 5.10^{-6} \text{ F} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2000 \text{ (rad/s)} \\ C' = C_2 = 2,5.10^{-6} \text{ F} \end{cases}$$

$$\text{Khi } t = 0,125\pi \text{ (ms) thì } q = \cos(2000.0,125\pi.10^{-3}) = \frac{Q_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow W_C = \frac{1}{2} W$$

$$\Rightarrow W_{C1} = \frac{1}{2} W_C = \frac{1}{4} W \Rightarrow W' = W - W_{C1} = \frac{3}{4} W \Rightarrow \frac{Q_0'^2}{2C'} = \frac{3}{4} \frac{Q_0^2}{2C}$$

$$\Rightarrow Q_0' = \sqrt{\frac{C'}{C} \frac{3}{4}} Q_0 = 0,25\sqrt{6} \text{ (}\mu\text{C)}$$

Ví dụ 9: Cho mạch dao động điện từ lí tưởng gồm cuộn dây 6 (mH) và bộ tụ điện gồm hai tụ điện có điện dung lần lượt là $C_1 = 2 \text{ (}\mu\text{F)}$ và $C_2 = 3 \text{ (}\mu\text{F)}$ mắc nối tiếp. Điện áp cực đại giữa hai đầu bộ tụ là $\frac{5}{\sqrt{6}} \text{ (V)}$. Vào thời điểm điện áp trên tụ C_1 là 1 (V) thì nó bị nối tắt. Điện áp cực đại hai đầu

cuộn cảm sau khi tụ C_1 bị nối tắt là

A. $\sqrt{2} \text{ (V)}$

B. $1,2\sqrt{3} \text{ (V)}$

C. 1,2 (V)

D. 1 (V)

Hướng dẫn: Chọn đáp án D

$$\begin{cases} C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 1,2 \text{ (}\mu\text{F)} \\ C' = C_2 = 3 \text{ (}\mu\text{F)} \end{cases} \text{ và } W' = W - W_{C1} \Leftrightarrow \frac{C' U_0'^2}{2} = \frac{C U_0^2}{2} - \frac{C_1 U_1^2}{2}$$

$$\Rightarrow U_0' = \sqrt{\frac{C}{C'} U_0^2 - \frac{C_1}{C'} u_1^2} = 1 \text{ (V)}$$

Ví dụ 10: Mạch dao động điện từ gồm cuộn cảm và một bộ hai tụ điện có cùng điện dung 2,5 (μF) mắc song song. Trong mạch có dao động điện từ tự do, hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ điện là 12 V. Tại thời điểm hiệu điện thế hai đầu cuộn cảm 6 V thì một tụ điện bị bong ra vì đứt dây nối. Tính năng lượng cực đại trong cuộn cảm sau đó

A. 0,315 mJ

B. 0,27 mJ

C. 0,135 mJ

D. 0,54 mJ

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\begin{cases} C = C_1 + C_2 = 5.10^{-6} \text{ F} \\ C' = C_2 = 2,5.10^{-6} \text{ F} \end{cases}$$

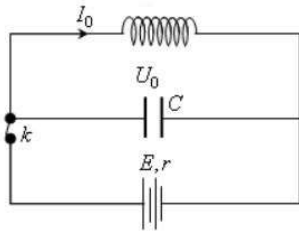
$$u = \frac{U_0}{2} \Rightarrow W_C = \frac{1}{4} W \Rightarrow W_{C1} = \frac{1}{2} W_C = \frac{1}{8} W \Rightarrow W' = W - W_{C1} = \frac{7}{8} W$$

$$W' = \frac{7}{8} \frac{CU_0^2}{2} = \frac{7}{8} \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2}{2} = 0,315 \cdot 10^{-3} (J)$$

4. BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN MẠCH LC CÓ ĐIỆN TRỞ

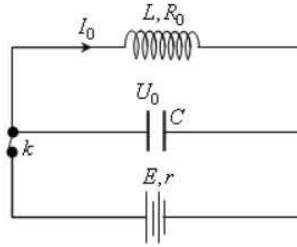
Phương pháp giải

1) Năng lượng hao phí



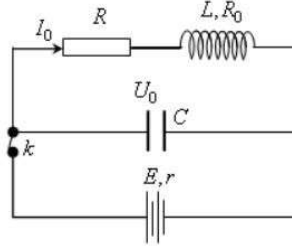
Hình 4.1

$$\begin{cases} I_{01} = \frac{E}{r} \Rightarrow W = \frac{LI_{01}^2}{2} + \frac{CU_{01}^2}{2} \\ U_{01} = 0 \end{cases}$$



Hình 4.3

$$\begin{cases} I_{01} = \frac{E}{r + R_0} \Rightarrow W = \frac{LI_{01}^2}{2} + \frac{CU_{01}^2}{2} \\ U_{01} = I_{01} R_0 \end{cases}$$



Hình 4.2

$$\begin{cases} I_{01} = \frac{E}{r + R_0 + R} \Rightarrow W = \frac{LI_{01}^2}{2} + \frac{CU_{01}^2}{2} \\ U_{01} = I_{01} (R_0 + R) \end{cases}$$

* Hình thứ nhất: Khi vừa cắt ra khỏi nguồn trong mạch có dòng điện $I_{01} = E/r$ và điện áp trên tụ bằng 0.

* Hình thứ hai: Khi vừa cắt ra khỏi nguồn trong mạch có dòng điện $I_{01} = E/(r + R_0)$ và điện áp trên tụ bằng $U_{01} = I_{01} R_0$.

* Hình thứ ba: Khi vừa cắt ra khỏi nguồn trong mạch có dòng điện $I_{01} = E/(r + R_0 + R)$ và điện áp trên tụ bằng $U_{01} = I_{01} (R_0 + R)$.

Tổng hao phí do tỏa nhiệt bằng năng lượng ban đầu $Q = W$.

Ví dụ 1: Một mạch dao động LC gồm tụ điện có điện dung $100\mu F$, cuộn dây có hệ số tự cảm $L = 0,02 H$ và điện trở toàn mạch không đáng kể. Dùng dây nối có điện trở không đáng kể để nối hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động $12V$ và điện trở trong 1Ω với hai bản cực của tụ điện. Khi dòng trong mạch đã ổn định người ta cắt nguồn ra khỏi mạch để cho mạch dao động tự do. Tính năng lượng dao động trong mạch.

A. 25,000J.

B. 1,44J.

C. 2,74J.

D. 1,61J.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B.

Khi vừa cắt ra khỏi nguồn trong mạch có dòng điện I_{01} và điện áp trên tụ bằng 0 (xem hình 4.1)

$$\begin{cases} I_{01} = \frac{E}{r} = 12(A) \\ U_{01} = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow W = \frac{CU_{01}^2}{2} + \frac{LI_{01}^2}{2} = 0 + \frac{0,02 \cdot 12^2}{2} = 1,44(J).$$

Ví dụ 2: Một mạch dao động LC gồm tụ điện C có điện dung 0,1 mF, cuộn dây có hệ số tự cảm L=0,02 H và điện trở là $R_0 = 5\Omega$ và điện trở của dây nối R = 0. Dùng dây nối có điện trở không đáng kể để nối hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động E = 12V và điện trở trong $r = 1\Omega$ với hai bản cực của tụ điện. Khi dòng trong mạch đã ổn định người ta sẽ cắt nguồn ra khỏi mạch để cho mạch dao động tự do. Tính phần năng lượng mà mạch nhận được ngay sau cắt khỏi nguồn.

- A. 45mJ. B. 75mJ. C. 40mJ. D. 50mJ.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

Khi cửa cắt ra khỏi nguồn trong mạch có dòng điện I_{01} và điện áp trên tụ U_{01} (xem hình 4.2)

$$\begin{cases} I_{01} = \frac{E}{r + R_0} = \frac{12}{1 + 5} = 2(A) \\ U_{01} = I_{01}R_0 = 2 \cdot 5 = 10(V) \end{cases} \Rightarrow W = \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{10^{-4} \cdot 10^2}{2} + \frac{0,02 \cdot 2^2}{2} = 0,045(J).$$

Ví dụ 3: Một mạch dao động LC gồm tụ điện C có điện dung 0,1 mF, cuộn dây có hệ số tự cảm L = 0,02 H và điện trở là $R_0 = 5\Omega$ và điện trở của dây nối $E = 4\Omega$. Dùng dây nối có điện trở không đáng kể để nối hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động E = 12 V và điện trở trong $r = 1\Omega$ với hai bản cực của tụ điện. Khi dòng trong mạch đã ổn định người ta cắt nguồn ra khỏi mạch để cho mạch dao động tự do. Tính nhiệt lượng tỏa ra trên R và R_0 kể từ lúc cắt nguồn ra khỏi mạch đến khi dao động trong mạch tắt hoàn toàn?

- A. 11,240 mJ. B. 14,400 mJ. C. 5,832 mJ. D. 20,232 mJ.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

Khi vừa cắt ra khỏi nguồn trong mạch có dòng điện I_{01} và điện áp trên tụ U_{01} (xem hình 4.3)

$$\begin{cases} I_{01} = \frac{E}{r + R_0 + R} = \frac{12}{1 + 5 + 4} = 1,2(A) \\ U_{01} = I_{01}(R_0 + R) = 1,2 \cdot 9 = 10,8(V) \end{cases} \Rightarrow W = \frac{CU_{01}^2}{2} + \frac{LI_{01}^2}{2}$$

$$\Rightarrow Q = W = \frac{10^{-4} \cdot 10,8^2}{2} + \frac{0,02 \cdot 1,2^2}{2} = 20,232 \cdot 10^{-3}(J).$$

Chú ý: Nếu bài toán yêu cầu tính nhiệt lượng tỏa ra trên từng điện trở R_0 và trên R thì ta áp dụng:

$$\begin{cases} Q_{R_0} + Q_R = Q \\ \frac{Q_{R_0}}{Q_R} = \frac{R_0}{R} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_{R_0} = \frac{R_0}{R + R_0} Q \\ Q_R = \frac{R}{R + R_0} Q \end{cases}.$$

Ví dụ 4: Một mạch dao động LC gồm tụ điện C có điện dung $200 \mu\text{F}$, cuộn dây có hệ số tự cảm $L = 0,2 \text{ H}$ và điện trở là $R_0 = 4 \Omega$ và điện trở của dây nối $R = 20 \Omega$. Dùng dây nối có điện trở không đáng kể để nối hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động $E = 12 \text{ V}$ và điện trở trong $r = 1 \Omega$ với hai bản cực của tụ điện. Sau khi trạng thái trong mạch đã ổn định người ta cắt nguồn ra khỏi mạch để cho mạch dao động tự do. Tính nhiệt lượng tỏa ra trên R kể từ lúc cắt nguồn ra khỏi đến khi dao động trong mạch tắt hoàn toàn?

A. 11,059 mJ.

B. 13,271 mJ.

C. 36,311 mJ

D. 30,259 mJ.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\begin{cases} I_{01} = \frac{E}{r + R_0 + R} = \frac{12}{1 + 20 + 4} = 0,48(A) \\ U_{01} = I_{01}(R_0 + R) = 0,48.(20 + 4) = 11,52(V) \end{cases}$$

$$Q = W = \frac{CU_{01}^2}{2} + \frac{LI_{01}^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 11,52^2}{2} + \frac{0,2 \cdot 0,48^2}{2} = 36,311 \cdot 10^{-3}(J)$$

$$\Rightarrow Q_R = \frac{R}{R + R_0} Q = \frac{20}{20 + 4} 36,311 \cdot 10^{-3}(J) \approx 30,259 \cdot 10^{-3}(J).$$

2) Công suất cần cung cấp

$$\text{Lúc đầu mạch được cung cấp năng lượng } W = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0^2 = ?$$

Nếu mạch có tổng điện trở R thì công suất cần cung cấp đúng bằng công suất hao phí do tỏa nhiệt trên R:

$$P_{cc} = I^2 \cdot R = \frac{1}{2} I_0^2 R.$$

Năng lượng cần cung cấp có ích sau thời gian: $A_{cc} = P_{cc} t$.

Nếu dùng nguồn một chiều có suất điện động E và chứa điện lượng Q_n để cung cấp năng lượng cho mạch

$$\text{thì hiệu suất của quá trình cung cấp là: } H = \frac{A_{cc}}{A_p} = \frac{P_{cc} t}{EQ_n}.$$

Ví dụ 1: (ĐH-2011) Mạch dao động điện từ LC gồm một cuộn dây có độ tự cảm 50 mH và tụ điện có điện dung $5 \mu\text{F}$. Nếu mạch có điện trở thuần $10^{-2} \Omega$, để duy trì dao động trong mạch với hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ điện là 12 V , thì phải cung cấp cho mạch một công suất trung bình bằng

A. 72 mW.

B. 72 μW

C. 36 μW .

D. 36 mW.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B.

$$\begin{cases} W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0^2 = \frac{CU_0^2}{L} \\ P_{cc} = \frac{1}{2} I_0^2 R = \frac{1}{2} \cdot \frac{CU_0^2}{L} \cdot R = \frac{1}{2} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2}{50 \cdot 10^{-3}} \cdot 10^{-2} = 72 \cdot 10^{-6}(W) \end{cases}$$

Ví dụ 2: Mạch dao động gồm cuộn dây có độ tự cảm $30 \mu\text{H}$ một tụ điện có 3000 pF . Điện trở thuần của mạch dao động là 1Ω . Để duy trì dao động điện từ trong mạch với điện lượng cực đại trên tụ 18 (nC) phải cung cấp cho mạch một năng lượng điện có công suất là

- A. $1,80 \text{ W}$. B. $1,80 \text{ mW}$. C. $0,18 \text{ W}$. D. $5,5 \text{ mW}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B.

$$\begin{cases} W = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0^2 = \frac{Q_0^2}{LC} \\ P_{cc} = \frac{1}{2} I_0^2 R = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q_0^2}{L} \cdot R = \frac{1}{2} \cdot \frac{18^2 \cdot 10^{-18}}{30 \cdot 10^{-6} \cdot 3000 \cdot 10^{-12}} \cdot 1 = 1,8 \cdot 10^{-3} (W) \end{cases}$$

Ví dụ 3: Mạch dao động điện từ LC gồm một cuộn dây có độ tự cảm $28 \text{ (}\mu\text{H)}$ và tụ điện có điện dung 3000 (pF) . Điện áp cực đại trên tụ là 5 (V) . Nếu mạch có điện trở thuần 1Ω , để duy trì dao động trong mạch với giá trị cực đại của điện áp giữa hai bản tụ điện là 5 (V) thì trong mỗi phút phải cung cấp cho mạch năng lượng bằng

- A. $1,3 \text{ (mJ)}$. B. $0,075 \text{ (J)}$. C. $1,5 \text{ (J)}$. D. $0,08 \text{ (J)}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\begin{cases} W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0^2 = \frac{CU_0^2}{L} \\ P_{cc} = \frac{1}{2} I_0^2 R = \frac{1}{2} \cdot \frac{CU_0^2}{L} \cdot R = \frac{1}{2} \cdot \frac{3000 \cdot 10^{-12} \cdot 5^2}{28 \cdot 10^{-6}} \cdot 1 = 1,34 \cdot 10^{-3} (W) \end{cases}$$

$$\Rightarrow A_{cc} = P_{cc} t = 0,08 (J)$$

Ví dụ 4: Mạch dao động điện từ LC gồm một cuộn dây có độ tự cảm $6 \text{ (}\mu\text{H)}$ có điện trở thuần 1Ω và tụ điện có điện dung 6 (nF) . Điện áp cực đại trên tụ lúc đầu 10 (V) . Để duy trì dao động điện từ trong mạch người ta dùng một pin có suất điện động là 10 V , có điện lượng dự trữ ban đầu là 300 (C) . Nếu cứ sau 10 giờ phải thay pin mới thì có hiệu suất sử dụng của pin là

- A. 80% . B. 60% . C. 40% . D. 70% .

Hướng dẫn: Chọn đáp án B.

$$\begin{cases} W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0^2 = \frac{CU_0^2}{L} \\ P_{cc} = \frac{1}{2} I_0^2 R = \frac{1}{2} \cdot \frac{CU_0^2}{L} \cdot R = \frac{1}{2} \cdot \frac{6 \cdot 10^{-9} \cdot 10^2}{6 \cdot 10^{-6}} \cdot 1 = 50 \cdot 10^{-3} (W) \end{cases}$$

$$h = \frac{P_{cc} t}{EQ} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 3600}{10 \cdot 300} = 0,6 = 60\%.$$

Ví dụ 5: Mạch dao động gồm cuộn dây có độ tự cảm $L = 20 \mu\text{H}$, điện trở thuần $R = 4 \Omega$ và tụ điện có điện dung $C = 2 \text{ nF}$. Hiệu điện thế cực đại giữa hai đầu tụ là 5 V . Để duy trì dao động điện từ trong mạch người ta dùng một pin có suất điện động là 5 V , có điện lượng dự trữ ban đầu là 30 (C) , có hiệu suất sử dụng là 60% . Hỏi pin trên có thể duy trì dao động của mạch trong thời gian tối đa là bao nhiêu?

- A. $t = 500 \text{ phút}$. B. $t = 30000 \text{ phút}$. C. $t = 300 \text{ phút}$. D. $t = 3000 \text{ phút}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\begin{cases} W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0^2 = \frac{CU_0^2}{L} \\ P_{cc} = \frac{1}{2} I_0^2 R = \frac{1}{2} \cdot \frac{CU_0^2}{L} \cdot R = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 5^2}{20 \cdot 10^{-6}} \cdot 4 = 5 \cdot 10^{-3} (W) \end{cases}$$
$$t = \frac{A_{ich}}{P_{cc}} = \frac{0,6 \cdot QE}{P_{cc}} = \frac{0,6 \cdot 30 \cdot 5}{5 \cdot 10^{-3}} = 18000(s) = 300(\text{phút}).$$

CHỦ ĐỀ 6: DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ

Dạng 1.

BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN SỰ LAN TRUYỀN ĐIỆN TỪ TRONG

Phương pháp giải

1) Đặc điểm của điện từ trường và sóng điện từ

- Điện trường biến thiên theo thời gian sinh ra từ trường, từ trường biến thiên theo thời gian sinh ra điện trường xoáy.
- Điện trường xoáy có đường sức là những đường cong kín.
- Hai trường biến thiên này liên quan mật thiết với nhau và là hai thành phần của một trường thống nhất, gọi là điện từ trường.
- Sóng điện từ là điện từ trường lan truyền trong không gian.
- Sóng điện từ lan truyền được trong môi trường vật chất và cả chân không (với tốc độ lớn nhất $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).
- Sóng điện từ là sóng ngang: $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$ (theo đúng thứ tự hợp thành tam diện thuận).
- Trong sóng điện từ thì dao động của điện trường và của từ trường tại một điểm luôn luôn đồng pha với nhau.
- Sóng điện từ tuân theo các quy luật truyền thẳng, phản xạ, khúc xạ như ánh sáng, giao thoa, nhiễu xạ.
- Sóng điện từ mang năng lượng.
- Sóng điện từ có bước sóng từ vài m đến vài km được dùng trong thông tin liên lạc vô tuyến gọi là *sóng vô tuyến*.

Ví dụ 1: (CD-2011) Khi nói về điện từ trường, phát biểu nào sau đây **sai**?

- A. Nếu tại một nơi có từ trường biến thiên theo thời gian thì tại đó xuất hiện điện trường xoáy.
- B. Trong quá trình lan truyền điện từ trường, vectơ cường độ điện trường và vectơ cảm ứng từ tại một điểm luôn vuông góc với nhau.
- C. Điện trường và từ trường là hai mặt thể hiện khác nhau của một trường duy nhất gọi là điện từ trường.
- D. Điện từ trường không lan truyền được trong điện môi.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

Sóng điện từ (điện từ trường) lan truyền được trong môi trường vật chất và cả trong chân không. Điện môi là một môi trường vật chất.

Ví dụ 2: (ĐH-2009) Phát biểu nào sau đây là **sai** khi nói về sóng điện từ?

- A. Sóng điện từ là sóng ngang.
- B. Khi sóng điện từ lan truyền, vector cường độ điện trường luôn vuông góc với vector cảm ứng từ.
- C. Khi sóng điện từ lan truyền, vector cường độ điện trường luôn cùng phương với vector cảm ứng từ.
- D. Sóng điện từ lan truyền được trong chân không.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

Khi sóng điện từ lan truyền, vector cường độ điện trường luôn vuông góc với vector cảm ứng từ.

Ví dụ 3: (ĐH-2012) Khi nói về sóng điện từ, phát biểu nào sau đây là **sai**?

- A. Sóng điện từ mang năng lượng.
- B. Sóng điện từ tuân theo các quy luật giao thoa, nhiễu xạ.
- C. Sóng điện từ là sóng ngang.
- D. Sóng điện từ không truyền được trong chân không.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

Sóng điện từ lan truyền được trong môi trường vật chất và cả trong chân không

Ví dụ 4: (ĐH-2012) Tại Hà Nội, một máy đang phát sóng điện từ. Xét một phương truyền có phương thẳng đứng hướng lên. Vào thời điểm t , tại điểm M trên phương truyền, vector cảm ứng từ đang có độ lớn cực đại và hướng về phía Nam. Khi đó vector cường độ điện trường có

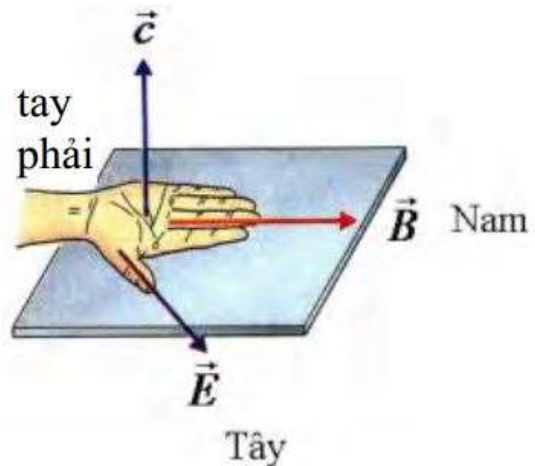
- A. độ lớn cực đại và hướng về phía Tây.
- B. độ lớn cực đại và hướng về phía Đông.
- C. độ lớn bằng không.
- D. độ lớn cực đại và hướng về phía Bắc.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

Trong sóng điện từ thì dao động của điện trường và của từ trường tại một điểm luôn luôn đồng pha với nhau. Khi vector cảm ứng từ có độ lớn cực đại thì vector cường độ điện trường cũng có độ lớn cực đại.

Sóng điện từ là sóng ngang: $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$ (theo đúng thứ tự hợp thành tam diện thuận). Khi quay từ \vec{E} sang \vec{B} thì chiều tiến của đỉnh ốc là \vec{c} .

Ngửa bàn tay phải theo hướng truyền sóng (hướng thẳng đứng dưới lên), ngón cái hướng theo thì bốn ngón hướng theo \vec{E} thì bốn ngón hướng theo \vec{B} .



Ví dụ 5: (ĐH-2011) Phát biểu nào sau đây là **sai** khi nói về sóng điện từ?

- A. Khi sóng điện từ gặp mặt phân cách giữa hai môi trường thì nó có thể bị phản xạ và khúc xạ.
- B. Sóng điện từ truyền được trong chân không.

C. Sóng điện từ là sóng ngang nên nó chỉ truyền được trong chất rắn.

D. Trong sóng điện từ thì dao động của điện trường và của từ trường tại một điểm luôn đồng pha với nhau.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

Sóng điện từ lan truyền được trong môi trường vật chất và cả trong chân không.

Ví dụ 6: Trong các đài phát thanh, sau trộn tín hiệu âm tần có tần số f_a với tín hiệu dao động cao tần có tần số f (biến điệu biên độ) thì tín hiệu đưa đến ăngten phát

A. biến thiên tuần hoàn với tần số f_a và biên độ biến thiên điều hòa theo thời gian với tần số f .

B. biến thiên tuần hoàn với tần số f và biên độ biến thiên điều hòa theo thời gian với tần số f_a .

C. biến thiên tuần hoàn với tần số f và biên độ biến thiên tuần hoàn theo thời gian với tần số bằng f_a .

D. biến thiên tuần hoàn với tần số f_a và biên độ biến thiên điều hòa theo thời gian với tần số bằng f .

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

Trong biến điệu biên độ, sóng truyền đi biến thiên tuần hoàn theo tần số sóng mang, còn biên độ biến thiên tuần hoàn theo tần số âm tần.

Chú ý: Trong cùng một khoảng thời gian Δt số dao động cao tần và số dao động âm tần thực hiện

$$\text{được lần lượt là } \begin{cases} n = \frac{\Delta t}{T} = \Delta t \cdot f \\ n_a = \frac{\Delta t}{T_a} = \Delta t \cdot f_a \end{cases} \Rightarrow \frac{n}{n_a} = \frac{f}{f_a}.$$

Ví dụ 7: (ĐH-2010) Trong thông tin liên lạc bằng sóng vô tuyến, người ta sử dụng cách biến điệu biên độ, tức là làm cho biên độ của sóng điện từ cao tần (gọi là sóng mang) biến thiên theo thời gian với tần số bằng tần số của dao động âm tần. Cho tần số sóng mang là 800 kHz. Khi dao động âm tần có tần số 1000 Hz thực hiện một dao động toàn phần thì dao động cao tần thực hiện được số dao động toàn phần là.

A. 1600.

B. 625.

C. 800.

D. 1000.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\text{Áp dụng: } \frac{n}{n_a} = \frac{f}{f_a} \Rightarrow \frac{n}{1} = \frac{800 \cdot 1000}{1000} \Rightarrow n = 800.$$

Ví dụ 8: Trong thông tin liên lạc bằng sóng vô tuyến, người ta sử dụng cách biến điệu biên độ, tức là làm cho biên độ của sóng điện từ cao tần (gọi là sóng mang) biến thiên theo thời gian với tần số bằng tần số của dao động âm tần. Khi dao động âm tần thực hiện 2 dao động toàn phần thì dao động cao tần thực hiện được 1800 dao động toàn phần. Nếu tần số sóng mang là 0,9 MHz thì dao động âm tần có tần số là

A. 0.1 MHz.

B. 900 Hz.

C. 2000 Hz.

D. 1 KHz.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\frac{n}{f} = \frac{n_a}{f_a} \Rightarrow \frac{1800}{0,9 \cdot 10^6} = \frac{2}{f_a} \Rightarrow f_a = 1000(\text{Hz}).$$

Ví dụ 9: Tại hai điểm A, B cách nhau 1000 m trong không khí, đặt hai ăngten phát sóng điện từ giống hệt nhau. Nếu di chuyển đều một máy thu sóng trên đoạn thẳng AB thì tín hiệu mà máy thu được trong khi di chuyển sẽ

- A. như nhau tại mọi vị trí. B. lớn dần khi tiến gần về hai nguồn.
C. nhỏ nhất tại trung điểm AB. D. lớn hay nhỏ tùy vào từng vị trí.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

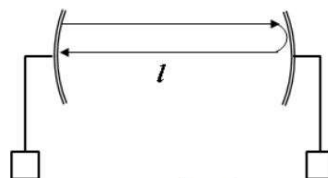
Trên khoảng AB có sự giao thoa của hai sóng kết hợp do hai nguồn kết hợp A, B phát ra nên nếu máy thu gặp vị trí cực đại thì tín hiệu mạnh, còn gặp cực tiểu thì tín hiệu yếu.

2) Ứng dụng sóng điện từ trong định vị

* **Đo khoảng cách:** Gọi t là thời gian từ lúc phát sóng cho đến lúc thu được sóng phản xạ thì thời gian một lần truyền đi là $t/2$ và khoảng cách $l = 3 \cdot 10^8 \frac{t}{2}$.

* **Đo tốc độ:** Giả sử một vật đang chuyển động về phía người quan sát. Để đo tốc độ của nó ta thực hiện hai phép đo khoảng cách ở hai thời điểm cách nhau một khoảng thời gian Δt :

$$\begin{cases} l_1 = 3 \cdot 10^8 \frac{t_1}{2} \\ l_2 = 3 \cdot 10^8 \frac{t_2}{2} \end{cases} \Rightarrow v = \frac{|l_1 - l_2|}{\Delta t}$$



Ví dụ 1: Từ Trái Đất, một ăngten phát ra những sóng cực ngắn đến Mặt Trăng. Thời gian từ lúc ăngten phát sóng đến lúc nhận sóng phản xạ trở lại là 2,56 (s). Hãy tính khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng. Biết tốc độ của sóng điện từ trong không khí bằng $3 \cdot 10^8$ (m/s).

- A. 384000 km. B. 385000 km. C. 386000 km. D. 387000 km.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$l = 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{t}{2} = 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{2,56}{2} = 384000(km).$$

Ví dụ 2: Một ăngten radar phát ra những sóng điện từ đến một vật đang chuyển động về phía radar. Thời gian từ lúc ăngten phát sóng đến lúc nhận sóng phản xạ trở lại là 80 (μ s). Sau 2 phút đo lần thứ hai, thời gian từ lúc phát đến lúc nhận lần này là 76 (μ s). Tính tốc độ trung bình của vật. Biết tốc độ của sóng điện từ trong không khí bằng $3 \cdot 10^8$ (m/s).

- A. 5 m/s. B. 6 m/s. C. 7 m/s. D. 29 m/s.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\begin{cases} \text{Lần 1: } l_1 = 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{t_1}{2} = 12000(m) \\ \text{Lần 2: } l_2 = 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{t_2}{2} = 11400(m) \end{cases} \Rightarrow v = \frac{l_1 - l_2}{\Delta t} = 5(m/s).$$

Ví dụ 3: Một ăng ten rada phát ra những sóng điện từ đến một máy bay đang bay về phía rada. Thời gian từ lúc ăng ten phát đến lúc nhận sóng phản xạ trở lại là 120 μ s, ăng ten quay với tốc độ 0,5 vòng/s. Ở vị trí

của đầu vòng quay tiếp theo ứng với hướng của máy bay, ăng ten lại phát sóng điện từ, thời gian từ lúc phát đến lúc nhận lần này là $116 \mu s$. Tính vận tốc trung bình của máy bay, biết tốc độ truyền sóng điện từ trong không khí bằng $3.10^8 (m/s)$.

- A. 810 km/h. B. 1200 km/h. C. 300 km/h. D. 1080 km/h.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\begin{cases} \text{Lần 1: } l_1 = 3.10^8 \cdot \frac{t_1}{2} = 18000(m) \\ \text{Lần 2: } l_2 = 3.10^8 \cdot \frac{t_2}{2} = 17400(m) \end{cases}$$

Khoảng thời gian hai lần đo liên tiếp đúng bằng thời gian quay 1 vòng của rada:

$$\Delta t = T = \frac{1}{f} = 2(s) \Rightarrow \bar{v} = \frac{l_1 - l_2}{\Delta t} = 300(m/s) = 1080(km/h).$$

Ví dụ 4: Giả sử một vệ tinh dùng trong truyền thông đang đứng yên so với mặt đất ở một độ cao xác định trong mặt phẳng Xích đạo Trái Đất; đường thẳng nối vệ tinh với tâm Trái Đất đi qua kinh tuyến số 0 hoặc kinh tuyến gốc. Coi Trái Đất như một quả cầu, bán kính là 6370 km; khối lượng là 6.10^{24} kg và chu kì quay quanh trục của nó là 24 h; hằng số hấp dẫn $G = 6,67.10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$. Sóng cực ngắn $f > 30 \text{ MHz}$ phát từ vệ tinh truyền thẳng đến các điểm nằm trên Xích Đạo Trái Đất trong khoảng kinh độ nào dưới đây:

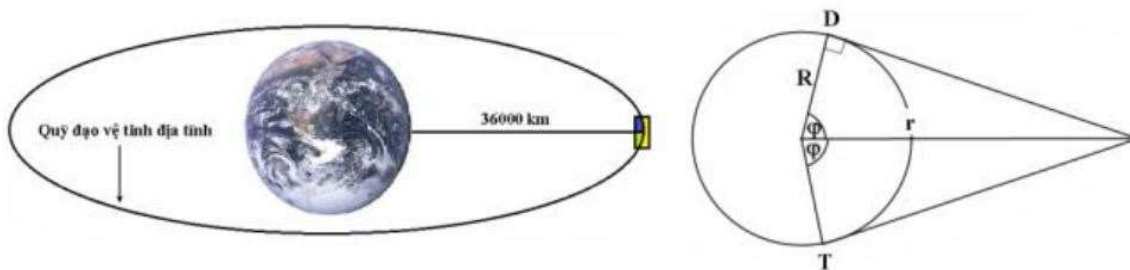
- A. Từ kinh độ $85^{\circ}20' \text{ Đ}$ đến kinh độ $85^{\circ}20' \text{ T}$.
B. Từ kinh độ $79^{\circ}20' \text{ Đ}$ đến kinh độ $79^{\circ}20' \text{ T}$.
C. Từ kinh độ $81^{\circ}20' \text{ Đ}$ đến kinh độ $81^{\circ}20' \text{ T}$.
D. Từ kinh độ $83^{\circ}20' \text{ T}$ đến kinh độ $83^{\circ}20' \text{ Đ}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

Với vệ tinh địa tĩnh (đứng yên so với Trái Đất), lực hấp dẫn là lực hướng tâm nên:

$$m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r = \frac{GmM}{r^2} \Rightarrow r = \sqrt[3]{GM \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2}$$

$$\Rightarrow r = \sqrt[3]{6,67.10^{-11} \cdot 6.10^{24} \left(\frac{24.60.60}{2\pi} \right)^2} \approx 42297523,87(m)$$



Vùng phủ sóng nằm trong miền giữa hai tiếp tuyến kẻ từ vệ tinh tới Trái Đất.

Từ đó tính được $\cos \varphi = \frac{R}{r} \Rightarrow \varphi \approx 81^{\circ}20'$: Từ kinh độ $81^{\circ}20' \text{ T}$ đến kinh độ $81^{\circ}20' \text{ Đ}$.

Bàn luận: Vệ tinh địa tĩnh là bài toán ở lớp 10, khoảng cách từ vệ tinh địa tĩnh đến tâm Trái Đất gấp khoảng 7 lần bán kính Trái Đất (Số liệu này được nhắc rất nhiều trên các phương tiện truyền thông). Vì vậy, nếu học sinh đã biết thì có thể “áng chừng” kết quả: $\cos \varphi = \frac{R}{r} = \frac{1}{7} \Rightarrow \varphi \approx 81^\circ 47'$.

2. BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN MẠCH THU SÓNG

Phương pháp giải

1) Bước sóng mạch thu được

Để thu được sóng điện từ nhất định thì người ta phải điều chỉnh máy thu sao cho tần số dao động riêng

của mạch thu $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ bằng tần số của sóng cần thu f_s , tức là trong mạch có hiện tượng cộng hưởng.

Bước sóng mạch thu được lúc đó là: $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f_s} = \frac{3 \cdot 10^8}{f} = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC}$.

Ví dụ 1: Mạch chọn sóng của một máy thu gồm một tụ điện có điện dung 100 (pF) và cuộn cảm có độ tự cảm $L = 1/\pi^2$ (μH). Mạch dao động trên có thể bắt được sóng điện từ thuộc dải sóng vô tuyến nào?

- A. Dài. B. Trung. C. Ngắn. D. Cực ngắn.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC} = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{\frac{1}{\pi^2} \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = 6(m).$$

Ví dụ 2: Một mạch chọn sóng gồm một cuộn cảm thuần có độ tự cảm không đổi và một tụ điện có điện dung thay đổi được. Khi điện dung của tụ là 20 μF thì mạch thu được sóng điện từ có bước sóng 40 m. Nếu muốn thu được sóng điện từ có bước sóng 60 m thì phải điều chỉnh điện dung của tụ thế nào?

- A. giảm đi 5 μF. B. tăng thêm 15 μF.
C. giảm đi 20 μF. D. tăng thêm 25 μF.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_1 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC_1} \\ \lambda_2 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC_2} \end{cases} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2 \Rightarrow C_2 = 45(\mu F)$$

$$\Rightarrow C_2 - C_1 = 25(\mu F).$$

Ví dụ 3: Mạch dao động LC lí tưởng đang hoạt động với dòng điện trong mạch cho bởi phương trình $i = I_0 \cos(1000\pi t + \pi/4)$ (A) (với t đo bằng mili giây). Mạch này có thể cộng hưởng được với sóng điện từ có bước sóng bằng

- A. 600(m). B. 600000 (m). C. 300 (km). D. 30 (m).

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\omega = 1000\pi (rad / ms) \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2 \cdot 10^{-3} (ms)$$

$$\Rightarrow \lambda = 3.10^8 \cdot T = 3.10^8 \cdot 2.10^{-6} = 600(m).$$

Ví dụ 4: Tốc độ ánh sáng trong chân không 3.10^8 m/s. Một đài phát thanh, tín hiệu từ mạch dao động điện từ có tần số $f = 0,5.10^6$ Hz đưa đến bộ phận biến điệu để trộn với tín hiệu âm tần có tần số $f_a = 1000$ (Hz). Sóng điện từ do đài phát ra có bước sóng là

A. 600 m.

B. 3.10^5 m.

C. 60 m.

D. 6m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\lambda = \frac{3.10^8}{f} = \frac{3.10^8}{0,5.10^6} = 600(m).$$

$$\text{Chú ý: } W = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow LC = \frac{Q_0^2}{I_0^2} \Rightarrow \lambda = 6\pi.10^8 \sqrt{LC} = 6\pi.10^8 \cdot \frac{Q_0}{I_0}.$$

Ví dụ 5: Tốc độ truyền sóng điện từ là 3.10^8 (m/s). Một mạch chọn sóng, khi thu được sóng điện từ có bước sóng λ thì cường độ cực đại trong mạch là 2π (mA) và điện tích cực đại trên tụ là 2 (nC). Bước sóng λ là

A. 600 m.

B. 260 m.

C. 270 m.

D. 280 m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\lambda = 6\pi.10^8 \sqrt{LC} = 6\pi.10^8 \cdot \frac{Q_0}{I_0} = 6\pi.10^8 \cdot \frac{2.10^{-9}}{2\pi.10^{-3}} = 600(m).$$

Chú ý:

1) Điện dung của tụ điện phẳng tính theo công thức:

$$C = \frac{\epsilon.S}{9.10^9.4\pi d} \quad (\epsilon \text{ là hằng số điện môi, } d \text{ là khoảng cách}$$

giữa hai bản tụ và S là diện tích đối diện giữa các bản tụ).

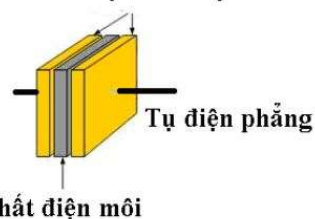
2) Khi chất điện môi trong tụ là không khí thì $\epsilon_0 = 1$ nên

$$C_0 = \frac{S}{9.10^9.4\pi d} \text{ và bước sóng mạch thu được } \lambda_0 = 6\pi.10^8 \sqrt{LC_0}.$$

* Nếu nhúng các bản tụ ngập vào trong điện môi lỏng (có hằng số điện môi ϵ) và các yếu tố khác không

đổi thì điện dung của tụ $C = \frac{\epsilon.S}{9.10^9.4\pi d} = \epsilon C_0$ nên bước sóng mạch thu được $\lambda = \lambda_0 \sqrt{\epsilon}$.

Các bản cực kim loại

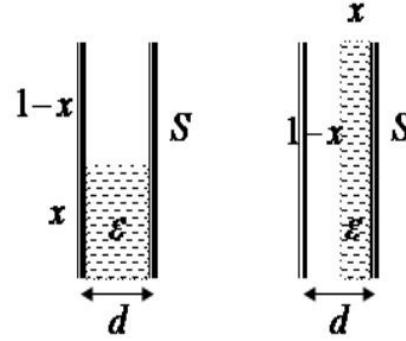


* Nếu nhúng x phần trăm diện tích các bản tụ ngập vào trong điện môi lỏng (có hằng số điện môi ϵ) và các yếu tố khác không đổi thì bộ tụ C gồm hai tụ C_1, C_2 ghép song song:

$$C_1 = \frac{(1-x)S}{9.10^9.4\pi d} = (1-x)C_0,$$

$$C_2 = \frac{\epsilon x S}{9.10^9.4\pi d} = \epsilon x C_0$$

$$\Rightarrow C = C_1 + C_2 = (1-x + \epsilon x)C_0.$$



Bước sóng mạch thu được $\lambda = \lambda_0 \sqrt{1-x + \epsilon x}$.

* Nếu ghép sát vào một bản tụ một tấm điện môi có hằng số điện môi ϵ có bề dày bằng x phần trăm bề dày của lớp không khí và các yếu tố khác không đổi thì bộ tụ C gồm hai tụ C_1, C_2 ghép nối tiếp:

$$C_1 = \frac{S}{9.10^9.4\pi(1-x)d} = \frac{C_0}{(1-x)} \quad C_2 = \frac{\epsilon S}{9.10^9.4\pi x d} = \frac{\epsilon C_0}{x} \Rightarrow$$

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\epsilon}{x + \epsilon(1-x)} C_0. \text{ Bước sóng mạch thu được } \lambda = \lambda_0 \sqrt{\frac{\epsilon}{x + \epsilon(1-x)}}.$$

Ví dụ 6: Mạch dao động cuộn dây có độ tự cảm $10 \text{ (}\mu\text{H)}$ và tụ điện phẳng không khí diện tích đối diện $36\pi \text{ (cm}^2\text{)}$, khoảng cách giữa hai bản 1 mm . Tốc độ truyền sóng điện từ là 3.10^8 (m/s) . Bước sóng điện từ cộng hưởng với mạch có giá trị

A. 60 (m).

B. 6 (m).

C. 16 (m).

D. 6 (km).

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$C = \frac{\epsilon S}{9.10^9.4\pi x d} = \frac{1.36\pi.10^{-4}}{9.10^9.4\pi.10^{-3}} = 10^{-10} \text{ (F)}$$

$$\lambda = 6\pi.10^8 \sqrt{LC} = 6\pi.10^8 \sqrt{10.10^{-6}.10} \approx 60 \text{ (m)}.$$

Ví dụ 7: Mạch dao động của một máy phát sóng vô tuyến gồm cuộn cảm và một tụ điện phẳng mà khoảng cách giữa hai bản tụ có thể thay đổi. Khi khoảng cách giữa hai bản tụ là $4,8 \text{ mm}$ thì máy phát ra sóng có bước sóng 300 m , để máy phát ra sóng có bước sóng 240 m thì khoảng cách giữa hai bản phải tăng thêm

A. 6,0 (mm).

B. 7,5 (mm).

C. 2,7 (mm).

D. 1,2 (mm).

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\begin{cases} C = \frac{\epsilon D}{9.10^9.4\pi d} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} = \sqrt{\frac{d_1}{d_2}} \Rightarrow \frac{240}{300} = \sqrt{\frac{4,8}{d_2}} \Rightarrow d_2 = 7,5 \text{ (mm)} \\ \lambda = 6\pi.10^8 \sqrt{LC} \end{cases}$$

$$\Rightarrow d_2 - d_1 = 2,7 \text{ (mm)}.$$

Ví dụ 8: Mạch dao động cuộn dây và tụ điện phẳng không khí thì bước sóng điện từ cộng hưởng với mạch là 62 m. Nếu nhúng các bản tụ ngập chìm vào trong điện môi lỏng có hằng số điện môi $\varepsilon = 2$ thì bước sóng điện từ cộng hưởng với mạch là

- A. 60 (m). B. 73,5 (m). C. 87,7 (m). D. 63,3 (km).

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$C_0 = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} \Rightarrow C = \frac{\varepsilon D}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \varepsilon C_0 \Rightarrow \lambda' = \lambda \sqrt{\varepsilon} = 62\sqrt{2} \approx 87,7(m).$$

Ví dụ 9: Mạch dao động cuộn dây và tụ điện phẳng không khí thì bước sóng điện từ cộng hưởng với mạch là 60 m. Nếu nhúng một phần ba diện tích các bản tụ ngập vào trong điện môi lỏng có hằng số điện môi $\varepsilon = 2$ thì bước sóng điện từ cộng hưởng với mạch là

- A. 60 (m). B. 73,5 (m). C. 69,3 (m). D. 6,6 (km).

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

Cách 1: Bước sóng mạch thu được $\lambda = \lambda_0 \sqrt{1 - x + \varepsilon x} = 60 \sqrt{1 - \frac{1}{3} + 2 \cdot \frac{1}{3}} \approx 69,3(m).$

Cách 2: $C_0 = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} \Rightarrow \begin{cases} C_1 = \frac{\frac{2}{3} \cdot S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{2}{3} C_0 \\ C_2 = \frac{\varepsilon \cdot \frac{1}{3} \cdot S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{2}{3} C_0 \end{cases} \xrightarrow{C_1 // C_2} C = C_1 + C_2 = \frac{4}{3} C_0$

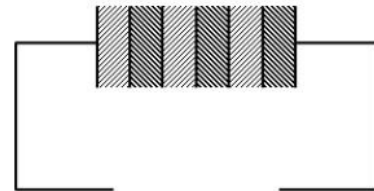
$$\Rightarrow \lambda' = \lambda \sqrt{\frac{4}{3}} = 60 \sqrt{\frac{4}{3}} \approx 69,3(m).$$

Chú ý:

1) Nếu tụ xoay có cấu tạo gồm n tấm kim loại đặt cách đều nhau những khoảng d thì ta được bộ tụ gồm $(n - 1)$ tụ giống nhau (mỗi tụ có điện dung $C_0 = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$ ghép song song. Do đó, điện dung

của bộ tụ: $C = (n - 1)C_0$.

2) Nếu bộ tụ cấu tạo gồm n tấm kim loại đặt cách đều nhau những khoảng d và hai tấm ngoài cùng được nối với mạch thì ta được bộ tụ gồm $(n - 1)$ tụ giống nhau (mỗi tụ có điện dung $C_0 = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$



) ghép nối tiếp. Do đó, điện dung của bộ tụ: $C = \frac{C_0}{(n - 1)}$.

Ví dụ 10: Mạch dao động gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm 5 (mH) và bộ tụ điện phẳng không khí gồm 19 tấm kim loại đặt song song đan xen nhau. Diện tích đối diện giữa hai tấm 3,14 (cm²) và khoảng cách

giữa hai tấm liên tiếp là 1 mm. Tốc độ truyền sóng điện từ là 3.10^8 (m/s). Bước sóng điện từ cộng hưởng với mạch có giá trị

- A. 967 (m). B. 64 (m). C. 942 (m). D. 52 (m).

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

Bộ tụ gồm $(n - 1)$ tụ giống nhau ghép nối tiếp:

$$C = \frac{C_0}{n-1} = \frac{1}{18} \frac{1,3,14.10^{-4}}{9.10^9.4\pi.10^{-3}} \approx 1,542.10^{-13} (F)$$

$$\Rightarrow \lambda = 6\pi.10^8 \sqrt{LC} \approx 52,3(m).$$

Ví dụ 11: Mạch dao động gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm 5 (mH) và một tụ xoay không khí gồm 19 tấm kim loại đặt song song đan xen nhau. Diện tích đối diện giữa hai tấm 3,14 (cm²) và khoảng cách giữa hai tấm liên tiếp là 1 mm. Tốc độ truyền sóng điện từ là 3.10^8 (m/s). Bước sóng điện từ cộng hưởng với mạch có giá trị

- A. 967 (m). B. 64 (m). C. 942 (m). D. 52 (m).

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

Bộ tụ gồm $(n - 1)$ tụ giống nhau ghép song song:

$$C = 18C_0 = 18 \frac{\epsilon S}{9.10^9.4\pi d} = 18 \frac{1,3,14.10^{-4}}{9.10^9.4\pi.10^{-3}} \approx 4,997.10^{-13} (F)$$

$$\Rightarrow \lambda = 6\pi.10^8 \sqrt{LC} \approx 942(m).$$

Chú ý: Nếu mắc cuộn cảm thuần L với các tụ $C_1, C_2, C_1 // C_2$ và C_1 nt C_2 thì bước sóng mà mạch cộng hưởng lần lượt là:

$$\begin{cases} \lambda_1 = 6\pi.10^8 \sqrt{LC_1} \\ \lambda_2 = 6\pi.10^8 \sqrt{LC_2} \\ \lambda_{ss} = 6\pi.10^8 \sqrt{L(C_1 + C_2)} \\ \lambda_{nt} = 6\pi.10^8 \sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_1^2 + \lambda_2^2 = \lambda_{ss}^2 \\ \frac{1}{\lambda_{nt}^2} = \frac{1}{\lambda_1^2} + \frac{1}{\lambda_2^2} \end{cases}$$

Ví dụ 12: Khi mắc tụ điện có điện dung C_1 với cuộn cảm L thì mạch thu sóng thu được sóng có bước sóng 100 m; khi mắc tụ điện có điện dung C_2 với cuộn cảm L thì mạch thu được sóng có bước sóng 75 m. Khi mắc C_1 song song với C_2 và song song với cuộn cảm L thì mạch thu được bước sóng là

- A. $\lambda = 175$ m. B. $\lambda = 66$ m. C. $\lambda = 60$ m. D. $\lambda = 125$ m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\lambda_{ss} = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2} = 125(m).$$

Ví dụ 13: Khi mắc tụ điện có điện dung C_1 với cuộn cảm L thì mạch thu được sóng có bước sóng 60 m; khi mắc tụ điện có điện dung C_2 với cuộn cảm L thì mạch thu được sóng có bước sóng 80 m. Khi mắc C_1 nối tiếp C_2 và nối với cuộn cảm L thì mạch thu được bước sóng là

- A. $\lambda = 100$ m. B. $\lambda = 140$ m. C. $\lambda = 70$ m. D. $\lambda = 48$ m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\frac{1}{\lambda_{nt}^2} = \frac{1}{\lambda_1^2} + \frac{1}{\lambda_2^2} \Rightarrow \lambda_{nt} = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}} = 48(m).$$

Ví dụ 14: Mạch dao động của một máy phát vô tuyến điện có cuộn dây với độ tự cảm không đổi và tụ điện có điện dung thay đổi được. Khi điện dung của tụ điện là C_1 thì máy phát ra sóng điện từ có bước sóng 100 m. Để máy này có thể phát ra sóng có bước sóng 50 m người ta phải mắc thêm một tụ điện C_2 có điện dung

- A. $C_2 = C_1/3$, nối tiếp với tụ C_1 . B. $C_2 = 15C_1$, nối tiếp với tụ C_1 .
C. $C_2 = C_1/3$, song song với tụ C_1 . D. $C_2 = 15C_1$, song song với tụ C_1 .

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\begin{cases} \lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC_1} \\ \lambda' = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC'} \end{cases} \Rightarrow \frac{\lambda'}{\lambda} = \sqrt{\frac{C'}{C_1}} \Rightarrow \frac{50}{100} = \sqrt{\frac{C'}{C_1}} \Rightarrow C' = 0,25C_1 < C_1 \Rightarrow C' = C_1 \text{ nt } C_2$$

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_2 = \frac{C_1 C'}{C_1 - C'} = \frac{C_1}{3}.$$

Ví dụ 15: Mạch dao động điện từ gồm cuộn dây có độ tự cảm L và một tụ điện có điện dung C . Khi $L = L_1$ và $C = C_1$ thì mạch thu được sóng điện từ có bước sóng λ . Khi $L = 3L_1$ và $C = C_2$ thì mạch thu được sóng điện từ có bước sóng là 2λ . Nếu $L = 3L_1$ và $C = C_1 + C_2$ thì mạch thu được sóng điện từ có bước sóng là

- A. $\lambda\sqrt{3}$. B. 2λ . C. $\lambda\sqrt{7}$. D. 3λ .

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\begin{cases} \lambda_1 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L_1 C_1} = \lambda \Rightarrow C_1 = \frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \cdot L_1} \\ \lambda_2 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L_1 C_2} = 2\lambda \Rightarrow C_2 = \frac{4\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \cdot 3L_1} \end{cases} \Rightarrow \lambda_t = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{3L_1(C_1 + C_2)}$$

$$\Rightarrow \lambda_t = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{3L_1 \left(\frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \cdot L_1} + \frac{4\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \cdot 3L_1} \right)} = \lambda\sqrt{7}.$$

Chú ý:

- 1) Thời gian ngắn nhất từ lúc năng lượng điện trường cực đại ($i = 0, u = \pm U_0, q = \pm Q_0$) đến lúc năng lượng từ trường cực đại ($i = I_0, u = 0, q = 0$) là $T/4$.
- 2) Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp mà $W_L = W_C$ là $T/4$.
- 3) Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp để các đại lượng q, u, i, E, B, W_L, W_C bằng 0 hoặc có độ lớn cực đại là $T/2$.

4) Nếu bài toán liên quan đến các khoảng thời gian khác thì sử dụng \arccos , \arcsin hoặc trực phân bố thời gian.

Ví dụ 16: Một mạch dao động LC có điện trở thuần không đáng kể. Cứ sau khoảng thời gian ngắn nhất 10 μs thì năng lượng điện trường trong tụ bằng không. Tốc độ ánh sáng trong chân không $3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$. Mạch này có thể cộng hưởng được với sóng điện từ có bước sóng

- A. 1200 m. B. 12 km. C. 6 km. D. 600 m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

Khoảng thời gian hai lần liên tiếp năng lượng điện trường trong tụ bằng không là $T/2$ nên:

$$\frac{T}{2} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ (s)} \Rightarrow T = 2 \cdot 10^{-5} \text{ (s)} \Rightarrow \lambda = 3 \cdot 10^8 \cdot T = 6 \cdot 10^3 \text{ (m)}.$$

Ví dụ 17: Mạch chọn sóng của một máy thu gồm một tụ điện và cuộn cảm. Khi thu được sóng điện từ có bước sóng λ , người ta nhận thấy khoảng thời gian hai lần liên tiếp điện áp trên tụ có giá trị bằng giá trị điện áp hiệu dụng là 5 (ns). Biết tốc độ truyền sóng điện từ là $3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$. Bước sóng λ là

- A. 5 m. B. 6 m. C. 3 m. D. 1,5 m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B.

Hai lần liên tiếp điện áp trên tụ có giá trị bằng giá trị điện áp hiệu dụng chính là hai lần liên tiếp $W_L = W_C$ nên:

$$\frac{T}{4} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ (s)} \Rightarrow T = 2 \cdot 10^{-8} \text{ (s)} \Rightarrow \lambda = c \cdot T = 6 \text{ (m)}.$$

Ví dụ 18: Mạch chọn sóng của một máy thu gồm một tụ điện và cuộn cảm. Khi thu được sóng điện từ có bước sóng λ , người ta nhận thấy khoảng thời gian ngắn nhất từ lúc điện áp trên tụ cực đại đến lúc chỉ còn nửa giá trị cực đại là 5 (ns). Biết tốc độ truyền sóng điện từ là $3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$. Bước sóng λ là

- A. 12 m. B. 6 m. C. 18 m. D. 9 m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\begin{cases} u_1 = U_0 \\ u_2 = \frac{U_0}{2} \end{cases} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{6} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ (s)} \Rightarrow T = 30 \cdot 10^{-9} \text{ (s)} \Rightarrow \lambda = cT = 9 \text{ (m)}.$$

2) Điều chỉnh mạch thu sóng

$$* \text{ Từ } \lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC} \xrightarrow{L_1 \leq L \leq L_2, C_1 \leq C \leq C_2} \begin{cases} \lambda_{\min} = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L_1 C_1} \\ \lambda_{\max} = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L_2 C_2} \end{cases} \Rightarrow \lambda_{\min} \leq \lambda \leq \lambda_{\max}.$$

$$* \text{ Từ công thức } \lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC} \Rightarrow \begin{cases} L = \frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} C} \\ C = \frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} \end{cases} \begin{cases} L_1 = \frac{\lambda_1^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} C} \\ L_2 = \frac{\lambda_2^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} C} \\ C_1 = \frac{\lambda_1^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} \\ C_2 = \frac{\lambda_2^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} \end{cases}$$

Ví dụ 1: Mạch dao động điện từ gồm cuộn dây có độ tự cảm $2,5/\pi$ (μH) và một tụ điện dung thay đổi từ $10/\pi$ (pF) đến $160/\pi$ (pF). Tốc độ truyền sóng điện từ là $3 \cdot 10^8$ (m/s). Mạch trên có thể bắt được sóng điện từ có bước sóng nằm trong khoảng nào?

A. $2 \text{ m} \leq \lambda \leq 12 \text{ m}$.

B. $3 \text{ m} \leq \lambda \leq 12 \text{ m}$.

C. $2 \text{ m} \leq \lambda \leq 15 \text{ m}$.

D. $3 \text{ m} \leq \lambda \leq 15 \text{ m}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B.

$$\begin{cases} \lambda_1 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC_1} = 3(\text{m}) \\ \lambda_2 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC_2} = 12(\text{m}) \end{cases}$$

Ví dụ 2: Mạch chọn sóng gồm cuộn dây có độ tự cảm L , tụ điện có điện dung C biến thiên từ 56 pF đến 667 pF. Muốn mạch chỉ thu được sóng điện từ có bước sóng từ 40 m đến 2600 m thì cuộn cảm trong mạch phải có độ tự cảm nằm trong giới hạn nào?

A. $0,22 \mu\text{H}$ đến $79,23 \mu\text{H}$.

B. $4 \mu\text{H}$ đến $2,86 \text{ mH}$.

C. $8 \mu\text{H}$ đến $2,86 \text{ mH}$.

D. $8 \mu\text{H}$ đến $1,43 \text{ mH}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\begin{cases} \lambda_{\min} = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L_1 C_1} \Rightarrow 40 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L_1 \cdot 56 \cdot 10^{-12}} \Rightarrow L_1 \approx 8,04 \cdot 10^{-6} (\text{H}) \\ \lambda_{\max} = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L_2 C_2} \Rightarrow 2600 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L_2 \cdot 667 \cdot 10^{-12}} \Rightarrow L_2 \approx 2,86 \cdot 10^{-3} (\text{H}) \end{cases}$$

Ví dụ 3: Một mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một cuộn cảm có độ tự cảm L biến thiên từ $0,3 \mu\text{H}$ đến $12 \mu\text{H}$ và một tụ điện có điện dung biến thiên từ 20 pF đến 800 pF. Tốc độ truyền sóng điện từ là $3 \cdot 10^8$ (m/s). Máy này có thể bắt được sóng điện từ có bước sóng nhỏ nhất là

A. $4,6 \text{ m}$.

B. 285 m .

C. 540 m .

D. 185 m .

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\lambda_{\min} = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L_1 C_1} = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^{-12}} \approx 4,6(\text{m}).$$

Ví dụ 4: Mạch chọn sóng của một máy thu gồm một tụ điện có điện dung $4/(9\pi^2)$ (pF) và cuộn cảm có độ tự cảm biến thiên. Tốc độ truyền sóng điện từ là $3 \cdot 10^8$ (m/s). Để có thể bắt được sóng điện từ có bước sóng 100 (m) thì độ tự cảm cuộn dây bằng bao nhiêu?

A. $0,0615 \text{ H}$.

B. $0,0625 \text{ H}$.

C. $0,0635 \text{ H}$.

D. $0,0645 \text{ H}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B.

$$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC} \Rightarrow L = \frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} C} = 0,0625(H).$$

Ví dụ 5: Mạch chọn sóng của một máy thu gồm một tụ điện xoay và cuộn cảm có độ tự cảm $25/(288\pi^2)$ (μH). Tốc độ truyền sóng điện từ là $3 \cdot 10^8$ (m/s). Để có thể bắt được dải sóng bước sóng từ 10 m đến 50 m thì điện dung biến thiên trong khoảng nào?

A. 3 pF – 8 pF.

B. 3 pF – 80 pF.

C. 3,2 pF – 80 pF.

D. 3,2 nF – 80 nF.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC} \Rightarrow C = \frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} \begin{cases} C_1 = \frac{\lambda_1^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} = 3,2 \cdot 10^{-9} (F) \\ C_2 = \frac{\lambda_2^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} = 80 \cdot 10^{-9} (F) \end{cases}$$

Ví dụ 6: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một tụ điện có điện dung 100 (pF) và cuộn cảm có độ tự cảm L thay đổi được. Để thu được sóng điện từ thuộc dải sóng cực ngắn thì L thay đổi trong phạm vi nào?

A. 0,028 pH đến 0,28 μH .

B. 0,28 pH đến 2,8 μH .

C. 0,28 pH đến 0,28 μH .

D. 0,028 pH đến 2,8 μH .

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$L = \frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} C} \begin{cases} L_1 = \frac{\lambda_1^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} C} = \frac{0,01^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \cdot 100 \cdot 10^{-12}} \approx 0,28 \cdot 10^{-12} (H) \\ L_2 = \frac{\lambda_2^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} C} = \frac{10^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \cdot 100 \cdot 10^{-12}} \approx 0,28 \cdot 10^{-6} (H) \end{cases}$$

Ví dụ 7: Mạch chọn sóng của máy thu vô tuyến điện gồm cuộn dây có độ tự cảm L và một tụ điện xoay có điện dung biến thiên từ 10 pF đến 810 pF. Khi điều chỉnh điện dung của tụ đến giá trị 160 pF thì mạch thu được sóng điện từ có bước sóng 40 m. Mạch trên có thể thu được sóng điện từ có bước sóng từ

A. 5 m đến 160 m.

B. 10 m đến 80 m.

C. 10 m đến 90 m.

D. 5 m đến 80 m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\begin{cases} \lambda_1 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC_1} \\ \lambda_2 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_1 = \lambda \sqrt{\frac{C_1}{C}} = 40 \sqrt{\frac{10}{160}} = 10(m) \\ \lambda_2 = \lambda \sqrt{\frac{C_2}{C}} = 40 \sqrt{\frac{810}{160}} = 90(m) \end{cases}$$

Chú ý: Suất điện động hiệu dụng trong mạch

$$E = \frac{\varepsilon N B_0 S}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \frac{N B_0 S}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

Ví dụ 8: Dùng một mạch dao động LC lí tưởng để thu cộng hưởng sóng điện từ, trong đó cuộn dây có độ tự cảm L không đổi, tụ điện có điện dung C thay đổi được. Mỗi sóng điện từ đều tạo ra trong mạch dao động một suất điện động cảm ứng. Xem rằng các sóng điện từ có biên độ cảm ứng từ đều bằng nhau. Khi điện dung của tụ điện $C_1 = 2.10^{-6} \text{ F}$ thì suất điện động cảm ứng hiệu dụng trong mạch do sóng điện từ tạo ra là $E_1 = 4 \text{ } \mu\text{V}$. Khi điện dung của tụ điện $C_2 = 8.10^{-6} \text{ F}$ thì suất điện động cảm ứng hiệu dụng do sóng điện từ tạo ra là

- A. 0,5 μV . B. 1 μV . C. 1,5 μV . D. 2 μV .

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$E = \frac{\varepsilon N B_0 S}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \frac{N B_0 S}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \Rightarrow E_2 = E_1 \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} = 2(\mu\text{V}).$$

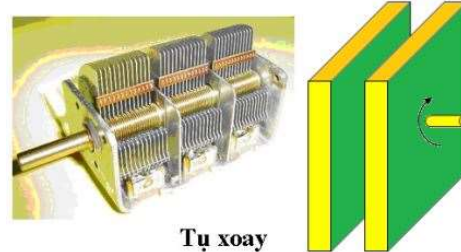
2) Tụ xoay

Điện dung của tụ là hàm bậc nhất của góc xoay:

$$C = a\alpha + b.$$

Phạm vi thay đổi:

$$\begin{cases} \alpha_1 \leq \alpha \leq \alpha_2 \\ C_1 \leq C \leq C_2 \end{cases}$$



$$\begin{cases} \alpha = \alpha_1 \Rightarrow C = C_1 \Rightarrow C_1 = a\alpha_1 + b \Rightarrow C - C_1 = a(\alpha - \alpha_1) \\ \alpha = \alpha_2 \Rightarrow C = C_2 \Rightarrow C_2 = a\alpha_2 + b \Rightarrow C_2 - C_1 = a(\alpha_2 - \alpha_1) \end{cases} \Rightarrow \frac{C - C_1}{C_2 - C_1} = \frac{\alpha - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1}.$$

Ví dụ 1: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một cuộn dây có độ tự cảm $1/(108\pi^2)$ (mH) và một tụ xoay. Tụ xoay có điện dung thay đổi từ C_1 đến C_2 khi góc xoay α biến thiên từ 0° đến 90° . Nhờ vậy mạch thu sóng có thể thu được các sóng nằm trong dải từ 10 (m) đến 20 (m). Biết điện dung của tụ điện là hàm bậc nhất của góc xoay. Viết biểu thức sự phụ thuộc điện dung theo góc xoay α .

- A. $C = \alpha + 30$ (pF). B. $C = \alpha + 20$ (pF).
C. $C = 2\alpha + 30$ (pF). D. $C = 2\alpha + 20$ (pF).

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\begin{cases} \lambda_1 = 6\pi.10^8 \sqrt{LC_1} \Rightarrow C_1 = 30(\text{pF}) \\ \lambda_2 = 6\pi.10^8 \sqrt{LC_2} \Rightarrow C_2 = 120(\text{pF}) \end{cases}$$

$$\text{Áp dụng: } \frac{C - C_1}{C_2 - C_1} = \frac{\alpha - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \Rightarrow \frac{C - 30}{120 - 30} = \frac{\alpha - 0}{90 - 0} \Rightarrow C = \alpha + 30.$$

Ví dụ 2: Mạch chọn sóng của máy thu vô tuyến điện gồm cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm 20 (μH) và một tụ điện xoay có điện dung (điện dung là hàm bậc nhất của góc xoay) biến thiên từ 10 pF đến 500 pF khi góc xoay biến thiên từ 0° đến 180° . Khi góc xoay của tụ bằng 90° thì mạch thu được sóng điện từ có bước sóng bao nhiêu?

- A. 107 m. B. 188 m. C. 135 m. D. 226 m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\text{Áp dụng: } \frac{C-C_1}{C_2-C_1} = \frac{\alpha-\alpha_1}{\alpha_2-\alpha_1} \Rightarrow \frac{C-10}{500-10} = \frac{\alpha-0}{180-0} \Rightarrow C = \frac{25}{9}\alpha + 10(\text{pF}).$$

$$\text{Cho } \alpha = 90^\circ : C = \frac{25}{9} \cdot 90 + 10 = 260(\text{pF}) \Rightarrow \lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC} \approx 135(\text{m}).$$

Ví dụ 3: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một cuộn dây có độ tự cảm $1/(108\pi^2)$ (mF) và một tụ xoay. Tụ xoay có điện dung biến thiên theo góc xoay $C = \alpha + 30$ (pF). Cho tốc độ ánh sáng trong không khí $3 \cdot 10^8$ (m/s). Để thu được sóng điện từ có bước sóng 15 (m) thì góc xoay bằng bao nhiêu?

A. $35,5^\circ$.

B. $36,5^\circ$.

C. $37,5^\circ$.

D. $38,5^\circ$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC} \Rightarrow C = \frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} = 67,5(\text{pF}) \Rightarrow \alpha = C - 30 = 37,5^\circ.$$

Chú ý:

$$1) \text{ Từ hệ thức: } \frac{C-C_1}{C_2-C_1} = \frac{\alpha-\alpha_1}{\alpha_2-\alpha_1} \Rightarrow \frac{C_3-C_1}{C_2-C_1} = \frac{\alpha_3-\alpha_1}{\alpha_2-\alpha_1}.$$

$$2) \text{ Từ công thức: } \lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC} \Rightarrow C = \frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L}, \text{ } C \text{ tỉ lệ với } \lambda^2 \text{ nên ta có thể thay } C \text{ bởi}$$

$$f^2 : \frac{\lambda_3^2 - \lambda_1^2}{\lambda_2^2 - \lambda_1^2} = \frac{\alpha_3 - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1}.$$

$$3) \text{ Từ công thức: } C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}, \text{ } C \text{ tỉ lệ với } f^2 \text{ nên trong hệ thức trên ta có thể thay } C \text{ bởi :}$$

$$f^2 = \frac{f_3^{-2} - f_1^{-2}}{f_2^{-2} - f_1^{-2}} = \frac{\alpha_3 - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1}.$$

Ví dụ 4: Một mạch chọn sóng gồm một cuộn cảm thuần L và một tụ điện là tụ xoay, có điện dung thay đổi được theo quy luật hàm số bậc nhất của góc xoay α của bản linh động. Khi lần lượt cho $\alpha = 0^\circ$ và $\alpha = 120^\circ$ thì mạch thu được sóng điện từ có bước sóng tương ứng 15 m và 25 m. Khi $\alpha = 80^\circ$ thì mạch thu được sóng điện từ có bước sóng là

A. 24 m.

B. 20 m.

C. 18 m.

D. 22 m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án D.

$$\text{Áp dụng: } \frac{\lambda_3^2 - \lambda_1^2}{\lambda_2^2 - \lambda_1^2} = \frac{\alpha_3 - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \Rightarrow \frac{\lambda_3^2 - 15^2}{25^2 - 15^2} = \frac{80 - 0}{120 - 0} \Rightarrow \lambda_3 \approx 22(\text{m}).$$

Ví dụ 5: (ĐH-2012) Một mạch dao động gồm một cuộn cảm thuần có độ tự cảm xác định và một tụ điện là tụ xoay, có điện dung thay đổi được theo quy luật hàm số bậc nhất của góc xoay α của bản linh động.

Khi $\alpha = 0^\circ$, tần số dao động riêng của mạch là 3 MHz. Khi $\alpha = 120^\circ$, tần số dao động riêng của mạch là 1 MHz. Để mạch này có tần số dao động riêng bằng 1,5 MHz thì α bằng

- A. 30° . B. 45° . C. 60° . D. 90° .

Hướng dẫn: Chọn đáp án B.

Áp dụng: $\frac{f_3^{-2} - f_1^{-2}}{f_2^{-2} - f_1^{-2}} = \frac{\alpha_3 - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \Rightarrow \frac{\alpha_3 - 0}{120^\circ - 0} = \frac{1,5^{-2} - 3^{-2}}{1^{-2} - 3^{-2}} \Rightarrow \alpha_3 = 45^\circ$.

3) Mạch thu sóng có ghép thêm tụ xoay

Mạch LC_0 thu được bước sóng: $\lambda_0 = 6\pi \cdot 10^6 \sqrt{LC_0}$.

Mạch $L(C_0$ ghép với C_x) thu được bước sóng:

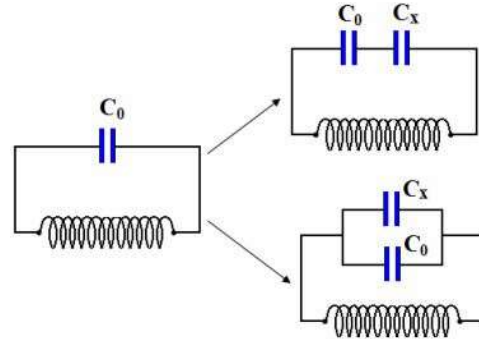
$$\lambda_0 = 6\pi \cdot 10^6 \sqrt{LC_b}.$$

Nếu $\lambda < \lambda_0 \Leftrightarrow C_b > C_0$ thì C_0 ghép song song C_x :

$$C_b = C_0 + C_x \Rightarrow C_x = C_b - C_0.$$

Nếu $\lambda < \lambda_0 \Leftrightarrow C_b < C_0$ thì C_0 ghép nối tiếp C_x :

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_x} \Rightarrow C_x = \frac{C_0 C_b}{C_0 - C_b}.$$



* Nếu cho λ_1, λ_2 thì từ $\lambda = 6\pi \cdot 10^6 \sqrt{LC_b} \Rightarrow C_b = \frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} \left\{ \begin{array}{l} C_{b1} = \frac{\lambda_1^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} \\ C_{b2} = \frac{\lambda_2^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} \end{array} \right.$

+ Nếu $C_{b1}, C_{b2} > C_0$ thì bộ tụ ghép song song $\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} C_{x1} = C_{b1} - C_0 \\ C_{x2} = C_{b2} - C_0 \end{array} \right.$

+ Nếu $C_{b1}, C_{b2} < C_0$ thì bộ tụ ghép nối tiếp $\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} C_{x1} = \frac{C_0 C_{b1}}{C_0 - C_{b1}} \\ C_{x2} = \frac{C_0 C_{b2}}{C_0 - C_{b2}} \end{array} \right.$

Ví dụ 1: Mạch chọn sóng của một máy thu gồm một tụ điện có điện dung 100 (pF) và cuộn cảm có độ tự cảm $1/\pi^2$ (μH). Để có thể bắt được sóng điện từ có bước sóng từ 12 (m) đến 18 (m) thì cần phải ghép thêm một tụ điện có điện dung biến thiên. Điện dung tụ xoay biến thiên trong khoảng nào?

- A. $0,3 \text{ nF} \leq C \leq 0,8 \text{ nF}$. B. $0,4 \text{ nF} \leq C \leq 0,8 \text{ nF}$.
C. $0,3 \text{ nF} \leq C \leq 0,9 \text{ nF}$. D. $0,4 \text{ nF} \leq C \leq 0,9 \text{ nF}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\begin{cases} C_{b1} = \frac{\lambda_1^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} = \frac{12^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \frac{10^{-6}}{\pi^2}} = 0,4 \cdot 10^{-9} (F) = 0,4(nF) > C_0 \\ C_{b2} = \frac{\lambda_2^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} = \frac{18^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \frac{10^{-6}}{\pi^2}} = 0,9 \cdot 10^{-9} (F) = 0,9(nF) > C_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow C_0 // C_x \Rightarrow C_x = C_b - C_0 \begin{cases} C_{x1} = C_{b1} - C_0 = 0,3(nF) \\ C_{x2} = C_{b2} - C_0 = 0,8(nF) \end{cases}$$

Ví dụ 2: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm cuộn dây có hệ số tự cảm $0,1/\pi^2$ (μH) và một tụ điện có điện dung 10 (nF). Để có thể bắt được sóng điện từ có bước sóng nằm trong khoảng từ 12 (m) đến 18 (m) thì cần phải mắc thêm một tụ xoay. Điện dung của tụ xoay biến thiên trong khoảng nào?

A. $20 \text{ nF} \leq C \leq 80 \text{ nF}$.

B. $20 \text{ nF} \leq C \leq 90 \text{ nF}$.

C. $20/3 \text{ nF} \leq C \leq 90 \text{ nF}$.

D. $20/3 \text{ nF} \leq C \leq 80 \text{ nF}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\begin{cases} C_{b1} = \frac{\lambda_1^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} = \frac{12^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \frac{0,1 \cdot 10^{-6}}{\pi^2}} = 4(nF) < C_0 \\ C_{b2} = \frac{\lambda_2^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} L} = \frac{18^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \frac{0,1 \cdot 10^{-6}}{\pi^2}} = 9(nF) < C_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow C_0 \text{ nt } C_x \Rightarrow C_x = \frac{C_0 C_b}{C_0 - C_b} \begin{cases} C_{x1} = \frac{C_0 C_{b1}}{C_0 - C_{b1}} = \frac{20}{3} (nF) \\ C_{x2} = \frac{C_0 C_{b2}}{C_0 - C_{b2}} = 90 (nF) \end{cases}$$

Ví dụ 3: (ĐH-2010) Mạch dao động dùng để chọn sóng của một máy thu vô tuyến điện gồm tụ điện có điện dung C_0 và cuộn cảm thuần có độ tự cảm L . Máy này thu được sóng điện từ có bước sóng 20 m. Để thu được sóng điện từ có bước sóng 60 m, phải mắc song song với tụ điện C_0 của mạch dao động với một tụ điện có điện dung

A. $C = 2C_0$.

B. $C = C_0$.

C. $C = 8C_0$.

D. $C = 4C_0$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\begin{cases} \lambda_1 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC_0} = 20 \\ \lambda_1 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L(C_0 + C)} = 60 \end{cases} \Rightarrow \sqrt{\frac{C_0 + C}{C_0}} = 3 \Rightarrow C = 8C_0.$$

Chú ý: Nếu bài toán cho λ_1, λ_2 để tìm L và C_0 thì từ công thức: $\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{LC_0}$

1) Ghép song song

$$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L(C_0 + C_x)} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_1 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L(C_0 + C_{x1})} \\ \lambda_2 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L(C_0 + C_{x2})} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{C_0 + C_{x2}}{C_0 + C_{x1}}} \Rightarrow C_0 \\ L = \frac{\lambda_1^2}{4\pi^2 \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot (C_0 + C_{x1})} \end{cases}$$

1) Ghép nối tiếp

$$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L \frac{C_0 C_x}{C_0 + C_x}} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_1 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L \frac{C_0 C_{x1}}{C_0 + C_{x1}}} \\ \lambda_2 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L \frac{C_0 C_{x2}}{C_0 + C_{x2}}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{C_2(C_0 + C_{x1})}{C_1(C_0 + C_{x2})}} \Rightarrow C_0 \\ L = \frac{\lambda_1^2 (C_0 + C_{x1})}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \cdot C_0 C_{x1}} \end{cases}$$

Ví dụ 4: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một cuộn dây có độ tự cảm L và một bộ tụ điện gồm tụ điện cố định C_0 mắc song song với một tụ xoay C. Tụ xoay có điện dung thay đổi từ 10 (pF) đến 250 (pF). Nhờ vậy mạch thu có thể thu được các sóng có bước sóng từ 10 (m) đến 30 (m). Xác định độ tự cảm L.

A. 0,84 (μH).

B. 0,93 (μH).

C. 0,94 (μH).

D. 0,74 (μH).

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\begin{cases} \lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L(C_0 + C_1)} = 10 \\ \lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L(C_0 + C_2)} = 30 \end{cases} \Rightarrow \sqrt{\frac{C_0 + C_2}{C_0 + C_1}} = 3 \Rightarrow C_0 = 20(pF)$$

$$L = \frac{\lambda_1^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} (C_0 + C_1)} \approx 0,94 \cdot 10^{-6} (H).$$

Ví dụ 5: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một cuộn dây có độ tự cảm L và một bộ tụ điện gồm tụ điện cố định C_0 mắc nối tiếp với một tụ xoay C. Tụ xoay có điện dung thay đổi từ 1/23 (pF) đến 0,5 (pF). Nhờ vậy mạch thu có thể thu được các sóng có bước sóng từ λ đến $2,5\lambda$. Xác định C_0 .

A. 0,25 (pF).

B. 0,5 (pF).

C. 10 (pF).

D. 0,3 (pF)

Hướng dẫn: Chọn đáp án B.

$$\begin{cases} \lambda_1 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L \frac{C_0 C_1}{C_0 + C_1}} \\ \lambda_2 = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L \frac{C_0 C_2}{C_0 + C_2}} \end{cases} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{(C_0 + C_1)C_2}{(C_0 + C_2)C_1}} \Rightarrow C_0 = 0,5(pF).$$

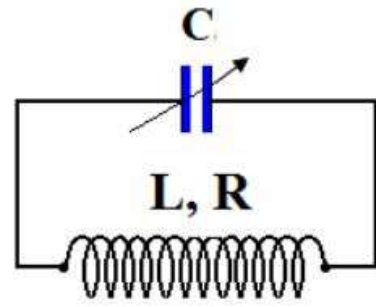
4) Mạch thu sóng có điện trở

Khi mạch thu được sóng điện từ có bước sóng λ thì trong mạch có hiện tượng cộng hưởng với sóng này:

$$\text{Tần số góc: } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f = \frac{6\pi \cdot 10^8}{\lambda}$$

$$\text{Dòng điện hiệu dụng cực đại khi thu được sóng } \lambda: I_{\max} = \frac{E}{Z_{\min}} = \frac{E}{R}$$

$$\text{Công suất mạch nhận được khi đó: } P = UI_{\max} = EI_{\max} = \frac{E^2}{R}$$



Ví dụ 1: Mạch chọn sóng có điện trở thuần $0,65 \text{ (m}\Omega\text{)}$. Nếu khi bắt được sóng điện từ mà suất điện động hiệu dụng trong khung là $1,3 \text{ (}\mu\text{V)}$ thì dòng điện hiệu dụng trong mạch là bao nhiêu?

- A. $0,4 \text{ A}$. B. $0,002 \text{ A}$. C. $0,2 \text{ A}$. D. $0,001 \text{ A}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B.

$$I_{\max} = \frac{E}{Z_{\min}} = \frac{E}{R} = \frac{1,3 \cdot 10^{-6}}{0,65 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (A)}.$$

Ví dụ 2: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một cuộn cảm có độ tự cảm $4 \text{ (}\mu\text{H)}$ có điện trở $0,01 \Omega$ và một tụ xoay. Sau khi bắt được sóng điện từ có bước sóng 25 (m) thì mạch nhận được công suất $1 \text{ }\mu\text{W}$. Tính suất điện động hiệu dụng trong cuộn cảm và cường độ hiệu dụng trong mạch lần lượt là

- A. $0,1 \text{ mV}$ và $0,01 \text{ A}$. B. $0,1 \text{ mV}$ và $0,002 \text{ A}$.
C. $0,2 \text{ mV}$ và $0,02 \text{ A}$. D. $0,2 \text{ mV}$ và $0,002 \text{ A}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$P = EI_{\max} = \frac{E^2}{R} \begin{cases} E = \sqrt{PR} = 10^{-4} \text{ (V)} \\ I_{\max} = \frac{E}{R} = 0,01 \text{ (A)} \end{cases}$$

Ví dụ 3: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một cuộn dây và một tụ xoay. Giả sử khi thu được sóng điện từ có bước sóng 20 (m) mà suất điện động hiệu dụng trong cuộn dây là $0,75 \text{ (}\mu\text{V)}$ thì tần số góc và dòng điện cực đại chạy trong mạch là bao nhiêu? Biết điện trở thuần của mạch là $0,015 \text{ (m}\Omega\text{)}$.

- A. $3\pi \cdot 10^7 \text{ rad/s}$ và $50\sqrt{2} \text{ mA}$. B. $3\pi \cdot 10^7 \text{ rad/s}$ và 50 mA .
C. $3\pi \cdot 10^8 \text{ rad/s}$ và $50\sqrt{2} \text{ mA}$. D. $3\pi \cdot 10^6 \text{ rad/s}$ và $5\sqrt{2} \text{ mA}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\begin{cases} \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f = \frac{6\pi \cdot 10^8}{\lambda} = 3\pi \cdot 10^7 \text{ (rad/s)} \\ I_{0\max} = \frac{E\sqrt{2}}{R} = 0,05\sqrt{2} \text{ (A)} \end{cases}$$

Chú ý: Sau khi thu được sóng điện từ có tần số ω , bước sóng λ , nếu ta xoay nhanh tụ để điện dung thay đổi một lượng rất nhỏ (dung kháng tăng vọt), tổng trở tăng lên rất lớn:

$$Z = \sqrt{\underbrace{R^2}_{\text{rất nhỏ}} + \underbrace{\left(\omega L - \frac{1}{\omega(C + \Delta C)}\right)^2}_{\text{rất lớn}}} \approx \left| \omega L - \frac{1}{\omega C} \underbrace{\left(1 + \frac{\Delta C}{C}\right)^{-1}}_{\approx 1 - \frac{\Delta C}{C}} \right| \approx \frac{|\Delta C|}{\omega C^2}$$

Nếu suất điện động hiệu dụng không đổi nhưng dòng hiệu dụng giảm n lần thì tổng trở tăng n lần, tức là:

$$Z = nR \text{ hay } \frac{|\Delta C|}{\omega C^2} = nR$$

Ví dụ 4: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một cuộn dây và một tụ xoay. Điện trở thuần của mạch là $1 \text{ (m}\Omega\text{)}$. Khi điều chỉnh điện dung của tụ $1 \text{ (}\mu\text{F)}$ và bắt được sóng điện từ có tần số góc 10000 (rad/s) thì xoay nhanh tụ để suất điện động không đổi nhưng cường độ hiệu dụng dòng điện thì giảm xuống 1000 (lần) . Hỏi điện dung tụ thay đổi một lượng bao nhiêu?

- A. $0,005 \text{ (}\mu\text{F)}$. B. $0,02 \text{ (}\mu\text{F)}$. C. $0,01 \text{ (}\mu\text{F)}$. D. $0,03 \text{ (}\mu\text{F)}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\text{Áp dụng: } |\Delta C| = nR\omega C^2 = 1000 \cdot 10^{-3} \cdot 10000 \cdot 10^{-12} = 0,01 \cdot 10^{-6} \text{ (F)}$$

$$\text{Chú ý: Tính } \omega \text{ và } C \text{ từ công thức } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f = \frac{6\pi \cdot 10^8}{\lambda}$$

Ví dụ 5: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một cuộn dây có độ tự cảm $2,5 \text{ (}\mu\text{H)}$ và một tụ xoay. Điện trở thuần của mạch là $1,3 \text{ (m}\Omega\text{)}$. Sau khi bắt được sóng điện từ có bước sóng $21,5 \text{ (m)}$ thì xoay nhanh tụ để suất điện động không đổi nhưng cường độ hiệu dụng dòng điện thì giảm xuống 1000 (lần) . Hỏi điện dung tụ thay đổi bao nhiêu?

- A. $0,33 \text{ (pF)}$. B. $0,32 \text{ (pF)}$. C. $0,31 \text{ (pF)}$. D. $0,3 \text{ (pF)}$.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C.

$$\omega = \frac{6\pi \cdot 10^8}{\lambda} = 87,67 \cdot 10^6 \text{ (rad/s)} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L} \approx 52 \cdot 10^{-12} \text{ (F)}$$

$$|\Delta C| = nR\omega C^2 = 1000 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 87,67 \cdot 10^6 \cdot 5,2^2 \cdot 10^{-24} = 0,31 \cdot 10^{-12} \text{ (F)}$$

Chú ý: Lúc này mạch cộng hưởng với sóng điện từ có bước sóng:

$$\begin{cases} \lambda' = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L(C + |\Delta C|)} & \text{Nếu } C \text{ tăng} \\ \lambda' = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L(C - |\Delta C|)} & \text{Nếu } C \text{ giảm} \end{cases}$$

Ví dụ 6: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến gồm một cuộn dây có độ tự cảm $2 \text{ (}\mu\text{H)}$ và một tụ xoay. Điện trở thuần của mạch là $1 \text{ (m}\Omega\text{)}$. Sau khi bắt được sóng điện từ có bước sóng $19,2 \text{ (m)}$ thì xoay nhanh tụ tăng điện dung để suất điện động không đổi nhưng cường độ hiệu dụng dòng điện thì giảm xuống 1000 (lần) . Xác định bước sóng mà mạch có thể bắt được lúc này.

- A. $19,15 \text{ (m)}$ B. $19,26 \text{ (m)}$ C. $19,25 \text{ (m)}$ D. $19,28 \text{ (m)}$

Hướng dẫn: Chọn đáp án A.

$$\omega = 2\pi \frac{3 \cdot 10^8}{\lambda} \approx 98,17 \cdot 10^6 \text{ (rad/s)} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L} = 51,88 \cdot 10^{-12} \text{ (F)}$$

$$|\Delta C| = nR\omega C^2 = 1000 \cdot 10^{-3} \cdot 98,17 \cdot 10^6 \cdot (51,88 \cdot 10^{-12})^2 = 0,26 \cdot 10^{-12} \text{ (F)}$$

$$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L(C - |\Delta C|)} = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{2 \cdot 10^{-6} (51,88 \cdot 10^{-12} - 0,26 \cdot 10^{-12})} \approx 19,15 \text{ (m)}.$$