
TRƯỜNG CAO ĐẲNG KỸ THUẬT CAO THẮNG
KHOA ĐIỆN-ĐIỆN LẠNH
BỘ MÔN ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

GIÁO TRÌNH
LÝ THUYẾT MẠCH

Biên soạn:

Ths. Phạm Văn Thành

Ths. Ngô Bá Việt

Ths. Nguyễn Hoài Phong

Ths. Nguyễn Thủy Đăng Thanh

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH - 2015
(Lưu hành nội bộ)

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	1
Chương 1. KHÁI NIỆM VỀ MẠCH ĐIỆN	2
1.1. GIỚI HẠN VÀ PHẠM VI ỨNG DỤNG CỦA LÝ THUYẾT MẠCH	2
1.2. MẠCH ĐIỆN VÀ CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN	2
1.3. CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN.....	4
1.4. CÁC PHẦN TỬ CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN.....	7
1.5. PHÂN LOẠI MẠCH ĐIỆN	15
1.6. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN	15
Chương 2. MẠCH XÁC LẬP ĐIỀU HÒA	30
2.1. ĐẠI LƯỢNG ĐIỀU HÒA.....	30
2.2. PHƯƠNG PHÁP DÙNG SỐ PHỨC.....	33
2.3. QUAN HỆ GIỮA ĐIỆN ÁP VÀ DÒNG ĐIỆN TRÊN CÁC PHẦN TỬ R, L, C, TRỞ KHÁNG VÀ DẪN NẠP	36
2.4. CÁC ĐỊNH LUẬT OHM, KIRCHHOFF DẠNG PHỨC.....	40
2.5. CÔNG SUẤT.....	44
2.6. PHỐI HỢP TRỞ KHÁNG GIỮA TẢI VÀ NGUỒN	46
2.7. MẠCH CỘNG HƯỞNG	47
Chương 3. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH MẠCH	52
3.1. PHƯƠNG PHÁP DÒNG NHÁNH	52
3.2. PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN THẾ NÚT.....	54
3.3. PHƯƠNG PHÁP DÒNG MẮT LƯỚI.....	57
3.4. CÁC ĐỊNH LÝ MẠCH CƠ BẢN.....	59
Chương 4. MẠCH BA PHA	73
4.1. HỆ THỐNG BA PHA	73
4.2. HỆ THỐNG BA PHA Y-Y CÂN BẰNG.....	78
4.3. HỆ THỐNG BA PHA Y-Y KHÔNG CÂN BẰNG ($Z_A \neq Z_B \neq Z_C$).....	82
4.4. HỆ THỐNG Y - Δ HOẶC Δ - Δ CÂN BẰNG	85
4.5. HỆ THỐNG Y - Δ HOẶC Δ - Δ KHÔNG CÂN BẰNG.....	88
4.6. HỆ THỐNG BA PHA VỚI NHIỀU TẢI ĐẤU SONG SONG.....	90
4.7. HỆ THỐNG BA PHA VỚI TẢI LÀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN - HỆ SỐ CÔNG SUẤT.....	91
4.8. CÔNG SUẤT MẠCH BA PHA.....	91
Chương 5. MẠNG HAI CỬA	97
5.1. KHÁI NIỆM CHUNG	97
5.2. CÁC PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA MẠNG HAI CỬA	97

Chương 6. PHÂN TÍCH MẠCH TRONG MIỀN THỜI GIAN	107
6.1. GIỚI THIỆU	107
6.2. PHƯƠNG PHÁP TÍCH PHÂN KINH ĐIỂN	108
6.3. PHƯƠNG PHÁP TOÁN TỬ LAPLACE GIẢI BÀI TOÁN QUÁ ĐỘ.....	113
Chương 7. PHÂN TÍCH MẠCH TRONG MIỀN TẦN SỐ	128
7.1. TÍN HIỆU TUẦN HOÀN – CHUỖI FOURIER.....	128
7.2. GIẢI TÍCH MẠCH XÁC LẬP VỚI NGUỒN TUẦN HOÀN KHÔNG SIN ...	133
7.3. CÔNG SUẤT – TRỊ HIỆU DỤNG	134
7.4. CÁC HỆ SỐ ĐẶC TRƯNG (phần tham khảo).....	136
Chương 8. ĐƯỜNG DÂY DÀI	139
8.1. KHÁI NIỆM VỀ MẠCH THÔNG SỐ RẪI – ĐƯỜNG DÂY DÀI	139
8.2. THÔNG SỐ ĐƠN VỊ	139
8.3. PHƯƠNG TRÌNH ĐƯỜNG DÂY DÀI.....	141
8.4. GIẢI PHƯƠNG TRÌNH ĐƯỜNG DÂY DÀI	142
8.5. Ý NGHĨA VẬT LÝ CỦA THÍ NGHIỆM.....	145
8.6. HỆ SỐ PHẢN XẠ VÀ HÒA HỢP TẢI	148
8.7. TRỞ KHÁNG VÀO ĐƯỜNG DÂY DÀI.....	149
8.8. BIÊN ĐỘ ÁP VÀ DÒNG DỌC THEO ĐƯỜNG DÂY	150
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	154
PHỤ LỤC.....	155

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình “Lý Thuyết Mạch” được biên soạn dựa trên chương trình đào tạo Cao đẳng chính quy ngành công nghệ Kỹ thuật Điện – Điện tử, ngành công nghệ kỹ thuật điều khiển và tự động hóa, ngành công nghệ kỹ thuật điện tử truyền thông. Đây là môn học kỹ thuật cơ sở cung cấp cho sinh viên kiến thức cơ bản về mô hình mạch điện, các phương pháp phân tích mạch. Từ đó vận dụng tính toán các đại lượng trong mạch điện và vận dụng vào thực tế.

Giáo trình này tương ứng với học kỳ đầu của chương trình đào tạo chính quy ngành công nghệ kỹ thuật Điện – Điện tử (Lý thuyết mạch), ngành công nghệ kỹ thuật điều khiển và tự động hóa và ngành công nghệ kỹ thuật điện tử truyền thông (Mạch điện – 4 chương đầu). Giáo trình gồm có 8 chương được trình bày cô đọng, có ví dụ minh họa. Kết thúc mỗi chương có phần bài tập và đáp số để sinh viên có thể tự học. Giáo trình đáp ứng SO1 (Student Outcomes 1) - ABET 2015 (Accreditation Board for Engineering and Technology 2015): “Thực hiện được các đo đạc và thí nghiệm về điện đối với các mạch điện, thiết bị điện hạ áp”, chuẩn đầu ra môn học (CDR HP) và chuẩn đầu ra chương trình đào tạo (CDR CTĐT):

STT	CHUẨN ĐẦU RA CỦA HỌC PHẦN	CDR CTĐT
1	Trình bày được các khái niệm và các định luật cơ bản của mạch điện.	1,3,8,10
2	Biểu diễn được mạch điện dạng phức.	
3	Áp dụng được các phương pháp giải mạch để giải các bài toán mạch điện.	
4	Tính toán được các đại lượng dòng, áp, công suất trong mạch điện ba pha.	
5	Áp dụng được các phương pháp để giải bài toán quá độ trong miền thời gian (phương pháp tích phân kinh điển, phương pháp toán tử Laplace)	1,3,8
6	Áp dụng được phương pháp khai triển Fourier cho nguồn tuần hoàn.	

Nhóm biên soạn xin gửi lời cảm ơn chân thành đến các tác giả, chuyên gia của những tài liệu tham khảo và có lời xin phép được trích sử dụng những tài liệu này. Xin chân thành cảm ơn Ban Giám hiệu, Ban chủ nhiệm Khoa, Bộ môn và các đồng nghiệp đã tạo điều kiện tốt và giúp đỡ chúng tôi hoàn thành giáo trình này.

Mặc dù đã cố gắng sửa chữa và sưu tầm tài liệu song nội dung giáo trình khó tránh thiếu sót và hạn chế. Ban biên soạn rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của quý Thầy, Cô, sinh viên và các chuyên gia để quyển giáo trình hoàn thiện hơn.

NHÓM BIÊN SOẠN

Chương 1. KHÁI NIỆM VỀ MẠCH ĐIỆN

Chương này cung cấp cho sinh viên kiến thức cơ bản về mạch điện.

Chương 1 đáp ứng cho SO1, SO3, SO8, SO10 – ABET2015. Chuẩn đầu ra của chương:

TT	Yêu cầu sau khi học xong hết chương (Chuẩn đầu ra của chương)	CDR HP
1	Mô tả được quan hệ dòng điện và điện áp trên các phần tử mạch (phần tử R-L-C).	1
2	Trình bày được các định luật cơ bản mạch điện (Ohm, Kirchhoff1, Kirchhoff2)	1
3	Áp dụng các định luật cơ bản để giải mạch điện	1

1.1. GIỚI HẠN VÀ PHẠM VI ỨNG DỤNG CỦA LÝ THUYẾT MẠCH

Lý thuyết mạch là môn học lý thuyết đồng thời cũng là môn khoa học ứng dụng, được nghiên cứu theo hướng phân tích và thiết kế tổng hợp mạch điện dựa trên cơ sở chung là toán học và vật lý. Môn học này sẽ cung cấp cho sinh viên các kiến thức cơ bản về mạch điện chủ yếu là phân phân tích mạch.

Để mô tả các hiện tượng vật lý thường đòi hỏi phải mô tả các hiện tượng đó bằng các mô hình. Dựa trên mô hình, các dữ liệu ban đầu và phương pháp toán học người ta có thể nguyên cứu phân tích các hiện tượng vật lý.

Trong trường hợp kích thước hình học của hệ rất nhỏ so với bước sóng điện từ của tín hiệu, có thể khảo sát quá trình điện từ bằng loại mô hình đơn giản là mô hình mạch.

Mô hình mạch được dùng trong lý thuyết mạch, quá trình truyền đạt và biến đổi năng lượng hay tín hiệu điện từ được đo bởi một số hữu hạn biến như dòng điện, điện áp trên các cực của các phần tử trong mạch điện. Việc khảo sát dựa trên hai định luật cơ bản là định luật Kirchhoff về sự cân bằng dòng điện ở nút và định luật Kirchhoff về sự cân bằng điện áp trong vòng kín.

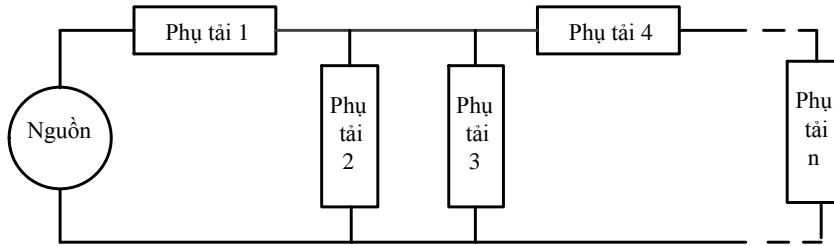
1.2. MẠCH ĐIỆN VÀ CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN

1.2.1. Định nghĩa

Mạch điện là một hệ thống các thiết bị điện, điện tử ghép lại trong đó xảy ra các quá trình truyền đạt, biến đổi năng lượng hay tín hiệu điện từ đo bởi các đại lượng dòng điện, điện áp.

1.2.2. Các phần tử của mạch điện

Mạch điện được cấu trúc từ các phần riêng lẻ nhỏ thực hiện các chức năng xác định được gọi là các phần tử của mạch điện. Hai loại phần tử chính của mạch điện là nguồn và phụ tải.



Hình 1.1: Nguồn và tải

- **Nguồn:** là các phần tử dùng để cung cấp năng lượng điện hoặc tín hiệu điện cho mạch.

Ví dụ: Máy phát điện (biến cơ năng thành điện năng), ắc qui (biến hóa năng thành điện năng) ...



Hình 1.2: Các thiết bị cung cấp năng lượng

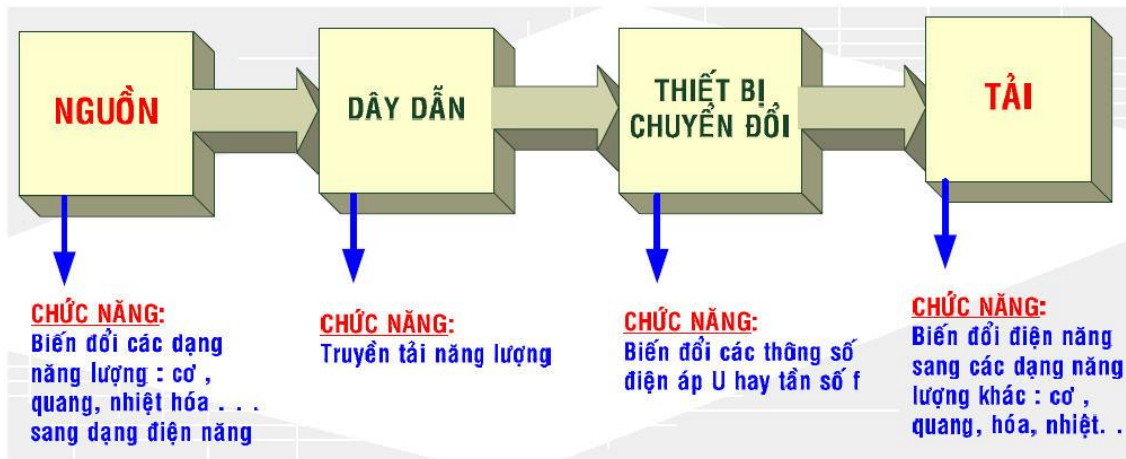
- **Phụ tải:** là các thiết bị nhận năng lượng điện hay tín hiệu điện.

Ví dụ: Động cơ điện (biến điện năng thành cơ năng), đèn điện (biến điện năng thành quang năng), bếp điện, bàn ủi (biến điện năng thành nhiệt năng) ...



Hình 1.3: Các thiết bị tiêu thụ năng lượng

Ngoài ra mạch điện còn có các phần tử khác như: Phần tử dùng để nối nguồn với phụ tải (dây nối, đường dây tải điện), phần tử làm thay đổi áp và dòng (máy biến áp, biến dòng), phần tử làm tăng giảm các thành phần nào đó của tín hiệu (bộ lọc, bộ khuếch đại) ...



Hình 1.4: Sơ đồ các phần tử mạch điện

1.3. CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN

Historical Profiles

Alessandro Antonio Volta (1745–1827), an Italian physicist, invented the electric battery—which provided the first continuous flow of electricity—and the capacitor.

Born into a noble family in Como, Italy, Volta was performing electrical experiments at age 18. His invention of the battery in 1796 revolutionized the use of electricity. The publication of his work in 1800 marked the beginning of electric circuit theory. Volta received many honors during his lifetime. The unit of voltage or potential difference, the volt, was named in his honor.

Andre-Marie Ampere (1775–1836), a French mathematician and physicist, laid the foundation of electrodynamics. He defined the electric current and developed a way to measure it in the 1820s.

Born in Lyons, France, Ampere at age 12 mastered Latin in a few weeks, as he was intensely interested in mathematics and many of the best mathematical works were in Latin. He was a brilliant scientist and a prolific writer. He formulated the laws of electromagnetics. He invented the electromagnet and the ammeter. The unit of electric current, the ampere, was named after him.

1.3.1. Cường độ dòng điện

Là dòng chuyển dịch của các điện tích có hướng. Cường độ dòng điện (gọi tắt là dòng điện) là lượng điện tích $dq(t)$ dịch chuyển qua một bề mặt nào đó trong một đơn vị thời gian khảo sát dt .

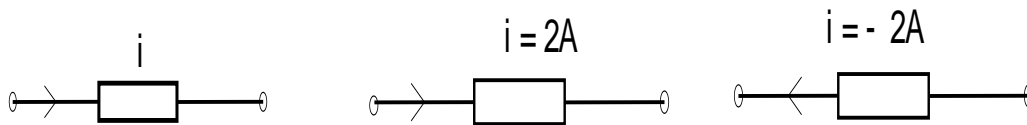
$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

Ký hiệu: i đơn vị là Ampe (A)

q đơn vị là Coulomb (C)

t đơn vị là giây (s)

Để tiện lợi, người ta chọn tùy ý một chiều và ký hiệu bằng mũi tên, gọi là chiều dương của dòng điện. Nếu tại một thời điểm t nào đó, chiều dòng điện trùng với chiều dương thì i mang dấu dương, còn nếu ngược lại sẽ mang dấu âm.



Hình 1.5: Chiều của dòng điện

Ví dụ 1:

Cho điện tích đi qua phần tử xác định theo quan hệ:

$$q = 6t^2 - 12t \quad [mC]$$

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

b/ Tìm tổng điện tích truyền qua phần tử từ $t=0s$ đến $t=3s$.

Giải:

a/ Áp dụng công thức:

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

Suy ra: Tại thời điểm $t = 0s$: $i = -12mA$ và tại thời điểm $t = 3s$: $i = 24mA$

b/ Lượng điện tích truyền qua phần tử từ $0s$ đến $3s$

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

1.3.2. Điện áp

Điện áp giữa điểm A với điểm B là công cần thiết để làm dịch chuyển một đơn vị điện tích từ A đến B.

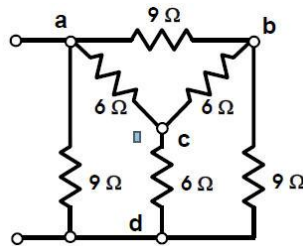
Điện áp chênh lệch giữa hai điểm A, B được định nghĩa là: $u_{AB} = u_A - u_B$

Ký hiệu: u : đơn vị Volt (V)

u_{AB} : điện áp giữa A với B

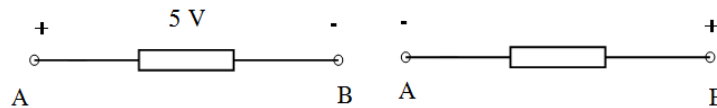
u_{BA} : điện áp giữa B với A

Ví dụ 2: Tính hiệu điện thế u_{AB} trong mạch điện hình dưới biết $u_A = 10V$, $u_B = 5V$



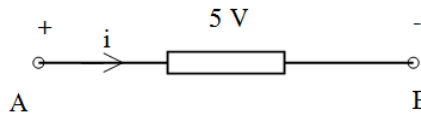
Giải: $u_{AB} = u_A - u_B = 10 - 5 = 5 \text{ (V)}$

Ta có: $u_{AB} = - u_{BA}$



Hình 1.6: Chiều của điện áp

1.3.3. Công suất



Hình 1.7: Chiều của dòng điện và điện áp trên tải

Giả thuyết chiều của u và i như hình thì công suất tiêu thụ bởi phần tử là:

$$p = u.i \tag{1.1}$$

Trong đó: u đơn vị là Volt (V)

i đơn vị là Ampe (A)

p đơn vị là Watt (W)

Nếu $p > 0$, phần tử thực sự tiêu thụ công suất.

Nếu $p < 0$, phần tử thực sự phát ra công suất.

1.3.4. Điện năng

Nếu u và i phụ thuộc thời gian t , thì điện năng tiêu thụ bởi một phần tử từ thời điểm t_0 đến t là:

$$w = \int_{t_0}^t p(t)dt = \int_{t_0}^t u(t).i(t)dt \quad (1.2)$$

Đơn vị đo điện năng là Wh hoặc KWh

1.4. CÁC PHẦN TỬ CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN

1.4.1. Các phần tử hai cực

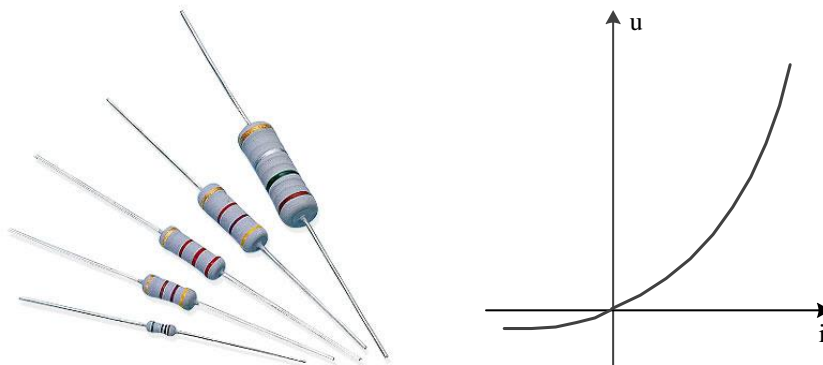
a. Phần tử điện trở

Định nghĩa tổng quát là phần tử được đặc trưng bởi quan hệ giữa dòng và áp trên phần tử có dạng sau:

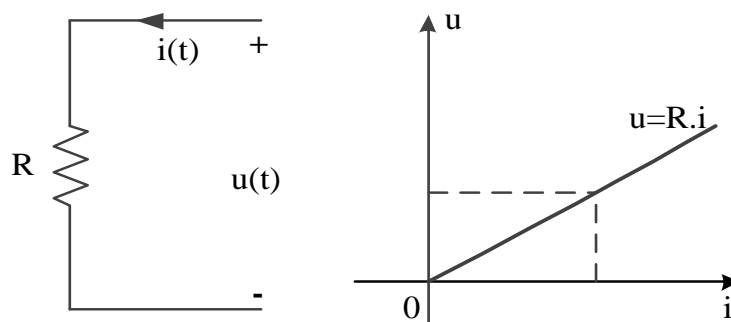
$$u = f_R(i) \quad (1.3)$$

$$i = \varphi_R(u) \quad (1.4)$$

Quan hệ giữa u và i có dạng như (1.3) và (1.4) gọi là đặc tuyến Vôn-ampe (VA) của phần tử điện trở. Tổng quát các đường đặc tuyến này không là đường thẳng. Ta có phần tử điện trở phi tuyến.



Hình 1.8: Đặc tuyến của phần tử R



Hình 1.9: Ký hiệu và đặc tuyến của phần tử R tuyến tính

Nếu đặc tuyến V-A là đường thẳng thì ta có phần tử điện trở tuyến tính. Quan hệ dòng điện và điện áp được biểu thị qua định luật Ohm.

$$u = R \cdot i \quad (1.5)$$

Trong đó: R: là điện trở, đo bằng Ohm (Ω) có giá trị không phụ thuộc vào điện áp và dòng điện.

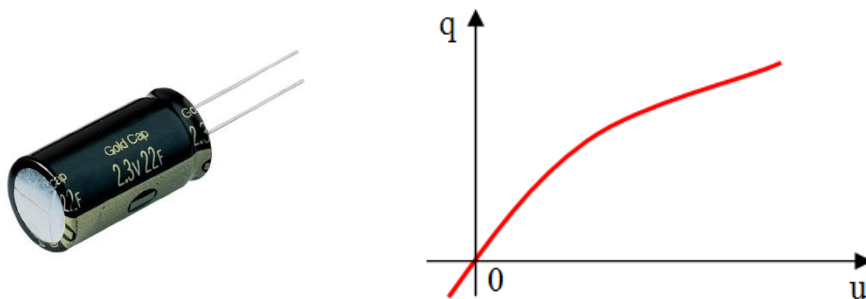
b. Phần tử điện dung

Là mô hình lý tưởng của tụ điện khi chỉ xét đến hiện tượng tích phóng năng lượng trong điện trường bỏ qua các hiện tượng khác.

Được đặc trưng bởi quan hệ giữa điện tích lũy trên hai bản cực tụ và điện áp giữa hai bản cực tụ.

$$q = f_c(u) \quad (1.6)$$

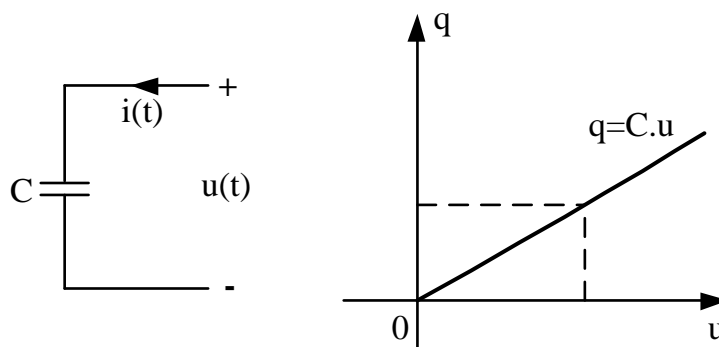
Trong trường hợp tổng quát đặc tuyến có dạng:



Hình 1.10: Đặc tuyến của phần tử C

Nếu đặc tuyến này là đường thẳng ta có phần tử điện dung tuyến tính:

$$q = C u \quad (1.7)$$



Hình 1.11: Ký hiệu và đặc tuyến của phần tử C tuyến tính

C: là điện dung đo bằng Farad (F) có giá trị không phụ thuộc vào điện áp

Dòng điện chảy qua điện dung:

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1.8)$$

Điện áp trên phần tử điện dung:

$$u(t) = \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau + u(t_0) \quad (1.9)$$

Trong đó:

$$u(t_0) = \frac{q(t_0)}{C}$$

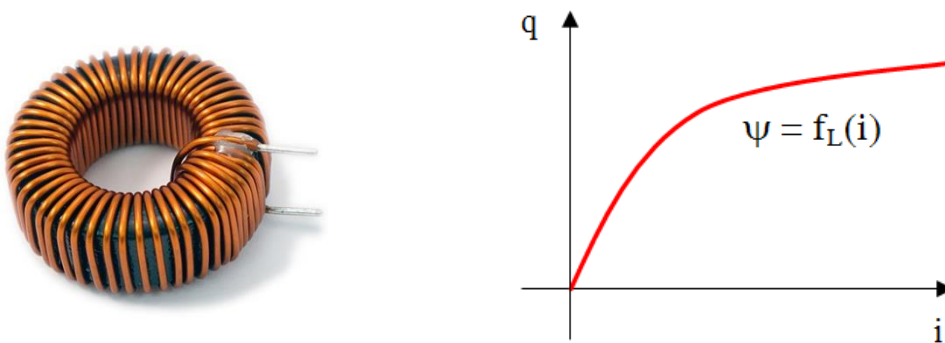
$u(t_0)$ là giá trị của điện áp trên phần tử điện dung tại thời điểm ban đầu t_0

c. Phần tử điện cảm

Là mô hình lý tưởng của cuộn dây khi chỉ xét đến hiện tượng tích phóng năng lượng từ trường bỏ qua các hiện tượng khác.

Được đặc trưng bởi quan hệ từ thông móc vòng và dòng điện chảy qua cuộn dây:

$$\psi = f_L(i) \quad (1.10)$$

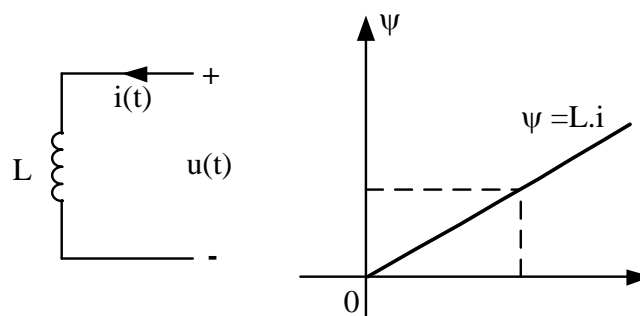


Hình 1.12: Đặc tuyến của phần tử L

Nếu đặc tuyến này là đường thẳng có phần tử điện cảm tuyến tính thì:

$$\psi = L \cdot i \quad (1.11)$$

Trong đó: L là điện cảm (hệ số từ cảm) đo bằng Henry, không phụ thuộc vào dòng điện



Hình 1.13: Ký hiệu và đặc tuyến của phần tử L tuyến tính

Điện áp trên phần tử điện cảm:

$$u(t) = \frac{d\psi(t)}{dt} = L \frac{di(t)}{dt} = - e(t) \quad (1.12)$$

Trong đó: $e_L(t)$ là sức điện động cảm ứng do từ thông biến đổi theo thời gian gây nên.

Dòng điện được xác định như sau:

$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{t_0}^t u(\tau) d\tau + i(t_0) \quad (1.13)$$

Trong đó:

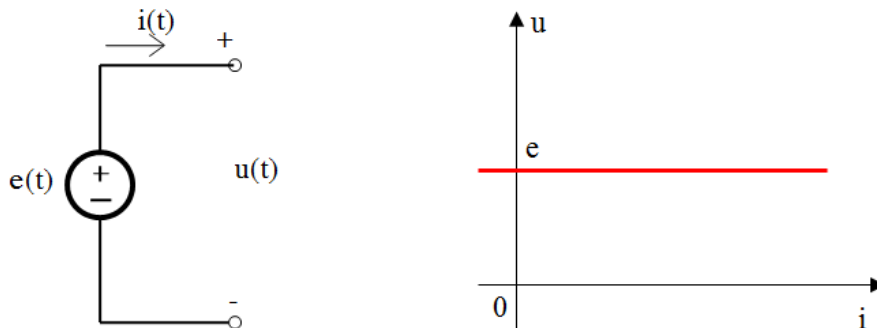
$i(t_0)$: là giá trị của dòng điện qua phần tử điện cảm tại thời điểm ban đầu t_0 .

$$i(t_0) = \frac{\psi(t_0)}{L}$$

d. Nguồn áp độc lập

Là phần tử hai cực, mà điện áp của nó không phụ thuộc vào giá trị dòng điện cung cấp từ nguồn và chính bằng sức điện động của nguồn

$$u(t) = e(t) \quad (1.14)$$



Hình 1.14: Ký hiệu và đặc tuyến của nguồn áp độc lập

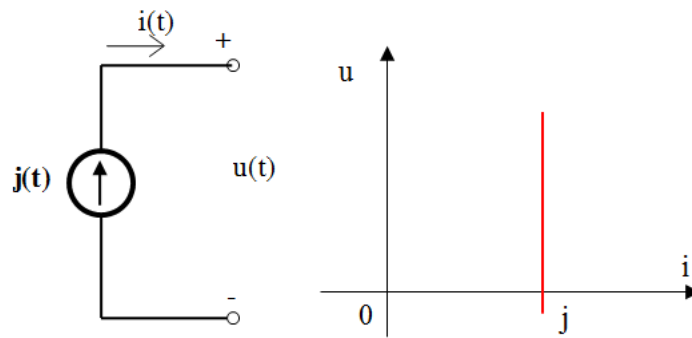
Dòng điện của nguồn phụ thuộc vào tải mắc vào.

Đối với các nguồn thực, người ta xây dựng mô hình gồm một nguồn lý tưởng nối với một điện trở R_r .

e. Nguồn dòng độc lập

Là phần tử hai cực, mà dòng điện của nó không phụ thuộc vào giá trị điện áp trên hai cực của nguồn:

$$i(t) = j(t) \quad (1.15)$$



Hình 1.15: Ký hiệu và đặc tuyến của nguồn dòng độc lập

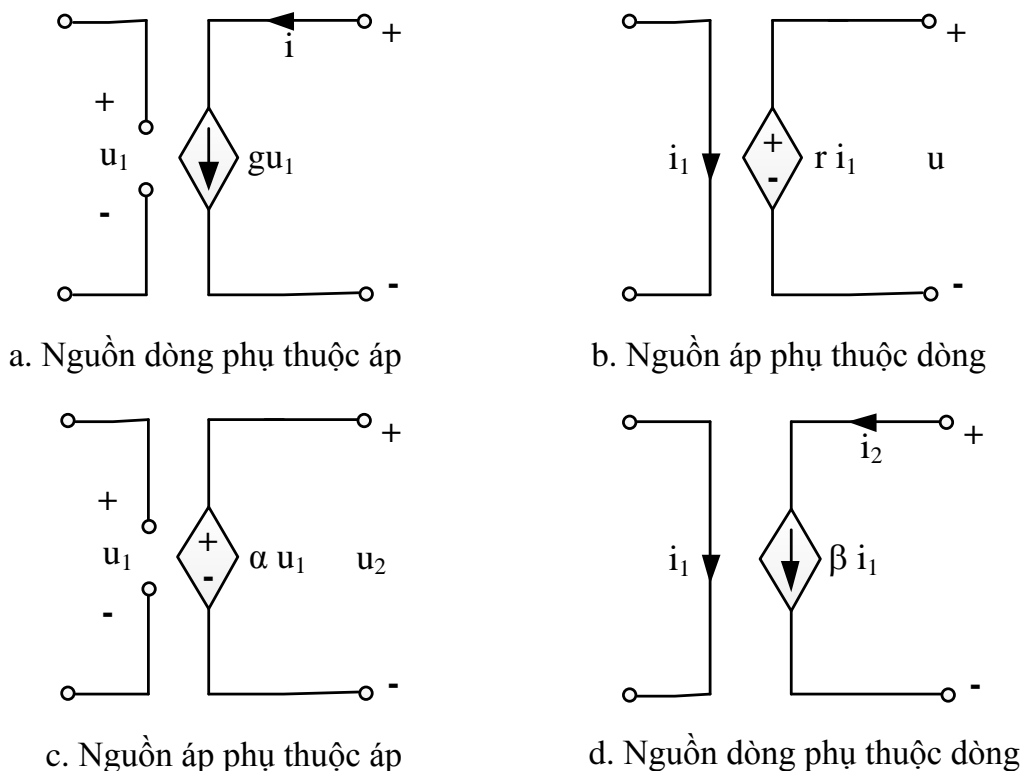
Điện áp của nguồn phụ thuộc vào tải mắc vào.

Đối với nguồn dòng thực mô hình của nó gồm nguồn dòng lý tưởng nối song song với điện trở R_{tr} .

1.4.2. Các phần tử bốn cực

a. Các nguồn phụ thuộc

Nguồn phụ thuộc tạo ra một dòng điện hoặc điện áp mà phụ thuộc vào một dòng điện hoặc điện áp ở một nơi nào đó trong mạch.



Hình 1.16: Ký hiệu các nguồn phụ thuộc

- Nguồn dòng phụ thuộc áp (hình 1.16 a)

$$i = gu_1 \tag{1.16}$$

- Nguồn áp phụ thuộc dòng (hình 1.16 b)

$$u = ri_1 \quad (1.17)$$

- Nguồn áp phụ thuộc áp (hình 1.16 c)

$$u_2 = \alpha u_1 \quad (1.18)$$

- Nguồn dòng phụ thuộc dòng (hình 1.16 d)

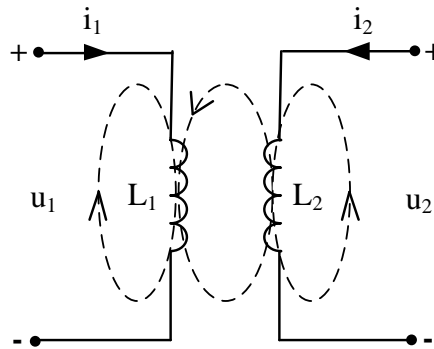
$$i_2 = \alpha i_1 \quad (1.19)$$

Trong đó: g, r, α, β là hằng số, gọi là các hệ số điều khiển.

b. Hai phần tử điện cảm có ghép hồ cảm

Phần tử bốn cực này có thể xem như là mô hình lý tưởng của cuộn dây ghép hồ cảm với nhau nếu bỏ qua hiện tượng tiêu tán và tích phóng năng lượng điện trường.

Xét hai cuộn dây đặt gần nhau sao cho dòng điện biến thiên chạy trong cuộn dây sẽ tạo ra từ thông móc vòng trong chính cuộn dây đó đồng thời trong cuộn dây kia. Do đó cảm ứng điện áp sinh ra trong bản thân cuộn dây đó và trong cả cuộn dây kia. Mỗi cuộn dây đều bị ảnh hưởng bởi từ trường do cuộn dây kia gây ra. Khi đó ta nói hai cuộn dây có ghép hồ cảm với nhau.



Hình 1.17: Hai phần tử điện cảm có ghép hồ cảm

Gọi từ thông ψ_1 là từ thông móc vòng trong cuộn dây thứ nhất:

$$\psi_1 = \psi_{11} + \psi_{12}$$

ψ_{11} : từ thông móc vòng cuộn dây 1 do chính dòng điện i_1 gây ra

ψ_{12} : từ thông móc vòng cuộn dây 1 do dòng điện i_2 trong cuộn dây 2 gây ra

Tương tự ta có:

$$\psi_2 = \psi_{22} + \psi_{21}$$

ψ_{22} : từ thông móc vòng cuộn dây 2 do chính dòng điện i_2 gây ra

ψ_{21} : từ thông móc vòng cuộn dây 2 do dòng điện i_1 trong cuộn dây 1 gây ra

Môi trường tuyến tính:

$$\begin{aligned} \psi_{11} &= L_1 i_1 & ; & & \psi_{12} &= \pm M_{12} i_2 \\ \psi_{22} &= L_2 i_2 & ; & & \psi_{21} &= \pm M_{21} i_1 \end{aligned}$$

Trong đó:

L_1 : là hệ số tự cảm của cuộn dây 1

L_2 : là hệ số tự cảm của cuộn dây 2

$M_{12} = M_{21} = M$: là hệ số hổ cảm giữa hai cuộn dây

L_1, L_2, M : phụ thuộc vào kết cấu của hai cuộn dây, vị trí tương hổ giữa hai cuộn dây và tính chất môi trường. Việc chọn dấu $+M$ hay $-M$ phụ thuộc vào chiều quấn cuộn dây cũng như việc chọn chiều dương các dòng điện i_1, i_2 .

$$\psi_1 = \psi_{11} + \psi_{12} = L_1 i_1 \pm M_{12} i_2$$

$$\psi_2 = \psi_{22} + \psi_{21} = L_2 i_2 \pm M_{21} i_1$$

Nếu cực tính của điện áp u_1, u_2 được chọn như hình vẽ thì theo định luật cảm ứng điện từ ta có:

$$u_1 = \frac{d\psi_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_2}{dt} \quad (1.20)$$

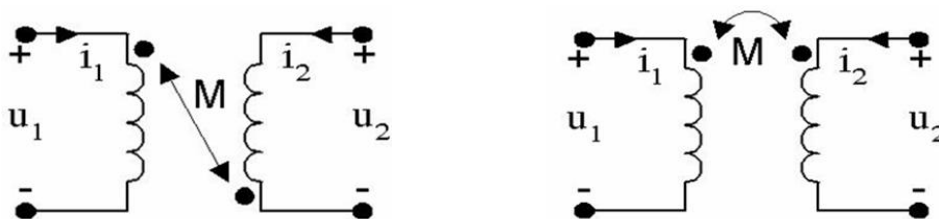
$$u_2 = \frac{d\psi_2}{dt} = L_2 \frac{di_2}{dt} \pm M \frac{di_1}{dt} \quad (1.21)$$

Điện áp u_1 gồm hai thành phần là điện áp tự cảm $L_1 \frac{di_1}{dt}$ và điện áp hổ cảm $\pm M \frac{di_2}{dt}$

Tương tự u_2

Người ta mô hình hóa 2 cuộn dây ghép hổ cảm lý tưởng bằng một phần tử 4 cực.

Kí hiệu:



Hình 1.18: Ký hiệu hai cuộn dây có ghép hổ cảm

Hai dấu chấm được dùng để đánh dấu 2 cực cùng tên, vị trí hai dấu chấm được xác định từ chiều quấn các cuộn dây với qui ước:

Nếu hai dòng điện i_1 và i_2 cùng đi vào (hoặc cùng đi ra) hai cực có đánh dấu chấm thì từ thông do chúng gây ra sẽ cùng chiều.

Từ đó có thể suy ra qui tắc sau đây để xác định dấu + hay - trong biểu thức $\pm M \frac{di}{dt}$ của điện áp hồ cảm.

“Nếu dòng điện i có chiều dương đi vào đầu dấu chấm (đầu không có dấu chấm) trong cuộn dây và điện áp có cực tính + ở đầu có dấu chấm (đầu không có dấu chấm) trong cuộn dây kia thì điện áp hồ cảm là $M \frac{di}{dt}$, ngược lại là $-M \frac{di}{dt}$ ”.

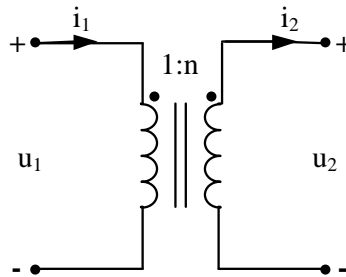
Mức độ ghép hồ cảm giữa hai cuộn dây được xác định qua hệ số ghép k được định nghĩa như sau:

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

Với $k \leq 1$, khi $M^2 = L_1 L_2$ thì $k=1$ ta có ghép lý tưởng, toàn bộ các đường sức từ móc vòng một cuộn dây thì đều móc vòng cuộn dây kia.

c. Biến áp lý tưởng

Là mạch gồm hai cuộn dây ghép hồ cảm với nhau khi hệ số $k=1$, hệ số L_1 và L_2 vô cùng lớn nhưng tỷ số $\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2$ là hữu hạn thì được gọi là biến áp lý tưởng.



Hình 1.19: Ký hiệu máy biến áp lý tưởng

Với w_1, w_2 là số vòng dây quấn cuộn 1 và cuộn 2.

$$u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

$$u_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$

Thay $M = \sqrt{L_1 L_2}$

Ta có:

$$u_1 = \sqrt{L_1} \left(\sqrt{L_1} \frac{di_1}{dt} + \sqrt{L_2} \frac{di_2}{dt} \right)$$

$$u_2 = \sqrt{L_2} \left(\sqrt{L_2} \frac{di_2}{dt} + \sqrt{L_1} \frac{di_1}{dt} \right)$$

Lập tỉ số ta có:

$$\frac{u_2}{u_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \frac{w_2}{w_1} = n \quad (1.22)$$

Trong đó: n gọi là tỷ số vòng dây

Phương trình viết lại:

$$\frac{u_1}{L_1} = \frac{di_1}{dt} + \frac{M}{L_1} \frac{di_2}{dt} = \frac{di_1}{dt} + n \frac{di_2}{dt}$$

Nếu $L_1 \rightarrow \infty$ thì $\frac{u_1}{L_1} \rightarrow 0$ nên $\frac{di_1}{dt} = -n \frac{di_2}{dt}$

Suy ra: $i_1 = -n i_2$

Hệ phương trình cực:

$$\begin{cases} u_2 = nu_1 \\ i_2 = -\frac{1}{n} i_1 \end{cases} \quad (1.23)$$

1.5. PHÂN LOẠI MẠCH ĐIỆN

Có thể phân chia mạch điện thành

- Mạch điện có thông số tập trung và mạch có thông số rải
- Mạch điện tuyến tính và không tuyến tính
- Mạch điện dừng và không dừng

1.6. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN

1.6.1. Kết cấu hình học của mạch điện

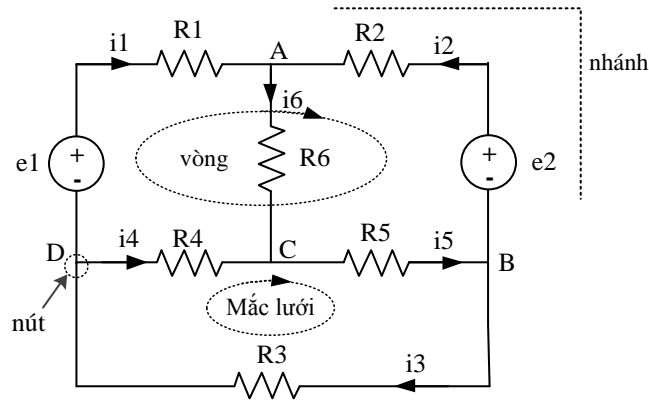
Các khái niệm cơ bản về mạch điện

Nhánh: là một đường duy nhất gồm một hay nhiều phần tử ghép nối tiếp có cùng một dòng điện.

Nút: là điểm nối của từ ba nhánh trở lên.

Vòng: là tập hợp nhiều nhánh tạo thành một đường kín và chỉ đi qua mỗi nút một lần.

Mắt lưới: là vòng mà không chứa vòng nào khác bên trong nó.



Hình 1.20: Biểu diễn các khái niệm về nút, nhánh, vòng kín, mắt lưới

Historical Profiles

Georg Simon Ohm (1787–1854), a German physicist, in 1826 experimentally determined the most basic law relating voltage and current for a resistor. Ohm's work was initially denied by critics.

Born of humble beginnings in Erlangen, Bavaria, Ohm threw himself into electrical research. His efforts resulted in his famous law. He was awarded the Copley Medal in 1841 by the Royal Society of London. In 1849, he was given the Professor of Physics chair by the University of Munich. To honor him, the unit of resistance was named the ohm.



Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887), a German physicist, stated two basic laws in 1847 concerning the relationship between the currents and voltages in an electrical network. Kirchhoff's laws, along with Ohm's law, form the basis of circuit theory.

Born the son of a lawyer in Königsberg, East Prussia, Kirchhoff entered the University of Königsberg at age 18 and later became a lecturer in Berlin. His collaborative work in spectroscopy with German chemist Robert Bunsen led to the discovery of cesium in 1860 and rubidium in 1861. Kirchhoff was also credited with the Kirchhoff law of radiation. Thus Kirchhoff is famous among engineers, chemists, and physicists.



1.6.2. Định luật Ohm

Quan hệ dòng – áp trên phần tử \$R\$ tuyến tính như sau:

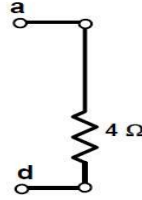
$$U = R \cdot I = \frac{1}{G} I \quad (1.24)$$

Trong đó:

R: điện trở đơn vị Ohm (Ω)

G: điện dẫn đơn vị Siemens (S)

Ví dụ 3: Tính dòng điện chạy qua điện trở 4Ω biết $u_{ad} = 12V$



Giải: Áp dụng định luật Ohm $I = \frac{U}{R} = \frac{u_{ad}}{R} = \frac{12}{4} = 3$ (A)

1.6.3. Định luật Kirchhoff về dòng điện (K₁)

Tổng đại số các dòng điện tại một nút bất kỳ bằng 0.

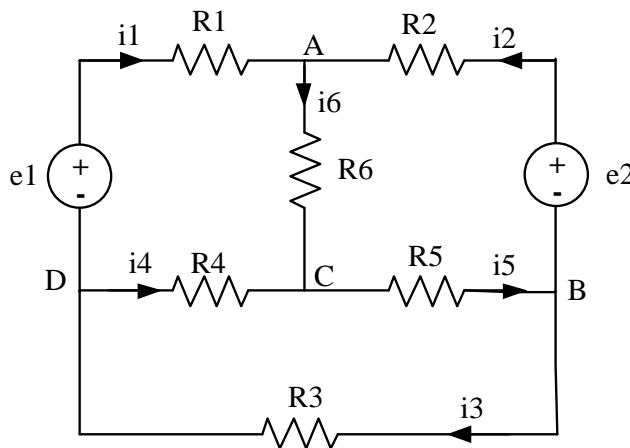
$$\sum_{\text{nút}} \pm i_k = 0 \tag{1.25}$$

Với qui ước: dòng điện có chiều đi vào nút mang dấu +, dòng điện có chiều đi ra nút mang dấu -.

Hay có thể được phát biểu như sau:

Tổng dòng điện có chiều dương đi vào một nút bất kỳ thì bằng tổng các dòng điện có chiều dương đi ra khỏi nút đó.

Ví dụ 4: Cho mạch điện như hình. Viết các phương trình K₁ tại các nút A, B, C, D.



Hình 1.21: Mạch điện ví dụ viết các phương trình K₁ tại các nút

Áp dụng định luật K₁ cho 4 nút A, B, C, D với chiều dương các dòng điện chọn như hình vẽ:

Nút A: $i_1 + i_2 - i_6 = 0$ (1)

$$\text{Nút B: } -i_2 - i_3 + i_5 = 0 \quad (2)$$

$$\text{Nút C: } i_4 - i_5 + i_6 = 0 \quad (3)$$

$$\text{Nút D: } -i_1 + i_3 - i_4 = 0 \quad (4)$$

Bốn phương trình trên có thể viết lại ở dạng sau:

$$\text{Nút A: } i_1 + i_2 = i_6$$

$$\text{Nút B: } i_2 + i_3 = i_5$$

$$\text{Nút C: } i_4 + i_6 = i_5$$

$$\text{Nút D: } i_1 + i_4 = i_3$$

Chú ý: Với mạch điện có d nút thì ta viết $d-1$ phương trình K_1 độc lập với nhau cho $d-1$ nút. Phương trình k_1 viết cho nút còn lại có thể được suy ra từ $d-1$ phương trình K_1 trên

Trong ví dụ trên nếu ta lấy phương trình (1), (2) và (3) vế theo vế ta sẽ suy ra được phương trình còn lại (4).

1.6.4. Định luật Kirchhoff về điện áp (K_2)

Tổng đại số các điện áp trên các phần tử dọc theo tất cả các nhánh trong một vòng bằng không.

$$\sum_{\text{vòng}} \pm u_k = 0 \quad (1.25)$$

Dấu điện áp được xác định dựa trên chiều dương của điện áp so với chiều của vòng. Chiều của vòng tùy chọn.

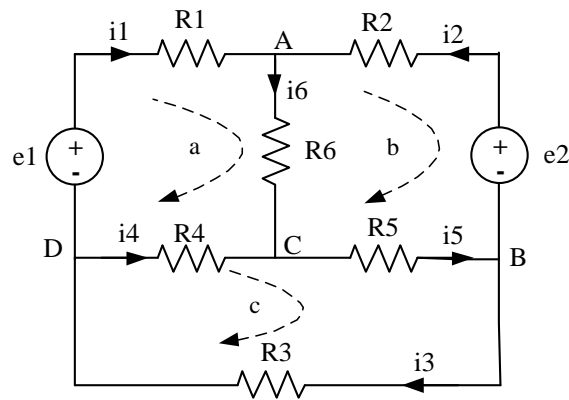
Hay có thể được phát biểu như sau:

Tổng đại số các sức điện động trong một vòng bằng tổng đại số các sụt áp trên các phần tử khác.

$$\sum_{\text{vòng}} \pm u_p = \sum_{\text{vòng}} \pm e \quad (1.26)$$

Chiều của vòng đi từ cực tính – sang cực tính + thì sức điện động đó mang dấu +

Ví dụ 5:



Hình 1.22: Mạch điện ví dụ viết các phương trình K_2 cho các vòng

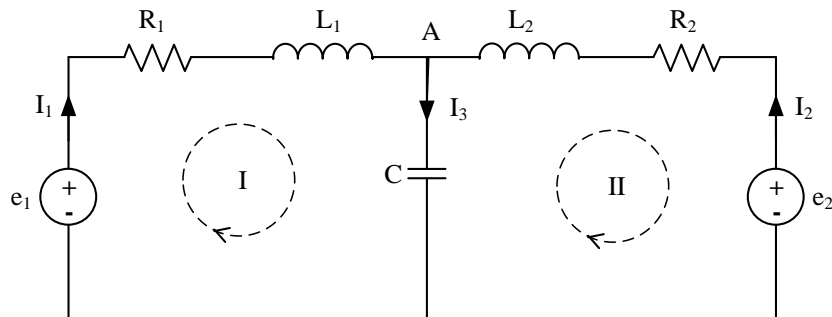
Vòng a: $-e_1 + u_1 + u_6 - u_4 = 0$

Vòng b: $-u_2 + e_2 - u_5 - u_6 = 0$

Vòng c: $u_4 + u_5 + u_3 = 0$

1.6.5. Một số ví dụ

Ví dụ 6: Viết các phương trình K_1, K_2 độc lập cho mạch điện hình sau theo các dòng điện nhánh.



Bài giải:

Chọn chiều dương của các dòng điện như hình vẽ

Mạch có hai nút, ta viết được một phương trình K_1

$$\text{Nút A : } i_1 + i_2 - i_3 = 0 \quad (1)$$

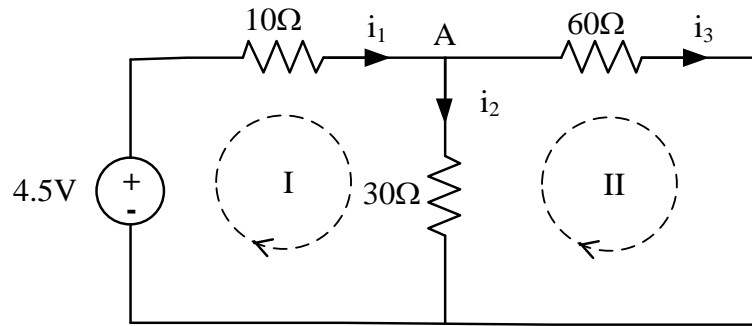
Mạch phẳng có hai mắt lưới, viết được hai phương trình K_2 độc lập:

$$\text{Mắt lưới 1: } R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C_3} \int i_3 dt = e_1 \quad (2)$$

$$\text{Mắt lưới 2: } -L_2 \frac{di_2}{dt} - R_2 i_2 - \frac{1}{C_3} \int i_3 dt = -e_2 \quad (3)$$

Vậy i_1, i_2, i_3 là nghiệm của hệ phương trình vi tích phân gồm 3 phương trình (1), (2), (3)

Ví dụ 7: Cho mạch điện có sơ đồ như hình. Tìm dòng điện chạy trong các nhánh



Bài giải:

Chọn chiều dương các dòng điện như hình vẽ:

Áp dụng định luật K₁ cho nút A:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

Viết phương trình K₂ cho hai mắt lưới:

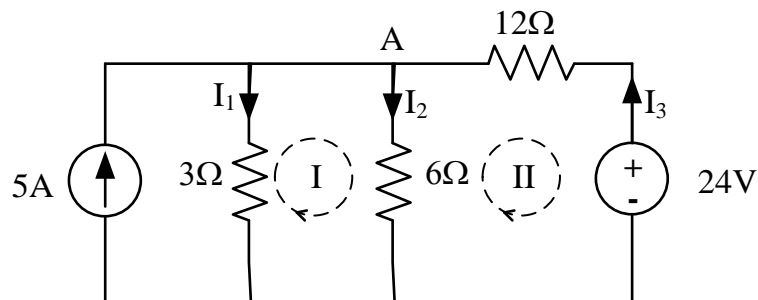
$$\text{Mắt lưới (I)} : 10I_1 + 30I_2 = 4.5$$

$$\text{Mắt lưới (II)} : -30I_2 + 60I_3 = 0$$

Giải hệ phương trình (1), (2), (3) ta được:

$$I_1 = 0.15\text{A}; I_2 = 0.1\text{A}; \text{ và } I_3 = 0.05\text{A}$$

Ví dụ 8: Xét mạch điện có sơ đồ như hình bên:



a. Tìm các dòng điện I_1, I_2, I_3 .

b. Tính tổng công suất phát bởi nguồn và công suất tiêu tán trên các điện trở

Bài giải:

a. Tìm các dòng điện I_1, I_2, I_3 .

Viết định luật K₁ cho nút A:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 5$$

Viết định luật K2 cho hai mắt lưới (I) và (II):

$$-3I_1 + 6I_2 = 0$$

$$-6I_2 - 12I_3 = -24$$

Giải hệ phương trình (1), (2), (3) ta được:

$$I_1 = 4A; I_2 = 2A; I_3 = 1A$$

b. Công suất phát bởi nguồn 24V là: $P_{24V} = 24 \cdot I_3 = 24W$

Điện áp giữa hai đầu nguồn dòng 5A là: $U_{ab} = 3I_1 = 12V$

\Rightarrow Công suất phát bởi nguồn dòng 5A là: $P_{5A} = 5U_{ab} = 60W$

Vậy tổng công suất phát bởi hai nguồn dòng là: $P_{nguồn} = 24 + 60 = 84W$

Công suất tiêu tán trên các điện trở là:

- Điện trở 3Ω là: $P_{3\Omega} = 3I_1^2 = 48W$

- Điện trở 6Ω là: $P_{6\Omega} = 6I_2^2 = 24w$

- Điện trở 12Ω là: $P_{12\Omega} = 12 I_3^2 = 12w$

Vậy: Tổng công suất tiêu thụ trên các điện trở là: $P_R = 48 + 24 + 12 = 84W$

Nhận xét: Tổng công suất phát bởi nguồn bằng tổng công suất thu trên các phần tử khác (đó là hệ quả của định luật bảo toàn năng lượng)

1.6.6. Các phương pháp biến đổi tương đương

a. Điều kiện hai phần tử mạch tương đương

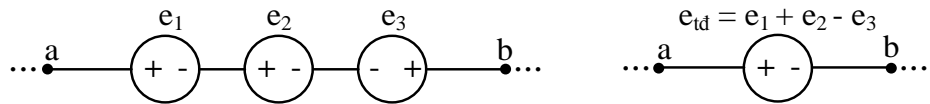
Hai phần tử mạch được gọi là tương đương nếu quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên các cực của hai phần tử mạch là như nhau.

Một phép biến đổi tương đương sẽ không làm thay đổi dòng điện và điện áp trên các nhánh ở các phần của sơ đồ không tham gia vào phép biến đổi tương đương

b. Các nguồn sức điện động mắc nối tiếp

Các nguồn sức điện động mắc nối tiếp sẽ tương đương với sức điện động duy nhất có trị số bằng tổng đại số các sức điện động trên đó.

$$e_{td} = \sum \pm e_k \quad (1.27)$$

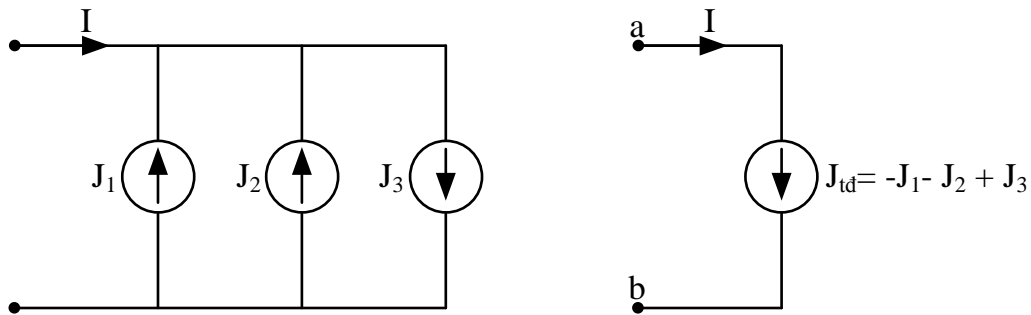


Hình 1.23: Các nguồn sức điện động mắc nối tiếp

c. Các nguồn dòng mắc song song

Các nguồn dòng mắc song song tương đương với một nguồn dòng duy nhất có trị số bằng tổng đại số các nguồn dòng.

$$J_{td} = \sum \pm j_k \tag{1.28}$$

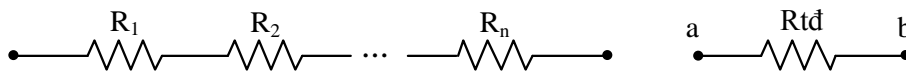


Hình 1.24: Các nguồn dòng mắc song song

d. Các phần tử điện trở mắc nối tiếp

Các phần tử điện trở mắc nối tiếp tương đương với một phần tử duy nhất có điện trở bằng tổng các điện trở các phần tử đó.

$$R_{td} = \sum R_k \tag{1.29}$$



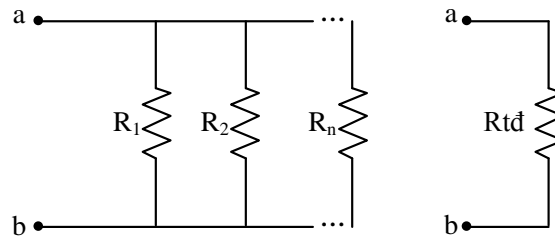
Hình 1.25: Các điện trở mắc nối tiếp

$$R_{td} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

e. Các phần tử điện trở mắc song song

Các phần tử điện trở mắc song song tương đương với một phần tử điện trở duy nhất có điện dẫn bằng tổng các điện dẫn các phần tử.

$$G_{td} = \sum G_k \tag{1.30}$$

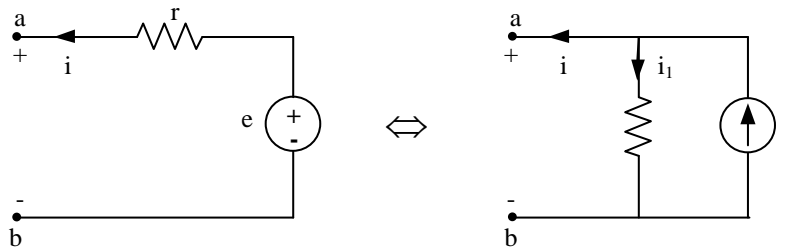


Hình 1.26: Các điện trở mắc song song

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad \text{hay} \quad G_{td} = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

f. Nguồn sức điện động mắc nối với điện trở

Mạch điện gồm nguồn sức điện động mắc nối tiếp với điện trở tương đương với một nguồn dòng mắc song song với điện trở đó và ngược lại.



Hình 1.27: Sơ đồ tương đương nguồn sức điện động mắc nối tiếp điện trở

So sánh 1 và 2 ta thấy mạch 2 sẽ tương đương nếu:

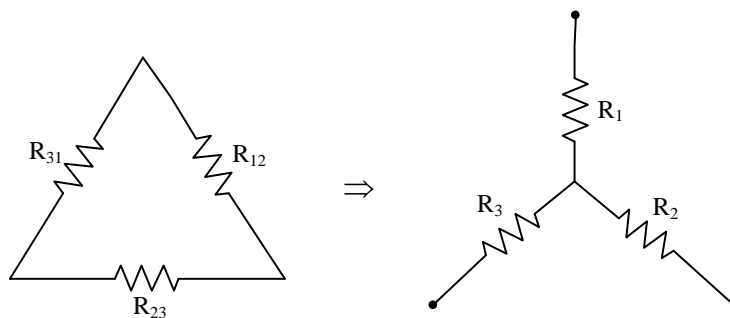
$$e = r \cdot j \tag{1.31}$$

$$\text{Hoặc: } j = \frac{e}{r} \tag{1.32}$$

g. Phép biến đổi sao – tam giác

Ba điện trở R_1, R_2, R_3 mắc hình sao có thể biến đổi tổng thành ba điện trở R_{12}, R_{23}, R_{31} mắc hình tam giác và ngược lại.

- Biến đổi $\Delta \rightarrow Y$



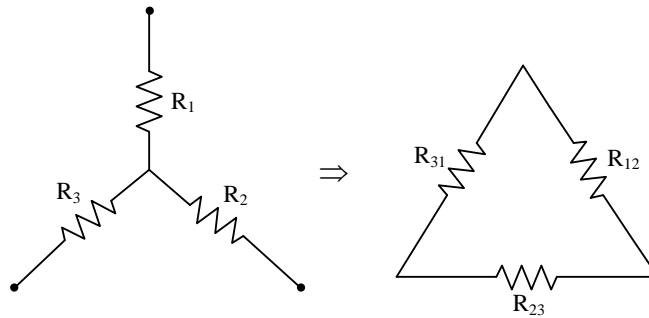
Hình 1.28: Biến đổi ba điện trở mắc hình tam giác thành ba điện trở mắc hình sao

$$R_1 = \frac{R_{31}R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (1.33)$$

$$R_2 = \frac{R_{12}R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (1.34)$$

$$R_3 = \frac{R_{23}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (1.35)$$

- Biến đổi Y → Δ



Hình 1.29: Biến đổi ba điện trở mắc hình sao thành ba điện trở mắc hình tam giác

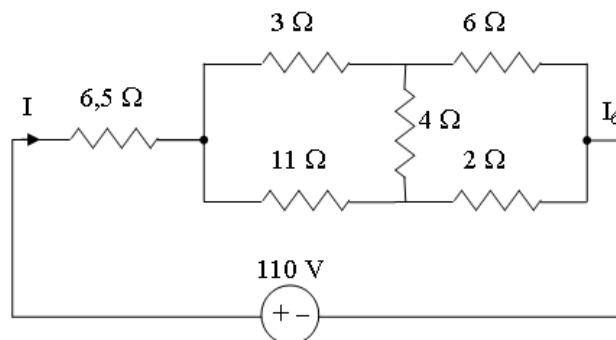
$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1R_2}{R_3} \quad (1.36)$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2R_3}{R_1} \quad (1.37)$$

$$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3R_1}{R_2} \quad (1.38)$$

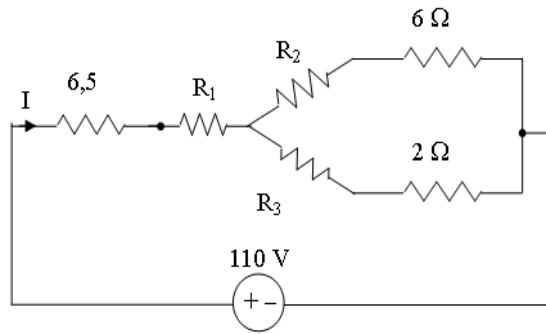
h. Các ví dụ

Ví dụ 9: Tìm I ở sơ đồ mạch điện sau:



Bài giải:

Dùng phép biến đổi tương đương ba điện trở mắc hình tam giác thành ba điện trở mắc hình sao.

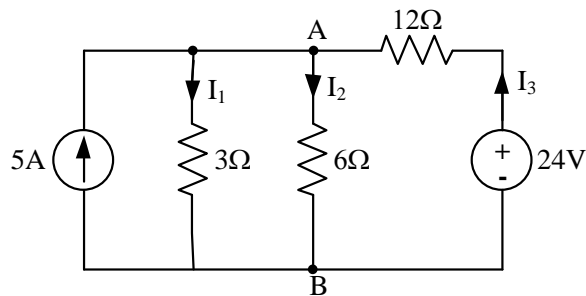


$$R_1 = \frac{3 \cdot 11}{3 + 11 + 4} = \frac{33}{18}; \quad R_2 = \frac{3 \cdot 4}{3 + 11 + 4} = \frac{12}{18}; \quad R_3 = \frac{4 \cdot 11}{3 + 11 + 4} = \frac{44}{18}$$

$$R_{td} = 6.5 + \frac{33}{18} + \frac{\left(\frac{12}{18} + 6\right) \cdot \left(\frac{44}{18} + 2\right)}{\frac{12}{18} + 6 + \frac{44}{18} + 2} = 11$$

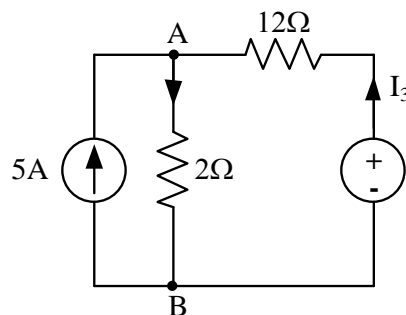
$$I = \frac{110}{11} = 10A$$

Ví dụ 10: Dùng phép biến đổi tương đương tính dòng điện $I_1; I_2; I_3$ của sơ đồ mạch điện sau:

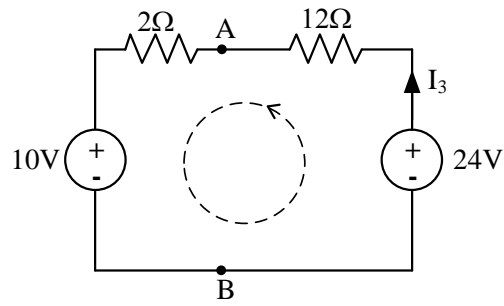


Bài giải

Điện trở 3Ω và điện trở 6Ω mắc song song nên ta có sơ đồ tương đương như sau:



Vì nguồn dòng 5A và điện trở 2Ω mắc song song nên ta biến đổi tương đương như sau:



Áp dụng định luật K₂ cho vòng duy nhất:

$$(2+12)I_3 = 24 - 10$$

$$\Rightarrow I_3 = 1\text{A}$$

$$U_{AB} = 2I_3 + 10 = 12\text{V}$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_{AB}}{3} = 4\text{A}; \quad I_2 = \frac{U_{AB}}{6} = 2\text{A}$$

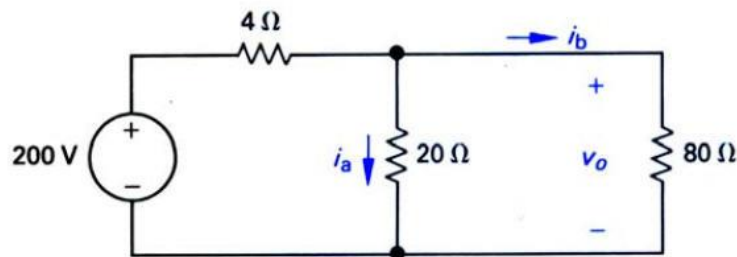
NỘI DUNG ĐÁNH GIÁ CHƯƠNG 1

LÝ THUYẾT

1. Phát biểu định luật Kirchoff 1 về dòng điện.
2. Phát biểu định luật Kirchoff 2 về điện áp.
3. Công thức biến đổi tương đương sao – tam giác

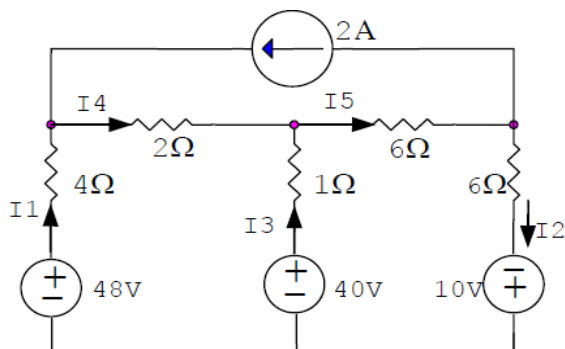
BÀI TẬP

1.1 Tính i_a , i_b , v_o trong mạch điện hình bên dưới:



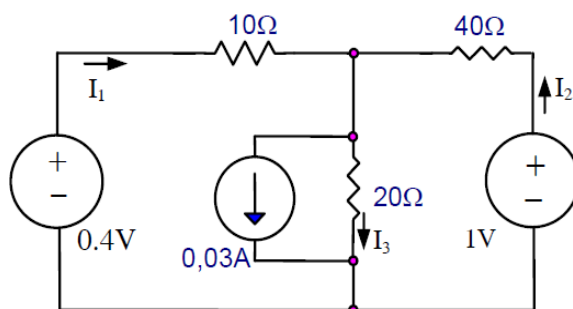
Đáp số: $i_a = 8 \text{ (A)}$, $i_b = 2 \text{ (A)}$, $v_o = 160 \text{ (V)}$

1.2 Cho mạch điện như hình . Biết $I_1 = 1 \text{ A}$, xác định dòng điện trong các nhánh và công suất cung cấp bởi nguồn dòng 2A.



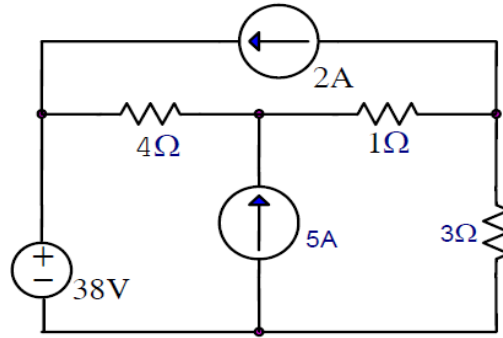
Đáp số: 3 A , 2 A , 3 A , 5 A , 72 W

1.3 Tìm dòng điện trong các nhánh ở mạch điện hình:



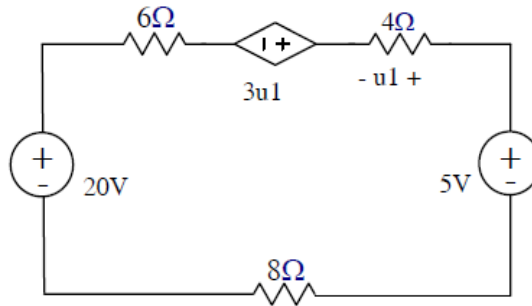
Đáp số: 0.02 A , 0.02 A , 0.01 A

1.4 Cho mạch điện như hình vẽ. Tính dòng và áp trên các phần tử, và nghiệm lại sự cân bằng công suất trong mạch.



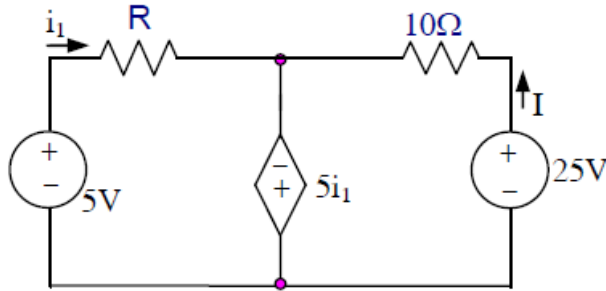
Đáp số: 1A, 3A, 8A, 6A

1.5 Xác định u_1 và công suất tiêu tán trên điện trở 8Ω ở mạch điện hình bên dưới:



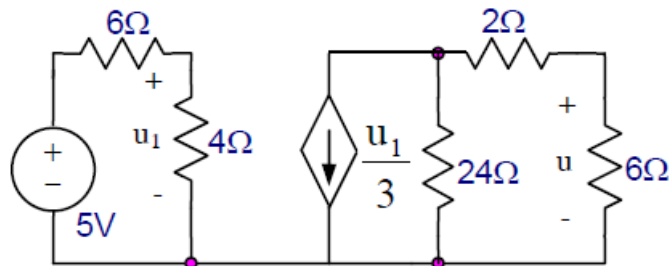
Đáp số: $u_1 = -10V$, $P_{8\Omega} = 50W$

1.6 Cho mạch điện như hình. Xác định R để cho $I = 5A$.



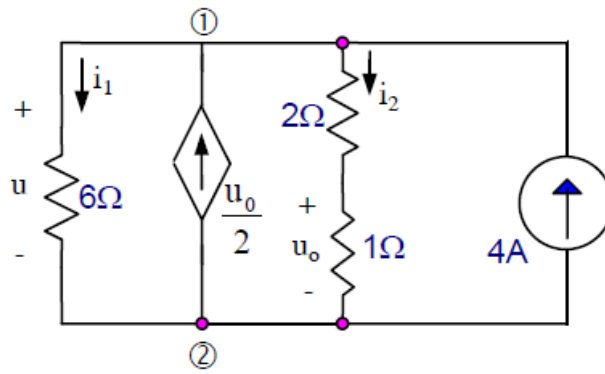
Đáp số: $R = 6\Omega$

1.7 Tìm áp u trên mạch điện hình bên dưới:



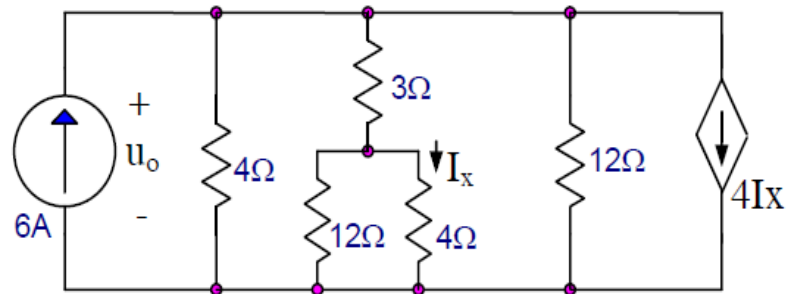
Đáp số: $u = -3V$

1.8 Xác định u_o ở mạch hình bên dưới:



Đáp số: $u_o = 4V$

1.9 Tìm u_o ở mạch điện hình:



Đáp số: $6V$

$u_o =$