

CHƯƠNG IV: DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

BÀI 20. MẠCH DAO ĐỘNG

I. Mạch dao động

1. **Cấu tạo:** Một cuộn cảm có hệ số tự cảm L mắc nối tiếp với một tụ điện có điện dung C thành một mạch điện kín gọi là mạch dao động.

- Nếu r rất nhỏ (≈ 0): mạch dao động lí tưởng.

2. **Hoạt động:** tích điện cho tụ điện rồi cho nó phóng điện tạo ra một dòng điện xoay chiều trong mạch. Người ta sử dụng điện áp xoay chiều được tạo ra giữa hai bản của tụ điện bằng cách nối hai bản này với mạch ngoài.

II. Dao động điện từ tự do trong mạch dao động

1. Điện tích và điện áp, cường độ dòng điện trong mạch dao động lí tưởng

a. **Điện tích của một bản tụ điện**

$$q = Q_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

b. **Điện áp giữa hai bản tụ**

$$u = U_0 \cos(\omega t + \varphi); \quad U_0 = \frac{Q_0}{C} \quad (2)$$

c. **Cường độ dòng điện qua mạch**

$$i = \frac{dq}{dt} = q' = I_0 \cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}); \quad I_0 = \omega Q_0 \quad (3)$$

* Kết luận

Điện tích q của một bản tụ điện, điện áp u ở hai bản tụ điện và cường độ dòng điện i trong mạch dao động biến thiên điều hòa theo thời gian với cùng

- **Tần số góc:** $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (4)$

- **Chu kì:** $T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (5)$

- **Tần số:** $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (6)$

Điện áp u cùng pha với điện tích q ; cường độ dòng điện i nhanh pha $\frac{\pi}{2}$ so với điện tích q và điện áp u .

* **Chú ý:** Quá trình dao động của mạch LC hoàn toàn tương tự giống con lắc đơn. Trong một khoảng thời gian là $\frac{T}{2}$ thì điện tích của tụ điện đạt cực đại hai lần.

2. Định nghĩa dao động điện từ tự do

Sự biến thiên điều hoà theo thời gian của điện tích q của một bản tụ điện và cường độ dòng điện (hoặc cường độ điện trường $\vec{E}$ và cảm ứng từ $\vec{B}$) trong mạch dao động được gọi là dao động điện từ tự do.

3. **Chu kì và tần số dao động riêng của mạch dao động:** là chu kì và tần số của dao động điện từ tự do trong mạch dao động.

4. Năng lượng điện từ trong mạch dao động LC

a. **Năng lượng điện trường:** Là năng lượng tập trung ở tụ điện

$$w_C = \frac{1}{2} C u^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} C U_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \quad (7)$$

b. **Năng lượng từ trường:** Là năng lượng tập trung ở cuộn cảm

$$w_L = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} L I_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi) \quad (8)$$

c. **Năng lượng điện từ:** là tổng năng lượng điện trường trong tụ điện với năng lượng từ trường trong cuộn cảm:

$$W = w_C + w_L = \begin{cases} \frac{1}{2} Cu^2 \\ \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \end{cases} + \frac{1}{2} Li^2 = \begin{cases} \frac{1}{2} LI_0^2 \\ \frac{1}{2} CU_0^2 \\ \frac{1}{2} \frac{Q_0^2}{C} \end{cases} \quad (9)$$

* Kết luận

- ✚ Dao động điện từ có tần số góc ω , tần số f , chu kỳ T thì năng lượng điện và năng lượng từ của mạch biến thiên tuần hoàn với tần số góc $\omega' = 2\omega$, tần số $f' = 2f$, chu kỳ $T' = \frac{T}{2}$, nhưng tổng của chúng tức là năng lượng điện từ là không đổi.
- ✚ Trong một chu kì thời gian, có 4 lần năng lượng điện trường bằng năng lượng từ trường.
- ✚ Khoảng thời gian giữa hai lần bằng nhau liên tiếp của năng lượng từ trường và điện trường là $\Delta t = \frac{T}{4}$

Bước sóng của sóng điện từ trong chân không

$$\lambda = \frac{c}{f} = 2\pi c \sqrt{LC}$$

Lưu ý:

✚ Mạch dao động có L biến đổi từ $L_{\min} \rightarrow L_{\max}$ và C biến đổi từ $C_{\min} \rightarrow C_{\max}$ thì bước sóng λ của sóng điện từ phát (hoặc thu)

- $\lambda_{\min}$ tương ứng với $L_{\min}$ và $C_{\min}$: $\lambda_{\min} = c2\pi\sqrt{L_{\min}C_{\min}}$
- $\lambda_{\max}$ tương ứng với $L_{\max}$ và $C_{\max}$: $\lambda_{\max} = c2\pi\sqrt{L_{\max}C_{\max}}$

✚ Mạch L, C có C thay đổi

- Mạch L, C₁ có tần số f₁, chu kì T₁. Mạch L, C₂ có tần số f₂, chu kì T₂.
- Mạch L và C₁ **nối tiếp** C₂ có tần số f, chu kì T.

$$\begin{aligned}\frac{1}{C} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \\ f &= f_1^2 + f_2^2 \\ \frac{1}{T^2} &= \frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} \Rightarrow T = \frac{T_1 T_2}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2}}\end{aligned}\quad (5)$$

- Mạch L và C₁ **song song** C₂ có tần số f, chu kì T.

$$\begin{aligned}C &= C_1 + C_2 \\ \frac{1}{f^2} &= \frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2} \\ T^2 &= T_1^2 + T_2^2 \Rightarrow f = \frac{f_1 f_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}}\end{aligned}\quad (6)$$

✚ Mạch L, C có L thay đổi

- Mạch L₁, C có tần số f₁, chu kì T₁. Mạch L₂, C có tần số f₂, chu kì T₂.
- Mạch C và L₁ **nối tiếp** L₂ có tần số f, chu kì T.

$$\begin{aligned}L &= L_1 + L_2 \\ \frac{1}{f^2} &= \frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2} \\ T^2 &= T_1^2 + T_2^2 \Rightarrow f = \frac{f_1 f_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}}\end{aligned}$$

- Mạch C và L₁ **song song** L₂ có tần số f, chu kì T.

$$\begin{aligned}\frac{1}{L} &= \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}, \\ f &= f_1^2 + f_2^2, \\ \frac{1}{T^2} &= \frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} \Rightarrow T = \frac{T_1 T_2}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2}}\end{aligned}$$

BÀI TẬP:

Bài 1. Một mạch dao động gồm $L = \frac{500}{\pi} \text{ mH}$, tụ $C = \frac{10^{-4}}{\pi} \text{ F}$. Mạch dao động với tần số góc là bao nhiêu ?

Bài 2. Mạch dao động L, C lý tưởng có $C = 200 \text{ nF}$, tần số dao động của mạch là 500 Hz. Tìm độ tự cảm L của cuộn cảm.

Bài 3. Mạch dao động L, C có $L = 0,04 \text{ H}$, tần số dao động của mạch là 60 Hz. Tính điện dung của tụ điện trong mạch.

Bài 4. Mạch dao động L, C có $L = 2000 \text{ } \mu\text{H}$, $C = 3000 \text{ pF}$. Tìm chu kì dao động của mạch.