

Tổng hợp kiến thức: Từ trường của dòng điện chạy trong dây dẫn thẳng dài

Dòng điện không chỉ có tác dụng nhiệt, tác dụng hóa học, mà còn có tác dụng từ. Môi trường truyền tương tác từ xung quanh dòng điện được gọi là từ trường. Bài viết này sẽ tổng hợp toàn bộ kiến thức quan trọng về từ trường của dòng điện chạy trong dây dẫn thẳng dài.

1. Khái niệm về từ trường

Từ trường là một dạng vật chất tồn tại trong không gian mà biểu hiện cụ thể là sự xuất hiện của lực từ tác dụng lên một dòng điện hay một nam châm đặt trong nó.

- Xung quanh mỗi nam châm hoặc mỗi dòng điện đều tồn tại một từ trường.
- Từ trường có khả năng tác dụng lực từ lên nam châm hoặc dòng điện khác đặt trong nó.

2. Vector cảm ứng từ ($\vec{B}$)

Để đặc trưng cho từ trường về phương diện tác dụng lực, người ta đưa ra khái niệm vector cảm ứng từ, ký hiệu là $\vec{B}$.

- Vector cảm ứng từ tại một điểm là một đại lượng vector, đặc trưng cho độ mạnh yếu và phương hướng của từ trường tại điểm đó.
- Đơn vị của cảm ứng từ trong hệ SI là Tesla (T).

3. Từ trường của dòng điện chạy trong dây dẫn thẳng dài

Khi có dòng điện cường độ I chạy qua một dây dẫn thẳng, rất dài, nó sẽ gây ra một từ trường trong không gian xung quanh. Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do dòng điện này gây ra tại một điểm M có các đặc điểm sau:

a. Điểm đặt

Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ có điểm đặt tại điểm M mà ta đang xét.

b. Phương

Vectơ $\vec{B}$ có phương vuông góc với mặt phẳng chứa dây dẫn và điểm M . Nói cách khác, $\vec{B}$ tiếp tuyến với đường tròn tâm O (nằm trên dây dẫn), bán kính $r = OM$ và nằm trong mặt phẳng vuông góc với dây dẫn.

c. Chiều (Quy tắc bàn tay phải)

Chiều của vectơ cảm ứng từ được xác định bằng **quy tắc bàn tay phải**:

"Để bàn tay phải sao cho ngón cái nằm dọc theo dây dẫn và chỉ theo chiều dòng điện, khi đó các ngón tay kia khum lại cho ta chiều của các đường sức từ (cũng là chiều của vectơ cảm ứng từ)."

Ví dụ minh họa quy tắc bàn tay phải:

- **Ví dụ 1:** Một dây dẫn thẳng đứng có dòng điện chạy từ dưới lên trên. Tại một điểm M nằm bên phải dây dẫn, ta đặt ngón cái hướng lên. Các ngón tay còn lại khum lại sẽ có chiều đi từ phía trước ra phía sau. Vậy, vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ tại M có chiều hướng vào trong mặt phẳng trang giấy. (Ký hiệu $\otimes$)

- **Ví dụ 2:** Một dây dẫn thẳng nằm ngang có dòng điện chạy từ trái sang phải. Tại một điểm M nằm phía trên dây dẫn, ta đặt ngón cái hướng sang phải. Các ngón tay còn lại khum lại sẽ có chiều đi từ trong ra ngoài. Vậy, vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ tại M có chiều hướng ra ngoài mặt phẳng trang giấy. (Ký hiệu $\odot$)

d. Độ lớn (Công thức tính cảm ứng từ)

Độ lớn của cảm ứng từ tại điểm M cách dây dẫn một khoảng r được tính bằng công thức:

$$B = 2 \cdot 10^{-7} * (I / r)$$

Trong đó:

- **B:** Độ lớn cảm ứng từ (T).
- **I:** Cường độ dòng điện chạy trong dây dẫn (A).
- **r:** Khoảng cách từ dây dẫn đến điểm M đang xét (m).
- **$2 \cdot 10^{-7}$ (T.m/A):** Hằng số từ trong chân không (hoặc không khí).

Ví dụ tính toán độ lớn cảm ứng từ:

- **Ví dụ 1:** Một dây dẫn thẳng dài có dòng điện 10 A chạy qua. Tính cảm ứng từ tại điểm M cách dây dẫn 20 cm.
- **Giải:**

Đổi đơn vị: $r = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$.

Áp dụng công thức: $B = 2 \cdot 10^{-7} * (I / r) = 2 \cdot 10^{-7} * (10 / 0.2) = 10^{-5} \text{ T}$.

- **Ví dụ 2:** Tại điểm N cách một dây dẫn thẳng dài 5 cm có cảm ứng từ là $4 \cdot 10^{-5}$ T. Tính cường độ dòng điện chạy trong dây dẫn.

- **Giải:**

Đổi đơn vị: $r = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$.

Từ công thức $B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot (I / r)$, suy ra $I = (B \cdot r) / (2 \cdot 10^{-7})$.

$$I = (4 \cdot 10^{-5} \cdot 0.05) / (2 \cdot 10^{-7}) = 10 \text{ A}.$$

4. Đường sức từ của dòng điện thẳng dài

Đường sức từ là những đường cong vẽ trong không gian có từ trường, sao cho tiếp tuyến tại mỗi điểm có phương trùng với phương của vectơ cảm ứng từ tại điểm đó.

- **Hình dạng:** Các đường sức từ của dòng điện thẳng dài là những đường tròn đồng tâm, nằm trong những mặt phẳng vuông góc với dòng điện và có tâm nằm trên dây dẫn.
- **Chiều:** Chiều của đường sức từ được xác định bằng quy tắc bàn tay phải.
- **Tính chất:** Nơi nào cảm ứng từ lớn thì các đường sức từ vẽ mau (dày), nơi nào cảm ứng từ nhỏ thì các đường sức từ vẽ thưa.

5. Nguyên lý chồng chất từ trường

Khi một điểm M nằm trong từ trường của nhiều dòng điện khác nhau ($I_1, I_2, \dots$), mỗi dòng điện gây ra tại M một vectơ cảm ứng từ riêng ($\vec{B}_1, \vec{B}_2, \dots$). Vectơ cảm ứng từ tổng hợp tại M là tổng vectơ của các vectơ cảm ứng từ thành phần.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$$

Việc tính toán $\vec{B}$ tuân theo quy tắc cộng vectơ thông thường.

Các trường hợp đặc biệt thường gặp:

Xét hai dòng điện thẳng dài, song song I_1 và I_2 .

Trường hợp	Vị trí điểm M	Đặc điểm véc tơ	Công thức độ lớn
I_1, I_2 cùng chiều	M nằm trong khoảng giữa 2 dây	$\vec{B}_1 \uparrow \downarrow$ $\vec{B}_2$	$B = B_1 - B_2 $
	M nằm ngoài khoảng giữa 2 dây	$\vec{B}_1 \uparrow \uparrow$ $\vec{B}_2$	$B = B_1 + B_2$
I_1, I_2 ngược chiều	M nằm trong khoảng giữa 2 dây	$\vec{B}_1 \uparrow \uparrow$ $\vec{B}_2$	$B = B_1 + B_2$
	M nằm ngoài khoảng giữa 2 dây	$\vec{B}_1 \uparrow \downarrow$ $\vec{B}_2$	$B = B_1 - B_2 $
$I_1 \perp I_2$	M bất kỳ	$\vec{B}_1 \perp$ $\vec{B}_2$	$B = \sqrt{(B_1^2 + B_2^2)}$

Ví dụ vận dụng nguyên lý chồng chất:

Bài toán: Hai dây dẫn thẳng dài, song song đặt tại A và B trong không khí, cách nhau 10 cm. Dòng điện $I_1 = 5 \text{ A}$ chạy qua A, $I_2 = 5 \text{ A}$ chạy qua B. Xác định cảm ứng từ tổng hợp tại điểm M là trung điểm của AB trong hai trường hợp:

1. Hai dòng điện cùng chiều.
2. Hai dòng điện ngược chiều.

Lời giải:

Điểm M là trung điểm của AB nên $MA = MB = AB/2 = 10/2 = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$.

Độ lớn cảm ứng từ do mỗi dòng điện gây ra tại M là bằng nhau:

$$B_1 = 2 \cdot 10^{-7} * (I_1 / MA) = 2 \cdot 10^{-7} * (5 / 0.05) = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}.$$

$$B_2 = 2 \cdot 10^{-7} * (I_2 / MB) = 2 \cdot 10^{-7} * (5 / 0.05) = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}.$$

1. Trường hợp hai dòng điện cùng chiều:

- Áp dụng quy tắc bàn tay phải, ta thấy $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ tại M là hai vectơ ngược chiều nhau.
- Do đó, cảm ứng từ tổng hợp tại M là: $\vec{B}_M = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.
- Về độ lớn: $B_M = |B_1 - B_2| = |2 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-5}| = 0 \text{ T}$.

2. Trường hợp hai dòng điện ngược chiều:

- Áp dụng quy tắc bàn tay phải, ta thấy $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ tại M là hai vectơ cùng chiều nhau.
- Do đó, cảm ứng từ tổng hợp tại M là: $\vec{B}_M = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.

- Về độ lớn: $B_M = B_1 + B_2 = 2.10^{-5} + 2.10^{-5} = 4.10^{-5} \text{ T}$.
- Vectơ $\vec{B}_M$ có phương vuông góc với AB và có chiều được xác định bởi chiều của $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$.

VIDOCU.COM