

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦ DẦU MỘT
KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ**



SÁCH HỌC TẬP GIẢI TÍCH MẠCH ĐIỆN

Phân loại:

Mã số:

Chủ biên: ThS. Lê Nguyễn Hòa Bình

Bình Dương, 2/2017

LỜI NÓI ĐẦU

Sách hướng dẫn học tập môn Giải Tích Mạch Điện được biên soạn cho sinh viên ngành Điện – Điện tử và các ngành kỹ thuật, sẽ cung cấp cho sinh viên các kiến thức cơ bản về phân tích mạch điện, các kiến thức cơ bản và nâng cao môn Giải Tích Mạch Điện. Sách được viết dựa theo đề cương môn Giải tích mạch điện, mong rằng sẽ giúp đỡ cho sinh viên Khoa CNTT và Điện - Điện Tử sẽ được nhiều kiến thức trong học tập và thực tế.

Qua quá trình biên soạn cũng không khỏi thiếu sót. Tôi rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các đồng nghiệp, các em sinh viên nhằm hoàn thiện tốt hơn.

Bình Dương, tháng 6 năm 2017

Tác giả

CHƯƠNG 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

Sau khi học xong chương này sẽ đạt được năng lực:

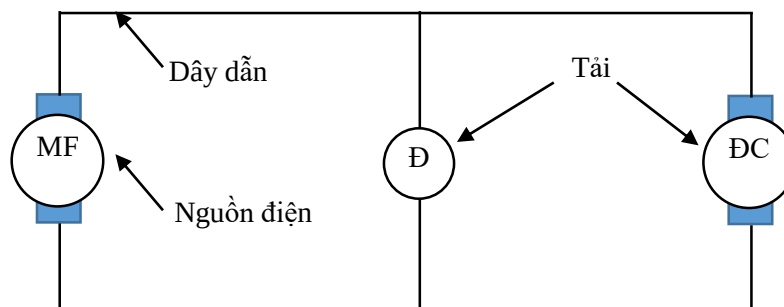
- Phát biểu được khái niệm về mạch điện một chiều
- Vẽ được mô hình thay thế của mạch điện
- Phát biểu và vận dụng được các định luật trong mạch điện
- Vận dụng phương pháp biến đổi tương đương các phần tử trong mạch điện

1.1. MẠCH ĐIỆN VÀ MÔ HÌNH

1.1.1. Mạch điện, các phần tử trong mạch điện

Mạch điện là tập hợp các thiết bị điện nối với nhau bằng các dây dẫn (phần tử dẫn) tạo thành những vòng kín trong đó dòng điện có thể chạy qua. Mạch điện thường gồm các loại phần tử sau: nguồn điện, phụ tải (tải), dây dẫn.

Ví dụ: Ở Hình 1-1 nguồn điện là máy phát điện MF, tải gồm động cơ điện ĐC và bóng đèn Đ, các dây dẫn nối từ nguồn đến tải.

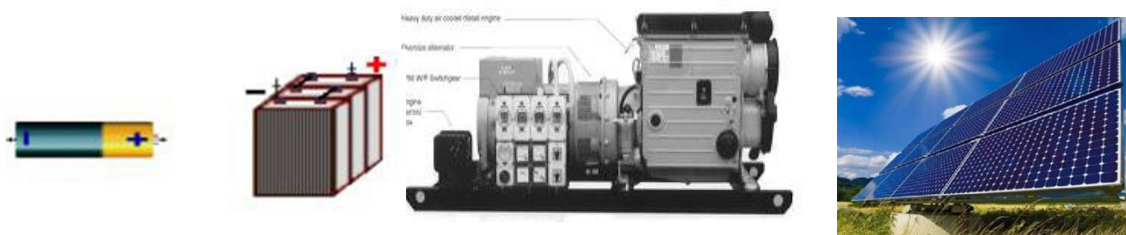


Hình 1-1: Mạch điện đơn giản

a. Nguồn điện: Nguồn điện là thiết bị phát ra điện năng. Về nguyên lý, nguồn điện là thiết bị biến đổi các dạng năng lượng như cơ năng, hóa năng, nhiệt năng,... thành điện năng.

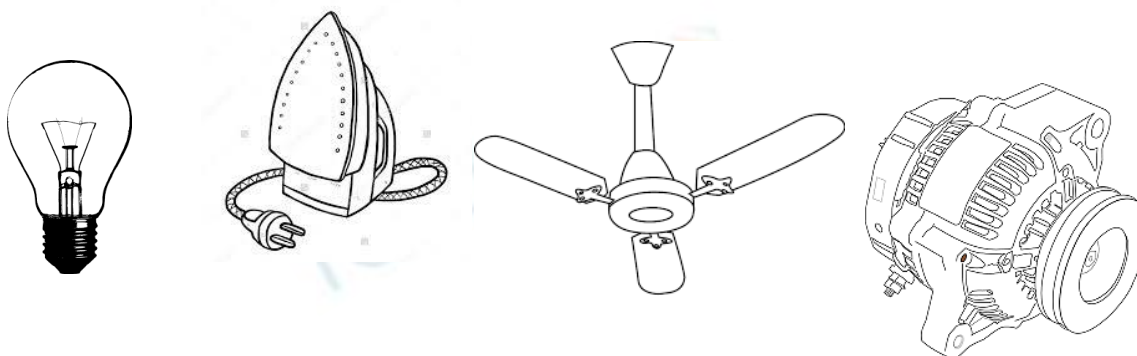
Ví dụ: Ở Hình 1-2:

- Pin, accu biến đổi hóa năng thành điện năng;
- Máy phát điện biến đổi cơ năng thành điện năng;
- Pin mặt trời biến đổi năng lượng bức xạ thành điện năng,...



Hình 1-2: Một số dạng nguồn điện

b. Tải: Tải là các thiết bị tiêu thụ điện năng và biến đổi điện năng thành các dạng năng lượng khác như quang năng, nhiệt năng, cơ năng,... (Hình 1-3)



Hình 1-3: Một số loại phụ tải tiêu thụ điện điển hình

c. Dây dẫn: Dây dẫn thường làm bằng kim loại (đồng, nhôm) dùng để truyền tải điện năng từ nguồn đến tải.

Ngoài ra, trong mạch điện còn có nhiều loại phần tử khác nhau như: phần tử làm thay đổi áp và dòng trong các phần khác của mạch điện (máy biến áp, máy biến dòng), phần tử làm giảm hoặc tăng cường các thành phần nào đó của tín hiệu (các bộ lọc, bộ khuếch đại),...

Trên mỗi phần tử thường có một số đầu nối ra gọi là các cực dùng để nối nó với các phần tử khác. Dòng điện đi vào hoặc đi ra phần tử từ các cực. Phần tử có thể có hai cực, ba cực, bốn cực hay nhiều cực.

Ví dụ:

- cuộn dây, tụ điện, điện trở là phần tử hai cực;
- transistor là phần tử ba cực;
- máy biến áp, khuếch đại thuật toán là phần tử nhiều cực.

Nếu phần tử có kích thước rất nhỏ so với độ dài của bước sóng điện từ thì trên các cực của phần tử có thể định nghĩa các đại lượng dòng điện, điện áp và có thể dùng hai đại lượng này để đo cường độ chung (xét về toàn bộ) của quá trình điện từ

xảy ra bên trong phần tử. Dòng điện và điện áp được định nghĩa như sau:

1.1.2. Các đại lượng đặc trưng quá trình năng lượng trong mạch điện

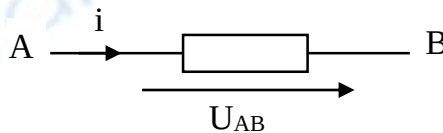
Để đặc trưng cho quá trình năng lượng cho một nhánh hoặc một phần tử của mạch điện ta dùng hai đại lượng: dòng điện i và điện áp u .

1.1.2.1. Dòng điện

Dòng điện i về trị số bằng tốc độ biến thiên của lượng điện tích q qua tiết diện ngang một vật dẫn:

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

Chiều dòng điện quy ước là chiều chuyển động của điện tích dương trong điện trường.



Hình 1-4

1.1.2.2. Điện áp

Hiệu điện thế (hiệu thế) giữa hai điểm gọi là điện áp. Điện áp giữa hai điểm A (có điện thế φ_A) và B (có điện thế φ_B) là công cần thiết để làm dịch chuyển một đơn vị điện tích (1 Coulomb) từ A đến B, được tính bằng công thức:

$$u_{AB} = \varphi_A - \varphi_B \quad (1.2)$$

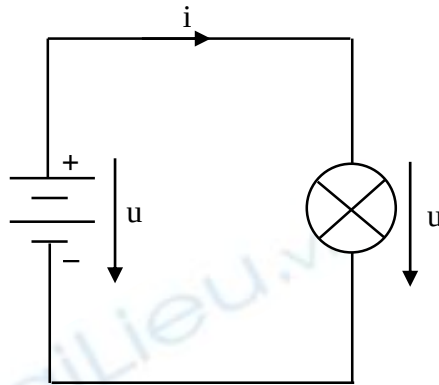
Chiều điện áp quy ước là chiều từ điểm có điện thế cao đến điểm có điện thế thấp.

1.1.2.3. Chiều dương dòng điện và điện áp

Đối với các mạch điện đơn giản, theo quy ước trên ta dễ dàng xác định được chiều dòng điện và điện áp trong một nhánh. Ví dụ mạch điện gồm một nguồn điện một chiều và một tải (Hình 1.5). Trên hình đã vẽ chiều điện áp đầu cực nguồn điện, chiều điện áp trên nhánh tải và chiều dòng điện trong mạch.

Tuy nhiên, khi tính toán phân tích mạch điện phức tạp, ta không thể dễ dàng xác định ngay chiều dòng điện và điện áp các nhánh, đặc biệt đối với dòng điện xoay

chiều, chiều của chúng thay đổi theo thời gian. Vì thế, khi giải mạch điện, ta tùy ý vẽ chiều dòng điện và điện áp trong các nhánh gọi là chiều dương. Kết quả tính toán nếu có trị số dương, chiều dòng điện (điện áp) trong nhánh ấy trùng với chiều đã vẽ, ngược lại, nếu dòng điện (điện áp) có trị số âm, chiều của chúng ngược với chiều đã vẽ.



Hình 1-5

1.2. CÁC PHẦN TỬ TRONG MẠCH ĐIỆN

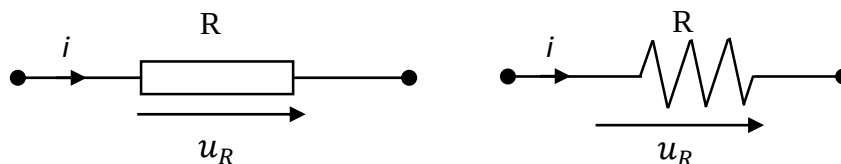
Mô hình mạch dùng trong lý thuyết mạch điện, được xây dựng từ các phần tử mạch lý tưởng sau đây:

1.2.1. Các phần tử 2 cực

1.2.1.1. Điện trở R

Điện trở R đặc trưng cho quá trình tiêu thụ điện năng và biến đổi điện năng sang dạng năng lượng khác như nhiệt năng, quang năng, cơ năng v...v.

Một cách tổng quát, phần tử điện trở được định nghĩa là phần tử được đặc trưng bởi quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên phần tử có dạng sau:



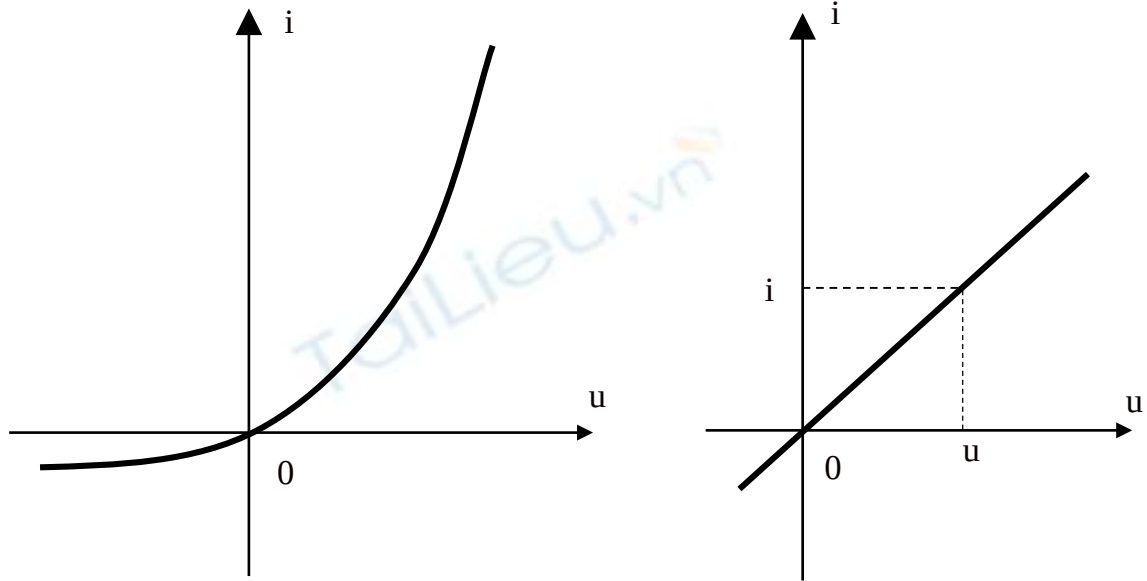
Hình 1-6: Ký hiệu phần tử điện trở trong mạch điện

Quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên điện trở: cho dòng điện i chạy qua điện trở R , giữa hai đầu điện trở R có điện áp rơi u_R , theo định luật Ohm ta có:

$$u_R = f_R(i) \text{ hoặc } i_R = \varphi_R(u) \quad (1.3)$$

Trong đó: f_R và φ_R là những hàm liên tục.

Quan hệ giữa u và i trong (1.3) gọi là đặc tuyến Volt – Ampere (V-A) của phần tử điện trở. Tổng quát, các đặc tuyến này không là đường thẳng (gọi là điện trở phi tuyến hay điện trở không tuyến tính).



a. Đặc tuyến V-A điện trở phi tuyến

b. Đặc tuyến V-A điện trở tuyến tính

Hình 1-7: Đặc tuyến V-A của điện trở

Nếu đặc tuyến V-A là tuyến tính (Hình 1-7 b.) ta có phần tử điện trở tuyến tính. Quan hệ giữa dòng điện và điện áp được biểu thị qua định luật Ohm:

$$u = R \cdot i \quad (1.4)$$

Với:

$$R = \frac{u}{i} \quad (1.5)$$

là điện trở, đơn vị là Ohm (Ω).

Điện trở tuyến tính có giá trị không âm (≥ 0), và không phụ thuộc vào giá trị của điện áp và dòng điện.

Trường hợp $R = 0$, ta có $u \equiv 0$ đối với bất kỳ giá trị nào của dòng điện. Điều này tương đương với sự ngắn mạch hai cực. Mô hình này dùng cho dây dẫn (để nối các phần tử) trong mạch điện.

Phương trình 1.4 có thể được viết lại dưới dạng khác như sau:

$$u = \frac{1}{R} \cdot i = G \cdot u \quad (1.6)$$

trong đó G là điện dẫn, đơn vị đo là Siemen (S)

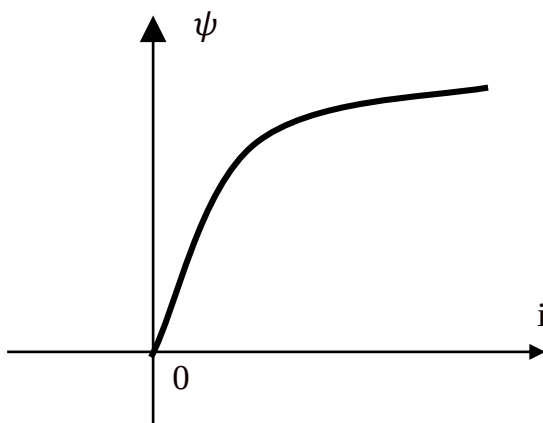
hoặc Mho (Ω): $1S = 1/\Omega = \Omega^{-1} = \text{Mho}$.

Trường hợp $R = \infty$ hay $G = 0$, ta có $i \equiv 0$ đối với bất kỳ giá trị nào của điện áp. Mô hình này dùng để biểu diễn sự hở mạch.

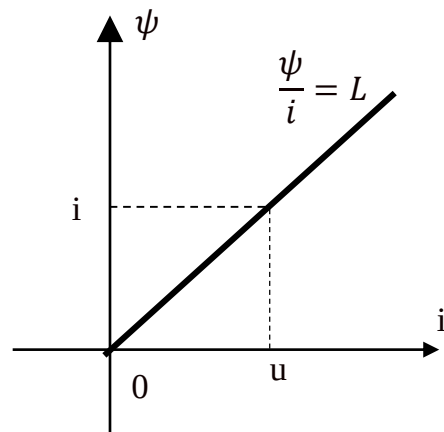
1.2.1.2. Điện cảm L

Phần tử điện cảm là mô hình lý tưởng của cuộn dây, khi chỉ xét đến hiện tượng chủ yếu là hiện tượng tích phóng năng lượng từ trường, bỏ qua các hiện tượng khác. Phần tử này được đặc trưng bởi quan hệ giữa từ thông móc vòng và dòng điện chảy qua cuộn dây:

$$\Psi = f_L(i) \quad (1.7)$$



a. Đặc tuyến V-A điện cảm phi tuyến

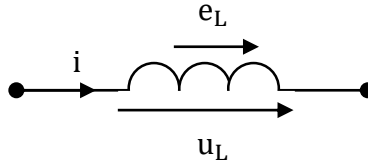


b. Đặc tuyến V-A điện cảm tuyến tính

Hình 1-8: Đặc tuyến V-A của điện cảm

Trong trường hợp đặc tuyến này là đường thẳng ta có phần tử điện cảm tuyến tính (Hình 1-7 b).

Khi đó tỷ số $L = \Psi/i$ không phụ thuộc vào dòng điện i .



Hình 1-9: Ký hiệu phân tử điện cảm trong mạch điện

Khi có dòng điện i chạy trong cuộn dây W vòng sẽ sinh ra từ thông móc vòng với cuộn dây:

$$\psi = W\varphi \quad (1.8)$$

Điện cảm của cuộn dây: $L = \psi / i = W\varphi / i$

L được gọi là điện cảm (hoặc hệ số tự cảm) và được đo bằng Henry (H).

Nếu dòng điện i biến thiên thì từ thông cũng biến thiên và theo định luật cảm ứng điện từ trong cuộn dây xuất hiện sức điện động tự cảm:

$$e_L = -\frac{d\psi}{dt} = -L\frac{di}{dt} \quad (1.9)$$

Quan hệ giữa dòng điện và điện áp:

$$u_L = -\frac{e}{L} = L\frac{di}{dt} \quad (1.10)$$

Dòng điện i được xác định từ phương trình:

$$i = \frac{1}{L} \int_0^t u_L dt + i(0) \quad (1.11)$$

trong đó:

$$i(0) = \frac{\psi(0)}{L} \quad (1.12)$$

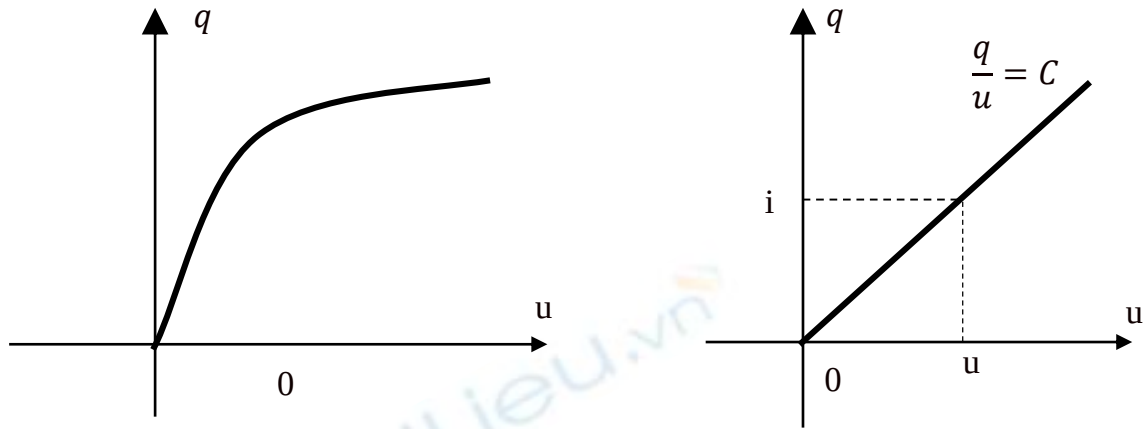
là giá trị của dòng điện qua phần tử điện cảm tại thời điểm ban đầu $t = 0$.

1.2.1.3. Điện dung C

Phần tử điện dung là mô hình lý tưởng của tụ điện, khi chỉ xét đến hiện tượng chủ yếu là tích phóng năng lượng điện trường, bỏ qua các hiện tượng khác. Phần tử

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

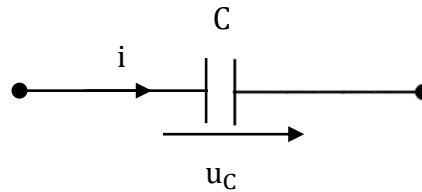
$$q = f_C(u_C) \quad (1.13)$$



a. Đặc tuyến V-A điện cảm phi tuyến

b. Đặc tuyến V-A điện cảm tuyến tính

Hình 1-10: Đặc tuyến V-A của điện dung



Hình 1-11: Ký hiệu phần tử điện dung trong mạch điện

Nếu đặc tuyến này là đường thẳng: ta có phần tử điện dung tuyến tính (Hình 1- 7 b). Trong trường hợp này, khi đặt điện áp u_C hai đầu tụ điện, sẽ có điện tích q tích lũy trên bản tụ điện:

$$q = C \cdot u_C \quad (1.14)$$

Nếu điện áp u_C biến thiên sẽ có dòng điện dịch chuyển qua tụ điện:

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt} \quad (1.15)$$

Từ đó suy ra:

$$u_C = \frac{1}{C} \int_0^t i dt \quad (1.16)$$

Nếu tại thời điểm $t=0$, tụ điện đã có điện tích ban đầu thì điện áp trên tụ điện là:

$$u_c = \frac{1}{C} \int_0^t i dt + u_c(0) \quad (1.17)$$

trong đó $u_c(0)$ là điện áp ban đầu trên tụ:

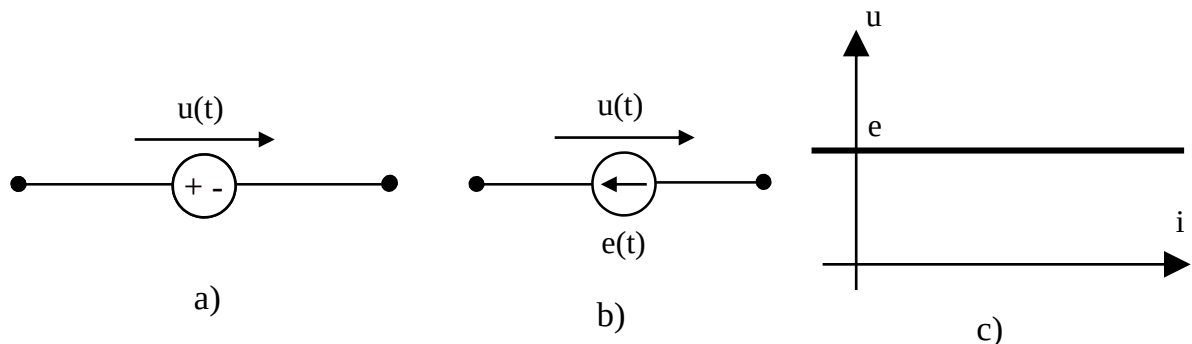
$$u_c(0) = \frac{q(0)}{C} \quad (1.18)$$

Đơn vị của điện dung là Farad (F) hoặc μF .

1.2.1.4. Nguồn (điện) áp độc lập

Nguồn điện áp đặc trưng cho khả năng tạo nên và duy trì một điện áp trên hai cực của nguồn. Nguồn điện áp $u(t)$ được ký hiệu như Hình 1-12 a và được biểu diễn bằng một sức điện động $e(t)$ như Hình 1-12 b. Chiều $e(t)$ quy ước từ điểm có điện thế thấp đến điểm điện thế cao. Chiều $u(t)$ được quy ước từ điểm có điện thế cao đến điểm có điện thế thấp.

$$u(t) = -e(t)$$

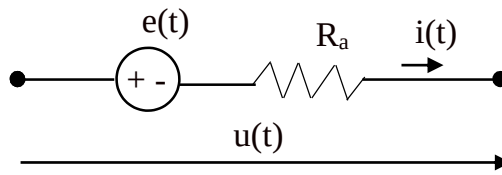


Hình 1-12: Nguồn (điện) áp lý tưởng

Đối với nguồn (điện) áp thực tế thì đặc tuyến sẽ khác so với nguồn áp lý tưởng như ở Hình 1-12 c do bản thân nguồn điện cũng có điện trở và áp ở đầu ra phụ thuộc vào dòng điện. Người ta xây dựng nguồn áp thực tế gồm một nguồn lý tưởng nối tiếp với một điện trở R_a . Khi đó đặc tuyến ngoài sẽ có dạng:

$$u(t) = e(t) + R_a i(t) \quad (1.19)$$

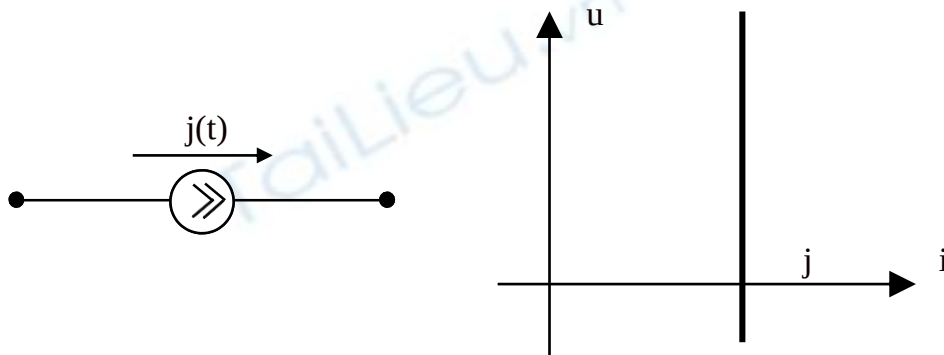
phụ thuộc vào dòng điện của nguồn cung cấp (Hình 1-13).



Hình 1-13: Nguồn (điện) áp thực tế

1.2.1.5. Nguồn dòng (điện) độc lập

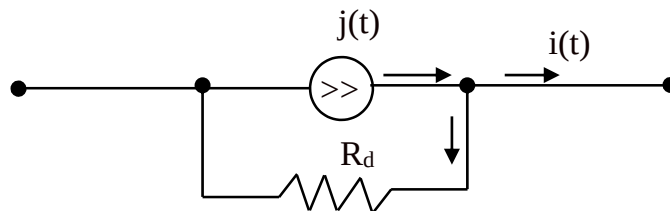
Nguồn dòng điện $j(t)$ đặc trưng cho khả năng của nguồn điện tạo nên và duy trì một dòng điện cung cấp cho mạch ngoài (Hình 1-14).



Hình 1-14: Nguồn dòng (điện) lý tưởng

Đối với nguồn dòng (điện) thực, mô hình của nó gồm nguồn dòng lý tưởng nối song song với điện trở R_d (Hình 1-15). Dòng điện chạy từ nguồn phụ thuộc vào điện áp trên hai cực của nguồn dòng:

$$i(t) = j(t) - \frac{u(t)}{R_d} \quad (1.20)$$

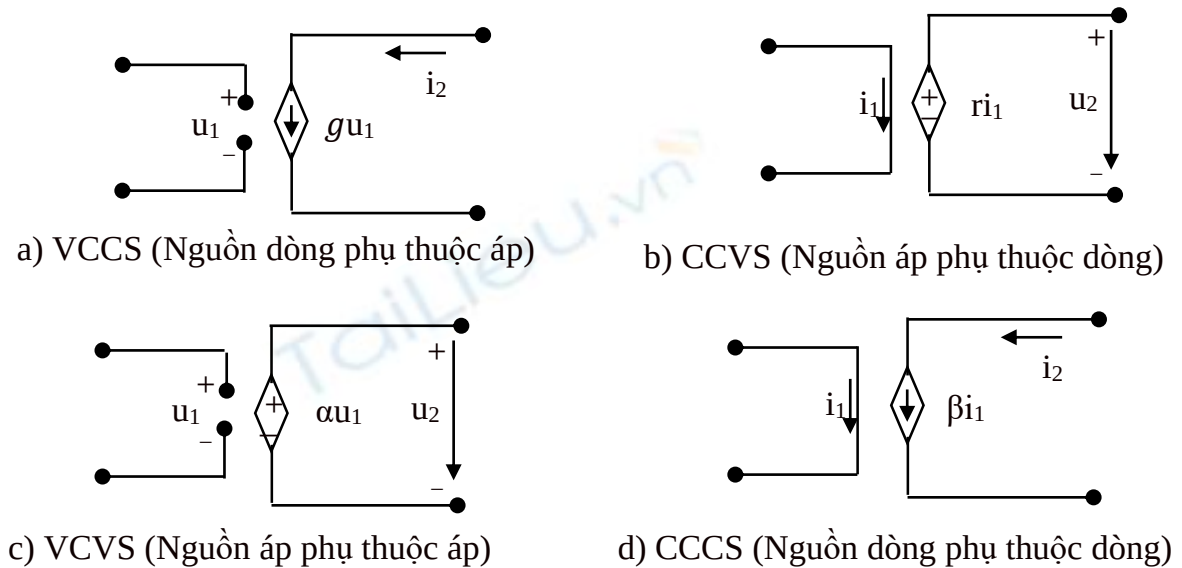


Hình 1-15: Nguồn dòng (điện) thực tế

1.2.2. Các phần tử 4 cực

1.2.2.1. Các nguồn phụ thuộc

Trái với các nguồn độc lập có thể tạo ra một điện áp hoặc dòng điện hoàn toàn không bị ảnh hưởng bởi phần còn lại của mạch, các nguồn phụ thuộc tạo ra một dòng điện hoặc điện áp phụ thuộc vào một dòng điện hoặc điện áp ở một nơi nào đó trong mạch. Hình 1-16 ký hiệu 4 loại nguồn phụ thuộc ở trong mạch điện.



Hình 1-16: Phần tử nguồn phụ thuộc

Các đầu vào ở bên trái tượng trưng điện áp hoặc dòng điện điều khiển phụ thuộc. Các đầu ra ở bên phải là dòng điện hoặc điện áp ra của nguồn bị điều khiển.

Các hằng số r, g, α, β là các hệ số điều khiển.

a. Nguồn dòng phụ thuộc áp (VCCS: *Voltage Controlled Current Source*)

Phần tử này phát ra dòng điện i_2 phụ thuộc vào điện áp u_1 theo hệ thức:

$$i_2 = g \cdot u_1 \quad (1.21)$$

Đơn vị đo của g là Siemen (S) hoặc Mho (Ω^{-1}).

b. Nguồn áp phụ thuộc dòng (CCVS: *Current Controlled Voltage Source*)

Phần tử này phát ra điện áp u_2 phụ thuộc dòng điện i_1 theo hệ thức:

$$u_2 = r \cdot i_1 \quad (1.22)$$

Đơn vị đo của r là Ohm (Ω).

c. Nguồn áp phụ thuộc áp (VCVS: *Voltage Controlled Voltage Source*)

Phần tử này phát ra điện áp u_2 phụ thuộc vào điện áp u_1 theo hệ thức:

$$u_2 = \alpha \cdot u_1 \quad (1.23)$$

α không có thứ nguyên.

d. Nguồn dòng phụ thuộc dòng (CCCS: *Current Controlled Current Source*)

Phần tử này phát ra dòng điện i_2 phụ thuộc vào dòng điện i_1 theo hệ thức:

$$i_2 = \beta \cdot i_1 \quad (1.24)$$

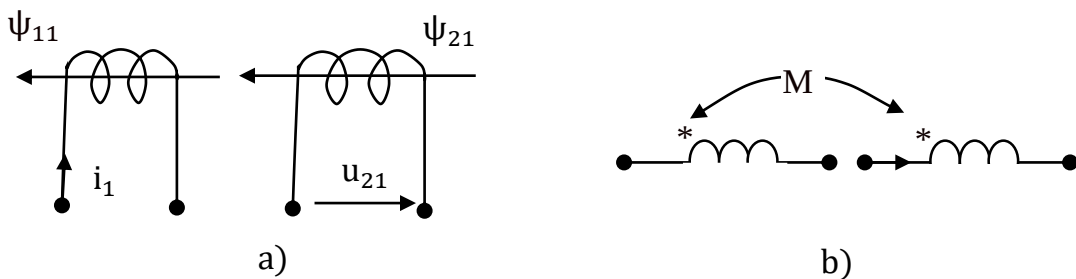
β không có thứ nguyên.

Các nguồn phụ thuộc thường được dùng khi mô hình các linh kiện điện tử như transistor, op-amp,... và các mạch điện tử chứa chúng.

1.2.2.2. Hai phần tử điện cảm có ghép hồ cảm

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

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



Hình 1-17: Phần tử điện cảm có ghép hồ cảm trong mạch điện

Hiện tượng hồ cảm là hiện tượng xuất hiện từ trường trong một cuộn dây do dòng điện biến thiên trong cuộn dây khác tạo nên.

Trên Hình 1-17 a có hai cuộn dây có liên hệ hồ cảm với nhau. Từ thông hồ cảm trong cuộn dây 2 do dòng điện i_1 tạo nên là:

$$\psi_{21} = Mi_1 \quad (1.25)$$

Tương tự từ thông hồ cảm trong cuộn dây 1 do dòng điện i_2 trong cuộn dây 2 tạo nên là:

$$\psi_{12} = Mi_2 \quad (1.26)$$

M là hệ số hồ cảm giữa hai cuộn dây, đơn vị hồ cảm là Henry (H) hoặc mH.

Nếu i_1 biến thiên thì điện áp hồ cảm của cuộn dây 2 do i_1 tạo nên là:

$$u_{21} = \frac{d\psi_{21}}{dt} = \frac{Mdi_1}{dt} \quad (1.27)$$

Tương tự điện áp hồ cảm của cuộn dây 1 do dòng điện i_2 tạo nên là:

$$u_{12} = \frac{d\psi_{12}}{dt} = \frac{Mdi_2}{dt} \quad (1.28)$$

Hồ cảm M được ký hiệu như sơ đồ Hình 1-17 b và dùng cách đánh dấu một cực cuộn dây bằng dấu sao (*) để dễ xác định dấu của phương trình (1.27) và (1.28). Đó là các cực cùng tính, khi các dòng điện có chiều cùng đi vào (hoặc cùng đi ra khỏi) các cực đánh dấu ấy thì từ thông tự cảm ψ_{11} và ψ_{21} cùng chiều. Cực cùng tính phụ thuộc vào chiều quấn dây và vị trí của các cuộn dây có hồ cảm.

Tùy thuộc vào cực tính của hai cuộn dây cùng (hay ngược) chiều ta có từ thông trong mỗi cuộn dây:

$$\psi_1 = L_1 i_1 \pm Mi_2 \quad (1.29)$$

$$\psi_2 = L_2 i_2 \pm Mi_1 \quad (1.30)$$

Điện áp cảm ứng trên hai cuộn dây được xác định theo công thức:

$$u_1 = \frac{d\psi_1}{dt} = \frac{d\psi_{11}}{dt} + \frac{d\psi_{12}}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_2}{dt} \quad (1.31)$$

$$u_2 = \frac{d\psi_2}{dt} = \frac{d\psi_{22}}{dt} + \frac{d\psi_{21}}{dt} = L_2 \frac{di_2}{dt} \pm M \frac{di_1}{dt} \quad (1.32)$$

Điện áp u_1 và u_2 gồm hai thành phần:

- Điện áp tự cảm: $L_1 \frac{di_1}{dt}$ và $L_2 \frac{di_2}{dt}$

- Điện áp tự cảm: $\pm M \frac{di_2}{dt}$ và $\pm M \frac{di_1}{dt}$

Quy tắc để xác định dấu “+” hoặc “-” trong biểu thức $\pm M \frac{di}{dt}$ của biểu thức hồ cảm như sau: Nếu dòng điện i có chiều dương đi vào đầu có dấu “*” (đầu không có dấu “*”) trong cuộn dây và điện áp có cực tính “+” ở đầu có dấu “*” (đầu không có dấu “*”) trong cuộn dây kia thì điện áp hồ cảm là $M \frac{di}{dt}$, trường hợp 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 theo công thức:

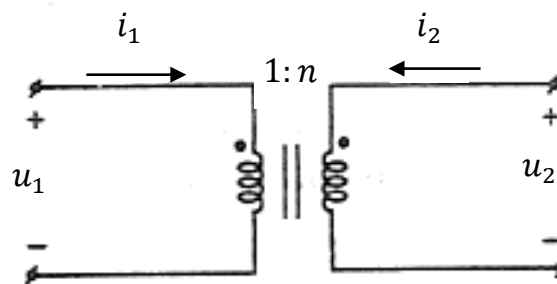
$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad (1.33)$$

Người ta chứng minh được $k \leq 1$.

Khi $M^2 = L_1 L_2$ thì $k = 1$: ta có ghép lý tưởng, toàn bộ các đường sức ở cuộn dây này đều móc vòng qua cuộn dây kia.

1.2.2.3. Biến áp lý tưởng

Mạch hai cuộn dây ghép hồ cảm nêu ở mục trên nếu ghép lý tưởng ($k = 1$) và hệ số tự cảm L_1 và L_2 là vô cùng lớn nhưng tỷ số $\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2$ là hữu hạn được gọi là biến áp lý tưởng, trong đó: w_1 là số vòng dây quấn của cuộn 1, w_2 là số vòng dây quấn của cuộn 2.



Hình 1-18: Máy biến áp lý tưởng

Từ biểu thức 1.31 và 1.32 dễ dàng chứng minh được:

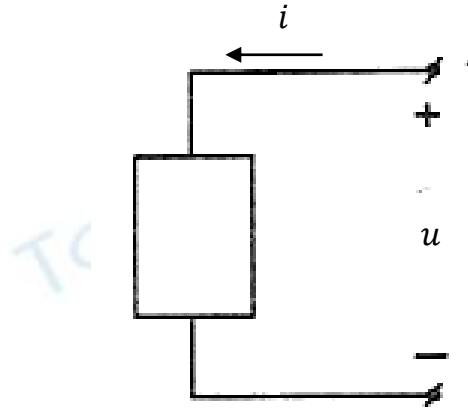
$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{\sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1}} = \frac{w_2}{w_1} = n \quad (1.34)$$

$$\frac{i_2}{i_1} = -\frac{1}{n} \quad (1.35)$$

Với n là tỷ số vòng dây giữa cuộn dây 2 và cuộn dây 1.

Biểu thức 1.34 và 1.35 gọi là hệ phương trình của một biến áp lý tưởng.

1.3. CÔNG SUẤT VÀ NĂNG LƯỢNG



Hình 1-19

Xét một phần mạch điện chịu tác động ở hai đầu một điện áp u , qua nó có dòng điện i . Nếu chiều dương của điện áp và dòng điện như Hình 1-19, thì năng lượng điện được đưa vào phần mạch điện đó (hay phần mạch điện đó hấp thu năng lượng) trong khoảng thời gian vô cùng bé dt là:

$$dw = u \cdot dq = u \cdot i \cdot dt \quad (1.36)$$

Trong đó dq là lượng điện tích dịch chuyển qua phần mạch điện từ cực + sang cực – trong khoảng thời gian dt .

Công suất tức thời được đưa vào phần mạch điện là:

$$p(t) = \frac{dw}{dt} = u \cdot i \quad (1.37)$$

Với $p(t)$ là một đại lượng đại số (có trị số dương hoặc âm). Nếu tại một thời điểm t nào đó $p > 0$ thì tại thời điểm t đó phần mạch thực sự hấp thu năng lượng với

công suất là p . Còn nếu $p < 0$ thì tại thời điểm t đó phần mạch thực sự phát ra năng lượng (tức là năng lượng được đưa từ phần mạch ra ngoài) với công suất là $|p|$.

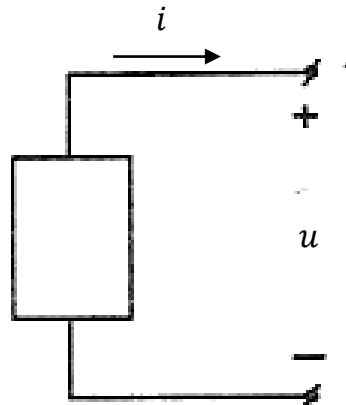
Từ 1.37 suy ra năng lượng cung cấp cho phần mạch trong khoảng thời gian Δt từ t_0 đến $t_0 + \Delta t$ là:

$$W(t_0, t_0 + \Delta t) = \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} p(t).dt = \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} u(t).i(t).dt \quad (1.38)$$

Nếu chiều dương của dòng điện i và điện áp u được chọn như Hình 1-20 thì tích $u.i$ gọi là công suất tức thời phát ra bởi phần mạch điện:

$$p_f(t) = u(t).i(t) \quad (1.39)$$

$p_f(t)$ là đại lượng đại số:



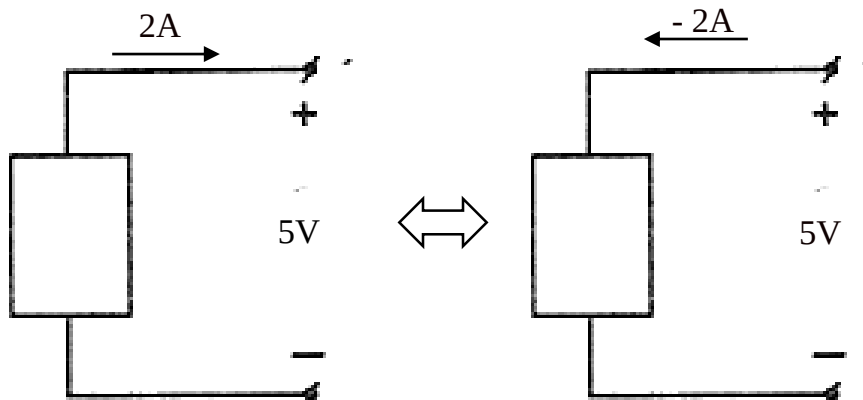
Hình 1-20

Nếu tại $t, p_f(t) > 0$: phần mạch thực sự phát ra năng lượng với công suất $p_f(t)$.

Nếu tại $t, p_f(t) < 0$: phần mạch thực sự hấp thu năng lượng với công suất $|p_f(t)|$.

Đơn vị của công suất là Watt (W). Đơn vị của năng lượng là Joule (J).

Nói một phần tử phát ra công suất -10W tương đương với phần tử đó hấp thu một công suất là +10W. Hoặc nói một phần tử phát ra công suất +10W cũng tương đương với phần tử đó hấp thu một công suất -10W (Ví dụ ở Hình 1-21).



Hình 1-21

1.3.1. Công suất và năng lượng trên điện trở

Xét mạch điện ở Hình 1-6, công suất điện trở tiêu thụ:

$$p_R(t) = u(t) \cdot i(t) = R \cdot i^2(t) = G \cdot u^2(t) \quad (1.40)$$

Với $G = \frac{1}{R}$: là điện dẫn.

Với $R > 0$ ta có $p_R(t)$ luôn dương, điều này chứng tỏ phần tử R chỉ có tiêu hao (hấp thụ) năng lượng điện.

Năng lượng tiêu tán trên điện trở trong khoảng thời gian từ t_0 đến $t_0 + \Delta t$:

$$W = \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} p(t) \cdot dt = \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} R \cdot i^2(t) \cdot dt \quad (1.41)$$

Khi $i = \text{const}$ ta có $W = R \cdot i^2 \cdot \Delta t$.

1.3.2. Công suất và năng lượng trên phần tử điện dung

Công suất tức thời hấp thụ bởi phần tử điện dung C :

$$p_C(t) = u(t) \cdot i(t) = C \cdot u(t) \cdot \frac{du(t)}{dt} \quad (1.42)$$

Với chiều dương của u và i như trên Hình 1-11.

Năng lượng tích lũy trong phần tử điện dung tại thời điểm t :

$$W_C(t) = \int_{-\infty}^t p_C(\tau) d\tau = C \int_{-\infty}^t u(\tau) \frac{du}{d\tau} d\tau = C \int_{-\infty}^t u \cdot du$$

$$W_C(t) = \frac{1}{2} C \cdot u^2(t) \quad (1.43)$$

Với giả thiết $u(-\infty) = 0$.

Khi $|u|$ tăng từ trị số $|u_1|$ lên trị số $|u_2| (> |u_1|)$ thì năng lượng điện trường tích lũy vào phần tử C thêm một lượng:

$$\Delta W_C = \frac{1}{2} C (u_2^2 - u_1^2)$$

Khi $|u|$ giảm từ trị số $|u_2|$ xuống trị số $|u_1|$ thì toàn bộ năng lượng ΔW_C trên được phóng ra bên ngoài. Trong phần tử C không có hiện tượng tiêu tán, chỉ có hiện tượng tích phóng năng lượng điện trường.

1.3.3. Công suất và năng lượng trên phần tử điện cảm

Công suất tức thời hấp thu bởi phần tử điện cảm L :

$$p_L(t) = u(t) \cdot i(t) = L \cdot i(t) \cdot \frac{di(t)}{dt} \quad (1.44)$$

Với chiều dương của u và i như trên Hình 1-9.

Năng lượng tích lũy trong phần tử điện cảm tại thời điểm t :

$$W_L(t) = \int_{-\infty}^t p_L(\tau) d\tau = L \int_{-\infty}^t i(\tau) \frac{di}{d\tau} d\tau = L \int_{-\infty}^t i \cdot di$$

$$W_L(t) = \frac{1}{2} L \cdot i^2(t) \quad (1.45)$$

Với giả thiết $i(-\infty) = 0$.

Khi $|i|$ tăng từ trị số $|i_1|$ lên trị số $|i_2| (> |i_1|)$ thì năng lượng điện trường tích lũy vào phần tử L thêm một lượng:

$$\Delta W_L = \frac{1}{2} L (i_2^2 - i_1^2)$$