

A. LÝ THUYẾT TRỌNG TÂM

1. Từ thông (Φ)

Từ thông qua một diện tích S đặt trong từ trường đều là đại lượng đo lường số đường sức từ xuyên qua diện tích đó.

- **Công thức:** $\Phi = BScos\alpha$

- **Trong đó:**

- Φ : Từ thông (đơn vị Weber - Wb).
- B : Cảm ứng từ của từ trường đều (đơn vị Tesla - T).
- S : Diện tích của mặt phẳng (đơn vị mét vuông - m^2).
- α : Góc hợp bởi vector pháp tuyến $\mathbf{n}$ của mặt phẳng và vector cảm ứng từ $\mathbf{B}$.

- **Lưu ý:** Nếu khung dây có N vòng thì từ thông qua khung dây là $\Phi = NBScos\alpha$.

Ví dụ: Một khung dây hình chữ nhật có kích thước 20 cm x 30 cm, gồm 100 vòng dây, được đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,2$ T. Mặt phẳng khung dây hợp với đường sức từ một góc 60° . Tính từ thông qua khung dây.

Giải:

Diện tích khung dây: $S = 0,2 \text{ m} * 0,3 \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2$.

Góc giữa mặt phẳng khung dây và B là 60° , nên góc giữa vector pháp tuyến **n** và B là $\alpha = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$.

Từ thông qua khung dây: $\Phi = NBS\cos\alpha = 100 * 0,2 * 0,06 * \cos(30^\circ) \approx 1,04 \text{ Wb}$.

2. Hiện tượng cảm ứng điện từ

Là hiện tượng xuất hiện một dòng điện (gọi là dòng điện cảm ứng) trong một mạch kín khi từ thông qua mạch đó biến thiên theo thời gian.

- **Điều kiện xuất hiện:** Từ thông qua mạch kín (C) phải biến thiên theo thời gian ($\Delta\Phi \neq 0$).
- Dòng điện cảm ứng chỉ tồn tại trong thời gian từ thông biến thiên.

3. Suất điện động cảm ứng (e_c)

Khi có hiện tượng cảm ứng điện từ, trong mạch xuất hiện một suất điện động gọi là suất điện động cảm ứng. Suất điện động cảm ứng là đại lượng đặc trưng cho khả năng sinh ra dòng điện của nguồn điện cảm ứng.

- **Định luật Faraday:** Độ lớn của suất điện động cảm ứng xuất hiện trong mạch kín tỉ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông qua mạch kín đó.
- **Công thức:** $e_c = -\Delta\Phi/\Delta t$
- **Trong đó:**
 - **e_c :** Suất điện động cảm ứng (đơn vị Volt - V).

- $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$: Độ biến thiên từ thông trong khoảng thời gian Δt .
- Δt : Khoảng thời gian từ thông biến thiên.
- Dấu "-" trong công thức thể hiện sự phù hợp với định luật Lenz về chiều của dòng điện cảm ứng.

• **Độ lớn của suất điện động cảm ứng:** $|e_c| = |\Delta\Phi/\Delta t|$

Ví dụ: Một khung dây phẳng có diện tích 20 cm^2 , gồm 10 vòng dây, đặt trong từ trường đều. Vector cảm ứng từ làm thành với mặt phẳng khung dây một góc 30° . Ban đầu $B = 0,02 \text{ T}$, sau $0,01 \text{ s}$, cảm ứng từ giảm đều về 0. Tính độ lớn suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung dây.

Giải:

Diện tích $S = 20 \text{ cm}^2 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$.

Góc $\alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$.

Từ thông ban đầu: $\Phi_1 = NBS\cos\alpha = 10 \cdot 0,02 \cdot (20 \cdot 10^{-4}) \cdot \cos(60^\circ) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$.

Từ thông lúc sau: $\Phi_2 = 0$ (vì $B = 0$).

Độ biến thiên từ thông: $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -2 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$.

Độ lớn suất điện động cảm ứng: $|e_c| = |\Delta\Phi/\Delta t| = |-2 \cdot 10^{-4} / 0,01| = 0,02 \text{ V}$.

4. Định luật Lenz về chiều dòng điện cảm ứng

- **Phát biểu:** Dòng điện cảm ứng xuất hiện trong mạch kín có chiều sao cho từ trường cảm ứng do nó sinh ra có tác dụng chống lại sự biến thiên của từ thông ban đầu qua mạch.

- **Cách xác định chiều dòng điện cảm ứng (Quy tắc nắm tay phải):**

1. Xác định chiều của từ trường ban đầu **B**.
2. Xác định xem từ thông Φ tăng hay giảm.
3. Nếu Φ tăng: Từ trường cảm ứng **B_c** ngược chiều với **B**.
4. Nếu Φ giảm: Từ trường cảm ứng **B_c** cùng chiều với **B**.
5. Từ chiều của **B_c**, dùng quy tắc nắm tay phải để xác định chiều của dòng điện cảm ứng **i_c**.

Ví dụ: Đưa cực Bắc của một nam châm thẳng lại gần một vòng dây kín. Xác định chiều dòng điện cảm ứng trong vòng dây.

Giải:

1. Từ trường **B** của nam châm hướng ra từ cực Bắc, xuyên qua vòng dây.
2. Khi đưa nam châm lại gần, số đường sức từ xuyên qua vòng dây tăng lên, tức là từ thông Φ tăng.
3. Theo định luật Lenz, từ trường cảm ứng **B_c** phải chống lại sự tăng này, nên **B_c** ngược chiều với **B**.
4. Áp dụng quy tắc nắm tay phải: Đặt ngón cái theo chiều **B_c** (hướng ra xa nam châm), các ngón còn lại khum theo chiều dòng điện cảm ứng. Vậy, dòng điện cảm ứng chạy ngược chiều kim đồng hồ nếu nhìn từ phía nam châm.

5. Suất điện động cảm ứng trong một đoạn dây chuyển động

Khi một đoạn dây dẫn thẳng có chiều dài l , chuyển động với vận tốc **v** trong một từ trường đều **B**, các electron tự do trong dây bị lực Lorentz tác dụng, tạo nên sự phân bố lại điện tích và hình thành một suất điện động cảm ứng.

- Công thức: $\mathbf{e_c = Bvl.sin\theta}$

- Trong đó:

- **B**: Cảm ứng từ (T).
- **v**: Vận tốc chuyển động của đoạn dây (m/s).
- **l**: Chiều dài của đoạn dây (m).
- **θ** : Góc hợp bởi vector vận tốc **v** và vector cảm ứng từ **B**.

- Suất điện động này được gọi là suất điện động động. Đoạn dây lúc này đóng vai trò như một nguồn điện.

Ví dụ: Một thanh kim loại dài 1 m chuyển động trong từ trường đều có $B = 0,4$ T với vận tốc 2 m/s, theo phương vuông góc với các đường sức từ. Tính suất điện động cảm ứng trong thanh.

Giải:

Vì thanh chuyển động vuông góc với đường sức từ, nên $\theta = 90^\circ$ và $\sin\theta = 1$.

Suất điện động cảm ứng: $\mathbf{e_c = Bvl.sin\theta = 0,4 * 2 * 1 * \sin(90^\circ) = 0,8 \text{ V}}$.

B. CÁC DẠNG BÀI TẬP VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

Dạng 1: Tính từ thông và độ biến thiên từ thông

Phương pháp:

1. Xác định các đại lượng **N**, **B**, **S**.
2. Xác định góc α là góc giữa pháp tuyến **n** và cảm ứng từ **B**. Chú ý phân biệt với góc hợp bởi mặt phẳng khung dây và **B**.
3. Áp dụng công thức $\Phi = \mathbf{NBScos\alpha}$.

4. Tính độ biến thiên từ thông: $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$, trong đó Φ_1 và Φ_2 là từ thông ở trạng thái đầu và cuối.

Ví dụ 1: Một khung dây tròn bán kính 10 cm gồm 50 vòng dây đặt trong từ trường đều $B = 0,1$ T. Mặt phẳng khung dây song song với các đường sức từ. Tính từ thông qua khung dây.

Giải:

Khi mặt phẳng khung dây song song với đường sức từ, vector pháp tuyến $\mathbf{n}$ sẽ vuông góc với vector cảm ứng từ $\mathbf{B}$. Do đó, $\alpha = 90^\circ$.

Từ thông qua khung dây: $\Phi = NB\cos(90^\circ) = 0$ Wb.

Ví dụ 2: Một khung dây hình vuông cạnh 5 cm đặt trong từ trường đều $B = 0,05$ T. Mặt phẳng khung dây vuông góc với các đường sức từ. Quay khung dây 180° quanh một cạnh của nó. Tính độ biến thiên từ thông.

Giải:

Diện tích $S = (0,05)^2 = 0,0025$ m².

Trạng thái đầu: Mặt phẳng khung vuông góc với B , nên $\alpha_1 = 0^\circ$. Từ thông $\Phi_1 = B\cos(0^\circ) = 0,05 * 0,0025 * 1 = 1,25 * 10^{-4}$ Wb.

Trạng thái sau: Quay 180° , pháp tuyến $\mathbf{n}$ đổi chiều, nên $\alpha_2 = 180^\circ$. Từ thông $\Phi_2 = B\cos(180^\circ) = 0,05 * 0,0025 * (-1) = -1,25 * 10^{-4}$ Wb.

Độ biến thiên từ thông: $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -1,25 * 10^{-4} - 1,25 * 10^{-4} = -2,5 * 10^{-4}$ Wb.

Dạng 2: Tính suất điện động cảm ứng và cường độ dòng điện cảm ứng

Phương pháp:

1. Tính từ thông ban đầu Φ_1 và từ thông lúc sau Φ_2 .
2. Tính độ biến thiên từ thông $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$.
3. Áp dụng công thức Faraday để tính độ lớn suất điện động cảm ứng: $|e_c| = |\Delta\Phi/\Delta t|$.
4. Nếu mạch có điện trở R , áp dụng định luật Ôm để tính cường độ dòng điện cảm ứng: $i_c = |e_c| / R$.

Ví dụ: Một khung dây có 1000 vòng, diện tích mỗi vòng là 20 cm^2 , quay đều quanh một trục đối xứng nằm trong mặt phẳng khung dây với tốc độ 120 vòng/phút trong một từ trường đều có $B = 0,2 \text{ T}$. Trục quay vuông góc với các đường sức từ. Khung dây có điện trở 10Ω . Tính suất điện động cảm ứng cực đại và cường độ dòng điện cảm ứng cực đại trong khung.

Giải:

Tần số góc: $\omega = 120 \text{ vòng/phút} = (120 * 2\pi) / 60 \text{ rad/s} = 4\pi \text{ rad/s}$.

Từ thông qua khung dây biến thiên theo thời gian: $\Phi = NB\cos(\omega t)$.

Suất điện động cảm ứng: $e_c = -\Phi' = - (NB\cos(\omega t))' = NBS\omega\sin(\omega t)$.

Suất điện động cảm ứng cực đại: $E_0 = NBS\omega$.

$E_0 = 1000 * 0,2 * (20 * 10^{-4}) * 4\pi \approx 5,03 \text{ V}$.

Cường độ dòng điện cảm ứng cực đại: $I_0 = E_0 / R = 5,03 / 10 \approx 0,503 \text{ A}$.

Dạng 3: Xác định chiều dòng điện cảm ứng

Phương pháp:

Thực hiện theo 4 bước đã nêu trong định luật Lenz ở phần lý thuyết.

Ví dụ: Cho một khung dây hình chữ nhật ABCD đặt gần một dòng điện thẳng dài vô hạn có cường độ I đang tăng dần. Xác định chiều dòng điện cảm ứng trong khung dây.

Giải:

1. **Xác định chiều $\mathbf{B}$:** Dùng quy tắc nắm tay phải cho dòng điện thẳng, từ trường $\mathbf{B}$ do dòng điện I gây ra có chiều đi vào mặt phẳng chứa khung dây.
2. **Xét sự biến thiên Φ :** Cường độ I tăng $\rightarrow$ Cảm ứng từ B tăng $\rightarrow$ Từ thông Φ qua khung dây tăng.
3. **Xác định chiều $\mathbf{B}_c$:** Vì Φ tăng, từ trường cảm ứng $\mathbf{B}_c$ phải chống lại, do đó $\mathbf{B}_c$ ngược chiều với $\mathbf{B}$, tức là $\mathbf{B}_c$ có chiều đi ra khỏi mặt phẳng chứa khung dây.
4. **Xác định chiều $\mathbf{i}_c$:** Dùng quy tắc nắm tay phải cho vòng dây, đặt ngón cái theo chiều $\mathbf{B}_c$ (hướng ra), các ngón còn lại khum theo chiều dòng điện cảm ứng. Vậy, dòng điện cảm ứng trong khung có chiều $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ (ngược chiều kim đồng hồ).

Dạng 4: Suất điện động cảm ứng trong đoạn dây chuyển động

Phương pháp:

1. Xác định các đại lượng B , v , l và góc θ giữa $\mathbf{v}$ và $\mathbf{B}$.
2. Áp dụng công thức $\mathbf{e}_c = \mathbf{B}v l \sin\theta$.
3. Để xác định cực của nguồn điện (đoạn dây), dùng quy tắc bàn tay phải: Đặt bàn tay phải hứng các đường sức từ $\mathbf{B}$, ngón cái choãi ra 90° chỉ chiều chuyển động $\mathbf{v}$, khi đó chiều từ cổ tay đến các ngón tay chỉ chiều của lực Lorentz tác dụng lên electron, tức là chỉ chiều dòng điện (từ cực âm đến cực dương bên

trong nguồn). Đầu nào có điện thế cao hơn là cực dương, đầu còn lại là cực âm.

Ví dụ: Một máy bay có sải cánh 50 m bay theo phương ngang với tốc độ 720 km/h. Biết thành phần thẳng đứng của cảm ứng từ Trái Đất là $B = 5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. Tính hiệu điện thế xuất hiện ở hai đầu cánh máy bay.

Giải:

Đổi đơn vị: $v = 720 \text{ km/h} = 200 \text{ m/s}$.

Sải cánh máy bay đóng vai trò như một thanh dẫn chuyển động cắt các đường sức từ. Coi cánh máy bay vuông góc với thành phần thẳng đứng của từ trường, nên $\theta = 90^\circ$.

Suất điện động cảm ứng (cũng là hiệu điện thế) giữa hai đầu cánh là:

$$e_c = Bvl \cdot \sin\theta = (5 \cdot 10^{-5}) \cdot 200 \cdot 50 \cdot \sin(90^\circ) = 0,5 \text{ V}.$$

C. BÀI TẬP TỰ LUYỆN

- Bài 1:** Một vòng dây phẳng, diện tích 100 cm^2 , được đặt trong từ trường đều $B = 0,5 \text{ T}$. Ban đầu, mặt phẳng vòng dây vuông góc với các đường sức từ. Trong khoảng thời gian $0,2 \text{ s}$, cảm ứng từ giảm đều từ $0,5 \text{ T}$ xuống 0 . Tính độ lớn suất điện động cảm ứng xuất hiện trong vòng dây.
- Bài 2:** Một khung dây hình vuông cạnh 20 cm đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,01 \text{ T}$, các đường sức từ vuông góc với mặt phẳng khung. Người ta kéo cho khung chuyển động tịnh tiến ra khỏi từ trường với vận tốc không đổi $v = 2 \text{ m/s}$. Tính suất điện động cảm ứng và cường độ dòng điện trong khung. Biết điện trở của khung là 2Ω .

3. **Bài 3:** Một nam châm được thả rơi thẳng đứng xuyên qua tâm của một vòng dây dẫn đặt nằm ngang. Hãy mô tả hiện tượng xảy ra và xác định chiều của dòng điện cảm ứng trong vòng dây ở hai trường hợp: khi nam châm lại gần và khi nam châm ra xa vòng dây (xét trường hợp cực Bắc của nam châm đi trước).

VIDOCU.COM