

I – MỤC TIÊU

1. Phát biểu được định nghĩa từ thông riêng và viết được công thức độ tự cảm của ống dây hình trụ.
2. Phát biểu được định nghĩa hiện tượng tự cảm và giải thích được hiện tượng tự cảm khi đóng và ngắt mạch điện.
3. Viết được công thức tính suất điện động tự cảm.
4. Nêu được bản chất và viết được công thức tính năng lượng của ống dây tự cảm.

II – CHUẨN BỊ**Giáo viên**

Các thí nghiệm về tự cảm.

Học sinh

Ôn lại phần cảm ứng điện từ và suất điện động cảm ứng.

III – THÔNG TIN BỔ SUNG

Năng lượng của ống dây tự cảm

1. Trên Hình 25.1, nửa trên, khi đóng khoá K vào vị trí a , trong mạch có dòng điện i và trong ống dây có suất điện động tự cảm :

$$e_{tc} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Công thức chính xác của e_{tc} được tính toán với $\Delta t \rightarrow 0$:

$$e_{tc} = -L \frac{di}{dt}$$

Áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch, ta được :

$$\mathcal{E} + \left(-L \frac{di}{dt} \right) = ri$$

(giả sử ống dây là thuần cảm)

Ta suy ra :

$$-\frac{L}{r} \frac{di}{dt} = i - \frac{\mathcal{E}}{r}$$

$$\frac{di}{i - \frac{\mathcal{E}}{r}} = -\frac{r}{L} dt$$

Tích phân hai vế :

$$i - \frac{\mathcal{E}}{r} = Ae^{-\frac{r}{L}t}$$

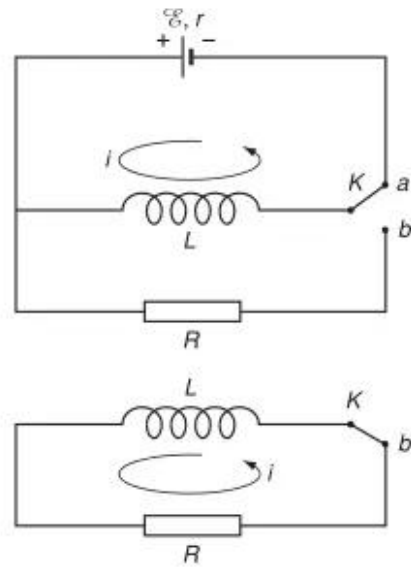
Khi $t = 0$ (lúc mới đóng mạch) : $i = 0$.

$$0 - \frac{\mathcal{E}}{r} = Ae^0 = A$$

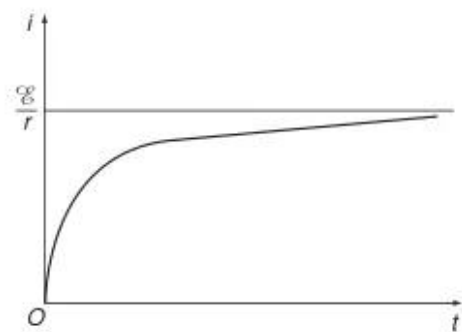
Cuối cùng ta được :

$$i = \frac{\mathcal{E}}{r} \left(1 - e^{-\frac{r}{L}t} \right)$$

Khi $t \rightarrow \infty$: $i \rightarrow \frac{\mathcal{E}}{r}$ (đồ thị Hình 25.2).



Hình 25.1



Hình 25.2

Trong thực tế, khi giá trị của t đủ lớn so với $\frac{L}{r}$ thì $i \approx \frac{\mathcal{E}}{r} = I_{\max}$.

Đại lượng $\tau = \frac{L}{r}$ (tính ra đơn vị $\frac{\text{H}}{\Omega} = \frac{\frac{\text{Vs}}{\text{A}}}{\frac{\text{V}}{\text{A}}} = \text{s}$) được gọi là hằng số thời gian

của mạch. Vậy khi $t \gg \tau$ thì $i = \frac{\mathcal{E}}{r} = I_{\max}$.

2. Khi khoá K chuyển sang vị trí b (Hình 25.1 nửa dưới), trong mạch chỉ còn suất điện động tự cảm, ta có :

$$-L \frac{di}{dt} = Ri$$

$$\frac{di}{i} = -\frac{R}{L} dt$$

$$i = C e^{-\frac{R}{L}t}$$

Khi $t = 0$ thì $i = I_{\max} = C$

$$i = I_{\max} e^{-\frac{R}{L}t} \quad (\text{đồ thị Hình 25.3})$$

Khi $t \gg \tau = \frac{L}{R}$ thì $i \approx 0$

Nhiệt lượng toả ra trong R :

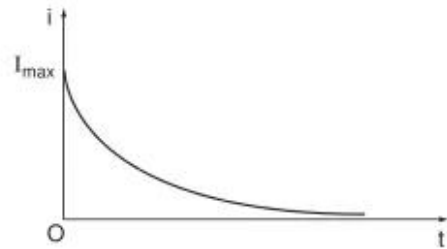
$$Q = \int_0^{\infty} Ri^2 dt = \int_0^{\infty} R(I_{\max}^2 e^{-\frac{2R}{L}t}) dt = RI_{\max}^2 \left. \frac{e^{-\frac{2R}{L}t}}{-\frac{2R}{L}} \right|_{t=0}^{t=\infty}$$

$$Q = \frac{1}{2} LI_{\max}^2$$

Năng lượng nhiệt toả ra trong R chính là phần năng lượng đã tích lũy trong ống dây tự cảm khi khoá K còn ở vị trí a .

3. Có thể thấy nguồn gốc năng lượng tích lũy trong ống dây tự cảm là năng lượng của từ trường tồn tại trong lòng ống dây khi có dòng điện I_{\max} qua. Thật vậy, từ cảm bên trong lòng ống dây là đều (nếu ống dây đủ dài) :

$$B = 10^{-7} \cdot 4\pi\mu n I_{\max}$$



Hình 25.3

μ là độ từ thẩm của lõi ống dây, n là số vòng dây quấn trên một đơn vị dài của ống dây :

$$n = \frac{N}{l}$$

(l là chiều dài của ống dây, N là tổng số vòng dây).

Từ thông qua ống dây (qua N vòng, tiết diện S) :

$$\Phi = NBS = N(10^{-7} \cdot 4\pi\mu \frac{N}{l} SI_{\max})$$

$$\Phi = (10^{-7} \cdot 4\pi\mu \frac{N^2}{l} S) I_{\max}$$

Suy ra độ tự cảm của ống dây :

$$L = \frac{\Phi}{I_{\max}} = 10^{-7} \cdot 4\pi\mu \frac{N^2}{l} S$$

Năng lượng tích lũy trong ống dây :

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} LI_{\max}^2 = \frac{1}{2} (10^{-7} \cdot 4\pi\mu \frac{N^2}{l} S) I_{\max}^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10^{-7} \cdot 4\pi\mu} \left(10^{-7} \cdot 4\pi\mu \frac{N}{l} I_{\max} \right)^2 Sl \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10^{-7} \cdot 4\pi\mu} B^2 Sl \end{aligned}$$

Ta nhận thấy năng lượng tích lũy trong ống dây tỉ lệ với tích Sl , bằng thể tích trong lòng ống dây và bằng thể tích không gian từ trường.

Đó chính là năng lượng của từ trường trong ống dây tiềm tàng trong không gian có từ trường. Năng lượng tích lũy trong một đơn vị thể tích từ trường được gọi là mật độ năng lượng từ trường :

$$w = \frac{W}{Sl} = \frac{1}{2} \frac{1}{10^{-7} \cdot 4\pi\mu} B^2$$

Chú ý : Về thứ nguyên :

$$LI_{\max}^2 = \frac{Wb}{A} \cdot A^2 = Wb \cdot A = J$$

(dựa vào công thức $A = i\Delta\Phi$).

IV – GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

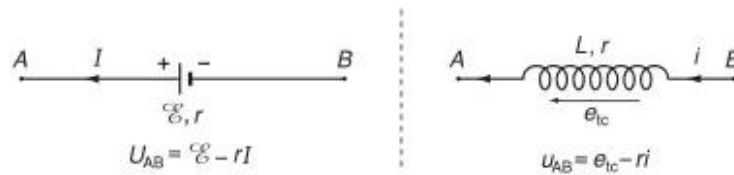
Bài này tương đối quan trọng vì ngoài nội dung "Hiện tượng tự cảm", nó còn nhiệm vụ kết thúc phần "Từ trường và cảm ứng điện từ".

1. Hiện tượng tự cảm

Cần nhấn mạnh ba ý cơ bản :

a) Hiện tượng tự cảm luôn xảy ra đối với các mạch điện một chiều biến thiên và các mạch điện xoay chiều.

b) Sự xuất hiện hiện tượng tự cảm có nghĩa là trong mạch tồn tại suất điện động tự cảm, tương đương với sự tồn tại một nguồn. Hãy so sánh (Hình 25.4) :



Hình 25.4

c) Cuộn tự cảm là một linh kiện có chức năng *tích lũy năng lượng từ trường*.

2. Kết thúc phần "Từ trường và cảm ứng điện từ" và so sánh với điện trường (theo bảng tóm tắt sau) :

Điện trường	Từ trường
Lực điện : lực tương tác giữa các vật tích điện.	Lực từ : lực tương tác giữa các vật có từ tính.
Điện trường – vectơ cường độ điện trường	Từ trường – vectơ cảm ứng từ
$\vec{F} = q_0 \vec{E}$	$d\vec{F} = I[d\vec{l}, \vec{B}]$ $\vec{f} = q_0[\vec{v}, \vec{B}]$
$F = k \frac{ q_1 q_2 }{r^2}$	$F = k' \frac{I_1 I_2 l}{r}$
Công của lực điện $A = q_0(-\Delta V) = q_0 U$	Công của lực từ $A = I \Delta \Phi$
Tụ điện $q = CU \Rightarrow U = \frac{1}{C} q$ $W_{\text{điện}} = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$	Cuộn cảm $\Phi = Li$ $W_{\text{từ}} = \frac{1}{2} Li^2$

V – TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

Các câu C : Xem phần thông tin bổ sung.

4. B. 5. C.

$$6. L = 10^{-7} \cdot 4\pi \frac{(10^3)^2}{0,5} (\pi \cdot 0,01) = 0,079 \text{ H.}$$

$$7. \frac{i_a}{0,01} = \frac{0,75}{25 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow i_a = 0,3 \text{ A.}$$

$$8. Q = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot (1,2)^2 = 0,144 \text{ J.}$$