

BÀI GIẢNG: MẠCH CẦU KHÔNG CÂN BẰNG
CHUYÊN ĐỀ: ĐIỆN HỌC. ĐIỆN TỬ HỌC
MÔN: VẬT LÝ LỚP 9

THẦY GIÁO: NGUYỄN THẾ VINH – GV TUYENSINH247.COM



Lý thuyết

1. Dấu hiệu nhận biết mạch cầu không cân bằng

$$\frac{R_1}{R_3} \neq \frac{R_2}{R_4} \text{ hay } \frac{R_1}{R_2} \neq \frac{R_3}{R_4}$$

2. Phương pháp giải

Giả sử đầu A là cực dương, đầu B là cực âm

Gọi cường độ dòng điện qua các điện trở tương ứng là $I_1; I_2; I_3; I_4$ có chiều từ cực dương sang cực âm.

+ Bước 1: Giả sử chiều dòng điện I_5 chạy trong mạch từ D đến C (hoặc từ C đến D).

+ Bước 2: Chọn một dòng điện bất kì làm ẩn (ví dụ chọn I_1)

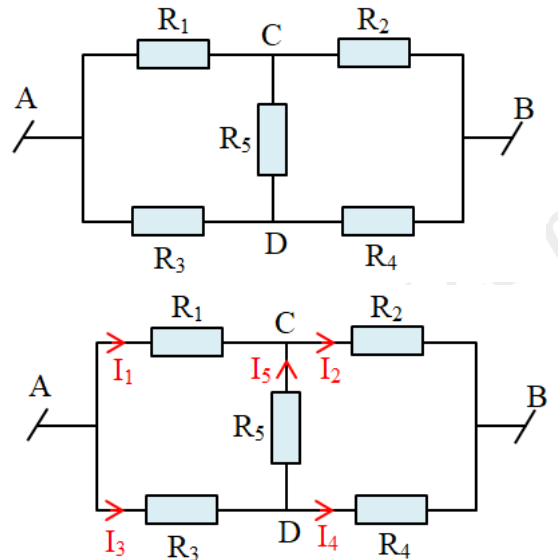
+ Bước 3: Biến đổi các dòng điện còn lại theo ẩn I_1 bằng cách:

- ✓ Áp dụng quy tắc cộng hiệu điện thế.
- ✓ Định lí nút.

Lập phương trình theo ẩn (có bao nhiêu ẩn thì có bấy nhiêu phương trình).

+ Bước 4: Giải hệ phương trình để suy ra các ẩn cần tìm.

Lưu ý: Nếu $I_5 < 0$: ta đảo lại chiều của I_5 và giữ nguyên độ lớn của I_5 .



Vận dụng

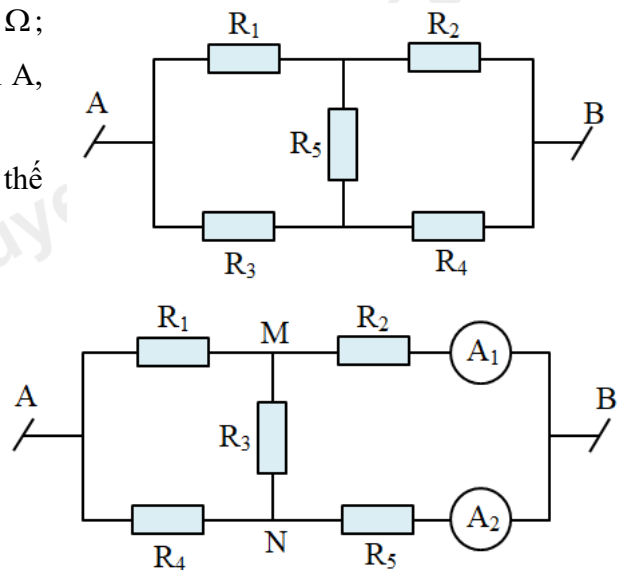
Bài 1: Cho mạch cầu như hình vẽ. Biết $R_1 = R_3 = 2 \Omega$; $R_2 = R_5 = 4 \Omega$; $R_4 = 5 \Omega$. Biết hiệu điện thế giữa hai điểm A, B là $U_{AB} = 7,1 V$.

- a) Tính cường độ dòng điện qua các điện trở và hiệu điện thế giữa hai đầu mỗi điện trở.
- b) Tính điện trở tương đương của mạch.

Bài 2 (Chuyên Bình Phước 2013): Cho mạch điện như hình vẽ. Điện trở $R_3 = 48 \Omega$. Các điện trở R_1, R_2, R_4, R_5 có giá trị không đổi. Điện trở các ampe kế và dây nối không đáng kể.

Đặt vào hai đầu đoạn mạch AB hiệu điện thế không đổi $U = 24 V$ thì ampe kế A_1 chỉ giá trị 1 A, ampe kế A_2 chỉ giá trị 0,5 A.

- a) Tính điện trở tương đương của đoạn mạch AB.



b) Mắc vôn kế có điện trở rất lớn vào hai đầu đoạn mạch AM và NB thì thấy số chỉ vôn kế đều là 6 V. Tính R_4 .

Bài 3 (Chuyên Quốc học Huế 2010): Cho mạch điện như hình vẽ. Biết $R_1 = R_3 = R_4 = 2 \Omega$; $R_6 = 3,2 \Omega$. R_2 là một biến trở. Hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch không đổi $U = 60 V$.

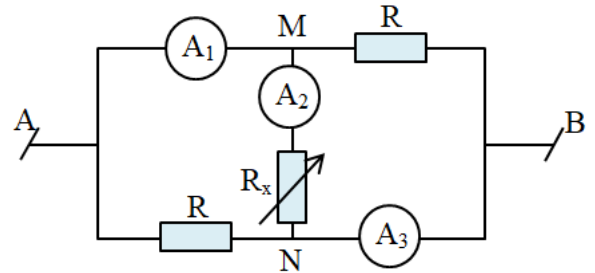
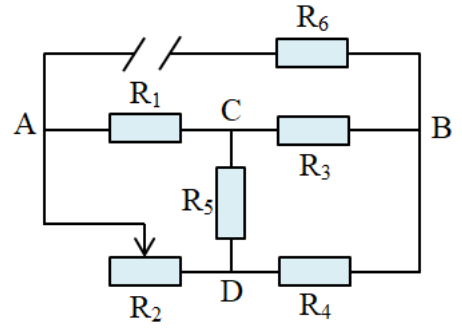
a) Điều chỉnh R_2 sao cho dòng điện đi qua R_5 bằng 0. Tính R_2 lúc đó và dòng điện qua các điện trở.

b) Khi $R_2 = 10 \Omega$, dòng điện qua R_5 là 2 A. Tính R_5 .

Bài 4 (Chuyên KHTN 2015): Cho mạch điện như hình vẽ. Hiệu điện thế giữa hai đầu mạch không đổi và bằng U. Các ampe kế giống nhau có điện trở cùng là R_A , giá trị điện trở $R = 12 \Omega$, R_x là biến trở. Khi $R_x = 12 \Omega$ thì ampe kế A_1 chỉ $I_1 = 120 mA$, ampe kế A_2 chỉ $I_2 = 40 mA$, dòng qua ampe kế A_2 có chiều từ M đến N.

a) Tìm R_A và U.

b) Tìm R_x để tổng số chỉ của ba ampe kế là 410 mA.



HƯỚNG DẪN GIẢI VÀ ĐÁP ÁN

Bài 1:

Nhận xét:
$$\begin{cases} \frac{R_1}{R_3} = \frac{2}{2} = 1 \\ \frac{R_2}{R_4} = \frac{4}{5} = 0,8 \end{cases} \Rightarrow \frac{R_1}{R_3} \neq \frac{R_2}{R_4} \rightarrow \text{mạch điện là mạch cầu không cân bằng}$$

Gọi cường độ dòng điện chạy trong mạch chính là I, cường độ dòng điện qua các điện trở tương ứng là I_1 ; I_2 ; I_3 ; I_4

Giả sử chiều dòng điện qua R_5 là I_5 có chiều từ M đến N

a) Áp dụng định lí nút, ta có:

+ Tại M: $I_1 = I_2 + I_5$ (1)

+ Tại N: $I_4 = I_3 + I_5$ (2)

+ Tại A, B: $I_1 + I_3 = I_2 + I_4$ (3)

Áp dụng quy tắc cộng hiệu điện thế, ta có:

$U_{AB} = U_{AM} + U_{MB} \Rightarrow 7,1 = I_1 R_1 + I_2 R_2 = 2I_1 + 4I_2$ (4)

$U_{AB} = U_{AN} + U_{NB} \Rightarrow 7,1 = I_3 R_3 + I_4 R_4 = 2I_3 + 5I_4$ (5)

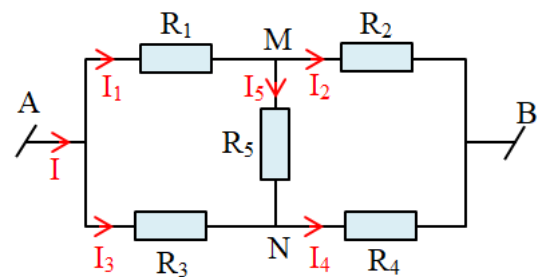
$U_{MN} = U_{MA} + U_{AN} \Rightarrow I_5 R_5 = -I_1 R_1 + I_3 R_3 \Rightarrow 4I_5 = -2I_1 + 2I_3$ (6)

$U_{MN} = U_{MB} + U_{BN} \Rightarrow I_5 R_5 = I_2 R_2 - I_4 R_4 \Rightarrow 4I_5 = 4I_2 - 5I_4$ (7)

Từ (4) ta có: $1,775 = 0,5I_1 + I_2 \Rightarrow I_2 = 1,775 - 0,5I_1$

Từ (1) ta có: $I_5 = I_1 - I_2 = I_1 - 1,775 + 0,5I_1 = 1,5I_1 - 1,775$

Từ (6) ta có: $I_3 = 2I_5 + I_1 = 2(1,5I_1 - 1,775) + I_1 = 4I_1 - 3,55$



$$\text{Từ (7) ta có: } 5I_4 = 4I_2 - 4I_5 \Rightarrow I_4 = 0,8(I_2 - I_5) = 0,8(1,775 - 0,5I_1 - 1,5I_1 + 1,775) = 2,84 - 1,6I_1$$

Thế $I_2; I_3; I_4$ vào (3) ta được:

$$I_1 + 4I_1 - 3,55 = 1,775 - 0,5I_1 + 2,84 - 1,6I_1$$

$$\Rightarrow 5I_1 - 3,55 = -2,1I_1 + 4,615$$

$$\Rightarrow 7,1I_1 = 8,165 \Rightarrow I_1 = 1,15 \text{ (A)}$$

Cường độ dòng điện qua các điện trở còn lại là:

$$I_2 = 1,775 - 0,5 \cdot 1,15 = 1,2 \text{ (A)}$$

$$I_3 = 4 \cdot 1,15 - 3,55 = 1,05 \text{ (A)}$$

$$I_4 = 2,84 - 1,6 \cdot 1,15 = 1 \text{ (A)}$$

$$I_5 = 1,5 \cdot 1,15 - 1,775 = -0,05 \text{ (A)}$$

Vậy dòng điện qua điện trở R_5 có chiều từ M đến N, độ lớn là $I_5 = 0,05 \text{ A}$

Hiệu điện thế giữa hai đầu mỗi điện trở ương ứng là:

$$U_1 = I_1 R_1 = 1,15 \cdot 2 = 2,3 \text{ (V)}$$

$$U_2 = I_2 R_2 = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ (V)}$$

$$U_3 = I_3 R_3 = 1,05 \cdot 2 = 2,1 \text{ (V)}$$

$$U_4 = I_4 R_4 = 1 \cdot 5 = 5 \text{ (V)}$$

$$U_5 = U_{NM} = I_5 R_5 = 0,05 \cdot 4 = 0,2 \text{ (V)}$$

b) Cường độ dòng điện mạch chính là:

$$I = I_1 + I_3 = 1,15 + 1,05 = 2,2 \text{ (A)}$$

Điện trở tương đương của mạch điện là:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{7,1}{2,2} \approx 3,23 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Bài 2:

a) Cường độ dòng điện mạch chính là:

$$I = I_{A1} + I_{A2} = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ (A)}$$

Điện trở tương đương của đoạn mạch là:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{24}{1,5} = 16 \text{ (}\Omega\text{)}$$

b) Áp dụng quy tắc hiệu điện thế, ta có:

$$U_{AB} = U_{AN} + U_{NB} \Rightarrow U_4 = U_{AN} = U_{AB} - U_{NB} = 24 - 6 = 18 \text{ (V)}$$

$$\text{Lại có: } U_{AB} = U_{AM} + U_{MN} + U_{NB} \Rightarrow 24 = 6 + U_{MN} + 6 \Rightarrow U_{MN} = U_3 = 12 \text{ (V)}$$

Nhận xét: $U_{MN} > 0 \rightarrow$ dòng điện có chiều từ M đến N

$$\text{Ta có: } I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{12}{48} = 0,25 \text{ (A)}$$

Áp dụng định lí nút tại M, ta có:

$$I_1 = I_2 + I_3 = I_{A1} + I_3 = 1 + 0,25 = 1,25 \text{ (A)}$$

Tại nút A, ta có:

$$I = I_1 + I_4 \Rightarrow I_4 = I - I_1 = 1,5 - 1,25 = 0,25 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow R_4 = \frac{U_4}{I_4} = \frac{18}{0,25} = 72 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Bài 3:

a) Nhận xét: $I_5 = 0 \rightarrow$ mạch cầu AB là mạch cầu cân bằng

\rightarrow bỏ qua R_5 khi tính toán

$$\text{Ta có: } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow \frac{2}{R_2} = \frac{2}{2} = 1 \Rightarrow R_2 = 2 (\Omega)$$

Điện trở tương đương:

$$R_{13} = R_1 + R_3 = 2 + 2 = 4 (\Omega)$$

$$R_{24} = R_2 + R_4 = 2 + 2 = 4 (\Omega)$$

$$\Rightarrow R_{AB} = \frac{R_{13}}{2} = \frac{4}{2} = 2 (\Omega)$$

$$\Rightarrow R_{td} = R_{AB} + R_6 = 2 + 3,2 = 5,2 (\Omega)$$

Cường độ dòng điện mạch chính là:

$$I = \frac{U}{R_{td}} = \frac{60}{5,2} \approx 11,54 (A)$$

$$\Rightarrow I_6 = 11,54 (A)$$

$$\Rightarrow I_1 = I_3 = I_2 = I_4 = \frac{I}{2} = 5,77 (A)$$

b) Giả sử I_5 có chiều từ C đến D

Áp dụng định lí nút, ta có:

$$\text{- Tại C: } I_1 = I_3 + I_5 = I_3 + 2 (1) \Rightarrow I_3 = I_1 - 2$$

$$\text{- Tại D: } I_2 + I_5 = I_4 \Rightarrow I_2 + 2 = I_4 (2)$$

$$\text{Ta có: } U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = U_{AD} + U_{DB} \Rightarrow U_{AB} = U_1 + U_3 = U_2 + U_4$$

$$\Rightarrow 2I_1 + 2I_3 = 10I_2 + 2I_4 \Rightarrow I_1 + I_3 = 5I_2 + I_4 (3)$$

$$\text{Lại có: } U = U_1 + U_3 + U_6 \Rightarrow 60 = 2I_1 + 2I_3 + 3,2(I_1 + I_2)$$

$$\Rightarrow 60 = 2I_1 + 2I_3 + 3,2I_1 + 3,2I_2$$

$$\Rightarrow 60 = 5,2I_1 + 2I_3 + 3,2I_2 (4)$$

Từ (1); (2) thay vào (3) ta được:

$$I_1 + I_1 - 2 = 5I_2 + I_2 + 2 \Rightarrow 2I_1 - 6I_2 = 4 (*)$$

Thay I_3 từ (1) vào (4), ta có:

$$60 = 5,2I_1 + 2(I_1 - 2) + 3,2I_2 \Rightarrow 64 = 7,2I_1 + 3,2I_2 (**)$$

$$\text{Giải hệ phương trình (*) và (**), ta được: } \begin{cases} I_1 = 8 (A) \\ I_2 = 2 (A) \end{cases}$$

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch AC là:

$$U_{AC} = U_1 = I_1 R_1 = 8 \cdot 2 = 16 (V)$$

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch AD là:

$$U_{AD} = U_2 = I_2 R_2 = 2 \cdot 10 = 20 (V)$$

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch CD là:

$$U_{CD} = U_5 = U_{CA} + U_{AD} = -U_1 + U_2 = -16 + 20 = 4 (V)$$

$$\Rightarrow R_5 = \frac{U_5}{I_5} = \frac{4}{2} = 2 (\Omega)$$

Bài 4:

a) Nhận xét: mạch có tính đối xứng, nên:

$$I_1 = I_5 = 120 \text{ (mA)} = 0,12 \text{ (A)}$$

$$I_4 = I_3 = 40 \text{ (mA)} = 0,04 \text{ (A)}$$

Tại nút M, ta có:

$$I_3 = I_1 - I_2 = 120 - 40 = 80 \text{ (mA)} = 0,08 \text{ (A)}$$

Áp dụng quy tắc cộng hiệu điện thế, ta có:

$$U_{MN} = U_{MA} + U_{AN} \Rightarrow I_2(R_A + R_x) = -I_1R_A + I_4R$$

$$\Rightarrow 0,04(R_A + 12) = -0,12R_A + 0,08.12$$

$$\Rightarrow 0,04R_A + 0,48 = -0,12R_A + 0,96$$

$$\Rightarrow 0,16R_A = 0,48 \Rightarrow R_A = 3 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Lại có: $U = U_{AB} = U_{AM} + U_{MB} = U_1 + U_3$

$$\Rightarrow U = I_1R_A + I_3R = 0,12.3 + 0,08.12 = 1,32 \text{ (V)}$$

b) Theo đề bài ta có:

$$I_1 + I_2 + I_5 = 410 \text{ (mA)} = 0,41 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow 2I_1 + I_2 = 0,41 \text{ (1)}$$

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch là:

$$U_{AB} = U_{AM} + U_{MB} = I_1R_A + I_3R$$

$$\Rightarrow 1,32 = I_1.3 + I_3.12 \text{ (*)}$$

Tại nút M, ta có: $I_3 = I_1 - I_2$

Thay vào (*), ta được:

$$1,32 = 3I_1 + (I_1 - I_2).12 \Rightarrow 15I_1 - 12I_2 = 1,32 \text{ (2)}$$

Từ (1) và (2), ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} 2I_1 + I_2 = 0,41 \\ 15I_1 - 12I_2 = 1,32 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 0,16 \text{ (A)} \\ I_2 = 0,09 \text{ (A)} \end{cases}$$

Ta có: $I_4 = I_3 = I_1 - I_2 = 0,16 - 0,09 = 0,07 \text{ (A)}$

Áp dụng quy tắc cộng hiệu điện thế, ta có:

$$U_{MN} = U_{MA} + U_{AN} \Rightarrow I_2(R_A + R_x) = -I_1R_A + I_4R$$

$$\Rightarrow 0,09(3 + R_x) = -0,16.3 + 0,07.12$$

$$\Rightarrow 0,27 + 0,09R_x = 0,36 \Rightarrow 0,09R_x = 0,09 \Rightarrow R_x = 1 \text{ (}\Omega\text{)}$$

