

KỸ THUẬT ĐIỆN

CHƯƠNG 1

MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU MỘT PHA

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

I. Mạch điện – kết cấu hình học

1. Mạch điện

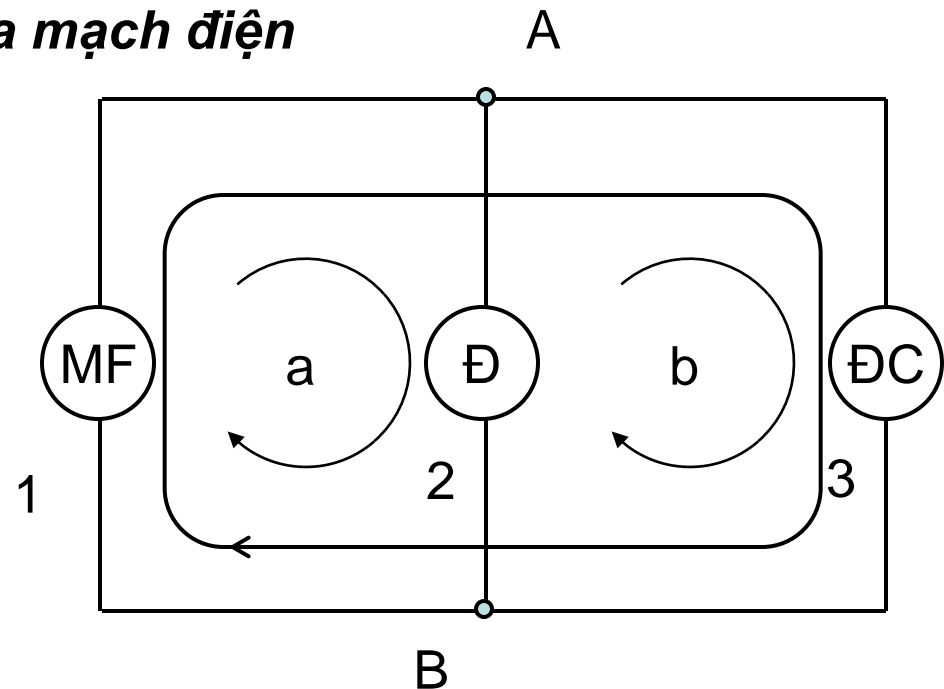
Khái niệm:

- Tập hợp các **thiết bị điện**
- Nối với nhau bằng các dây dẫn tạo thành những **vòng kín**
- Trong đó dòng **điện có thể chạy qua**.

Mạch điện thường gồm các phần tử sau: **nguồn điện, phụ tải (tải) và dây dẫn**

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

2. Kết cấu hình học của mạch điện



- *Nhánh*: bộ phận của mạch điện gồm các phần tử nối tiếp nhau trong đó có cùng dòng điện chạy qua
- *Nút*: chỗ gặp nhau của từ ba nhánh trở lên.
- *Vòng*: lối đi khép kín qua các nhánh

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

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

1. Dòng điện

- Dòng chuyển dời có hướng của các điện tích trong điện trường.
- Dòng điện i về trị số bằng tốc độ biến thiên của lượng điện tích q qua tiết diện ngang một vật dẫn

$$i = \frac{dq}{dt}$$

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

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

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

2. Điện áp

Tại mỗi điểm trong mạch điện có một điện thế. Hiệu điện thế giữa hai điểm gọi là điện áp.

$$u_{AB} = u_A - u_B$$

u_{AB} - điện áp giữa hai điểm A và B có điện thế u_A và u_B

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

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

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

c. Công suất

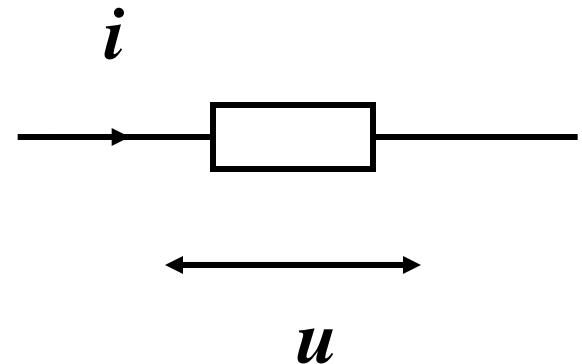
Nhánh (phần tử) có thể nhận năng lượng hoặc phát năng lượng.

Biết chiều dòng điện và điện áp trên nhánh và tính công suất $p = u.i$

→ kết luận về quá trình năng lượng.

$p = ui > 0$ (dòng và áp cùng chiều) → nhánh nhận năng lượng

$p = ui < 0$ (dòng và áp ngược chiều) → nhánh phát năng lượng



CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

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

4. Chiều dương dòng điện và điện áp trong mạch điện

Khi giải mạch điện, ta **tuỳ ý** vẽ chiều dòng điện và điện áp trong các nhánh gọi là chiều dương.

Giải mạch điện trên cơ sở các chiều của dòng và áp đã giả thiết.

Tính giá trị dòng điện và điện áp

- Dòng điện (điện áp) **trị số dương**, chiều của chúng **trùng** với chiều đã vẽ
- Dòng điện (điện áp) có **trị số âm**, chiều của chúng **ngược** với chiều đã vẽ

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

III. Mô hình mạch điện, các thông số

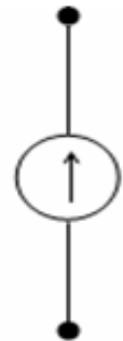
1. Nguồn điện áp $u(t)$

Nguồn điện áp đặc trưng cho khả năng tạo ra và duy trì một điện áp trên hai cực của nguồn, được biểu diễn bằng một sức điện động $e(t)$ và ký hiệu:

Chiều $e(t)$ từ điểm điện thế thấp đến điểm điện thế cao.

Chiều điện áp từ điểm có điện thế cao đến điểm điện thế thấp

Chiều điện áp cực nguồn ngược với chiều sức điện động.



→ Điện áp đầu cực $u(t)$ sẽ bằng sức điện động

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

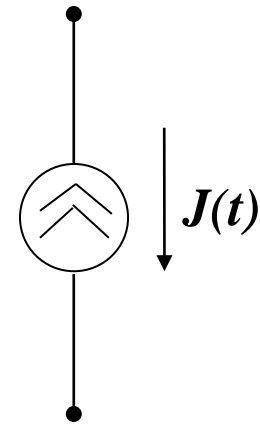
CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

III. Mô hình mạch điện, các thông số

2. Nguồn dòng điện $j(t)$

Nguồn điện áp đặc trưng cho khả năng tạo ra và duy trì một dòng điện không đổi.

Ký hiệu: $j(t)$



CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

III. Mô hình mạch điện, các thông số

3. Điện trở R

Cho dòng điện i chạy qua điện trở R

→ Điện áp rơi trên điện trở u_R

Theo định luật Ôm, quan hệ giữa dòng điện i và điện áp u_R

$$u_R = i.R$$

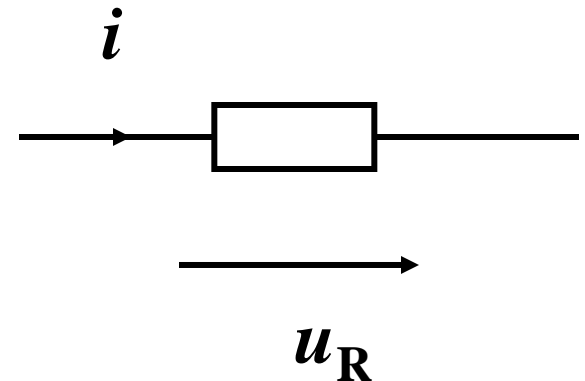
Công suất tiêu thụ trên điện trở

$$p = i.u_R = i^2 R$$

Công suất $p \geq 0$ → Điện trở chỉ nhận năng lượng từ nguồn.

Điện trở R đặc trưng cho tiêu tán công suất trong mạch điện.

Đơn vị của điện trở là Ω (ôm)



CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

1.3. Mô hình mạch điện, các thông số

Điện năng tiêu thụ trên điện trở trong khoảng thời gian t

$$A = \int_0^t p dt = \int_0^t Ri^2 dt$$

Khi dòng điện không đổi $i = \text{const}$, biểu thức tính điện năng

$$A = i^2 \cdot R \cdot t$$

Đơn vị của điện năng là Wh (oát giờ), bội số của nó là kWh.

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

III. Mô hình mạch điện, các thông số

4. Điện cảm L

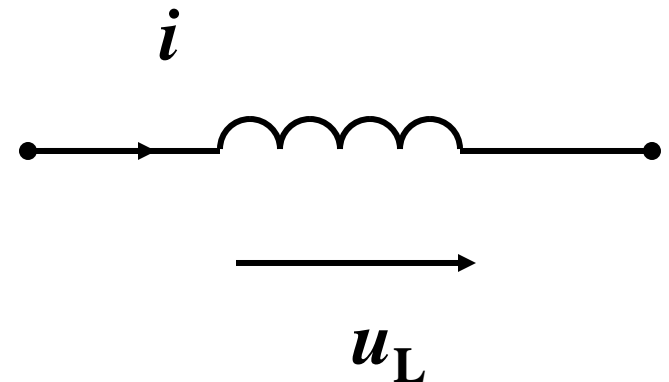
Dòng điện i chạy qua cuộn dây có w vòng \rightarrow sinh ra từ thông móc vòng với cuộn dây

$$\psi = w \cdot \Phi$$

Điện cảm của cuộn dây được định nghĩa:

$$L = \frac{\psi}{i} = \frac{w\Phi}{i}$$

Đơn vị của điện cảm là Henry (H), mH, μ H



CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

III. Mô hình mạch điện, các thông số

Dòng điện i biến thiên \rightarrow từ thông Φ cũng biến thiên

Theo định luật cảm ứng điện từ, trong cuộn dây xuất hiện sức điện động tự cảm e_L :

$$e_L = -\frac{d\psi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

Điện áp trên cuộn dây

$$u_L = -e_L = L \frac{di}{dt}$$

Công suất trên cuộn dây

$$p_L = u_L i = Li \frac{di}{dt}$$

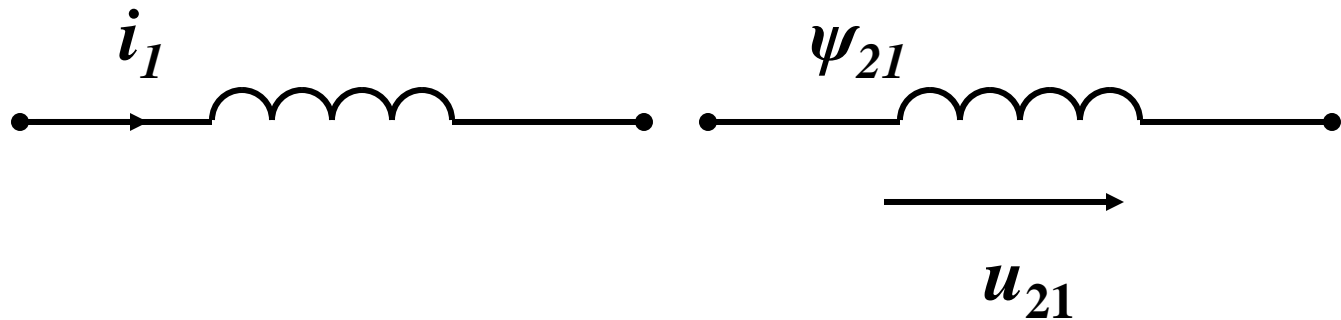
Năng lượng từ trường tích lũy trong cuộn dây

$$W_M = \int_0^t p_L dt = \int_0^i Li di = \frac{1}{2} Li^2$$

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

III. Mô hình mạch điện, các thông số

5. Hồ cảm M



K/n: Hiện tượng từ trường của cuộn dây do dòng điện ở cuộn dây khác gây nên.

$$\psi_{21} = M.i_1$$

Khi dòng điện i_1 biến thiên thì điện áp hồ cảm ở cuộn dây 2 :

$$u_{21} = \frac{d\psi_{21}}{dt} = M \frac{di_1}{dt}$$

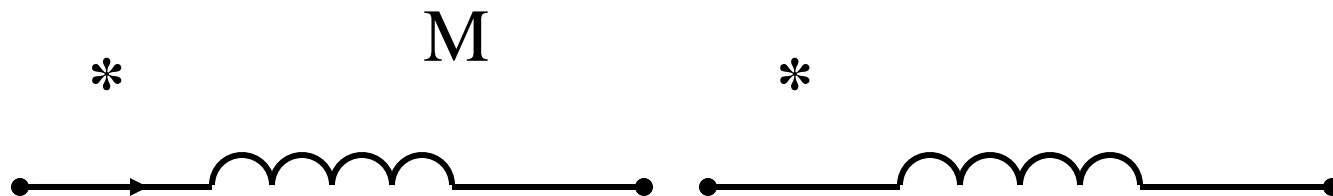
CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

III. Mô hình mạch điện, các thông số

Điện áp hồ cảm ở cuộn dây 1 do dòng điện ở cuộn dây 2:

$$u_{12} = \frac{d\psi_{12}}{dt} = M \frac{di_2}{dt}$$

Đơn vị của hồ cảm là Henry (H)



Hồ cảm M được ký hiệu như sơ đồ hình 1-8b và dùng cách đánh dấu một cực cuộn dây bằng dấu sao (*). Từ đó xác định chiều (dấu) của các điện áp hồ cảm

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

III. Mô hình mạch điện, các thông số

6. Điện dung C

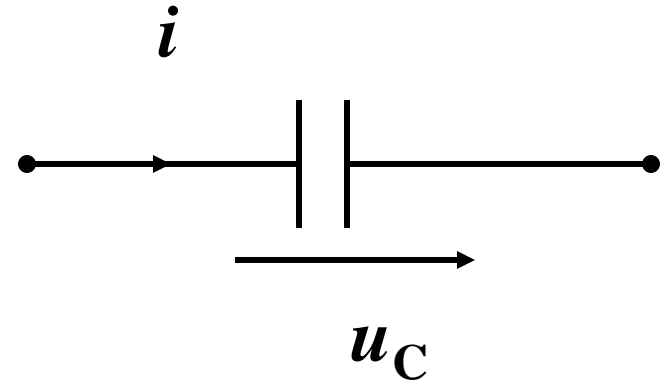
Đặt điện áp u_C lên tụ điện có điện dung C thì tụ điện sẽ được nạp điện với điện tích q

$$q = C.u_C$$

Điện áp u_C biến thiên \rightarrow điện tích trên các bản cực của tụ điện thay đổi \leftrightarrow có dòng điện chuyển dịch qua tụ điện (giữa các bản cực)

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(Cu_C) = C \frac{du_C}{dt}$$

$$u_C = \frac{1}{C} \int_0^t i dt$$



CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

III. Mô hình mạch điện, các thông số

Công suất trên tụ điện

$$p_c = u_c i = C u_c \frac{du_c}{dt}$$

Năng lượng tích lũy trong điện trường của tụ điện

$$W_E = \int_0^t p_c dt = \int_0^u C u_c du_c = \frac{1}{2} C u^2$$

Đơn vị của điện dung là Fara (F)

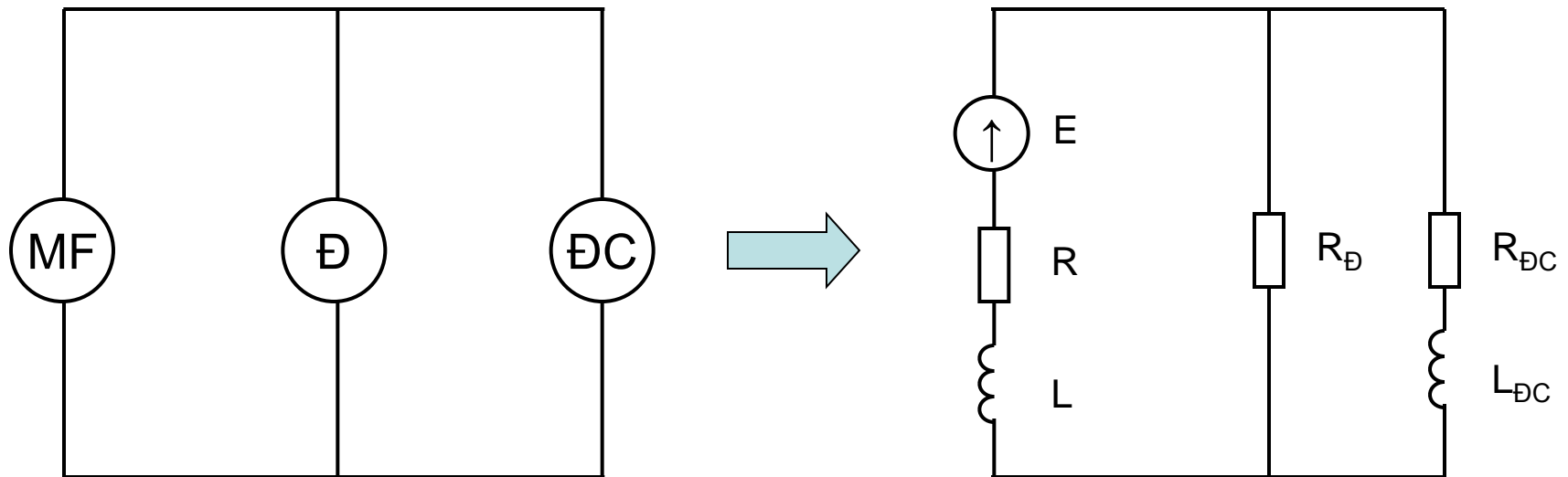
Thực tế dung lượng 1F là rất lớn nên người ta chỉ dùng các đơn vị nhỏ hơn: mF, μ F...

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

III. Mô hình mạch điện, các thông số

7. Mô hình mạch điện (sơ đồ thay thế mạch điện)

- Giữ nguyên kết cấu hình học và quá trình năng lượng
- các phần tử đã được mô hình hoá bằng các thông số lý tưởng e , R , L , C



CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

IV. Phân loại – bài toán về mạch điện

1. Phân loại mạch điện

a. Theo loại dòng điện trong mạch

- Mạch điện một chiều
- Mạch điện xoay chiều

b. Theo tính chất các thông số R, L, C của mạch

- Mạch điện tuyến tính
- Mạch điện phi tuyến

c. Theo quá trình năng lượng trong mạch

- Chế độ xác lập
- Chế độ quá độ

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

IV. Phân loại – bài toán về mạch điện

2. Bài toán về mạch điện

- Phân tích mạch điện: Bài toán cho biết các thông số và kết cấu mạch điện, cần tính dòng, áp và công suất các nhánh.
- Tổng hợp mạch điện: Bài toán ngược lại, cần phải thành lập một mạch điện với các thông số và kết cấu thích hợp, để đạt các yêu cầu định trước về dòng, áp và năng lượng

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

V. Hai định luật Kirchhoff

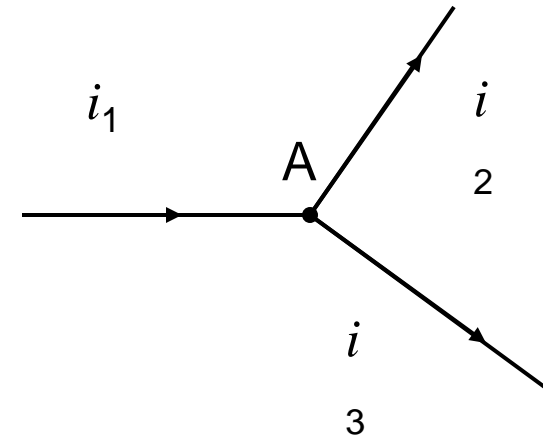
1. Định luật Kirchhoff 1

Tổng đại số các dòng điện tại một nút bằng không

$$\sum i = 0$$

Tại nút A: $i_1 - i_2 - i_3 = 0$

Hoặc $i_1 = i_2 + i_3$



- Tổng các dòng điện tới nút bằng tổng các dòng điện rời khỏi nút.
- Tính chất liên tục của dòng điện: Tại nút không có hiện tượng tích lũy điện tích, có bao nhiêu điện tích tới nút thì cũng có bấy nhiêu điện tích rời khỏi nút

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

V. Hai định luật Kiếchốp

2. Định luật Kiếchốp 2

Đi theo một vòng khép kín, với chiều tùy ý, tổng đại số các điện áp rơi trên các phần tử bằng tổng đại số các sức điện động của vòng; trong đó những sức điện động và dòng điện có chiều trùng với chiều đi của vòng sẽ lấy dấu dương, ngược lại mang dấu âm

Biểu thức:

$$\sum u = \sum e$$

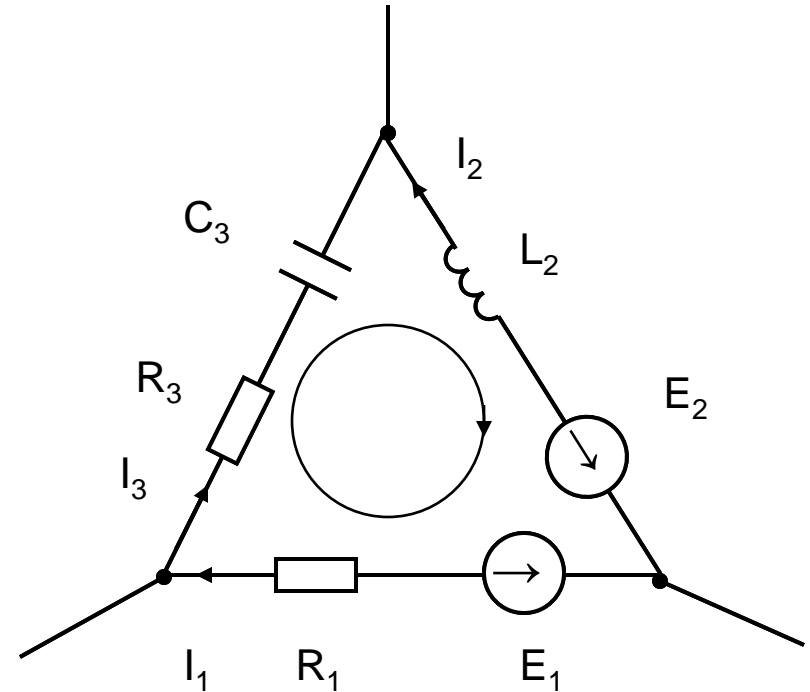
CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

V. Hai định luật Kirchhoff

Đối với vòng kín trong hình bên,
(vòng thuận chiều kim đồng hồ)
định luật Kirchhoff 2 viết:

$$R_3 i_3 + \frac{1}{C_3} \int i_3 dt - L_2 \frac{di_2}{dt} + R_1 i_1$$

$$= e_2 - e_1$$



- Tính chất thế của mạch điện: Trong một mạch điện xuất phát từ một điểm theo một mạch vòng kín và trở lại vị trí xuất phát thì lượng tăng điện thế bằng không

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

VI. Một số ví dụ

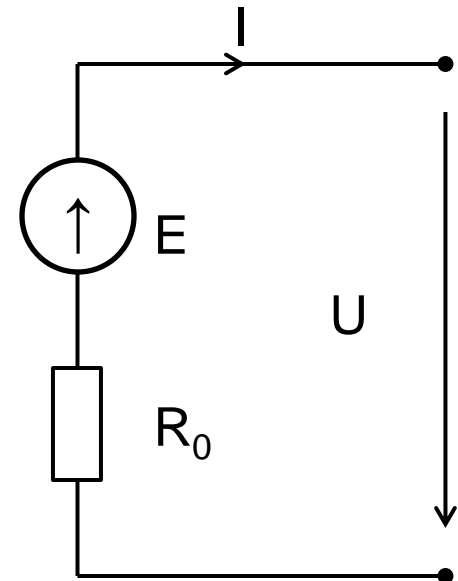
Ví dụ 1: Máy phát điện một chiều khi không tải điện áp trên cực $U_0=220V$, khi tải $I = 10 A$, điện áp trên cực $U = 210 V$.

Lập sơ đồ thay thế cho máy phát điện.

Tính công suất nguồn phát ra, công suất của tải tiêu thụ, công suất tổn hao trong máy phát.

Bài giải:

- Sơ đồ thay thế cho máy phát điện trên hình bên gồm nguồn sđđ E nối tiếp với điện trở trong R_0 .



CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

- Phương trình định luật Ôm cho nhánh có nguồn

$$U = E - I.R_0$$

+ Khi không tải $I = 0 \rightarrow E = U_0 = 220 \text{ V}$,

+ Khi có tải $I = 10 \text{ A}$

$$R_0 = \frac{E - U_0}{I} = \frac{220 - 210}{10} = 1\Omega$$

- Công suất nguồn $P_{ng} = E I = 220 \cdot 10 = 2200 \text{ W}$

- Công suất tải $P_t = U I = 210 \cdot 10 = 2100 \text{ W}$

- Công suất tổn hao trong nguồn: $\Delta P = R_0 i^2 = 1 \cdot 10^2 = 100 \text{ W}$

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

Ví dụ 2:

Một lò điện trở có công suất $P = 3 \text{ kW}$, điện áp $U = 220 \text{ V}$.

Lập sơ đồ thay thế cho lò.

Tính dòng điện lò tiêu thụ và điện năng tiêu thụ trong 1 tháng, biết hệ số sử dụng $k = 0,5$.

Bài giải:

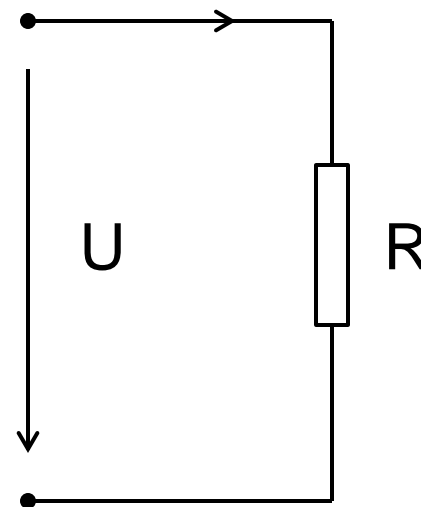
- Sơ đồ thay thế cho lò điện gồm điện trở R

- Dòng điện của lò: $I = \frac{P}{U} = \frac{3000}{220} = 13,63 \text{ A}$

- Điện trở của lò: $R = \frac{P}{I^2} = \frac{3000}{13,63^2} = 16,14 \Omega$

- Điện năng lò tiêu thụ trong 1 tháng:

$$A = k.P.t = 0,5.3.30.24 = 1080 \text{ kWh}$$



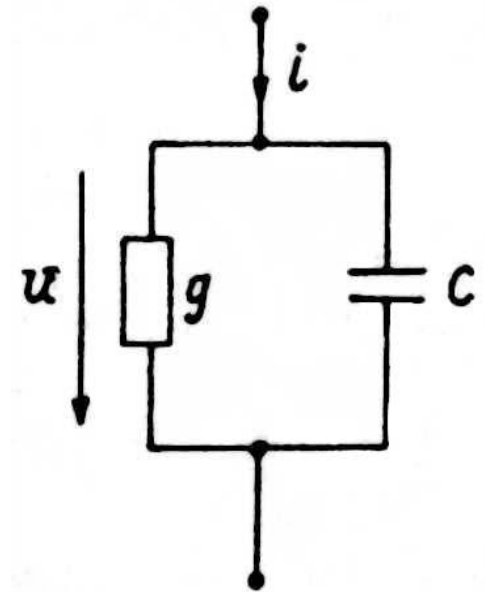
CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

Ví dụ 3:

Sơ đồ thay thế của một tụ điện có tiêu tán như hình bên gồm điện dẫn $g = 1/R$ nối song song với tụ điện C .

Hãy xác định thông số g và C căn cứ vào thí nghiệm sau đây:

- + Khi đặt điện áp một chiều $U = 100$ V, dòng điện rò $1 \mu\text{A}$.
- + Khi điện áp tăng một lượng $\Delta U = 10$ V, điện tích trên bản tụ điện được nạp thêm là $\Delta q = 10^{-5}$ C



CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

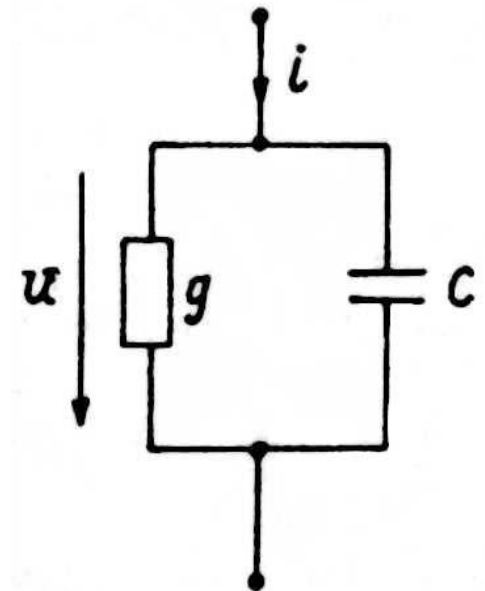
Bài giải:

Trong thí nghiệm này dòng điện rò của tụ chính là dòng điện qua điện dẫn của sơ đồ, suy ra

$$g = \frac{i}{u} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{100} = 10^{-8} S$$

Điện dung của tụ điện

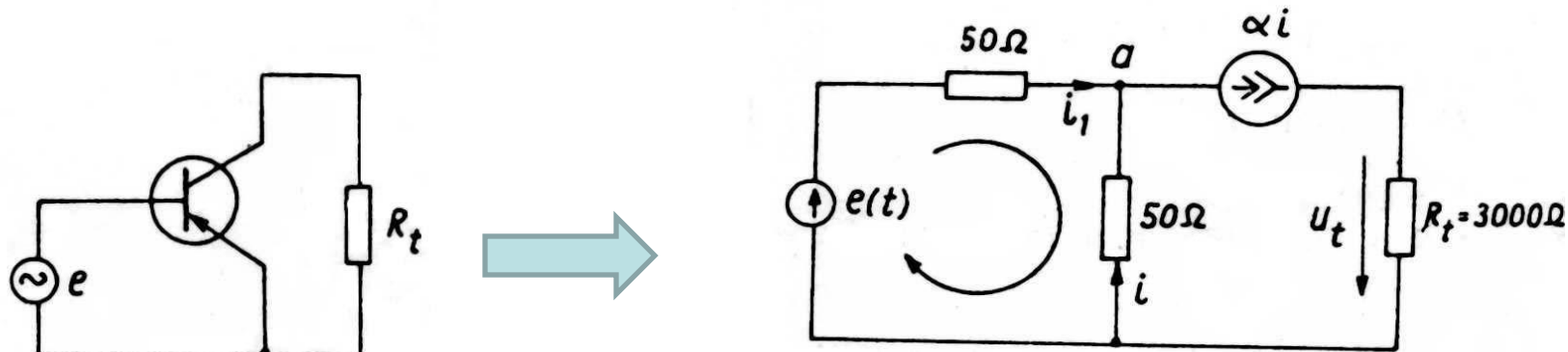
$$C = \frac{dq}{du} = \frac{\Delta q}{\Delta u} = \frac{10^{-5}}{10} = 10^{-6} F$$



CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

Ví dụ 4:

Mạch khuếch đại tranzito được thay thế bằng sơ đồ hình dưới đây.
Tính dòng điện i và điện áp trên tải u_t



Bài giải:

Viết phương trình định luật Kiếchốp 1 cho nút a :

$$i_1 = \alpha i - i = (\alpha - 1) i$$

Viết phương trình định luật Kiếchốp 2 cho mạch vòng kín gồm sđđ $e(t)$ và các điện trở 50Ω ta được:

$$50 i_1 - 50 i - e(t) = 0$$

$$50 (\alpha - 1) i - 50 i = e(t)$$

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

$$i = \frac{e(t)}{50(\alpha - 2)}$$

Vậy điện áp trên tải :

$$u_t = \alpha.i.R_t = \frac{\alpha.e(t).3000}{50(\alpha - 2)} = \frac{60.\alpha.e(t)}{\alpha - 2}$$

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

Bài số 1.1:

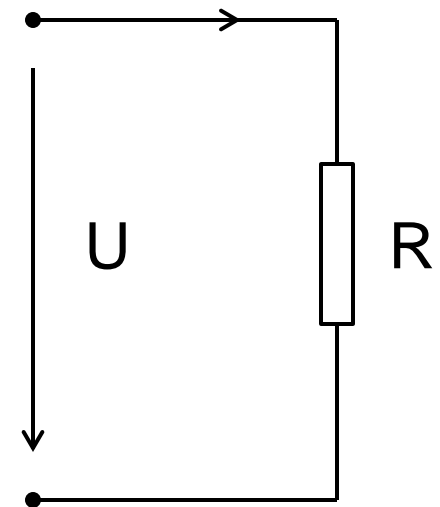
Để chế tạo một bếp điện công suất 600 W, điện áp 220 V người ta dùng dây điện trở. Tính:

- Dòng điện bếp tiêu thụ
- Điện trở của bếp
- Nếu dùng dây điện trở chiều dài 5m, điện trở suất ở nhiệt độ làm việc bằng $1,3 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$ thì đường kính của dây bằng bao nhiêu?

Bài giải:

- Sơ đồ thay thế cho bếp điện gồm điện trở R
- Dòng điện bếp tiêu thụ:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{600}{220} = 2,73 \text{ A}$$



CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

Bài số 1.1:

- Điện trở của bếp điện:

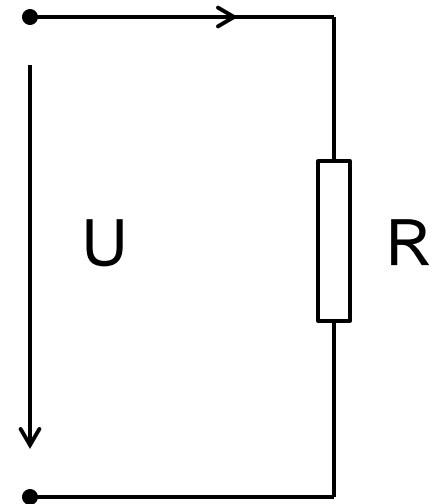
$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{2,38} = 80,6\Omega$$

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{600}{2,38^2} = 80,6\Omega$$

- Đường kính dây điện trở

$$R = \rho \frac{l}{S} \rightarrow S = \rho \frac{l}{R} = \pi \frac{d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{4\rho \frac{l}{\pi R}} = \sqrt{4 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} \frac{5}{3,14 \cdot 80,6}} = 0,32\text{mm}$$

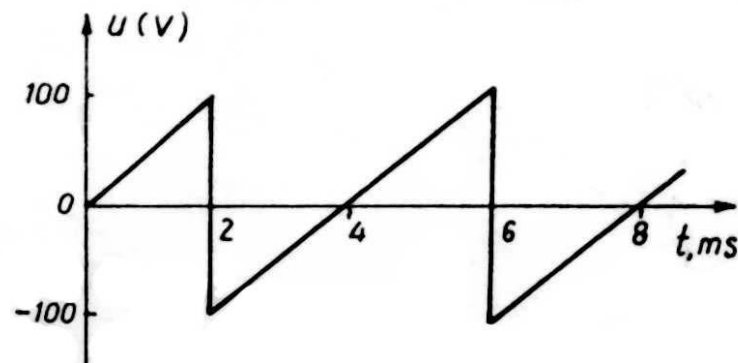


CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

Bài số 1.2.

Trên cực của một cuộn dây thuần cảm $L = 0,05 \text{ H}$ người ta đặt điện áp hình răng cưa.

Vẽ hình dáng dòng điện và tìm biểu thức dòng điện i trong khoảng $0 < t < 2 \text{ ms}$.



Bài giải:

- Từ đồ thị suy ra biểu thức điện áp $u(t) = 50 \cdot 10^3 t$
- Khi đặt điện áp biến thiên vào điện cảm sẽ sinh ra sđđ tự cảm có trị số bằng điện áp

$$L \frac{di}{dt} = 50 \cdot 10^3 t$$

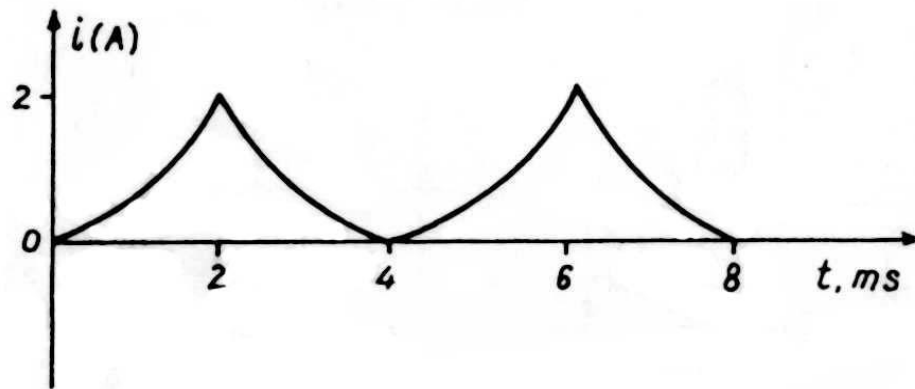
$$di = \frac{1}{L} 50 \cdot 10^3 t dt = \frac{1}{0,05} 50 \cdot 10^3 t dt = 10^6 t dt$$

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

- Biểu thức dòng điện

$$i = \frac{1}{2} 10^6 t^2 = 5 \cdot 10^5 t^2$$

- Dạng sóng dòng điện là đường parabol



- Trong khoảng thời gian $2 < t < 4$ ms, giá trị điện áp âm, dòng điện đổi chiều nên dạng sóng là cạnh parabol đối xứng qua trục Oy

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

Bài số 1.3:

Đặt điện áp xoay chiều vào mạch gồm điện trở $R = 10 \Omega$, điện cảm $L = 0,05H$ mắc nối tiếp.

Biết dòng điện $i = 0,822 \exp(-20t) + 0,822 \sin(377t - 0,484\pi)$

Xác định điện áp trên điện trở u_R và trên điện cảm u_L

Bài giải:

Vì điện trở và điện cảm mắc nối tiếp nên có cùng dòng điện

- Điện áp rơi trên điện trở

$$u_R = i.R = (0,822e^{-20t} + 0,822 \sin(377t - 0,484\pi))10$$

$$u_R = 8,22e^{-20t} + 8,22 \sin(377t - 0,484\pi)$$

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

- Điện áp rơi trên điện cảm

$$u_L = L \frac{di}{dt} = 5.10^{-2} \frac{d(0,822e^{-20t} + 0,822 \sin(377t - 0,484\pi))}{dt}$$

$$u_L = 5.10^{-2} \cdot (-20)0,822e^{-20t} + 5.10^{-2} \cdot 377 \cdot \cos(377t - 0,484\pi)$$

$$u_L = 0,822e^{-20t} + 15.5 \cos(377t - 0,484\pi)$$

CHƯƠNG I : KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN
