

Tổng hợp kiến thức: Sự phụ thuộc của điện trở dây dẫn

Điện trở của một dây dẫn là đại lượng đặc trưng cho khả năng cản trở dòng điện của dây dẫn đó. Vậy điện trở phụ thuộc vào những yếu tố nào? Bài học này sẽ giúp chúng ta tìm hiểu chi tiết về sự phụ thuộc của điện trở vào chiều dài, tiết diện và vật liệu làm dây dẫn.

1. Sự phụ thuộc của điện trở vào chiều dài dây dẫn

Để khảo sát sự phụ thuộc này, người ta làm thí nghiệm với các dây dẫn có cùng vật liệu, cùng tiết diện nhưng chiều dài khác nhau.

Kết luận

Điện trở của dây dẫn **tỉ lệ thuận** với chiều dài của dây.

Công thức

Nếu một dây dẫn có chiều dài l_1 và điện trở R_1 , một dây dẫn khác cùng loại có chiều dài l_2 và điện trở R_2 , ta có hệ thức:

$$R_1 / R_2 = l_1 / l_2$$

Giải thích

Khi dây dẫn càng dài, quãng đường các electron tự do phải di chuyển càng lớn, chúng sẽ va chạm với các ion ở nút mạng tinh thể nhiều hơn. Do đó, sự cản trở đối với dòng điện càng lớn, tức là điện trở của dây càng lớn.

Ví dụ minh họa

- **Ví dụ 1:** Một dây dẫn bằng đồng dài 5m có điện trở là 2Ω . Hỏi một dây dẫn bằng đồng khác, cùng tiết diện, dài 15m thì có điện trở là bao nhiêu?
- **Giải:** Vì điện trở tỉ lệ thuận với chiều dài, khi chiều dài tăng 3 lần ($15\text{m} / 5\text{m} = 3$), điện trở cũng tăng 3 lần. Vậy điện trở mới là $2\Omega * 3 = 6\Omega$.
- **Ví dụ 2:** Hai dây dẫn làm từ nhôm có cùng tiết diện. Dây thứ nhất dài 100m có điện trở $R_1 = 5\Omega$. Dây thứ hai có điện trở $R_2 = 12.5\Omega$. Tính chiều dài của dây thứ hai.
- **Giải:** Áp dụng công thức $R_1 / R_2 = l_1 / l_2$. Ta có: $5 / 12.5 = 100 / l_2$. Suy ra $l_2 = (12.5 * 100) / 5 = 250\text{m}$.

2. Sự phụ thuộc của điện trở vào tiết diện dây dẫn

Để khảo sát sự phụ thuộc này, người ta làm thí nghiệm với các dây dẫn có cùng vật liệu, cùng chiều dài nhưng tiết diện khác nhau.

Kết luận

Điện trở của dây dẫn **tỉ lệ nghịch** với tiết diện của dây.

Công thức

Nếu một dây dẫn có tiết diện S_1 và điện trở R_1 , một dây dẫn khác cùng loại có tiết diện S_2 và điện trở R_2 , ta có hệ thức:

$$R_1 / R_2 = S_2 / S_1$$

Giải thích

Tiết diện của dây dẫn có thể hình dung như độ rộng của một con đường. Dây có tiết diện càng lớn, "con đường" cho các electron di chuyển càng rộng, chúng dễ dàng đi qua hơn và ít bị cản trở hơn. Do đó, điện trở của dây càng nhỏ.

Ví dụ minh họa

- **Ví dụ 1:** Một dây dẫn có tiết diện S có điện trở là 10Ω . Nếu thay bằng một dây dẫn khác cùng loại, cùng chiều dài nhưng có tiết diện $2S$ thì điện trở mới là bao nhiêu?
- **Giải:** Vì điện trở tỉ lệ nghịch với tiết diện, khi tiết diện tăng 2 lần, điện trở sẽ giảm 2 lần. Vậy điện trở mới là $10\Omega / 2 = 5\Omega$.
- **Ví dụ 2:** Hai dây dẫn bằng đồng có cùng chiều dài. Dây thứ nhất có tiết diện 0.5 mm^2 và điện trở $R_1 = 4\Omega$. Dây thứ hai có tiết diện 1.5 mm^2 . Tính điện trở R_2 của dây thứ hai.
- **Giải:** Áp dụng công thức $R_1 / R_2 = S_2 / S_1$. Ta có: $4 / R_2 = 1.5 / 0.5$. Suy ra $R_2 = (4 * 0.5) / 1.5 \approx 1.33\Omega$.
- **Ví dụ 3:** Một dây dẫn bằng nhôm có điện trở 12Ω và đường kính tiết diện là 1mm . Tính điện trở của một dây nhôm khác cùng chiều dài nhưng có đường kính tiết diện là 2mm .
- **Giải:** Tiết diện dây dẫn hình tròn được tính bằng công thức $S = \pi d^2 / 4$.
 $S_1 = \pi(1^2) / 4 = \pi / 4$.
 $S_2 = \pi(2^2) / 4 = \pi$.
Ta thấy $S_2 = 4S_1$. Vì điện trở tỉ lệ nghịch với tiết diện, nên $R_2 = R_1 / 4 = 12 / 4$

$$= 3\Omega.$$

3. Sự phụ thuộc của điện trở vào vật liệu làm dây dẫn

Điện trở suất

Để đặc trưng cho sự phụ thuộc của điện trở vào vật liệu, người ta đưa ra khái niệm **điện trở suất (ρ)**.

- **Định nghĩa:** Điện trở suất của một vật liệu có trị số bằng điện trở của một đoạn dây dẫn hình trụ được làm bằng vật liệu đó có chiều dài 1m và tiết diện 1m^2 .
- **Đơn vị:** Ohm-mét ($\Omega\cdot\text{m}$).
- **Ý nghĩa:** Vật liệu nào có điện trở suất càng nhỏ thì dẫn điện càng tốt. Vật liệu có điện trở suất càng lớn thì dẫn điện càng kém.

Bảng điện trở suất của một số chất ở 20°C

Vật liệu	Điện trở suất (ρ) tại 20°C ($\Omega.m$)	Tính chất
Bạc	1.6×10^{-8}	Dẫn điện tốt nhất
Đồng	1.7×10^{-8}	Dẫn điện rất tốt, phổ biến
Nhôm	2.8×10^{-8}	Dẫn điện tốt, nhẹ
Vonfram	5.5×10^{-8}	Dùng làm dây tóc bóng đèn
Sắt	12.0×10^{-8}	Dẫn điện kém hơn đồng, nhôm
Constantan (hợp kim)	50×10^{-8}	Điện trở suất cao, dùng làm biến trở
Nicrom (hợp kim)	110×10^{-8}	Điện trở suất rất cao, dùng làm dây nung

4. Công thức tổng quát tính điện trở của dây dẫn

Từ ba sự phụ thuộc trên, ta có công thức tổng quát để tính điện trở của một dây dẫn hình trụ, đồng chất:

Công thức

$R = \rho * (l / S)$

Trong đó:

- **R:** là điện trở của dây dẫn, đơn vị là Ohm (Ω).

- **ρ (rho):** là điện trở suất của vật liệu làm dây, đơn vị là Ohm-mét ($\Omega \cdot m$).
- **l :** là chiều dài của dây dẫn, đơn vị là mét (m).
- **S :** là tiết diện của dây dẫn, đơn vị là mét vuông (m^2).

Lưu ý quan trọng về đơn vị: Khi tính toán, tất cả các đại lượng phải được đổi về đơn vị chuẩn. Thường tiết diện S được cho bằng mm^2 , ta phải đổi về m^2 theo tỉ lệ: $1 mm^2 = 10^{-6} m^2$.

Ví dụ áp dụng

1. **Ví dụ 1:** Tính điện trở của một sợi dây nhôm dài 200m và có tiết diện $1 mm^2$. Biết điện trở suất của nhôm là $2.8 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$.

2. **Giải:**

Đổi đơn vị: $S = 1 mm^2 = 1 \times 10^{-6} m^2$.

Áp dụng công thức: $R = \rho * (l / S)$

$$R = (2.8 \times 10^{-8}) * (200 / (1 \times 10^{-6})) = 5.6 \Omega.$$

3. **Ví dụ 2:** Một dây nung của bếp điện được làm bằng nicrom có chiều dài 5m, tiết diện $0.1 mm^2$. Tính điện trở của dây nung này, biết điện trở suất của nicrom là $1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$.

4. **Giải:**

Đổi đơn vị: $S = 0.1 mm^2 = 0.1 \times 10^{-6} m^2$.

Áp dụng công thức: $R = \rho * (l / S)$

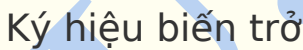
$$R = (1.1 \times 10^{-6}) * (5 / (0.1 \times 10^{-6})) = 55 \Omega.$$

5. Biến trở

Khái niệm

Biến trở là một điện trở có thể thay đổi trị số và được sử dụng để điều chỉnh cường độ dòng điện trong mạch.

Cấu tạo và hoạt động

- **Cấu tạo:** Gồm một cuộn dây dẫn bằng hợp kim có điện trở suất lớn (như constantan, nicrom) quấn đều quanh một lõi sứ, và một con chạy (hoặc tay quay) có thể di chuyển dọc theo cuộn dây.
- **Hoạt động:** Khi di chuyển con chạy, chiều dài phần dây dẫn có dòng điện chạy qua sẽ thay đổi, dẫn đến điện trở của biến trở thay đổi theo.
- **Ký hiệu trong sơ đồ mạch điện:**  Ký hiệu biến trở

Ứng dụng

Biến trở được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật để điều chỉnh các đại lượng điện, ví dụ như điều chỉnh âm lượng của radio, tivi, điều chỉnh độ sáng của đèn, điều chỉnh tốc độ quạt.