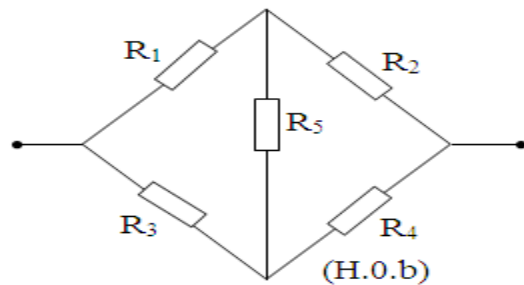
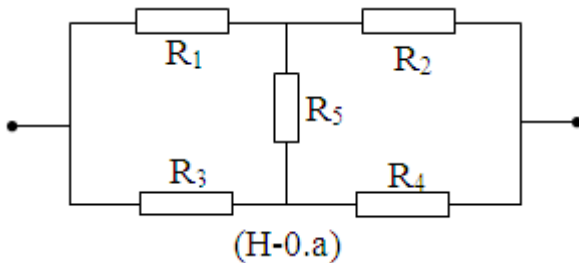


MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP GIẢI BÀI TOÁN MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ

I. KHÁI QUÁT VỀ MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ, MẠCH CẦU CÂN BẰNG VÀ MẠCH CẦU KHÔNG CÂN BẰNG.

1. Mạch cầu là mạch dùng phổ biến trong các phép đo chính xác ở phòng thí nghiệm điện
2. Mạch cầu được vẽ như (H - 0.a) và (H - 0.b)
3. Các điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 gọi là các cạnh của mạch cầu điện trở R_5 có vai trò khác biệt gọi là đường chéo của mạch cầu (người ta không tính thêm đường chéo nối giữa A - B. Vì nếu có thì ta coi đường chéo đó mắc song song với mạch cầu).

⊕ Mạch cầu cân bằng (Dùng trong phép đo lường điện). $I_5 = 0$; $U_5 = 0$



⊕ Mạch cầu không cân bằng: Trong đó mạch cầu không cân bằng được phân làm 2 loại:

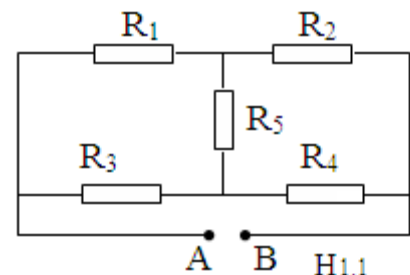
- Loại có một trong 5 điện trở bằng không (ví dụ một trong 5 điện trở đó bị nối tắt, hoặc thay vào đó là một ampe kế có điện trở ằng không). Khi gặp loại bài tập này ta có thể chuyển mạch về dạng quen thuộc, rồi áp dụng định luật Ôm để giải.
- Loại mạch cầu tổng quát không cân bằng có đủ cả 5 điện trở, thì không thể giải được nếu ta chỉ áp dụng định luật Ôm, loại bài tập này được giải bằng phương pháp đặc biệt (Trình bày ở mục 2.3)

Vây điều kiện cân bằng là gì ?

Cho mạch cầu điện trở như (H1.1)

⊕ Nếu qua R_5 có dòng $I_5 = 0$ và $U_5 = 0$ thì các điện trở nhánh lập thành tỷ lệ thức :

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} = n = \text{const}$$



⊕ Ngược lại nếu có tỷ lệ thức trên thì $I_5 = 0$ và $U_5 = 0$, ta có mạch cầu cân bằng.

⊕ **Tóm lại:** Cần ghi nhớ

☞ Nếu mạch cầu điện trở có dòng $I_5 = 0$ và $U_5 = 0$ thì bốn điện trở nhánh của mạch cầu lập thành tỷ lệ thức: $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} = n$ (n là hằng số) (*) (Với bất kỳ giá trị nào của R_5).

Khi đó nếu biết ba trong bốn điện trở nhánh ta sẽ xác định được điện trở còn lại.

☞ Ngược lại: Nếu các điện trở nhánh của mạch cầu lập thành tỷ lệ thức trên, ta có mạch cầu cân bằng và do đó $I_5 = 0$ và $U_5 = 0$

- Khi mạch cầu cân bằng thì điện trở tương đương của mạch luôn được xác định và không phụ thuộc vào giá trị của điện trở R_5 . Đồng thời các đại lượng hiệu điện thế và không phụ thuộc vào điện trở R_5 . Lúc đó có thể coi mạch điện không có điện trở R_5 và bài toán được giải bình thường theo định luật Ôm.
- Biểu thức (*) chính là điều kiện để mạch cầu cân bằng.

II. PHƯƠNG PHÁP TÍNH ĐIỆN TRỞ TƯƠNG ĐƯƠNG CỦA MẠCH CẦU.

– Tính điện trở tương đương của một mạch điện là một việc làm cơ bản và rất quan trọng, cho dù đầu bài có yêu cầu hay không yêu cầu, thì trong quá trình giải các bài tập điện ta vẫn thường phải tiến hành công việc này.

⊕ Với các mạch điện thông thường, thì đều có thể tính điện trở tương đương bằng một trong hai cách sau:

☞ Nếu biết trước các giá trị điện trở trong mạch và phân tích được sơ đồ mạch điện (thành các đoạn mắc nối tiếp, các đoạn mắc song song) thì áp dụng công thức tính điện trở của các đoạn mắc nối tiếp hay các đoạn mắc song song.

☞ Nếu chưa biết hết các giá trị của điện trở trong mạch, nhưng biết được Hiệu điện thế ở 2 đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện qua đoạn mạch đó, thì có thể tính điện trở tương đương của mạch bằng công thức định luật Ôm.

– Tuy nhiên với các mạch điện phức tạp như mạch cầu, thì việc phân tích đoạn mạch này về dạng các đoạn mạch mới nối tiếp và song song là không thể được. Điều đó cũng có nghĩa là không thể tính điện trở tương đương của mạch cầu bằng cách áp dụng các công thức tính điện trở của đoạn mạch

mắc nối tiếp hay đoạn mạch mắc song song. Vậy ta phải tính điện trở tương đương của mạch cầu bằng cách nào?

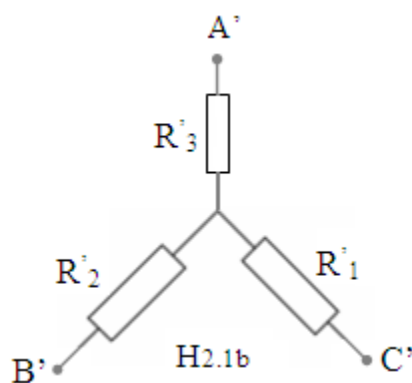
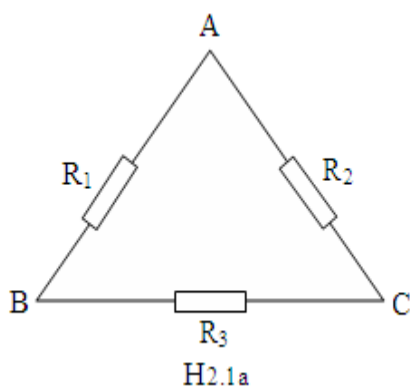
- ◆ Với mạch cầu cân bằng thì ta bỏ qua điện trở R_5 để tính điện trở tương đương của mạch cầu.
- ◆ Với loại mạch cầu có một trong 5 điện trở bằng 0, ta luôn đưa được về dạng mạch điện có các đoạn mắc nối tiếp, mắc song song để giải.
- ◆ Loại mạch cầu tổng quát không cân bằng thì điện trở tương đương được tính bằng các phương pháp sau:

◆ ***Phương án chuyển mạch.***

Thực chất là chuyển mạch cầu tổng quát về mạch điện tương đương (điện trở tương đương của mạch không thay đổi). Mà với mạch điện mới này ta có thể áp dụng các công thức tính điện trở của đoạn mạch nối tiếp, đoạn mạch song song để tính điện trở tương đương.

- Muốn sử dụng phương pháp này trước hết ta phải nắm được công thức chuyển mạch (chuyển từ mạch sao thành mạch tam giác và ngược lại từ mạch tam giác thành mạch sao). Công thức chuyển mạch - Định lý Kennoli.

☞ Cho hai sơ đồ mạch điện, mỗi mạch điện được tạo thành từ ba điện trở. (H2.1a mạch tam giác (Δ) ; H2.1b - Mạch sao (Y))



⊕ Với các giá trị thích hợp của điện trở có thể thay thế mạch này bằng mạch kia, khi đó hai mạch tương đương nhau. Công thức tính điện trở của mạch này theo mạch kia khi chúng tương đương nhau như sau:

☞ Biến đổi từ mạch tam giác R_1, R_2, R_3 thành mạch sao R'_1, R'_2, R'_3

$$R'_1 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1) \quad ; \quad R'_2 = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

(2)

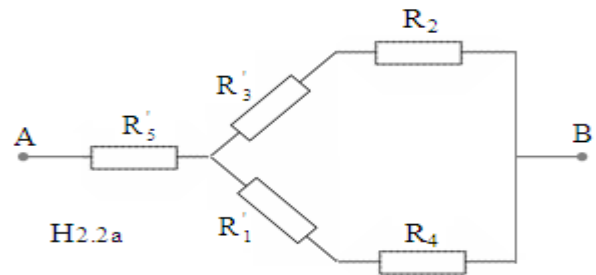
$$R'_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (3) \quad (\text{ Ở đây } R'_1, R'_2, R'_3 \text{ lần lượt ở vị trí đối diện với } R_1, R_2, R_3)$$

☞ Biến đổi từ mạch sao R'_1, R'_2, R'_3 thành mạch tam giác R_1, R_2, R_3

$$R_1 = \frac{R'_1 \cdot R'_2 + R'_2 \cdot R'_3 + R'_1 \cdot R'_3}{R'_1} \quad (4)$$

$$R_2 = \frac{R'_1 \cdot R'_2 + R'_2 \cdot R'_3 + R'_1 \cdot R'_3}{R'_2} \quad (5)$$

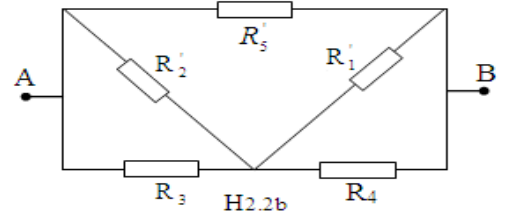
$$R_3 = \frac{R'_1 \cdot R'_2 + R'_2 \cdot R'_3 + R'_1 \cdot R'_3}{R'_3} \quad (6)$$



– Áp dụng vào bài toán tính điện trở tương đương của mạch cầu ta có hai cách chuyển mạch như sau:

Cách 1:

Từ sơ đồ mạch cầu tổng quát ta chuyển mạch tam giác R_1, R_3, R_5 thành mạch sao R'_1, R'_3, R'_5 (H2.2a) Trong đó các điện trở R_{13}, R_{15}, R_{35} được xác định theo công thức: (1); (2) và (3) từ sơ đồ mạch điện mới (H2.2a) ta có thể áp dụng công thức tính điện trở của đoạn mạch mắc nối tiếp, đoạn mạch mắc song song để tính điện trở tương đương của mạch AB, kết quả là:



$$R_{AB} = R'_5 + \frac{(R'_3 + R_2)(R'_1 + R_4)}{(R'_3 + R_2) + (R'_1 + R_4)}$$

Cách 2:

Từ sơ đồ mạch cầu tổng quát ta chuyển mạch sao R_1, R_2, R_5 thành mạch tam giác R'_1, R'_2, R'_5 (H2.2b). Trong đó các điện trở R'_1, R'_2, R'_3 được xác định theo công thức (4), (5) và (6). Từ sơ đồ mạch điện mới (H2.2b) áp dụng công thức tính điện trở tương đương ta cũng được kết quả:

$$R_{AB} = \frac{R'_5 \left(\frac{R_3 \cdot R'_2}{R_3 + R'_2} + \frac{R'_1 \cdot R_4}{R_1 + R'_4} \right)}{R'_5 + \left(\frac{R_3 \cdot R'_2}{R_3 + R'_2} + \frac{R'_1 \cdot R_4}{R_1 + R'_4} \right)}$$

◆ Phương pháp dùng định luật Ôm.

☉ Từ biểu thức: $I = \frac{U}{R}$ suy ra $R = \frac{U}{I}$ (*)

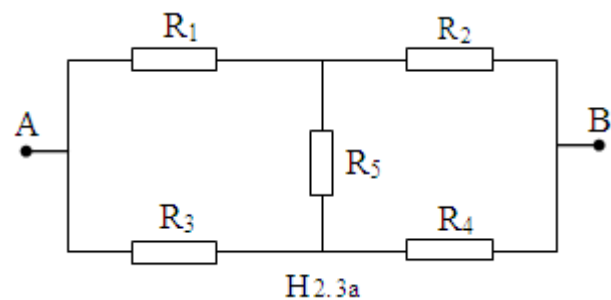
☉ Trong đó: U là hiệu điện thế ở hai đầu đoạn mạch.

I là cường độ dòng điện qua mạch chính.

☉ Vậy theo công thức (*) nếu muốn tính điện

trở tương đương (R) của mạch thì trước hết ta phải tính I theo U, rồi sau đó thay vào công thức (*) sẽ được kết quả.

(Có nhiều phương pháp tính I theo U sẽ được trình bày chi tiết ở mục sau).

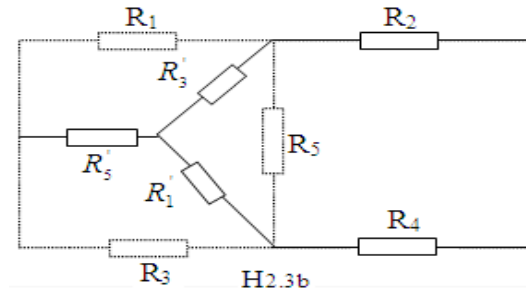


⊕ Xét ví dụ cụ thể:

Cho mạch điện như hình H. 2.3a.

Biết $R_1 = R_3 = R_5 = 3 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$; $R_4 = 5 \Omega$

- Tính điện trở tương đương của đoạn mạch AB.
- Đặt vào hai đầu đoạn AB một hiệu điện thế không đổi $U = 3 \text{ (V)}$. Hãy tính cường độ dòng điện qua các điện trở và hiệu điện thế ở hai đầu mỗi điện trở.



Phương pháp 1: Chuyển mạch.

Cách 1: Chuyển mạch tam giác R_1 ; R_3 ; R_5 thành mạch sao R'_1 ; R'_3 ; R'_5 (H2.3b) Ta có:

$$R'_5 = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{3 \cdot 3}{3 + 3 + 3} = 1(\Omega)$$

$$R'_3 = \frac{R_1 \cdot R_5}{R_1 + R_3 + R_5} = 1(\Omega)$$

$$R'_1 = \frac{R_3 \cdot R_5}{R_1 + R_3 + R_5} = 1(\Omega)$$

Suy ra điện trở tương đương của đoạn mạch AB là :

$$R_{AB} = R'_5 + \frac{(R'_3 + R_2)(R'_1 + R_4)}{(R'_1 + R_2) + (R'_1 + R_4)} = 1 + \frac{(1+2)(1+5)}{(1+2) + (1+5)} = 3\Omega$$

Cách 2: Chuyển mạch sao R_1 ; R_2 ; R_5 thành mạch tam giác R'_1 ; R'_2 ; R'_3 (H2.3c).

Ta có:

$$R'_1 = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_5 + R_1 \cdot R_5}{R_1} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + 3 \cdot 3}{3} = 7\Omega$$

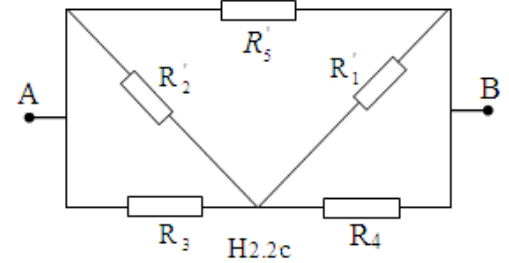
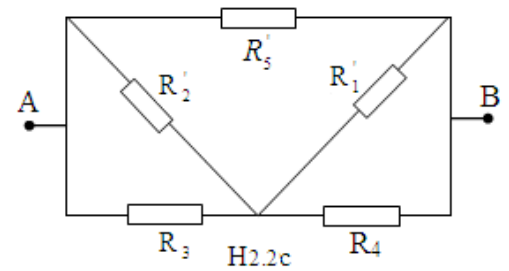
$$R'_2 = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_5 + R_1 \cdot R_5}{R_2} = 10,5(\Omega) \quad ; \quad R'_3 = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_5 + R_1 \cdot R_5}{R_5} = 7(\Omega)$$

$$\text{Suy ra: } R_{AB} = \frac{R'_3 \left(\frac{R'_2 \cdot R_3}{R'_2 + R_3} + \frac{R'_1 \cdot R_4}{R'_1 + R_4} \right)}{R'_3 + \frac{R'_2 \cdot R_3}{R'_2 + R_3} + \frac{R'_1 \cdot R_4}{R'_1 + R_4}} = 3(\Omega)$$

Phương pháp 2: Dùng công thức định luật Ôm.

$$\text{Từ công thức: } I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} \Rightarrow R = \frac{U_{AB}}{I_{AB}} \quad (*)$$

- Gọi U là hiệu điện thế ở hai đầu đoạn mạch AB ; I là cường độ dòng điện qua đoạn mạch AB



Biểu diễn I theo U

Đặt I_1 là ẩn số, giả sử dòng điện trong mạch có chiều như hình vẽ (H2.3d)

Ta lần lượt có:

$$U_1 = R_1 I_1 = 3 I_1 \quad (1) \quad ; \quad U_2 = U - U_1 = U - 3 I_1 \quad (2)$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U - 3I_1}{2} \quad (3) \quad ; \quad I_5 = I_1 - I_2 = \frac{5I_1 - U}{2} \quad (4)$$

$$U_5 = I_5 R_5 = \frac{15I_1 - 3U}{2} \quad (5) \quad ; \quad U_3 = U_1 + U_5 = \frac{21I_1 - 3U}{2} \quad (6)$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{21I_1 - 3U}{6} \quad (7) \quad ; \quad U_4 = U - U_3 = \frac{5U - 21I_1}{2} \quad (8)$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{5U - 21I_1}{10} \quad (9)$$

Tại nút D, ta có: $I_4 = I_3 + I_5$

$$\Leftrightarrow \frac{5U - 21I_1}{10} = \frac{21I_1 - 3U}{6} + \frac{5I_1 - U}{2} \quad (10) \Rightarrow I_1 = \frac{5U}{27} \quad (11)$$

Thay (11) vào (7) ta được: $I_3 = \frac{4}{27} U$

$$\text{Suy ra cường độ dòng điện mạch chính. } I = I_1 + I_3 = \frac{5U}{27} + \frac{4U}{27} = \frac{1}{3} U \quad (12)$$

Thay (12) vào (*) ta được kết quả: $R_{AB} = 3 (\Omega)$

b. Thay $U = 3 \text{ V}$ vào phương trình (11) ta được: $I_1 = \frac{5}{9} (\text{A})$

Thay $U = 3(\text{V})$ và $I_1 = \frac{5}{9} (\text{A})$ vào các phương trình từ (1) đến (9) ta được kết quả:

$$I_2 = \frac{2}{3} (\text{A}) \quad I_3 = \frac{4}{9} (\text{A}) \quad I_4 = \frac{1}{3} (\text{A}) \quad I_5 = \frac{-1}{9} (\text{A}) \quad (I_5 = \frac{-1}{9} \text{ có chiều từ C đến D})$$

$$U_1 = U_4 = \frac{5}{3} (\text{V}) \quad U_2 = U_3 = \frac{4}{3} (\text{V}) \quad U_5 = U_x = \frac{1}{3} (\text{V});$$

⊕ **Lưu ý**

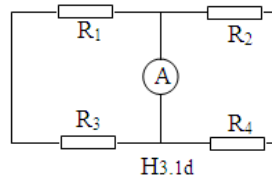
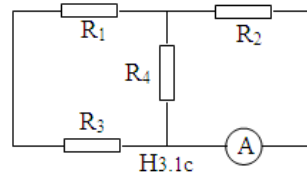
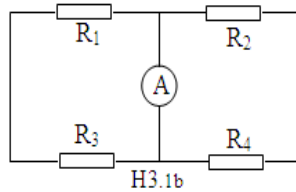
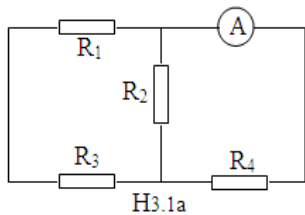
☞ Cả hai phương trình giải trên đều có thể áp dụng để tính điện trở tương đương của bất kỳ mạch cầu điện trở nào. Mỗi phương trình giải đều có những

ưu điểm và nhược điểm của nó. Tùy từng bài tập cụ thể ta lựa chọn phương pháp giải cho hợp lý.

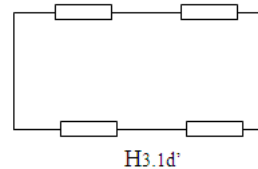
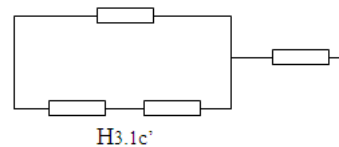
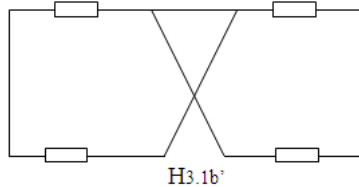
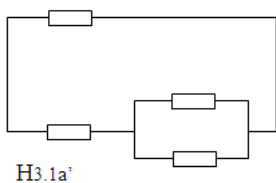
III. PHƯƠNG PHÁP GIẢI TOÁN TÍNH CÔNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ TRONG MẠCH CẦU

- ◆ Với mạch cầu cân bằng hoặc mạch cầu không cân bằng mà có 1 trong 5 điện trở bằng 0 (hoặc lớn vô cùng) thì đều có thể chuyển mạch cầu đó về mạch điện quen thuộc (gồm các đoạn mắc nối tiếp và mắc song song). Khi đó ta áp dụng định luật Ôm để giải bài toán này một cách đơn giản.

Ví dụ: Cho các sơ đồ các mạch điện như hình vẽ: (H.3.1a); (H. 3.1b); (H3.1c); (H3.1d) biết các vôn kế và các am pe kế là lý tưởng.



Ta có thể chuyển các sơ đồ mạch điện trên thành các sơ đồ mạch điện tương đương, tương ứng với các hình H.3.1a'; H.3.1b'; H.3.1c'; H.3.1d'.



Từ các sơ đồ mạch điện mới, ta có thể áp dụng định luật Ôm để tìm các đại lượng mà bài toán yêu cầu:

⊕ Lưu ý.

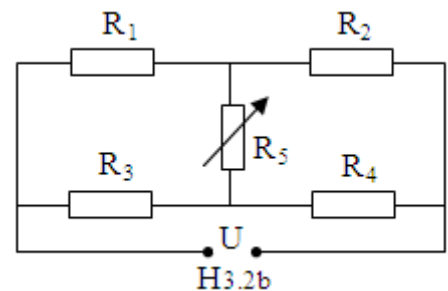
Các bài loại này có nhiều tài liệu đã trình bày, nên trong đề tài này không đi sâu vào việc phân tích các bài toán đó tuy nhiên trước khi giảng dạy bài toán về mạch cầu tổng quát, nên rèn cho học sinh kỹ năng giải các bài tập loại này thật thành thạo.

- ◆ Với mạch cầu tổng quát không cân bằng có đủ cả 5 điện trở, ta không thể đưa về dạng mạch điện gồm các đoạn mắc nối tiếp và mắc song song. Do đó các bài tập loại này phải có phương pháp giải đặc biệt - Sau đây là một số phương pháp giải cụ thể:

Bài toán 3:

Cho mạch điện như hình vẽ (H3.2a) Biết $U = 45V$

$R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 24\Omega$; $R_3 = 50\Omega$; $R_4 = 45\Omega$ R_5 là một biến trở



1. Tính cường độ dòng điện và hiệu điện thế của mỗi điện trở và tính điện trở tương đương của mạch khi $R_5 = 30\Omega$

2. Khi R_5 thay đổi trong khoảng từ 0 đến vô cùng, thì điện trở tương đương của mạch điện thay đổi như thế nào?

1. Tính cường độ dòng điện và hiệu điện thế của mỗi điện trở và tính điện trở tương đương của mạch khi $R_5 = 30\Omega$

Định pháp 1: Lập hệ phương trình có ẩn số là dòng điện (Chọn hạn chọn I_1 làm ẩn số)

Bước 1: Chọn chiều dòng điện trên sơ đồ

Bước 2: áp dụng định luật ôm, định luật về nút, để biểu diễn các đại lượng còn lại theo ẩn số (I_1) đã chọn (ta được các phương trình với ẩn số I_1).

Bước 3: Giải hệ các phương trình vừa lập để tìm các đại lượng của đầu bài yêu cầu.

Bước 4: Từ các kết quả vừa tìm được, kiểm tra lại chiều dòng điện đã chọn ở bước 1

☞ Nếu tìm được $I > 0$, giữ nguyên chiều đã chọn.

☞ Nếu tìm được $I < 0$, đảo ngược chiều đã chọn.

Lời giải :

– Giả sử dòng điện mạch có chiều như hình vẽ H3.2b

– Chọn I_1 làm ẩn số ta lần lượt có:

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 20I_1 \quad (1) \quad ; \quad U_2 = U - U_1 = 45 - 20I_1 \quad (2)$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{45 - 20I_1}{24} \quad (3) \quad ; \quad I_5 = I_1 - I_2 = \frac{44I_1 - 45}{24} \quad (4)$$

$$U_5 = R_5 \cdot I_5 = \frac{20I_1 - 225}{4} \quad (5) \quad ; \quad U_3 = U_1 + U_5 = \frac{300I_1 - 225}{4} \quad (6)$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{12I_1 - 9}{8} \quad (7) \quad ; \quad U_4 = U - U_3 = \frac{405 - 300I_1}{4} \quad (8)$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{27 - 20I_1}{12} \quad (9)$$

– Tại nút D cho biết: $I_4 = I_3 + I_5 \Leftrightarrow \frac{27 - 20I_1}{12} = \frac{12I_1 - 9}{8} + \frac{44I_1 - 48}{24}$ (10)

Suy ra $I_1 = 1,05$ (A)

– Thay biểu thức (10) các biểu thức từ (1) đến (9) ta được các kết quả:

$$I_1 = 1(A) \quad ; \quad I_3 = 0,45 (A) \quad ; \quad I_4 = 0,5 (A) \quad ; I_5 = 0,05 (A)$$

Vậy chiều dòng điện đã chọn là đúng.

Hiệu điện thế : $U_1 = 21(V)$

$U_2 = 24 (V)$

$U_3 = 22,5 (V)$

$U_{BND} = 22,5 (V)$

$U_5 = 1,5 (V)$

☞ Điện trở tương đương $R_{AB} = \frac{U}{I} = \frac{U}{I_1 + I_3} = \frac{45}{1,05 + 0,45} = 30\Omega$

Phương pháp 2: Lập hệ phương trình có ẩn số là hiệu điện thế các bước tiến hành giống như phương pháp 1. Nhưng chọn ẩn số là Hiệu điện thế. Áp dụng (Giải cụ thể)

– Chọn chiều dòng điện trong mạch như hình vẽ H3.2b

– Chọn U_1 làm ẩn số ta lần lượt có:

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_1}{20} \quad (1) \quad U_2 = U - U_1 = 45 - U_1$$

(2)

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{45 - U_1}{24} \quad (3) \quad I_3 = I_1 - I_2 = \frac{11U_1 - U_1}{120} \quad (4)$$

$$U_5 = I_3 \cdot R_5 = \frac{11U_1 - 225}{4} \quad (5) \quad U_3 = U_1 + U_5 = \frac{15U_1 - 225}{4} \quad (6)$$

$$U_4 = U - U_3 = \frac{405 - 300U_1}{4} \quad (7) \quad I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{3U_1 - 45}{40} \quad (8)$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{27 - U_1}{12} \quad (9)$$

– Tại nút D cho biết: $I_4 = I_3 + I_5 \Leftrightarrow \frac{27 - U_1}{12} = \frac{3U_1 - 45}{40} + \frac{11U_1 - 225}{120}$ (10)

Suy ra: $U_1 = 21 (V)$

Thay $U_1 = 21 (V)$ vào các phương trình từ (1) đến (9) ta được kết quả giống hệ phương pháp 1

Phương pháp 3: Chọn gốc điện thế.

Bước 1: Chọn chiều dòng điện trong mạch

Bước 2: Lập phương trình về cường độ tại các nút (Nút C và D)

Bước 3: Dùng định luật ôm, biến đổi các phương trình về V_C, V_D theo V_A, V_B

Bước 4: Chọn $V_B = 0 \Rightarrow V_A = U_{AB}$

Bước 5: Giải hệ phương trình để tìm V_C, V_D theo V_A rồi suy ra U_1, U_2, U_3, U_4, U_5

Bước 6: Tính các đại lượng dòng điện rồi so sánh với chiều dòng điện đã chọn ở bước 1. Áp dụng

- Giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ H3.2b
- Áp dụng định luật về nút ở C và D, ta có:

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_5 & (1) \\ I_4 = I_3 + I_5 & (2) \end{cases}$$

- Áp dụng định luật Ôm, ta có:

$$\begin{cases} \frac{V_A - V_C}{R_1} = \frac{V_C - V_D}{R_2} + \frac{V_C - V_D}{R_5} \\ \frac{V_D - V_B}{R_4} = \frac{V_A - V_D}{R_3} + \frac{V_C - V_D}{R_5} \end{cases}$$

- Chọn $V_D = 0$ thì $V_A = U_{AB} = 45$ (V).

$$\begin{cases} \frac{45 - V_C}{20} = \frac{V_C}{24} + \frac{V_C - V_D}{30} & (3) \\ \frac{V_D}{45} = \frac{45 - V_D}{50} + \frac{V_C - V_D}{30} & (4) \end{cases}$$

☞ Hệ phương trình thành:

- Giải hệ 2 phương trình (3) và (4) ta được: $V_C = 24$ (V); $V_D = 22,5$ (V)

Suy ra: $U_2 = V_C - V_B = 24$ (V); $U_4 = V_D - V_B = 22,5$ (V)

$U_1 = U - U_2 = 21$ (V); $U_3 = U - U_{BND} = 22,5$ V ; $U_5 = V_C - V_D = 1,5$ (V)

Từ các kết quả vừa tìm được ta dễ dàng tính được các giá trị cường độ dòng điện (như *Phương pháp 1*).

Phương pháp 4:

Chuyển mạch sao thành mạch tam giác (Hoặc mạch tam giác thành mạch sao).

- Chẳng hạn chuyển mạch tam giác R_1, R_3, R_5 thành mạch sao R'_1, R'_3, R'_5 ta được sơ đồ mạch điện tương đương H3.2c (Lúc đó các giá trị $R_{AB}, I_1, I_4, I, U_2, U_4, U_{CD}$ vẫn không đổi)

Các bước tiến hành giải như sau:

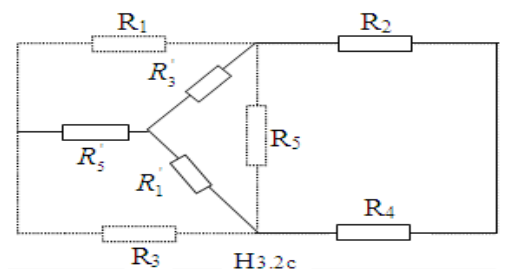
Bước 1: Vẽ sơ đồ mạch điện mới.

Bước 2: Tính các giá trị điện trở mới (sao R'_1, R'_3, R'_5)

Bước 3: Tính điện trở tương đương của mạch

Bước 4: Tính cường độ dòng điện mạch chính (I)

Bước 5: Tính I_2, I_4 rồi suy ra các giá trị U_2, U_4 .



Ta có: $I_2 = I \cdot \frac{R_1 + R_4}{R_1 + R_4 + R_3 + R_5}$

Và: $I_4 = I - I_2$

Bài 6: Trở lại mạch điện ban đầu để tính các đại lượng còn lại.

áp dụng:

– Từ sơ đồ mạch điện (H - 3.2C) ta có

$$R'_1 = \frac{R_3 \cdot R_5}{R_1 + R_3 + R_5} = \frac{50 \cdot 30}{20 + 50 + 30} = 15(\Omega)$$

$$R'_3 = \frac{R_1 \cdot R_5}{R_1 + R_3 + R_5} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 50 + 30} = 6(\Omega)$$

$$R'_5 = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3 + R_5} = \frac{20 \cdot 50}{20 + 50 + 30} = 10(\Omega)$$

– Điện trở tương đương của mạch: $R_{AB} = R'_5 + \frac{(R'_3 + R'_2) \cdot (R'_1 + R'_4)}{(R'_3 + R'_2) + (R'_1 + R'_4)} = 30(\Omega)$

– Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{45}{30} = 1,5(A)$

Suy ra: $I_2 = I \frac{(R'_1 + R_4)}{(R'_1 + R_4) + (R'_3 + R_2)} = 1(A) \Leftrightarrow I_4 = I - I_2 = 1,5 - 1 = 0,5(A)$

$$U_2 = I_2 \cdot R_2 = 24(V)$$

$$U_4 = I_4 \cdot R_4 = 22,5(V)$$

– Trở lại sơ đồ mạch điện ban đầu (H - 3.2 b) ta có kết quả:

Hiệu điện thế: $U_1 = U - U_2 = 21(V)$; $U_3 = U - U_4 = 22,5(V)$;

$U_5 = U_3 - U_1 = 1,5(V)$

Và các giá trị dòng điện $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = 1,05(A)$; $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = 0,45(A)$;

$I_5 = I_1 - I_3 = 0,05(A)$

Phương pháp 5: áp dụng định luật kiếc sốp

◆ Định luật về nút mạng.

Từ công thức: $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ (đối với mạch mắc song song), ta có thể phát biểu tổng quát: “ Ở mỗi nút, tổng các dòng điện đi đến điểm nút bằng tổng các dòng điện đi ra khỏi nút”

◆ Trong mỗi mạch vòng hay mắt mạch.

Công thức: $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ (đối với các điện trở mắc nối tiếp) được hiểu là đúng không những đối với các điện trở mắc nối tiếp mà có thể mở rộng ra: “ Hiệu điện thế U_{AB} giữa hai điểm A và B bằng tổng đại số tất cả các hiệu điện thế U_1, U_2, \dots của các đoạn kế tiếp nhau tính từ A đến B theo bất kỳ đường đi nào từ A đến B trong mạch điện ”

⊕ *Vậy có thể nói: “Hiệu điện thế trong mỗi mạch vòng (mắt mạng) bằng tổng đại số độ giảm thế trên mạch vòng đó”*

Trong đó độ giảm thế: $U_K = I_K \cdot R_K$ (với $K = 1, 2, 3, \dots$)

- ⊕ **Chú ý:** ☞ Dòng điện I_K mang dấu (+) nếu cùng chiều đi trên mạch
☞ Dòng điện I_K mang dấu (-) nếu ngược chiều đi trên mạch.

⊕ Các bước tiến hành giải.

Bước 1: Chọn chiều dòng điện đi trong mạch

Bước 2: Viết tất cả các phương trình cho các nút mạng

Và tất cả các phương trình cho các mắt mạng.

Bước 3: Giải hệ các phương trình vừa lập để tìm các đại lượng dòng điện và hiệu điện thế trong mạch.

Bước 4: Biện luận kết quả. Nếu dòng điện tìm được là:

$I_K > 0$: ta giữ nguyên chiều đã chọn.

$I_K < 0$: ta đảo chiều đã chọn.

Áp dụng:

– Chọn chiều dòng điện đi trong mạch như hình vẽ H3.2b.

– Tại nút C và D ta có:
$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_5 & (1) \\ I_4 = I_3 + I_5 & (2) \end{cases}$$

– Phương trình cho các mạch vòng:

☞ Mạch vòng ACBA: $U = I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2$ (3)

☞ Mạch vòng ACDA: $I_1 \cdot R_1 + I_5 \cdot R_5 - I_3 \cdot R_3 = 0$ (4)

☞ Mạch vòng BCDB: $I_4 \cdot R_4 + I_5 \cdot R_5 - I_2 \cdot R_2 = 0$ (5)

– Thay các giá trị điện trở và hiệu điện thế vào các phương trình trên rồi rút

gọn, ta được hệ phương trình:
$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_5 & (1') \\ I_4 = I_3 + I_5 & (2') \\ 20I_1 + 24I_2 = 45 & (3') \\ 2I_1 + 3I_5 = 5I_3 & (4') \\ 45I_4 + 30I_5 = 24I_2 & (5') \end{cases}$$

– Giải hệ 5 phương trình trên ta tìm được 5 giá trị dòng điện:

$I_1 = 1,05(A); I_2 = 1(A); I_3 = 0,45(A); I_4 = 0,5(A)$ và $I_5 = 0,05(A)$

– Các kết quả dòng điện đều dương do đó chiều dòng điện đã chọn là đúng.

– Từ các kết quả trên ta dễ dàng tìm được các giá trị hiệu điện thế U_1, U_2, U_3, U_4, U_5 và R_{AB} (Giống như các kết quả đã tìm ra ở phương pháp 1)

2. Sự phụ thuộc của điện trở tương đương vào R_5

☞ Khi $R_5 = 0$, mạch cầu có điện trở là:

$$R_{\text{TĐ}} = R_0 = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4} = \frac{20 \cdot 50}{20 + 50} + \frac{24 \cdot 45}{24 + 45} \approx 29,93(\Omega)$$

☞ Khi $R_5 = \infty$, mạch cầu có điện trở là:

$$R_{\text{TĐ}} = R_\infty = \frac{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2) + (R_3 + R_4)} = \frac{(20 + 24) \cdot (50 + 45)}{(20 + 24) + (50 + 45)} \approx 30,07(\Omega)$$

- Vậy khi R_5 nằm trong khoảng $(0, \infty)$ thì điện trở tương đương nằm trong khoảng (R_0, R_∞)
- Nếu mạch cầu cân bằng thì với mọi giá trị R_5 đều có $R_{\text{TĐ}} = R_0 = R_\infty$