

Tự cảm, Suất điện động cảm ứng, Năng lượng

A. Phương pháp & Ví dụ

* Các công thức:

- + Hệ số tự cảm của ống dây:
- + Từ thông tự cảm qua ống dây có dòng điện i chạy qua: $\Phi = Li$
- + Suất điện động tự cảm:

* Phương pháp giải:

Để tìm các đại lượng có liên quan đến độ tự cảm của ống dây, suất điện động tự cảm năng lượng từ trường của ống dây ta viết biểu thức liên quan đến các đại lượng đã biết và đại lượng cần tìm rồi suy ra và tính đại lượng cần tìm.

Ví dụ 1:

- a) Thiết lập công thức tính độ tự cảm của ống dây điện có chiều dài l , tiết diện S , gồm tất cả N vòng dây và lõi là không khí.
- b) Xét trường hợp ống dây trên có lõi làm bằng vật liệu sắt từ có độ từ thẩm là μ . Thiết lập công thức tính độ tự cảm của ống dây điện khi đó.
- c) Áp dụng: $l = 50 \text{ cm}$, $N = 1000$ vòng, $S = 10 \text{ cm}^2$ (lõi là không khí $\mu = 1$)

Hướng dẫn:

- a) Cảm ứng từ B trong vòng dây (lõi là không khí)

- + Cảm ứng từ B trong ống dây:
- + Từ thông tự cảm qua ống dây:

(B —vuông góc với mỗi mặt của vòng dây)

- + Độ tự cảm:

- b) Nếu ống dây có độ từ thẩm μ :

- + Cảm ứng từ B trong ống dây:
- + Từ thông tự cảm qua ống dây:

(B —vuông góc với mỗi mặt của vòng dây)

- + Độ tự cảm:

- c) Áp dụng:

Ví dụ 2: Một ống dây có chiều dài là $1,5 \text{ m}$, gồm 2000 vòng dây, ống dây có đường kính là 40 cm .

- a) Hãy xác định độ tự cảm của ống dây.
- b) Cho dòng điện chạy trong ống dây, dòng điện tăng từ 0 đến 5 A trong thời gian 1 s , hãy xác định suất điện động tự cảm của ống dây.
- c) Hãy tính cảm ứng từ do dòng điện sinh ra trong ống dây khi dòng điện trong ống dây bằng 5 A ?
- d) Năng lượng từ trường bên trong ống dây khi dòng điện qua ống dây có giá trị 5 A ?

Hướng dẫn:

- a) Độ tự cảm bên trong ống dây:

- b) Suất điện động tự cảm trong ống dây:

c) Cảm ứng từ do dòng điện sinh ra trong ống dây:

d) Năng lượng từ trường sinh ra bên trong ống dây:

Ví dụ 3: Một ống dây dài 40 cm, có tất cả 800 vòng dây, diện tích tiết diện ngang của ống dây bằng 10 cm^2 . Ống dây được nối với 1 nguồn điện có cường độ tăng từ $0 \rightarrow 4 \text{ A}$.

a) Độ tự cảm của ống dây ?

b) Nếu suất điện động tự cảm của ống dây có độ lớn là 1,2 V, hãy xác định thời gian mà dòng điện đã biến thiên.

Hướng dẫn:

a) Độ tự cảm của ống dây:

b) Suất điện động tự cảm sinh ra do có sự biến thiên của dòng điện trong ống dây:

Ví dụ 4: Một cuộn tự cảm có $L = 50 \text{ mH}$ cùng mắc nối tiếp với một điện trở $R = 20 \Omega$, nối vào một nguồn điện có suất điện động 90 V, có điện trở trong không đáng kể. Xác định tốc độ biến thiên của cường độ dòng điện I tại:

a) Thời điểm ban đầu ứng với $I = 0$.

b) Thời điểm mà $I = 2 \text{ A}$.

Hướng dẫn:

Ví dụ 5: Một ống dây dài được quấn với mật độ 2000 vòng/mét. Ống dây có thể tích 500 cm^3 . Ống dây được mắc vào một mạch điện. Sau khi đóng công tắc dòng điện trong ống dây biến đổi theo thời gian theo đồ thị. Lúc đóng công tắc ứng với thời điểm $t = 0$. Tính suất điện động tự cảm trong ống:

a) Sau khi đóng công tắc tới thời điểm $t = 0,05 \text{ s}$.

b) Từ thời điểm $t = 0,05 \text{ s}$ trở về sau.

Hướng dẫn:

Độ tự cảm của ống dây:

$$L = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n^2 \cdot V = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2000^2 \cdot 500 \cdot 10^{-6} = 2,51 \cdot 10^{-3} \text{ (H)}$$

a) Trong khoảng thời gian từ 0 đến 0,05 s dòng điện tăng từ $i_1 = 0 \text{ A}$ đến $i_2 = 5 \text{ A}$
Suất điện động tự cảm trong thời gian này:

b) Từ sau thời điểm $t = 0,05 \text{ s}$ dòng điện không đổi nên $\Delta i = 0$

B. Bài tập

Bài 1: Một ống dây dài $l = 30 \text{ cm}$ gồm $N = 1000$ vòng dây, đường kính mỗi vòng dây $d = 8 \text{ cm}$ có dòng điện với cường độ $i = 2 \text{ A}$ đi qua.

a) Tính độ tự cảm của ống dây.

b) Tính từ thông qua mỗi vòng dây.

c) Thời gian ngắt dòng điện là $t = 0,1$ giây, tính suất điện động tự cảm xuất hiện trong ống dây.

Lời giải:

a)

b) Từ thông qua ống dây: $\Phi = Li = 0,04 \text{ Wb}$.

Từ thông qua mỗi vòng dây:

c)

Bài 2: Một cuộn tự cảm có $L = 3 \text{ H}$ được nối với nguồn điện có suất điện động 6 V , điện trở trong không đáng kể, điện trở của cuộn dây cũng không đáng kể. Hỏi sau thời gian bao lâu kể từ lúc nối vào nguồn điện, cường độ dòng điện qua cuộn dây tăng đến giá trị 5 A ? giả sử cường độ dòng điện tăng đều theo thời gian.

Lời giải:

Ta có: $e + e_{tc} = e - L(\Delta i / \Delta t) = (R + r)i = 0$

Bài 3: Trong một mạch kín có độ tự cảm $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ H}$, nếu suất điện động tự cảm bằng $0,25 \text{ V}$ thì tốc độ biến thiên của dòng điện bằng bao nhiêu?

Lời giải:

Bài 4: Tìm độ tự cảm của một ống dây hình trụ gồm 400 vòng, dài 20 cm, tiết diện ngang 9 cm^2 trong hai trường hợp:

a) Ống dây không có lõi sắt.

b) Ống dây có lõi sắt với độ từ thẩm $\mu = 400$.

Lời giải:

a) $L = 4\pi \cdot 10^{-7} (N^2 / l) S = 9 \cdot 10^{-4} \text{ H}$. b) $L = 4\pi \cdot 10^{-7} \mu (N^2 / l) S = 0,36 \text{ H}$.

Bài 5: Một ống dây dài 50 cm có 2500 vòng dây. Đường kính của ống bằng 2 cm. Cho một dòng điện biến đổi đều theo thời gian chạy qua ống dây. Sau thời gian 0,01 s dòng điện tăng từ 0 đến 1,5 A. Tính suất điện động tự cảm trong ống dây.

Lời giải:

Bài 6: Tính độ tự cảm của một ống dây. Biết sau thời gian $\Delta t = 0,01 \text{ s}$, cường độ dòng điện trong ống dây tăng đều từ 1 A đến 2,5 A thì suất điện động tự cảm là 30 V.

Lời giải: