

PHẦN 7

PHƯƠNG PHÁP GIẢI TOÁN VỀ DAO ĐỘNG ĐIỆN TỰ DO TRONG MẠCH LC

Ký hiệu:

- $q_{max} = Q_0$ (biên độ điện tích)
- $u_{max} = U_0$ (biên độ hiệu điện thế)
- $i_{max} = I_0$ (biên độ dòng điện)

GHI NHỚ	Dao động cơ học (con lắc lò xo)	Dao động điện (mạch LC)
Các đại lượng đặt trưng	Li độ: x Vận tốc: $v = \frac{dx}{dt} = x'$ Khối lượng: m Độ cứng: k Lực tác dụng: F	Điện tích: q Cường độ dòng điện: $i = -\frac{dq}{dt}$ Độ tự cảm: L Nghịch đảo điện dung: $\frac{1}{C}$ Hiệu điện thế: u
Phương trình động lực học	$x'' + \frac{k}{m}x = 0$ $\leftrightarrow x'' + \omega^2 x = 0$	$q'' + \frac{1}{LC}q = 0$ $\leftrightarrow q'' + \omega^2 q = 0$
Nghiệm của pt vi phân	$x = A \sin(\omega t + \varphi)$	$q = Q_0 \sin(\omega t + \varphi)$
Tần số góc riêng	$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$
Chu kỳ dao động	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	$T = 2\pi \sqrt{LC}$
Năng lượng dao động	Thế năng đàn hồi : $E_t = \frac{1}{2}kx^2$ Động năng : $E_d = \frac{1}{2}mv^2$ Cơ năng : $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$ $= \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$	Năng lượng điện trường : $W_d = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}Cu^2 = \frac{1}{2}qu$ Năng lượng từ trường : $W_t = \frac{1}{2}Li^2$ Năng lượng điện từ : $W = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$ $= \frac{1}{2} \frac{Q_0^2}{C} = \frac{1}{2}LI_0^2$

Bảng so sánh dao động điều hòa của con lắc lò xo và dao động điện tự do

CHỦ ĐỀ 1. Dao động điện tự do trong mạch LC: viết biểu thức $q(t)$? Suy ra cường độ dòng điện $i(t)$?

Phương pháp:

$q(t)$ có dạng tổng quát: $q = Q_0 \sin(\omega t + \varphi)$ với: $Q_0 = CU_0$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ hoặc } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

φ được xác định nhờ điều kiện ban đầu ($t = 0$) của q .

$$i(t) \text{ được xác định: } i = -\frac{dq}{dt} = q' = -\omega Q_0 \cos(\omega t + \varphi) = -I_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\text{Với } I_0 = \omega Q_0 = \frac{Q_0}{\sqrt{LC}}$$

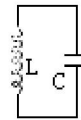
CHỦ ĐỀ 2. Dao động điện tự do trong mạch LC, biết $u_C = U_0 \sin \omega t$, tìm $q(t)$? Suy ra $i(t)$?

Phương pháp:

Ta có: $q = Cu = Q_0 \sin \omega t$ với $Q_0 = CU_0$

$$i(t) \text{ được xác định: } i = -\frac{dq}{dt} = -q' = -\omega Q_0 \cos \omega t = -I_0 \cos \omega t$$

$$\text{hay } i = I_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$



CHỦ ĐỀ 3. Cách áp dụng định luật bảo toàn năng lượng trong mạch dao động LC.

Phương pháp:

Áp dụng định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng:

$$W = W_d + W_t = W_{d\max} = W_{t\max} = \text{const}$$

$$\text{hay } \frac{1}{2} Li^2 + \begin{cases} \frac{1}{2} Cu^2 \\ \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \end{cases} = \frac{1}{2} LI_0^2 = \begin{cases} \frac{1}{2} CU_0^2 \\ \frac{1}{2} \frac{Q_0^2}{C} \end{cases} \quad (*)$$

1. Biết Q_0 (hay U_0) tìm biên độ I_0 :

Từ (*) ta được:

$$\begin{cases} \frac{1}{2} CU_0^2 \\ \frac{1}{2} \frac{Q_0^2}{C} \end{cases} = \frac{1}{2} LI_0^2 \quad \text{Suy ra } \begin{cases} I_0 = \frac{Q_0}{\sqrt{LC}} \\ I_0 = U_0 \sqrt{\frac{L}{C}} \end{cases}$$

2. Biết Q_0 (hay U_0) và q (hay u), tìm i lúc đó :

Từ (*) ta được:

$$\frac{1}{2}Li^2 + \begin{cases} \frac{1}{2}Cu^2 \\ \frac{1}{2}q^2 \\ \frac{1}{2C} \end{cases} = \begin{cases} \frac{1}{2}CU_0^2 \\ \frac{1}{2}Q_0^2 \\ \frac{1}{2C} \end{cases} \quad \text{Suy ra} \quad \begin{cases} i = \sqrt{\frac{Q_0^2 - q^2}{LC}} \\ i = \sqrt{\frac{C}{L}(U_0^2 - u^2)} \end{cases}$$

CHỦ ĐỀ 4. Dao động điện tự do trong mạch LC, biết Q_0 và I_0 : tìm chu kỳ dao động riêng của mạch LC.

Phương pháp:

Áp dụng công thức Thomson: $T = 2\pi\sqrt{LC}$ (1)

Ta có: $I_0 = \frac{Q_0}{\sqrt{LC}} \rightarrow LC = \frac{Q_0^2}{I_0^2}$, thay vào (1): $T = 2\pi \frac{Q_0}{I_0}$

CHỦ ĐỀ 5. Mạch LC ở lõi vào của máy thu vô tuyến điện bắt sóng điện từ có tần số f (hay bước sóng λ). Tìm L (hay C)?

Phương pháp:

Điều kiện để bắt được sóng điện từ là tần số của sóng phải bằng tần số riêng của mạch dao động LC:

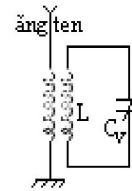
$$f(\text{sóng}) = f_0(\text{mạch}) \quad (**)$$

1. Biết f (sóng) tìm L và C :

$$\text{Từ (**)} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \leftrightarrow \begin{cases} L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} \\ C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} \end{cases}$$

2. Biết λ (sóng) tìm L và C :

$$\text{Từ (**)} \rightarrow \frac{c}{\lambda} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \leftrightarrow \begin{cases} L = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 C} \\ C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L} \end{cases}$$



CHỦ ĐỀ 6. Mạch LC ở lõi vào của máy thu vô tuyến có tụ điện có điện dung biến thiên $C_{max} \div C_{min}$ tương ứng góc xoay biến thiên $0^\circ \div 180^\circ$: xác định góc xoay $\Delta\alpha$ để thu được bức xạ có bước sóng λ ?

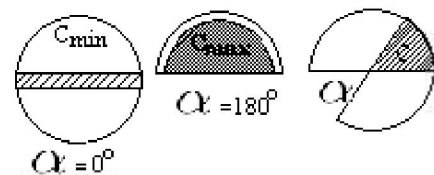
Phương pháp:

Lập luận như chủ đề 5: $C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L}$

Khi $\Delta C_0 = C_{max} - C_{min} \leftrightarrow \Delta\alpha_0 = 180^\circ - 0^\circ = 180^\circ$

Khi $\Delta C = C - C_{min} \leftrightarrow \Delta\alpha$

Vậy: $\Delta\alpha = 180^\circ \frac{C - C_{min}}{C_{max} - C_{min}}$



CHỦ ĐỀ 7. Mạch LC ở lõi vào của máy thu vô tuyến có tụ xoay biến thiên $C_{max} \div C_{min}$: tìm dải bước sóng hay dải tần số mà máy thu được?

Phương pháp:

Lập luận như chủ đề 5, ta có:

$$\begin{cases} \lambda = 2\pi c\sqrt{LC_v} \leftrightarrow \begin{cases} \lambda_{min} \leftrightarrow C_{min} \\ \lambda_{max} \leftrightarrow C_{max} \end{cases} \longrightarrow \lambda_{min} \leq \lambda \leq \lambda_{max} \\ f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_v}} \leftrightarrow \begin{cases} C_{min} \leftrightarrow f_{max} \\ C_{max} \leftrightarrow f_{min} \end{cases} \longrightarrow f_{min} \leq f \leq f_{max} \end{cases}$$

