

22

BÀI TẬP VỀ DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ

Bài tập 1

Một mạch dao động LC có tụ điện 25 pF và cuộn cảm 10^{-4} H . Biết ở thời điểm ban đầu của dao động, cường độ dòng điện có giá trị cực đại và bằng 40 mA . Tìm biểu thức của cường độ dòng điện, của điện tích trên bản cực của tụ điện và biểu thức của hiệu điện thế giữa hai bản cực của tụ điện.

Bài giải

$$\text{Ta có : } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2 \cdot 10^7 \text{ rad/s.}$$

$$\text{Biểu thức của dòng điện : } i = I_0 \cos(\omega t + \varphi).$$

Vì lúc $t = 0$, $i = I_0 = 40 \text{ mA} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ A}$ nên $\varphi = 0$, do đó :

$$i = 4 \cdot 10^{-2} \cos(2 \cdot 10^7 t) \text{ (A)}$$

Điện tích trên bản cực của tụ điện biến thiên chậm pha hơn dòng điện $\frac{\pi}{2}$, nên :

$$q = q_0 \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right) = q_0 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

suy ra :

$$q = q_0 \sin \omega t$$

Vì $q_0 = \frac{I_0}{\omega} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, nên biểu thức của điện tích là :

$$q = 2 \cdot 10^{-9} \sin(2 \cdot 10^7 t) \text{ (C)}$$

Biểu thức của hiệu điện thế :

$$u = \frac{q}{C} = 80 \sin(2 \cdot 10^7 t) \text{ (V)}$$

Bài tập 2

Mạch dao động gồm một tụ điện $C = 50 \text{ }\mu\text{F}$ và một cuộn dây có độ tự cảm $L = 5 \text{ mH}$.

a) Hãy tính năng lượng toàn phần của mạch điện và điện tích cực đại trên bản cực của tụ điện khi hiệu điện thế (điện áp) cực đại giữa hai bản cực của tụ điện bằng 6 V. Hãy tính năng lượng điện trường, năng lượng từ trường và cường độ dòng điện trong mạch ở thời điểm mà hiệu điện thế giữa hai bản cực của tụ điện bằng 4 V. Coi điện trở thuần của cuộn dây không đáng kể.

b) Nếu cuộn dây có điện trở thuần $R = 0,1 \Omega$, muốn duy trì dao động điều hoà trong mạch với hiệu điện thế cực đại trên tụ điện vẫn bằng 6 V thì phải bổ sung cho mạch một năng lượng có công suất bằng bao nhiêu ?

Bài giải

a) Năng lượng toàn phần của mạch dao động bằng năng lượng cực đại của điện trường ở tụ điện :

$$W = \frac{CU_0^2}{2} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Điện tích cực đại trên bản cực của tụ điện là :

$$q_{\max} = q_0 = CU_0 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

Khi hiệu điện thế trên tụ điện là 4 V, năng lượng điện trường là :

$$W_C = \frac{1}{2}Cu^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Còn năng lượng từ trường bằng :

$$W_L = W - W_C = 5 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Ta biết $W_L = \frac{1}{2}Li^2$, từ đó :

$$i = \sqrt{\frac{2W_L}{L}} \approx 0,45 \text{ A}$$

b) Vì có điện trở thuần nên dao động trong mạch tắt dần do toả nhiệt ở điện trở. Để duy trì dao động điều hoà phải bổ sung cho mạch một năng lượng có công suất đủ bù vào phần năng lượng hao phí do toả nhiệt (hiệu ứng Jun) trên điện trở, phần này có công suất $\mathcal{P} = RI^2$.

Khi đã cung cấp năng lượng đó, ta có :

$$\frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2}LI_0^2$$

suy ra $CU^2 = LI^2$, với $U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$ và $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ là các giá trị hiệu dụng (sẽ học ở chương V).

Từ đó :

$$I^2 = \frac{C}{L}U^2$$

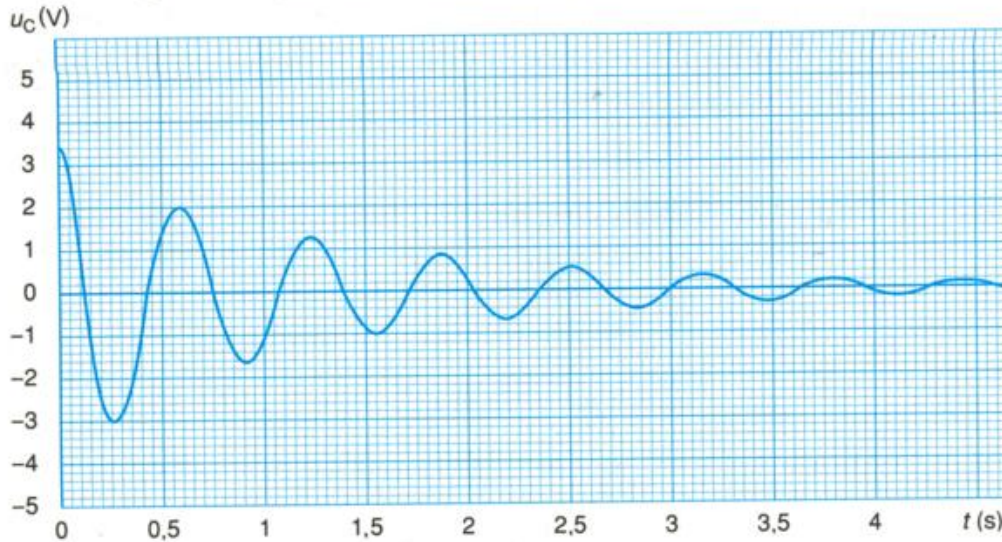
và

$$\mathcal{P} = RI^2 = \frac{CR}{L}U^2 = \frac{CRU_0^2}{2L}$$

Thay số, ta được : $\mathcal{P} \approx 1,8.10^{-2}$ W.

Bài tập 3

Hình 22.1 cho thấy sự biến thiên theo thời gian của hiệu điện thế giữa hai cực của tụ điện có điện dung C , trong một mạch dao động LC .



Hình 22.1 Đồ thị biến thiên của u_C theo thời gian t .

Từ Hình 22.1, một bạn học sinh có các nhận xét sau :

- A. Đây là một dao động điện có biên độ giảm dần đều sau mỗi chu kì.
- B. Năng lượng điện trường ban đầu là $4,5C$ (J).
- C. Tại thời điểm $t = 3$ s thì năng lượng từ trường trong cuộn dây qua một cực đại.
- D. Tần số riêng của dao động điện từ này là cỡ 2,5 Hz.

Hãy cho biết nhận xét nào đúng.

Hướng dẫn

Đáp án đúng là C, vì :

- A. Đây là một dao động tắt dần, nhưng sự tắt dần là không đều. Quan sát kĩ biên độ của vài chu kì đầu tiên, ta thấy biên độ bị giảm sau mỗi chu kì lần lượt là 1,4 V (giảm 46%) ; 0,6 V (giảm 37%) ; 0,3 V (giảm 33%) ; ...
- B. Điện năng $4,5C$ (J) là ở thời điểm $t = 0,25$ s chứ không phải ở $t = 0$.
- C. Khi $t = 3$ s thì $W_C = 0$, suy ra tại thời điểm đó W_L đạt giá trị cực đại (đáp án đúng).
- D. Từ đồ thị, ta thấy T cỡ 0,6 s, suy ra f cỡ 1,6 Hz.