

CHƯƠNG 01

TỔNG QUAN VỀ MẠCH ĐIỆN

CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH MỘT CHIỀU (DC)

Trước khi khảo sát các định nghĩa cơ bản về mạch điện, chúng ta cần nhắc lại các ý niệm vật lý cơ bản như sau:

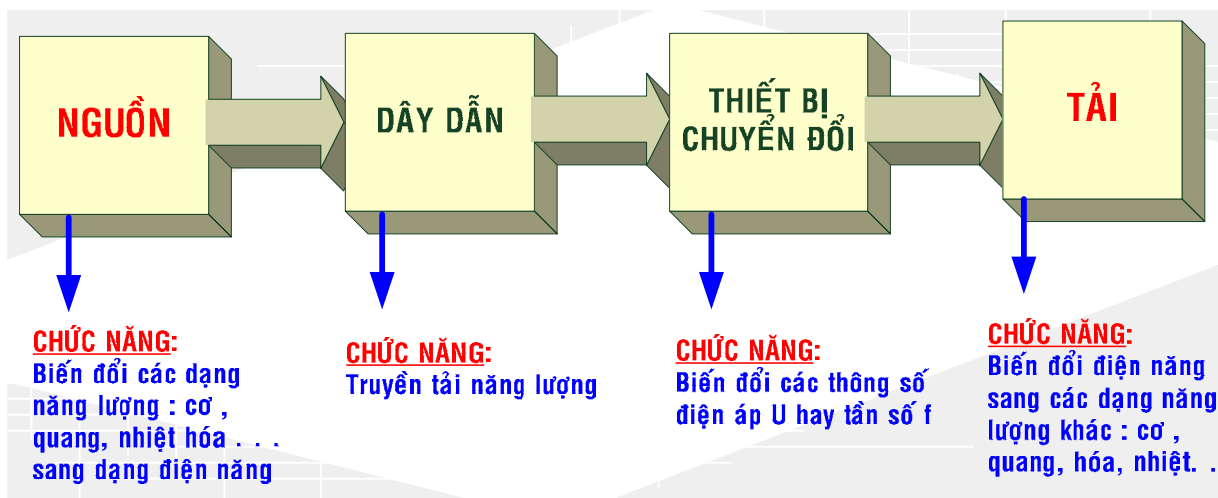
- Trong **vật dẫn điện**, **các electron nằm trên tầng ngoài cùng** của nguyên tử **có khả năng di chuyển dưới tác dụng nhiệt** (tại nhiệt độ môi trường) được gọi là “ **electron tự do** ” .
- Trong vật liệu cách điện, các electron trên tầng ngoài cùng **không tự do chuyển động**.
- Tất cả các **kim loại đều là chất dẫn điện**.
- Dòng điện là **dòng chuyển động thuần nhất của các electrons qua vật dẫn**.

1.1. KHÁI NIỆM VỀ MẠCH ĐIỆN – CÁC PHẦN TỬ HÌNH THÀNH MẠCH ĐIỆN:

Mạch điện là một **mạch vòng hình thành liên tục (không gián đoạn) bởi các vật dẫn**, cho phép **dòng electrons đi qua một cách liên tục**, không có điểm mở đầu và không có điểm kết thúc.

Mạch điện được **gọi là gián đoạn (hở mạch) khi các vật dẫn không tạo thành mạch vòng khép kín và các electrons không thể di chuyển liên tục qua chúng**.

Sơ đồ khối mô tả các thành phần mạch điện trình được bày trong hình 1.1 .



HÌNH 1.1: Sơ đồ khối mô tả các thành phần của mạch điện.

Các phần tử chính tạo thành mạch điện thường được quan tâm là: Phần Tử Nguồn và Phần Tử Tải.

Phần Tử Nguồn bao gồm các thiết bị **biến đổi các dạng năng lượng: cơ năng, hóa năng, quang năng, nhiệt năng. . . sang điện năng** (như máy phát điện, pin , accu ..)

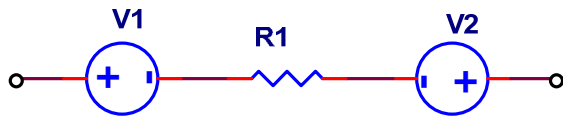
Phần Tử Tải bao gồm các thiết bị hay các linh kiện **nhận điện năng để chuyển hóa thành các dạng năng lượng khác** như: nhiệt năng (điện trở), cơ năng (động cơ điện), hóa năng (bình điện giải)

Trong một số các mạch điện có thể không chứa thành phần chuyển đổi. Chức năng chính của thành phần chuyển đổi dùng biến đổi thông số điện áp nguồn cung cấp (như trường hợp máy biến áp) hoặc biến đổi thông số tần số (trường hợp của bộ biến tần).

1.2. CẤU TRÚC CỦA MẠCH ĐIỆN :

Khi liên kết các phần tử trong mạch điện sẽ dẫn đến các khái niệm sau: **Nhánh, Nút, Vòng, Mắt lưới.**

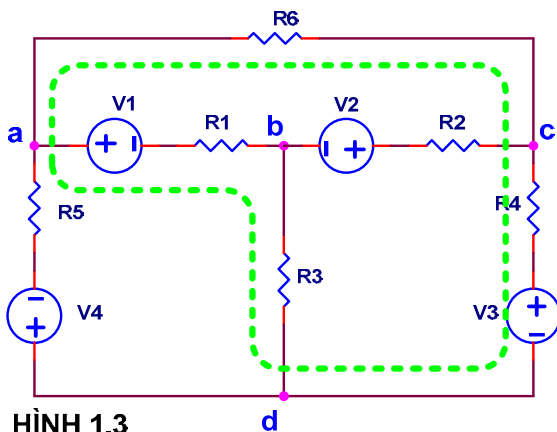
NHÁNH: là một đường trên đó chứa **một hay nhiều phần tử liên kết với nhau theo phương pháp đầu nối tiếp.**



HÌNH 1.2

CHÚ Ý: theo định nghĩa trên trong một nhánh có thể **chứa phần tử nguồn và phần tử tải** (xem hình 1.2).

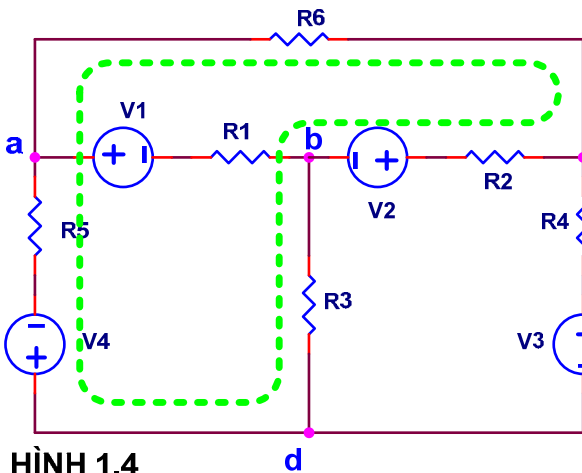
NÚT: là **giao điểm của tối thiểu ba nhánh** trong một mạch điện.



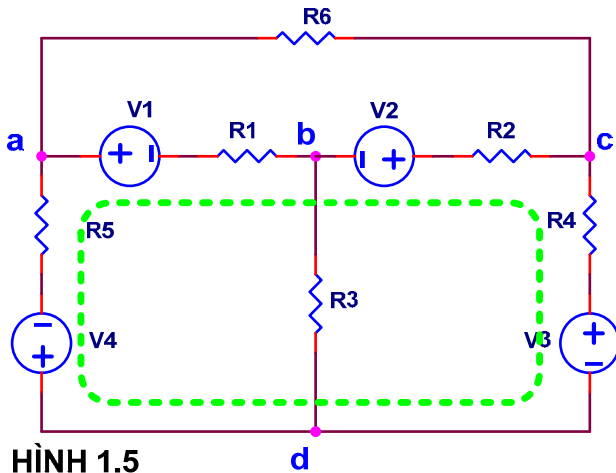
HÌNH 1.3

Trong hình 1.3 ta có các nút : a, b, c, d.
Định nghĩa nút như trên, được xác **định theo quan niệm cổ điển**; tương ứng với các **phương pháp giải mạch dùng tay không sử dụng các phần mềm** hỗ trợ dùng máy tính. Trong trường hợp **áp dụng phần mềm Pspice hay Orcad để giải tích mạch**, nút được xem là **giao điểm của hai nhánh.**

VÒNG: là **tập hợp nhiều nhánh tạo thành hệ thống kín** và chỉ đi qua mỗi nút duy nhất một lần



HÌNH 1.4

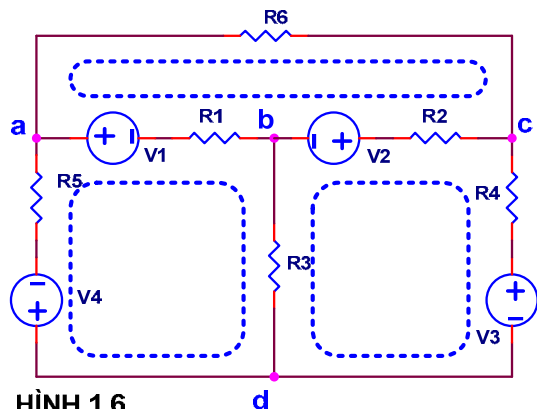


HÌNH 1.5

Trong hình 1.4 và 1.5 trình bày một vòng tự chọn bằng cách kết hợp các nhánh đang có trong mạch tạo thành một hệ kín. Tùy thuộc vào phương pháp tổ hợp các nhánh đang có trong mạch chúng ta có thể hình thành nhiều vòng khác nhau.

MẮT LƯỚI: được xem là **vòng cơ bản** nói một cách khác: **mắt lưới là một vòng mà bên trong không tìm thấy được vòng nào khác.**

Trong hình 1.6, chúng ta có được 3 mắt lưới hay 3 vòng cơ bản.



HÌNH 1.6

1.3. CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ ĐẶC TRƯNG TÍNH CHẤT CỦA MẠCH ĐIỆN :

Các tính chất của mạch điện được đặc trưng bởi 4 đại lượng sau : dòng điện, điện áp, công suất và điện năng .

1.3.1. DÒNG ĐIỆN :

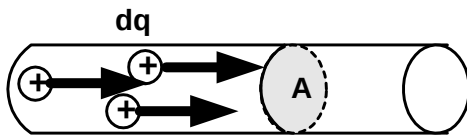
Trong trường hợp tổng quát, ta xem dòng điện tức thời i qua một phần tử là hàm theo biến số thời gian t .

Cường độ dòng điện $i(t)$ được định nghĩa là tốc độ biến thiên của lượng điện tích dq qua tiết diện của phần tử trong khoảng thời gian khảo sát dt .

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad (1.1)$$

Trong đó , đơn vị đo của điện tích $[q] = [\text{Coulomb}]$; $[t] = [s]$; $[i] = [A]$

Như vậy, chúng ta có thể kết luận: **mục đích của mạch điện là di chuyển điện tích với tốc độ mong muốn dọc theo đường định trước**. Sự chuyển động của điện tích tạo thành dòng điện. Dòng dịch chuyển của các điện tích trên dây dẫn cho chúng ta khái niệm dòng điện hình thành trên dây dẫn.



Khi qui ước hướng của dòng điện ngược với hướng chuyển dịch của các electron (điện tích âm) . Chúng ta có thể xem hướng của dòng điện là hướng chuyển dịch của điện tích dương

THÍ DU 1.1:

Cho điện tích đi qua phần tử xác định theo quan hệ: $q = 6t^2 - 12t$ [mC]

a/. Xác định dòng điện i tại thời điểm $t = 0$ và $t = 3s$.

b/. Suy ra tổng điện tích truyền qua phần tử trong khoảng thời gian tính từ lúc $t=1s$ đến $t = 3s$.

GIẢI:

a/. Áp dụng quan hệ (1.1) chúng ta suy ra:

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(6t^2 - 12t) = 12t - 12 \quad [mA]$$

Suy ra:

Lúc $t = 0$: $i = -12$ mA và lúc $t = 3s$: $i = 24$ mA.

b/. Với quan hệ của q theo thời gian t cho trong đầu bài; chúng ta xác định lượng điện tích truyền qua phần tử theo phép tính như sau:

$$Q = q_{t=3} - q_{t=0}$$

$$Q = (6t^2 - 12t)_{t=3} - (6t^2 - 12t)_{t=0} = 6.3^2 - 12.3 = 18 \text{ mC}$$

1.3.2. ĐIỆN ÁP :

✚ Theo lý thuyết tĩnh điện, điện thế tạo ra tại một điểm là công cần thiết để di chuyển một điện tích +1 C đi từ điểm ở xa vô cực đến điểm khảo sát . Thường chúng ta qui ước điện thế của điểm ở xa vô cực là 0V .

✚ Điện thế chênh lệch (**hay hiệu điện thế**) giữa hai điểm A, B được định nghĩa là :

$$V_{AB} = V_A - V_B \quad (1.2)$$

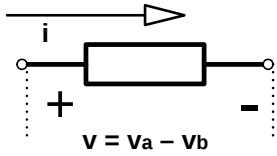
Trong đó:

V_{AB} : hiệu điện thế giữa hai điểm A, B .

V_A : điện thế tại điểm A.

V_B : điện thế tại điểm B.

⚡ Thuật ngữ **hiệu điện thế giữa 2 điểm A,B** còn được gọi là **điện áp giữa hai điểm A, B**.



⚡ Dòng điện i qua **phần tử tải** trong trường hợp này sẽ theo hướng từ đầu có điện thế cao (**ký hiệu quy ước dùng dấu +**) về đầu có điện thế thấp hơn (**ký hiệu quy ước dùng dấu -**). Trong mạch điện ta có thể sử dụng các ký hiệu sau biểu diễn cho điện áp v và dòng i qua phần tử.

1.3.3. CÔNG SUẤT:

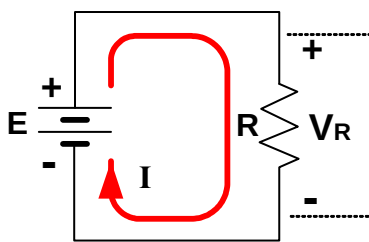
Với định nghĩa hiệu điện thế như trên; chúng ta có thể hiểu **hiệu điện thế giữa hai đầu phần tử là công cần thiết để di chuyển điện tích 1C đi từ đầu này sang đầu còn lại**. Như vậy, khi **giữa hai đầu phần tử tồn tại điện áp $v(t)$ để hình thành dòng điện $i(t)$ qua phần tử**; ta nói **phần tử đã được cấp điện năng (vì đã hình thành công di chuyển điện tích qua phần tử)**.

Điện năng cung cấp cho phần tử trong một đơn vị thời gian gọi là công suất; gọi $p(t)$ là công suất, ta có quan hệ:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) \quad (1.3)$$

Trong đó đơn vị đo: $[v]=[V]$; $[i]=[A]$; $[p]=[W]$.

Chúng ta cần quan tâm đến vấn đề công suất tiêu thụ (nhận vào) trên phần tử và công suất cung cấp (phát ra) từ phần tử. Khi khảo sát vấn đề này chúng ta cần biết:



HÌNH 1.7

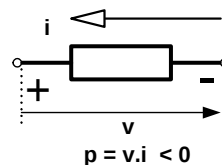
- ⚡ Đầu dương thực sự của điện áp trên phần tử.
- ⚡ Chiều dương thực tế của dòng điện qua phần tử.

TRƯỜNG HỢP MẠCH MỘT CHIỀU:

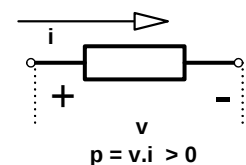
Xét mạch điện đơn giản bao gồm: phần tử nguồn là pin hay accu có sức điện động E và phần tử tải là điện trở R , xem hình 1.7. Trong mạch điện này chúng ta xác định được **đầu điện thế + thực sự trên hai đầu của các phần tử**; và **hướng dòng điện thực tế**

qua mạch điện. Chúng ta có thể thực hiện qui ước sau khi căn cứ vào hướng dòng điện và điện áp đặt trên hai đầu các phần tử

- ⊗ $p > 0$: phần tử tiêu thụ công suất.
- ⊗ $p < 0$: phần tử phát ra công suất.



Phần tử phát ra năng lượng



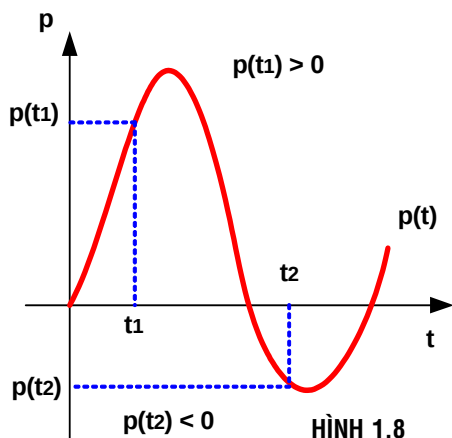
Phần tử tiêu thụ năng lượng

TRƯỜNG HỢP MẠCH TỔNG QUÁT:

⚡ Trong mạch điện nếu chúng ta **qui ước hướng dòng điện qua phần tử từ đầu dương giả thiết của điện áp trên phần tử; trường hợp này ta nói phần tử thỏa qui ước dấu thu động**. Công suất xác định trên phần tử gọi là công suất tức thời và thể hiện ý nghĩa được mô tả như sau:

⚡ Với qui ước dấu thụ động ta có:

Tại thời điểm t_1 công suất $p(t_1) > 0$; phần tử thực tế tiêu thụ công suất.
 Tại thời điểm t_2 công suất $p(t_2) < 0$; phần tử thực tế cung cấp công suất.



HÌNH 1.8

Trong trường hợp chúng ta qui ước chiều dương giả thiết của dòng điện đi từ đầu – sang đầu + của điện áp các giá trị của công suất tức thời nhận được có thể hiểu tương tự theo cách sau:

Khi $p(t) > 0$ phần tử cung cấp công suất.
 Khi $p(t) < 0$ phần tử tiêu thụ công suất.

1.3.4. ĐIỆN NĂNG :

Khi một phần tử có công suất là $p(t)$ trong khoảng thời gian dt điện năng tiêu thụ (hay phát ra) trên phần tử :

$$dw(t) = p(t).dt \quad (1.4)$$

Ta có thể tính dw bằng quan hệ khác như sau :

$$dw(t) = v(t).i(t).dt \quad (1.5)$$

Trường hợp tổng quát, khi khoảng thời gian khảo sát tính từ thời điểm t_0 đến thời điểm t , điện năng được xác định theo quan hệ sau:

$$w = \int_{t_0}^t v(t).i(t).dt \quad (1.6)$$

Trong các công thức trên, đơn vị đo lường được xác định như sau:

$$[w] = [J] ; [v] = [V] ; [i] = [A] ; [t] = [s]$$

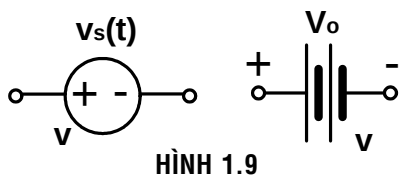
1.4. PHẦN TỬ NGUỒN :

Đối với phần tử nguồn ta có thể phân loại như sau :

- ⊗ Nguồn áp độc lập, nguồn áp phụ thuộc.
- ⊗ Nguồn dòng độc lập, nguồn dòng phụ thuộc.

1.4.1. NGUỒN ÁP ĐỘC LẬP:

Nguồn áp độc lập là loại nguồn áp có khả năng duy trì điện áp v giữa hai đầu nguồn độc lập đối với các phần tử còn lại của mạch và dòng điện qua nguồn.

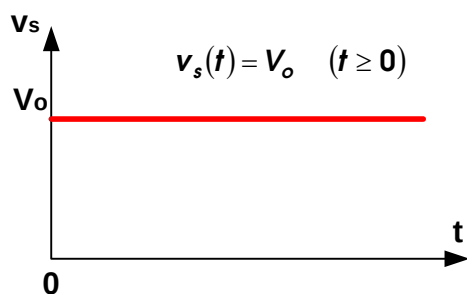


Trong các sơ đồ mạch chúng ta biểu diễn nguồn áp độc lập bằng ký hiệu trình bày trong hình 1.9. Nguồn áp độc lập được xác định bởi hai yếu tố:

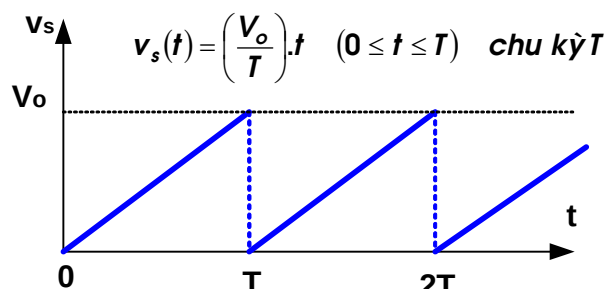
- ⊕ Hàm $v_s(t)$ gọi là hàm nguồn của nguồn áp độc lập.
- ⊕ Một cặp dấu +, - ghi bên trong nguồn cho biết đầu dương giả thiết của nguồn áp.

Nguồn áp độc lập có thể có hàm nguồn thỏa các dạng như sau, xem hình 1.10a và 1.10b.

- Nguồn áp không đổi (nguồn DC).
- Nguồn áp xoay chiều hình sin.
- Nguồn áp dạng hàm mũ đối với thời gian.
- Nguồn áp dạng sóng răng cưa. . .

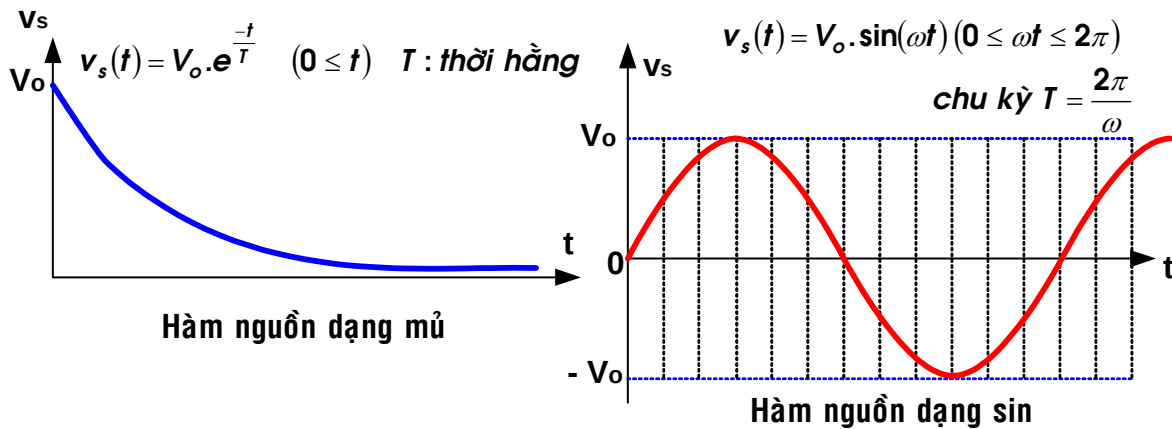


Hàm nguồn dạng hằng số
(nguồn áp một chiều DC)



Hàm nguồn dạng răng cưa

Hình 1.10a: Các dạng điện áp một chiều và áp răng cưa.



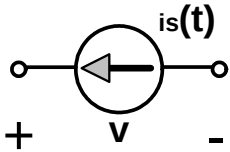
HÌNH 1.10b: Các dạng nguồn áp độc lập với thời gian t của.

1.4.2. NGUỒN DÒNG ĐỘC LẬP:

Nguồn dòng độc lập **có khả năng duy trì dòng điện i qua nhánh chứa nguồn tuân theo hàm cho trước đối với thời gian t , bất chấp các phần tử còn lại trong mạch mà nguồn được kết nối vào.**

Dòng điện $i(t)$ của nguồn dòng, **độc lập với điện áp đặt ngang qua hai đầu nguồn dòng.**

CHÚ Ý: Trong thực tế, nguồn dòng thường chỉ gặp trong các mạch tương đương thay thế cho các linh kiện bán dẫn, hay trong các mạch bốn cực. Trong các sơ đồ mạch chúng ta biểu diễn nguồn dòng độc lập bằng ký hiệu trình bày trong hình 1.11.



HÌNH 1.11

Nguồn dòng độc lập được xác định bởi hai yếu tố:

- Hàm $i_s(t)$ gọi là hàm nguồn của nguồn dòng độc lập.
- Một mũi tên vẽ bên trong nguồn cho biết **chiều dương giả thiết** của nguồn dòng

Các dạng hàm nguồn của nguồn dòng có thể thay đổi theo thời gian có các dạng tương tự như đã trình bày cho nguồn áp trong hình 1.10

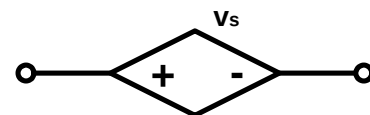
1.4.3. NGUỒN ÁP PHỤ THUỘC:

Nguồn áp phụ thuộc hay nguồn áp bị điều khiển là **loại nguồn áp có giá trị điện áp v giữa hai đầu của nguồn, phụ thuộc hay bị điều khiển bởi một điện áp hoặc một dòng điện ở nơi nào khác trong mạch**

Chúng ta có thể chia nguồn áp phụ thuộc thành hai dạng:

- Nguồn áp phụ thuộc áp.
- Nguồn áp phụ thuộc dòng.

Ký hiệu của nguồn áp phụ thuộc trình bày trong hình 1.12.



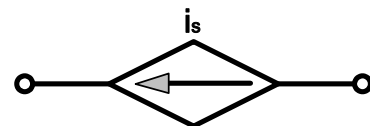
HÌNH 1.12

1.4.4. NGUỒN DÒNG PHỤ THUỘC:

Nguồn dòng phụ thuộc hay nguồn dòng bị điều khiển là **loại nguồn dòng có giá trị dòng điện i qua nguồn, phụ thuộc hay bị điều khiển bởi một điện áp hoặc một dòng điện ở nơi nào khác trong mạch**

Chúng ta có thể chia nguồn dòng phụ thuộc thành hai dạng:

- Nguồn dòng phụ thuộc áp.
- Nguồn dòng phụ thuộc dòng.



HÌNH 1.13

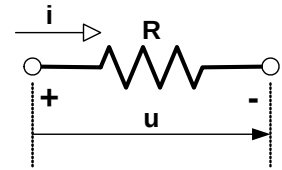
Ký hiệu của nguồn dòng phụ thuộc trình bày trong hình 1.13.

1.5. PHẦN TỬ TẢI CỦA MẠCH ĐIỆN:

Các phần tử tải của mạch bao gồm 3 phần tử chính : phần tử thuần trở R , phần tử thuần cảm có độ tự cảm L , phần tử thuần dung có điện dung C . Đặc tính của các phần tử được tóm tắt như sau:

1.5.1. ĐIỆN TRỞ- ĐỊNH LUẬT OHM :

Gọi i là dòng điện qua điện trở và v là điện áp xuất hiện giữa hai đầu R , dấu điện áp v và hướng dòng i trình bày trong hình 1.14 .



Điện trở R thỏa quan hệ áp và dòng (định luật Ohm) sau đây :

HÌNH 1.14

$$v(t) = R.i(t) \quad (1.7)$$

Trong đó: $[v] = [V]$; $[R] = [\Omega]$; $[i] = [A]$

Công suất tức thời tiêu thụ trên phần tử R được xác định theo các quan hệ như sau :

$$p(t) = v(t).i(t) = R.i^2(t) = \frac{v^2(t)}{R} \quad (1.8)$$

Trong đó : $[p]=[w]$; $[i]=[A]$; $[v]=[V]$; $[R] = [\Omega]$

Trong một số bài toán mạch, chúng ta định nghĩa đại lượng điện dẫn G là giá trị nghịch đảo của điện trở, ta có quan hệ :

$$G = \frac{1}{R} \quad (1.9)$$

Đơn vị đo của điện dẫn G là Siemens $[S]$; trong một số tài liệu của Mỹ đơn vị của điện dẫn là Mho (Ω). Từ các quan hệ (1.8) và (1.9) chúng ta có:

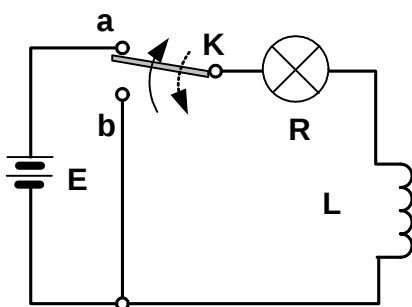
$$p(t) = \frac{i^2(t)}{G} = G.v^2(t) \quad (1.10)$$

Khi sử dụng phần tử điện trở R chúng ta cần quan tâm đến các khái niệm sau:

Ngắn mạch là sự kiện mà **tại vị trí ngắn mạch xem như có điện trở $R = 0\Omega$** ; hay **giá trị điện dẫn là vô cùng lớn $G = \infty$** . Tóm lại tại vị trí ngắn mạch xem tương đương như một vật dẫn điện lý tưởng.

Hở mạch là sự kiện mà **tại vị trí hở mạch xem như tương đương với điện dẫn $G = 0 S$ (hay 0Ω)** ; hoặc **giá trị điện trở $R = \infty$** . Tóm lại tại vị trí hở mạch xem tương đương như một vật cách điện lý tưởng.

1.5.2. ĐIỆN CẢM- HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM :

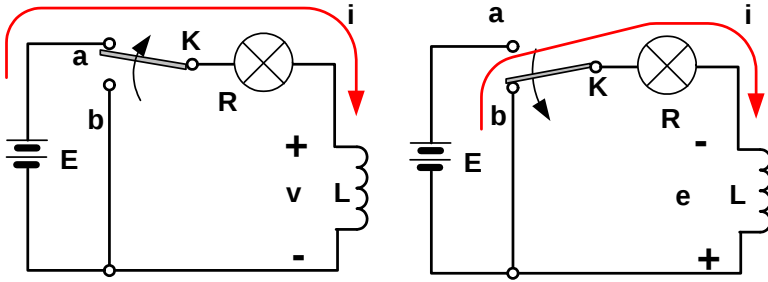


HÌNH 1.15

Trước khi khảo sát quan hệ giữa dòng và áp xuất hiện trên phần tử điện cảm; chúng ta nhớ lại các kiến thức về hiện tượng tự cảm . Xét mạch trong hình 1.15.

Đóng khóa K về vị trí a , ta quan sát thấy được bóng đèn không cháy sáng tức thời mà độ sáng của tim đèn ứng hồng rồi mới sáng lên hẳn .

Khi hệ thống mạch điện trên đang hoạt động , đèn đang cháy sáng, ta bật thật nhanh khóa K sang vị trí B (tách nguồn pin hay accu có sức điện động E khỏi mạch tải), bóng đèn không biến mất độ sáng tức thời mà ánh sáng lu dần rồi mới tắt hẳn.



HÌNH 1.16 : Chiều dòng điện qua mạch tại hai trạng thái của khóa K.

Ta nói khi khóa K ở vị trí B trong mạch đã xuất hiện một nguồn áp ; chính phần từ điện cảm đã hình thành sức điện động tại thời điểm này. Theo lý thuyết điện từ, cuộn cảm đã hình thành sức điện động tự cảm. Theo định luật cảm ứng điện từ sức điện động tự cảm này là một dạng của sức điện động cảm ứng; áp dụng công thức Faraday ta có quan hệ sau:

$$e = -L \frac{di}{dt} \quad (1.11)$$

Từ quan niệm trên, ta có thể rút ra các nhận xét khi khảo sát chiều dòng điện qua mạch trong hình 1.16 theo hai trường hợp: khóa K tại a và khóa K tại b. Trong thí nghiệm trên, do sự kiện bóng đèn không tắt tức thời, có nghĩa là dòng điện trong mạch không triệt tiêu tức thời tại thời điểm chuyển mạch, nói khác đi dòng điện qua mạch không đổi hướng. Từ đó, chúng ta có thể rút ra mối tương quan giữa điện áp v đặt trên 2 đầu điện cảm (khi xem điện cảm là phần tử tải) với sức điện động tự cảm e (khi xem điện cảm là phần tử nguồn) như sau :

$$e = -v = -L \frac{di}{dt} \quad \text{hay} \quad v = L \frac{di}{dt} \quad (1.12)$$

Khi xem phần tử điện cảm là phần tử tải, công suất tức thời p nhận được trên phần tử là :

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = L \frac{di}{dt} \cdot i(t)$$

$$dw = p(t) \cdot dt = L \cdot i(t) \cdot di$$

Từ đó , chúng ta có thể xác định năng lượng tích trữ trong từ trường của điện cảm trong khoảng thời gian t_0 đến lúc t theo quan hệ sau:

$$\int_{t_0}^t dw = L \int_{t_0}^t i(t) \cdot di = \frac{1}{2} L [i^2(t) - i^2(t_0)]$$

Nếu chọn, mức năng lượng tại thời điểm t_0 là $w(t_0)$ tương ứng giá trị dòng điện $i(t_0) = 0$; ta suy ra quan hệ sau :

$$w(t) = \frac{1}{2} L \cdot i^2(t) \quad (1.13)$$

1.5.3. TỤ ĐIỆN- HIỆN TƯỢNG NẠP ĐIỆN :

Tương tự như trường hợp khảo sát các tính chất của cuộn cảm, trước khi khảo sát các tính chất của tụ điện, ta nhớ lại **hiện tượng phân cực điện môi bên trong tụ điện phẳng và sự tích điện phóng điện trong mạch chứa tụ điện** .

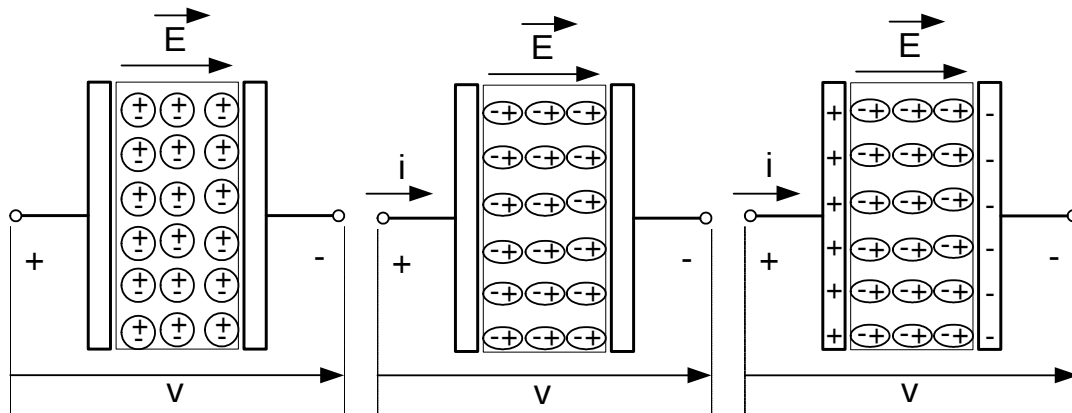
Với tụ điện phẳng, có hai bản cực là các tấm kim loại phẳng bố trí đối diện song song nhau, khoảng không gian giữa hai bản cực là điện môi. Khi đặt điện áp v giữa hai bản cực, trong khoảng không gian giữa hai cực xuất hiện điện trường E làm các phân tử của điện môi bị phân cực thành các phần tử lưỡng cực điện. Do hiện tượng hưởng ứng tĩnh điện, các bản cực kim loại của tụ điện sẽ tích các điện tích đối tính với các lưỡng cực điện của điện môi (trong trạng thái phân cực và các lưỡng cực điện này đang ở vị trí gần sát bản cực). Dòng điện tích di chuyển trên mạch ngoài của tụ để cấp các điện tích đến bản cực của tụ được gọi là dòng điện nạp điện tích cho tụ ; hiện tượng nạp điện tích trên có thể quan sát tuần tự trong hình 1.8 .

Dòng điện nạp điện tích trên các bản cực của tụ (**dòng điện này hình thành trong mạch ngoài của tụ**) được xác định theo quan hệ sau : $i = \frac{dq}{dt}$

a./ Đặt điện áp u lên hai bản cực của tụ điện làm xuất hiện điện trường E

b./ Điện trường tạo sự phân cực điện môi đưa đến hiện tượng hưởng ứng tĩnh điện

c./ Hiện tượng hưởng ứng tĩnh điện làm xuất hiện các điện tích trên các bản cực của tụ điện.



HÌNH 1.17: Hiện tượng nạp điện tích trên các bản cực tụ điện và sinh ra dòng nạp điện tích ở mạch ngoài.

Trong đó q là điện lượng chạy trong mạch ngoài và giá trị này bằng với lượng điện tích tích trên mỗi bản cực, ta còn có quan hệ : $q = C.v$. Từ đó suy ra :

$$i = C \cdot \frac{dv}{dt} \quad (1.14)$$

Công suất tức thời nhận trên phần tử tụ điện xác định theo quan hệ sau đây :

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = v(t) \cdot C \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$p(t) \cdot dt = C \cdot v(t) \cdot dv$$

Năng lượng tích trữ trong điện trường của tụ điện trong khoảng thời gian t_0 đến lúc t theo quan hệ sau:

$$\int_{t_0}^t dw = C \int_{t_0}^t v(t) \cdot dv = \frac{1}{2} C [v^2(t) - v^2(t_0)]$$

Nếu chọn, mức năng lượng tại thời điểm t_0 là $w(t_0)$ tương ứng giá trị dòng điện $i(t_0) = 0$; ta suy ra quan hệ sau :

$$w(t) = \frac{1}{2} C \cdot v^2(t) \quad (1.15)$$

1.6. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN :

Các định luật cơ bản được sử dụng giải mạch bao gồm hai định luật:

- ✱ Định luật bảo toàn điện tích tại một nút, hay định luật Kirchhoff 1.
- ✱ Định luật bảo toàn điện áp trong một vòng, hay định luật Kirchhoff 2.

Tất cả các định luật này đều dựa trên định luật bảo toàn năng lượng.

1.6.1. ĐỊNH LUẬT KIRCHHOFF 1 (ĐL K1):

Định luật này có thể phát biểu theo một trong hai phương pháp :

* **PHƯƠNG PHÁP ĐẠI SỐ:**
Tổng giá trị đại số dòng điện tại một nút = 0

Theo cách phát biểu này, chúng ta có thể qui ước :
 Dòng điện vào nút có giá trị dương.
 Dòng điện đổ ra khỏi nút có giá trị âm.

* **PHƯƠNG PHÁP SỐ HỌC:**
Tổng giá trị dòng điện vào nút = Tổng giá trị dòng điện ra khỏi nút

CHÚ Ý: Trong quá trình giải mạch (thường là mạch DC) khi chưa biết rõ hướng dòng điện đi trên nhánh, ta có thể chọn tùy ý hướng chuyển dịch cho dòng điện trên nhánh. Khi giải được kết quả:

Nếu giá trị tính được có giá trị dương dòng điện có hướng thực tế như đã chọn

Nếu giá trị tính được có giá trị âm dòng điện có hướng thực tế ngược với hướng đã chọn.

1.6.2. ĐỊNH LUẬT KIRCHHOFF 2 (ĐL K2):

Định luật này có thể phát biểu theo một trong hai phương pháp :

* **PHƯƠNG PHÁP ĐẠI SỐ:**
Tổng giá trị điện áp dọc theo một vòng = 0

Theo cách phát biểu này, muốn viết phương trình định luật Kirchhoff2 chúng ta cần thực hiện qui trình sau :

Chọn chiều dòng điện chạy trong vòng khảo sát (chọn tùy ý).

Xác định điện áp xuất hiện giữa hai đầu các phần tử .

Bắt đầu từ phần tử trong mạch (được chọn làm chuẩn), đi theo chiều dòng điện để viết phương trình điện áp . Nếu điện áp trên các phần tử cùng hướng với điện áp của phần tử chuẩn các giá trị này dương, và điện áp trên các phần tử ngược với hướng điện áp của phần tử chuẩn giá trị này âm.

* **PHƯƠNG PHÁP SỐ HỌC:**

Nếu trong mạch ta xác định phân biệt các phần tử nguồn và phần tử tiêu thụ, ta có thể phát biểu như sau:

Tổng điện áp cung cấp từ nguồn = Tổng điện áp đặt ngang qua 2 đầu từng phần tử tiêu thụ

Khi áp dụng phương pháp này, ta phải chú ý đến phương pháp ghép nối tiếp các nguồn (trong vòng đang khảo sát) là nối cùng cực tính hay ngược cực tính .

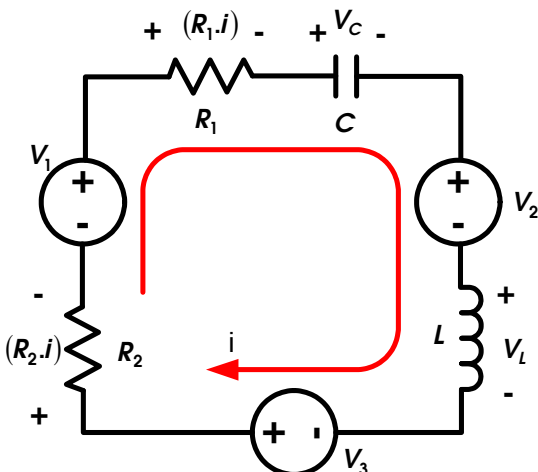
THÍ DU 1.1: Viết phương trình định luật Kirchhoff 2 cho mạch vòng sau đây:

⚡ Đầu tiên vẽ dòng điện i qua mạch vòng.

⚡ Xác định dấu của từng điện áp trên các phần tử (không phải là phần tử nguồn); dấu của điện áp này xác định dựa theo hướng dòng điện qua mạch vừa vẽ.

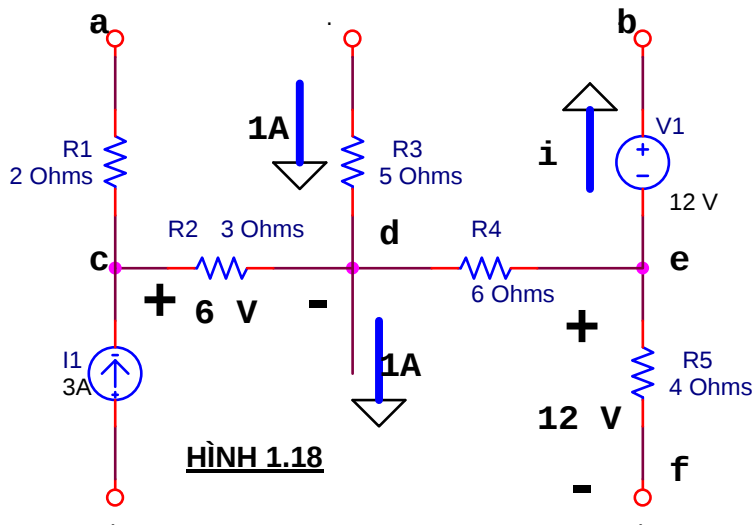
⚡ Bắt đầu từ nguồn áp V_1 (chọn làm chuẩn), đi theo chiều dòng điện i , ta có thể viết được phương trình định luật Kirchhoff 2 như sau:

$$V_1 - (R_1 \cdot i) - v_c - V_2 - v_L + V_3 - (R_2 \cdot i) = 0$$



Hay

$$V_1 + V_3 - V_2 = (R_1.i) + (R_2.i) + v_c + v_L$$

**HÌNH 1.18**

THÍ DU 2: Tìm dòng i và điện áp u_{ab} trong mạch điện sau (hình 1.18)

GIẢI

⚡ Điện áp giữa hai nút e và f là **12 V**, suy ra dòng điện qua nhánh ef là :

$$i_{ef} = \frac{12V}{4\Omega} = 3A$$

⚡ Điện áp giữa hai nút c và d là 6 V, suy ra dòng điện qua nhánh cd là :

$$i_{cd} = \frac{6V}{3\Omega} = 2A$$

⚡ Tại nút d, thành lập phương trình dòng điện theo **ĐL K1** ; ta có : $i_{cd} + 1A = 1A + i_{de}$

Suy ra dòng điện i_{de} đi từ d đến e là: $i_{cd} = i_{de} = 2A$

⚡ Tại nút e, ta có phương trình dòng điện theo **ĐL K1** như sau : $i + i_{ef} = i_{de}$. Suy ra :

$$i = i_{de} - i_{ef} = 2A - 3A = -1A$$

Vậy giá trị dòng điện i (theo hướng đang vẽ trên hình 1.10) có giá trị là (-1A) . Điều này có nghĩa: **dòng điện i thực sự qua nguồn V1 theo hướng từ b đến e và có giá trị bằng 1A.**

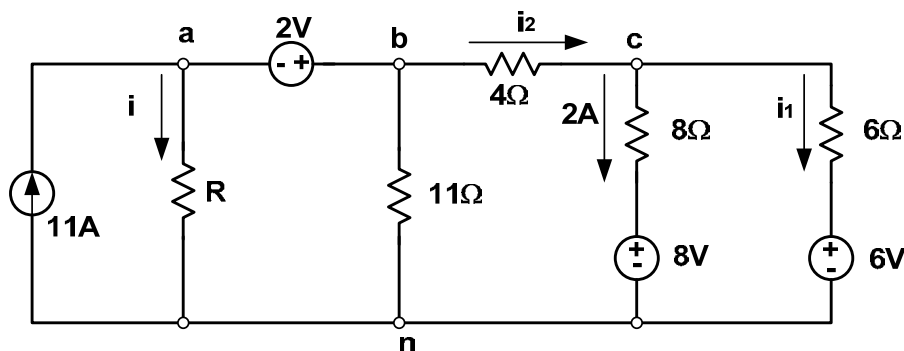
⚡ Điện áp u_{ab} được xác định theo phương trình định luật Kirchhoff 2 như sau:

$$V_{ab} = V_{ac} + V_{cd} + V_{de} + V_{eb}$$

$$V_{ab} = -2V + 6V + 12V - 12V$$

$$V_{ab} = 4V$$

THÍ DU 1.2: Tính công suất tiêu thụ trên điện trở R trong mạch điện hình 1.19 sau đây

**HÌNH 1.19**

GIẢI

* Đầu tiên xác định điện áp giữa hai nút c và n, dựa trên các giả thiết cho trên nhánh chứa nguồn 8V ta suy ra:

$$v_{cn} = 8V + (8\Omega) \cdot (2A) = 8V + 16V = 24V$$

* Dựa vào điện áp v_{cn} tìm được, suy ra dòng điện i_1 qua nhánh chứa nguồn áp 6V:

$$i_1 = \frac{v_{cn} - 6V}{6\Omega} = \frac{24V - 6V}{6\Omega} = \frac{18V}{6\Omega} = 3A$$

* Áp dụng ĐL K1 ta suy ra giá trị dòng điện i_2 qua nhánh chứa điện trở 4Ω

$$i_2 = i_1 + 2A = 3A + 2A = 5A$$

* Áp dụng ĐL K2 ta suy ra điện áp v_{bn} giữa hai nút b và n:

$$v_{bn} = v_{bc} + v_{cn} = 4 \cdot i_2 + v_{cn} = 4 \cdot 5 + 24 = 44V$$

* Dựa vào điện áp v_{bn} tìm được, suy ra dòng điện i_{bn} qua nhánh chứa điện trở 11Ω :

$$i_{bn} = \frac{v_{bn}}{11\Omega} = \frac{44V}{11\Omega} = 4A$$

* Áp dụng ĐL K1 xác định dòng điện i_{ab} đi từ nút a đến nút b (qua nguồn áp 2V)

$$i_{ab} = i_{bn} + i_2 = 4A + 5A = 9A$$

* Áp dụng ĐL K2 ta suy ra điện áp v_{an} giữa hai nút a và n:

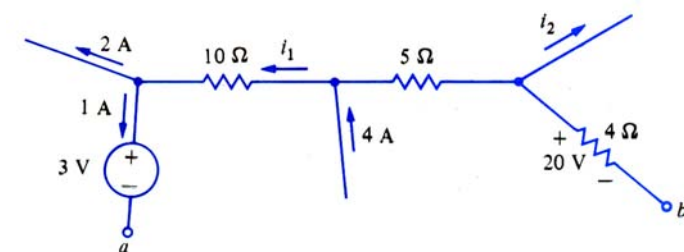
$$v_{an} = v_{ab} + v_{bn} = -2V + 44V = 42V$$

* Áp dụng ĐL K1 suy ra dòng điện i_{an} đi từ nút a đến nút n (qua điện trở R)

$$i_{an} = 11A - i_{ab} = 11A + 9A = 2A$$

* Công suất tiêu thụ trên điện trở R:

$$p = v_{an} \cdot i_{an} = 42 \cdot 2 = 84W$$

BÀI TẬP TỪ MỤC 1.1 ĐẾN 1.6**HÌNH 1.20****BÀI TẬP 1.2**

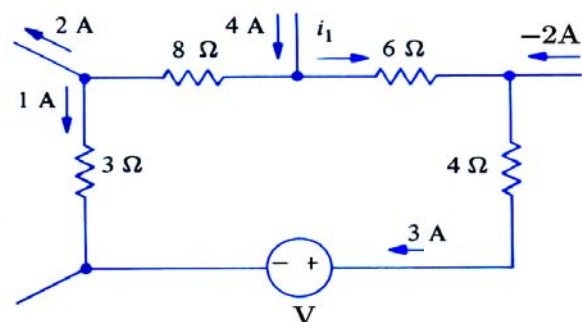
Tính dòng i_1 và áp v trong hình 1.21.

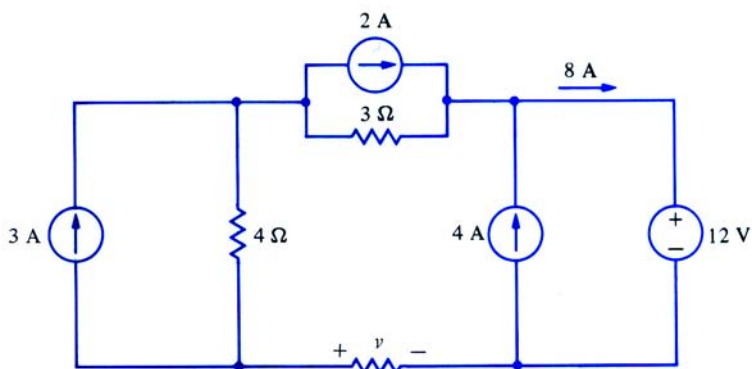
ĐÁP SỐ: $i_1 = 1A$; $v = 9V$

BÀI TẬP 1.1 Tính dòng i_1 , i_2 và điện áp v_{ab} trong hình 1.20.

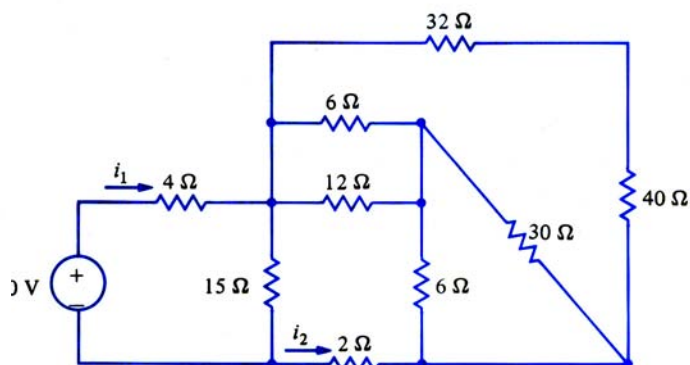
ĐÁP SỐ:

$i_1 = 3A$; $i_2 = -4A$; $v_{ab} = -8V$

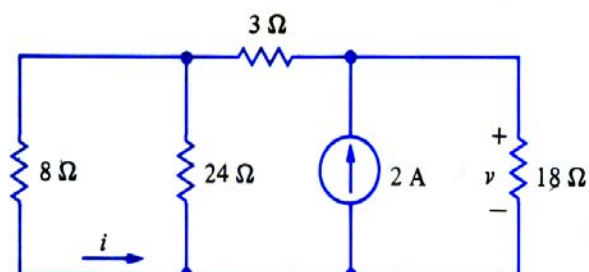
**HÌNH 1.21**



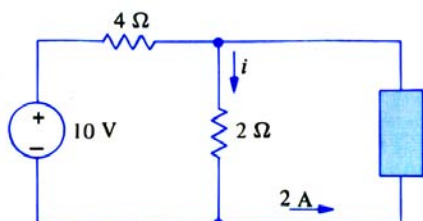
HÌNH 1.22

BÀI TẬP 1.3Tính điện áp v trong hình 1.22.**ĐÁP SỐ:** $v = 22 \text{ V}$ **BÀI TẬP 1.4**Tính dòng i_1 , i_2 trong hình 1.23.**ĐÁP SỐ:** $i_1 = 5 \text{ A}$; $i_2 = 3 \text{ A}$ 

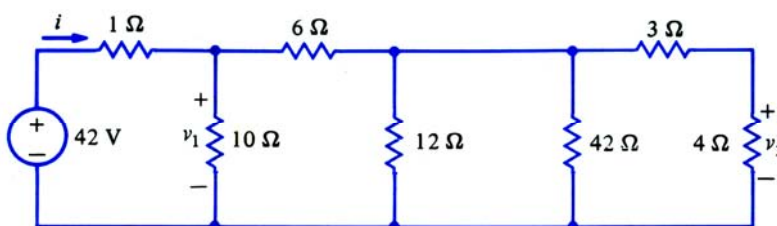
HÌNH 1.23



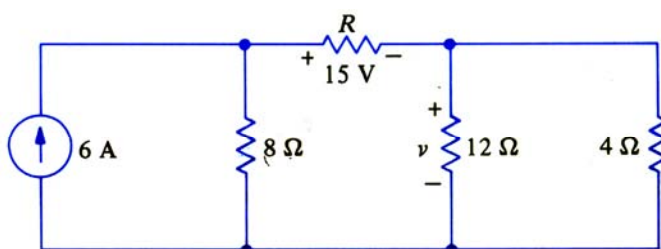
HÌNH 1.24

BÀI TẬP 1.5Tính dòng i và điện áp v trong hình 1.24.**ĐÁP SỐ:** $i_1 = 1 \text{ A}$; $v = 12 \text{ V}$ 

HÌNH 1.25

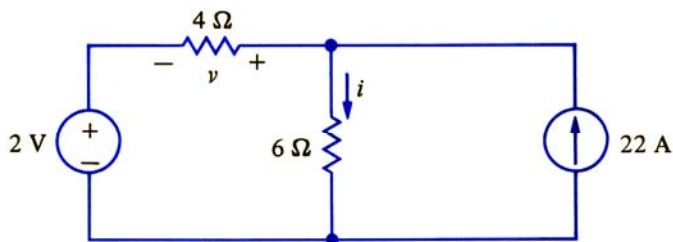
BÀI TẬP 1.6Tính dòng i trong hình 1.25.**ĐÁP SỐ:** $i = 3 \text{ A}$ **BÀI TẬP 1.7**Tính dòng i và các điện áp v_1 , v_2 trong hình 1.26.**ĐÁP SỐ:** $v_1 = 35 \text{ V}$; $v_2 = 8 \text{ V}$; $i = 7 \text{ A}$ 

HÌNH 1.26



HÌNH 1.27

BÀI TẬP 1.8Tính điện áp v và điện trở R trong mạch hình 1.27.**ĐÁP SỐ:** $R = 5 \Omega$; $v = 9 \text{ V}$



HÌNH 1.28

BÀI TẬP 1.9

Tính dòng i và điện áp v trong mạch hình 1.28.

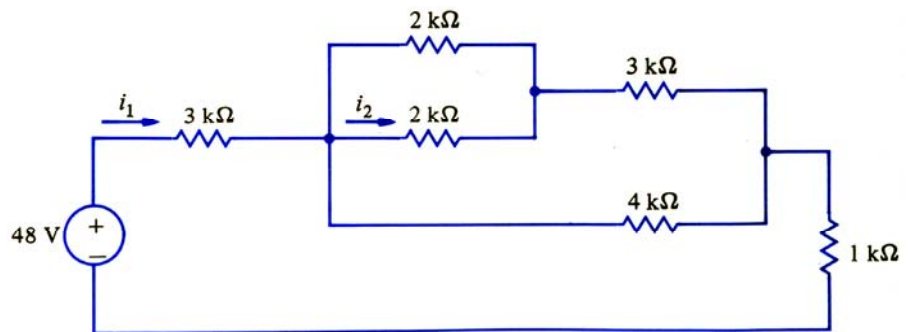
ĐÁP SỐ: $i = 9\text{ A}$; $v = 52\text{ V}$

BÀI TẬP 1.10

Tính dòng i_1 , i_2 trong hình 1.29.

ĐÁP SỐ:

$i_1 = 8\text{ mA}$; $i_2 = 2\text{ mA}$



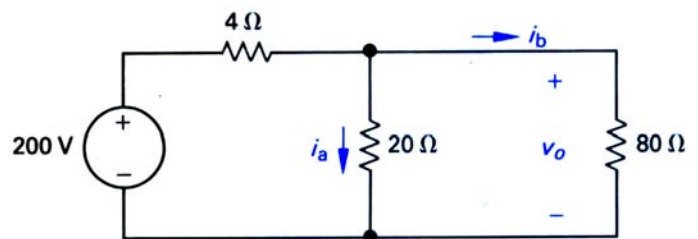
HÌNH 1.29

BÀI TẬP 1.11

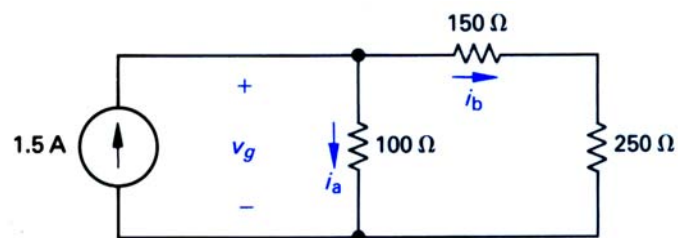
Tính dòng i_a , i_b trong hình 1.30.

ĐÁP SỐ:

$i_a = 8\text{ A}$; $i_b = 2\text{ A}$; $v = 160\text{ V}$



HÌNH 1.30



HÌNH 1.31

BÀI TẬP 1.12

Tính áp v_g và các dòng i_a , i_b trong hình 1.31.

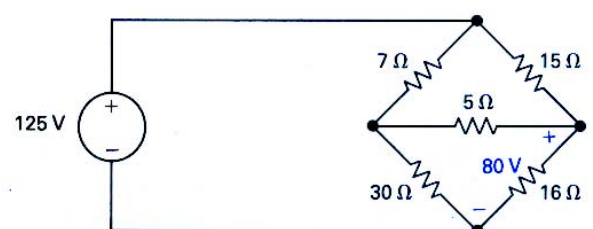
ĐÁP SỐ:

$v_g = 120\text{ V}$; $i_a = 1,2\text{ A}$; $i_b = 0,3\text{ A}$

BÀI**TẬP 1.13**

Tính dòng i từ nguồn cấp đến tải trong mạch hình 1.32.

ĐÁP SỐ: $i = 8\text{ A}$



HÌNH 1.32

BÀI TẬP 1.14

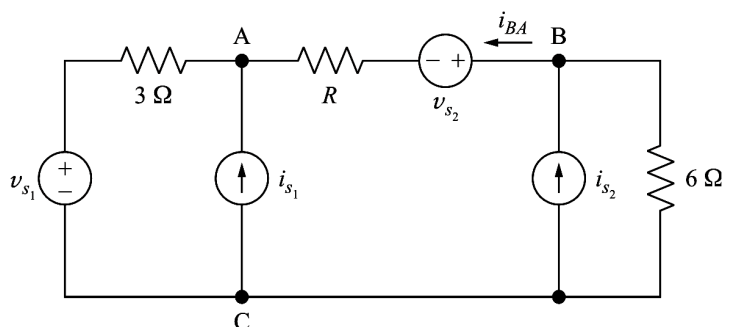
Trong hình 1.33, cho $v_{s1} = 0\text{ V}$; $v_{s2} = 6\text{ V}$; $i_{s1} = 6\text{ A}$; $i_{s2} = 12\text{ A}$, với 4 trường hợp sau:

- a./ $R = 0\text{ Ω}$ b./ $R = 6\text{ Ω}$
c./ $R = 9\text{ Ω}$ d./ $R = 10000\text{ Ω}$

Xác định i_{BA} và v_{AC}

ĐÁP SỐ:

- a./ $i_{BA} = 5,33\text{ A}$; $v_{AC} = 34\text{ V}$
b./ $i_{BA} = 3,2\text{ A}$; $v_{AC} = 27,6\text{ V}$
c./ $i_{BA} = 2,66\text{ A}$; $v_{AC} = 26\text{ V}$
d./ $i_{BA} = 0,005\text{ A}$; $v_{AC} = 18,01\text{ V}$

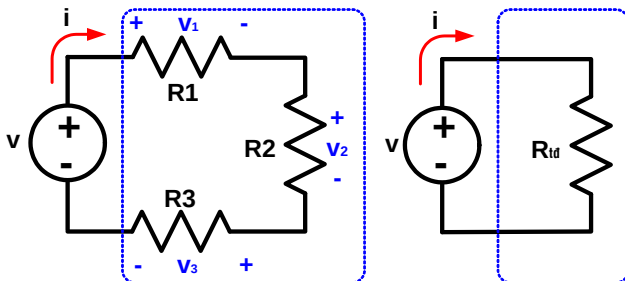


HÌNH 1.33

1.7. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH CƠ BẢN :**1.7.1. ĐIỆN TRỞ ĐẤU NỐI TIẾP VÀ CẦU PHÂN ÁP:**

✚ Hai phần tử kề nhau được gọi là đấu nối tiếp nếu chúng có chung một nút và không còn dòng nào khác đi vào nút.

✚ Các phần tử không kề nhau được gọi là ghép nối tiếp nếu chúng cùng ghép nối tiếp với một phần tử.

**HÌNH 1.34**

✚ Xét mạch điện gồm 3 phần tử điện trở: R_1 ; R_2 và R_3 đấu nối tiếp và cấp nguồn áp v vào mạch. Trong mạch vòng (hay mắt lưới) chỉ có duy nhất dòng điện i qua các phần tử. Gọi v_1 ; v_2 và v_3 lần lượt là điện áp trên hai đầu của mỗi điện trở, xem mạch hình 1.34.

Áp dụng định luật Kirchhoff 2 ta có quan hệ sau:

$$v = v_1 + v_2 + v_3 \quad (1.16)$$

Từ định luật Ohm ta có các quan hệ :

$$v_1 = R_1 \cdot i \quad ; \quad v_2 = R_2 \cdot i \quad ; \quad v_3 = R_3 \cdot i \quad (1.17)$$

Từ (1.16) và (1.17) ta suy ra:

$$v = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i \quad (1.18)$$

Khi thay thế các điện trở R_1 ; R_2 ; R_3 bằng một **điện trở tương đương R_{td}** . Ta có:

$$v = R_{td} \cdot i \quad (1.19)$$

So sánh (1.18) và (1.19) suy ra biểu thức xác định điện trở tương đương :

$$R_{td} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1.20)$$

✚ Từ các quan hệ (1.16) và (1.17) suy ra các quan hệ :

$$i = \frac{v}{R_{td}} = \frac{v}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1.21)$$

Thay thế quan hệ i (1.21) vào các quan hệ (1.17) để suy ra các quan hệ **xác định điện áp v_1 ; v_2 ; và v_3 theo điện áp nguồn v với các điện trở R_1 ; R_2 và R_3** .

Mạch điện cho trong hình 1.34 được gọi là **mạch chia áp hay cầu phân áp.**

$$v_1 = \frac{R_1 \cdot v}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1.22)$$

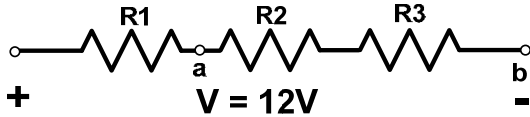
$$v_2 = \frac{R_2 \cdot v}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1.23)$$

$$v_3 = \frac{R_3 \cdot v}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1.24)$$

TỔNG QUÁT

Trường hợp mạch điện có n điện trở mắc nối tiếp; hệ thống được cung cấp điện áp nguồn là v . Điện áp v_n trên hai đầu điện trở thứ n (R_n) trong hệ thống được xác định theo quan hệ sau:

$$V_n = \frac{R_n \cdot V}{R_{td}} = \frac{R_n \cdot V}{\left(\sum_{i=1}^n R_i \right)} \quad (1.25)$$

THÍ DU 1.3:

Cho mạch điện gồm 3 điện trở $R_1 = 560 \, \Omega$; R_2 là **biến trở có thể điều chỉnh thay đổi trị số** từ 0Ω đến $x \, \Omega$ và $R_3 = 470 \, \Omega$. Cấp điện áp $V = 12V$ lên hai đầu mạch. Xác định:

- a./ Điện áp đặt ngang qua hai đầu điện trở R_2 theo biến số x .
 b./ **Phạm vi thay đổi điện áp trên R_2 nếu $x = 10 \, K\Omega$.**
 c./ Điện áp V_{ab} khi điều chỉnh thay đổi giá trị x trong phạm vi từ 0 đến $10 \, K\Omega$.

GIẢI:

a./ Điện áp trên R_2 theo x : Áp dụng (1.25) ta có kết quả sau, trong đó x tính theo $[K\Omega]$:

$$V_2 = \frac{x \cdot 12}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{12x}{0,56 + x + 0,47} = \frac{12x}{x + 1,03} \quad [V]$$

Áp V_2 là hàm theo biến số x , $V_2 = f(x)$ có dạng hàm nhất biến, đồ thị là **hyperbol vuông góc**

b./ Phạm vi thay đổi giá trị V_2 theo x : Khi x thay đổi từ 0 đến $10 \, K\Omega$, áp V_2 thay đổi trong phạm vi:

Khi $x = 0$, ta có $V_2 = 0$. Khi $x = 10 \, K\Omega$, thì:

$$V_2 = \frac{12x}{x + 1,03} = \frac{12 \cdot 10}{10 + 1,03} = 10,897 \, V$$

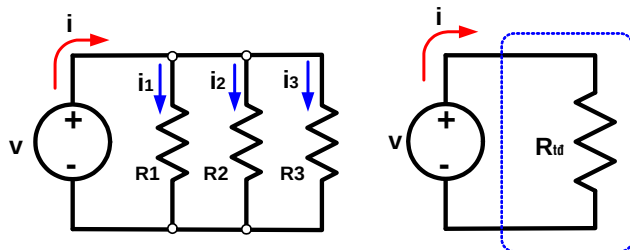
c./ Phạm vi thay đổi giá trị V_{ab} theo x : Tương tự, chúng ta xác định trực tiếp điện áp V_{ab} bằng cách áp dụng công thức cầu phân áp:

$$V_{ab} = \frac{(R_2 + R_3) \cdot V}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{(x + 0,47) \cdot 12}{0,56 + x + 0,47} = \frac{12(x + 0,47)}{x + 1,03} \quad [V]$$

Khi x thay đổi trong phạm vi từ 0 đến $10 \, K\Omega$, ta có: Khi $x = 0$ thì $V_{ab} = 0,511 \, V$.

Khi $x = 10 \, K\Omega$, thì:

$$V_{ab} = \frac{12(x + 0,47)}{x + 1,03} = \frac{12(10 + 0,47)}{10 + 1,03} = 11,391 \quad [V]$$

1.7.2. ĐIỆN TRỞ ĐẦU SONG SONG VÀ CẦU PHÂN DÒNG:

HÌNH 1.35

✚ Hai phần tử **ghép song song** nếu chúng **tao thành một vòng không chứa phần tử nào khác**.

✚ Cho mạch điện gồm 3 phần tử điện trở: R_1 ; R_2 và R_3 **đầu song song nhau** và hệ thống được cấp năng lượng bằng nguồn áp V .

Gọi i_1 ; i_2 và i_3 lần lượt là dòng điện đi qua các nhánh chứa từng điện trở, xem mạch hình 1.35. Áp dụng định luật Kirchhoff 1 ta có quan hệ sau:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (1.26)$$

Từ định luật Ohm ta có các quan hệ :

$$v = R_1 \cdot i_1 = R_2 \cdot i_2 = R_3 \cdot i_3 \quad (1.27)$$

Từ (1.26) và (1.27) suy ra:

$$i = \frac{v}{R_1} + \frac{v}{R_2} + \frac{v}{R_3} \quad (1.28)$$

Thay thế toàn hệ thống các điện trở R_1 ; R_2 ; R_3 bằng điện trở tương đương R_{td} . Ta có:

$$v = R_{td} \cdot i \quad (1.29)$$

So sánh (1.28) và (1.29) ta có biểu thức xác định điện trở tương đương theo các điện trở thành phần trên các nhánh song song :

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1.30)$$

✚ Từ các quan hệ (1.29) và (1.30) suy ra:

$$i = \frac{v}{R_{td}} = v \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (1.31)$$

Khử v trong các quan hệ (1.27) và (1.31) suy ra:

$$i_1 = \frac{\left(\frac{1}{R_1} \right) \cdot i}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)} \quad (1.32)$$

$$i_2 = \frac{\left(\frac{1}{R_2} \right) \cdot i}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)} \quad (1.33)$$

$$i_3 = \frac{\left(\frac{1}{R_3} \right) \cdot i}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)} \quad (1.34)$$

Mạch điện trong hình 1.35 được gọi là mạch chia dòng hay cầu phân dòng

TỔNG QUÁT: Trong trường hợp **mạch điện có n điện trở mắc song song**; với **v** là **điện áp nguồn** và **i** là **dòng từ nguồn cấp đến mạch song song**. Dòng **i_n qua mạch nhánh thứ n chứa điện trở R_n** được xác định theo quan hệ sau:

$$i_n = \frac{\left(\frac{1}{R_n} \right) \cdot i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{R_i} \right)} \quad (1.35)$$

✚ Với các quan hệ vừa tìm được, khi thay thế giá trị nghịch đảo của điện trở là điện dẫn; chúng ta có thể đạt được các kết quả sau. Gọi điện dẫn tương ứng với các điện trở R_1 ; R_2 và R_3 lần lượt là: G_1 ; G_2 và G_3 .

$$G_1 = \frac{1}{R_1} \quad ; \quad G_2 = \frac{1}{R_2} \quad ; \quad G_3 = \frac{1}{R_3} \quad (1.36)$$

Từ (1.30) và (1.36) suy ra:

$$G_{td} = G_1 + G_2 + G_3 = \frac{1}{R_{td}} \quad (1.37)$$

Các quan hệ (1.33) đến (1.34) được viết lại như sau:

$$i_1 = \frac{G_1 \cdot i}{G_{td}} = \frac{G_1 \cdot i}{G_1 + G_2 + G_3} \quad (1.38)$$

$$i_2 = \frac{G_2 \cdot i}{G_{td}} = \frac{G_2 \cdot i}{G_1 + G_2 + G_3} \quad (1.39)$$

$$i_3 = \frac{G_3 \cdot i}{G_{td}} = \frac{G_3 \cdot i}{G_1 + G_2 + G_3} \quad (1.40)$$

TH TỔNG QUÁT:

$$i_n = \frac{G_n \cdot i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (1.41)$$

THÍ DU 1.4:

Cho mạch theo hình 1.35 : $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $R_3 = 4\Omega$; dòng từ nguồn $I = 14 \text{ A}$. Xác định :
a./ Dòng qua mỗi điện trở.
b./ Áp đặt ngang qua hai đầu nguồn dòng.

GIẢI:

a./ Xác định dòng điện trên R_2 theo x: Áp dụng quan hệ (1.32) hay (1.34) ta có:

$$i_1 = \frac{\left(\frac{1}{R_1}\right) \cdot i}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{1}\right) \cdot 14}{\left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)} = 8 \quad [A]$$

$$i_2 = \frac{\left(\frac{1}{R_2}\right) \cdot i}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right) \cdot 14}{\left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)} = 4 \quad [A]$$

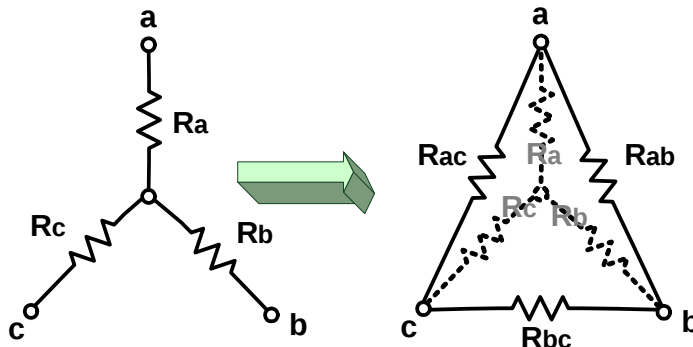
$$i_3 = \frac{\left(\frac{1}{R_3}\right) \cdot i}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{4}\right) \cdot 14}{\left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)} = 2 \quad [A]$$

b./ Điện áp v_{ab} giữa hai đầu nguồn dòng:

$$v_{ab} = R_1 \cdot i_1 = 1.8 = 8 \quad [V]$$

1.7.3 BIẾN ĐỔI ĐIỆN TRỞ TỪ DẠNG Y SANG Δ (VÀ NGƯỢC LẠI):**PHẠM VI ỨNG DỤNG:**

Công dụng của phép biến đổi này là để đơn giản hóa một số mạch điện trong trường hợp cần thiết để dễ dàng trong quá trình giải mạch điện.

CÁC CÔNG THỨC BIẾN ĐỔI:**TH1 : BIẾN ĐỔI ĐIỆN TRỞ TỪ Y SANG DELTA (HAY Δ):****HÌNH 1.36**

Xét mạch tải điện trở được đấu theo hình Y giữa 3 nút a, b, c; hình 1.36.

✚ Giả sử các điện trở đầu Y có giá trị được biết trước; lần lượt là : $R_a; R_b; R_c$.

✚ Khi thay thế các điện trở $R_a; R_b; R_c$ bằng 3 điện trở khác là : $R_{ab}; R_{bc}; R_{ca}$ đang đấu theo hình Δ giữa 3 nút a, b, c.

Các giá trị của các điện trở thay thế tương đương trong mạch Δ thỏa các quan hệ sau:

$$R_{ab} = R_a + R_b + \frac{R_a \cdot R_b}{R_c} \quad (1.42)$$

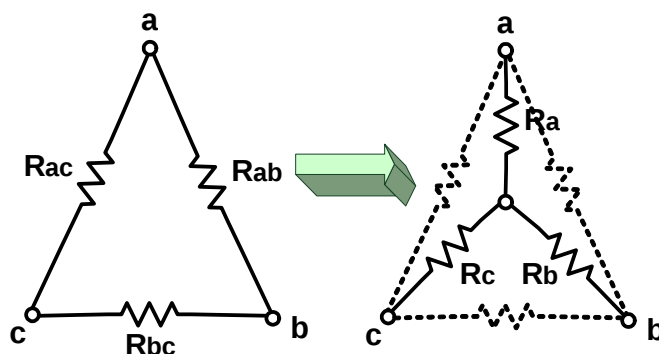
$$R_{bc} = R_b + R_c + \frac{R_b \cdot R_c}{R_a} \quad (1.43)$$

$$R_{ca} = R_c + R_a + \frac{R_c \cdot R_a}{R_b} \quad (1.44)$$

TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT:

Nếu tải đầu Y cân bằng : $R_a = R_b = R_c = R_Y$ thì tải qui đổi đầu Δ cũng cân bằng và cho kết quả sau:

$$R_{ab} = R_{bc} = R_{ca} = R_{\Delta} = 3 \cdot R_Y \quad (1.45)$$

TH2 : BIẾN ĐỔI ĐIỆN TRỞ TỪ DELTA (HAY Δ) SANG Y:**HÌNH 1.37**

Xét mạch điện trở đấu nối theo dạng hình Δ giữa 3 nút a, b, c; hình 1.37.

✚ Giả sử giá trị các điện trở trên mỗi nhánh tải (đầu Δ) được biết trước lần lượt có giá trị là : $R_{ab}; R_{bc}; R_{ca}$.

✚ Khi thay thế các điện trở $R_{ab}; R_{bc}; R_{ca}$ bằng 3 tổng trở $R_a; R_b; R_c$ đấu theo hình Y giữa 3 nút a, b, c.

Giá trị của các điện trở tương đương trong mạch Y thỏa các quan hệ sau:

$$R_a = \frac{R_{ab} \cdot R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}} \quad (1.46)$$

$$R_b = \frac{R_{bc} \cdot R_{ab}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}} \quad (1.47)$$

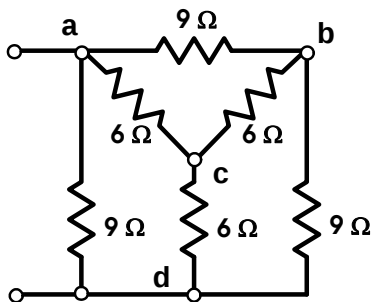
$$R_c = \frac{R_{ca} \cdot R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}} \quad (1.48)$$

TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT:

Nếu tải **đầu Δ cân bằng**: $R_{ab} = R_{bc} = R_{ca} = R_{\Delta}$ thì tải qui đổi **đầu Y cũng cân bằng** và cho kết quả sau:

$$R_a = R_b = R_c = R_Y = \frac{R_{\Delta}}{3} \quad (1.49)$$

THÍ DU 1.5:



HÌNH 1.38

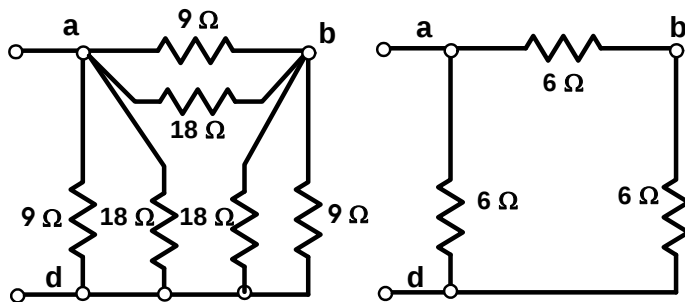
Cho mạch điện hình 1.38, tìm điện trở tương đương khi nhìn mạch từ hai nút ad

GIẢI:

Xác định R_{td} khi áp dụng biến đổi Y sang Δ :

Tại 3 nút a, b và d ta có 3 điện trở 6Ω đang đầu theo mạch hình Y. Áp dụng quan hệ (1.45) thay thế các điện trở đang đầu Y sang Δ , giá trị của mỗi điện trở tương đương là:

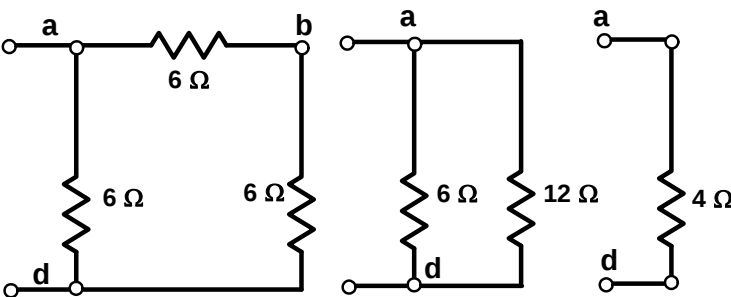
$$R_{\Delta} = 3 \cdot R_Y = 3 \cdot 6 = 18 \Omega$$



HÌNH 1.39

Mạch tương đương của mạch trong hình 1.38 được vẽ lại trong hình 1.39.

Sau khi thay thế các điện trở tương đương đầu theo mạch Δ ; tại giữa các cặp nút :ab ; bd và da ta có hai điện trở **9Ω** và **18Ω** đang đầu song song. Thay thế các cặp điện trở song song này bằng điện trở tương đương có giá trị là **6Ω** để có được mạch thu gọn đơn giản hơn.



HÌNH 1.40

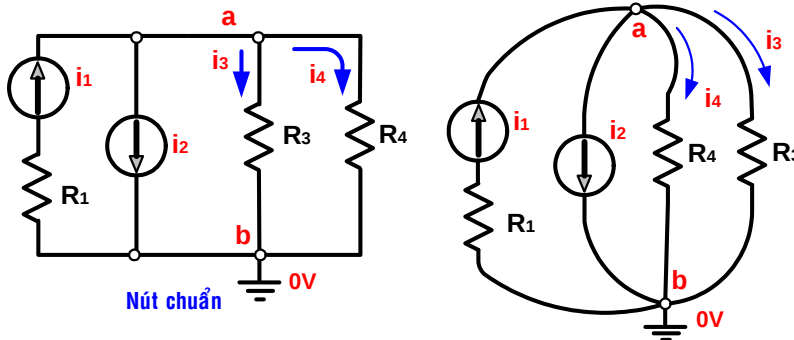
Áp dụng phép thay thế điện trở tương đương trong các phương pháp đầu ghép song song, nối tiếp để thu gọn mạch trong hình 1.39 thành mạch điện đơn giản hơn, xem hình 1.40.

Kết quả nhận được sau cùng giữa hai nút a,d ta chỉ còn hai điện trở : **6Ω** và **12Ω** ghép song song; từ đó suy ra điện trở tương đương giữa hai nút ad là : **$R_{td} = 4\Omega$**

1.8. PHƯƠNG TRÌNH ĐIỆN THẾ NÚT – PHƯƠNG TRÌNH NÚT :

✚ Phương pháp giải mạch dùng phương trình điện thế nút là phương pháp giải mạch dựa vào định luật Kirchhoff 1.

✚ Chúng ta khảo sát phương pháp này từ trường hợp đơn giản đến trường hợp tổng quát.

1.8.1. TRƯỜNG HỢP MẠCH 2 NÚT CHỨA ĐIỆN TRỞ VÀ NGUỒN DÒNG :**HÌNH 1.41**

Xét mạch điện trong hình 1.41; mạch có **4 nhánh**, trong đó **2 nhánh chứa nguồn dòng** và **2 nhánh còn lại chỉ chứa các phần tử điện trở**.

✚ Trước tiên chúng ta chọn một trong hai nút a và b làm nút chuẩn. Nút chuẩn qui ước có điện thế $v = 0V$. Trong hình 1.41 chọn b làm nút chuẩn và nút chuẩn được ký hiệu như trong hình vẽ.

✚ Điện áp giữa hai nút a và b được ký hiệu là v_{ab} xác định theo quan hệ :

$$v_{ab} = v_a - v_b = v_a - 0 = v_a \quad (1.50)$$

✚ Mục đích của phương pháp giải mạch là xác định **điện thế tại nút a hoặc điện áp v_{ab}** . Tại nút a chúng ta xây dựng phương trình cân bằng dòng theo định luật Kirchhoff 1. Tùy thuộc vào mỗi bài toán, **hướng dòng điện trên các nhánh khảo sát tại nút a** có thể **vào nút** hay **đi ra khỏi nút khảo sát**. Trong trường hợp **chưa biết rõ chính xác hướng thực sự của dòng điện trên các nhánh**, chúng ta có thể giả thiết dòng điện từ nút a đổ ra trên các nhánh.

Thực hiện theo qui ước này chúng ta dễ dàng kiểm soát các thông số khi xây dựng phương trình cân bằng dòng tại nút khảo sát.

✚ Với mạch điện cho trong hình 1.41, chúng ta có kết quả sau:

$$i_3 = \frac{v_a}{R_3} = v_a \cdot G_3 \quad (1.51)$$

$$i_4 = \frac{v_a}{R_4} = v_a \cdot G_4 \quad (1.52)$$

Tại nút a ta có quan hệ: $i_1 = i_2 + i_3 + i_4$. Hay:

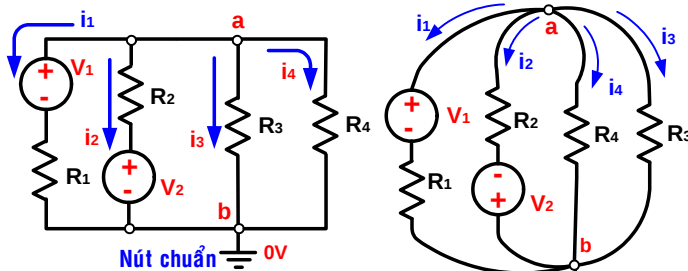
$$i_1 - i_2 = \frac{v_a}{R_3} + \frac{v_a}{R_4} = v_a \cdot G_3 + v_a \cdot G_4 \quad (1.53)$$

Điện thế v_a tại nút a, hay điện áp v_{ab} xác định theo quan hệ sau:

$$v_a = \frac{i_1 - i_2}{\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)} = \frac{i_1 - i_2}{G_3 + G_4} \quad (1.54)$$

1.8.2. TRƯỜNG HỢP MẠCH 2 NÚT CHỨA ĐIỆN TRỞ VÀ NGUỒN ÁP:

Xét mạch điện trong hình 1.42 gồm: 4 nhánh, trong đó 2 nhánh chứa nguồn áp và 2 nhánh còn lại chỉ chứa các phần tử điện trở. Chúng ta cần chú ý các điểm sau:

**HÌNH 1.42**

Trên mỗi **nhánh chứa nguồn áp độc lập**, ta luôn có **phần tử điện trở nối tiếp với nguồn áp**

Từ nút a nhìn về các nguồn áp trên nhánh 1 và 2, ta có nhận xét: **nguồn V_1 có cực + nằm gần nút a; còn nguồn áp V_2 có dấu – nằm gần nút a.**

Khi chọn b làm nút chuẩn, muốn viết phương trình định luật Kirchhoff 1 tại nút a, đầu tiên chúng ta **giả thiết tại nút a dòng đổ ra khỏi nút trên các nhánh.**

Dòng điện qua mỗi nhánh xác định như sau:

$$i_1 = \frac{v_a - V_1}{R_1} = (v_a - V_1) \cdot G_1 \quad (1.55)$$

$$i_2 = \frac{v_a + V_2}{R_2} = (v_a + V_2) \cdot G_2 \quad (1.56)$$

$$i_3 = \frac{v_a}{R_3} = v_a \cdot G_3 \quad (1.57)$$

$$i_4 = \frac{v_a}{R_4} = v_a \cdot G_4 \quad (1.58)$$

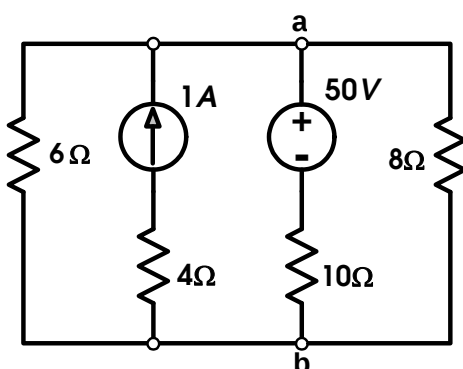
Viết phương trình Kirchhoff 1 tại a, ta có: $i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = 0$. Hay:

$$\frac{v_a - V_1}{R_1} + \frac{v_a + V_2}{R_2} + \frac{v_a}{R_3} + \frac{v_a}{R_4} = 0 \quad (1.59)$$

Ta có thể ghi:

$$(v_a - V_1) \cdot G_1 + (v_a + V_2) \cdot G_2 + v_a \cdot G_3 + v_a \cdot G_4 = 0 \quad (1.60)$$

Từ (1.59), giải phương trình để xác định điện áp v_a tại nút khảo sát.

THÍ DU 1.6:**HÌNH 1.43**

Cho mạch điện trong hình 1.43, áp dụng phương trình điện thế nút tính dòng qua điện trở 8Ω .

GIẢI:

Mạch điện trong hình 1.43 chỉ chứa 2 nút; chọn b làm nút chuẩn và viết phương trình điện thế nút tại a.

Giả sử các **dòng điện đổ ra khỏi nút a trên các nhánh**. Ta có:

$$\frac{v_a}{6} + \frac{v_a - 50}{10} + \frac{v_a}{8} - 1 = 0$$

Thu gọn ta có:

$$v_a \cdot \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{10} + \frac{1}{8} \right) = 5 + 1 = 6 \quad \text{Hay:} \quad v_a \cdot \left(\frac{20 + 12 + 15}{120} \right) = 6$$

Suy ra:

$$v_a = \frac{120 \cdot 6}{47} = \frac{720}{47} \text{ V}$$

Tóm lại, dòng điện qua điện trở 8Ω được xác định như sau:

$$i = \frac{v_a}{8\Omega} = \frac{720}{47 \cdot 8} = \frac{90}{47} \text{ A}$$

1.8.3. TRƯỜNG HỢP MẠCH ĐIỆN NHIỀU HƠN 2 NÚT :

Trong mục này, với mạch điện tổng quát chúng ta chỉ khảo sát các trường hợp tại nút khảo sát nhánh chứa nguồn áp có nối tiếp với điện trở. Trường hợp trên nhánh chỉ chứa duy nhất nguồn áp sẽ được khảo sát trong đề mục sau.

Trình tự được áp dụng để xây dựng phương trình điện thế nút, tiến hành theo các bước như sau:

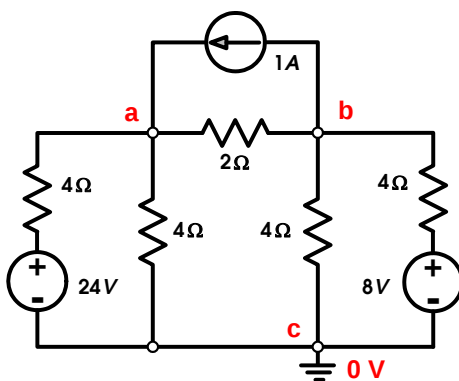
BƯỚC 1: Xác định **tổng số nút chứa trong mạch điện**; **chọn một trong các nút hiện có làm nút chuẩn** (điện thế tại nút chuẩn là 0V).

BƯỚC 2: Tại **mỗi nút không phải là nút chuẩn** cần **xây dựng phương trình điện thế nút**. Khi viết phương trình nút, **giả thiết tại nút khảo sát dòng điện đổ ra từ nút trên các nhánh**.

Với **mạch điện có n nút** cần **xây dựng (n-1) phương trình**.

BƯỚC 3: Giải hệ phương trình nhiều ẩn số để có được các nghiệm số.

THÍ DU 1.7:



HÌNH 1.44

Cho mạch hình 1.44. Áp dụng **phương trình điện thế nút** **xác định dòng điện qua điện trở 2Ω** .

GIẢI

BƯỚC 1: Mạch điện có 3 nút; chọn **c** làm nút chuẩn. Như vậy **chỉ cần thực hiện 2 phương trình điện thế nút tại a và b**. Gọi v_a ; v_b là điện thế tại các nút a và b **so với nút chuẩn**.

BƯỚC 2: Viết các phương trình nút tại a và b.

PHƯƠNG TRÌNH ĐIỆN THẾ NÚT TẠI a:

Trong hình 1.45, chỉ cần chú ý đến các dòng điện tại nút a. Giả sử **các dòng i_1 ; i_2 và i_3 đang từ a đổ ra trên các nhánh**; riêng nguồn dòng đang hướng về nút a. Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại nút a ta có:

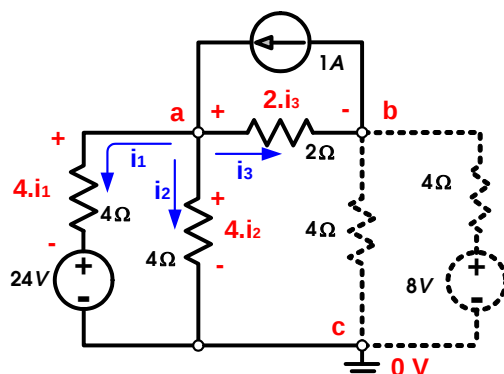
$$i_1 + i_2 + i_3 = 1$$

Chúng ta viết phương trình cân bằng áp trên từng nhánh hội tụ về nút a như sau:

$$v_a - v_c = v_a - 0 = v_a = 4 \cdot i_1 + 24$$

$$v_a = 4 \cdot i_2$$

$$v_a - v_b = 2 \cdot i_3$$



HÌNH 1.45

Từ các quan hệ trên ta xác định được dòng điện trên các nhánh:

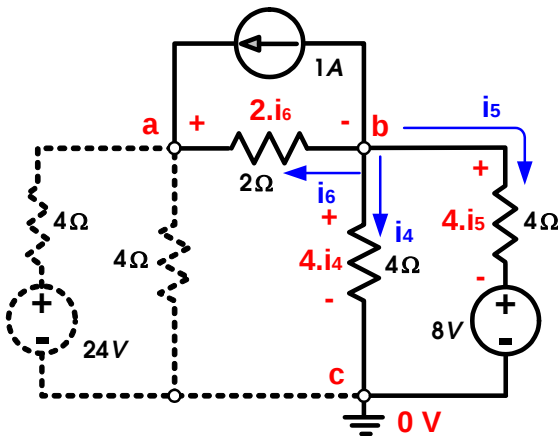
$$i_1 = \frac{v_a - 24}{4} \quad i_2 = \frac{v_a}{4} \quad i_3 = \frac{v_a - v_b}{2}$$

Phương trình điện thế nút tại a được viết như sau:

$$\frac{v_a - 24}{4} + \frac{v_a}{4} + \frac{v_a - v_b}{2} = 1 \quad (1.61)$$

Thu gọn ta có:

$$v_a - \frac{v_b}{2} = 7 \quad (1.62)$$



HÌNH 1.46

PHƯƠNG TRÌNH ĐIỆN THẾ NÚT TẠI b:

Trên hình 1.46 chỉ cần **quan tâm đến các dòng điện tại nút b**; giả sử các **dòng điện i_4 ; i_5 i_6 và nguồn dòng đang từ b đổ ra trên các nhánh**. Áp dụng định luật Kirchhoff 1 rại nút b ta có quan hệ : $i_4 + i_5 + i_6 + 1 = 0$

Chúng ta viết phương trình cân bằng áp trên từng nhánh nối về nút b như sau:

$$v_b - v_c = v_b - 0 = v_b = 4.i_5 + 8$$

$$v_b = 4.i_4$$

$$v_b - v_a = 2.i_6$$

Từ các quan hệ trên ta xác định được dòng điện trên các nhánh:

$$i_5 = \frac{v_b - 8}{4} \quad i_4 = \frac{v_b}{4} \quad i_6 = \frac{v_b - v_a}{2}$$

Phương trình điện thế nút tại b được viết như sau:

$$\frac{v_b - 8}{4} + \frac{v_b}{4} + \frac{v_b - v_a}{2} + 1 = 0 \quad (1.63)$$

Thu gọn ta có :

$$v_b - \frac{v_a}{2} = 1 \quad (1.64)$$

Từ (1.62) và (1.64) suy ra hệ phương trình dùng xác định điện thế tại các nút a và b :

$$\begin{cases} v_a + \left(\frac{-1}{2}\right).v_b = 7 \\ \left(\frac{-1}{2}\right).v_a + v_b = 1 \end{cases}$$

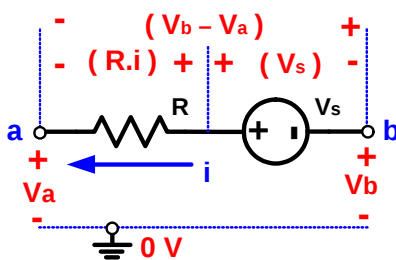
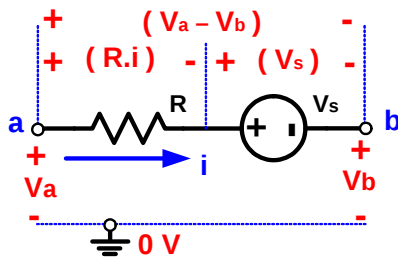
Giải hệ phương trình, ta có được $v_a = 10 \text{ V}$. Suy ra:

$$v_b = 1 + \frac{v_a}{2} = 1 + \frac{10}{2} = 6 \text{ V}$$

Dòng điện qua điện trở 2Ω trên nhánh từ nút a đến nút b :

$$i = \frac{V_a - V_b}{2} = \frac{10 - 6}{2} = 2 \text{ A}$$

1.8.4. MẠCH CÓ CÁC NHÁNH CHỈ CHỨA NGUỒN ÁP ĐỘC LẬP – SIÊU NÚT :



HÌNH 1.47

Trong hình 1.47, tại mỗi nút a và b chúng ta có các điện thế v_a và v_b , khi so sánh điện áp giữa mỗi nút này với nút chuẩn. Trên nhánh từ nút a đến nút b chứa **phần tử điện trở nối tiếp với nguồn áp độc lập**.

Tùy thuộc vào hướng dòng điện xác định trên nhánh phương trình cân bằng áp giữa hai nút a và b được viết theo các dạng khác nhau được trình bày như sau:

HƯỚNG DÒNG ĐIỆN TỪ a ĐẾN b:

- ⚡ Lúc này giả sử điện thế tại a dương hơn b.
- ⚡ Điện áp giữa 2 nút a đến b là : $(v_a - v_b)$.
- ⚡ Phương trình cân bằng áp giữa hai nút a và b được viết như sau:

$$(v_a - v_b) = R \cdot i + V_s$$

- ⚡ Dòng điện i_{ab} (từ a đến b) xác định theo quan hệ

$$i_{ab} = \frac{(v_a - v_b) - V_s}{R} \quad (1.65)$$

HƯỚNG DÒNG ĐIỆN TỪ b ĐẾN a:

- ⚡ Lúc này giả sử điện thế tại b dương hơn a.
- ⚡ Điện áp giữa 2 nút b đến a là : $(v_b - v_a)$.
- ⚡ Phương trình cân bằng áp giữa hai nút b và a được viết như sau:

$$(v_b - v_a) = R \cdot i - V_s$$

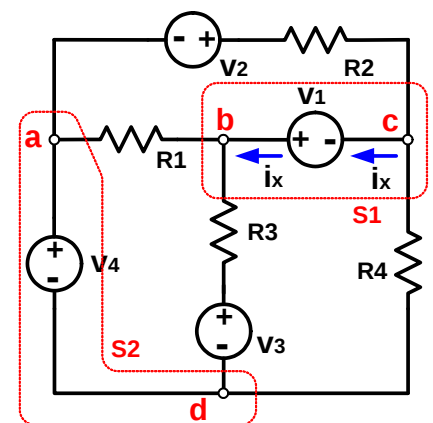
- ⚡ Dòng điện i_{ba} (từ b đến a) xác định theo quan hệ :

$$i_{ba} = \frac{(v_b - v_a) + V_s}{R} \quad (1.66)$$

Trong trường hợp **giữa hai nút chỉ chứa duy nhất nguồn áp độc lập**; chúng ta không thể áp dụng các quan hệ (1.65) hay (1.66) để xác định dòng qua nhánh khi xây dựng phương trình điện thế nút. Trong mạch điện hình 1.48; với nhánh bc chỉ chứa duy nhất nguồn áp độc lập v_1 , tương tự trên nhánh ad cũng chỉ chứa nguồn áp độc lập v_4 . Theo lý thuyết, chúng ta **bao quanh các nguồn này lại bằng các mặt kín S1 và S2**, đồng thời theo định luật Kirchhoff 1 tổng đại số dòng điện qua mặt kín phải bằng không.

Các **mặt kín S1 ; S2** được gọi là siêu nút (super nodes).

- ⚡ Trong mạch hình 1.48, chọn nút d làm nút chuẩn.
- ⚡ Siêu nút S_1 chứa hai nút b và c (không phải là nút chuẩn).
- ⚡ Siêu nút S_2 chứa nút a và nút chuẩn d.



HÌNH 1.48

Trong trường hợp này khi thực hiện phương trình nút để giải mạch, chúng ta cần quan tâm đến các đặc tính của siêu nút như sau:

✚ Tại các **siêu nút không chứa nút chuẩn**, ta có quan hệ sau (thí dụ xét cho siêu nút S_1 trong hình 1.48).

$$v_b - v_c = v_1 \quad (1.67)$$

Trong đó; v_b : điện áp giữa nút b so với nút chuẩn d vừa chọn.

v_c : điện áp giữa nút c so với nút chuẩn d vừa chọn.

✚ Tại các **siêu nút có chứa nút chuẩn**, ta có quan hệ sau (thí dụ xét cho siêu nút S_2 trong hình 1.48).

$$v_a - v_d = v_a - 0 = v_a = v_4 \quad (1.68)$$

Trong đó; v_a : điện áp giữa nút a so với nút chuẩn d vừa chọn.

v_d : điện áp nút chuẩn d bằng 0 V.

✚ Tại mỗi siêu nút (không chứa nút chuẩn) ta vẽ dòng điện vào và ra khỏi siêu nút; sử dụng dòng điện này để xây dựng phương trình nút tại các nút đang chứa trong siêu nút.

Với mạch điện trong hình 1.48, các phương trình điện nút được xây dựng như sau:

✚ Tại siêu nút S_1 **ta vẽ dòng điện i_x trên nhánh bc**, hướng dòng điện i_x chọn tùy ý; vào tại b và ra khỏi nút c.

✚ Tại siêu nút S_2 , siêu nút có chứa nút chuẩn và nút a. Ta có quan hệ (1.68) và **không cần vẽ dòng điện trên siêu nút này**; và không cần xây dựng phương trình nút tại nút a.

✚ Với mạch điện trong hình 1.48 có 4 nút; **số lượng phương trình nút cần xây dựng là 3**; nhưng mạch chứa siêu nút S_2 , nên điện thế tại nút a đã biết. Như vậy tổng số phương trình điện thế nút chỉ cần xây dựng là 2 (tại nút b và nút c).

✚ Phương trình nút tại b:

$$\frac{v_b - v_a}{R_1} + \frac{v_b - v_3}{R_3} - i_x = 0 \quad (1.69)$$

Vì $v_a = v_4$ (tại siêu nút S_2) ta viết lại quan hệ (1.69) như sau:

$$\frac{v_b - v_4}{R_1} + \frac{v_b - v_3}{R_3} - i_x = 0 \quad (1.70)$$

✚ Phương trình nút tại c:

$$\begin{aligned} \frac{(v_c - v_a) - v_2}{R_2} + \frac{v_c}{R_4} + i_x &= 0 \\ \frac{(v_c - v_4) - v_2}{R_2} + \frac{v_c}{R_4} + i_x &= 0 \end{aligned} \quad (1.71)$$

Tóm lại ta có hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} \frac{v_b - v_4}{R_1} + \frac{v_b - v_3}{R_3} - i_x = 0 \\ \frac{(v_c - v_4) - v_2}{R_2} + \frac{v_c}{R_4} + i_x = 0 \\ v_b - v_c = v_1 \end{cases}$$

Với các quan hệ (1.69) và (1.70) **thực hiện phép khử ẩn số i_x** bằng cách **công về theo vế**; suy ra hệ thống hai phương trình với hai ẩn v_b và v_c như sau:

$$\begin{cases} \frac{v_b - v_4}{R_1} + \frac{v_b - v_3}{R_3} + \frac{(v_c - v_4) - v_2}{R_2} + \frac{v_c}{R_4} = 0 \\ v_b - v_c = v_1 \end{cases}$$

Giải hệ phương trình trên để có điện thế điện thế tại nút b và c. Tóm lại, với mạch điện chứa các siêu nút; tổng số phương trình điện thế nút cần xây dựng thỏa quan hệ:

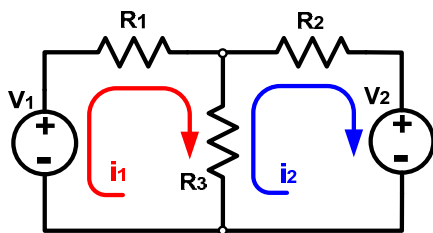
$$\text{Tổng số phương trình} = (\text{Số nút trong mạch}) - [1 + (\text{Tổng số siêu nút có chứa nút chuẩn})]$$

1.9. PHƯƠNG TRÌNH DÒNG MẮT LƯỚI – PHƯƠNG TRÌNH DÒNG VÒNG :

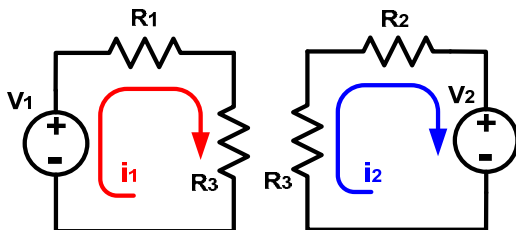
Trong nội dung sau đây chúng ta **chỉ xét các mạch phẳng**, đó là **những mạch có thể vẽ trên một mặt phẳng mà không có bất cứ phần tử hoặc dây nối nào cắt nhau**. Mạch điện sẽ chia mặt phẳng thành nhiều miền phân biệt như các ô cửa sổ. Biên giới của các ô cửa sổ này được gọi là mắt lưới.

Phương pháp dòng mắt lưới là phương pháp giải mạch áp dụng định luật Kirchhoff 2 xây dựng **phương trình cân bằng áp dọc theo mắt lưới**. Chúng ta khảo sát phương thức xây dựng phương pháp dòng mắt lưới tuần tự từ các mạch đơn giản đến phức tạp dần.

1.9.1. MẠCH HAI MẮT LƯỚI CHỨA NGUỒN ÁP VÀ ĐIỆN TRỞ :



HÌNH 1.49



HÌNH 1.50

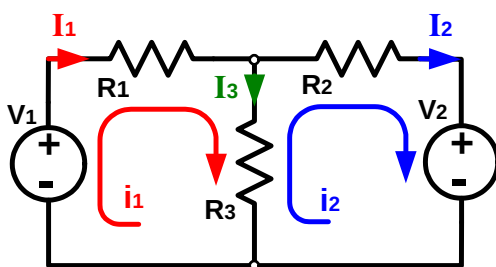
Xét mạch điện trong hình 1.49, cần chú ý các điểm sau khi viết phương trình dòng mắt lưới :

⚡ Trong mỗi mắt lưới, chúng ta tự chọn tùy ý dòng điện và hướng dòng điện trên mỗi mắt lưới.

⚡ Chú ý phần tử trên nhánh biên của hai mắt lưới. Chúng ta xem như **phần tử này chịu ảnh hưởng của các dòng điện trong mỗi mắt lưới**. Một cách khác có thể tách mạch hai mắt lưới thành hai mắt lưới đơn theo hình 1.50.

Gọi **i_1 và i_2 là dòng qua mỗi mắt lưới**. Khi tách mạch thành hai mắt lưới độc lập, dòng điện i_1 qua tất cả các phần tử trong mắt lưới 1 và dòng điện i_2 qua bất cứ phần tử trong mắt lưới 2. Khi kết hợp lại hai mắt lưới thành mạch ban đầu, **dòng điện qua phần tử R_3 (phần tử biên của hai mắt lưới) gồm hai thành phần đi qua là i_1 và i_2** . **Do hướng của i_1 và i_2 ngược nhau nên dòng điện qua R_3 là hiệu của hai thành phần ($i_1 - i_2$) hoặc ($i_2 - i_1$).**

Khảo sát hay giải mạch dùng phương pháp dòng mắt lưới là **xây dựng hệ phương trình để xác định các dòng mắt lưới i_1 và i_2** .



HÌNH 1.51

Trong một số tài liệu, chúng ta còn có khái niệm dòng nhánh khi thực hiện giải mạch theo phương pháp dòng mắt lưới, xem hình 1.51

Dòng i_1 ; i_2 và i_3 là các dòng điện qua từng nhánh trong mạch điện **được gọi là dòng nhánh**; các giá trị này quan hệ với dòng mắt lưới theo quan hệ sau (phụ thuộc hướng chọn cho dòng mắt lưới và dòng nhánh).

$$I_1 = i_1 \quad I_2 = i_2 \quad I_3 = i_1 - i_2$$

TRÌNH TỰ XÂY DỰNG PHƯƠNG TRÌNH DÒNG MẮT LƯỚI:

Muốn xây dựng hệ phương trình dòng mắt lưới chúng ta tiến hành tuần tự theo các bước như sau:

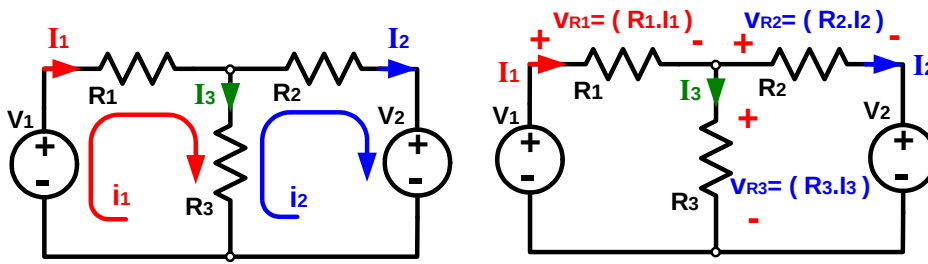
BƯỚC 1: Xác định tổng số mắt lưới chứa trong mạch. Chọn dòng mắt lưới cho mỗi mắt lưới, hướng dòng điện qua từng mắt lưới tùy ý.

Tổng số phương trình dòng mắt lưới cần xây dựng = Tổng số mắt lưới.

BƯỚC 2: Xác định dòng nhánh theo dòng mắt lưới. Suy ra điện áp trên mỗi phần tử điện trở tùy theo dòng nhánh đã chọn, **cần chú ý dấu + - của điện áp**.

BƯỚC 3: Xây dựng phương trình cân bằng áp (theo định luật Kirchhoff 2) cho từng mắt lưới.

BƯỚC 4: Giải hệ thống phương trình tuyến tính để suy ra các dòng mắt lưới.



HÌNH 1.52

Với mạch điện trong hình 1.49 khi xây dựng các phương trình dòng mắt lưới cần chú ý các điện áp trên từng phần tử trong mạch điện, xem hình 1.52. Ta có:

$$v_{R1} = R_1 \cdot i_1 = R_1 \cdot i_1$$

$$v_{R2} = R_2 \cdot i_2 = R_2 \cdot i_2$$

$$v_{R3} = R_3 \cdot i_3 = R_3 \cdot (i_1 - i_2)$$

Phương trình cân bằng áp (viết theo định luật Kirchhoff 2) cho mắt lưới 1 :

$$v_1 = v_{R1} + v_{R3}$$

Hay:

$$R_1 \cdot i_1 + R_3 \cdot (i_1 - i_2) = v_1 \quad (1.72)$$

Phương trình cân bằng áp (viết theo định luật Kirchhoff 2) cho mắt lưới 2 :

$$v_{R3} = v_{R2} + v_2$$

Hay:

$$R_3 \cdot (i_1 - i_2) = R_2 \cdot i_2 + v_2$$

Suy ra:

$$-R_3 \cdot i_1 + (R_2 + R_3) \cdot i_2 = -v_2 \quad (1.73)$$

Thu gọn các quan hệ (1.72) và (1.73) chúng ta có hệ thống phương trình sau:

$$\begin{cases} (R_1 + R_3) \cdot i_1 - R_3 \cdot i_2 = v_1 \\ -R_3 \cdot i_1 + (R_2 + R_3) \cdot i_2 = -v_2 \end{cases}$$

Hệ phương trình trên có thể viết lại theo **dạng chính tắc** như sau:

$$\begin{cases} R_{11} \cdot i_1 - R_{12} \cdot i_2 = v_{s1} \end{cases} \quad (1.74)$$

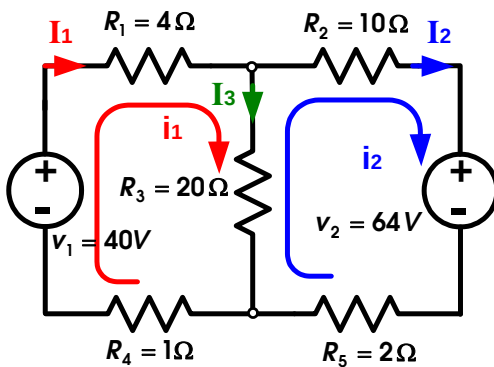
$$\begin{cases} -R_{21} \cdot i_1 + R_{22} \cdot i_2 = v_{s2} \end{cases} \quad (1.75)$$

Trong đó:

- ✚ $R_{11} = R_1 + R_3$ là hệ số của i_1 trong (1.74) : tổng các điện trở trong mắt lưới 1.
- ✚ $R_{22} = R_2 + R_3$ là hệ số của i_2 trong (1.75) : tổng các điện trở trong mắt lưới 2.
- ✚ $R_{12} = R_{21} = R_3$ là hệ số của $(-i_1)$ trong (1.74) và hệ số của $(-i_2)$ trong (1.75) : tổng tất cả các điện trở chung (phần tử biên) của mắt lưới 1 và mắt lưới 2.

- ✚ $v_{s1} = v_1$ là tổng điện áp trong mắt lưới 1 theo hướng i_1 ; do các nguồn áp tạo ra.
- ✚ $v_{s2} = -v_2$ là tổng điện áp trong mắt lưới 2 theo hướng i_2 ; do các nguồn áp tạo ra.

THÍ DU 1.8:



Cho mạch điện theo hình 1.53; áp dụng phương trình dòng mắt lưới tính **công suất tiêu thụ trên điện trở 20 Ω**. Tính lại bài toán khi hoán vị hai đầu nguồn áp V_2 .

GIẢI

Chọn dòng mắt lưới i_1 và i_2 như trong hình vẽ. Áp dụng phương pháp viết phương trình dòng mắt lưới như vừa trình bày theo các quan hệ (1.74) và (1.75); ta có hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} R_{11} \cdot i_1 - R_{12} \cdot i_2 = v_{s1} \\ -R_{21} \cdot i_1 + R_{22} \cdot i_2 = v_{s2} \end{cases}$$

HÌNH 1.53

Trong đó, R_{11} : **tổng các điện trở trong mắt lưới 1** (có dòng mắt lưới i_1 đi qua).

$$R_{11} = R_1 + R_3 + R_4 = 4 + 20 + 1 = 25 \Omega$$

R_{22} : **tổng các điện trở trong mắt lưới 2** (có dòng mắt lưới i_2 đi qua).

$$R_{22} = R_2 + R_3 + R_5 = 10 + 20 + 2 = 32 \Omega$$

$R_{12} = R_{21}$: hệ số của $(-i_1)$ và $(-i_2)$

$$R_{12} = R_{21} = R_3 = 20 \Omega$$

v_{s1} tổng điện áp trong lưới 1 do các nguồn áp tạo ra; $v_{s1} = v_1 = 40V$ (vì dòng điện i_1 qua nguồn theo hướng cùng tỏ nguồn v_1 đang phát năng lượng).

v_{s2} tổng điện áp trong lưới 2 do các nguồn áp tạo ra; $v_{s2} = -v_2 = -64V$ (vì dòng điện i_2 qua nguồn theo hướng ngược tỏ nguồn v_2 đang thu năng lượng).

Tóm lại:

$$\begin{cases} 25 \cdot i_1 - 20 \cdot i_2 = 40 \\ -20 \cdot i_1 + 32 \cdot i_2 = -64 \end{cases}$$

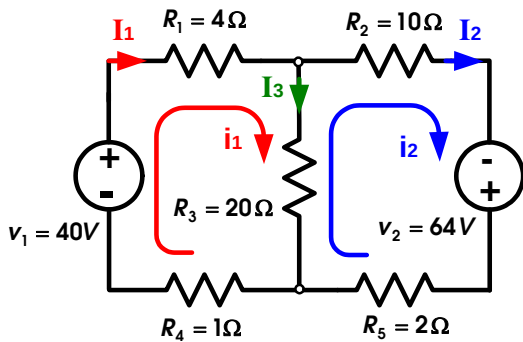
Áp dụng công thức Cramer giải hệ phương trình ta có kết quả $i_1 = 0A$ và $i_2 = -2A$

Suy ra dòng nhánh qua điện trở $R_3 = 20\Omega$ là :

$$I_3 = i_1 - i_2 = 0 - (-2) = 2A$$

Hướng dòng điện qua điện trở R_3 đúng theo hướng dòng nhánh I_3 đang vẽ trong mạch điện. Công suất tiêu thụ trên điện trở R_3 là :

$$P = R_3 \cdot I_3^2 = 20 \cdot 2^2 = 800W$$

GIẢI LẠI BÀI TOÁN TRONG THÍ DỤ 1.8 KHI HOÁN VỊ 2 ĐẦU CỦA NGUỒN ÁP v_2 :**HÌNH 1.54**

Khi hoán vị hai đầu nguồn v_2 ; mạch điện có dạng như trong hình 1.54 Áp dụng phương pháp xây dựng phương trình dòng mắt lưới vừa trình bày ở trên, ta có hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} 25.i_1 - 20.i_2 = 40 \\ -20.i_1 + 32.i_2 = 64 \end{cases}$$

Giải lại hệ phương trình ta có kết quả sau:

$$i_1 = 6,4 \text{ A} \quad \text{và} \quad i_2 = 6 \text{ A}$$

Suy ra dòng nhánh qua điện trở $R_3 = 20\Omega$ là :

$$I_3 = i_1 - i_2 = 6,4 - 6 = 0,4 \text{ A}$$

Hướng dòng điện qua điện trở R_3 đúng theo hướng dòng nhánh I_3 đang vẽ trong mạch điện. Công suất tiêu thụ trên điện trở R_3 là :

$$P = R_3.I_3^2 = 20.(0,4)^2 = 3,2 \text{ W}$$

1.9.2. MẠCH N MẮT LƯỚI CHỨA NGUỒN ÁP VÀ ĐIỆN TRỞ :

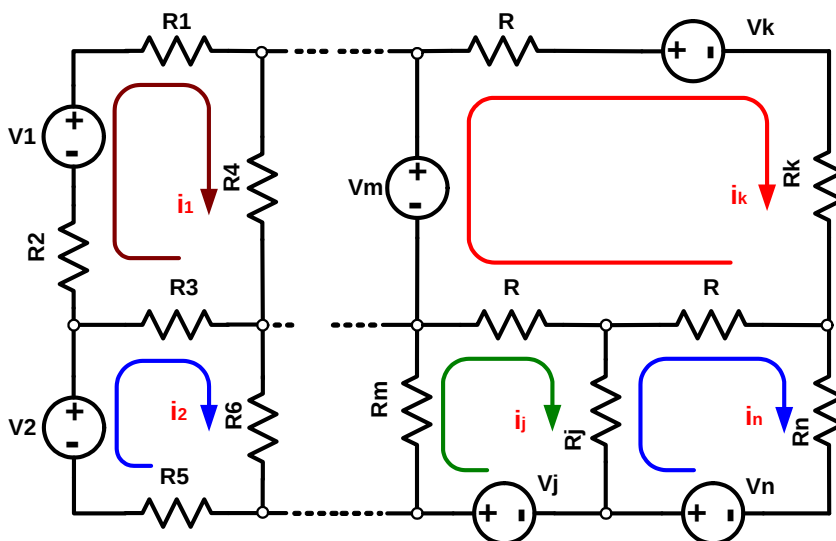
Bây giờ chúng ta xét trường hợp tổng quát mạch điện chứa n mắt lưới, xem hình 1.55. Trong các mắt lưới chỉ chứa nguồn áp và điện trở, khi giải mạch muốn xây dựng hệ thống phương

trình dòng mắt lưới, chúng ta tiến hành tuần tự theo các bước sau:

BƯỚC 1: Xác định số mắt lưới và đánh số tự các mắt lưới từ 1 đến n .

BƯỚC 2: Gọi : $i_1 ; i_2 ; i_3 ; i_4 \dots i_n$ là dòng điện mắt lưới chạy dọc theo các mắt lưới 1, 2, 3 . . . n . Các dòng điện này được chọn theo cùng hướng là chiều kim đồng hồ. Qui ước mắt lưới thứ k có dòng mắt lưới là i_k .

BƯỚC 3: Viết hệ phương trình tuyến tính có n ẩn số : $i_1 ; i_2 ; i_3 \dots i_n$ theo dạng chính tắc

**HÌNH 1.55**

$$\begin{cases} R_{11}.i_1 - R_{12}.i_2 - R_{13}.i_3 - \dots - R_{1n}.i_n = v_{s1} \\ -R_{21}.i_1 + R_{22}.i_2 - R_{23}.i_3 - \dots - R_{2n}.i_n = v_{s2} \\ -R_{31}.i_1 - R_{32}.i_2 + R_{33}.i_3 - \dots - R_{3n}.i_n = v_{s3} \\ \dots \\ -R_{n1}.i_1 - R_{n2}.i_2 - R_{n3}.i_3 - \dots + R_{nn}.i_n = v_{sn} \end{cases} \quad (1.76)$$

Trong đó:

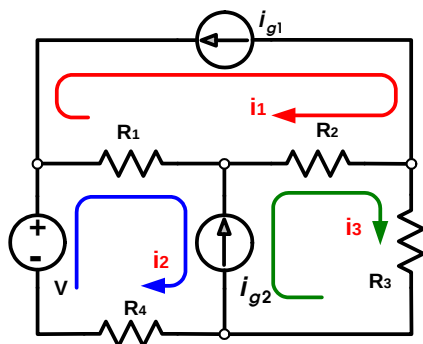
- ✚ R_{kk} : **tổng điện trở trong lưới thứ k** (hệ số của dòng điện mắt lưới i_k).
- ✚ R_{kj} : **tổng điện trở chung của mắt lưới k và mắt lưới j** (là hệ số của dòng điện $-i_j$)
- ✚ $R_{jk} = R_{kj}$: **tổng điện trở chung của mắt lưới j và mắt lưới k** (là hệ số của dòng điện $-i_k$).
- ✚ V_{sk} : **tổng đại số của các điện áp trong mắt lưới k theo hướng của i_k .**

Các giá trị k là số nguyên dương từ 1 đến n ($k = 1, 2, 3 \dots n$).

BƯỚC 4: Giải hệ phương trình (1.76) tìm các ẩn số dòng điện trong các mắt lưới.

BƯỚC 5: Từ các giá trị dòng mắt lưới, chúng ta suy ra dòng nhánh và các thông số khác của mạch điện theo yêu cầu bài toán.

1.9.3. PHƯƠNG TRÌNH DÒNG MẮT LƯỚI CHỨA NGUỒN DÒNG – SIÊU MẮT LƯỚI :



HÌNH 1.56

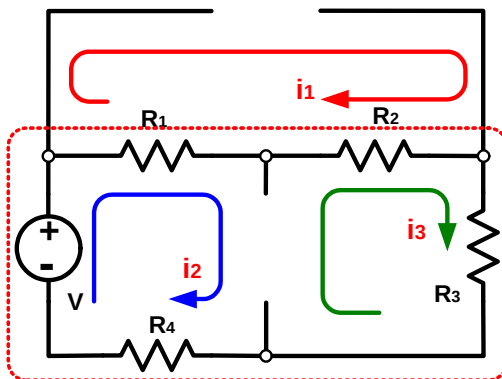
Khi mạch điện có chứa nguồn dòng, số phương trình dòng mắt lưới cần xây dựng sẽ giảm theo số lượng nguồn dòng đang có trong mạch. Trong trường hợp này dòng mắt lưới có quan hệ với các nguồn dòng trên các nhánh.

Trong hình 1.56 mạch điện có ba mắt lưới, với cách chọn dòng mắt lưới trong hình vẽ ta có các quan hệ sau;

$$i_1 = -i_{g1} \quad (1.77)$$

$$i_3 - i_2 = i_{g2} \quad (1.78)$$

✚ Với các quan hệ (1.77) và (1.78) ta có được hai phương trình chứa 3 ẩn số dòng mắt lưới, chỉ cần xác định thêm phương trình thứ ba để giải được hệ phương trình tìm ra các nghiệm số.



SIÊU MẮT LƯỚI

HÌNH 1.57

✚ Bây giờ chúng ta xét thêm một **khái niệm về siêu mắt lưới**. Tưởng tượng các **nguồn dòng trong mạch khảo sát được hủy, $i = 0$ (mạch điện hở tại các vị trí nguồn dòng)**; mạch điện trong hình 1.56 được vẽ lại trong hình 1.57. Bây giờ mạch điện chỉ tương ứng với vòng (V, R_1, R_2, R_3, R_4) .

Trong trường hợp này **vòng hiện có được gọi là siêu mắt lưới**.

Áp dụng định luật Kirchhoff 2 viết phương trình cân bằng áp trong siêu mắt lưới, ta có được phương trình thứ ba chứa các ẩn số dòng mắt lưới.

CHÚ Ý:

Muốn viết phương trình cân bằng áp trên siêu mắt lưới, **mặc dù chúng ta tưởng tượng các nguồn dòng được hủy**; nhưng **vẫn phải duy trì dòng mắt lưới đã chọn** khi xây dựng phương trình.

Ta có:

$$V = R_1 \cdot (i_2 - i_1) + R_2 \cdot (i_3 - i_1) + R_3 \cdot i_3 + R_4 \cdot i_2$$

Hay

$$-(R_1 + R_2) \cdot i_1 + (R_1 + R_4) \cdot i_2 + (R_2 + R_3) \cdot i_3 = V$$

Tóm lại chúng ta có hệ phương trình dùng giải mạch như sau:

$$\begin{cases} -(R_1 + R_2).i_1 + (R_1 + R_4).i_2 + (R_2 + R_3).i_3 = V \\ i_1 = -i_{g1} \\ i_3 - i_2 = i_{g2} \end{cases}$$

THÍ DỤ 1.9:

Cho mạch điện trong hình 1.57, áp dụng phương trình dòng mắt lưới tính dòng I và áp V

GIẢI

✚ Đầu tiên chọn dòng qua các mắt lưới cùng chiều kim đồng hồ, xem hình 1.57.

✚ Dòng mắt lưới i_1 có giá trị bằng **nguồn dòng 3A**.

Như vậy, chỉ cần viết các phương trình dòng mắt lưới cho các lưới chứa dòng i_2 và i_3 . Ta có các quan hệ sau:

$$\begin{cases} -(7).i_1 + (7 + 8).i_2 - (8).i_3 = 38 \\ -(0).i_1 - (8).i_2 + (8 + 4 + 13).i_3 = 10 \end{cases}$$

✚ Thay giá trị $i_1 = 3 \text{ A}$ vào các quan hệ trên, thu gọn để có hệ phương trình sau:

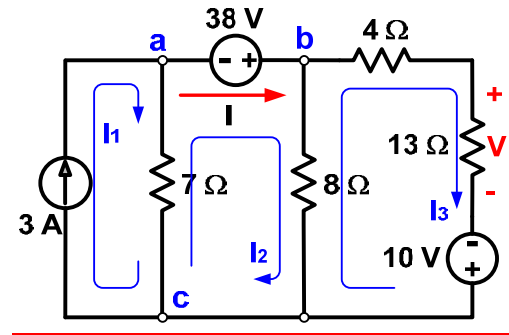
$$\begin{cases} 15.i_2 - 8.i_3 = 59 \\ -8.i_2 + 25.i_3 = 10 \end{cases}$$

Giải hệ phương trình suy ra các kết quả sau: $i_2 = 5 \text{ A}$ và $i_3 = 2 \text{ A}$

Dòng điện I cần tìm chính là dòng mắt lưới i_2 , suy ra : $I = 5 \text{ A}$

Áp V cần tìm được xác định theo quan hệ sau:

$$V = 13.i_3 = 13.2 = 26 \text{ V}$$



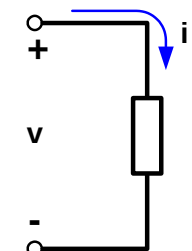
HÌNH 1.57

1.10. MẠCH TƯƠNG ĐƯƠNG THÉVÉNIN VÀ NORTON :

1.10.1. MẠCH CON TƯƠNG ĐƯƠNG – MẠCH 1 CỬA:

✚ Khi phân tích mạch điện, phương pháp đơn giản nhất là thu gọn hay đơn giản mạch. Đây là phương pháp **thay thế một phần của mạch thành mạch con đơn giản hơn**, ít phần tử hơn nhưng không làm thay đổi bất cứ dòng và áp trong phần mạch còn lại.

✚ Mạch con có thể gồm một hoặc nhiều phần tử nối với nhau. **Nếu mạch con chỉ có hai đầu được gọi là mạch một cửa**, được ký hiệu như trong hình 1.58.



HÌNH 1.58

Trong đó, ta gọi v là áp đầu ra và i là dòng đầu ra. Phần mạch ký hiệu bằng hình chữ nhật có thể chứa một hay nhiều phần tử.

Qui luật quan hệ giữa các đại lượng trên đầu ra : v, i được gọi là **đặc tuyến $v - i$** hay **đặc tuyến volt-ampère ($v = f(i)$)** của mạch một cửa.

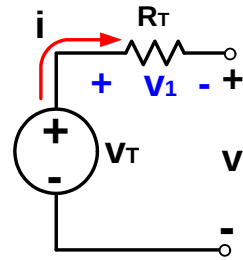
✚ Hai mạch một cửa được **gọi là tương đương** khi chúng có cùng luật đầu ra.

✚ Trong quá trình phân tích mạch, chúng ta có thể thay thế mạch một cửa bằng một mạch một cửa tương đương mà không làm thay đổi bất kỳ dòng, áp nào bên ngoài mạch một cửa.

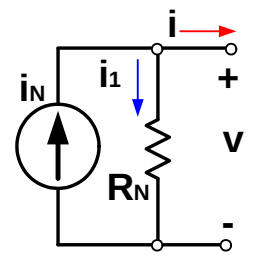
1.10.2. MẠCH TƯƠNG ĐƯƠNG THÉVENIN VÀNORTON:ĐỊNH NGHĨA:

✚ Mạch **Thévenin** là mạch gồm một nguồn áp v_T ghép nối tiếp với một điện trở R_T , xem hình 1.59.

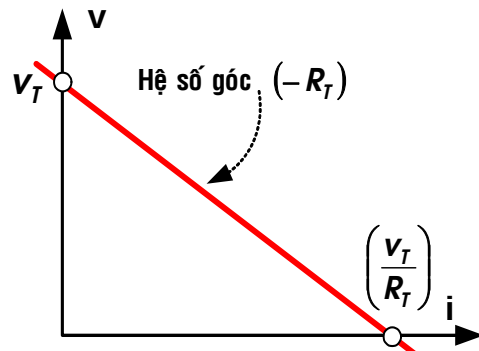
✚ Mạch **Norton** gồm nguồn dòng i_N ghép song song với điện trở R_N , xem hình 1.60.



HÌNH 1.59



HÌNH 1.60



HÌNH 1.61

LUẬT ĐẦU RA CỦA MẠCH THÉVENIN:

Từ mạch điện hình 1.59, áp dụng định luật Kirchhoff 2 ta có:

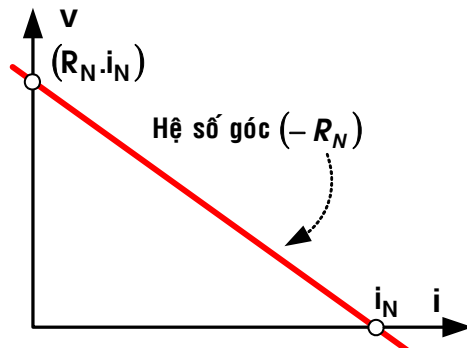
$$v_T - v_1 - v = 0$$

Hay:

$$v = -v_1 + v_T$$

$$v = -R_T \cdot i + v_T \quad (1.79)$$

Quan hệ (1.79) xác định **luật đầu ra cho mạch Thévenin**. Đồ thị mô tả quan hệ v theo i có dạng đường thẳng, hệ số góc âm ($-R_T$); xem hình 1.61.



HÌNH 1.62

LUẬT ĐẦU RA CỦA MẠCH NORTON:

Từ mạch điện hình 1.60, áp dụng định luật Kirchhoff 1 ta có:

$$i_N = i_1 + i$$

Hay:

$$i_1 = -i + i_N$$

Theo định luật Ohm ta có: $v = R_N \cdot i_1$.

Tóm lại:

$$v = -R_N \cdot i + R_N \cdot i_N \quad (1.80)$$

Quan hệ (1.80) xác định **luật đầu ra cho mạch Norton**. Đồ thị mô tả quan hệ v theo i có dạng đường thẳng, hệ số góc âm ($-R_N$), xem hình 1.62.

Từ các quan hệ (1.79) và (1.80) **luật đầu ra của mạch Thévenin và Norton tương đương nhau** khi chúng ta tương đương các giá trị sau:

$$R_N = R_T$$

$$V_T = R_N \cdot i_N$$

(1.81)

Tóm lại, có thể **thay thế mạch một cửa Thévenin thành mạch tương đương Norton hoặc ngược lại**. Khi qui đổi tương đương, **các thông số trong các mạch phải biến đổi thỏa quan hệ (1.81)**.

THÍ DU 1.10:

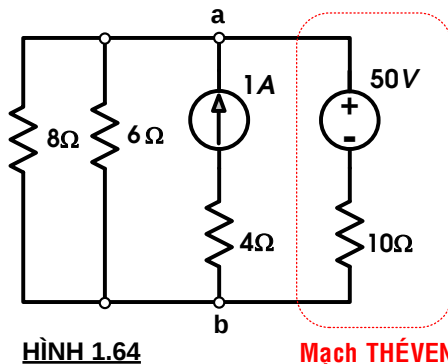
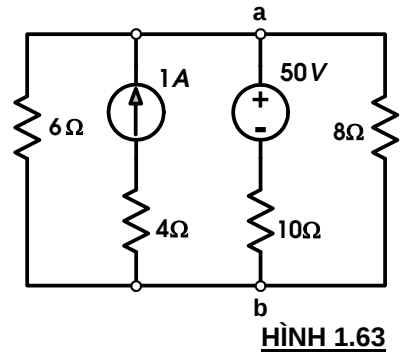
Cho mạch điện hình 1.63, áp dụng mạch tương đương Thévenin hay Norton tìm dòng điện qua phần tử điện trở 8Ω .

GIẢI:

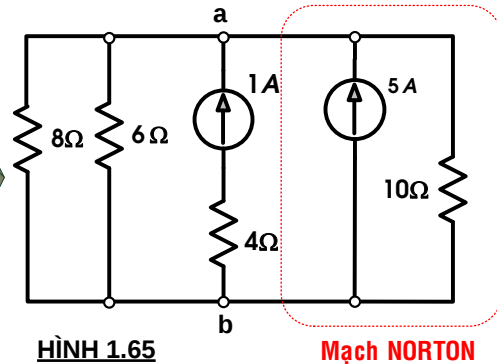
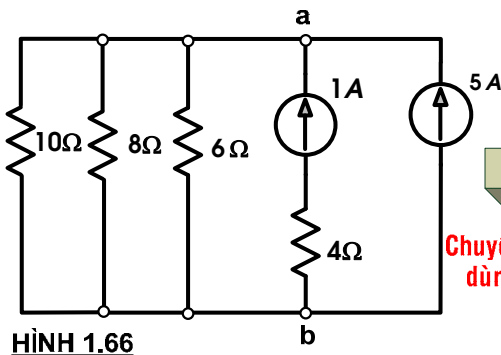
Đầu tiên **vẽ lại mạch điện tương đương** của mạch điện hình 1.63, xem hình 1.64.

Từ mạch điện hình 1.64; **áp dụng mạch tương đương Thévenin với Norton**, chuyển đổi mạch trong hình 1.64 sang mạch tương đương hình 1.65.

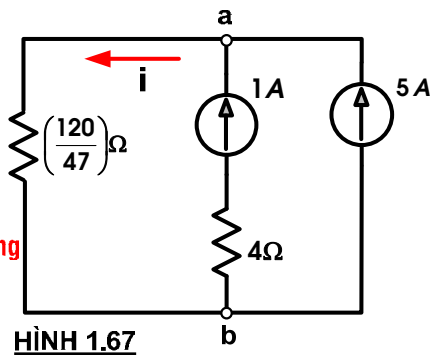
Kế tiếp biến đổi mạch trong hình 1.65 sang mạch tương đương hình 1.66.

**Mạch THÉVENIN**

Chuyển đổi mạch tương đương

**HÌNH 1.65****Mạch NORTON****HÌNH 1.66**

Chuyển đổi mạch tương đương dùng điện trở tương đương

**HÌNH 1.67**

Trong mạch hình 1.66, thay thế các điện trở ghép song bằng điện trở tương đương, ta có:

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{8} + \frac{1}{6} = \frac{24}{240} + \frac{30}{240} + \frac{40}{240} = \frac{94}{240}$$

Suy ra:

$$R_{td} = \frac{240}{94} = \frac{120}{47} \Omega$$

Mạch tương đương sau cùng trình bày trong hình 1.67. **Dòng I qua R_{td} là $I = 6A$.** Suy ra, điện áp giữa hai nút ab là:

$$v_{ab} = R_{td} \cdot i = \frac{120}{47} \cdot 6 = \frac{720}{47} V$$

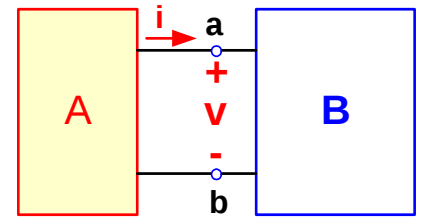
Từ kết quả tìm được trở lại mạch trong hình 1.63, suy ra dòng điện qua điện trở 8Ω . Ta có:

$$i = \frac{v_{ab}}{8\Omega} = \frac{720}{47 \cdot 8} = \frac{90}{47} = 1,9148 \approx 1,915 A$$

1.10.3. ĐỊNH TRỰC TIẾP MẠCH THÉVENIN HAY NORTON TỪ MẠCH ĐIỆN CHO TRƯỚC:

Với mạch điện cho trước, để xác định trực tiếp mạch điện tương đương Thévenin hay Norton chúng ta áp dụng phương pháp sau.

✚ Giả sử mạch điện được phân chia thành hai mạch con A và B nối với nhau tại hai nút a và b, hình 1.68.

**HÌNH 1.68**

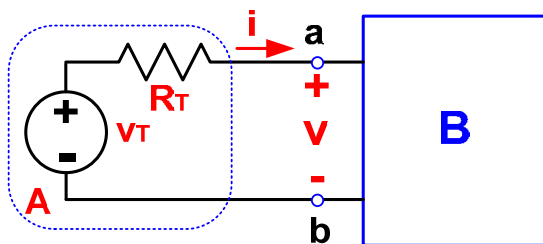
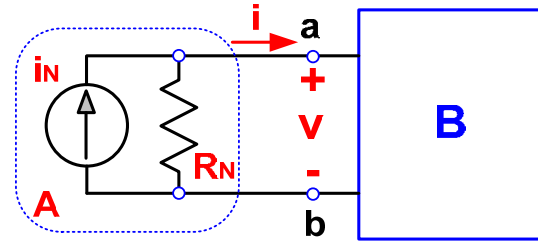
✚ Muốn tính toán dòng và áp trong B mà không cần quan tâm đến dòng áp trong A; chúng ta cần chứng minh: nếu A chỉ chứa điện trở và nguồn độc lập thì luật đầu ra của nó có dạng $v = f(i) = \alpha i + \beta$ với α và β là các hằng số. Đồ thị của hàm này trong hệ tọa độ i-v tương tự như đã trình bày trong hình 1.61.

✚ Nếu đặt $\alpha = -R_T$ và $\beta = v_T$ thì A sẽ tương đương với dạng Thévenin, hình 1.69.

✚ Dạng Norton tương đương với A có thể tìm được theo một trong hai phương pháp sau, xem hình 1.70.

✚ Thực hiện phép biến đổi Thévenin – Norton.

✚ Dùng phương pháp so sánh $v = f(i) = \alpha i + \beta$ với cách đặt $\alpha = -R_N$ và $i_N = \frac{-\beta}{\alpha}$.

**HÌNH 1.69****HÌNH 1.70**

Sau khi thay thế mạch con A bằng các mạch Thévenin hay Norton, công việc giải mạch sẽ đơn giản, nhẹ nhàng hơn.

Với luật đầu ra của mạch con A trong hình 1.69 có dạng :

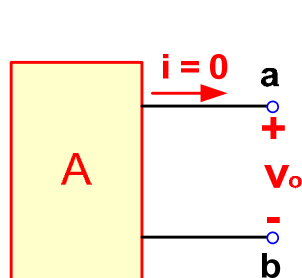
$$v = f(i) = \alpha i + \beta = -R_T \cdot i + v_T \quad (1.82)$$

Đồ thị của hàm ra trình bày trong hình 1.61. Khi cho $i = 0$; suy ra:

$$v(0) = f(0) = +v_T \quad (1.83)$$

Ta kết luận:

v_T chính là giá trị của điện áp v trên hình 1.69 khi $i = 0$; nghĩa là A bị hở mạch tại a và b. Giá trị của v lúc đó được gọi là điện áp hở mạch v_o .

**HÌNH 1.71**

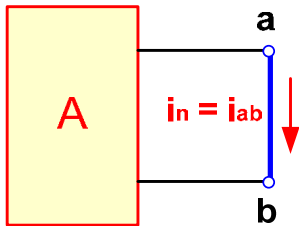
$$v_T = v_o$$

$$(1.84)$$

Giá trị v_o được tính từ sơ đồ mạch trong hình 1.69 bằng cách cắt đứt các dây nối A với B tại các nút a, b; rồi tính điện áp v_{ab} xuất hiện tại các nút a, b do các nguồn bên trong A tạo ra; xem hình 1.71.

Bây giờ ngắn mạch a, b; tức là cho $v = 0$. Quan hệ (1.82) được viết lại như sau:

$$v = f(i) = \alpha i + \beta = -R_N \cdot i_n + v_N = 0 \quad (1.85)$$



HÌNH 1.72

Trong đó i_n : là dòng điện ngắn mạch chạy từ a đến b trên hình 1.70 ; sau khi đã tách A khỏi B rồi nối hai nút a với b bằng dây không điện trở (điện trở vô cùng bé), xem hình 1.72. Từ (4.30) chúng ta suy ra:

$$R_T = \frac{v_T}{i_n} = \frac{v_o}{i_n} \quad (1.86)$$

Tổng hợp hai kết quả trên, chúng ta được phương pháp xác định trực tiếp dạng Thévenin từ sơ đồ mạch.

Cho mạch con A hở mạch v_o tính từ hình 1.69 và dòng ngắn mạch i_n tính từ hình 1.70. Mạch Thévenin tương đương của A có thể tìm từ các quan hệ sau:

$$v_T = v_o$$

và

$$R_T = \frac{v_o}{i_n}$$

Dùng các kết quả này chúng ta chuyển mạch sang dạng Norton.

Cho mạch con A hở mạch v_o tính từ hình 1.69 và dòng ngắn mạch i_n tính từ hình 1.70. Mạch Norton tương đương của A có thể tìm từ các quan hệ sau:

$$i_N = i_n$$

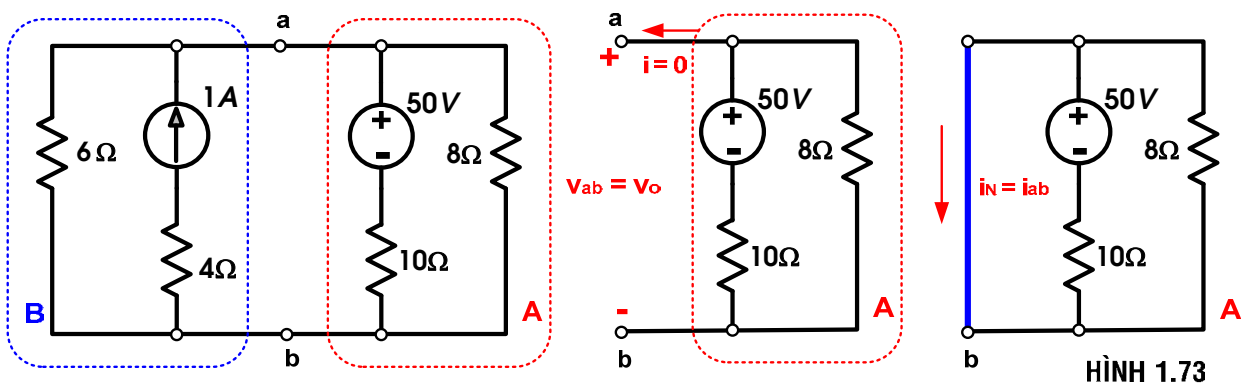
và

$$R_N = \frac{v_o}{i_n}$$

THÍ DU 1.11

Áp dụng phương pháp tính trực tiếp mạch Thévenin giải lại bài toán cho trong thí dụ 1.10.

GIẢI



HÌNH 1.73

Đầu tiên mạch điện trong hình 1.63 được vẽ lại thành hai mạch con như trong hình 1.73 . Sau đó cắt đứt hai mạch con tại a, b rồi xác định điện áp hở mạch v_o và dòng ngắn mạch ab, i_n .

XÁC ĐỊNH ĐIỆN ÁP MẠCH HỖ v_o :

Khi dòng điện trên ngõ ra của mạch con A là $i = 0$; điện áp v_o chính là điện áp đặt lên điện trở R trong mạch con A. Áp dụng cầu phân áp ta có kết quả sau: $v_o = \frac{8 \cdot 50}{10 + 8} = \frac{200}{9} \text{ V}$

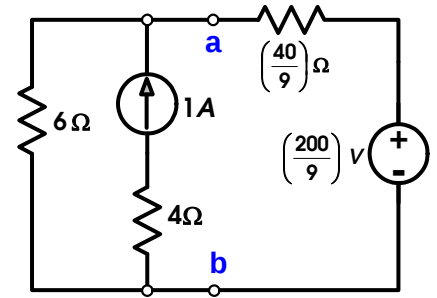
XÁC ĐỊNH DÒNG NGẮN MẠCH i_n :

Khi nối tắt ab, điện trở 8Ω xem như nối song song với điện trở 0Ω; như vậy điện trở tương đương của hệ thống là 0Ω . Áp dụng định luật Ohm ta có dòng ngắn mạch là: $i_n = \frac{50}{10} = 5 \text{ A}$

Áp dụng các quan hệ (1.85) và (1.86) chúng ta suy ra mạch Thévenin tương đương với mạch con A có các thông số như sau:

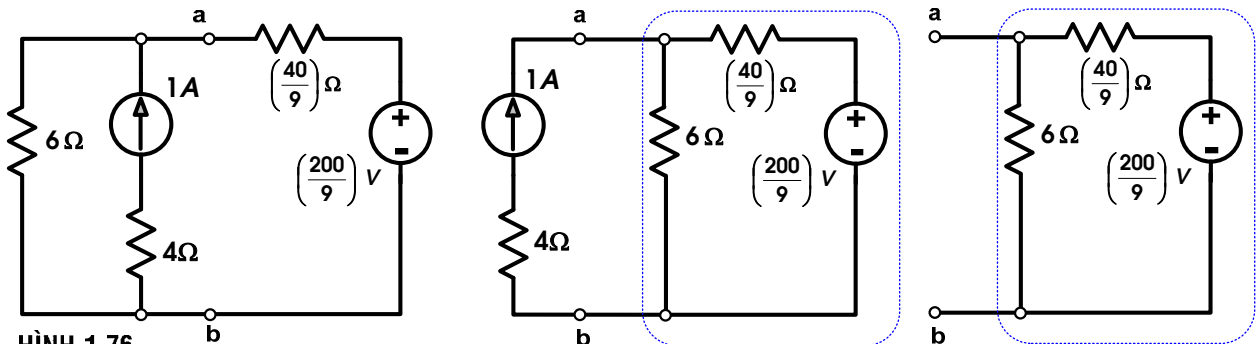
$$V_0 = V_N = \frac{200}{9} \text{ V}$$

$$R_n = \frac{V_0}{i_n} = \frac{\left(\frac{200}{9}\right)}{5} = \frac{40}{9} \Omega$$



HÌNH 1.75

Mạch Thévenin tìm được cho toàn hệ thống ghi nhận như trong hình 1.75. Sau khi thu gọn mạch con A, đầu nối trở lại mạch con A vào mạch con B.



HÌNH 1.76

Với mạch 1.75 chúng ta có thể thực hiện một lần biến đổi mạch Thévenin với các mạch con như sau, xem hình 1.76.

Xác định mạch tương đương Thévenin lần thứ nhì ta có:

✚ XÁC ĐỊNH ĐIỆN ÁP MẠCH HỒ V_0 .

Khi dòng điện trên ngõ ra của mạch con A là $i = 0$; điện áp V_0 chính là điện áp đặt lên điện trở 6

Ω trong mạch con A. Áp dụng cầu phân áp ta có kết quả sau:

$$V_0 = \frac{\left(\frac{200}{9}\right) \cdot 6}{\left(\frac{40}{9} + 6\right)} = \frac{600}{47} \text{ V}$$

✚ XÁC ĐỊNH DÒNG NGẮN MẠCH i_n .

Khi nối tắt ab, điện trở 6Ω xem như nối song song với điện trở 0Ω; như vậy điện trở tương

đương của hệ thống là 0Ω. Áp dụng định luật Ohm ta có dòng ngắn mạch là:

$$i_n = \frac{\left(\frac{200}{9}\right)}{\left(\frac{40}{9}\right)} = 5 \text{ A}$$

Áp dụng các quan hệ (1.84) và (1.86) chúng ta suy ra mạch Thévenin tương đương mạch con A có các thông số như sau:

$$V_0 = V_N = \frac{600}{47} \text{ V} \quad R_n = \frac{V_0}{i_n} = \frac{\left(\frac{600}{47}\right)}{5} = \frac{120}{47} \Omega$$

Mạch tương đương của toàn hệ thống sau khi biến đổi theo Thévenin lần thứ nhì được thu gọn theo hình 1.77. Trong hình 1.77; dòng điện i đang vẽ trong mạch có giá trị đối với nguồn dòng đang chứa trong mạch: $i = -1\text{A}$

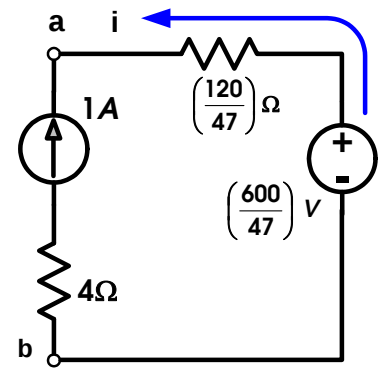
Áp dụng định luật Kirchhoff 2 ta có phương trình cân bằng áp cho toàn mạch lưới là :

$$-\left(\frac{120}{47}\right) \cdot i + \left(\frac{600}{47}\right) = v_{ab}$$

Suy ra:

$$v_{ab} = \frac{600}{47} - \left(\frac{120}{47}\right) \cdot (-1) = \frac{720}{47} \text{ V}$$

Kết quả tìm được như đã tính trong thí dụ 1.10.



HÌNH 1.77

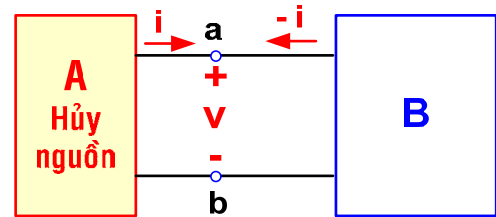
1.10.4. XÁC ĐỊNH R_T VÀ R_N BẰNG PHƯƠNG PHÁP HỦY NGUỒN:

Từ các mạch tương đương Thévenin và Norton vẽ trong hình 1.69 và 1.70 ; giả sử luật đầu ra của mạch con A được xác định theo quan hệ $v = f(i) = -R_T \cdot i + v_T$. **Nếu các nguồn trong A có trị số rất nhỏ**, dẫn đến **điện áp v_T hay điện áp hở mạch có giá trị rất nhỏ**.

Trường hợp đặc biệt, nếu **tất cả các nguồn trong A đều bằng 0**; **hiên nhiên giá trị điện áp $v_o = v_T = 0 \text{ V}$** . Như vậy hàm ngõ ra của mạch Thévenin thu gọn là:

$$v = -R_T \cdot i$$

Tình trạng đặc biệt này được gọi là **mạch con A bị hủy nguồn**, hình 1.78.



HÌNH 1.78

Hình 1.78 chỉ là trường hợp đặc biệt của hình 1.68. Khi **tất cả các nguồn trong mạch con A bị hủy**, bên trong **chỉ còn các phần tử điện trở**. Khi nhìn vào A từ hai đầu ab **mạch con A tương đương như một điện trở**.

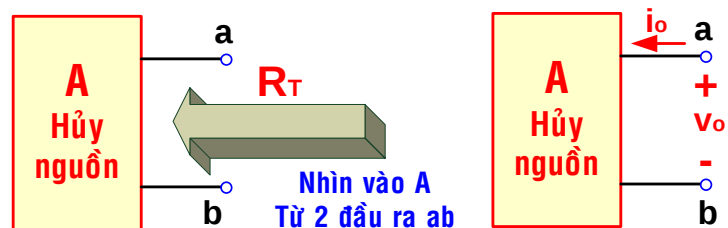
TÓM LẠI:

Điện trở tương đương R_T của mạch Thévenin có giá trị bằng với điện trở R_N của mạch một cửa A. Điện trở tương đương này chính là **điện trở tương đương của A (khi hủy nguồn)** nhìn từ cặp đầu ra của mạch con A.

Có hai phương pháp dùng xác định giá trị R_T (hay R_N).

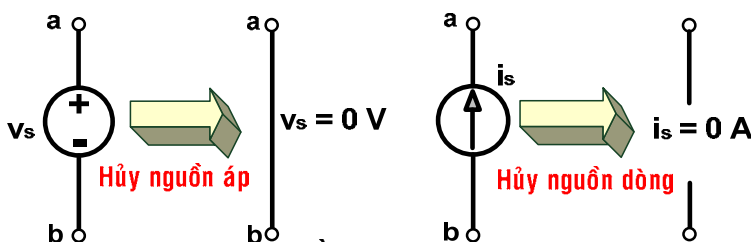
PHƯƠNG PHÁP 1:

Dùng các công thức xác định điện trở tương đương của hệ thống điện trở ghép nối tiếp hay song song để thu gọn điện trở trong mạch con A (hủy nguồn).



HÌNH 1.79

Phương thức hủy nguồn được trình bày như sau, xem hình 1.80:



HÌNH 1.80

Một **nguồn áp được hủy** bằng cách **cho hàm nguồn $v_s = 0 \text{ V}$** ; nói khác đi **hủy nguồn áp là làm nối tắt (ngắn mạch) hai đầu nguồn**

Một **nguồn dòng được hủy** bằng cách **cho hàm nguồn $i_s = 0 \text{ A}$** ; nói khác đi **hủy nguồn dòng là làm hở mạch hai đầu nguồn**

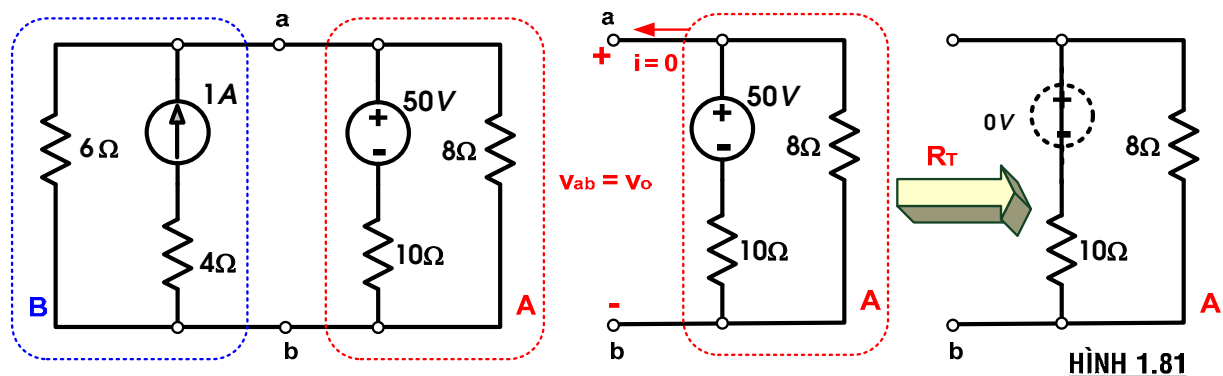
PHƯƠNG PHÁP 2: Cung cấp vào **mạch con A (đã hủy nguồn)** một **điện áp v_0** rồi tính **dòng i_0 từ đó suy ra giá trị R_T** theo quan hệ : $R_T = \frac{v_0}{i_0}$

THÍ DỤ 1.12:

Áp dụng phương pháp hủy nguồn xác định điện trở tương đương Thévenin của mạch con A đã xác định trong thí dụ 1.11.

GIẢI

Với mạch điện 1.73 cho trong thí dụ 1.11; sau khi chúng ta tách mạch A; áp dụng phương pháp hủy nguồn trong mạch con A chúng ta xác định điện trở tương đương R_T của mạch con A như sau, xem hình 1.81:



$$R_T = \frac{10 \cdot 8}{10 + 8} = \frac{80}{18} = \frac{40}{9} \Omega$$

Kết quả tính được giống như đã xác định trong thí dụ 1.11.

1.11. NGUYÊN LÝ XẾP CHỒNG :

1.11.1. PHẦN TỬ TUYẾN TÍNH VÀ MẠCH TUYẾN TÍNH :

Điện trở R là phần tử tuyến tính vì thỏa định luật Ohm $v = R \cdot i$. Chúng ta định nghĩa mạch tuyến tính theo quan niệm sau:

Mạch tuyến tính là **mạch chỉ chứa các phần tử tuyến tính và nguồn độc lập.**

Các phương trình của mạch tuyến tính được xây dựng từ các định luật Kirchhoff và luật i - v trên từng phần tử trong mạch; một các tổng quát ta có:

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n = y \quad (1.87)$$

Trong đó x_k là **dòng hay áp**, còn y là **tổng đại số các hàm nguồn**. Chúng ta rút ra nhận xét khi $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ thỏa (1.87) thì $(Kx_1, Kx_2, \dots, Kx_n)$ sẽ thỏa phương trình:

$$a_1(Kx_1) + a_2(Kx_2) + \dots + a_n(Kx_n) = Ky \quad (1.88)$$

1.11.2. NGUYÊN LÝ XẾP CHỒNG :

Trong mục này chúng ta xét **mạch tuyến tính với nhiều nguồn độc lập**. Bây giờ giả sử trong (1.87) có hai nguồn, quan hệ được viết lại như sau:

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n = y_1 + y_2 \quad (1.89)$$

Bây giờ ta **hủy nguồn y_2** , tức hàm $y_2 = 0$; vì chúng ta không thay đổi phần tử và cách nối nên chúng ta có được phương trình mới khi $y_2 = 0$. Các hệ số : $a_1, a_2 \dots a_k$ vẫn như cũ. Gọi $(x_{11}, x_{21}, \dots x_{k1} \dots)$ là nghiệm mới của phương trình này, ta có đẳng thức như sau:

$$a_1 x_{11} + a_2 x_{21} + \dots + a_n x_{n1} = y_1 \quad (1.90)$$

Trong đó, các chỉ số 1 thêm vào trong các giá trị x_k để chỉ nghiệm tìm được khi chỉ có nguồn 1 hoạt động còn nguồn 2 bị hủy. Bây giờ cho nguồn 2 hoạt động và hủy nguồn 1 ($y_1 = 0$), ta có kết quả tương tự như sau:

$$a_1 x_{12} + a_2 x_{22} + \dots + a_n x_{n2} = y_2 \quad (1.91)$$

Trong đó $(x_{12}, x_{22}, \dots x_{k2} \dots)$ là nghiệm mới của phương trình này, với các chỉ số 2 thêm vào trong các giá trị x_k để chỉ nghiệm tìm được khi chỉ có nguồn 2 hoạt động còn nguồn 1 bị hủy. Thực hiện phép cộng từng vế theo vế của các quan hệ (4.71) và (4.72) ta có kết quả như sau:

$$a_1 (x_{11} + x_{12}) + a_2 (x_{21} + x_{22}) + \dots + a_n (x_{n1} + x_{n2}) = y_1 + y_2 \quad (1.92)$$

So sánh (1.89) và (1.92), chúng ta rút ra kết luận như sau:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_{11} + x_{12} \\ x_2 &= x_{21} + x_{22} \\ &\dots \\ x_n &= x_{n1} + x_{n2} \end{aligned} \quad (1.93)$$

Các giá trị trình bày trong (1.93) chứng tỏ :

Đáp ứng của một mạch có nhiều nguồn độc lập bằng tổng đáp ứng đối với từng nguồn khi tất cả các nguồn khác còn lại bị hủy không hoạt động. Nguyên lý này được gọi là **nguyên lý xếp chồng**.

TRÌNH TỰ KHẢO SÁT MẠCH DÙNG NGUYÊN LÝ XẾP CHỒNG:

BƯỚC 1: Xác định số nguồn m và đánh số thứ tự.

BƯỚC 2: Chỉ cho một nguồn làm việc hủy **tất cả các nguồn độc lập khác còn lại**. Giải mạch để tìm ra các giá trị x_{k1} do nguồn 1 tạo nên.

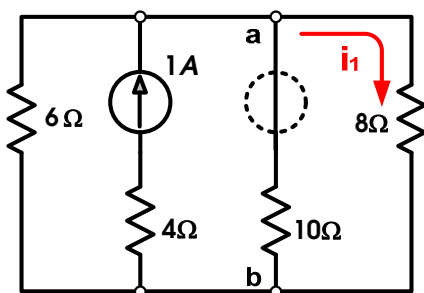
BƯỚC 3: Tiếp tục thực hiện như bước 2 cho lần lượt **các nguồn khác còn lại**.

BƯỚC 4: Xác định kết quả bằng cách **tổng hợp các kết quả theo quan hệ (1.93)**

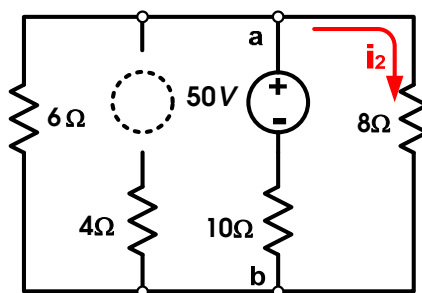
THÍ DU 1.13:

Giải bài toán cho trong thí dụ 1.10, xác định dòng điện qua điện trở 8Ω bằng cách **áp dụng nguyên lý xếp chồng**.

GIẢI:



Mạch tương đương khi hủy nguồn áp
HÌNH 1.82



Mạch tương đương khi hủy nguồn dòng
HÌNH 1.83

Mạch điện chứa hai nguồn độc lập; lần lượt hủy từng nguồn và xác định dòng qua điện trở 8Ω (*khi vẫn hành từng nguồn trong mạch*). Các mạch điện khi hủy nguồn và chỉ cho một nguồn hoạt động, trình bày trong hình 1.82 và 1.83. Xác định dòng điện i_1 và i_2 qua điện trở 8Ω trong mỗi mạch tương đương.

Giá trị thực sự của dòng I qua điện trở này khi cả hai nguồn cùng làm việc là $i = i_1 + i_2$.

DÒNG QUA ĐIỆN TRỞ KHI HỦY NGUỒN ÁP

Với mạch điện hình 1.82, chọn b làm nút chuẩn, gọi V_{ab} là điện thế tại **nút a so với nút chuẩn**.

Phương trình điện thế nút tại a có dạng như sau:

$$\frac{V_{ab}}{6} + \frac{V_{ab}}{10} + \frac{V_{ab}}{8} = 1$$

Giải phương trình trên ta được kết quả như sau:

$$V_{ab} \cdot \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{10} + \frac{1}{8} \right) = 1$$

$$V_{ab} = \frac{240}{94} = \frac{120}{47}$$

Dòng điện qua điện trở 8Ω khi chỉ có nguồn dòng 1A hoạt động:

$$i_1 = \frac{V_{ab}}{8} = \frac{120}{47 \cdot 8} = \frac{15}{47} \text{ A}$$

DÒNG QUA ĐIỆN TRỞ KHI HỦY NGUỒN DÒNG

Khi hủy nguồn dòng trong mạch hình 1.83 và chỉ vận hành nguồn áp, áp dụng phương trình điện thế nút tại a khi chọn nút b làm nút chuẩn. Ta có:

$$\frac{V_a}{6} + \frac{V_a}{8} + \frac{V_a - 50}{10} = 0$$

Thu gọn ta có:

$$V_a \cdot \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10} \right) = 5$$

Suy ra:

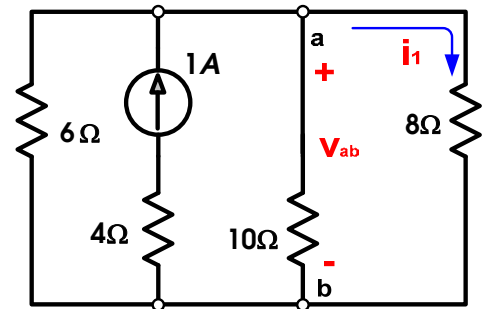
$$V_a = \frac{5 \cdot 240}{94} = \frac{600}{47}$$

Dòng điện qua điện trở 8Ω khi chỉ có nguồn áp 50 V hoạt động:

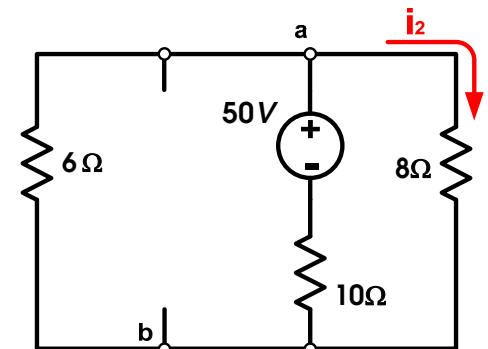
$$i_2 = \frac{V_a}{8} = \frac{600}{47 \cdot 8} = \frac{75}{47}$$

Khi cả hai nguồn cùng hoạt động dòng điện thực sự qua điện trở 8Ω xác định theo nguyên lý xếp chồng là:

$$i = i_1 + i_2 = \frac{15}{47} + \frac{75}{47} = \frac{90}{47} \text{ A}$$



HÌNH 1.82



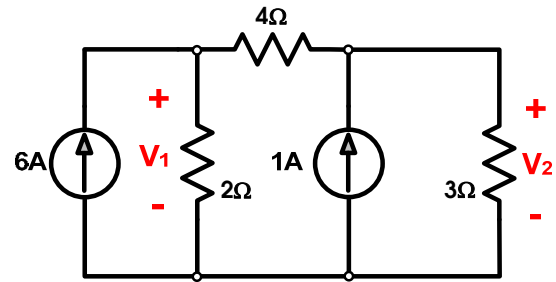
HÌNH 1.83

BÀI TẬP TỪ MỤC 1.7 ĐẾN 1.11

BÀI TẬP 1.15

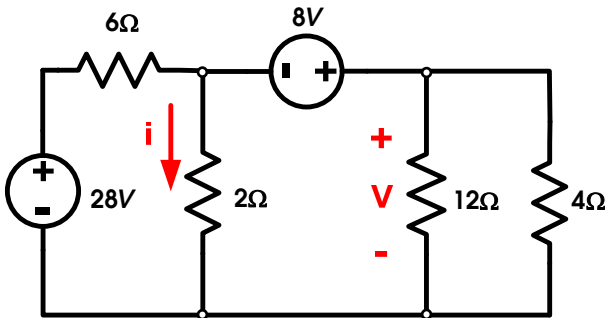
Xác định điện áp v_1 và v_2

ĐÁP SỐ: $v_1 = 10V$; $v_2 = 6V$

**BÀI TẬP 1.15**

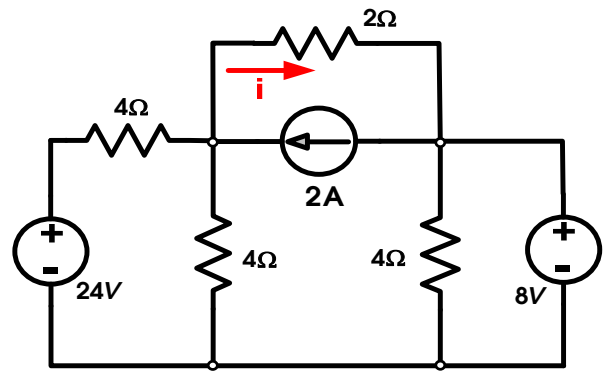
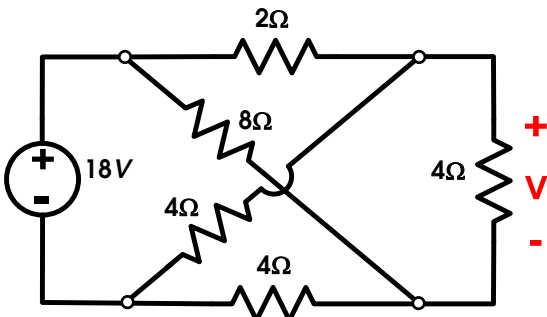
Xác định giá trị điện áp v và dòng điện i qua mạch.

ĐÁP SỐ: $v = 10V$ $i = 1A$

BÀI TẬP 1.16**BÀI TẬP 1.16****BÀI TẬP 1.17**

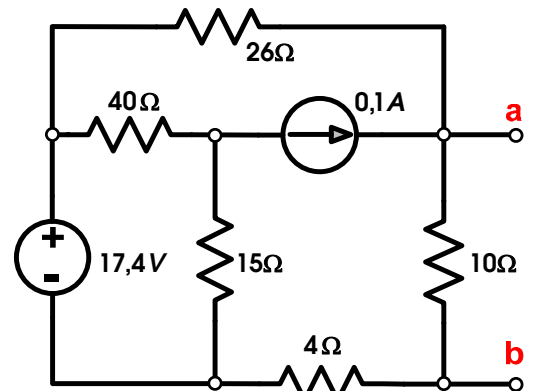
Xác định giá trị dòng điện i qua mạch.

ĐÁP SỐ: $i = 2A$

**BÀI TẬP 1.17****BÀI TẬP 1.18****BÀI TẬP 1.19**

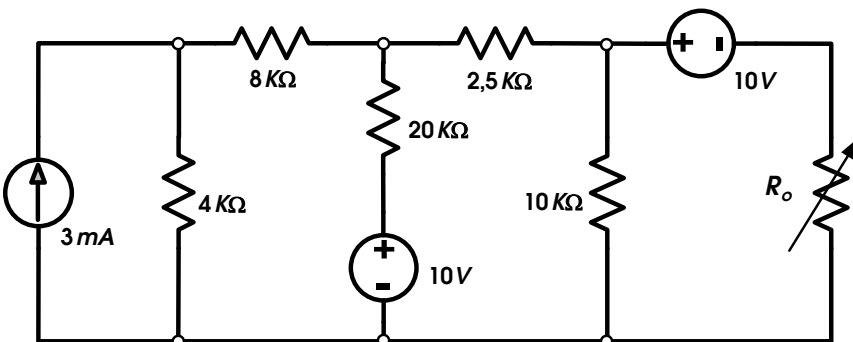
Tìm mạch tương đương Thévenin giữa hai nút ab của mạch điện sau đây.

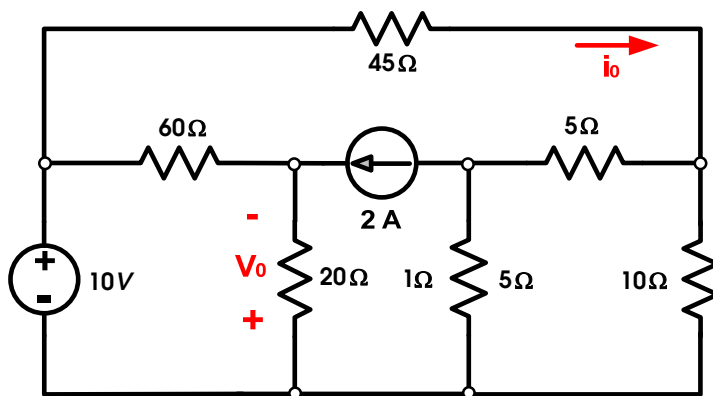
ĐÁP SỐ: $V_{th} = 5V$ $R_{th} = 7,5\Omega$

**BÀI TẬP 1.19****BÀI TẬP 1.20**

Xác định công suất tiêu thụ trên biến trở R_o . Suy ra giá trị R_o để công suất tiêu thụ đạt giá trị cực đại.

ĐÁP SỐ: $R_o = 5K\Omega$
 $P_{max} = 957,03 \mu W$

**BÀI TẬP 1.20**



BÀI TẬP 1.21

BÀI TẬP 1.21

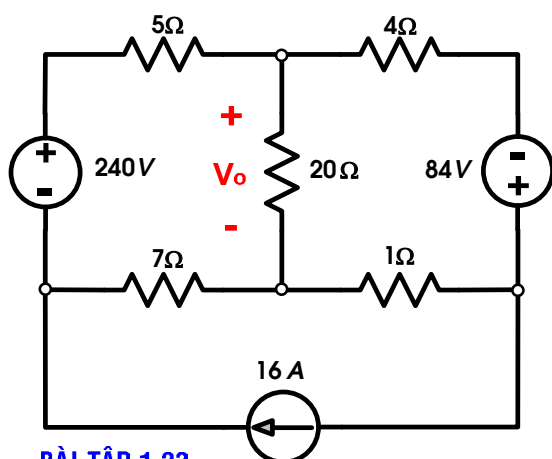
Áp dụng nguyên lý xếp chồng xác định điện áp v_o và dòng i_o trong mạch điện sau.

ĐÁP SỐ: $v_o = -37,5V$ $i_o = 0,1A$

BÀI TẬP 1.22

Áp dụng nguyên lý xếp chồng xác định điện áp v_o và dòng i_o trong mạch điện sau.

ĐÁP SỐ: $v_o = 288V$

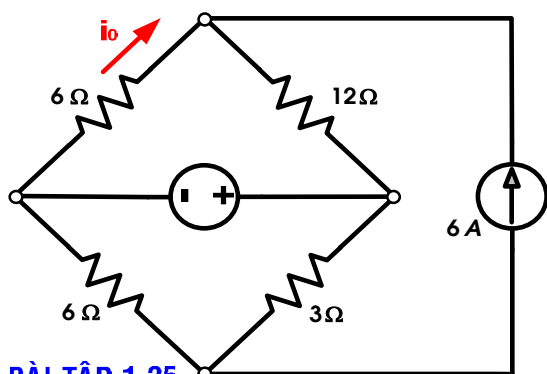


BÀI TẬP 1.23

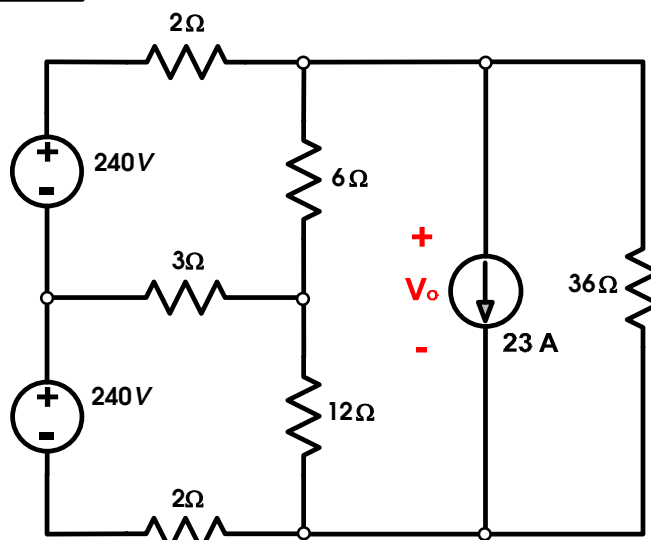
BÀI TẬP 1.24

Áp dụng nguyên lý xếp chồng xác định điện áp v_o trong mạch điện sau.

ĐÁP SỐ: $v_o = 8V$



BÀI TẬP 1.25

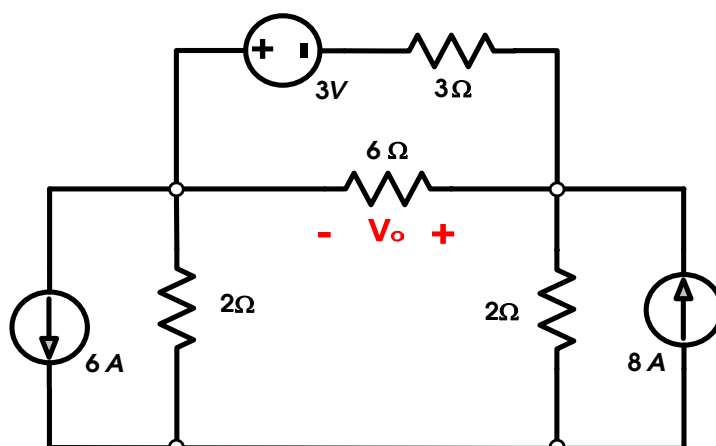


BÀI TẬP 1.22

BÀI TẬP 1.23

Áp dụng nguyên lý xếp chồng xác định điện áp v_o và dòng i_o trong mạch điện sau.

ĐÁP SỐ: $v_o = 28V$

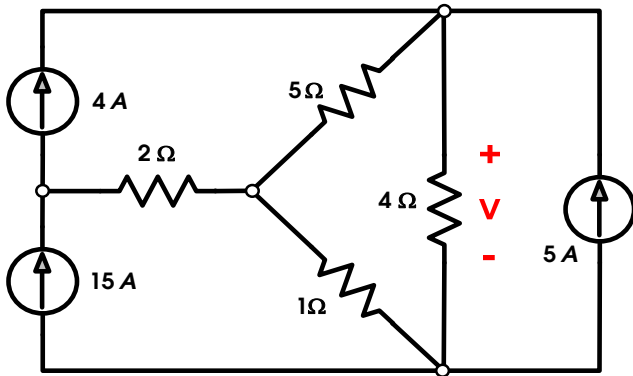


BÀI TẬP 1.24

BÀI TẬP 1.25

Áp dụng nguyên lý xếp chồng xác định dòng điện i_o trong mạch điện sau.

ĐÁP SỐ: $i_o = -6A$



BÀI TẬP 1.26

BÀI TẬP 1.26

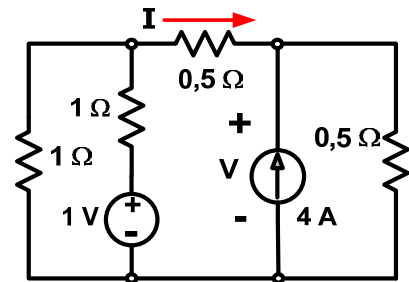
Áp dụng nguyên lý xếp chồng xác định điện áp v_o trong mạch điện sau.

ĐÁP SỐ: $v_o = \frac{60}{11} \text{ V}$

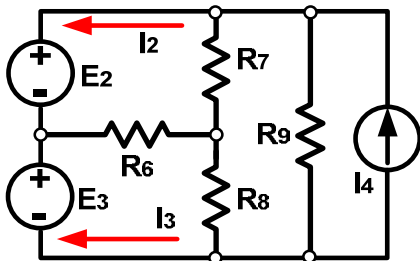
BÀI TẬP 1.27

Tính dòng I và áp V .

ĐÁP SỐ: $V = 1,5 \text{ V}$ $I = -1 \text{ A}$



BÀI TẬP 1.27



BÀI TẬP 1.28

BÀI TẬP 1.28

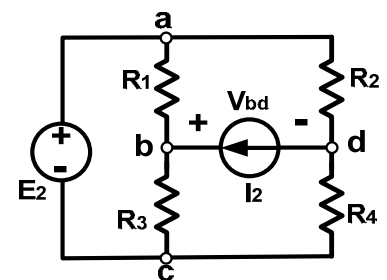
Cho $R_6 = R_7 = R_8 = 2 \Omega$; $R_9 = 10 \Omega$; $E_2 = 12 \text{ V}$; $E_3 = 18 \text{ V}$; $I_4 = 7 \text{ A}$. Tính dòng I_3 và công suất phát bởi nguồn áp E_2

ĐÁP SỐ: $I_3 = 4 \text{ A}$ $P = 36 \text{ W}$

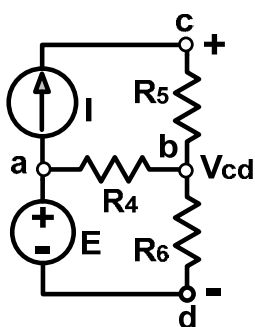
BÀI TẬP 1.29

Cho $R_1 = 4 \Omega$; $R_2 = 8 \Omega$; $R_3 = 6 \Omega$; $R_4 = 12 \Omega$; $E_2 = 14 \text{ V}$; $I_2 = 2,5 \text{ A}$. Tính áp V_{bd} và công suất của nguồn dòng.

ĐÁP SỐ: $V_{bd} = 18 \text{ V}$ Nguồn dòng phát công suất 45 W



BÀI TẬP 1.29



BÀI TẬP 1.30

BÀI TẬP 1.30

Cho: $E = 16 \text{ V}$; $I = 8 \text{ A}$; $R_4 = 3 \Omega$; $R_5 = 2 \Omega$; $R_6 = 5 \Omega$. Tính áp V_{cd} và công suất của nguồn dòng.

ĐÁP SỐ: $V_{cd} = 41 \text{ V}$ Nguồn dòng phát công suất 200 W

CHÚ Ý:

Bằng cách thay đổi phương pháp, sinh viên giải lại các bài tập 1.15 đến 1.30 để luyện tập các phương pháp giải mạch.