

## BÀI TẬP CHƯƠNG 9. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

### Tóm tắt lý thuyết:

#### **Định luật cơ bản của hiện tượng cảm ứng điện từ:**

Suất điện động cảm ứng luôn bằng về trị số, nhưng trái dấu với tốc độ biến thiên của từ thông gửi qua diện tích của mạch điện:

$$\varepsilon_c = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

#### **Suất điện động tự cảm. Hệ số tự cảm:**

Từ thông gửi qua 1 ống dây có dòng điện chạy qua tỉ lệ thuận với cường độ dòng điện:

$$\Phi_m = LI$$

$$\varepsilon_{tc} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d(LI)}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

Trong đó L là hệ số tự cảm, đơn vị đo là H (henry).

#### **Hệ số tự cảm của một ống dây điện thẳng dài:**

$$\text{Vốn có: } L = \frac{\Phi_m}{I} = \frac{NBS}{I}, \text{ trong khi đó: } B = \mu_0 \mu n I = \mu_0 \mu \frac{N}{l} I$$

$$L = \frac{\mu_0 \mu N^2 S}{l} = \mu_0 \mu n^2 S l = \mu_0 \mu n^2 V$$

Trong đó: N là tổng số vòng dây, l và S là chiều dài và tiết diện ngang của ống dây.

$$\text{Năng lượng của từ trường trong ống dây điện: } W_m = \frac{1}{2} LI^2$$

$$\text{Mật độ năng lượng của từ trường: } w_m = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu}$$

#### **Bài tập cần làm: 5.1, 5.2, 5.5, 5.6, 5.7, 5.10, 5.16, 5.17, 5.23.**

**5-1.** Một khung hình vuông làm bằng dây đồng tiết diện  $S_0 = 1\text{mm}^2$  được đặt trong một từ trường có cảm ứng từ biến đổi theo định luật  $B = B_0 \sin \omega t$ , trong đó  $B_0 = 0,01\text{T}$ ,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ,  $T = 0,02$  giây. Diện tích của khung  $S = 25\text{ cm}^2$ . Mặt phẳng của khung vuông góc với đường sức từ trường. Tìm sự phụ thuộc vào thời gian và giá trị cực đại của các đại lượng sau:

- Từ thông gửi qua khung.
- Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung.
- Cường độ dòng điện chạy trong khung.

*Chú ý: điện trở suất của đồng là  $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$*

**Giải:**

Ta có:  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,02} = 100\pi (\text{rad/s})$

a) Từ thông gửi qua khung:

$$\begin{aligned}\phi_{\max} &= B_0 S = 0,01.25.10^{-4} = 2,5.10^{-5} (\text{Wb}) \\ \phi &= BS = B_0 S \sin \omega t = 2,5.10^{-5} \sin 100\pi (\text{Wb})\end{aligned}$$

b) Suất điện động cảm ứng xuất hiện trên khung:

$$\begin{aligned}E &= \phi' = \omega B_0 S \cos \omega t \\ E_{\max} &= \omega B_0 S = 100\pi.2,5.10^{-5} \approx 7,85.10^{-3} (\text{V}) \\ \Rightarrow E &= 7,85.10^{-3} \cos 100\pi (\text{V})\end{aligned}$$

c) Khung hình vuông có diện tích  $S = 25 \text{ cm}^2$ , nên cạnh của nó dài  $a = 5 \text{ cm}$ , chu vi của khung  $l = 20 \text{ cm}$ .

Điện trở của khung là:

$$R = \rho \frac{l}{S_0} = 1,72.10^{-8} \frac{0,2}{10^{-6}} = 3,44.10^{-3} (\Omega)$$

Cường độ dòng điện chạy trong khung:

$$\begin{aligned}I_{\max} &= \frac{E_{\max}}{R} = \frac{7,85.10^{-3}}{3,44.10^{-3}} \approx 2,3 (\text{A}) \\ I &= \frac{E}{R} = I_{\max} \cos \omega t = 2,3 \cos 100\pi (\text{A})\end{aligned}$$

**5-2.** Một ống dây dẫn thẳng gồm  $N = 500$  vòng được đặt trong một từ trường có đường sức từ song song với trục của ống dây. Đường kính của ống dây  $d = 10 \text{ cm}$ . Tìm suất điện động cảm ứng trung bình xuất hiện trong ống dây nếu trong thời gian  $\Delta t = 0,1$  giây người ta cho cảm ứng từ thay đổi từ 0 đến  $2T$ .

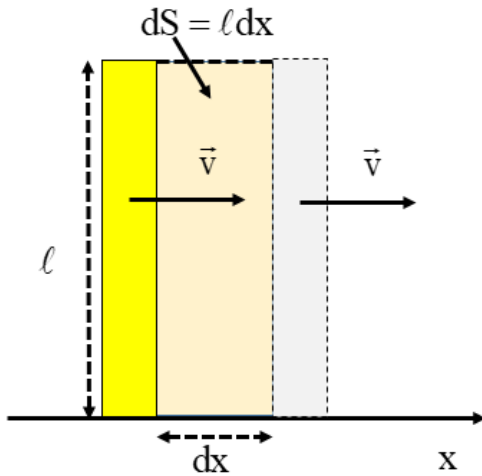
**Giải:**

Suất điện động trung bình xuất hiện trong ống dây là:

$$\bar{E} = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B \cdot NS}{\Delta t} = \frac{(B_2 - B_1) N \pi d^2}{4 \Delta t} = \frac{(2 - 0) 500 \cdot \pi \cdot 0,1^2}{4 \cdot 0,1} \approx 78,5 (\text{V})$$

**5-5.** Một máy bay bay với vận tốc  $v = 1500 \text{ km/h}$ . Khoảng cách giữa hai đầu cánh máy bay  $l = 12\text{m}$ . Tìm suất điện động cảm ứng xuất hiện giữa hai đầu cánh máy bay biết rằng ở độ cao của máy bay  $B = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{T}$ .

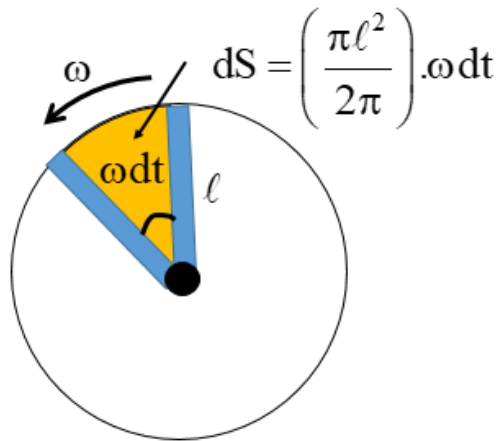
**Giải:**



$$d\Phi = B dS = B l dx \Rightarrow |E| = \frac{d\Phi}{dt} = B l \frac{dx}{dt} = B l v = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 12 \cdot \frac{15 \cdot 10^3}{3600} = 0,25 (\text{V})$$

**5-6.** Một thanh kim loại dài  $l = 1\text{m}$  quay với vận tốc góc  $\omega = 20\text{rad/s}$  trong một từ trường đều có cảm ứng từ  $B = 5 \cdot 10^{-2} \text{T}$ . Trục quay đi qua một đầu của thanh, song song với đường sức từ trường. Tìm hiệu điện thế xuất hiện giữa hai đầu của thanh.

**Giải:**



Trong khoảng thời gian  $dt$ , thanh quét được 1 góc là  $\omega dt$ ,

Diện tích của phần hình tròn được giới hạn bởi góc  $2\pi$  chính là diện tích cả hình tròn:  $S = \pi l^2$

Lấy tỷ lệ, tính được diện tích của phần hình tròn được giới hạn bởi góc  $\omega dt$  là:

$$dS = \left( \frac{\pi \ell^2}{2\pi} \right) \omega dt = \frac{1}{2} \omega \ell^2 dt \Rightarrow d\Phi = B dS = \frac{1}{2} B \omega \ell^2 dt \Rightarrow$$

$$|E| = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{2} B \omega \ell^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 1^2 = 0,5 (V)$$

**5-7.** Một thanh kim loại dài  $l = 1,2$  m quay trong một từ trường đều có cảm ứng từ  $B = 10^{-3} T$  với vận tốc không đổi  $n = 120$  vòng/phút. Trục quay vuông góc với thanh, song song với đường sức từ trường và cách một đầu của thanh một đoạn  $l_1 = 25$  cm. Tìm hiệu điện thế xuất hiện giữa hai đầu của thanh.

*Chú ý: Bài này tương tự bài 5.6, tuy nhiên ở đây coi như 2 thanh, 1 thanh dài 25 cm, 1 thanh dài 95 cm. Sẽ đi tìm được hiệu điện thế giữa 2 đầu thanh so với gốc, rồi tìm giữa 2 đầu thanh với nhau.*

**Giải:**

Gọi hai đầu thanh và giao điểm giữa trục quay và thanh lần lượt là A, B và O. Tương tự bài 5-6, ta có:

$$|U_{OA}| = \frac{1}{2} B \omega (l - l_1)^2; \quad |U_{OB}| = \frac{1}{2} B \omega l_1^2$$

Do các hiệu điện thế  $U_{OA}$  và  $U_{OB}$  cùng chiều nên:

$$U = |U_{OA}| - |U_{OB}| = \frac{1}{2} B \omega [(l - l_1)^2 - l_1^2] = \frac{1}{2} B \omega (l^2 - 2l.l_1)$$

$$B = (\omega/2) l B (1 - 2l_1)$$

$$B = 2\pi \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} (1,2 - 2 \cdot 0,25) \approx 5,3 \cdot 10^{-3} (V)$$

**5-10.** Một cuộn dây dẫn gồm  $N = 100$  vòng quay trong từ trường đều với vận tốc góc không đổi  $n = 5$  vòng/s. Cảm ứng từ  $B = 0,1 T$ . Tiết diện ngang của ống dây  $S = 100 \text{ cm}^2$ . Trục quay vuông góc với trục của ống dây và vuông góc với đường sức từ trường. Tìm suất điện động xuất hiện trong cuộn dây và giá trị cực đại của nó.

Giải:

Ta có:

$$\phi = NBS \cdot \cos(\vec{n}, \vec{B}) = NBS \cdot \cos(2\pi t + \varphi)$$

với  $\varphi$  là góc giữa pháp tuyến của ống dây và vectơ cảm ứng từ B lúc ban đầu.

$$\Rightarrow E = -\phi' = NBS\omega \sin(2\pi t + \varphi)$$

$$\Rightarrow E_{\max} = NBS\omega = 2\pi n NBS = 2\pi \cdot 5 \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \approx 3,14(V)$$

$$\Rightarrow E_{\max} = 2\pi \cdot 5 \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \approx 3,14(V)$$

**5-16.** Tìm độ tự cảm của một ống dây thẳng gồm  $N = 400$  vòng, dài  $l = 20\text{cm}$ , diện tích tiết diện ngang  $S = 9\text{cm}^2$  trong hai trường hợp.

a) ống dây không có lõi sắt.

b) ống dây có lõi sắt. Biết độ từ thẩm của lõi sắt trong điều kiện cho là  $\mu = 400$ .

Giải:

Đối với ống dây, ta có:

$$\phi = BNS = \mu\mu_0 \frac{N}{l} INS$$

$$\Rightarrow L = \frac{\phi}{I} = \mu\mu_0 \frac{N^2 S}{l}$$

a) ống dây không có lõi sắt:

$$L_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{400^2 \cdot 9 \cdot 10^{-4}}{0,2} \approx 9 \cdot 10^{-4} (H)$$

b) ống dây có lõi sắt:

$$L = \mu L_0 = 400 \cdot 9 \cdot 10^{-4} = 0,36(H)$$

**5-17.** Một ống dây có đường kính  $D = 4\text{cm}$ , độ tự cảm  $L = 0,001\text{H}$ , được quấn bởi loại dây dẫn có đường kính  $d = 0,6\text{mm}$ . Các vòng được quấn sát nhau, và chỉ quấn một lớp. Tính số vòng của ống dây.

**Giải:**

Từ công thức của hệ số tự cảm:

$$L = \mu_0 \frac{N^2 S}{l} = \mu_0 n N S$$

với số vòng dây trên một đơn vị chiều dài  $n = \frac{1}{d}$ .

$$\Rightarrow N = \frac{L}{\mu_0 n S} = \frac{L d}{\mu_0 \pi \frac{d^2}{4}} = \frac{0,001 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}}{\pi^2 \cdot 10^{-7} \cdot 0,04^2} \approx 380 (\text{vòng})$$

**5-23.** Một ống dây thẳng dài  $l = 50\text{cm}$ , diện tích tiết diện ngang  $S = 2\text{cm}^2$ , độ tự cảm  $L = 2 \cdot 10^{-7}\text{H}$ . Tìm cường độ dòng điện chạy trong ống dây để mật độ năng lượng từ trường của nó bằng  $\omega = 10^{-3}\text{J/m}^3$ .

**Giải:**

Mật độ năng lượng từ trường là năng lượng trên một đơn vị thể tích được xác định theo công thức:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{(1/2)LI^2}{Sl}$$

$$\Rightarrow I = \sqrt{\frac{2Slw}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-7}}} = 1(\text{A})$$