

CHƯƠNG 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

1.1. CÁC KHÁI NIỆM

1.1.1. Mạch điện: Là một hệ thống gồm 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 do bởi các đại lượng dòng điện, điện áp. Mạch điện được cấu tạo từ các phần tử riêng rẽ đủ nhỏ, thực hiện các chức năng xác định được gọi là các phần tử mạch điện.

Hai loại phần tử chính của mạch điện là nguồn và phụ tải.

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

Ví dụ: Máy phát điện (biến điện năng thành cơ năng), acqui (biến hóa năng thành điện năng), cảm biến nhiệt, ...

1.1.3. Phụ tải: là các thiết bị nhận năng lượng điện hay tín hiệu điện để biến đổi thành các dạng năng lượng khác.

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

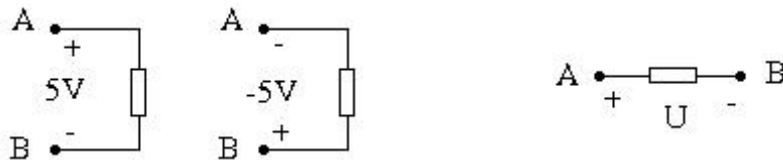
Trong mạch điện ngoài 2 loại chính trên còn có nhiều phần tử khác như dây nối nguồn với phụ tải, phần tử làm thay đổi áp và dòng như máy biến áp, máy biến dòng, ...

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 ra phần tử từ các cực. Phần tử có thể có hai cực, ba cực, bốn cực hay nhiều cực.

1.1.4. Điện áp và dòng điện:

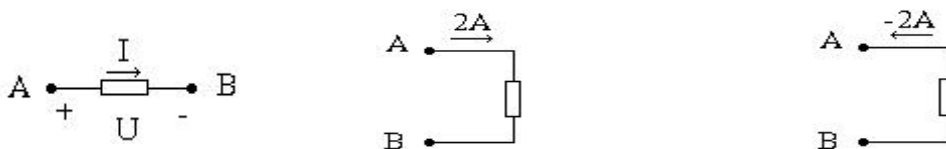
a. Điện áp: Điện áp giữa điểm A và điểm B là công cần thiết để làm dịch chuyển một đơn vị điện tích (1 coulomb) từ A đến B. (*hình 1.1*)

Đơn vị điện áp là volt (V) ký hiệu là U.



Hình 1.1

b. Dòng điện: là dòng các điện tích chuyển dịch có hướng. Cường độ dòng điện (gọi tắt là dòng điện) là lượng điện tích dịch chuyển qua một bề mặt nào đó (tiết diện ngang của dây dẫn nếu là dòng điện chạy trong dây dẫn) trong một đơn vị thời gian. Dòng điện ký hiệu là I, đơn vị là ampe (A) (*hình 1.2*).

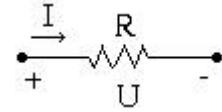


Hình 1.2

Chiều dòng điện là chiều chuyển động của các điện tích dương. Để tiện lợi người ta chọn một chiều tùy ý và ký hiệu bằng mũi tên.
 Nếu tại một thời điểm nào đó chiều dòng điện trùng với chiều dương thì I mang dấu dương và ngược lại.

1.1.5. Các phần tử khác:

a. Phần tử điện trở: là phần tử đặc trưng cho hiện tượng tiêu tán năng lượng điện từ.
 Ký hiệu phần tử điện trở như **hình 1.3**.



Hình 1.3

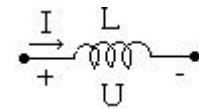
Quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên hai cực của điện trở:

$$U = I.R$$

Trong đó R là một thông số cơ bản của mạch điện đặc trưng cho hiện tượng tiêu tán năng lượng, gọi là điện trở.

b. Phần tử điện cảm: là phần tử đặc trưng cho hiện tượng tích phóng năng lượng từ trường.

Ký hiệu phần tử điện cảm như **hình 1.4**.



Hình 1.4

Quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên phần tử điện cảm có dạng :

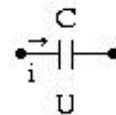
$$u = L \frac{di}{dt}$$

Trong đó L là một thông số cơ bản trong mạch điện đặc trưng cho hiện tượng tích phóng năng lượng từ trường, gọi là điện cảm.

c. Phần tử điện dung: là phần tử đặc trưng cho hiện tượng tích phóng điện trường.
 Ký hiệu phần tử điện dung như **hình 1.5**.

Quan hệ giữa dòng và áp có dạng :

$$i = C \frac{du}{dt}$$

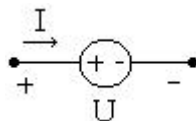


Hình 1.5

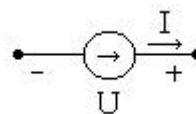
Trong đó C gọi là điện dung là một thông số cơ bản của mạch điện đặc trưng cho hiện tượng tích phóng năng lượng điện trường.

d. Phần tử nguồn: là phần tử đặc trưng cho hiện tượng nguồn.

Phần tử nguồn có hai loại: phần tử nguồn áp **hình 1.6a** và phần tử nguồn dòng **hình 1.6b**



a)



b)

Hình 1.6

Phương trình trạng thái của phần tử nguồn áp có dạng $u(t) = e(t)$, không phụ thuộc vào dòng $i(t)$ chạy qua phần tử và được gọi là sức điện động.

Phương trình trạng thái phần tử nguồn dòng có dạng $i(t) = j(t)$, trong đó $j(t)$ không phụ thuộc vào áp $u(t)$ trên hai cực của phần tử. $e(t)$ và $u(t)$ là hai thông số cơ bản của mạch điện đặc trưng cho hiện tượng nguồn, đo khả năng phát của nguồn.

R, L, C, e, j là các thông số cơ bản của mạch điện, đặc trưng cho bản chất của quá trình điện từ (tiêu tán, tích phóng năng lượng điện trường hoặc từ trường hoặc hiện tượng nguồn). Các phần tử điện trở, điện cảm, điện dung, nguồn áp, nguồn dòng là các phần tử lý tưởng cơ bản của mạch điện, chúng là các phần tử 2 cực. Ngoài ra để tiện lợi và chính xác hơn khi mô hình các phần tử thực có nhiều cực như transistor, khuếch đại thuật toán, biến áp, ... người ta còn xây dựng thêm các phần tử lý tưởng nhiều cực như các phần tử nguồn phụ thuộc, phần tử ghép có hồi cảm, biến áp lý tưởng, ...

1.2. CÁC PHẦN TỬ MẠCH

Trong phần này ta xét các phần tử mạch lý tưởng gồm các phần tử hai cực như phần tử điện trở, điện dung, điện cảm, nguồn áp nguồn dòng.

1.2.1. Các phần tử hai cực:

a. Phần tử điện trở: được định nghĩa là phần tử đặc trưng bởi quan hệ giữa dòng điện và điện áp như sau:

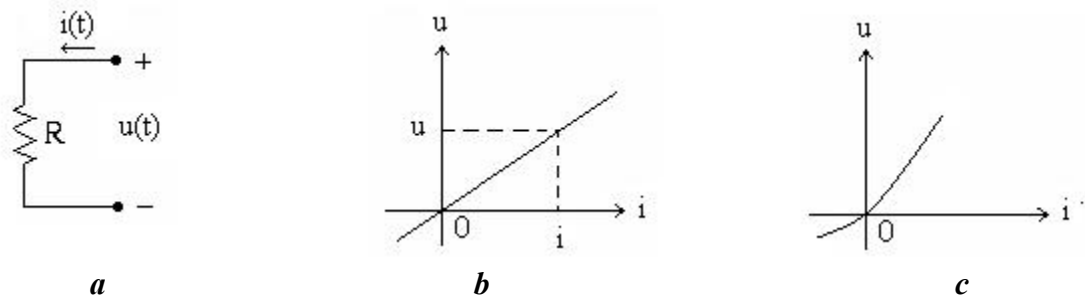
Quan hệ:

$$u = f_R(i) \quad (1.1)$$

$$\text{hoặc } i = \varphi_R(u) \quad (1.2)$$

Trong đó: f_R, φ_R : là hàm số liên tục

Quan hệ (1.1) hoặc (1.2) gọi là đặc tuyến volt-ampe (V-A) của phần tử điện trở. Tổng quát các đặc tuyến này không là đường thẳng, ta có các phần tử điện trở phi tuyến (không tuyến tính).



Hình 1.7

Hình 1.7a,b ký hiệu và đặc tuyến V-A của điện trở tuyến tính.

Hình 1.7c một ví dụ về đặc tuyến V-A của điện trở phi tuyến.

Nếu đặc tuyến V-A là đường thẳng (**hình 1.7b**) thì ta có phần tử điện trở tuyến tính. Quan hệ giữa dòng điện và điện áp được biểu thị qua định luật Ohm:

$$u = R \cdot i \quad (1.3)$$

$$\text{với } R = u/I \quad (1.4)$$

là điện trở, đo bằng Ohm (Ω)

Điện trở phi tuyến có giá trị không âm, và không phụ thuộc vào giá trị điện áp và dòng điện trên nó.

Trường hợp $R = 0$ ta có: $u = 0$

Đối với giá trị bất kỳ của dòng điện. Điều này tương đương với sự ngắn mạch hai cực. Mô hình này thường dùng cho dây dẫn nối mạch.

Phương trình (1.3) có thể viết lại dạng khác:

$$i = (1/R)u = G.u \quad (1.5)$$

Trong đó: G là điện dẫn được đo bằng Siemen (S).

Hoặc Ω^{-1} : $1S = 1/\Omega = \Omega^{-1}$

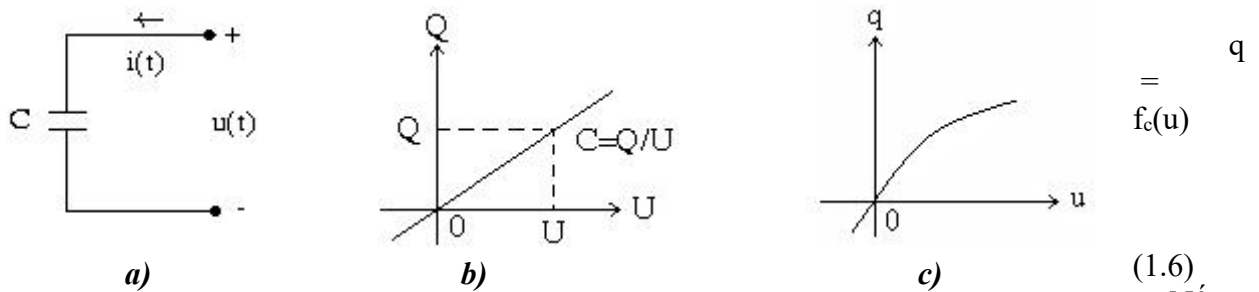
Khi $R = \infty$ hay $G = 0$ thì $i = 0$

Không phụ thuộc vào áp trên nó.

Điều này tương đương với sự hở mạch. Mô hình này thường dùng để biểu diễn sự hở mạch.

b. Phần tử điện dung:

Phần tử điện dung là mô hình lý tưởng của tụ điện, khi chỉ xét đến hiện tượng chủ yếu là hiện tượng tích phóng năng lượng điện trường, bỏ qua các hiện tượng khác. Phần tử này được đặc trưng bởi quan hệ giữa điện tích tích lũy trên cốt tụ và điện áp giữa hai cốt tụ.



Hình 1.8

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

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

Trong đó: $C = \frac{q}{u} \quad (1.8)$

là điện dung được tính bằng Fara (F) có giá trị không phụ thuộc vào điện áp.

Ký hiệu và đặc tuyến của điện dung tuyến tính như **hình 1.8a,b**.

Hình 1.8c đặc tuyến của điện dung phi tuyến

Dòng điện chạy qua tụ điện bằng tốc độ biến thiên của điện tích :

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad (1.9)$$

Với: $q(t) = C.u(t) \quad (1.10)$

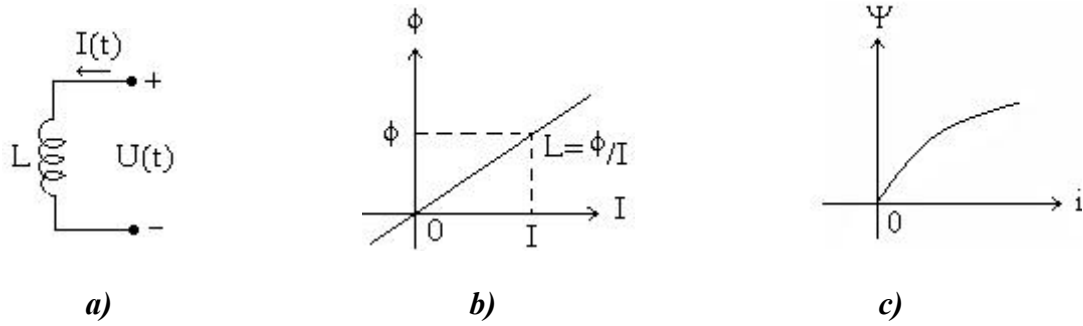
Nếu điện dung tuyến tính C không thay đổi theo thời gian thì:

$$i(t) = C \frac{du(t)}{dt} \quad (1.11)$$

c. Phần tử điện cảm:

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 hiện tượng khác. Phần tử này được đặc trưng bởi từ thông móc vòng và dòng điện chạy qua cuộn dây:

$$\Psi(t) = f_L(i) \tag{1.12}$$



Hình 1.9

Nếu đặc tuyến này là đường thẳng (**hình 1.9b**) ta có phần tử điện cảm tuyến tính. Khi đó tỉ số: $L = \Psi/i$ không phụ thuộc dòng điện i .

L : là điện cảm hay hệ số tự cảm, đơn vị là Henry (H).

Hình 1.9a,b ký hiệu và đặc tuyến của phần tử điện cảm tuyến tính.

Hình 1.9c đặc tuyến của điện cảm phi tuyến.

Điện áp trên phần tử điện cảm bằng tốc độ biến thiên của từ thông:

$$u(t) = \frac{d\Psi(t)}{dt} \tag{1.13}$$

$$\text{Với: } \Psi(t) = L.i \tag{1.14}$$

Nếu điện cảm tuyến tính L không thay đổi theo thời gian thì:

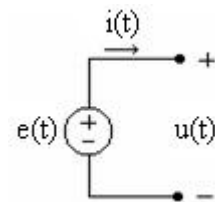
$$u(t) = \frac{d}{dt}(L.i(t)) = L \frac{di(t)}{dt} \tag{1.15}$$

d. Nguồn điện áp độc lập:

Nguồn điện 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:

$$u(t) = e(t) \tag{1.16}$$

Ký hiệu nguồn áp độc lập hình 1.10

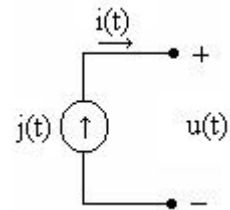


Hình 1.10

e. Nguồn dòng độc lập:

Nguồn dòng độc lập là phần tử hai cực mà dòng điện của nó không phụ thuộc vào điện áp trên hai cực nguồn: $i(t) = j(t)$

Ký hiệu nguồn dòng độc lập như **hình 1.11**

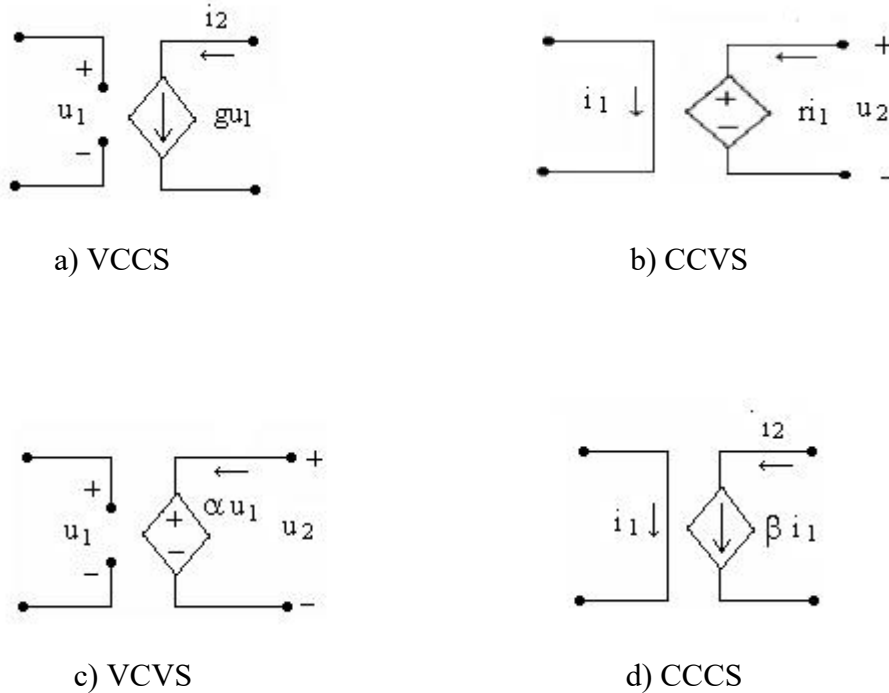


Hình 1.11

1.2.2. Các phần tử bốn cực, 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 1.12** là ký hiệu của bốn loại nguồn phụ thuộc.



Hình 1.12

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:

$$i_2 = g u_1 \quad (1.17)$$

g là điện dẫn [S, Ω^{-1}]

b. Nguồn áp phụ thuộc dòng:

CCVS: Current controlled voltage source
Phần tử này phát ra điện áp u_2 mà phụ thuộc vào dòng i_1 theo hệ thức:

$$u_2 = r i_1 \quad (1.18)$$

r là điện trở đơn vị [Ω].

c. Nguồn áp phụ thuộc áp:

VCVS: Voltage controlled voltage source
Phần tử này phát ra điện áp u_2

$$u_2 = \alpha u_1, \alpha: \text{hệ số} \quad (1.19)$$

d. Nguồn dòng phụ thuộc dòng:

CCCS: Current control current source
Phần tử này phát ra dòng điện i_2 :

$$i_2 = \beta i_1, \beta: \text{hệ số.} \quad (1.20)$$

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

1.3. CÔNG SUẤT VÀ NĂNG LƯỢNG

Xét một phần mạch điện chịu tác động ở hai đầu một điện áp u , qua nó sẽ có dòng điện i .

Nếu chiều dương của dòng điện i và điện áp u như trên **hình 1.13** thì năng lượng điện được đưa vào phần mạch điện đó (nói cách khác là được hấp thu bởi phần mạch đó) trong khoảng thời gian vô cùng bé dt là:

$$dw = u \cdot dq = u \cdot i \cdot dt \quad (1.21)$$

Trong đó: dq : là lượng điện tích dịch chuyển qua phần mạch điện từ + đến cực - trong thời gian dt .

Công suất tức thời được đưa vào phần mạch điện (được hấp thu bởi phần tử mạch điện) là:

$$p(t) = dw/dt = u \cdot i \quad (1.22)$$

$p(t)$ là một đại lượng đại số có thể âm hoặc dương. 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 năng lượng được đưa từ phần mạch ra ngoài) với công suất $|p|$.

Từ biểu thức (1.21) suy ra năng lượng cung cấp cho phần mạch (hoặc năng lượng được hấp thu bởi mạch) trong khoảng thời gian Δt từ t_0 đến $t_0 + \Delta t$ bằng:

$$W(t_0, t_0 + \Delta t) = \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} p(t) dt = \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} u(t) i(t) dt \quad (1.23)$$

Nếu chiều dương của dòng i và u được chọn như **hình 1.14** thì tích $u \cdot i$ gọi là công suất tức thời phát ra bởi phần mạch điện (nói cách khác là đưa từ phần mạch ra bên ngoài):

$$p_f = u(t) \cdot i(t) \quad (1.24)$$

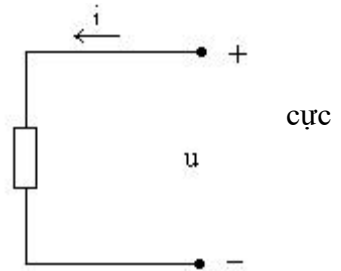
p_f : là đại lượng đại số.

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

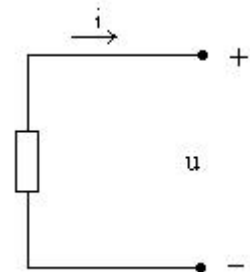
$p_f(t) < 0$: phần mạch thực sự hấp thu năng lượng với công suất $|p_f|$.

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

Khi nói một phần tử phát ra một công suất âm, chẳng hạn -10W như **hình 1.15b**, thì cũng tương đương với việc nói phần tử đó hấp thu một công suất dương 10W như **hình 1.15a**.



Hình 1.13



Hình 1.14



Hình 1.15

1.3.1. Công suất và năng lượng trên điện trở:

Công suất tức thời tiêu hao trên điện trở R là:

$$p_R(t) = u(t) i(t) = R i^2(t) = G u^2(t) \quad (1.25)$$

với: $G = 1/R$ (điện dẫn).

Với $R > 0$ ta thấy $p_R(t)$ luôn dương, điều đó chứng tỏ trong phần tử điện trở chỉ có tiêu hao năng lượng (tiêu tán năng lượng).

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

$$W_R = \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} p_R(t) dt = \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} R i^2(t) dt = R \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} i^2(t) dt \geq 0 \quad (1.26)$$

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:

$$p_c(t) = u(t) i(t) = C u(t) \frac{du(t)}{dt} \quad (1.27)$$

Với chiều dương của i và u như trên hình 1.8.

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

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

$$W_C(t) = \frac{1}{2} C u^2(t) \quad (1.28)$$

Với giả thuyết $u(-\infty) = 0$

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

$$\Delta W_C = 1/2 (C(u_2^2 - u_1^2))$$

Khi $|u|$ giảm từ $|u_2|$ lên trị số $|u_1|$ thì toàn bộ lượng 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 thụ bởi phần tử điện cảm L:

$$p_L(t) = u(t) \cdot i(t) = L \cdot i(t) \cdot \frac{di(t)}{dt} \quad (1.29)$$

Với chiều dương của i và u như trên **hình 1.9**

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

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

$$W_L(t) = \frac{1}{2} Li^2(t) \quad (1.30)$$

Với giả thuyết $i(-\infty) = 0$

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

$$\Delta W_L = 1/2 (Li_2^2 - Li_1^2)$$

Khi $|i|$ giảm từ $|i_2|$ lên trị số $|i_1|$ thì lượng năng lượng nói trên được phóng ra mạch ngoài. Phần tử L không có hiện tượng tiêu tán, chỉ có hiện tượng tích phóng năng lượng từ trường.

1.4. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

1.4.1. Khái niệm:

Các bài toán về giải mạch điện có thể quy về bài toán phân tích mạch và bài toán tổng hợp mạch.

Nội dung bài toán phân tích mạch là cho một mạch điện với kết cấu và các thông số đã biết, tìm dòng điện, điện áp, công suất, ... phân bố trên các nhánh các phần tử hoặc quan hệ giữa các biến.

Nội dung bài toán tổng hợp mạch là cho biết qui luật của quan hệ giữa các tín hiệu dòng, áp hoặc cho biết những nghiệm dòng, áp cần có ứng với những kích thích cụ thể, phải lập được một mạch điện với kết cấu và thông số cụ thể thực hiện các yêu cầu đó.

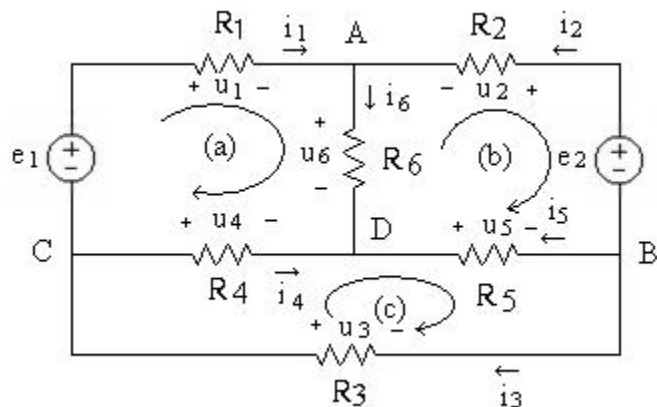
Bài giảng này chỉ tập trung chủ yếu vào vấn đề phân tích mạch. Nhưng nói chung dù là bài toán phân tích hay tổng hợp, cơ sở của việc giải mạch có thông số tập trung vẫn là hai định luật Kirchoff 1 và 2.

Định luật Kirchoff 1 chỉ rõ mối liên hệ giữa các dòng điện tại một nút, nó nói tính liên tục của dòng điện.

Định luật Kirchoff 2 chỉ rõ mối liên hệ giữa các điện áp trong một vòng, nó nói lên tính chất thế.

Xét sơ đồ mạch điện trên **hình 1.16**, ta phân biệt thành: nhánh, nút, vòng.

Sau đây là các khái niệm trong mạch điện



Nút : là biên của các nhánh hoặc điểm chung của các nhánh.

Nhánh: là phần tử 2 cực bất kỳ, hoặc là gồm các phần tử hai cực nối tiếp với nhau trên đó có cùng dòng điện chạy qua.

Vòng kín (lưới): là tập hợp các nhánh tạo thành một đường khép kín. Nó có tính chất là nếu bỏ đi một nhánh bất kỳ thì tập còn lại không tạo thành vòng kín nữa.

Trên sơ đồ mạch **hình 1.16** có 6 nhánh:

Nhánh 1 gồm 2 phần tử e_1 và R_1 nối tiếp.

Nhánh 2 gồm e_2 và R_2

Nhánh 3 gồm R_3

Nhánh 4 gồm R_4

Nhánh 5 gồm R_5

Nhánh 6 gồm R_6

Nhánh có 4 đỉnh là A, B, C, D.

Có 4 vòng là (a), (b), (c) và vòng lớn bên ngoài.

Tổng quát: một mạch phẳng có d nút, n nhánh thì số mắt lưới (vòng kín) là $(n - d + 1)$.

1.4.2. Định luật kirchhoff 1 (K_1):

Còn được gọi là định luật Kirchhoff về dòng điện, được phát biểu như sau:

Tổng đại số các dòng điện tại một nút bất kỳ bằng không:

$$\sum_{\text{nút}} \pm i_k = 0 \quad (1.31)$$

Trong đó có thể quy ước: các dòng điện có chiều dương đi vào nút thì lấy dấu dương (+), còn đi ra khỏi nút thì lấy dấu âm (-).

Hoặc có thể quy ước ngược lại.

Ví dụ: với mạch điện hình 1.16, áp dụng định luật Kirchhoff 1 cho bốn nút A, B, C và D với chiều dương các dòng điện chọn như hình vẽ:

$$\text{Nút A: } i_1 + i_2 - i_6 = 0 \quad (1.31a)$$

$$\text{Nút B: } -i_2 - i_3 - i_5 = 0 \quad (1.31b)$$

$$\text{Nút C: } -i_1 + i_3 - i_4 = 0 \quad (1.31c)$$

$$\text{Nút D: } i_4 + i_5 + i_6 = 0 \quad (1.31d)$$

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

$$\text{Nút A: } i_1 + i_2 = i_6$$

$$\text{Nút B: } 0 = i_2 + i_3 + i_5$$

$$\text{Nút C: } i_3 = i_1 + i_4$$

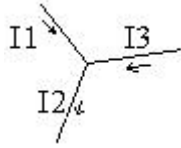
$$\text{Nút D: } i_4 + i_5 + i_6 = 0$$

Định luật K_1 có thể phát biểu dưới dạng: *tổng các dòng điện có chiều đi vào một nút bất kỳ thì bằng tổng các dòng điện có chiều ra khỏi nút đó.*

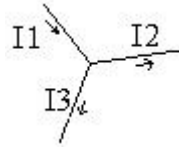
Nhận xét rằng trong 4 phương trình (1.31a, b, c, d) chỉ có 3 phương trình là độc lập với nhau, một trong bốn phương trình có thể được suy ra từ 3 phương trình còn lại. Ví dụ, nếu cộng 3 phương trình (1.31a,b,c) theo vế thì ta sẽ suy ra được phương trình còn lại (1.31d).

Tổng quát, với mạch điện có d nút thì ta viết được $(d - 1)$ phương trình K_1 độc lập với nhau cho $(d - 1)$ nút.

Ví dụ, viết phương trình K_1 tại các nút:



$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$



$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

1.4.3. Định luật Kirchhoff 2: (K₂)

Định luật này còn gọi là định luật Kirchhoff về điện áp và được phát biểu như sau:

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

$$\sum_{\text{vòng}} \pm u_K = 0 \quad (1.32)$$

Dấu của điện áp được xác định dựa trên chiều dương của điện áp đã chọn so với chiều của dòng. Chiều của vòng được chọn tùy ý. Tuy nhiên, để tiện lợi thường chọn chiều của các vòng là như nhau (cùng cùng chiều kim đồng hồ hoặc cùng ngược kim đồng hồ). Trong mỗi vòng nếu chiều vòng đi từ cực + sang cực - của một điện áp thì điện áp mang dấu +, còn ngược lại mang dấu -.

Đối với mạch điện **hình 1.16**, với chiều của các vòng và chiều dương của các điện áp đã chọn, nếu áp dụng định luật K₂ cho các vòng a, b và c ta được:

$$\text{Vòng a: } -e_1 + u_1 + u_6 - u_4 = 0 \quad (1.32a)$$

$$\text{Vòng b: } -u_2 + e_2 + u_5 - u_6 = 0 \quad (1.32b)$$

$$\text{Vòng c: } u_4 - u_5 + u_3 = 0 \quad (1.32c)$$

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

$$\text{Vòng a: } u_1 + u_6 - u_4 = e_1 \quad (1.33a)$$

$$\text{Vòng b: } -u_2 + u_5 - u_6 = -e_2 \quad (1.33b)$$

$$\text{Vòng c: } u_4 - u_5 + u_3 = 0 \quad (1.33c)$$

Từ đó ta thấy rằng: *Tổng đại số các sức điện động trong một vòng bằng tổng đại số các sụt áp trên các phần tử khác.*

Đó là dạng phát biểu thứ 2 của định luật K₂:

$$\sum_{\text{vòng}} \pm u_p = \sum_{\text{vòng}} \pm e_l \quad (*)$$

Trong đó: u_p là điện áp trên phần tử không phải là nguồn sức điện động.

Nếu chiều của vòng đi từ cực tính - sang cực tính + của một nguồn sức điện động thì sức điện động ấy mang dấu +, ngược lại mang dấu -.

Đối với điện áp trên các phần tử khác, nếu chiều vòng đi từ cực + sang cực - của một điện áp thì điện áp đó mang dấu +, ngược lại mang dấu -.

Với một mạch có d nút, n nhánh thì số phương trình độc lập có được từ định luật K₂ là $(n-d+1)$.

Trở lại mạch **hình 1.16**, nếu thay:

$$u_1 = R_1 i_1$$

$$u_2 = R_2 i_2$$

$$u_3 = R_3 i_3$$

$$u_4 = R_4 i_4$$

$$u_5 = R_5 i_5$$

$$u_6 = R_6 i_6$$

Vào các phương trình (*) ta được:

$$\text{Vòng a: } R_1 i_1 + R_6 i_6 - R_4 i_4 = e_1 \quad (1.34a)$$

$$\text{Vòng b: } -R_2 i_2 + R_5 i_5 - R_6 i_6 = -e_2 \quad (1.34b)$$

$$\text{Vòng c: } R_1 i_1 - R_2 i_2 + R_3 i_3 = e_1 - e_2 \quad (1.34c)$$

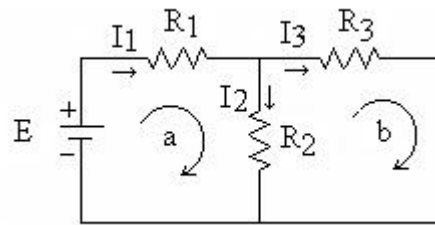
Từ đó ta thấy rằng, có thể viết phương trình K₂ theo các biến dòng điện nhánh:

$$\sum_{\text{vòng}} (\pm R_k i_k \pm L_k \frac{di_k}{dt} \pm \frac{1}{C_k} \int i_k dt) = \sum_{\text{vòng}} \pm e_k$$

Trong đó dòng điện i_k nào có chiều dương cùng chiều với chiều của vòng thì trước nó mang dấu +, ngược lại mang dấu -

Đối với sđđ e_k , nếu chiều vòng đi từ cực - sang cực + của nguồn sđđ ấy mang dấu +, ngược lại mang dấu -

Ví dụ: cho mạch điện hình 1.7, viết các phương trình K₂



Hình 1.17

Viết phương trình định luật K₂ cho 2 mắt lưới (vòng kín):

$$\text{Mắt lưới a: } I_1 R_1 + I_2 R_2 = E$$

$$\text{Mắt lưới b: } -I_2 R_2 + I_3 R_3 = 0$$

Ví dụ 1.1: Mạch điện hình 1.17, với $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 30\Omega$, $R_3 = 60\Omega$, $E = 4,5V$
Viết các phương trình K₁ và K₂, tìm dòng điện trong các nhánh.

Giải:

a. Áp dụng định luật K₁ cho nút a :

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

Viết phương trình định luật K₂ cho 2 mắt lưới:

$$\text{Mắt lưới I: } 10I_1 + 30I_2 = 4,5 \quad (2)$$

$$\text{Mắt lưới II: } -30I_2 + 60I_3 = 0 \quad (3)$$

Giải 3 phương trình (1), (2) và (3) được I_1, I_2, I_3

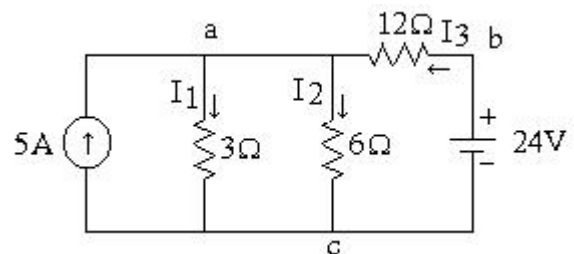
$$I_1 = 0,15A; I_2 = 0,1A; I_3 = 0,05A$$

Ví dụ 1.2: Cho mạch điện như hình 1.18

a. Viết phương trình K₁ và K₂

b. Tìm I_1, I_2, I_3

c. Tính công suất phát của nguồn và ΣP_R tiêu thụ



Hình 1.18

a. Áp dụng định luật K₁ cho nút a :

$$I_3 + 5 - I_1 - I_2 = 0 \quad (1)$$

b. Viết phương trình định luật K₂ cho 2 mắt lưới:

Lưới 1: (aca):

$$6I_2 - 3I_1 = 0 \quad (2)$$

Lưới 2: (abca):

$$-12I_3 + 24 - 6I_2 = 0 \quad (3)$$

b. Từ 3 phương trình (1), (2), (3) giải ra được: $I_1 = 4A$; $I_2 = 2A$; $I_3 = 1A$

c. Công suất phát bởi nguồn 24V:

$$P_1 = U_{bc} I_3 = 24 \cdot 1 = 24W$$

Điện áp giữa hai đầu nguồn dòng 5A là:

$$U_{ab} = R_1 \cdot I_1 = 3 \times 4 = 12V$$

Công suất phát nguồn dòng 5A:

$$P_2 = I \cdot U_{ac} = 5 \times 12 = 60W.$$

Vậy tổng công suất phát bởi hai nguồn:

$$P_t = P_1 + P_2 = 24W + 60W = 84W.$$

Công suất tiêu tán trên R:

Trên điện trở 3Ω: $P_1 = R_1 \cdot I_1^2 = 3 \times 4^2 = 48W$

Trên điện trở 6Ω: $P_2 = R_2 I_2^2 = 6 \times 2^2 = 24W$

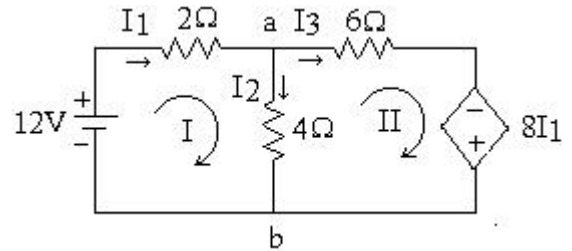
Trên điện trở 12Ω: $P_3 = R_3 I_3^2 = 12 \times 1^2 = 12W$

Tổng công suất tiêu tán trên điện trở là:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 = 48 + 24 + 12 = 84W.$$

Vậy : $\Sigma P_{\text{phát nguồn}} = \Sigma P_{\text{tiêu tán R}}$

Ví dụ 1.3: Tìm dòng điện trong các nhánh của mạch điện hình 1.19



Hình 1.19

Giải:

Áp dụng định luật K₁ cho nút a:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

Áp dụng định luật K₂ cho lưới I:

$$2I_1 + 4I_2 = 12 \quad (2)$$

Áp dụng định luật K₂ cho lưới II:

$$-4I_2 + 6I_3 = 8I_1 \quad (3)$$

Với 8I₁ là nguồn áp phụ thuộc dòng I₁

Ba phương trình, ba ẩn số, giải ra được: $I_1 = 10A$; $I_2 = -2A$; $I_3 = 12A$.

1.5. BIẾN ĐỔI TƯƠNG ĐƯƠNG MẠCH

Trong thực tế đôi khi cần làm đơn giản một phần mạch thành một phần mạch tương đương đơn giản hơn. Việc biến đổi mạch tương đương thường được làm để cho mạch mới có ít phần tử, ít số nút, ít số vòng và nhánh hơn mạch trước đó làm giảm đi số phương trình phải giải.

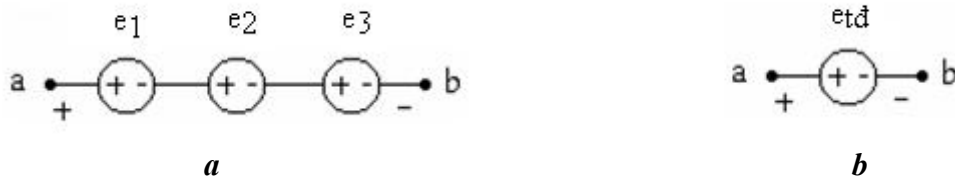
Mạch tương đương được định nghĩa như sau:

Hai phần tử được gọi là tương đương nếu quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên các cực của 2 phần mạch là như nhau.

Một phép biến đổi mạch tương đương sẽ không làm thay đổi dòng điện và điện áp trên các nhánh ở các phần tử của sơ đồ không tham gia vào phép biến đổi. Sau đây là một số phép biến đổi tương đương thông dụng:

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

$$e_{td} = \sum \pm e_k \quad (1.33)$$

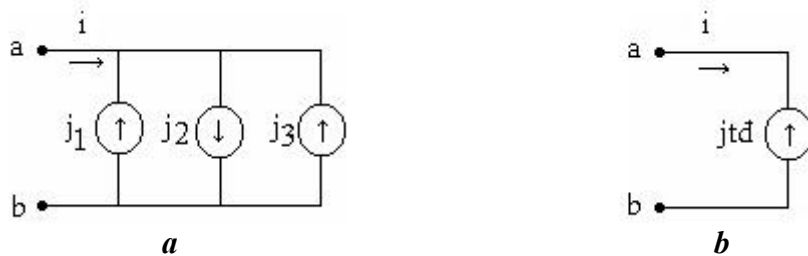


Hình 1.20

Trong hai sơ đồ **hình 1.20 a, b** ta đều có: $u_{ab} = e_1 + e_2 + e_3 = e_{td}$

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

$$j_{td} = \sum \pm j_k \quad (1.35)$$



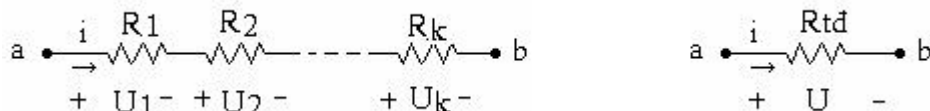
Hình 1.21

1.5.3. Các phần tử điện trở mắc nối tiếp sẽ tương đương với một phần tử điện trở duy nhất có điện trở bằng tổng giá trị các điện trở.

$$R_{td} = \sum R_k \quad (1.36)$$

Ta có theo định luật K₂:

$$u_{ab} = \sum_1^n u_k = \sum_1^n R_k \cdot i = \left(\sum_1^n R_k \right) i$$



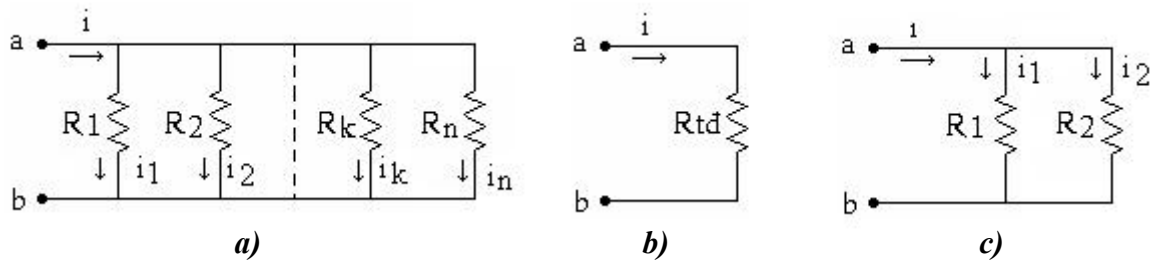
Điện áp trên mỗi điện trở **hình 1.22** là: $u_k = R_k \cdot i$

Suy ra:

$$u_k = R_k u_{ab} / (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (1.37)$$

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

$$G_{td} = \Sigma G_k \quad (1.38)$$



Hình 1.23

$$i = \sum_1^n i_k = \sum_1^n \frac{u_{ab}}{R_k}$$

$$i = \left(\sum_1^n \frac{1}{R_k} \right) u_{ab} = \left(\sum_1^n G_k \right) u_{ab}$$

Dòng điện chạy qua mỗi phần tử điện trở **hình 1.23a** là:

$$i_k = u_{ab} / R_k = G_k u_{ab} = G_k i / (G_1 + G_2 + \dots + G_n) \quad (1.39)$$

Khi đó : $1/R_{td} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$

Suy ra:

Trường hợp chỉ có hai điện trở mắc song song **hình 1.23c** thì:

$$G_{td} = G_1 + G_2 \quad (\text{tức: } 1/R_{td} = 1/R_1 + 1/R_2)$$

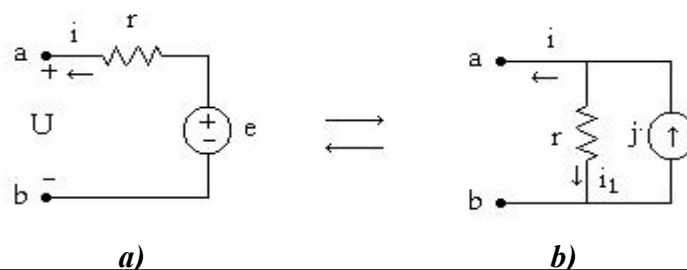
Hay:

$$R_{td} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2) \quad (1.40)$$

Và:

$$i_1 = G_1 i / (G_1 + G_2) = R_2 i / (R_1 + R_2) \quad \text{và} \quad i_2 = G_2 i / (G_1 + G_2) = R_1 i / (R_1 + R_2) \quad (1.40)$$

1.5.5. Nguồn sức điện động mắc nối tiếp với một điện trở sẽ tương đương với một nguồn dòng mắc song song với điện trở đó và ngược lại.



a)

b)

Ở mạch điện **hình 1.24a** ta có quan hệ u và i như sau:

$$u = e - r.i \quad (1.41)$$

Ở mạch điện **hình 1.24b** ta có:

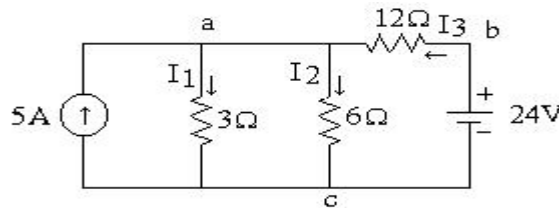
$$j = i + i_1; \text{ với } i_1 = u/r$$

Suy ra: $u = r.j - r.i \quad (1.42)$

Mạch tương đương nếu:

$$e = r.j \text{ hoặc } j = e/r \quad (1.43)$$

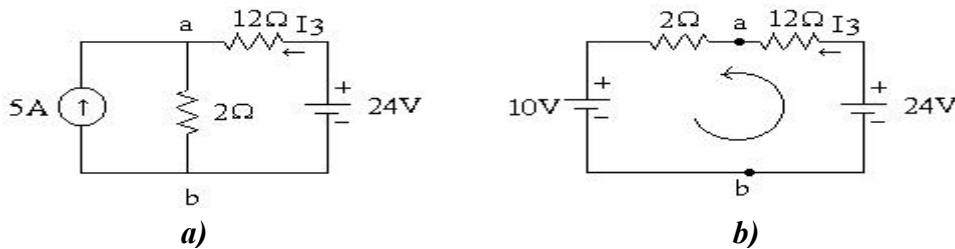
Ví dụ 1.4: Giải lại mạch điện sau đây dùng phép biến đổi tương đương (**hình 1.25**)



Hình 1.25

Giải:

Thay 2 điện trở 3Ω và 6Ω mắc song song bằng một điện trở tương đương:
 $R_t \text{ đ} = 3.6 / (3 + 6) = 2\Omega$ (**hình 1.26a**).



Hình 1.26

Sau đó biến đổi nguồn dòng 5A song song với điện trở 2Ω thành nguồn sức điện động 10V mắc nối tiếp với điện trở 2Ω (**hình 1.26b**).

Áp dụng định luật K₂ cho vòng duy nhất ta được:

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

$$\Rightarrow I_3 = 1A$$

$$U_{ab} = 2I_3 + 10 = 2.1 + 10 = 12V$$

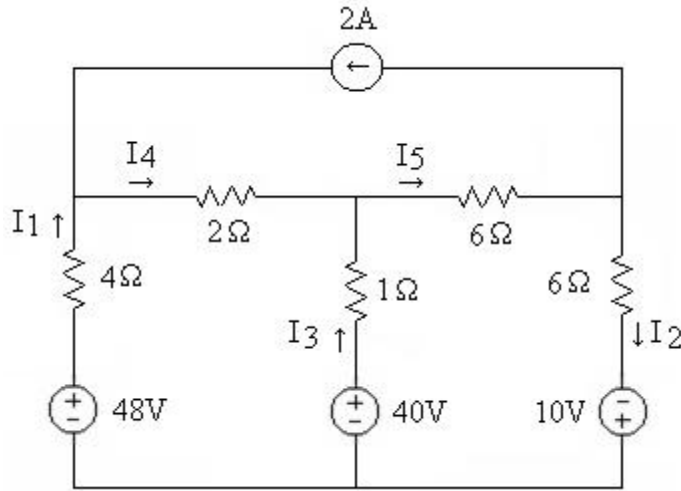
Suy ra:

$$I_1 = \frac{U_{ab}}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U_{ab}}{6} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}$$

BÀI TẬP CHƯƠNG 1

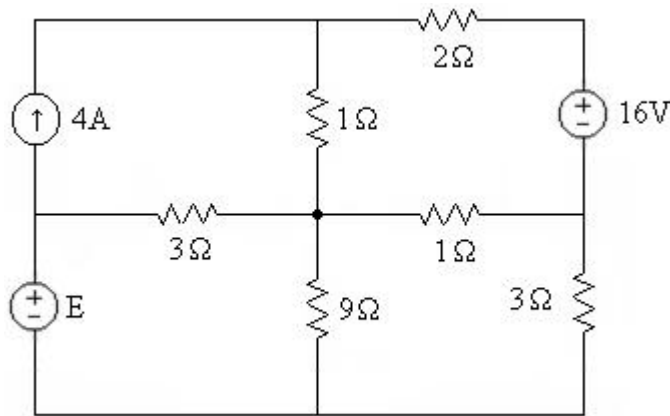
B1.1. Cho mạch điện *hình B1.1*. Biết $I_1 = 1$ A, xác định dòng điện trong các nhánh và công suất cung cấp bởi nguồn dòng 2 A.



Hình B1.1

Đáp số: $I_2 = 3$ A; $I_3 = 2$ A; $I_4 = 3$ A; $I_5 = 5$ A; $P = 72$ W

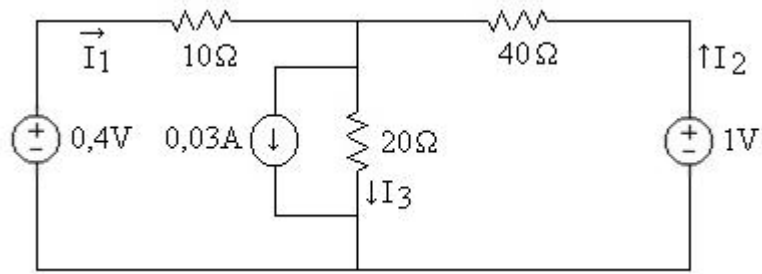
B1.2. Trong mạch điện *hình B1.2*, xác định E để nguồn áp 16 V cung cấp công suất 32 W



Hình B1.2

Đáp số: $E = 24$ V

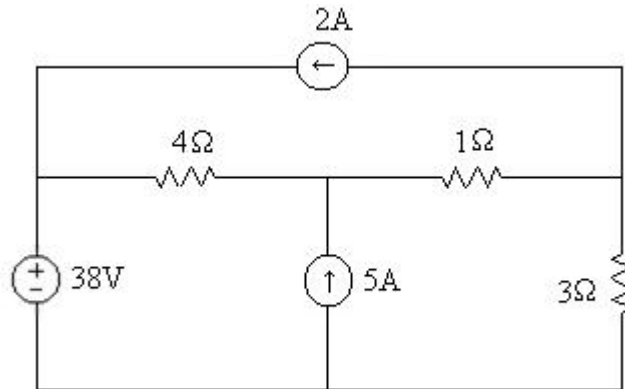
B1.3. Tìm dòng điện trong các nhánh ở mạch điện *hình B1.3*



Hình B1.3

Đáp số: $I_1 = 0,02 \text{ A}$; $I_2 = 0,02 \text{ A}$; $I_3 = 0,01 \text{ A}$

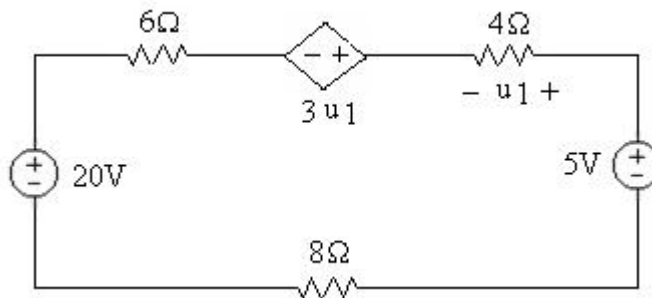
B1.4. Mạch điện hình B1.4, tính dòng và áp trên các phần tử, và nghiệm lại sự cân bằng công suất trong mạch.



Hình B1.4

Đáp số: Tổng công suất phát ($38\text{w} + 40\text{w} + 130\text{w}$) = tổng công suất tiêu thụ ($36\text{w} + 64\text{w} + 108\text{w}$).

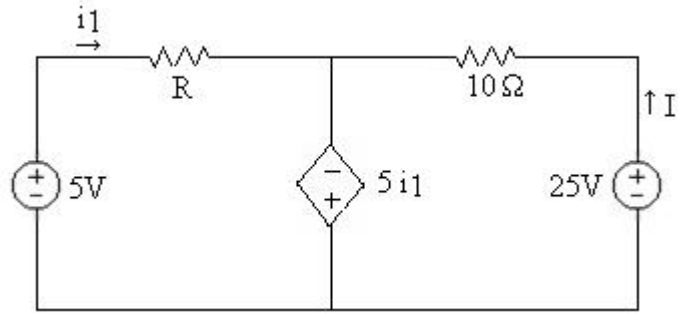
B1.5. Xác định điện áp u_1 và công suất tiêu tán trên điện trở 8Ω ở mạch điện hình B1.5



Hình B1.5

Đáp số: $u_1 = -2 \text{ V}$; $P = 2 \text{ w}$

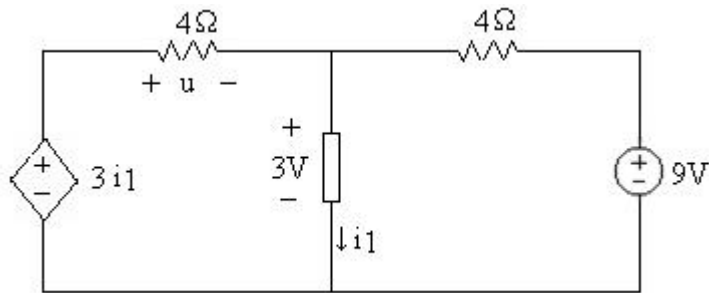
B1.6. Cho mạch điện hình B1.6. Xác định R để cho $I = 5 \text{ A}$



Hình B1.6

Đáp số: $R = 6 \Omega$

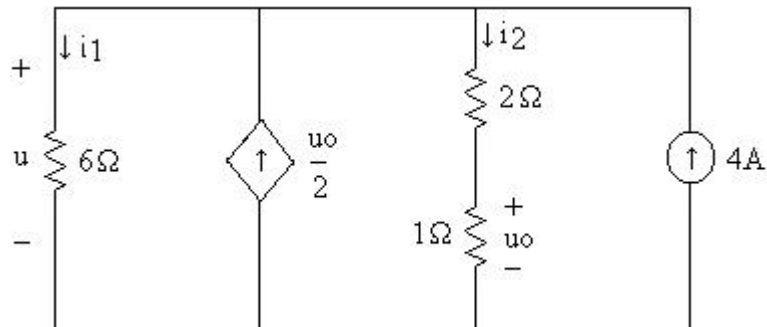
B1.7. Xác định i_1 và u trên mạch điện **hình B1.7**



Hình B1.7

Đáp số: $u = 6 \text{ V}; i_1 = 3 \text{ A}$

B1.8. Xác định u_0 ở mạch điện **hình B1.8**



Hình B1.8

Đáp số: Viết K1 cho 2 nút: $i_1 + i_2 = 4 + u_0/2 = 4 + 1 \cdot i_2/2$

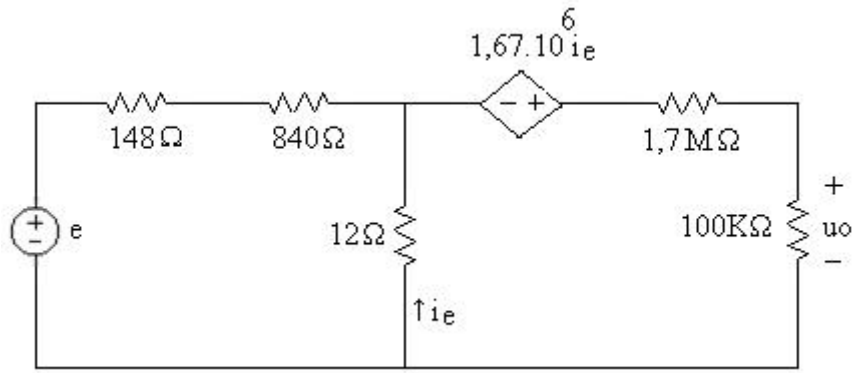
Mặt khác: $i_1 = u/6; i_2 = u/3$

Suy ra: $u/6 + u/3 = 4 + u/6$

$u = 12 \text{ V}$

$u_0 = u/3 = 4 \text{ V}$

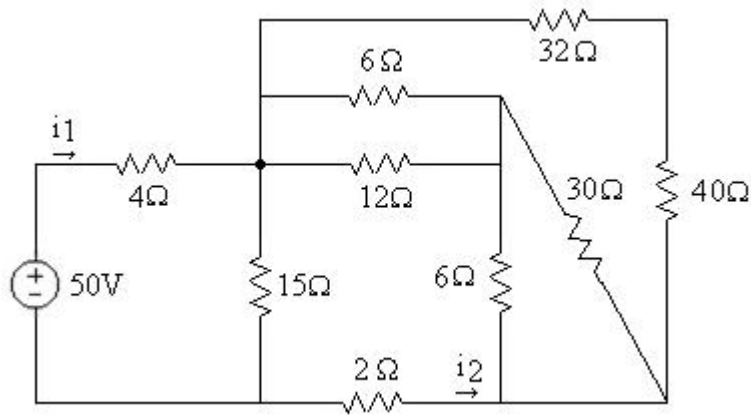
B1.9. Tính tỷ số u_0/e ở mạch điện **hình B1.9**



Hình B1.9

Đáp số: $u_o/e = -1113$

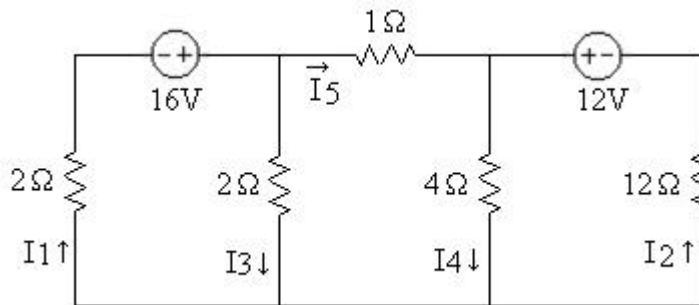
B1.10. Tìm i_1 và i_2 ở mạch điện hình B1.10 dùng phép biến đổi tương đương.



Hình B1.10

Đáp số: $i_1 = 5 \text{ A}$; $i_2 = -3 \text{ A}$

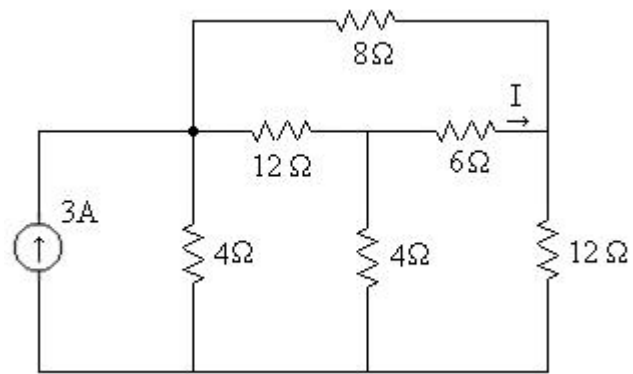
B1.11. Dùng phép biến đổi tương đương tìm dòng điện trong các nhánh ở mạch điện hình B1.11



Hình B1.11

Đáp số: $I_1 = 4,5 \text{ A}$; $I_2 = 0,5 \text{ A}$; $I_3 = 3,5 \text{ A}$; $I_4 = 1,5 \text{ A}$; $I_5 = 1 \text{ A}$

B1.12. Tìm dòng điện I ở mạch điện hình B1.12 dùng phép biến đổi tương đương.



Hình B1.12

Đáp số: $I = 0,527 \text{ A}$

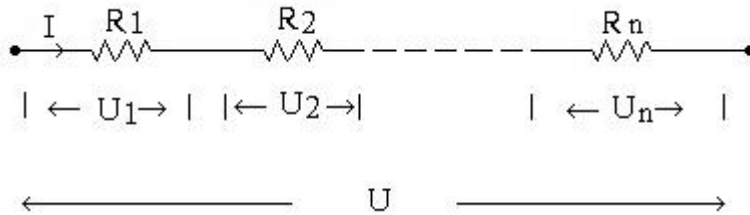
CHƯƠNG 2

MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU

2.1. MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU NỐI TIẾP:

2.1.1. Định nghĩa:

Mạch điện nối tiếp là mạch điện gồm hai hay nhiều phần tử mắc nối tiếp với nhau, đầu ra của phần tử thứ nhất được nối với đầu vào phần tử thứ hai, ... **Hình 2.1** là một mạch điện nối tiếp gồm n phần tử R_1, R_2, \dots, R_n



Hình 2.1

2.1.2. Biểu thức định luật Ohm trong mạch nối tiếp:

$$I = U/R_{td} \quad (2.1)$$

Trong đó: I: cường độ dòng điện.

U: hiệu điện thế giữa 2 đầu đoạn mạch.

$R_{td} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ là điện trở tương đương.

Chứng minh:

Theo định luật Kirchoff, ta có:

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n = I$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Mà:

$$U_1 = R_1 I_1$$

$$U_2 = R_2 I_2$$

$$U_n = R_n I_n$$

Suy ra:

$$U = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n = I(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Đặt: $R_{td} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ là tổng trở tương đương của mạch

$$U = IR_{td}$$

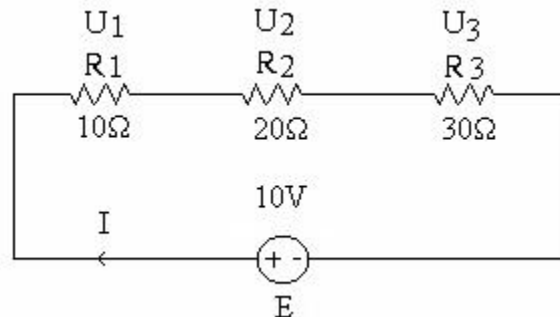
Ví dụ 2.1: Cho mạch điện như **hình 2.2**, với $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 20\Omega$; $R_3 = 30\Omega$. Nguồn điện cung cấp $E = 10V$.

- Tính điện trở tương đương của mạch.
- Dòng điện chạy qua mạch I.
- Điện áp trên các điện trở.
- Công suất phát của nguồn.

Giải:

a. Tính R_{td} :

$$\begin{aligned} R_{td} &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 10 + 20 + 30 = 60\Omega \end{aligned}$$



Hình 2.2

b. Tính dòng điện I:

Áp dụng định luật Ohm, ta có:

$$I = U/R_{td} = 10/60 = 0,167A \quad (\text{với } U = E)$$

c. Tính điện áp trên các điện trở:

$$U_1 = R_1 I = 10.0,167 = 1,67V$$

$$U_2 = R_2 I = 20.0,167 = 3,34V$$

$$U_3 = R_3 I = 30.0,167 = 5,01V$$

d. Công suất phát của nguồn (10V):

$$P_{phát} = UI = 10.0,167 = 1,67W$$

Nhận xét:

- Điện trở tương đương trong mạch nối tiếp luôn luôn lớn hơn điện trở thành phần lớn nhất.

- Điện áp trên mỗi điện trở luôn nhỏ hơn điện áp nguồn.

- Trường hợp đặc biệt các điện trở trong mạch có giá trị bằng nhau: $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$

Điện trở tương đương: $R_{td} = n.R$

Điện áp trên mỗi điện trở là: $U_1 = U_2 = \dots = U_n = U/n$

2.2. MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU SONG SONG

2.2.1. Định nghĩa:

Mạch điện song song là mạch điện gồm hai hay nhiều phần tử liên kết với nhau theo dạng rẽ nhánh, nghĩa là các đầu vào được nối chung thành một điểm và các đầu ra cũng nối chung một điểm.

Hình 2.3 là một mạch điện song song gồm n phần tử.

2.2.2. Biểu thức định luật Ohm trong mạch song

song:

$$I = U/R_{td} \quad (2.2)$$

Trong đó:

I là cường độ dòng điện

U là điện áp trên 2 đầu đoạn mạch

R_{td} là điện trở tương đương của mạch

Với $1/R_{td} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$

Chứng minh:

Áp dụng định luật Kirchhoff ta có:

$$U_1 = U_2 = \dots = U_n = U \quad (2.3)$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (2.4)$$

Mà:

$$I_1 = U_1/R_1 = U/R_1$$

$$I_2 = U_2/R_2 = U/R_2; \quad I_n = U_n/R_n = U/R_n$$

Thay các phương trình này vào (2.4), ta được:

$$I = U/R_1 + U/R_2 + \dots + U/R_n = U(1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n)$$

Đặt: $1/R_{td} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$

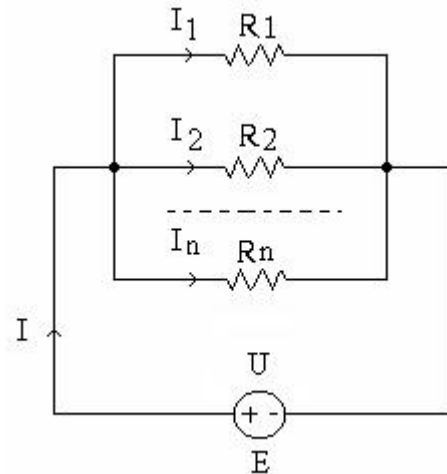
Suy ra: $I = U/R_{td}$

Ví dụ 2.2: Cho mạch điện như **hình 2.4**, với $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 20\Omega$; $R_3 = 30\Omega$. Nguồn điện cung cấp $U = 24V$.

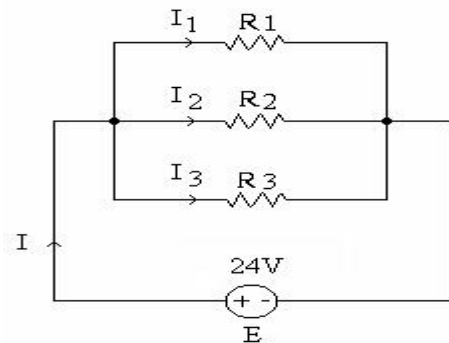
a. Tính điện trở tương đương của mạch.

b. Dòng điện chạy qua mạch các nhánh.

c. Dòng điện chạy qua mạch chính.



Hình 2.3



Hình 2.4

- d. Tổng công suất tiêu thụ trên các điện trở.
 e. Công suất phát của nguồn

Giải:

- a. Điện trở tương đương:

$$1/R_{td} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 = 1/10 + 1/20 + 1/30 = 11/60$$

Suy ra: $R_{td} = 60/11 = 5,46\Omega$

- b. Dòng điện qua các nhánh:

$$I_1 = U/R_1 = 24/10 = 2,4A$$

$$I_2 = U/R_2 = 24/20 = 1,2A$$

$$I_3 = U/R_3 = 24/30 = 0,8A$$

- c. Dòng điện qua mạch chính:

$$I = U/R_{td} = 24/5,46 = 4,4A$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 2,4 + 1,2 + 0,8 = 4,4A$$

- d. Công suất tiêu thụ trên các điện trở:

$$P_{R1} = R_1 I_1^2 = 10.(2,4)^2 = 57,6W$$

$$P_{R2} = R_2 I_2^2 = 20.(1,2)^2 = 28,8W$$

$$P_{R3} = R_3 I_3^2 = 30.(0,8)^2 = 19,2W$$

Suy ra: tổng công suất tiêu thụ:

$$P_{tiêu\ thụ} = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} = 57,6 + 28,8 + 19,2 = 105,6W$$

- e. Công suất phát:

$$P_{phát} = UI = EI = 24.4.4 = 105,6W$$

Công suất phát bằng công suất tiêu thụ, vậy mạch này có hiệu suất $\eta = 100\%$

Nhận xét:

- Điện trở tương đương R_{td} trong mạch điện song song luôn nhỏ hơn điện trở thành phần nhỏ nhất.

- Dòng điện trong mạch chính luôn lớn hơn dòng điện chạy qua các điện trở thành phần.

- Trường hợp đặc biệt các điện trở có giá trị bằng nhau: $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$

- Điện trở tương đương: $R_{td} = R/n$

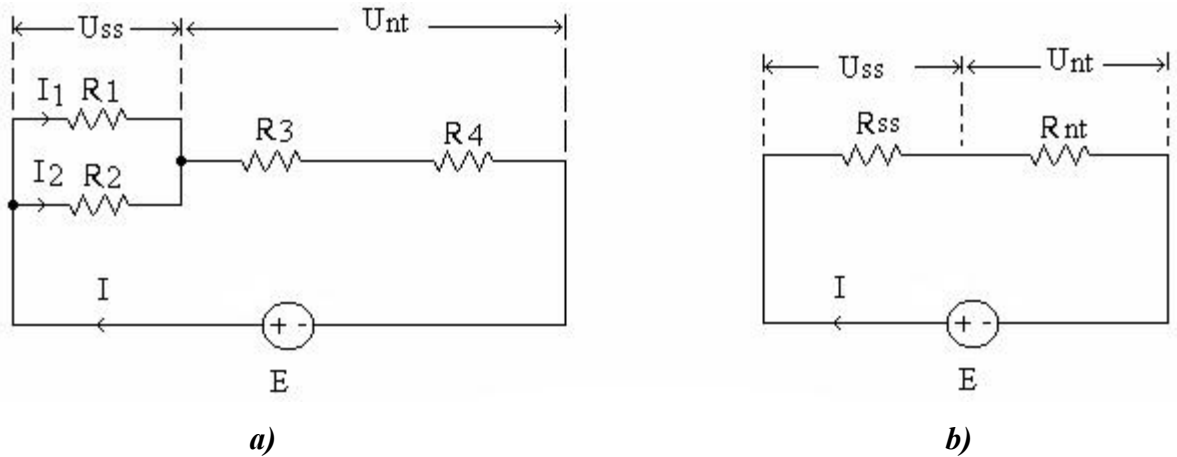
- Dòng điện của mỗi mạch nhánh bằng nhau: $I_1 = I_2 = \dots = I_n = I/n$

2.3. MẠCH ĐIỆN HỖN HỢP

2.3.1. Định nghĩa:

Mạch điện hỗn hợp là mạch điện có chứa hai thành phần là thành phần mạch nối tiếp và song song. Có nhiều dạng mạch hỗn hợp, nhưng ở đây chỉ giới hạn giải các bài toán thuộc dạng đơn giản là mạch nối tiếp gồm nhiều thành phần song song và mạch song song gồm nhiều thành phần nối tiếp.

2.3.2. Phương pháp giải bài toán trong mạch hỗn hợp: a. Mạch hỗn hợp nối tiếp gồm nhiều thành phần song song (hình 2.5a)



Hình 2.5

Trình tự các bước giải bài toán dạng này như sau:

Bước 1: Đơn giản hóa sơ đồ: thay các nhóm gồm nhiều thành phần mắc song song hay nối tiếp bằng một điện trở có giá trị tương đương.

Hình 2.5b là sơ đồ tương đương đơn giản hóa của **hình 2.5a**.

Trong đó: R_1 mắc song song với R_2 được đơn giản thành $R_{ss} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$
 R_3 mắc nối tiếp với R_4 , đơn giản thành $R_{nt} = R_3 + R_4$

Bước 2: Từ sơ đồ đơn giản tính điện trở tương đương và dòng điện chạy qua mạch chính như mạch điện nối tiếp đơn giản đã học. Từ đó suy ra điện áp trên các nhóm:

$$\begin{aligned} R_{td} &= R_{nt} + R_{ss} \\ I &= U / R_{td} \\ U_{nt} &= I R_{nt} \\ U_{ss} &= I R_{ss} \end{aligned}$$

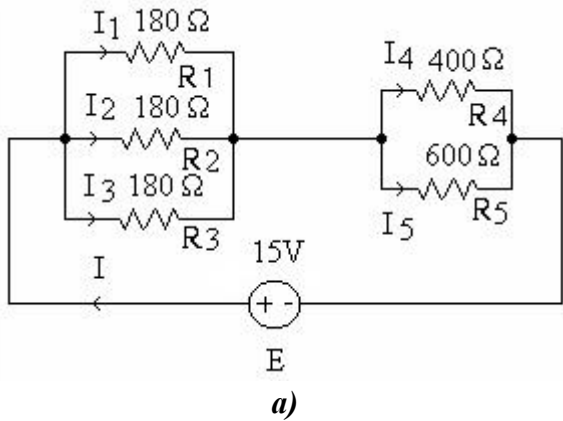
Bước 3: Tính dòng điện và điện áp trên mỗi điện trở:

$$\begin{aligned} U_1 &= U_2 = U_{ss} \\ I_1 &= U_{ss} / R_1 \\ I_2 &= U_{ss} / R_2 \\ I_3 &= I_{R3} \\ I_4 &= I_{R4} \end{aligned}$$

Ví dụ 2.3: Cho mạch điện như **hình 2.6a**, với $R_1 = R_2 = R_3 = 180\Omega$; $R_4 = 400\Omega$; $R_5 = 600\Omega$. Điện áp cung cấp $U = 15V$.

Tính dòng điện và điện áp trên mỗi điện trở.

Giải:



Hình 2.6

Bước 1: Đơn giản hóa sơ đồ đưa về sơ đồ đơn giản như **hình 2.6b**
 Trong đó:

$$R_{123} = (R_1 // R_2 // R_3)$$

Suy ra: $R_{123} = 180/3 = 60\Omega$

$$R_4 // R_5$$

Suy ra: $R_{45} = R_4 R_5 / (R_4 + R_5) = 400 \cdot 600 / (400 + 600) = 240\Omega$

Bước 2: Tính dòng điện chạy qua mạch chính:

Ta có:

$$R_{td} = R_{123} + R_{45} = 60 + 240 = 300\Omega$$

Suy ra:

$$I = U/R = 15/300 = 0,05A$$

Bước 3: Tính dòng điện và điện áp trên các điện trở

$$U_1 = U_2 = U_3 = U_{123} = IR_{123} = 0,05 \cdot 60 = 3V$$

Suy ra:

$$I_1 = U_1/R_1 = 3/180 = 0,0167A$$

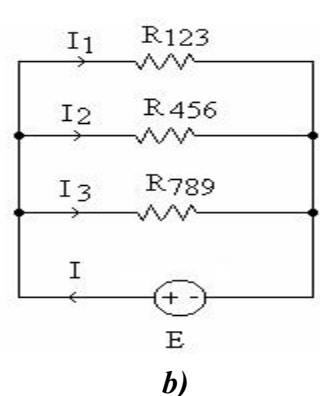
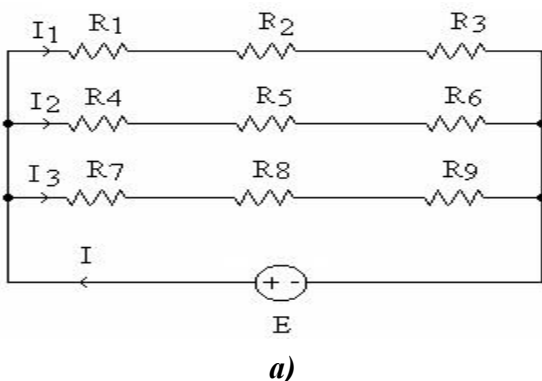
$$I_2 = I_3 = I_1 = 0,0167A$$

$$U_4 = U_5 = U_{45} = IR_{45} = 0,05 \cdot 240 = 12V$$

Suy ra:

$$I_4 = U_4/R_4 = 12/400 = 0,03A$$

$$I_5 = U_5 / R_5 = 12 / 600 = 0,02A$$



b.
Mạch
hỗn
hợp
song
song
gồm
nhiều
thành
phần
nối
tiếp
(hình
2.7a)
Trình
tự

Hình 2.7

các bước giải như sau:

Bước 1: Đơn giản hóa sơ đồ, tính điện trở tương đương cho từng nhánh và đưa về sơ đồ tương đương đơn giản hơn. Trong **hình 2.7a** là mạch điện hỗn hợp song song gồm 3 nhánh, mỗi nhánh gồm 3 điện trở. Sơ đồ tương đương có dạng như hình 2.7b, trong đó điện trở tương đương của mỗi nhánh là:

$$\begin{aligned} R_{123} &= R_1 + R_2 + R_3 \\ R_{456} &= R_4 + R_5 + R_6 \\ R_{789} &= R_7 + R_8 + R_9 \end{aligned}$$

Bước 2: Tính dòng điện chạy qua các nhánh như mạch điện song song đơn giản đã học:

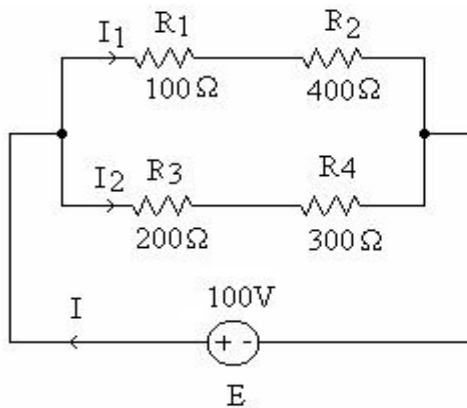
$$\begin{aligned} I_1 &= U/R_{123} \\ I_2 &= U/R_{456} \\ I_3 &= U/R_{789} \\ I &= I_1 + I_2 + I_3 \end{aligned}$$

Bước 3: Tính dòng điện và điện áp trên các điện trở thành phần:

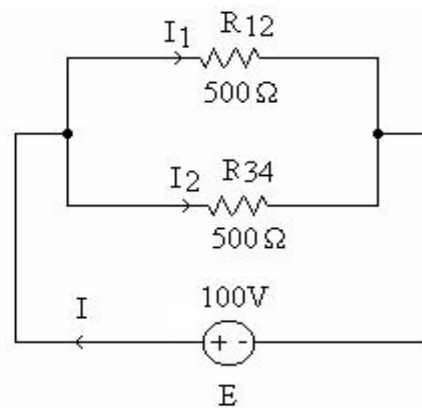
- Dòng điện qua các điện trở R_1, R_2, R_3 bằng nhau và bằng I_1
- Dòng điện qua các điện trở R_4, R_5, R_6 bằng nhau và bằng I_2
- Dòng điện qua các điện trở R_7, R_8, R_9 bằng nhau và bằng I_3
- Điện áp trên các điện trở thành phần là:

$$\begin{aligned} U_1 &= I_1 R_1 \\ U_2 &= I_1 R_2 \\ U_3 &= I_1 R_3 \\ U_4 &= I_2 R_4 \\ U_5 &= I_2 R_5 \\ U_6 &= I_2 R_6 \\ U_7 &= I_3 R_7 \\ U_8 &= I_3 R_8 \\ U_9 &= I_3 R_9 \end{aligned}$$

Ví dụ 2.4: Cho mạch điện như **hình 2.8a**, với $R_1 = 100\Omega, R_2 = 400\Omega, R_3 = 200\Omega, R_4 = 300\Omega$.



a)



b)

Hình 2.8

Nguồn điện
 cung cấp
 $U = 100$
 V .
 Tính
 dòng
 điện

đòng điện và điện áp trên mỗi điện trở.

Giải:

Bước 1: Đơn giản hóa sơ đồ

Hình 2.8b là sơ đồ tương đương của **hình 2.8a**

Trong đó:

$$R_{12} = R_1 \text{ nt } R_2 = R_1 + R_2 = 100 + 400 = 500\Omega$$

$$R_{34} = R_3 \text{ nt } R_4 = R_3 + R_4 = 200 + 300 = 500\Omega$$

Bước 2: Tính dòng điện chạy qua các nhánh

$$I_1 = U / R_{12} = 100 / 500 = 0,2\text{A}$$

$$I_2 = U / R_{34} = 100 / 500 = 0,2\text{A}$$

$$I = I_1 + I_2 = 0,2 + 0,2 = 0,4\text{A}$$

Bước 3: Tính điện áp trên các điện trở

$$U_1 = I_1 R_1 = 0,2 \cdot 100 = 20\text{V}$$

$$U_2 = I_1 R_2 = 0,2 \cdot 400 = 80\text{V}$$

$$U_3 = I_2 R_3 = 0,2 \cdot 200 = 40\text{V}$$

$$U_4 = I_2 R_4 = 0,2 \cdot 300 = 60\text{V}$$

2.4. MẠCH ĐIỆN SAO, TAM GIÁC VÀ PHÉP BIẾN ĐỔI GIỮA CHÚNG

Ba điện trở R_1, R_2 và R_3 mắc sao (Y) như **hình 2.9a** có thể biến đổi tương đương thành ba điện trở R_{12}, R_{23} và R_{31} mắc tam giác (Δ) như **hình 2.9b**, và ngược lại.

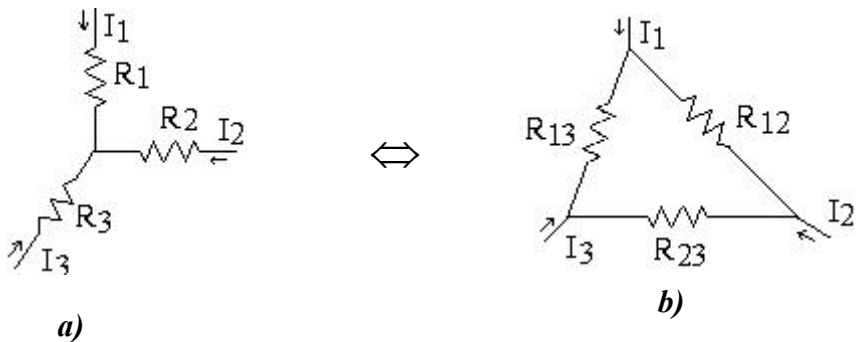
Trong đó quan hệ giữa các điện trở như sau:

- Biến đổi sơ đồ sao – tam giác:

$$R_{12} = R_1 + R_2 + R_1 R_2 / R_3$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + R_2 R_3 / R_1$$

$$R_{13} = R_1 + R_3 + R_1 R_3 / R_2$$



Hình 2.9

- Biến đổi sơ đồ tam giác – sao:

$$R_1 = R_{12} R_{13} / (R_{12} + R_{23} + R_{13})$$

$$R_2 = R_{12} R_{23} / (R_{12} + R_{23} + R_{13})$$

$$R_3 = R_{13} R_{23} / (R_{12} + R_{23} + R_{13})$$

Ví dụ 2.5: Tính dòng điện I chạy qua nguồn của mạch cầu **hình 2.10**; biết $R_1 = 12\Omega, R_2 = 6\Omega, R_3 = 6\Omega, R_4 = 21\Omega, R_0 = 18\Omega, E = 240\text{V}, R_n = 2\Omega$.

Giải:

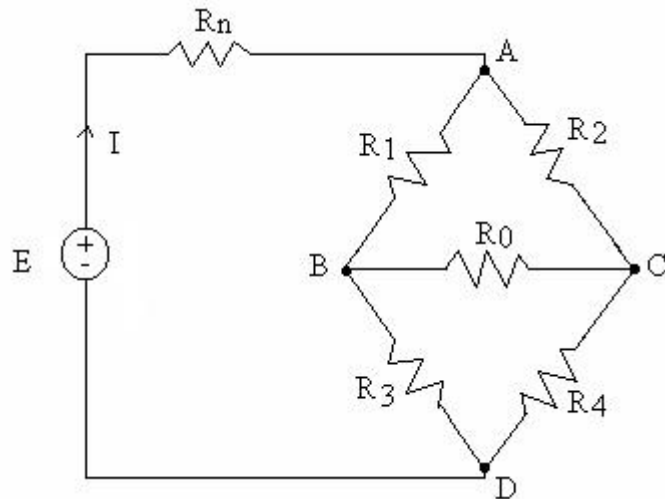
Biến đổi tam giác ABC (R_1, R_2, R_0) thành sao R_A, R_B, R_C

$$R_A = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6 + 18} = 2\Omega$$

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_0}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{12 \cdot 18}{12 + 18 + 6} = 6\Omega$$

$$R_C = \frac{R_0 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{18 \cdot 6}{12 + 18 + 6} = 3\Omega$$

Điện trở tương đương R_{OD} của 2 nhánh song song:



Hình 2.10

$$R_{OD} = \frac{(R_B + R_3) \cdot (R_C + R_4)}{R_B + R_3 + R_C + R_4} = \frac{(6 + 6) \cdot (3 + 21)}{6 + 6 + 3 + 21} = 8\Omega$$

Điện trở tương đương toàn mạch:

$$R_{td} = R_n + R_A + R_{OD} = 2 + 2 + 8 = 12\Omega$$

Dòng điện chạy qua nguồn

$$I = \frac{E}{R_{td}} = \frac{240}{12} = 20A$$

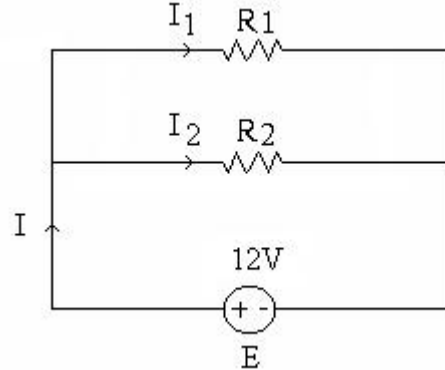
BÀI TẬP CHƯƠNG 2

B2.1. Mạch điện một chiều nối tiếp gồm 10 bóng đèn, mỗi bóng đèn có điện trở $R = 50 \Omega$ được mắc vào hai đầu một nguồn điện một chiều có $U = 50V$.
 Tính dòng điện chạy trong mạch và điện áp trên hai đầu mỗi bóng đèn.

Đáp số: $I = 0,1 \text{ A}; U_d = 5 \text{ V}$

B2.2. Cho mạch điện gồm 2 điện trở mắc song song như **hình B2.2**. Điện trở $R_1 = R_2 = 10$. Điện áp nguồn cung cấp là $U = 12 \text{ V}$.
 Tính điện trở tương đương của mạch và dòng điện I, I_1, I_2 qua các nhánh.

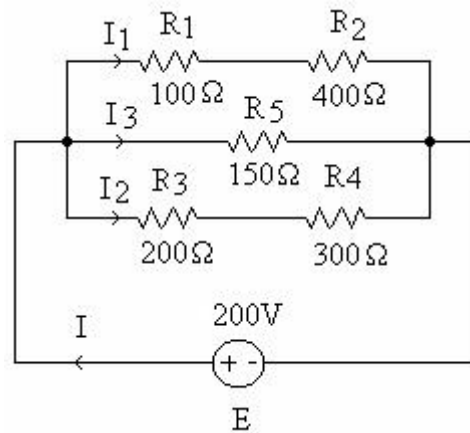
Đáp số: $R_{td} = 5 \Omega; I = 2,4 \text{ A}; I_1 = I_2 = 1,2 \text{ A}$



Hình B2.2

B2.3. Cho mạch điện như **hình B2.3**, tính điện trở tương đương của mạch và dòng điện I, I_1, I_2, I_3 qua các nhánh.

Đáp số: $R_{td} = 93,75 \Omega; I = 2,13 \text{ A};$
 $I_1 = 0,4 \text{ A}; I_2 = 0,4 \text{ A}; I_3 = 1,33 \text{ A}$

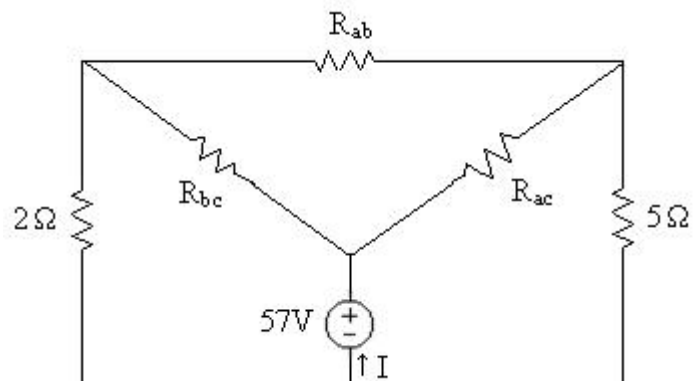


Hình B2.3

B2.4. Dùng phép biến đổi tam giác – sao tính dòng điện I phát bởi nguồn áp 57 V ở mạch điện **hình B2.4** trong hai trường hợp:

- a. $R_{ab} = R_{bc} = R_{ac} = 3$;
- b. $R_{ab} = R_{ca} = 30\Omega$ và $R_{bc} = 40\Omega$.

Đáp số: a. $I = 19 \text{ A};$ b. $I = 3 \text{ A}$



Hình B2.4

CHƯƠNG 3

MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

3.1. KHÁI NIỆM:

Một đại lượng $f(t)$ gọi là điều hòa nếu nó biến thiên theo thời gian với qui luật sau:

$$f(t) = F_m \cos(\omega t + \Psi) \quad (3.1)$$

Trong đó $f(t)$ có thể là dòng điện $i(t)$, điện áp $u(t)$, sức điện động $e(t)$ hoặc nguồn dòng điện $j(t)$. Xét một đại lượng điều hòa như **hình 3.1**

$F_m > 0$: biên độ.

$\omega > 0$: tần số góc, đơn vị là rad/s
(radian/giây)

$\omega t + \Psi$: góc pha tại thời điểm t , đơn vị là radian hoặc độ.

Ψ : góc pha ban đầu, đơn vị đo là radian hoặc độ, có giá trị:

$$-180^\circ < \Psi < 180^\circ \quad \text{hoặc} \quad 0 < \Psi < 360^\circ$$

Đại lượng điều hòa cũng được định nghĩa dùng hàm sin:

$$f(t) = F_m \sin(\omega t + \Psi) \quad (3.2)$$

Quá trình điều hòa là hàm tuần hoàn theo thời gian với chu kỳ:

$$T = 2\pi/\omega \quad (3.3)$$

T là chu kỳ: thời gian ngắn nhất để lặp lại quá trình cũ.

Đại lượng:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (3.4)$$

được gọi là tần số, đơn vị là Hertz (Hz).

Giả sử có 2 đại lượng điều hòa cùng tần số góc ω :

$$f_1(t) = F_{m1} \cos(\omega t + \Psi_1)$$

$$f_2(t) = F_{m2} \cos(\omega t + \Psi_2)$$

Với: $F_{m1} > 0$

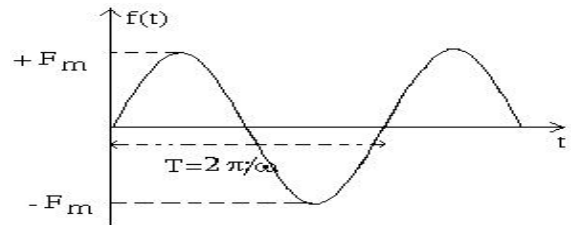
$F_{m2} > 0$ là các biên độ.

Đại lượng:

$$\varphi = (\omega t + \Psi_1) - (\omega t + \Psi_2) = \Psi_1 - \Psi_2 \quad \text{gọi là góc lệch pha giữa } f_1(t) \text{ và } f_2(t).$$

Nếu $\Psi_1 > \Psi_2$: ta nói f_1 nhanh pha (sớm) hơn f_2 một góc φ .

Nếu $\Psi_1 < \Psi_2$: ta nói f_1 chậm (trễ) pha hơn f_2 một góc $|\varphi|$.



Hình 3.1

$\varphi = \pm \pi (\pm 180^\circ)$: f_1 và f_2 ngược pha nhau.

$\Psi_1 = \Psi_2 (\varphi = 0)$: f_1 và f_2 cùng pha nhau.

Ví dụ 3.1: Tính góc lệch pha giữa 2 điện áp:

$$u_1(t) = 4 \cos(2t + 30^\circ) \text{ (V)}$$

$$u_2(t) = -2 \sin(2t + 18^\circ) \text{ (V)}$$

Giải:

Ta phải biến đổi chúng sang cùng dạng cos hoặc cùng dạng sin.

$$\text{Ta có: } u_2(t) = -2 \sin(2t + 18^\circ) = 2 \cos(2t + 108^\circ)$$

Vậy u_2 nhanh pha hơn u_1 một góc 78° , hoặc u_1 chậm pha sau u_2 một góc 78° .

Đối với đại lượng điện biến thiên chu kỳ theo thời gian ngoài các thông số như biên độ, tần số, chu kỳ,... trong kỹ thuật điện người ta còn định nghĩa khái niệm giá trị hiệu dụng.

Trị hiệu dụng:

Trị hiệu dụng I của một dòng điện $i(t)$ biến thiên tuần hoàn chu kỳ T bằng với dòng điện không đổi gây ra cùng một công suất tiêu tán trung bình trên một điện trở R .

Theo định nghĩa ta có:

$$\frac{1}{T} \int_0^T R i^2 dt = R I^2 \quad (3.5)$$

Vế trái của (3.5) là công suất tiêu thụ trung bình trên điện trở R trong một chu kỳ gây bởi dòng điện biến thiên chu kỳ $i(t)$, còn vế phải là công suất tiêu thụ trên R gây bởi dòng điện không đổi $I = \text{const}$.

Từ (3.5) suy ra trị hiệu dụng:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (3.6)$$

Một cách tương tự đối với điện áp $u(t)$, sức điện động $e(t)$, nguồn dòng điện $j(t)$ biến thiên tuần hoàn chu kỳ T cũng định nghĩa trị hiệu dụng U, E, J và được tính theo các công thức lần lượt như sau:

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad (3.7)$$

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2(t) dt} \quad (3.8)$$

$$J = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T j^2(t) dt} \quad (3.9)$$

Trường hợp các đại lượng điều hòa:

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \Psi_i)$$

$$u(t) = U_m \cos(\omega t + \Psi_u)$$

$$e(t) = E_m \cos(\omega t + \Psi_e)$$

$$j(t) = J_m \cos(\omega t + \Psi_j)$$

với $\omega = \frac{2\pi}{T}$ thay vào (3.6), (3.7), (3.8) và (3.9) ta tính được quan hệ giữa trị hiệu dụng và biên độ của các đại lượng điều hòa lần lượt như sau:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad (3.10)$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (3.11)$$

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \quad (3.12)$$

$$J = \frac{J_m}{\sqrt{2}} \quad (3.13)$$

3.2. PHƯƠNG PHÁP BIÊN ĐỘ PHỨC:

Các đáp ứng dòng điện, điện áp trong trường hợp tổng quát là nghiệm của hệ phương trình vi phân được thành lập từ các định luật Kirchhoff.

Việc giải trực tiếp hệ phương trình vi phân của mạch để tìm các đáp ứng dòng áp sẽ gặp khó khăn nhất là trong mạch phân nhánh phức tạp, ở đó số phương trình vi phân giải phải tăng lên nhiều.

Đối với mạch điện kích thích điều hòa cùng tần số ω ở trạng thái xác lập, tất cả dòng điện, điện áp trên các phần tử trên các nhánh đều biến thiên hình sin cùng tần số ω (bằng với tần số của nguồn kích thích) và như vậy chúng chỉ phân biệt nhau về biên độ và góc pha ban đầu hay nói cách khác chỉ còn đặc trưng bởi cặp số biên độ pha ban đầu như (I_m, Ψ_i) , (U_m, Ψ_u) ,...

3.2.1. Số phức:

Một số phức C có thể được viết một trong 2 dạng sau:

- Dạng đại số:

$$C = a + jb \quad (3.14)$$

Trong đó: $j^2 = -1$; a, b là 2 số thực

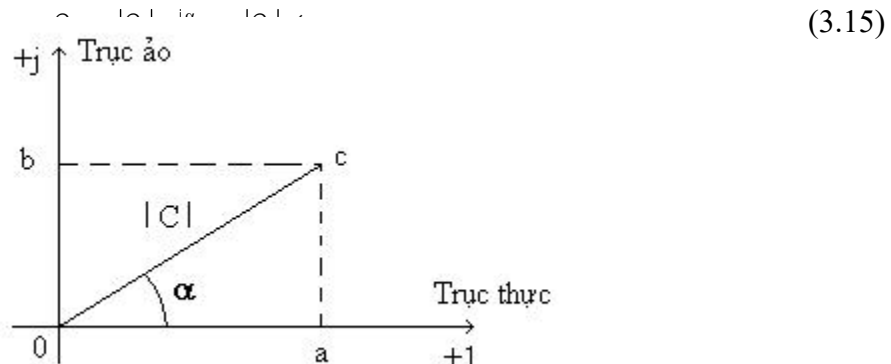
a gọi là phần thực của C: $a = \text{Re}C$

b là phần ảo của C: $b = \text{Im}C$

- Dạng mũ:

Trong đó:

$$|C| : l$$



α : là argumen, đơn vị là radian hoặc độ: $\alpha = \arg C$.

$$180 \geq \alpha \geq -180 \text{ hoặc; } 180 \geq \alpha \geq 0$$

$$\alpha = \arctg(b/a)$$

Có thể biểu thị số phức C trên mặt phẳng phức như **hình 3.2**.

Ta có quan hệ:

$$|C| = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3.16)$$

$$a = |C| \cos \alpha \quad (3.16a)$$

$$b = |C| \sin \alpha \quad (3.16b)$$

Ví dụ 3.2: Đổi các số phức sau từ dạng đại số sang dạng mũ:

$$4 + j3; \quad 4 - j3; \quad -4 + j3; \quad -4 - j3$$

Giải:

Cả bốn số phức trên có môđun như nhau:

$$|C| = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$$

Để tính argumen có thể dựa vào hình 3.3. Đối với số phức:

$$C = 4 + j3: \alpha = \tan^{-1}(3/4) = 36,87^\circ$$

$$C = 4 - j3: \alpha = -\tan^{-1}(3/4) = -36,87^\circ$$

$$C = -4 + j3: \alpha = 180^\circ - \tan^{-1}(3/4) = 143,13^\circ$$

$$C = -4 - j3: \alpha = 180^\circ + \tan^{-1}(3/4) = 216,87^\circ$$

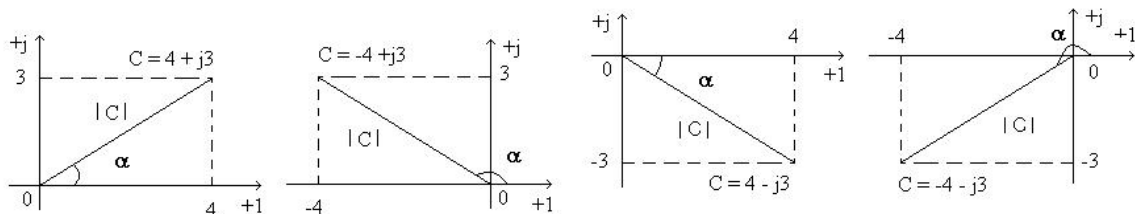
Tóm lại:

$$4 + j3 = 5 \angle 36,87^\circ;$$

$$-4 + j3 = 5 \angle 143,13^\circ$$

$$4 - j3 = 5 \angle -36,87^\circ;$$

$$-4 - j3 = 5 \angle 216,87^\circ = 5 \angle -143,13^\circ$$



Hình 3.3

Nh
ư
vậy:
 $C = e^{j\alpha}$
 $= a + jb$
 $= |C|$

$$(\cos\alpha + j\sin\alpha)$$

Trong đó đã dùng công thức Euler:

$$e^{j\alpha} = \cos\alpha + j\sin\alpha \quad (3.17)$$

Số phức liên hợp với số phức $C = a + jb = |C| \angle \alpha$ được ký hiệu là C^* định nghĩa bởi:

$$C = a - jb = |C| \angle -\alpha$$

Các số phức đặc biệt:

$$j = 1 \angle 90^\circ; -1 = 1 \angle 180^\circ; 1 = 1 \angle 0^\circ; -j = 1 \angle -90^\circ$$

Phép cộng trừ hai số phức:

$$(a_1 + jb_1) \pm (a_2 + jb_2) = (a_1 \pm a_2) + j(b_1 \pm b_2)$$

Đặc biệt: $C + C^* = 2 \operatorname{Re} C = 2a$ và $C - C^* = j2 \operatorname{Im} C = j2b$

Phép nhân chia hai số phức:

$$|C_1| \angle \alpha_1 \cdot |C_2| \angle \alpha_2 = |C_1| \cdot |C_2| \angle \alpha_1 + \alpha_2$$

Đặc biệt: $C \cdot C^* = |C|^2 = a^2 + b^2; j^2 = -1$

$$\frac{|C_1| \angle \alpha_1}{|C_2| \angle \alpha_2} = \frac{|C_1|}{|C_2|} \angle \alpha_1 - \alpha_2$$

$$(a_1 + jb_1) \cdot (a_2 + jb_2) = (a_1a_2 - b_1b_2) + j(a_1b_2 + a_2b_1)$$

$$\frac{a_1 + jb_1}{a_2 + jb_2} = \frac{(a_1 + jb_1)(a_2 - jb_2)}{(a_2 + jb_2)(a_2 - jb_2)} = \frac{(a_1a_2 + b_1b_2) + j(a_2b_1 - a_1b_2)}{a_2^2 + b_2^2}$$

Chú ý: $1/j = -j$

3.2.2. Biểu diễn đại lượng điều hòa bằng số phức – biên độ phức

Theo công thức Euler ta được:

$$F_m e^{j(\omega t + \Psi)} = F_m \cos(\omega t + \Psi) + jF_m \sin(\omega t + \Psi)$$

Như vậy, nếu đại lượng điều hòa $f(t)$ được định nghĩa dùng hàm cos như **hình 3.1** thì:

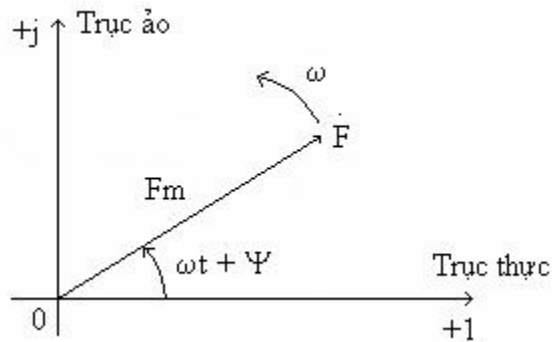
$$f(t) = \operatorname{Re} \{ F_m e^{j(\omega t + \Psi)} \}$$

Còn nếu dùng 3.2 thì:

$$f(t) = \operatorname{Im} \{ F_m e^{j(\omega t + \Psi)} \}$$

Do đó đại lượng điều hòa $f(t)$ như **hình** hoặc **hình 3.2**, có thể được biểu diễn bằng số phức $F_m e^{j(\omega t + \Psi)}$, hay nói cách khác có thể được biểu diễn trên mặt phẳng phức bởi vector có suất bằng biên độ F_m và làm với trục một góc $(\omega t + \Psi)$ như **hình 3.4**.

Vector này quay quanh gốc O theo chiều ngược với chiều kim đồng hồ với vận tốc góc ω , tại thời điểm ban đầu $t = 0$ làm với trục thực một góc bằng Ψ . Đại lượng điều hòa $f(t)$ sẽ bằng



Hình 3.4

3.1
số
một
trục

phần thực (hoặc phần ảo) của số phức: $F_m e^{j(\omega t + \Psi)} = F_m e^{j\Psi} e^{j\omega t}$ hay sẽ bằng hình chiếu của vectơ quay lên trục thực (hoặc trục ảo).

Bởi vì ta hạn chế xét mạch điện xác lập điều hòa, trong đó tất cả các đại lượng dòng điện, điện áp đều biến thiên điều hòa với cùng chung một tần số ω nên các số phức biểu diễn chúng đều có một thừa số chung là $e^{j\omega t}$ hay nói cách khác, trên mặt phẳng phức các vectơ biểu diễn đều quay ngược chiều kim đồng hồ với cùng một tốc độ góc là ω . Do đó ta chỉ cần xét tại thời điểm $t = 0$ là đủ, nghĩa là ta sẽ biểu diễn đại lượng điều hòa $f(t)$ bởi số phức:

$F_m e^{j\Psi}$ (là giá trị của $F_m e^{j(\omega t + \Psi)}$ tại thời điểm $t = 0$).

Còn trên mặt phẳng phức thì biểu diễn bởi vectơ có suất bằng biên độ F_m và làm với trục thực một góc bằng pha ban đầu Ψ của $f(t)$.

Số phức: $\dot{F} = F_m e^{j\Psi} = F_m \angle \Psi$ gọi là biên độ phức của đại lượng điều hòa hình sin:

$$f(t) = F_m \cos(\omega t + \Psi)$$

hoặc: $f(t) = F_m \sin(\omega t + \Psi)$

Ta có công thức liên hệ:

$$f(t) = \operatorname{Re} \left\{ F e^{j\omega t} \right\} \quad (3.18a)$$

hoặc:

$$f(t) = \operatorname{Im} \left\{ F e^{j\omega t} \right\} \quad (3.18b)$$

Tóm lại: khi ta phân tích mạch điện xác lập điều hòa, mà ở đó tất cả các biến điều hòa dòng áp đều có cùng một tần số, chỉ còn phân biệt nhau bởi biên độ và góc pha ban đầu, các biến điều hòa được biểu diễn bằng biên độ phức của chúng:

$$i(t) = I_m \frac{\cos}{\sin}(\omega t + \psi_i) \quad \Leftrightarrow \quad \dot{I} = I_m \angle \psi_i$$

$$u(t) = U_m \frac{\cos}{\sin}(\omega t + \psi_u) \quad \Leftrightarrow \quad \dot{U} = U_m \angle \psi_u$$

$$e(t) = E_m \frac{\cos}{\sin}(\omega t + \psi_e) \quad \Leftrightarrow \quad \dot{E} = E_m \angle \psi_e$$

$$j(t) = J_m \frac{\cos}{\sin}(\omega t + \psi_j) \quad \Leftrightarrow \quad \dot{J} = J_m \angle \psi_j$$

Thay vì dùng biên độ phức, người ta còn biểu diễn đại lượng điều hòa hình sin bằng số phức có môđun bằng trị hiệu dụng và argumen bằng góc pha ban đầu của đại lượng điều hòa, gọi là hiệu dụng phức \dot{F}_{hd} :

$$\dot{F}_{hd} = F \angle \psi = \frac{F_m}{\sqrt{2}} \angle \psi = \frac{\dot{F}}{\sqrt{2}}$$

Ta sẽ gọi chung biên độ phức hoặc hiệu dụng phức \dot{F}_{hd} là ảnh phức của đại lượng điều hòa $f(t)$. Sau đây là một số tính chất của phép biểu diễn đại lượng điều hòa bằng ảnh phức

3.2.3. Một số phép tính đối với số phức

a. Nhân đại lượng điều hòa $f(t)$ với một hằng số thực k cũng tương ứng với việc nhân ảnh phức \dot{F} và ngược lại

$$k f(t) = k \dot{F}$$

Thật vậy giả sử \dot{F} là ảnh phức của $f(t)$, theo 3.18a ta có:

$$f(t) = \operatorname{Re}\left(\dot{F} e^{j\omega t}\right)$$

$$\Rightarrow kf(t) = k \operatorname{Re}\left(\dot{F} e^{j\omega t}\right)$$

Vì k là số thực nên có thể viết:

$$kf(t) = \operatorname{Re}\left(k\dot{F} e^{j\omega t}\right) \text{ điều này chứng tỏ:}$$

$k\dot{F}$ là ảnh phức của $k f(t)$

Ví dụ 3.3:

$$f(t) = 5\cos(2t + 30^\circ) \Leftrightarrow \dot{F} = 5\angle 30^\circ$$

$$3f(t) = 15\cos(2t + 30^\circ) \Leftrightarrow 3\dot{F} = 15\angle 30^\circ$$

$$\begin{aligned} -3f(t) &= -15\cos(2t + 30^\circ) \Leftrightarrow -3\dot{F} = -15\angle 30^\circ \\ &= 15\cos(2t + 210^\circ) = -15\angle 210^\circ \end{aligned}$$

b. Cộng, trừ

Gặp trường hợp phải cộng (trừ) số phức, ta biến đổi chúng về dạng đại số rồi cộng (trừ) phần thực với phần thực, phần ảo với phần ảo.

Giả sử hai số phức có dạng đại số: $C_1 = 4 + 2j$ và $C_2 = 3 + 1j$

Cộng: $C_1 + C_2 = (4 + 3) + (2 + 1)j = 7 + 3j$

Trừ: $C_1 - C_2 = (4 - 3) + (2 - 1)j = 1 + 1j$

c. Nhân, chia

Khi phải nhân, chia, ta nên đưa về dạng mũ. Nhân (chia) hai số phức ta nhân (chia) môđun còn argumen (góc) thì cộng (trừ) cho nhau.

Giả sử hai số phức: $\dot{C}_1 = 6e^{j20^\circ}$ và $\dot{C}_2 = 2e^{j10^\circ}$

$$\text{Nhân: } \dot{C}_1 \dot{C}_2 = 6e^{j20^\circ} \cdot 2e^{j10^\circ} = 6 \cdot 2 e^{j(20^\circ + 10^\circ)} = 12e^{j30^\circ}$$

$$\text{Chia: } \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} = \frac{6e^{j20^\circ}}{2e^{j10^\circ}} = \frac{6}{2} e^{j(20^\circ - 10^\circ)} = 3e^{j10^\circ}$$

Nhân cũng có thể thực hiện dưới dạng đại số bình thường:

$$\begin{aligned} (a + jb)(c + jd) &= ac + bcj + adj + bdj^2 \\ &= (ac - bd) + (bc + ad)j \end{aligned}$$

Khi chia ta nhân tử số và mẫu số với số phức liên hợp của mẫu số.

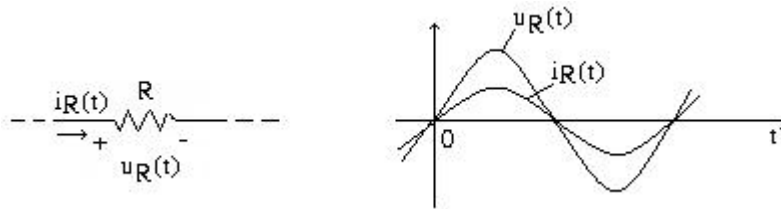
$$\frac{a + jb}{c + jd} = \frac{(a + jb)(c - jd)}{(c + jd)(c - jd)} = \frac{(ac + bd) + j(bc - ad)}{c^2 + d^2}$$

3.3. QUAN HỆ GIỮA ĐIỆN ÁP VÀ DÒNG ĐIỆN TRÊN CÁC PHẦN TỬ R, L, C. TRỞ KHÁNG VÀ DẪN NẠP

3.3.1. Trên phần tử điện trở R

Khi có dòng điện điều hoà hình sin chạy qua điện trở R (*hình 3.5*)

$$i_R(t) = I_{Rm} \cos(\omega t + \varphi)$$



Hình 3.5

thì trên 2 đầu điện trở sẽ xuất hiện điện áp:

$$u_R(t) = R i_R(t) = R I_{Rm} \cos(\omega t + \Psi) \quad (3.19)$$

Biên độ điện áp:

$$U_{Rm} = R I_{Rm} \quad (3.20)$$

Và trị hiệu dụng:

$$U_R = R I_R$$

Với:
$$U_R = \frac{U_{Rm}}{\sqrt{2}}; I_R = \frac{I_{Rm}}{\sqrt{2}}$$

Điện áp trên 2 đầu điện trở và dòng điện đi qua nó cùng pha với nhau.

$u_R(t)$ và $i_R(t)$ cùng đạt cực đại, cực tiểu hay bằng không tại các thời điểm giống nhau.

Gọi: \dot{U}_R là biên độ phức của $u_R(t)$:

$$\dot{U}_R = U_{Rm} \angle \Psi$$

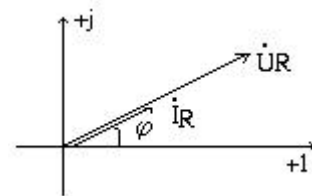
\dot{I}_R là biên độ phức của $i_R(t)$:

$$\dot{I}_R = I_{Rm} \angle \Psi$$

Ta có quan hệ:

$$\dot{U}_R = R \dot{I}_R$$

Hình 3.6 là đồ thị vectơ biểu diễn áp và dòng trên phần tử điện trở R.

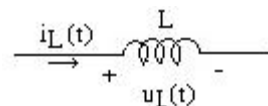


Hình 3.6

3.3.2. Trên phần tử điện cảm L

Nếu qua phần tử điện cảm có dòng điều hoà (*hình 3.7*).

$$i_L(t) = I_{Lm} \cos(\omega t + \Psi) \quad (3.21)$$



Hình 3.7

Trên nó sẽ xuất hiện điện áp:

$$u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = -\omega L I_{Lm} \sin(\omega t + \psi) \quad (3.22)$$

Hay:
$$u_L(t) = \omega L I_{Lm} \cos(\omega t + \psi + \frac{\pi}{2}) \quad (3.23)$$

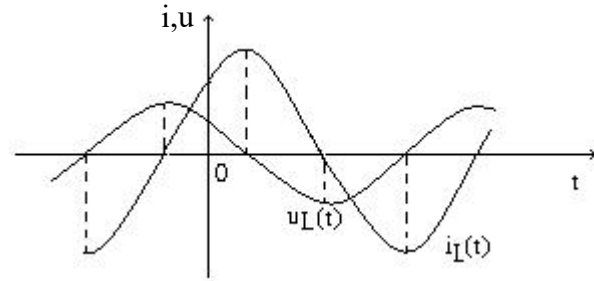
Vậy biên độ điện áp:

$$\dot{U}_{Lm} = \omega L I_{Lm}$$

Về trị hiệu dụng:

$$U_L = \omega L I_L$$

với :
$$U_L = \frac{U_{Lm}}{\sqrt{2}}; \quad I_L = \frac{I_{Lm}}{\sqrt{2}}$$



Hình 3.8

Điện áp $u_L(t)$ nhanh pha hơn so với dòng một góc $\pi/2$ (90°) hay dòng chậm pha hơn một góc $\pi/2$ (**hình 3.8**)

$i_L(t)$
áp

Biên độ phức của dòng điện $i_L(t)$:

$$\dot{I}_L = I_{Lm} \angle \Psi$$

Biên độ phức của điện áp:

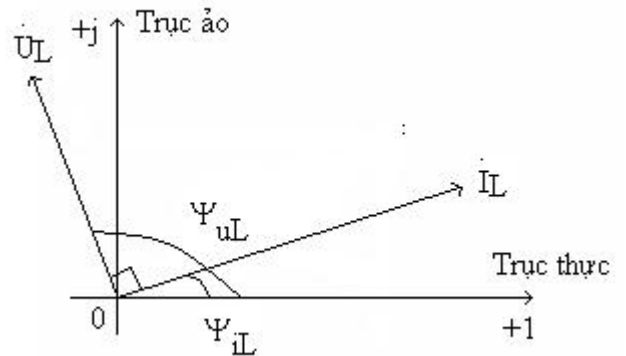
$$\dot{U}_L = \omega L I_{Lm} \angle \Psi + \frac{\pi}{2} = \omega L \angle \frac{\pi}{2} \cdot I_{Lm} \angle \Psi$$

$$\dot{U}_L = j\omega L \dot{I}_L = jx_L \dot{I}_L \quad (3.24)$$

Trong đó đặt:

$x_L = \omega L$ gọi là điện kháng điện cảm hay gọi tắt là cảm kháng, đơn vị đo của x_L là ohm (Ω).

Hình 3.9 là đồ thị vectơ biểu diễn áp và dòng trên phần tử điện cảm.



Hình 3.9

3.3.3. Trên phần tử điện dung C

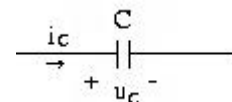
Khi đặt lên 2 đầu của phần tử điện dung một điện áp điều hoà **3.10**).

$$u_C(t) = U_{Cm} \cos(\omega t + \Psi) \quad (3.25)$$

Thì qua nó sẽ có dòng điện:

$$i_C(t) = C \frac{du_C(t)}{dt} = -\omega C U_{Cm} \sin(\omega t + \psi)$$

$$i_C(t) = \omega C U_{Cm} \cos(\omega t + \Psi + \pi/2) \quad (3.26)$$



Hình 3.10

(hình

Ta có quan hệ giữa biên độ điện áp và dòng điện trên phần tử điện dung:

$$I_{Cm} = \omega C U_{Cm}$$

Hay:
$$U_{Cm} = \frac{1}{\omega C} I_{Cm}$$

Về trị hiệu dụng:

$$U_C = \frac{1}{\omega C} I_C$$

Với:
$$U_C = \frac{U_{Cm}}{\sqrt{2}}; I_C = \frac{I_{Cm}}{\sqrt{2}}$$

Về pha: dòng điện $i_C(t)$ nhanh pha hơn so với điện áp $u_C(t)$ một góc $\pi/2$, hay điện áp chậm pha so với dòng điện một góc $\pi/2$ (**hình 3.11**).

Biên độ phức của điện áp:

$$\dot{U}_C = U_{Cm} \angle \psi$$

Biên độ phức của dòng điện:

$$\dot{I}_C = \omega C U_{Cm} \angle \psi + \frac{\pi}{2} = \omega C \angle \frac{\pi}{2} \cdot U_{Cm} \angle \psi$$

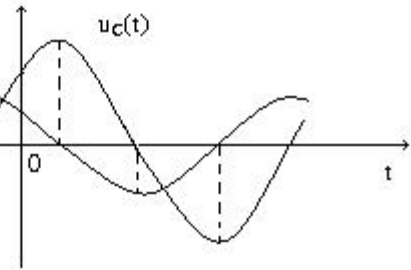
Suy ra:
$$\dot{I}_C = j\omega C \dot{U}_C \quad (3.25)$$

Hay:
$$\dot{U}_C = \frac{1}{j\omega C} \dot{I}_C = -j \frac{1}{\omega C} \dot{I}_C = jx_C \dot{I}_C$$

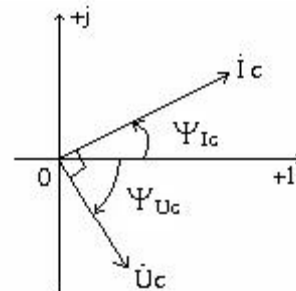
Trong đó:
$$X_C = -\frac{1}{\omega C} \quad (3.27)$$

gọi là dung kháng, đơn vị đo là ohm (Ω)

Hình 3.12 là đồ thị vectơ biểu diễn áp và dòng điện phần tử điện dung C.



Hình 3.11



Hình 3.12

trên

3.3.4. Trở kháng và dẫn nạp

Tỉ số của biên độ phức điện áp với biên độ phức dòng điện chạy qua phần tử R, L hoặc C gọi là trở kháng của phần tử đó.

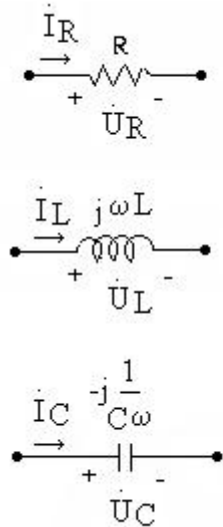
Theo định nghĩa đó, trở kháng của:

- Phần tử điện trở là:
$$Z_R = \frac{\dot{U}_R}{\dot{I}_R} = R \quad (3.28)$$

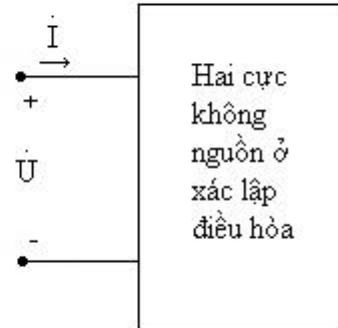
- Phần tử điện cảm là:
$$Z_L = \frac{\dot{U}_L}{\dot{I}_L} = j\omega L = jx_L \quad (3.29)$$

- Phần tử điện dung là: $Z_C = \frac{\dot{U}_C}{\dot{I}_C} = -j \frac{1}{\omega C} = -jx_C$ (3.30)

Tổng quát, xét một phần tử hai cực (được hiểu là một phần của mạch điện liên lạc trao đổi năng lượng tín hiệu với bên ngoài thông qua hai cực như **hình 3.14**) không nguồn (bên trong không chứa các nguồn áp độc lập và nguồn dòng độc lập nào) ở chế độ xác lập điều hòa. Trên hai cực có dòng điện và điện áp hình sin tần số ω :



Hình 3.13



Hình 3.14

$i(t) = I_m \cos(\omega t + \Psi_i)$ với biên độ phức: $\dot{I} = I_m \angle \Psi_i$

$u(t) = U_m \cos(\omega t + \Psi_u)$ với biên độ phức: $\dot{U} = U_m \angle \Psi_u$

Tỉ số: $Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}}$ gọi là trở kháng của hai cực

Ta có nghịch đảo của trở kháng Z là dẫn nạp Y:

$$Y = \frac{\dot{I}}{\dot{U}}$$

Z, Y không phụ thuộc vào \dot{U}, \dot{I} mà chỉ phụ thuộc các thông số đặc trưng của phần tử như điện trở, điện cảm, điện dung, ... cũng như cách nối ghép các phần tử. Ngoài ra trong trường hợp tổng quát trở kháng Z và dẫn nạp Y phụ thuộc vào tần số ω , chúng là các hàm phức của tần số ω .

Trở kháng Z có thể biểu diễn ở dạng đại số và dạng mũ:

$$Z = R + jX = |Z| e^{j\varphi} \quad (3.31)$$

Phần thực $R(\omega)$ gọi là điện trở, còn phần ảo $X(\omega)$ gọi là điện kháng, $|Z|$ là mô đun trở kháng, φ là argumen của trở kháng.

$X(\omega)$ có thể có giá trị âm hoặc dương.

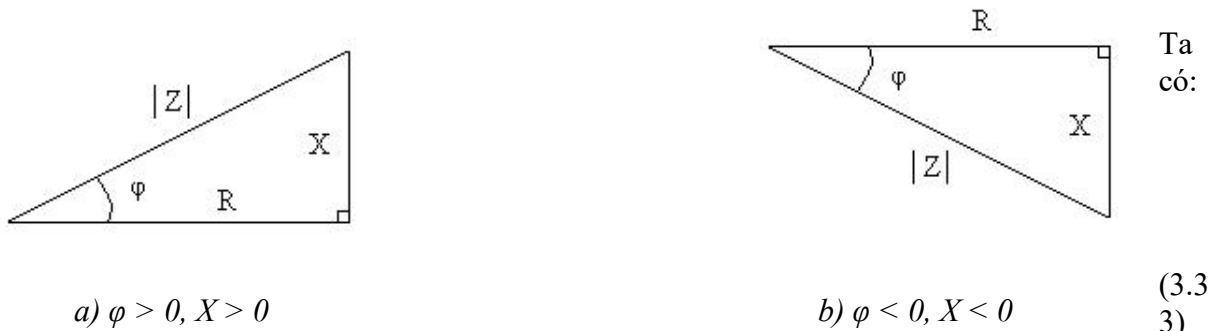
Đối với hai cực thụ động (không chứa các phần tử tích cực), thì người ta chứng minh được rằng điện trở $R(\omega)$ luôn dương, khi đó vì $R(\omega)$ dương còn có thể âm hoặc dương nên argumen $\varphi(\omega)$ của trở kháng sẽ có giá trị nằm trong khoảng:

$$-\pi/2 \leq \varphi \leq \pi/2$$

Quan hệ giữa $R(\omega), X(\omega)$ với $\varphi(\omega), Z(\omega)$ cho bởi:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}; \quad \varphi = \tan^{-1} \frac{X}{R}; \quad R = |Z| \cos\varphi; \quad X = |Z| \sin\varphi \quad (3.32)$$

Và được minh họa trên đồ thị bởi một tam giác vuông như **hình 3.15 a, b** gọi là tam giác trở kháng.



Hình 3.15

$$|Z| = \frac{\dot{U}}{I}$$

(3.33)

Do đó

từ (3.30) suy ra:

$$|Z| = \frac{U_m}{I_m} = \frac{U}{I}$$

Và: $\varphi = \Psi_u - \Psi_I \quad (3.34)$

Vậy môđun $|Z|$ của trở kháng bằng tỉ số giữa biên độ của điện áp với biên độ của dòng điện, hoặc bằng tỉ số giữa trị hiệu dụng của dòng điện; còn argumen φ của trở kháng bằng góc lệch pha giữa điện áp với dòng điện.

Trường hợp:

$X > 0; \varphi > 0$, điện áp nhanh pha hơn dòng điện: hai cực được nói có tính chất cảm (cảm tính).

$X < 0; \varphi < 0$, điện áp chậm pha sau dòng điện: hai cực được nói có tính chất dung (dung tính).

$X = 0; \varphi = 0$, điện áp cùng pha với dòng điện: hai cực có tính thuần trở.

$R = 0; \varphi = \pm \pi/2$, điện áp và dòng điện vuông pha với nhau: hai cực có tên là hai cực thuần kháng, đó là hai cực không tổn hao.

Đơn vị của $Z, |Z|, X, R$ là ohm (Ω).

Dẫn nạp Y có thể biểu diễn ở dạng đại số và dạng mũ:

$$Y = G + jB = |Y| e^{j\alpha}$$

$|Y|$ là môđun dẫn nạp, α là argumen của dẫn nạp.

Phần thực $G(\omega)$ được gọi là điện dẫn.

Phần ảo $B(\omega)$ được gọi là điện nạp.

Vì:

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{|Z|} e^{-j\varphi}$$

Nên suy ra:

$$|Y| = \frac{1}{|Z|} ; \alpha = -\varphi$$

Mặt khác:

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R + jX} = \frac{R}{R^2 + X^2} + j \frac{-X}{R^2 + X^2}$$

Nên suy ra:

$$G = \frac{R}{R^2 + X^2} \quad \text{và} \quad B = \frac{-X}{R^2 + X^2}$$

Từ:
$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{G + jB} = \frac{G}{G^2 + B^2} + j \frac{-B}{G^2 + B^2} \quad (3.35)$$

3.4. CÁC ĐỊNH LUẬT OHM, KIRCHHOFF DẠNG PHỨC

$$\dot{U} = Z \cdot \dot{I} \quad (3.36)$$

Hoặc:
$$\dot{I} = Y \cdot \dot{U} \quad (3.37)$$

Các trường hợp riêng:

- Phần tử điện trở R:

$$Z_R = R \Rightarrow \dot{U} = R \dot{I} \quad (3.38)$$

- Phần tử điện cảm L:

$$Z_L = j\omega L \Rightarrow \dot{U} = j\omega L \dot{I} \quad (3.39)$$

- Phần tử điện dung C:

$$Z_C = -j \frac{1}{\omega C} \dot{I} \Rightarrow \dot{U} = -j \frac{1}{\omega C} \dot{I} \quad (3.40)$$

Các biểu thức trên có thể được xem là sự mở rộng của định luật Ohm trong miền phức, ta gọi chúng là định luật Ohm dạng phức.

3.4.1. Định luật Kirchhoff 1 dạng phức:

Tổng đại số các ảnh phức của các dòng điện vào hoặc ra một nút hoặc một mặt kín bất kỳ thì bằng không.

$$\sum_{nút} \pm \dot{I}_K = 0 \quad (3.41)$$

Dấu (+) hoặc (-) được xác định theo cách như ở mạch DC.

Hoặc có thể phát biểu dạng khác:

Tổng các ảnh phức của các dòng điện đi vào một nút (mặt kín) bất kỳ thì bằng tổng các ảnh phức của dòng điện đi ra khỏi nút (mặt kín) đó.

$$\sum_{\text{vào nút}} \dot{I}_l = \sum_{\text{ra nút}} \dot{I}_p \quad (3.42)$$

3.4.2. Định luật Kirchhoff 2 dạng phức:

Tổng đại số các ảnh phức của các điện áp trên các phần tử dọc theo tất cả các nhánh trong một vòng bất kỳ thì bằng không.

$$\sum_{\text{vong}} \pm \dot{U}_K = 0 \quad (3.43)$$

Hoặc ở dạng tương đương: Tổng đại số các ảnh phức sức điện động trong một vòng bằng tổng đại số các ảnh phức của các sụt áp trên phần tử khác.

$$\sum_{\text{vong}} \pm \dot{U} = \sum_{\text{vong}} \pm \dot{E} \quad (3.44)$$

Từ định luật Ohm dạng phức ta suy ra có thể viết các phương trình K₂ dạng phức theo các biến dòng điện nhánh σ' dạng sau:

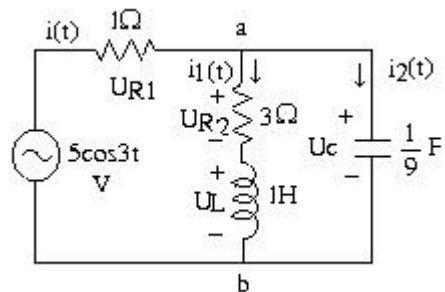
$$\sum_{\text{vong}} \pm Z_K \dot{I}_K = \sum_{\text{vong}} \pm \dot{E}_K \quad (3.45)$$

Trong đó: dòng điện \dot{I}_k nào có chiều dương cùng chiều với chiều của vòng thì trước đó sẽ mang dấu +, ngược lại sẽ mang dấu - .

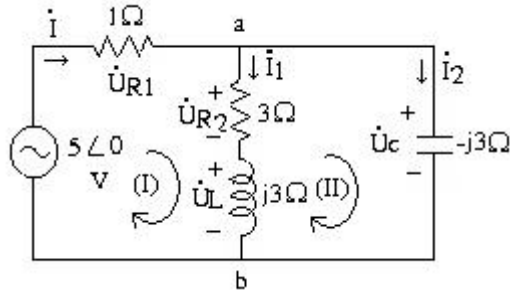
Để tiện lợi cho việc phân tích mạch, người ta thường phức hóa sơ đồ mạch điện. Theo đó trên sơ đồ mạch điện sẽ ghi các biến ảnh phức ví dụ như $\dot{U}, \dot{I}, \dot{E}, \dot{J}$ (thay vì ghi $u(t), i(t), e(t), j(t)$). Bên cạnh các phần tử như phần tử điện trở, phần tử điện cảm, phần tử điện dung ta ghi kèm giá trị trở kháng của chúng như $R, jL, -j1/C\omega$. Ta gọi đó là sơ đồ phức của mạch điện. Sau đây ta xét vài ví dụ về phân tích mạch xác lập hình sin.

Ví dụ 3.4: Cho mạch điện **hình 16.a**

- Tìm dòng điện trong các nhánh $i(t), i_1(t), i_2(t)$
- Điện áp trên các phần tử $u_{R1}(t), u_{R2}(t), u_C(t), u_L(t)$ ở xác lập.



Hình 3.16a



Hình 3.16b

Giải:

- Tần số góc của nguồn: $\omega = 3$ (rad/s)
- Biên độ phức của sức điện động $5\cos 3t$: $5\angle 0^\circ$ V

- Trở kháng của các phần tử:

Điện trở 1Ω là 1Ω

Điện trở 3Ω là 3Ω

Điện cảm $1H$ là: $j\omega L = j3 \times 1 = j3 \Omega$

Điện dung $1/9 F$ là: $-j1/C\omega = -j3 \Omega$

Sơ đồ phức được vẽ trên hình 3.16b

Trong đó các giá trị điện áp và dòng điện là các biên độ phức.

Viết định luật K₁ cho nút a ta được:

$$\dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0 \quad (1)$$

Viết định luật K₂ cho mắt lưới (I) và(II) ta được 2 phương trình:

$$\dot{U}_{R1} + \dot{U}_{R2} + \dot{U}_L = 5 \Rightarrow 1\dot{I} + 3\dot{I}_1 + j3\dot{I}_1 = 5 \quad (2)$$

$$-\dot{U}_{R2} - \dot{U}_L + \dot{U}_C = 0 \Rightarrow -3\dot{I}_1 - j3\dot{I}_1 - j3\dot{I}_2 = 0 \quad (3)$$

Từ (1) $\Rightarrow \dot{I}_2 = \dot{I} - \dot{I}_1 \quad (4)$

Thay (4) vào (3) ta được:

$$j1\dot{I} + \dot{I}_1 = 0 \Rightarrow \dot{I}_1 = -j1\dot{I} \quad (5)$$

Thay (5) vào (2) ta được:

$$(4 - j3)\dot{I} = 5 \Rightarrow \dot{I} = \frac{5}{4 - j3} = \frac{5(4 + j3)}{4^2 + 3^2} = 0,8 + j0,6 = 1\angle 36^\circ 87 A$$

$$(5) \Rightarrow \dot{I}_1 = -j1(0,8 + j0,6) = 0,6 - j0,8 = 1\angle -53^\circ 13 A$$

$$(4) \Rightarrow \dot{I}_2 = (0,8 + j0,6) - (0,6 - j0,8) = 0,2 + j1,4 = \sqrt{2}\angle 81^\circ 87 A$$

Suy ra: $\dot{U}_{R1} = 1\dot{I} = 1\angle 36^\circ 87 V; \dot{U}_{R2} = 3\dot{I}_1 = 3\angle -53^\circ 13 V$

$$\dot{U}_L = j3\dot{I}_1 = 3\angle 36^\circ 87 V; \dot{U}_C = -j3\dot{I}_2 = 3\sqrt{2}\angle -8^\circ 13 V$$

Chuyển sang giá trị tức thời:

$$i(t) = \cos(3t + 36^\circ 87) A$$

$$i_1(t) = \cos(3t - 53^\circ 13) A$$

$$i_2(t) = \sqrt{2} \cos(3t + 81^\circ 87) A$$

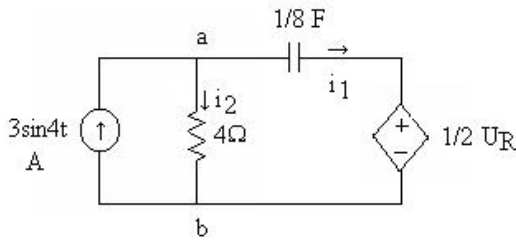
$$u_{R1}(t) = \cos(3t + 36^\circ 87) V$$

$$u_{R2}(t) = 3 \cos(3t - 53^\circ 13) V$$

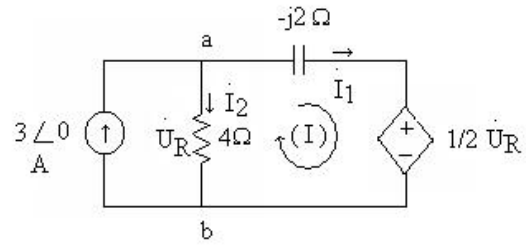
$$u_L(t) = 3 \cos(3t + 36^\circ 87) V$$

$$u_C(t) = 3\sqrt{2} \cos(3t - 8^\circ 13) V$$

Ví dụ 3.5: Tìm dòng điện trong các nhánh $i_1(t)$, $i_2(t)$ ở xác lập đối với mạch điện **hình 3.17a**



Hình 3.17a



Hình 3.17b

G
iai:
T
ần
số
góc
 $\omega =$
4
rad/
s

$3\sin 4t \Leftrightarrow$ biên độ phức $3\angle 0^0$ A
 \Rightarrow trở kháng của $1/8$ F là $-j1/4(1/8) = -j2\Omega$
 Sơ đồ phức cho trên hình 3.17b
 Viết định luật K1 cho nút a:

$$I_1 + I_2 = 3 \quad (1)$$

Viết định luật K2 cho mắt lưới (I):

$$-j2I_1 + \frac{1}{2}U_R - 4I_2 = 0$$

Thay $U_R = 4I_2$ vào ta được:

$$jI_1 + I_2 = 0 \quad (3)$$

$$(1) - (3): \Rightarrow (1 - j)I_1 = 3$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{3}{1 - j} = \frac{3\angle 0^0}{\sqrt{2}\angle -45^0} = \frac{3}{\sqrt{2}}\angle 45^0 \text{ A}$$

$$\text{Do đó từ (1): } \Rightarrow I_2 = 3 - I_1 = 3 - \frac{3}{1 - j} = \frac{3 - j3 - 3}{1 - j}$$

$$= \frac{-j3}{1 - j} = \frac{3\angle -90^0}{\sqrt{2}\angle -45^0} \Rightarrow I_2 = \frac{3}{\sqrt{2}}\angle -45^0 \text{ A}$$

Suy ra: $i_1(t) = \frac{3}{\sqrt{2}} \sin(4t + 45^0) \text{ A}$

Và $i_2(t) = \frac{3}{\sqrt{2}} \sin(4t - 45^0) \text{ A}$

Ngoài ra, có thể dùng các phép biến đổi tương đương đối với sơ đồ phức của mạch điện để giảm bớt số nút, vòng, nhánh làm cho sơ đồ phức đơn giản hơn, do đó giảm đi số phương trình đại số phức phải giải.

Sau đây là một số phép biến đổi tương đương thông dụng, cách chứng minh chúng cũng hoàn toàn tương tự với cách chứng minh các phép biến đổi tương đương ở chương 1.

Tuy nhiên, ở đây ta dùng định luật Ohm dạng phức $\dot{U} = Z\dot{I}$ và hai định luật Kirchhoff dạng phức (thay vì là định luật Ohm dạng $u = Ri$ và hai định luật Kirchhoff dạng tức thời).

1. Các nguồn sức điện động mắc nối tiếp sẽ tương đương với một nguồn sức điện động có ảnh phức bằng tổng đại số các ảnh phức sức điện động đó:

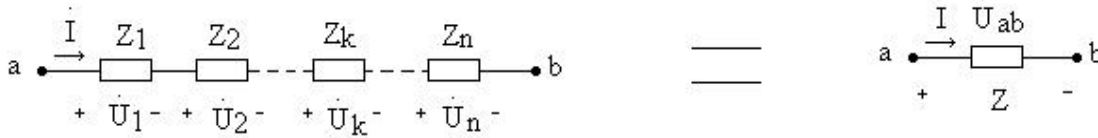
$$\dot{E} = \sum \pm \dot{E}_k \quad (3.46)$$

2. Các nguồn dòng mắc song song sẽ tương đương với một nguồn dòng có ảnh phức bằng tổng đại số các ảnh phức các nguồn dòng đó:

$$\dot{J} = \sum \pm \dot{J}_k \quad (3.47)$$

3. Nối nối tiếp các hai cực thụ động có thể được thay thế bằng một hai cực tương đương có trở kháng bằng tổng các trở kháng của các hai cực thành phần: (hình 3.18)

$$Z = \sum \pm Z_k \quad (3.48)$$



Thật vậy ta có:

$$\dot{U}_{ab} = \sum_{k=1}^n \dot{U}_k$$

⇒

$$\frac{\dot{U}_{ab}}{I} = \sum_{k=1}^n \dot{Z}_k$$

Hình 3.18

(3.49)

Điện áp trên hai cực thứ k:

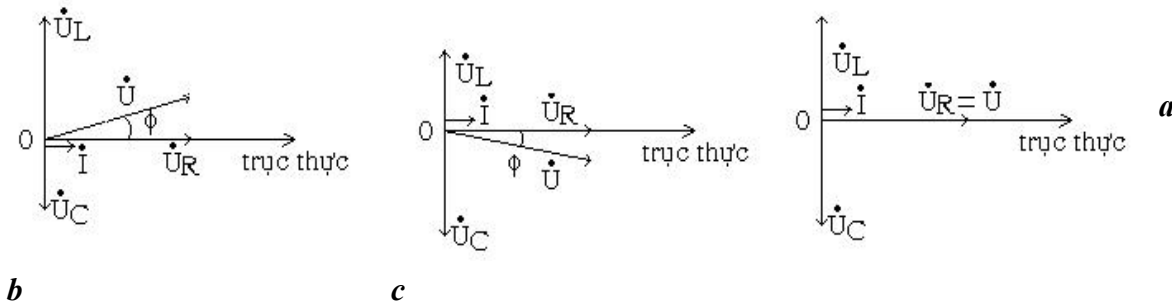
$$\dot{U}_k = Z_k \dot{I} = \frac{Z_k \dot{U}_{ab}}{Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n} \quad (3.50)$$

3.5. ĐỒ THỊ VECTO

Đồ thị vectơ biểu diễn hình học quan hệ giữa các biên độ phức (hoặc hiệu dụng phức) dòng và áp trong mạch điện theo các định luật Kirchhoff.

3.5.1. Mạch R, L, C mắc nối tiếp

Hình 3.19 là đồ thị vectơ dòng và áp của mạch R, L, C nối tiếp trong 3 trường hợp:



Hình 3.19

Các trường hợp:

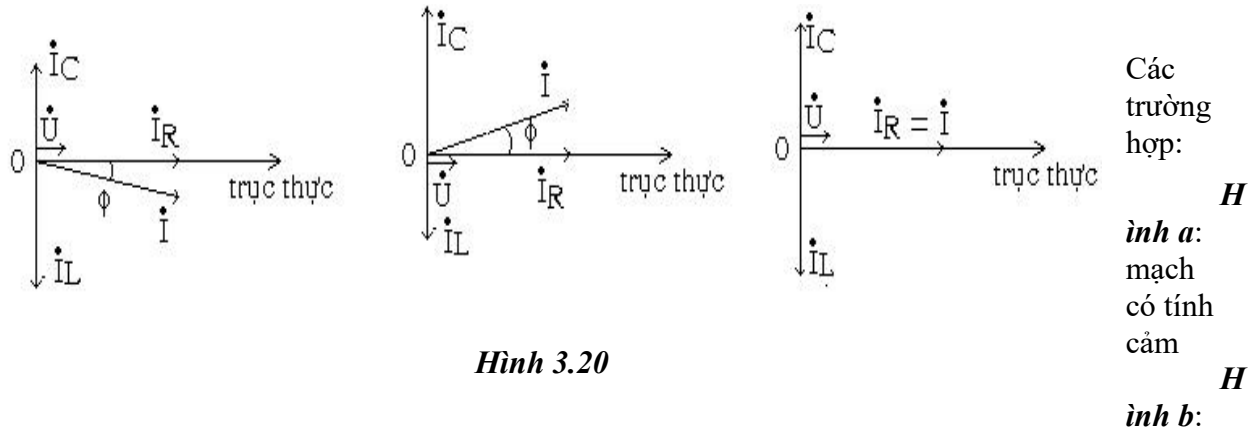
Hình a: mạch có tính cảm

Hình b: mạch có tính dung

Hình c: mạch có tính trở

3.5.2. Mạch R, L, C mắc song song

Hình 3.20 là đồ thị vectơ dòng và áp của mạch R, L, C song song trong 3 trường hợp:



mạch có tính dung

Hình c: mạch có tính trở

3.6. CÔNG SUẤT.

3.6.1. Công suất tác dụng và công suất phản kháng

Biểu thức dòng điện tức thời:

$$i(t) = I_M \cos(\omega t + \varphi_i)$$

Biểu thức điện áp tức thời:

$$u(t) = U_M \cos(\omega t + \varphi_u)$$

Công suất tức thời:

$$p(t) = u(t)i(t) = U_M I_M \cos(\omega t + \varphi_u) \cos(\omega t + \varphi_i) \quad (3.51)$$

Công suất tác dụng:

$$P = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i) \quad [W] \quad (3.52)$$

Công suất phản kháng:

$$Q = UI \sin(\varphi_u - \varphi_i) \quad [Var] \quad (3.53)$$

Trong đó: U, I là các giá trị hiệu dụng

3.6.2. Công suất biểu kiến

Công suất biểu kiến ký hiệu là S và được định nghĩa:

$$|S| = \frac{1}{2} U_m I_m = UI \quad (3.54)$$

Ta có:

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3.55)$$

Đơn vị đo của công suất biểu kiến là VA (volt amperes).

Ta có:

$$P = |S| \cos(\psi_u - \psi_i) \quad (3.56)$$

$$Q = |S| \sin(\psi_u - \psi_i) \quad (3.57)$$

Hoặc cũng có thể biểu diễn:

$$P = |S| \cos\varphi$$

$$Q = |S| \sin\varphi$$

Các quan hệ này có thể được minh họa bằng đồ thị bởi một tam giác vuông như **hình 3.21**. Gọi là tam giác công suất.



Hình 3.21

3.6.
3.
Côn
g
suất
phứ
c:
Đề
tiện

Để tiện lợi cho việc tính toán công suất, người ta định nghĩa khái niệm công suất phức S bởi biểu thức sau:

$$S = P + jQ \quad (3.58)$$

Thay P và Q bởi 3.54, 3.55 ta được:

$$S = S(\cos(\psi_u - \psi_i) + j \sin(\psi_u - \psi_i)) \quad (3.59)$$

$$S = |S| \angle \psi_u - \psi_i \quad (3.60)$$

Vì: $|S| = \frac{1}{2} U_m I_m$

Nên: $S = \frac{1}{2} U_m I_m \angle \psi_u - \psi_i = \frac{1}{2} U_m \angle \psi_u \cdot I_m \angle -\psi_i \quad (3.61)$

Do đó: $S = \frac{1}{2} \dot{U} \dot{I} \quad (3.62)$

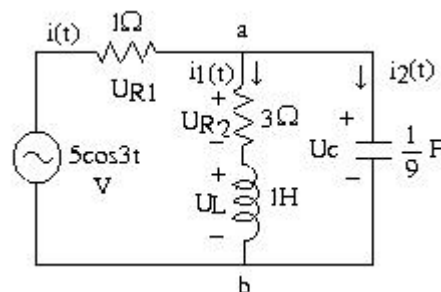
Trong đó: \dot{U} là biên độ phức điện áp

\dot{I} là biên độ phức dòng điện

Sau đây ta xét vài ví dụ về tính công suất

Ví dụ 3.6: Xét mạch điện **hình 3.22**. Tính công suất tác dụng, công suất phản kháng của mỗi phần tử trong mạch.

Giải:



Hình 3.22

Chúng ta đã tính được biên độ phức dòng điện qua các phần tử:

$$\dot{I}_1 = 1\angle -53^\circ 13 A; \dot{I}_2 = \sqrt{2}\angle 81^\circ 87 A; \dot{I} = 1\angle 36^\circ 87 A = \frac{4+j3}{5} A$$

- Đối với phần tử điện trở 1Ω , công suất phản kháng bằng 0 còn công suất tác dụng là:

$$P_1 = 1 \cdot \frac{I_m^2}{2} = 1 \cdot \frac{1^2}{2} = 0,5 W$$

- Đối với phần tử điện trở 3Ω , công suất phản kháng cũng bằng 0 còn công suất tác dụng là:

$$P_2 = 3 \cdot \frac{I_{1m}^2}{2} = 3 \cdot \frac{1^2}{2} = 1,5 W$$

- Công suất phản kháng của phần tử điện cảm $1H$ (có trở kháng $j3\Omega$) là:

$$Q_1 = 3 \cdot \frac{I_{1m}^2}{2} = 3 \cdot \frac{1^2}{2} = 1,5 VAR, \text{ còn công suất tác dụng bằng } 0.$$

- Công suất phản kháng của phần tử điện dung $1/9 F$ (có trở kháng $-j3\Omega$) là:

$$Q_2 = -3 \cdot \frac{I_{2m}^2}{2} = -3 \cdot \frac{(\sqrt{2})^2}{2} = -3 VAR, \text{ còn công suất tác dụng bằng } 0.$$

- Công suất phức cung cấp bởi nguồn áp $\dot{E} = 5V$ là:

$$S_f = \frac{1}{2} \dot{E} \dot{I} = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \frac{4-j3}{5} = 2 - j1,5 VA$$

Suy ra công suất tác dụng cung cấp bởi nguồn là:

$$P_f = \text{Re} S_f = 2W$$

Và công suất phản kháng: $Q_f = I_m S_f = 1,5Var$

Để tính $P_f(Q_f)$ cũng có thể dùng công thức:

$$P_f = \frac{1}{2} E_m I_m \cos(\psi_e - \psi_i) = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 1 \cos(0 - 36^\circ 87) = 2W$$

$$Q_f = \frac{1}{2} E_m I_m \sin(\psi_e - \psi_i) = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 1 \sin(0 - 36^\circ 87) = -1,5VAR$$

Có thể thử nghiệm lại:

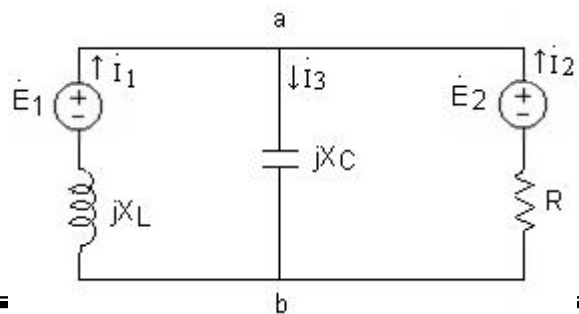
$$P_f = P_1 + P_2 \text{ và } Q_f = Q_1 + Q_2$$

Trường hợp tổng quát ta có: Trong một mạch điện, tổng các công suất tác dụng (công suất phản kháng) cung cấp bởi các nguồn bằng tổng các công suất tác dụng (công suất phản kháng) nhận bởi các phần tử khác.

Đó cũng chính là nội dung của định luật cân bằng công suất.

Ví dụ 3.7: Xét mạch điện **hình 3.23**. Cho biết

$X_L = 10 \Omega$; $I_1 = 12,7\angle -78^\circ 45 A$, công suất phức phát bởi hai nguồn \dot{E}_1 và \dot{E}_2 là:



$$S_1 = 259 + j1250 \text{ VA}; S_2 = 375 + j125 \text{ VA}$$

Tìm $\dot{E}_1, \dot{E}_2, \dot{I}_2, \dot{I}_3, x_C$ và R

Giải:

Trong bài này ta sử dụng hiệu dụng phức

Nguồn áp \dot{E}_1 có:

- Công suất tác dụng: $P_{f1} = \text{Re}S_1 = 259\text{W}$
- Công suất phản kháng: $Q_{f1} = \text{Im}S_1 = 1250\text{Var}$

Đặt: $\dot{E}_1 = E_1 \angle \psi_{e1}$

Ta có: $\varphi_1 = \psi_{e1} - \psi_{i1} = \tan^{-1} \frac{Q_{f1}}{P_{f1}} 78^{\circ}30'$

$$\Rightarrow \psi_{e1} = \varphi_1 + \psi_{i1} = 78^{\circ}30' + (-78^{\circ}45') = -0^{\circ}15'$$

Và $E_1 = \frac{P_{f1}}{I_1 \cos \varphi_1} = \frac{259}{12,7 \cos 78^{\circ}30'} = 100,5 \text{ V}$

Do đó: $\dot{E}_1 = 100,5 \angle -0^{\circ}15' \text{ V}$

Điện áp giữa 2 nút a và b là:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{ab} &= \dot{E}_1 - jx_L \dot{I}_1 = 100,5 \angle -0^{\circ}15' - 10 \angle 90^{\circ} \cdot 12,7 \angle -78^{\circ}45' \\ &= -23,93 - j25,7 \text{ V} = 35,116 \angle -133^{\circ} \text{ V} \end{aligned}$$

Theo luật cân bằng công suất phản kháng:

$$Q_{f1} + Q_{f2} = Q_C + Q_L$$

Suy ra: $Q_C = Q_{f1} + Q_{f2} - Q_L = \text{Im}S_1 + \text{Im}S_2 - X_L I_1^2$

$$Q_C = 1250 + 125 - 10(12,7)^2 = -237,9 \text{ Var}$$

Mặt khác:

$$Q_C = x_C I_3^2 = x_C \left[\frac{U_{ab}}{-x_C} \right]^2 = \frac{U_{ab}^2}{x_C}$$

Suy ra:

$$x_C = \frac{U_{ab}^2}{Q_C} = \frac{(35,116)^2}{-237,9} = -5,18 \Omega$$

Do đó dòng điện \dot{I}_3 chạy qua tụ là:

$$\dot{I}_3 = \frac{U_{ab}}{jx_C} = \frac{35,116 \angle -133^{\circ}}{5,18 \angle -90^{\circ}}$$

$$\dot{I}_3 = 6,78 \angle -43^{\circ} \text{ A}$$

Dòng \dot{I}_2 cung cấp bởi nguồn áp \dot{E}_2 là:

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_3 - \dot{I}_1 = 6,78 \angle -43^{\circ} - 12,7 \angle -78^{\circ}45'$$

$$\dot{I}_2 = 2,42 + j7,82 = 8,19 \angle 72^{\circ}8' \text{ A}$$

Theo luật cân bằng công suất tác dụng ta được công suất tiêu tán trong R là:

$$P_R = RI_2^2 = P_{f1} + P_{f2} = \operatorname{Re}S_1 + \operatorname{Re}S_2 = 259 + 375 = 634 \text{ W}$$

Suy ra:

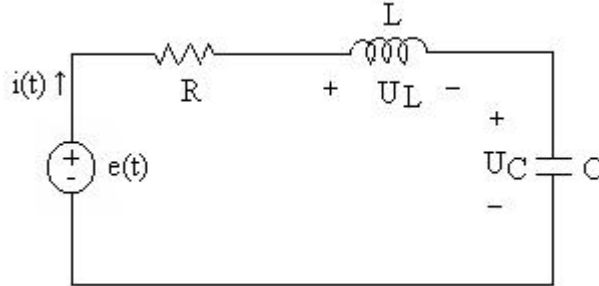
$$R = \frac{634}{(8,19)^2} = 9,45 \Omega$$

Cuối cùng: $\dot{E}_2 = \dot{U}_{ab} + R\dot{I}_2 = -23,93 - j25,7 + 9,45(2,42 + j7,82)$

Suy ra: $\dot{E}_2 = -1,06 + j48,2 = 48,21 \angle 91^\circ \text{ V}$

BÀI TẬP CHƯƠNG 3

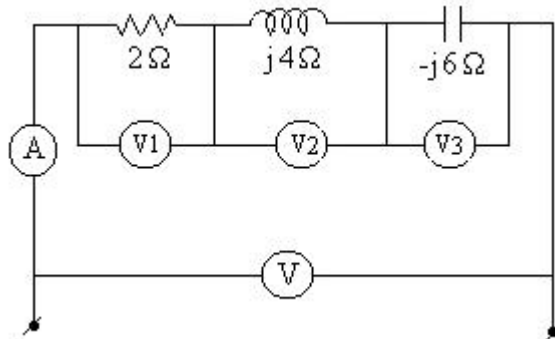
B3.1. Xét mạch điện **hình B3.1**. Cho biết $R = 20\Omega$; $u_L(t) = 10 \sin 1000t$ (V), $i(t)$ chậm pha so với $e(t)$ một góc 30° , biên độ của áp trên L bằng 2 lần biên độ áp trên C. Xác định L và C.



Hình B3.1

Đáp số: $L = 23,1 \text{ mH}$; $C = 86,6 \mu\text{F}$

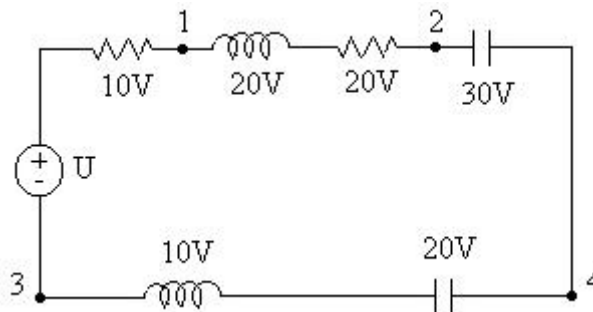
B3.2. Trên mạch điện **hình B3.2**, số chỉ của ampemeter là 5 A. Xác định số chỉ của các voltmeter V, V_1 , V_2 , V_3



Hình B3.2

Đáp số: $10\sqrt{2} \text{ V}$; 10 V; 20 V; 30 V

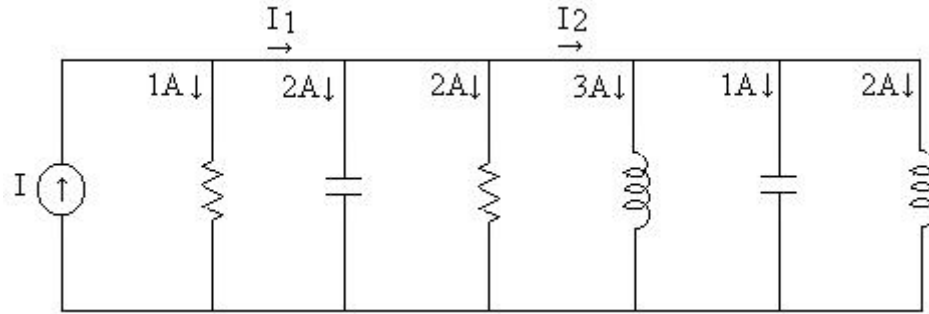
B3.3. Xét mạch điện **hình B3.3** với trị hiệu dụng của áp cho. Xác định các áp hiệu dụng U_{12} , U_{23} , U_{14} , U



Hình B3.3

Đáp số: $U_{12} = 20\sqrt{2} \text{ V}$; $U_{23} = 40 \text{ V}$; $U_{14} = 22,36 \text{ V}$; $U = 36 \text{ V}$.

B3.4. Xét mạch **hình B3.4** với trị hiệu dụng dòng điện đã cho. Xác định trị hiệu dụng các dòng I , I_1 , I_2 .

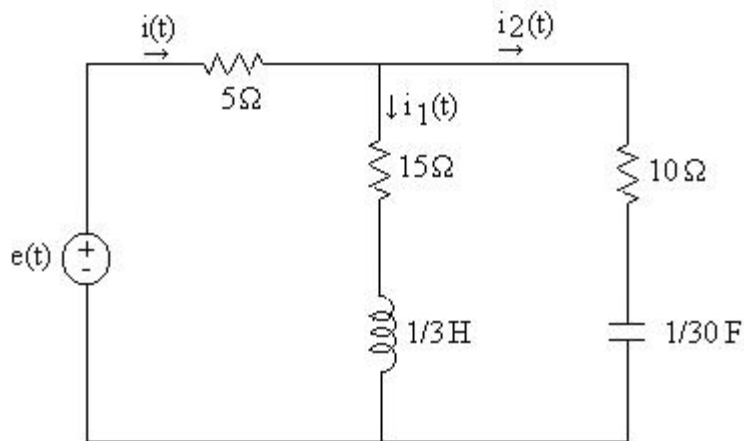


Hình B3.4

Đáp số: $I = 3,64 \text{ A}$; $I_1 = 2,82 \text{ A}$; $I_2 = 4 \text{ A}$

B3.5. Mạch điện **hình B3.5**, với $e(t) = 20 \cos(15t + 20^\circ)$

- a. Viết biểu thức dòng điện $i(t)$, $i_1(t)$, $i_2(t)$
- b. Viết biểu thức điện áp $u_{R1}(t)$, $u_L(t)$, $u_C(t)$

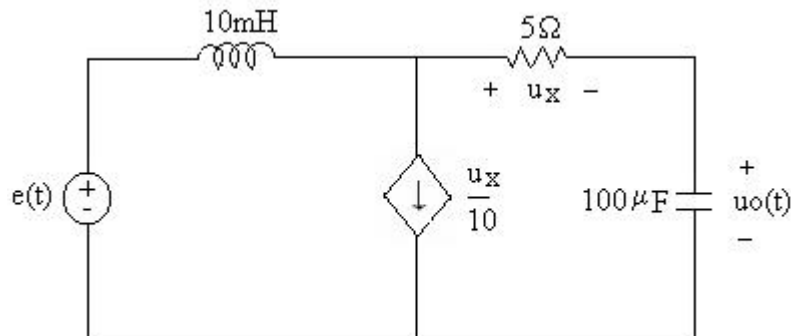


Hình B3.5

Đáp số:

- a. $i(t) = 1,75 \cos(15t + 19,67^\circ)$; $i_1(t) = 0,71 \cos(15t + 1,7^\circ)$; $i_2(t) = 1,1 \cos(15t + 31,44^\circ)$.
- b. $u_{R1}(t) = 8,75 \cos(15t + 19,67^\circ)$; $u_L(t) = 3,55 \cos(15t + 91,7^\circ)$; $u_C(t) = 2,2 \cos(15t + 56,56^\circ)$.

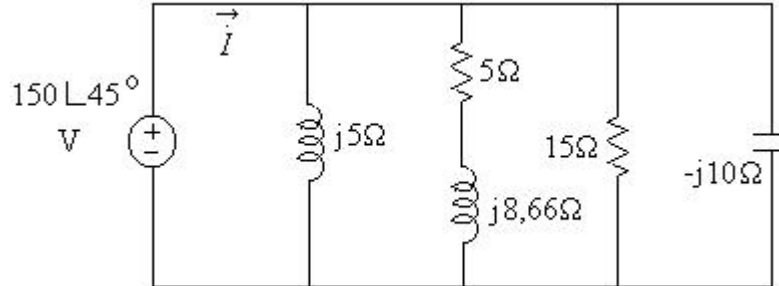
B3.6. Tìm điện áp $u_o(t)$ của mạch điện **hình B3.6** với $e(t) = 20 \cos 1000t \text{ (V)}$



Hình B3.6

Đáp số: $u_o(t) = 20\sqrt{2} \cos(1000t - 135^\circ)$ (V)

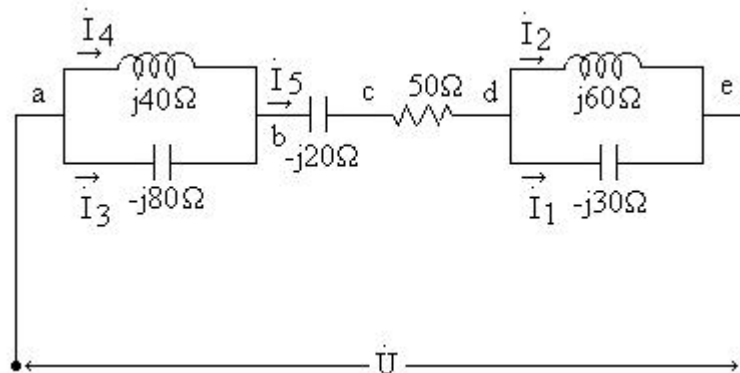
B3.7. Mạch điện *hình B3.7*, tính dòng điện \vec{I} và trở kháng của mạch



Hình B3.7

Đáp số: $\vec{I} = 33\angle -13^\circ$ A; $Z = 4,45\angle 58^\circ$ Ω

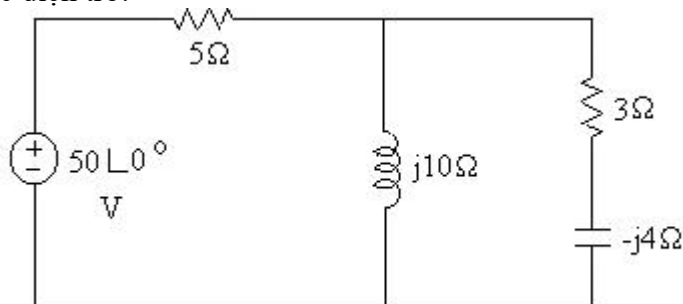
B3.8. Trên mạch điện *hình B3.8* cho $u(t) = 100 \sin \omega t$ (V). Xác định hiệu dụng phức các dòng điện nhánh.



Hình B3.8

Đáp số: $\vec{I}_1 = 2\sqrt{2}$ A; $\vec{I}_2 = -\sqrt{2}$ A; $\vec{I}_3 = -\sqrt{2}$ A; $\vec{I}_4 = 2\sqrt{2}$ A; $\vec{I}_5 = \sqrt{2}$ A

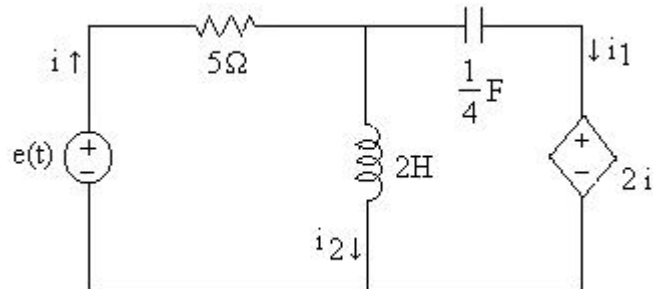
B3.8. Cho mạch điện *hình B3.9* với $E = 50\angle 0^\circ$ (V). Xác định công suất phát ra bởi nguồn và công suất tiêu tán trên các điện trở.



Hình B3.9

Đáp án: $P_f = 198 \text{ W}$; $P_{5\Omega} = 85 \text{ W}$; $P_{3\Omega} = 113 \text{ W}$

B3.10. Mạch điện hình B3.10, cho $e(t) = 10 \cos t \text{ (V)}$. Tính $i(t)$, $i_1(t)$, $i_2(t)$ và công suất tác dụng, công suất phản kháng của nguồn.



Hình B3.10

Đáp số: $i(t) = 2 \cos(t - 53^\circ 13) \text{ (A)}$; $i_1(t) = 2,83 \cos(t + 171^\circ 87) \text{ (A)}$;
 $i_2(t) = 4,47 \cos(t - 26^\circ 57) \text{ (A)}$; $P_f = 6 \text{ W}$; $Q_f = 8 \text{ VAr}$

CHƯƠNG 4

MẠCH BA PHA

4.1. MẠCH NHIỀU PHA VÀ BA PHA

Khái niệm về mạch điện nhiều pha, ta giả thuyết rằng trong từ trường được tạo nên do sự quay của nam châm hai cực của máy phát (**hình 6.1**), có đặt hai cuộn dây ở các vị trí rãnh thích hợp. Hai cuộn dây đặt dọc theo vòng tạo nên một góc α .

Đầu và cuối cuộn thứ nhất lần lượt được ký hiệu là 1 và 1'; đầu và cuối cuộn thứ hai lần lượt là 2 và 2'.

Giả sử nam châm được chế tạo sao cho phân bố cảm ứng từ dọc theo mạch có dạng hình sin thì trong cuộn dây 1 sẽ cảm ứng sức điện động:

$$e_1 = E_{1m} \sin(\omega t + \Psi) \quad (6.1)$$

và trong cuộn dây thứ 2:

$$e_2 = E_{2m} \sin(\omega t + \Psi - \alpha) \quad (6.2)$$

Trong đó Ψ là góc pha ban đầu của sức điện động e_1 tại thời điểm $t = 0$, thông thường chấp nhận giá trị ban đầu bằng không, do đó:

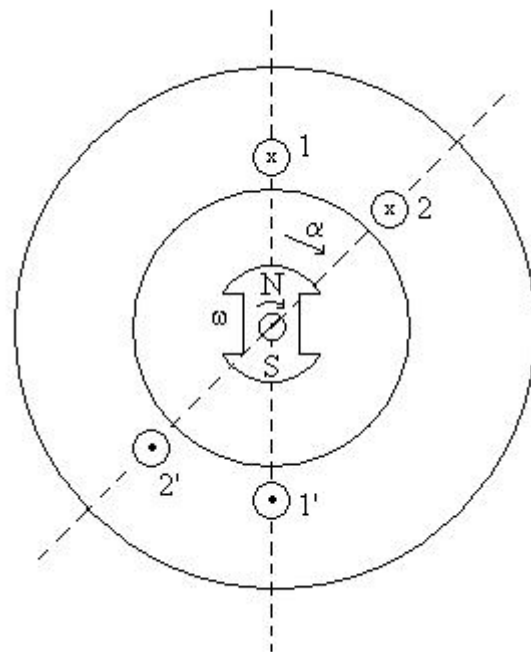
$$e_1 = E_{1m} \sin \omega t$$

$$e_2 = E_{2m} \sin(\omega t - \alpha)$$

Ta thấy rằng cả 2 sức điện động này có cùng tần số góc (hoặc f), chúng chỉ khác nhau góc dịch pha α .

Giá trị biên độ và giá trị hiệu dụng của sức điện động cảm ứng E_{1m}, E_{2m} , tỉ lệ với số vòng dây quấn trên máy phát. Nếu số vòng dây là như nhau, thì sức điện động cảm ứng có biên độ và trị hiệu dụng như nhau.

Các cuộn dây có thể được sử dụng riêng rẽ như mỗi nguồn độc lập để cung cấp năng lượng cho các phụ tải điện. Mỗi nguồn kết hợp với phụ tải có thể tạo nên những mạch điện riêng biệt. Do đó, máy phát điện có nhiều pha khác nhau gọi là máy phát điện nhiều pha.



Hình 6.1. Hai cuộn dây của máy phát tạo nên 1 góc α

Số pha của máy phát có thể là 2, 3 hoặc nhiều hơn, nhưng loại máy phát được sử dụng phổ biến là máy phát 3 pha. Máy phát điện nhiều pha được gọi là đối xứng khi điện áp hiệu dụng của mỗi pha bằng nhau, còn quá trình thời gian sai khác nhau một góc pha như nhau.

Trường hợp máy phát đối xứng có số pha là m , các cuộn dây được chế tạo như nhau và được đặt đối xứng, sao cho góc dịch pha của các điện áp kế tiếp nhau có giá trị là $[K.2\pi/m]$; với K là số tự nhiên ($K \leq m$) biểu thị bậc đối xứng, thường người ta dùng đối xứng bậc nhất tương ứng với giá trị của $K = 1$. Vì vậy, trong mạch có đối xứng bậc nhất, các pha kế nhau khác nhau một góc bằng $2\pi/m$.

Phụ tải được cấp nguồn từ máy phát nhiều pha gọi là mạch điện nhiều pha mà phổ biến là mạch điện 3 pha đối xứng, trong mạch này góc dịch pha (lệch pha) giữa các điện áp kế nhau là $2\pi/3$ (tức 120°).

Các pha trong mạch ba pha lần lượt được ký hiệu là A, B, C hay a, b, c. Điện áp tương ứng trên mỗi pha khi xác định pha A có dạng như sau:

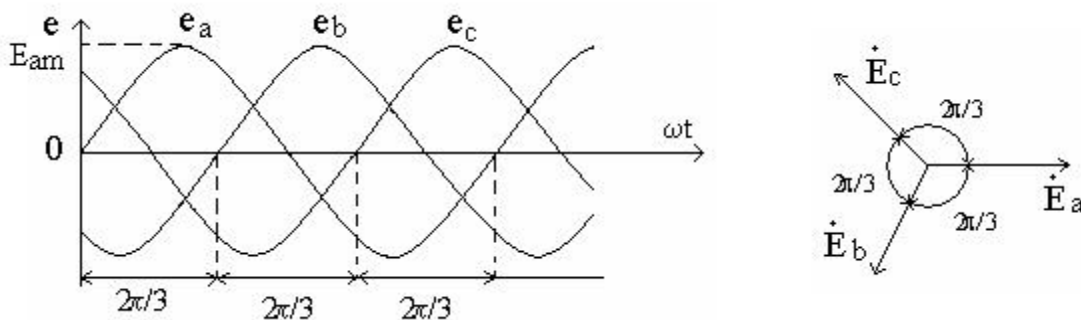
$$\begin{aligned} e_a &= E_{pm} \sin(\omega t + \varphi) \\ e_b &= E_{pm} \sin(\omega t + \varphi - 2\pi/3) \\ e_c &= E_{pm} \sin(\omega t + \varphi - 4\pi/3) \end{aligned} \quad (6.3)$$

Trong đó: E_{pm} là biên độ điện áp mỗi pha, φ là góc pha ban đầu của pha A; thường chọn $\varphi = 0$. Các chỉ số pha chúng ta sẽ ký hiệu các ký tự a, b, c. Nếu biểu diễn bằng phương pháp biên độ phức, ta có vectơ phức điện áp pha lần lượt là:

$$\begin{aligned} \dot{E}_a &= E_p e^{j\varphi} \\ \dot{E}_b &= E_p e^{j(\varphi - \frac{2\pi}{3})} = \dot{E}_a e^{-j(\frac{2\pi}{3})} = \dot{E}_a \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \\ \dot{E}_c &= E_p e^{j(\varphi - \frac{4\pi}{3})} = \dot{E}_a e^{-j(\frac{4\pi}{3})} = \dot{E}_a \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \end{aligned} \quad (6.4)$$

Thông thường chọn pha ban đầu $\varphi = 0$

Trong mạch điện 3 pha mà trong đó mỗi pha được dùng như là một nguồn áp độc lập cung cấp cho các tải được gọi là mạch 3 pha không kết nối. Mạch đó được biểu diễn trên **hình 6.2**.



Hình 6.2. Dạng sóng và đồ thị vectơ nguồn 3 pha.

dây dẫn không cần thiết để nối nguồn và tải. Có thể thấy rằng, với 2 mạch điện bất kỳ có thể nối

M
ach
khôn
g kết
nối
khôn
g
được
dùng
phổ
biến
do có
nhiều

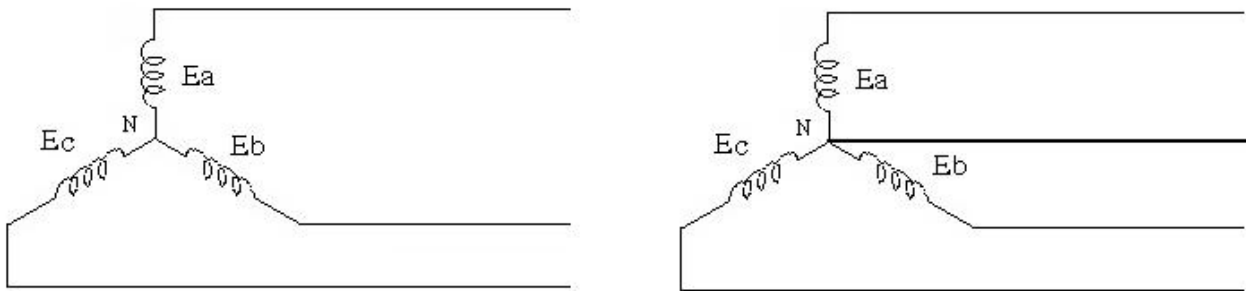
với nhau tại 1 điểm mà không gây nên sự thay đổi nào về dòng điện và điện áp trong mạch, điều đó cho phép ghép nối mạch ba pha với số dây dẫn ít hơn. Mạch 3 pha thường được ghép nối theo 2 kiểu phổ biến là kiểu sao (Y) và kiểu tam giác (Δ).

4.2. GHÉP NỐI MẠCH BA PHA

Các đầu cuối của 3 cuộn dây máy phát A_c, B_c, C_c nối lại với nhau, ta sẽ có hệ thống nguồn nối sao. Từ các đầu dây A_d, B_d, C_d có thể nối độc lập đến tải. Ba dây dẫn xuất phát từ A_c, B_c, C_c có thể thay thế bằng một dây dẫn hoặc có thể bỏ đi. Khi đó ta có sơ đồ mạch nối sao 3 dây hay 4 dây (*hình 6.3*).

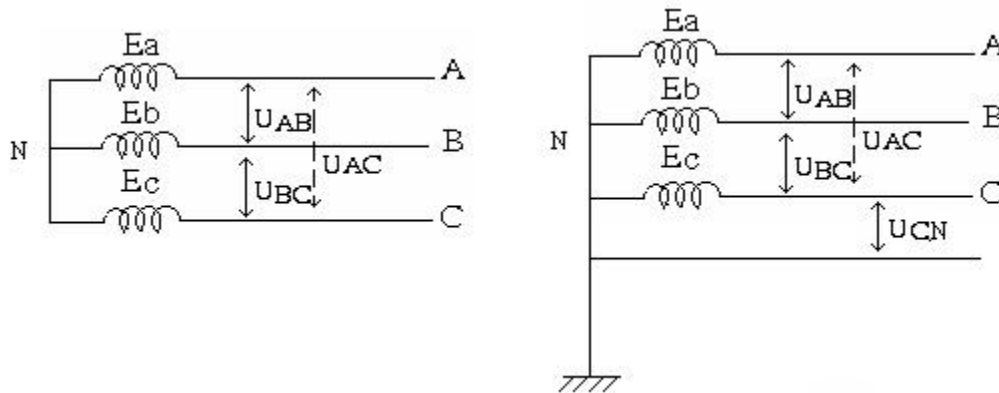
Ngoài ra, người ta cũng có thể biểu diễn kiểu ghép này theo hình vẽ khác như *hình 6.4*

Điểm chung để nối các đầu dây 3 pha của máy phát được gọi là điểm trung tính nguồn. Trong mạch 4 dây và đôi khi trong mạch nối sao 3 dây điểm này được nối đất. Khi đó, điện thế của điểm này bằng điện thế của đất.



Hình 6.3. Nối sao 3 dây và 4 dây

Dây dẫn nối từ điểm trung tính được gọi là dây trung tính của mạch. Ba dây còn lại là 3 dây pha. Trong mạch nối sao ta có 3 điện áp, mỗi điện áp được xác định giữa 2 dây khác nhau, lần lượt là U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} . Trong mạch 4 dây, ta phân biệt điện áp giữa 2 dây pha và điện áp giữa 1 dây pha và dây trung tính.



Hình 6.4. Nối sao 3 dây và 4 dây

Điện áp giữa 2 dây pha bất kỳ gọi là điện áp dây (U_d). Điện áp giữa 1 dây pha với điểm trung tính được gọi là điện áp pha (U_p). Nếu mạch nối sao không có tải thì các điện áp pha bằng nhau và tương ứng với điện áp nguồn cung cấp của từng pha e_a, e_b, e_c .

Điện áp giữa các pha ký hiệu là U với chỉ số của 2 pha đã cho và biểu diễn như *hình 6.4*.

Ta có:

$$u_{AB} = u_{AN} - u_{BN} \quad (6.5a)$$

$$u_{BC} = u_{BN} - u_{CN} \quad (6.5b)$$

$$u_{CA} = u_{CN} - u_{AN} \quad (6.5c)$$

Nếu các điện áp pha được biểu diễn dưới dạng:

$$u_{AN} = U_{pm} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$u_{BN} = U_{pm} \sin(\omega t + \varphi - 120^\circ)$$

$$u_{CN} = U_{pm} \sin(\omega t + \varphi - 240^\circ)$$

Thì ta sẽ có:

$$u_{AB} = U_{pm} \sin(\omega t + \varphi) - \sin(\omega t + \varphi - 120^\circ)$$

$$= 2U_{pm} \cos(\omega t + \varphi - 60^\circ) \sin 60^\circ$$

$$= \sqrt{3}U_{pm} \sin(\omega t + \varphi + 30^\circ)$$

$$= U_{dm} \sin(\omega t + \varphi + 30^\circ)$$

Tương tự cho các điện áp còn lại:

$$U_{BC} = \sqrt{3}U_{pm} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ) = U_{dm} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ)$$

$$U_{CA} = \sqrt{3}U_{pm} \sin(\omega t + \varphi - 210^\circ) = U_{dm} \sin(\omega t + \varphi - 210^\circ) \quad (6.6)$$

Trong các công thức trên, φ là góc pha ban đầu của pha A. Giá trị $U_{dm} = \sqrt{3}U_{pm}$ là biên độ điện áp giữa các pha lớn hơn biên độ áp pha $\sqrt{3}$ lần.

$$U_{dm} = \sqrt{3}U_{pm} \quad (6.7)$$

Khi chia 2 vế của (6.7) cho $\sqrt{2}$, ta cũng sẽ được quan hệ giữa các giá trị hiệu dụng của điện áp dây và điện áp pha:

$$U_d = \sqrt{3}U_p \quad (6.8)$$

Trong thực tế, hệ thống 4 dây có điện áp pha 220V được sử dụng phổ biến hơn cả. Điện áp dây (giữa các pha) của nó là $U_d = \sqrt{3} \cdot 220 \approx 380V$. Để mô tả hệ thống này người ta thường viết 380/220V. Điều đó có nghĩa là điện áp dây là 380V và điện áp pha là 220V. Nếu điểm trung tính nguồn nối đất thì không có dây dẫn nào có điện áp cao hơn 220V. Do giới hạn trên của điện áp thấp là 250V so với đất, nên hệ thống nối sao có điện áp 380/220V thuộc vào mạch điện áp thấp.

4.3. MẠCH BA PHA NỐI SAO ĐỐI XỨNG BỐN DÂY:

Hệ thống mạch ba pha bốn dây trong mạch có tải được minh họa như **hình 6.5**. Điểm trung bình của nguồn điện áp ta ký hiệu là N còn tải là O.

Nguồn cung cấp được xem là lý tưởng nếu điện áp trên các cực của nó không phụ thuộc vào dòng tải. Điều kiện này sẽ được thỏa mãn khi trở kháng trong của nguồn và trở kháng đường dây từ nguồn đến điểm cung cấp là nhỏ không đáng kể. Khi đó điện áp nguồn sẽ không phụ thuộc vào dòng tải. Ta có:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{AN}}{Z_A}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_{BN}}{Z_B}$$

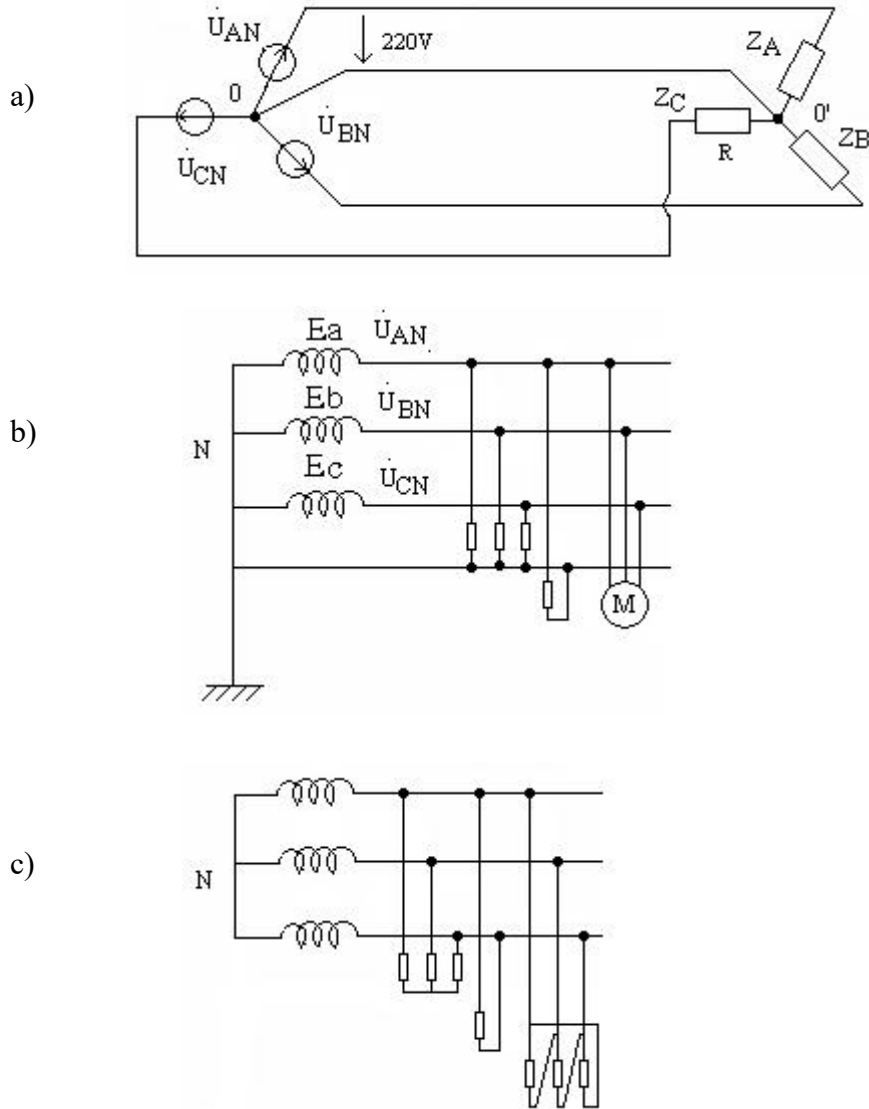
$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{CN}}{Z_C} \quad (6.9)$$

Các dòng điện chạy qua các cuộn dây pha của nguồn được gọi là dòng điện pha nguồn. Tương tự ta có dòng điện pha tải. Dòng điện chạy trong dây dẫn được gọi là dòng điện dây.

Khi mạch đầu nối kiểu hình sao, dòng điện dây bằng dòng điện pha. Dây trung tính sẽ có dòng điện:

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \quad (6.10)$$

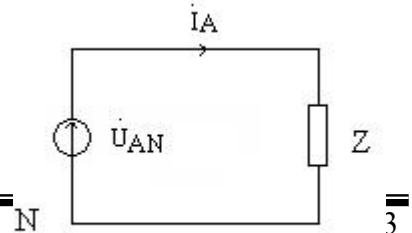
Trường hợp tải đối xứng, tức là trở kháng tải hoàn toàn giống nhau: $Z_A = Z_B = Z_C$, với ký hiệu Z không cần chỉ số bên cạnh. Khi đó dòng điện trong các pha tải sẽ là:



Hình 6.5. a) Hệ thống 4 dây nối sao; b) Hệ thống 4 dây với tải 3 pha và 1 pha; c) Hệ thống 3 dây với tải 3 pha và 2 pha.

$$\begin{aligned}
 \dot{I}_A &= \frac{\dot{U}_{AN}}{Z} \\
 \dot{I}_B &= \frac{\dot{U}_{BN}}{Z} = \frac{\dot{U}_{AN}}{Z} e^{-j120^\circ} = \dot{I}_A e^{-j120^\circ} \\
 \dot{I}_C &= \frac{\dot{U}_{CN}}{Z} = \frac{\dot{U}_{AN}}{Z} e^{j120^\circ} = \dot{I}_A e^{-j240^\circ}
 \end{aligned}
 \tag{6.11}$$

Và dòng điện trên dây trung tính:



Hình 6.6

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A [1 + e^{-j120^\circ} + e^{-j240^\circ}] = 0$$

Theo các phương trình trên, để xác định các dòng điện trong một mạch ba pha đối xứng nối sao, ta chỉ cần xác định giá trị dòng điện của pha A. Và như vậy, dòng điện \dot{I}_A sẽ được tìm từ sơ đồ **hình 6.6**

Phương pháp phân tích mạch ba pha đối xứng nối sao, trong đó chỉ xác định giá trị sau đó suy ra các giá trị ở các pha khác nhau bằng các phương trình **6.11**, được gọi là phương pháp sơ đồ một sợi.

Phương pháp sơ đồ một sợi được xem là phương pháp chủ yếu để phân tích mạch ba pha đối xứng.

Ba tải một pha giống hệt nhau được nối sao và được mắc sao cho có thể đồng thời đóng vào và đồng thời ngắt ra từ một hệ nguồn ba pha, có thể được coi như một tải 3 pha trong hệ thống nối sao. Ta thường gặp trong thực tế các tải 3 pha được nối theo qui tắc đối xứng. Loại tải 3 pha đối xứng phổ biến nhất là động cơ 3 pha.

Hệ thống bốn dây chỉ được dùng trong lĩnh vực điện áp thấp. Các tải 3 pha được nối vào 3 dây pha của hệ thống, còn các tải 1 pha (trong các thiết bị chiếu sáng và gia đình) thì được nối giữa một dây pha và dây trung tính **hình 6.5b**.

Đối với các hệ thống sao ba dây, các tải 3 pha và tải 1 pha được mắc theo sơ đồ **hình 6.5c**

Ví dụ 6.1: Cho hệ thống 3 pha như trên hình 6.5a, biết $\dot{U}_{AN} = 220 \angle 0^\circ$ V và các trở kháng pha

$Z_A = Z_B = Z_C = 17,3 + j10$ (Ω). Xác định các dòng điện trên các dây và trên dây trung tính.

Giải

Theo quan hệ đối xứng, ta chỉ cần xác định giá trị dòng điện pha A:

$$\dot{I}_A = \frac{U_{AN}}{Z_A} = \frac{220 \angle 0^\circ}{17,3 + j10} = \frac{220 \angle 0^\circ}{20 \angle 30^\circ} = 11 \angle -30^\circ A$$

Và do đó:

$$\dot{I}_B = 11 \angle -150^\circ A$$

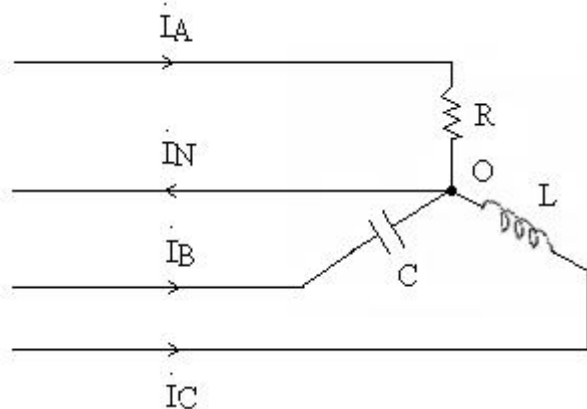
$$\dot{I}_C = 11 \angle 90^\circ A$$

Dòng điện dây trung tính:

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

Trong trường hợp tải bất đối xứng, tức là các giá trị Z_A, Z_B, Z_C không bằng nhau, thì việc phân tích mạch ba pha bốn dây thuần túy chỉ dựa vào các phương pháp phân tích mạch và các định luật Ohm, định luật Kirchhoff dạng phức.

Ví dụ 6.2: Cho một hệ nguồn 3 pha đối xứng 380/220V nối vào một hệ tải như **hình 6.7**.



Hình 6.7

Biết:

$R = \omega L = 1/\omega C = 22\Omega$. Xác định các giá trị dòng điện dây và dòng điện trên dây trung tính.

Giải

Ta có thể viết giá trị các áp pha của nguồn:

$$\dot{U}_{AN} = 220\angle 0^\circ$$

$$\dot{U}_{BN} = 220\angle -120^\circ$$

$$\dot{U}_{CN} = 220\angle 120^\circ$$

Sử dụng các phương trình định luật Ohm dạng phức:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{AN}}{Z_A} = \frac{220\angle 0^\circ}{22} = 10\angle 0^\circ A$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_{BN}}{Z_B} = \frac{220\angle -120^\circ}{j22} = 10\angle -210^\circ A$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{CN}}{Z_C} = \frac{220\angle 120^\circ}{-22j} = 10\angle 210^\circ A$$

Vậy: $\dot{I}_C = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = -7,32A$

4.4. HỆ THỐNG NỐI SAO BA DÂY:

4.4.1. Hệ thống cung cấp nối sao – Tải nối tam giác:

Trong hệ thống nối sao ba dây, các tải được nối đến các điện áp dây: \dot{U}_{AB} , \dot{U}_{BC} , \dot{U}_{CA} được xác định từ:

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_{AN} - \dot{U}_{BN}$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_{BN} - \dot{U}_{CN}$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_{CN} - \dot{U}_{AN}$$

Ở đây ta luôn luôn có:

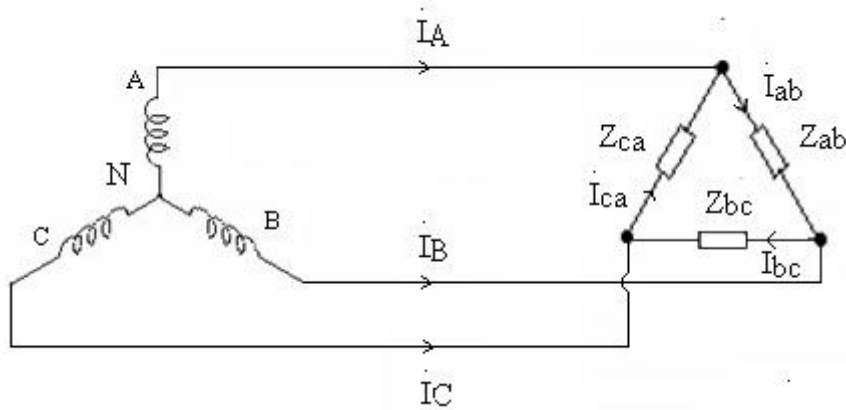
$$\dot{U}_{AB} + \dot{U}_{BC} + \dot{U}_{CA} = 0 \quad (6.12)$$

Các dòng điện pha của tải được xác định bằng cách chia các điện áp dây cho các trở kháng tương ứng:

$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_{ab}}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{bc} &= \frac{\dot{U}_{BC}}{Z_{bc}} \\ \dot{I}_{ca} &= \frac{\dot{U}_{CA}}{Z_{ca}} \end{aligned} \quad (6.13)$$

Chúng bị dịch chuyển so với điện áp \dot{U}_{AB} , \dot{U}_{BC} , \dot{U}_{CA} , một góc bằng các argumen φ_{ab} , φ_{bc} , φ_{ca} của các trở kháng tương ứng Z_{ab} , Z_{bc} , Z_{ca} (**hình 6.8**).



Hình 6.8. Mạch điện 3 pha nguồn nối sao tải nối tam giác

Các dòng điện dây được xác định bởi định luật Kirchoff về dòng điện viết tại các đỉnh của tam giác tải:

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca} \\ \dot{I}_B &= \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab} \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc} \end{aligned} \quad (6.14)$$

Khi hệ thống nguồn cung cấp là đối xứng, thì ta có hệ thống các dòng điện pha và dòng điện dây cũng là các hệ đối xứng.

Ta có:

$$\dot{I}_{ca} = \dot{I}_{ab} e^{j120^\circ}$$

Vậy:

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca} \\ &= \dot{I}_{ab}[1 - e^{j120^\circ}] \\ &= \dot{I}_{ab}[1 - e^{j120^\circ}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \dot{I}_{ab} \left[\frac{3}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right] = \dot{I}_{ab} j\sqrt{3} \left[-\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right] \\
 &= \dot{I}_{ab} j\sqrt{3} e^{-j120^\circ} \\
 &= \dot{I}_{ab} \sqrt{3} e^{-j30^\circ}
 \end{aligned}$$

Cuối cùng, ta được:

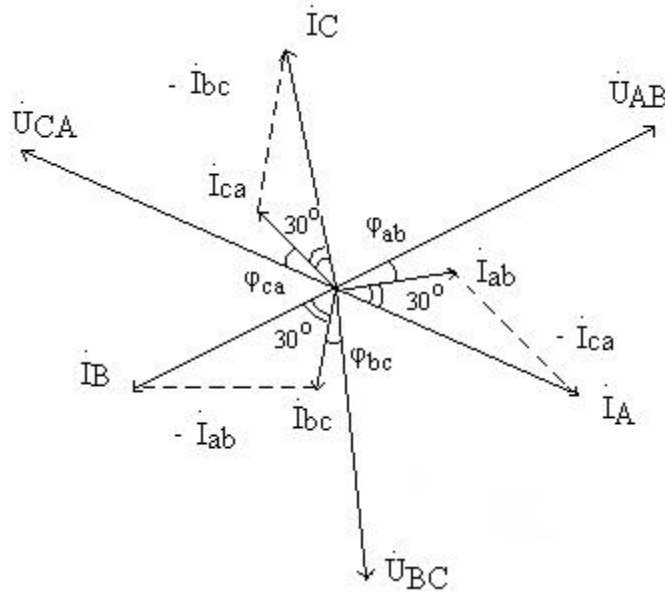
$$\dot{I}_{ab} = \frac{1}{\sqrt{3}} \dot{I}_A e^{j30^\circ} \quad (6.15)$$

Nếu ta gọi trị hiệu dụng của dòng điện pha và dòng điện dây lần lượt là I_p và I_d thì ta có quan hệ:

$$I_d = \sqrt{3} I_p \quad (6.16)$$

Như vậy, trong trường hợp tải đối xứng đầu tam giác, được cung cấp bởi hệ nguồn ba pha đối xứng, thì điện áp của tải sẽ bằng điện áp dây, còn dòng điện pha của tải nhỏ hơn dòng điện dây $\sqrt{3}$ lần.

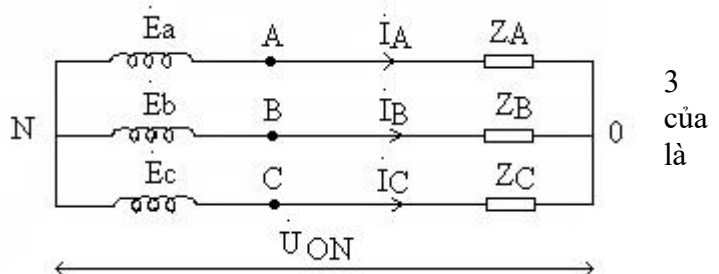
Đồ thị vector của dòng được mô tả trên **hình 6.9**



Hình 6.9. Đồ thị vector trường hợp tải đối xứng, nối tam giác

4.4.2. Hệ thống 3 pha – Tải nối sao:

Trên **hình 6.10** là hệ thống nối sao đây. Điểm trung tính của nguồn là N và tải là O. Trở kháng tải các pha lần lượt Z_A , Z_B và Z_C



Khi sử dụng phương pháp điện thế đỉnh ta sẽ nhận được một phương trình một biến, đó là điện áp \dot{U}_{ON} , điện áp giữa điểm trung tính tải và trung tính nguồn.

$$\dot{U}_{ON} = \frac{Y_A \dot{E}_a + Y_B \dot{E}_b + Y_C \dot{E}_c}{Y_A + Y_B + Y_C} \quad (6.17)$$

Trong đó:

$Y_A = \frac{1}{Z_A}$, $Y_B = \frac{1}{Z_B}$, $Y_C = \frac{1}{Z_C}$, bỏ qua trở kháng của nguồn và của dây dẫn từ nguồn đến tải.

Dòng điện trong các pha, đồng thời cũng là dòng điện dây, được xác định theo:

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= Y_A (\dot{E}_a - \dot{U}_{ON}) \\ \dot{I}_B &= Y_B (\dot{E}_b - \dot{U}_{ON}) \\ \dot{I}_C &= Y_C (\dot{E}_c - \dot{U}_{ON}) \end{aligned} \quad (6.18)$$

Điện áp trên các pha của tải:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{AO} &= Z_A \dot{I}_A \\ \dot{U}_{BO} &= Z_B \dot{I}_B \\ \dot{U}_{CO} &= Z_C \dot{I}_C \end{aligned} \quad (6.19)$$

Các công thức (6.17), (6.18), (6.19) là nội dung của phương pháp phân tích mạch 3 pha bất đối xứng có tải và nguồn nối sao, được gọi là phương pháp dịch chuyển điểm trung tính. Mục đích của phương pháp này là để khảo sát một mạch 3 pha 3 dây nối sao, cần tìm độ dịch chuyển về điện áp của điểm trung tính tải so với điểm trung tính của nguồn trước, sau đó dựa vào giá trị này, ta sẽ suy ra được các đại lượng áp và dòng trên tải.

Khi tải 3 pha đối xứng, ta có $Y_A = Y_B = Y_C = Y$

Ta sẽ có:

$$\dot{U}_{ON} = \frac{Y(\dot{E}_a + \dot{E}_b + \dot{E}_c)}{3Y} = 0 \quad (6.20)$$

Và:

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= Y \dot{E}_a = \frac{\dot{E}_a}{Z_A} \\ \dot{I}_B &= Y \dot{E}_b = \frac{\dot{E}_b}{Z_B} \end{aligned}$$

$$\dot{I}_C = Y \dot{E}_c = \frac{\dot{E}_c}{Z_C} \quad (6.21)$$

Vậy ta thấy:

- Điện thế điểm trung tính tải O, khi tải đối xứng nối sao, sẽ bằng điện thế điểm trung tính nguồn N, khi nguồn 3 pha là đối xứng nối sao.

- Dòng điện trong các pha của hệ thống nối sao đối xứng được xác định bằng tích của điện áp nguồn với dẫn nạp pha tương ứng Y, hoặc bằng tỉ số của điện áp nguồn với trở kháng pha tương ứng.

- Nếu không có điểm trung tính của nguồn, ta hoàn toàn có thể tạo ra điểm trung tính nhân tạo, ví dụ như 3 điện trở, điện cảm hay điện dung giống nhau nối sao. Thông thường điểm trung tính nhân tạo được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống đo và an toàn.

4.5. HỆ THỐNG NGUỒN TAM GIÁC – TẢI NỐI TAM GIÁC HOẶC SAO

Nguồn áp 3 pha đối xứng có thể nối kiểu tam giác, bởi vì tổng điện áp bằng không và trong mạch tam giác đóng kín không có dòng. Trên **hình 6.11** là hệ thống nguồn nối tam giác và tải nối tam giác.

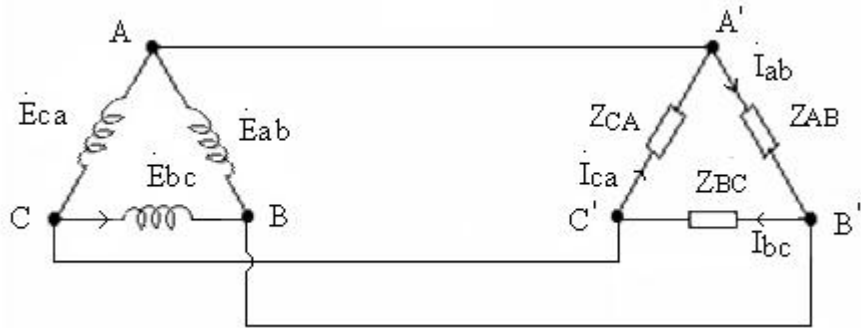
Nếu nguồn áp là tương và trở kháng dẫn có thể bỏ qua, thì

dòng pha của tải: I_{ab} , được tính bằng tỉ số giữa điện áp dây

$$\dot{U}_{AB} (= \dot{E}_{ab}) \quad ,$$

$$\dot{U}_{BC} (= \dot{E}_{bc}) \quad ,$$

$\dot{U}_{CA} (= \dot{E}_{ca})$ với các kháng tương ứng Z_{AB} , Z_{BC} , Z_{CA} .



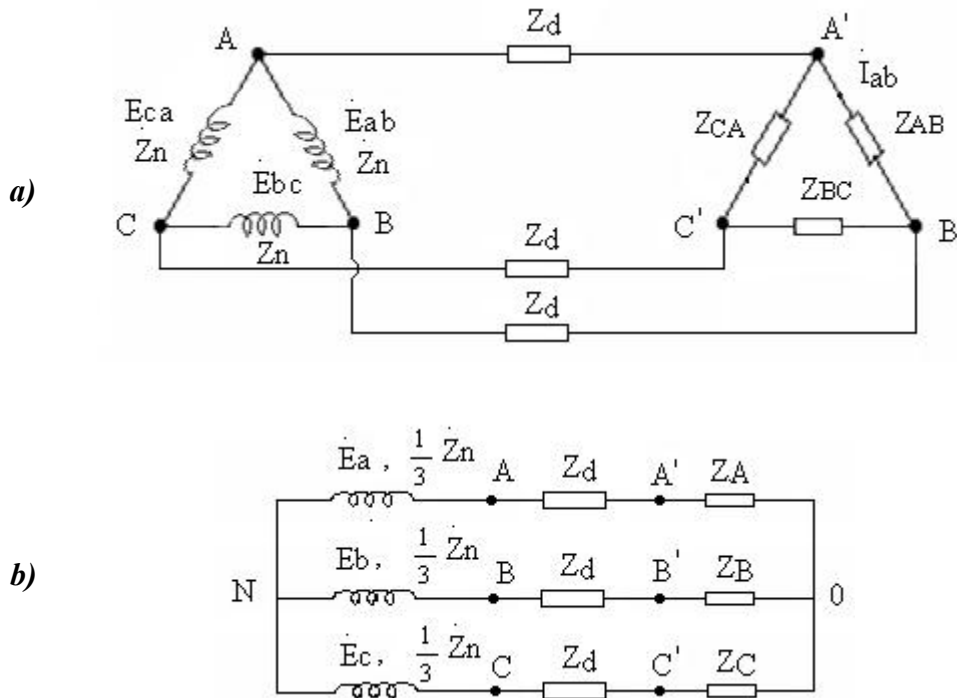
lý
dây
các
 I_{bc} ,

Hình 6.11. Hệ thống nguồn và tải nối tam giác

trở
 Z_{BC} ,

Trong trường hợp nguồn thực tế có trở kháng Z_n và các dây dẫn có trở kháng Z_d khác không, thì việc tính toán các dòng điện cần phải xây dựng hệ phương trình dòng mắc lưới có 3 phương trình **hình 6.12a**. Một phương pháp đơn giản hơn đó là biến đổi các mạch tam giác nguồn và tải trở về mạch tương đương hình sao.

Tam giác điện áp dây trong trường hợp đối xứng là tam giác đều. Các vectơ điện áp pha của hệ thống sao tương đương có đuôi là các đỉnh của tam giác điện áp. Điểm trung tính của hệ thống điện áp pha nối sao có thể chọn bất kỳ, khi chọn nó là tâm điểm của tam giác điện áp dây thì ta sẽ có hệ thống nối sao đối xứng tương đương. Điện áp nguồn của nó như trên **hình 6.12b**.



Hình 6.12. a) Hệ thống nguồn tải tam giác thực
b) Hệ thống sao tương đương

Ta có:

$$\begin{aligned}\dot{E}_a &= \frac{\dot{E}_{ab}}{\sqrt{3}} e^{-j30^\circ} \\ \dot{E}_b &= \frac{\dot{E}_{bc}}{\sqrt{3}} e^{-j30^\circ} \\ \dot{E}_c &= \frac{\dot{E}_{ca}}{\sqrt{3}} e^{-j30^\circ}\end{aligned}\quad (6.22)$$

Trở kháng trong của nguồn sao đối xứng tương đương là $\frac{Z_n}{3}$. Như vậy, ta đã chuyển hệ thống nối tam giác về hệ thống nối sao mà việc phân tích dựa vào độ dịch chuyển điểm trung tính.

Khi đã xác định được các điện áp dây tại các điểm A, B, C và A', B', C' thì ta có thể tính các dòng điện pha và dòng điện dây.

Nếu tải đã cho là đối xứng, tức là $Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA} = Z$ thì trở kháng mỗi pha của mạch sao là. Dựa theo sơ đồ hình thì dòng điện dây có thể tính:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_a}{\frac{Z_n}{3} + Z_d + \frac{Z}{3}} = \frac{3\dot{E}_a}{Z_n + 3Z_d + Z} \quad (6.23)$$

Các dòng điện \dot{I}_B, \dot{I}_C được tính theo cách tương tự khi thay \dot{E}_a bằng \dot{E}_b và \dot{E}_c và ta cũng có:

$$\begin{aligned}\dot{I}_B &= \dot{I}_A e^{-j120^\circ} \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_A e^{-j240^\circ}\end{aligned}$$

Khi để ý rằng: $\dot{E}_a = \frac{\dot{E}_{ab}}{\sqrt{3}} e^{-j30^\circ}$; $\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{I}_A}{\sqrt{3}} e^{j30^\circ}$, ta được:

$$\dot{I}_A = \frac{\sqrt{3} \dot{E}_{ab} e^{-j30^\circ}}{Z_n + 3Z_d + Z}$$

Và:
$$\dot{I}_A = \frac{\sqrt{3} \dot{I}_{ab}}{e^{j30^\circ}} = \sqrt{3} \dot{I}_{ab} e^{-j30^\circ}$$

Nên:
$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{E}_{ab}}{Z_n + 3Z + Z}$$

$$\dot{I}_{bc} = \frac{\dot{E}_{bc}}{Z_n + 3Z + Z}$$

$$\dot{I}_{ca} = \frac{\dot{E}_{ca}}{Z_n + 3Z + Z} \quad (6.24)$$

4.6. CÔNG SUẤT TÁC DỤNG TRONG MẠCH BA PHA – ĐO CÔNG SUẤT

Xét một hệ thống 3 pha bốn dây như **hình 6.13**. Ta có công suất tức thời nhận được trên tải được tính:

$$p(t) = u_{AN} i_A + u_{BN} i_B + u_{CN} i_C$$

Công suất tác dụng được xác định bởi:

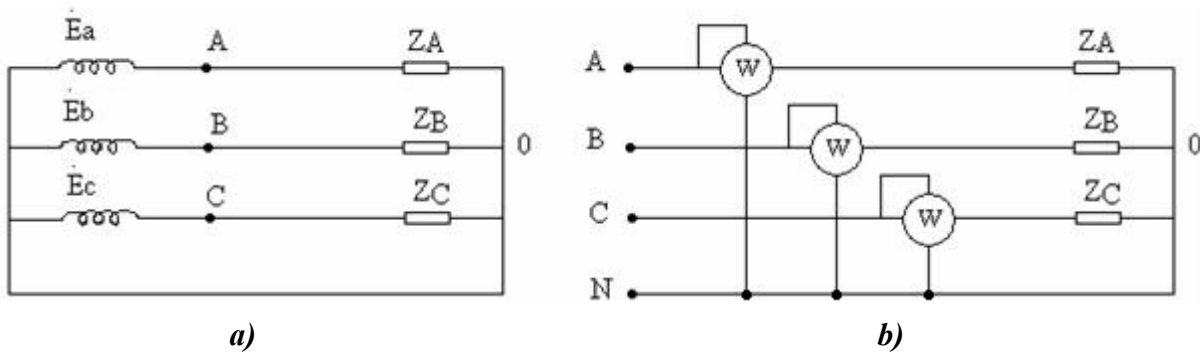
$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = U_{AN} I_A \cos \varphi_A + U_{BN} I_B \cos \varphi_B + U_{CN} I_C \cos \varphi_C \quad (6.25)$$

Trong đó: U_{AN} , U_{BN} , U_{CN} là các giá trị hiệu dụng của các điện áp pha; I_A , I_B , I_C là các giá trị hiệu dụng của dòng điện pha, và φ_A , φ_B , φ_C là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện trên.

Công thức (6.25) có thể viết lại dưới dạng:

$$P = P_A + P_B + P_C \quad (6.26)$$

Công suất tác dụng trên tải 3 pha bằng tổng công suất tác dụng trên mỗi tải pha.



Hình 6.13. a) Sơ đồ 3 pha 4 dây; b) Đo công suất với 3 wattmeter

Trong trường hợp nguồn và tải đối xứng, tất cả các điện áp pha có giá trị hiệu dụng như nhau:

$$U_p = U_{AN} = U_{BN} = U_{CN}$$

Các dòng điện pha:

$$I_p = I_A = I_B = I_C$$

Đồng thời các lệch pha của điện áp và dòng điện cũng như nhau: $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C$. Khi đó, công thức (6.25) viết lại như sau:

$$P = 3U_p I_p \cos \varphi_p \quad (6.27)$$

Vậy để đo công suất tác dụng trong hệ thống 3 pha 4 dây, người ta cần có 3 wattmeter, chúng được nối như **hình 6.13b** và do đó người ta gọi phương pháp đo công suất dạng này là đo công suất ba wattmeter.

Mỗi wattmeter đo công suất tác dụng của mỗi pha tải. Nếu nguồn và tải đều đối xứng, chỉ số trên các meter là như nhau, khi đó ta chỉ cần đo công suất của 1 pha rồi nhân giá trị đó với 3.

Công suất tức thời trong hệ thống 3 pha đối xứng 3 hoặc 4 dây không kể là nối sao hay tam giác. Trong các hệ thống 3 pha, việc đo điện áp và dòng điện dây thì dễ dàng nhưng khó khăn khi đo các điện áp và dòng điện pha. Ví dụ khi không có điểm trung tính của các cuộn dây của máy phát hay động cơ nối sao hoặc không có cuộn dây pha trong trường hợp nối tam giác. Dựa trên công thức (6.27) với các loại nối:

Sao	Tam giác
$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$	$U_p = U_d$
$I_p = I_d$	$I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$

Sẽ đưa đến một công thức phổ biến để tính công suất tác dụng trong hệ thống 3 pha đối xứng:

$$P = \sqrt{3}U_d I_d \cos \varphi \quad (6.28)$$

Trong đó: U_d điện áp dây hiệu dụng; I_d dòng điện dây hiệu dụng; φ : góc lệch pha của điện áp và dòng điện.

Công suất tác dụng trong hệ thống 3 pha đối xứng bằng tích của điện áp dây, dòng điện dây nhân với hệ số $\sqrt{3}$ và \cos của góc lệch pha giữa điện áp pha và dòng điện pha, được gọi là hệ số công suất.

Hệ số công suất thường được cho trong các bảng đối với các tải đã biết, mặt khác nó có thể được xác định trong phòng thí nghiệm.

Trên các nhãn của động cơ thường cho trước các công suất sử dụng P_{sd} hoặc hiệu suất η . Khi đó công suất nhận có dạng:

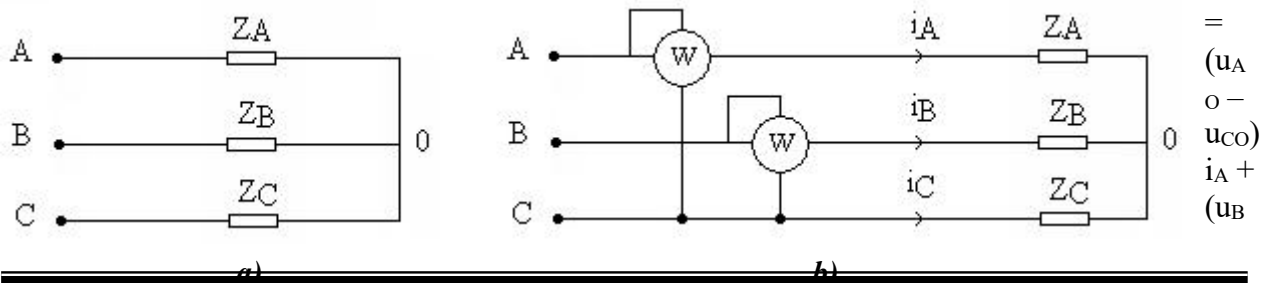
$$P_{sd} = \eta P = \eta \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi \quad (6.29)$$

Trong trường hợp tải không đối xứng, người ta không dùng công thức nào khác ngoài tổng công suất tác dụng của mỗi pha.

Công suất trong mỗi hệ thống 3 pha 4 dây được đo bằng 3 wattmeter như trên **hình 6.13b** Các cuộn dòng của wattmeter được nối tiếp với các dây pha, còn cuộn áp được nối giữa dây pha và dây trung tính. Mỗi wattmeter đo công suất của mỗi pha. Nếu hệ thống 3 pha là đối xứng, chỉ số các wattmeter là như nhau, do đó có thể dùng 1 wattmeter và lấy kết quả nhân với 3.

Xét hệ thống 3 pha như trên **hình 6.14a**. Lưu ý rằng: $i_A + i_B + i_C = 0$ nên ta có biểu thức công suất tức thời nhận được trên tải:

$$p(t) = u_{AO}i_A + u_{BO}i_B - u_{CO}i_A - u_{CO}i_B$$



Hình 6.14. a) Hệ thống 3 pha 3 dây; b) Sơ đồ đo công suất

$$0 - u_{CO})i_B \quad (6.30)$$

Trong đó:

i_A, i_B, i_C : giá trị tức thời của các dòng điện dây.

u_{AO}, u_{BO}, u_{CO} : giá trị tức thời các điện áp pha của tải trên **hình 6.14a**, hoặc là điện áp pha của hệ thống nối sao tương đương, khi tải nối tam giác.

4.7. CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG, CÔNG SUẤT BIỂU KIẾN VÀ CÔNG SUẤT PHỨC TRONG MẠCH ĐIỆN 3 PHA

Công suất phản kháng được phát ra từ nguồn 3 pha bất kỳ sẽ bằng công suất phản kháng nhận được của tải 3 pha, chính bằng tổng các công suất phản kháng của mỗi pha.

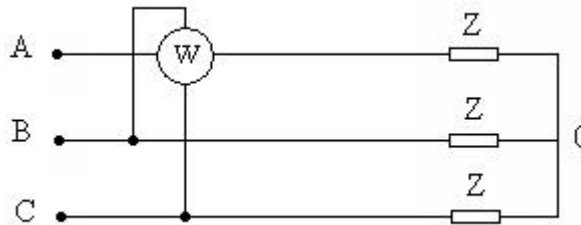
Nếu 1 tải hay nhiều tải trong hệ thống 3 pha được biểu diễn bằng một hệ thống trở kháng tương đương thì công suất phản kháng của nó:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = U_{AO}I_A \sin\varphi_A + U_{BO}I_B \sin\varphi_B + U_{CO}I_C \sin\varphi_C \quad (6.31)$$

Trong trường hợp đối xứng:

$$Q = 3U_p I_p \sin\varphi_p = \sqrt{3} U_d I_d \sin\varphi \quad (6.32)$$

Công suất phản kháng của tải 3 pha đối xứng có thể được đo bằng 1 wattmeter được nối như **hình 6.15**. Cuộn dòng của wattmeter được nối vào 1 dây pha bất kỳ, còn cuộn áp thì được nối vào điện áp dây của 2 pha còn lại.



Hình 6.15. Đo công suất phản kháng tải 3 pha đối xứng bằng 1 wattmeter

Công suất phức của hệ thống 3 pha bằng tổng công suất phức của mỗi pha:

$$S = S_A + S_B + S_C$$

$$S = P_A + P_B + P_C + j(Q_A + Q_B + Q_C) \quad (6.33)$$

Công suất biểu kiến của nguồn hoặc của tải một pha là tích các trị hiệu dụng của áp và dòng:

$$|S| = UI \quad \text{do}$$

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Các công suất biểu kiến của mỗi pha:

$$|S_A| = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2}; \quad |S_B| = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2}; \quad |S_C| = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2}$$

Công suất biểu kiến của hệ thống 3 pha:

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(P_A + P_B + P_C)^2 + (Q_A + Q_B + Q_C)^2} \quad (6.34)$$

Công suất biểu kiến có ý nghĩa thực tế trong trường hợp đối xứng.

$$|S| = 3U_p I_p = \sqrt{3}U_d I_d \quad (6.35)$$

Nó thường được cho trước trên các thông số của máy phát hay máy biến áp.

Hệ số công suất của hệ thống 3 pha:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}U_d I_d} = \frac{P}{|S|} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (6.36)$$

Rõ ràng, khi hệ số công suất càng nhỏ thì công suất tác dụng được tính càng nhỏ:

$$P = |S| \cos \varphi \quad (6.37)$$

Nguyên nhân gây ra hệ số công suất nhỏ là do các động cơ điện không đủ tải, và như vậy, vấn đề hiệu chỉnh hệ số công suất trong mạch 3 pha có ý nghĩa thực tế rất lớn.

Để điều chỉnh hệ số công suất người ta dùng các bộ tụ điện 3 pha, gồm có các điện dung C nối tam giác khi các điện áp dây không vượt qua 1KV, hoặc nối sao khi điện áp dây lớn hơn 1KV (**hình 6.16**)

Công suất phản kháng Q_k của bộ tụ điện cần để hiệu chỉnh hệ số công suất từ giá trị $\cos \varphi$ đến giá trị $\cos \varphi_t$ với một công suất tác dụng đã cho được tính theo công thức:

$$Q_k = P(\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_t)$$

Mặt khác, công suất phản kháng của bộ tụ ở điện áp U_k trong mỗi pha:

$$Q_k = 3U_k^2 \omega C$$

Từ đó, ta có thể tìm ra điện dung C của bộ tụ điện mỗi pha:

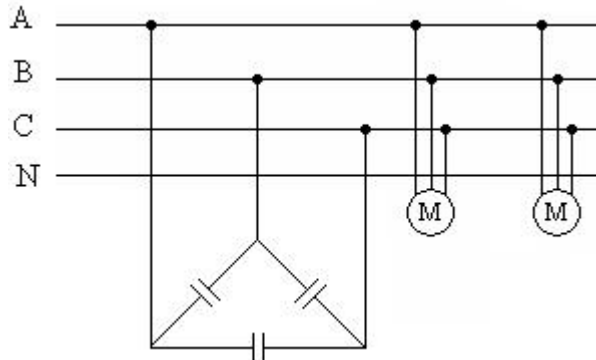
$$C = \frac{Q_k}{3U_k^2 \omega} \quad (6.38)$$

Trong đó: $U_k = U_d$ trong trường hợp nối tam giác và $U_k = U_p$ trong trường hợp nối sao.

Trên **hình 6.16** là mạch dùng để hiệu chỉnh hệ số công suất khi điện áp thấp. Các bộ tụ điện trong mỗi pha được biểu diễn bởi một tụ điện có điện dung C, mặc dù về mặt kỹ thuật có thể có nghĩa tụ được tạo nên do nhiều tụ bé hơn nối song song hoặc nối tiếp.

Ví dụ 6.3: Cho mạng điện 3 pha điện áp 380/220V, có nối một động cơ công suất $P = 10\text{KW}$, hiệu suất $\eta_1 = 0,83$ và 10 động cơ, mỗi động cơ có công suất $P = 1,5\text{KW}$, hiệu suất $\eta_2 = 0,8$ và hệ số công suất $\cos \varphi_2 = 0,76$. Cần có công suất phản kháng của bộ tụ điện là bao nhiêu để có hệ số công suất tổng hợp là $\cos \varphi_t = 0,9$.

Giải



Hình 6.16. Mạch hiệu chỉnh hệ số công suất trong mạch 3 pha điện áp thấp

Công suất tác dụng phát ra từ mạng:

$$P_1 = 10/0,85 = 11,76\text{KW với } \cos\varphi_1 = 0,83$$

$$\text{tg}\varphi_1 = 0,672$$

$$P_2 = 10. 1,5/0,8 = 18,75\text{KW với } \cos\varphi_2 = 0,76$$

$$\text{tg}\varphi_2 = 0,854$$

Vậy: $P = P_1 + P_2 = 30,5\text{KW}$

Công suất phản kháng:

$$Q_1 = P_1 \text{tg}\varphi_1 = 11,76 . 0,672 = 7,9 \text{ KVAr}$$

$$Q_2 = P_2 \text{tg}\varphi_2 = 18,75 . 0,854 = 16 \text{ KVAr}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 23,9\text{KVAR}$$

Giá trị cần thiết của hệ số công suất $\cos\varphi_t = 0,9$ (tức là $\text{tg}\varphi_t = 0,484$) tương ứng với công suất phản kháng tổng hợp:

$$Q_t = P \text{tg}\varphi_t = 30,5 . 0,484 = 14,77 \text{ KVAr}$$

Công suất phản kháng cần thiết của bộ tụ:

$$Q_k = Q - Q_t = 23,9 - 14,77 = 9,13 \text{ KVAr}$$

Ta chọn giá trị công suất phản kháng của bộ tụ 3 pha gần giá trị tính được nhất, ta có $Q_k = 10 \text{ KVAr}$

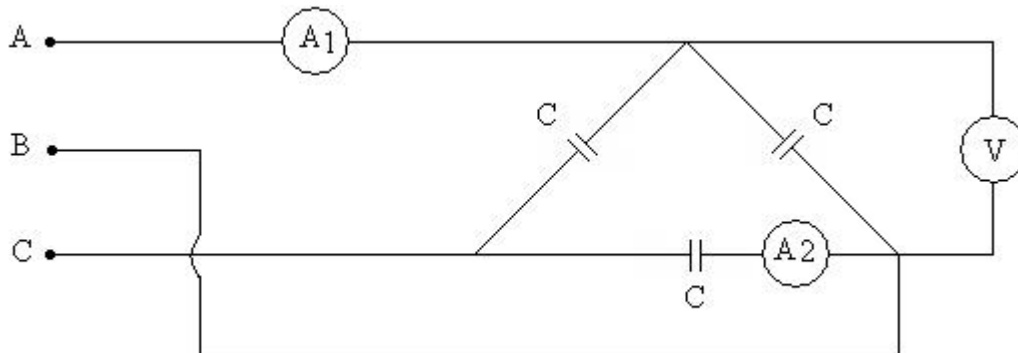
Điện dung mỗi pha của tụ khi nối tam giác:

$$C = \frac{Q_k}{3U_d^2\omega} = \frac{10.10^3}{3.380^2.314} = 73,5\mu\text{F}$$

BÀI TẬP CHƯƠNG 4

B6.1. Mạch điện *hình B6.1* có $\frac{1}{\omega C} = 90\Omega$, nối vào một hệ nguồn ba pha đối xứng, biết rằng

vec tơ áp pha A là: $\dot{U}_A = 120\angle 0^\circ$ (V). Xác định số chỉ của dụng cụ đo.

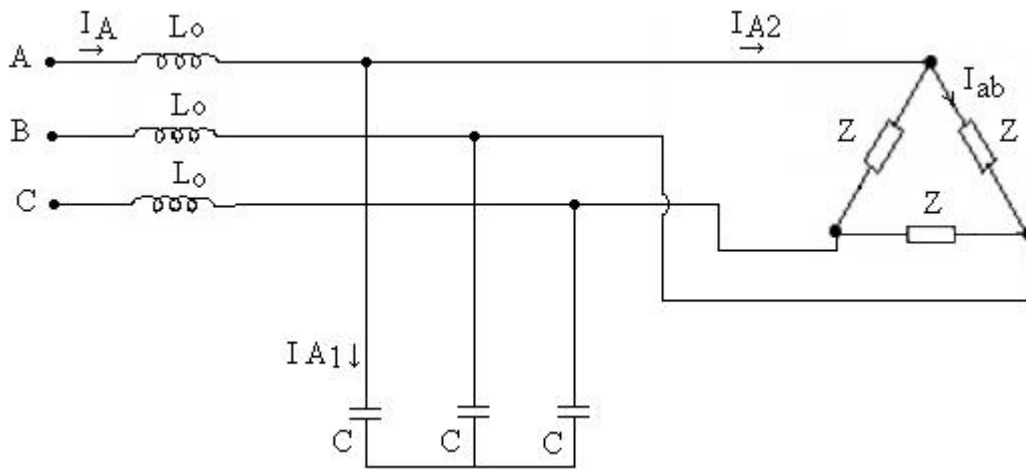


Hình B6.1

Đáp số: Hệ nguồn đối xứng:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{AB} &= 120 \cdot \sqrt{3} \angle 30^\circ \text{ V} \\ \Rightarrow I_{ab} &= \frac{\dot{U}_{AB}}{-jX_C} = \frac{120 \sqrt{3} \angle 30^\circ}{-j90} \\ &= \frac{4\sqrt{3}}{3} \angle 120^\circ \text{ A} \\ \Rightarrow I_A &= \frac{4\sqrt{3}}{3} \sqrt{3} \angle 120^\circ - 30^\circ = 4 \angle 90^\circ \text{ A} \\ \Rightarrow I_{bc} &= \frac{4\sqrt{3}}{3} \angle 0^\circ \\ \text{Các số chỉ: } A_1 &= 4\text{A}; A_2 = \frac{4\sqrt{3}}{3} \text{A}; V = 207,8\text{V} \end{aligned}$$

B6.2. Mạch điện trên **hình B6.2** có $\omega L_0 = 23\Omega$, $Z = 60 + j60 (\Omega)$, $X_C = 40\Omega$ nối vào một hệ nguồn ba pha đối xứng có áp dây hiệu dụng 380V. Xác định giá trị I_A , I_{A1} , I_{A2} , I_{ab} .



Hình B6.2

Đáp số: 4,75 A; 4,75 A; 6,7 A; 3,9 A

B6.3. Một động cơ 3 pha có 3 cuộn dây đầu hình sao, làm việc ở áp dây 380 V, có hệ số công suất $\cos\varphi = 0,8$ và công suất tác dụng 50 KW.

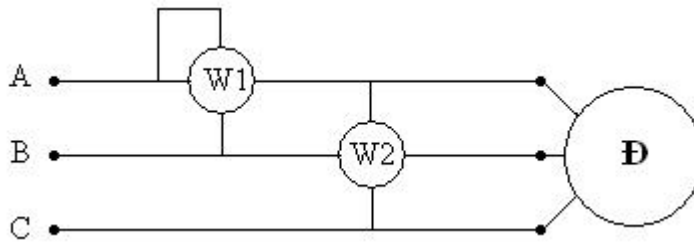
Xác định trở kháng tương đương Z của mỗi cuộn dây, giả thuyết: $Z = r + j X_L$

Đáp số: $Z = 1,85 + j1,39 (\Omega)$.

B6.4. Một động cơ 3 pha, có 3 cuộn dây đầu hình sao, mắc trong mạch hình B6.3. Biết nguồn 3 pha có áp dây hiệu dụng 380 V và số chỉ hai Wattmeter là:

$W_1 = 398 \text{ W}; W_2 = 2670 \text{ W}$.

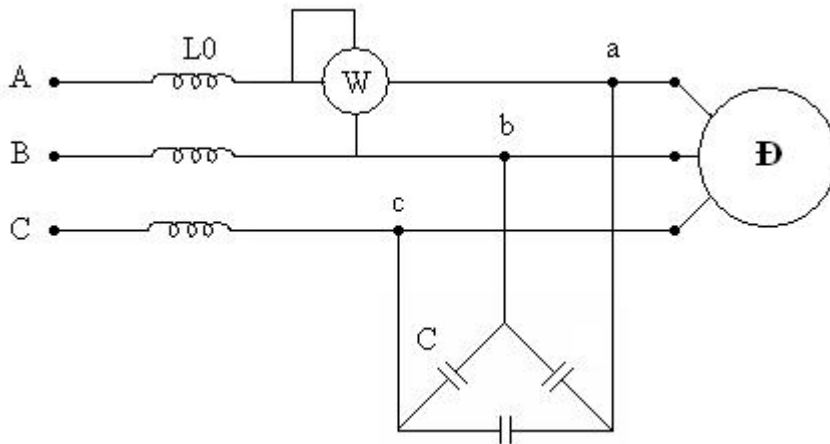
Xác định trở kháng tương đương Z của mỗi cuộn dây, giả thuyết: $Z = r + j X_L$



Hình B6.3

Đáp số: $Z = 15 + j20 (\Omega)$.

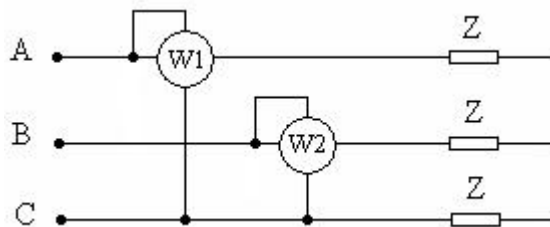
B6.5. Cho mạch điện như trên hình B6.4 nối với nguồn ba pha đối xứng, có điện áp dây hiệu dụng 6600 V. Biết $L_0 = 75\Omega$, $1/C\omega = 300\Omega$. Động cơ có 3 cuộn dây nối hình sao, có trở kháng mỗi cuộn là $Z = 50 + j 50 (\Omega)$.
Xác định số chỉ của Wattmeter.



Hình B6.4

Đáp số: 140 KW

B6.5. Mạch điện như hình B6.5 mắc vào nguồn 3 pha đối xứng có điện áp dây hiệu dụng 220 V. Biết $Z = 80 + j 60 (\Omega)$.
Xác định số chỉ của W_1 và W_2 .



Hình B6.5

Đáp số: $W_1 = 277,4 \text{ W}$; $W_2 = 110 \text{ W}$

Chương 5: KHÁI NIỆM VỀ KHÍ CỤ ĐIỆN

I. Khái niệm về khí cụ điện

1.1. Khái niệm:

Khí cụ điện là những thiết bị dùng để đóng, cắt, điều khiển, điều chỉnh và bảo vệ các lưới điện, mạch điện, máy điện,... Ngoài ra nó còn được dùng để kiểm tra và điều chỉnh các quá trình không điện khác.

Khí cụ điện được sử dụng rộng rãi ở các nhà máy phát điện, trạm biến áp, trong xí nghiệp công nghiệp, nông nghiệp, lâm nghiệp, giao thông vận tải và quốc phòng...

VD: công tắc, cầu chì, cầu dao, rơ le ...

1.2. Sự phát nóng của khí cụ điện:

1.2.1. Khái niệm:

Khi khí cụ điện làm việc lâu dài trong các mạch dẫn điện, nhiệt độ của khí cụ điện tăng lên gây tổn thất điện năng dưới dạng nhiệt năng và đốt nóng các bộ phận dẫn điện và cách điện của khí cụ. Vì vậy, khí cụ điện làm việc được trong mọi chế độ khi nhiệt độ của các bộ phận phải không quá những giá trị cho phép làm việc an toàn lâu dài.

1.2.2. Tính Toán Tổn Thất Điện Năng Trong Khí Cụ Điện

Tổn thất điện năng trong khí cụ điện được tính theo:

$$Q = \int_0^t i^2 \cdot R \cdot dt$$

Q : điện năng tổn thất.

i : dòng điện trong mạch.

R : điện trở của khí cụ.

t : thời gian có dòng điện chạy qua.

Đối với dây dẫn đồng chất:

$$R = \frac{\rho_o (1 + \alpha \cdot \theta_{dm}) \cdot l}{S}$$

ρ_{oBB} : điện trở suất của vật liệu ở 0PP^oPPC.

l : chiều dài dây dẫn.

α : hệ số nhiệt độ của điện trở.

θ_{dm} : nhiệt độ cho phép ở chế độ định mức.

s : tiết diện có dòng điện chạy qua.

Tùy theo khí cụ điện tạo nên từ các vật liệu khác nhau, kích thước khác nhau, hình dạng khác nhau sẽ phát sinh tổn thất khác nhau.

1.2.3. Các Chế Độ Phát Nóng Của Khí Cụ Điện

Sau đây là BẢNG NHIỆT ĐỘ CHO PHÉP CỦA MỘT SỐ VẬT LIỆU:

Vật liệu làm khí cụ điện	Nhiệt độ cho phép (°C)
--------------------------	------------------------

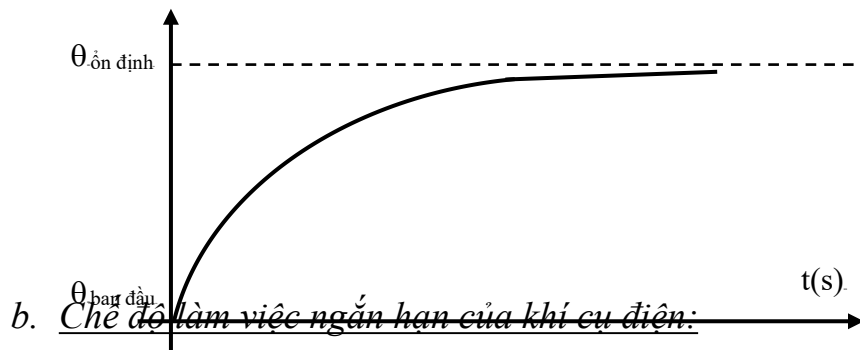
- Vật liệu không bọc cách điện hoặc để xa chất cách điện.	110
- Dây nối ở dạng tiếp xúc cố định.	75
- Vật liệu có tiếp xúc dạng hình ngón.	75
- Tiếp xúc trượt của Cu và hợp kim Cu.	110
- Tiếp xúc má bạc.	120
- Vật không dẫn điện và không bọc cách điện.	110

Vật liệu cách điện	Cấp cách nhiệt	Nhiệt độ cho phép (°C)
- Vải sợi, giấy không tẩm cách điện.	Y	90
- Vải sợi, giấy có tẩm cách điện.	A	105
- Hợp chất tổng hợp.	E	120
- Mica, sợi thủy tinh.	B	130
- Mica, sợi thủy tinh có tẩm cách điện.	F	155
- Chất tổng hợp Silic.	H	180
- Sứ cách điện.	C	> 180

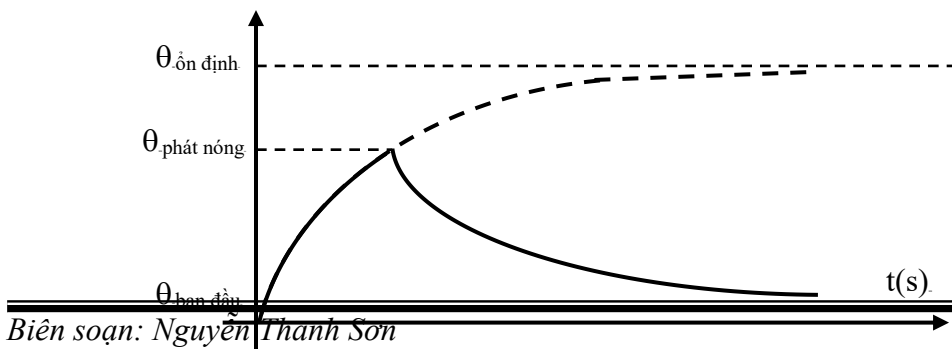
Tùy theo chế độ làm việc khác nhau, mỗi khí cụ điện sẽ có sự phát nóng khác nhau.

a. Chế độ làm việc lâu dài của khí cụ điện:

Khi khí cụ điện làm việc lâu dài, nhiệt độ trong khí cụ bắt đầu tăng và đến nhiệt độ ổn định thì không tăng nữa, lúc này sẽ tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh.

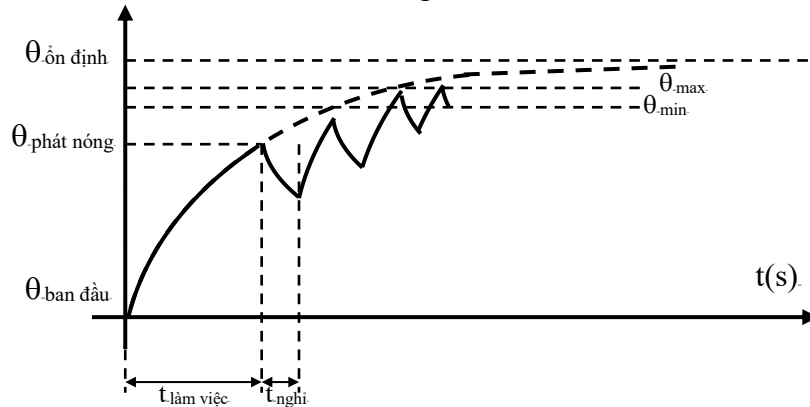


Chế độ làm việc ngắn hạn của khí cụ là chế độ khi đóng điện nhiệt độ của nó không đạt tới nhiệt độ ổn định, sau khi phát nóng ngắn hạn, khí cụ được ngắt, nhiệt độ của nó sụt xuống tới mức không so sánh được với môi trường xung quanh.



c. Chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại của khí cụ điện:

Nhiệt độ của khí cụ điện tăng lên trong khoảng thời gian khí cụ làm việc, nhiệt độ giảm xuống trong khoảng thời gian khí cụ nghỉ, nhiệt độ giảm chưa đạt đến giá trị ban đầu thì khí cụ điện làm việc lặp lại. Sau khoảng thời gian, nhiệt độ tăng lên lớn nhất gần bằng nhiệt độ giảm nhỏ nhất thì khí cụ điện đạt được chế độ dừng.



1.3. Tiếp xúc điện:

1.3.1. Khi niệm:

Tiếp xúc điện là nơi mà dòng điện đi từ vật dẫn này sang vật dẫn khác. Bề mặt tiếp xúc của hai vật dẫn được gọi là tiếp xúc điện.

Các yêu cầu cơ bản của tiếp xúc điện:

- Nơi tiếp xúc điện phải chắc chắn, đảm bảo.
- Mỗi nối tiếp xúc phải có độ bền cơ khí cao.
- Mỗi nối không được phát nóng quá giá trị cho phép.
- Ổn định nhiệt và ổn định động khi có dòng điện cực đại đi qua.
- Chịu được tác động của môi trường (nhiệt độ, chất hóa học....)
- Để đảm bảo các yêu cầu trên, vật liệu dùng làm tiếp điểm có các yêu cầu:
- Điện dẫn và nhiệt dẫn cao.
- Độ bền chống rỉ trong không khí và trong các khí khác.
- Độ bền chống tạo lớp màng có điện trở suất cao.
- Độ cứng bé để giảm lực nén.
- Độ cứng cao để giảm hao mòn ở các bộ phận đóng ngắt.
- Độ bền chịu hồ quang cao (nhiệt độ nóng chảy).
- Đơn giản gia công, giá thành hạ.

Một số vật liệu dùng làm tiếp điểm: đồng, bạc, nhôm, Von-fram...

1.3.2. Phân loại tiếp xúc:

Dựa vào kết cấu tiếp điểm, có các loại tiếp xúc điện sau:

- Tiếp xúc cố định:

Các tiếp điểm được nối cố định với các chi tiết dẫn dòng điện như là: thanh cái, cáp điện, chỗ nối khí cụ vào mạch. Trong quá trình sử dụng, cả hai tiếp điểm được gắn chặt vào nhau nhờ các bu-lông, hàn nóng hay hàn nguội.

• Tiếp xúc đóng mở:

Là tiếp xúc để đóng ngắt mạch điện. Trong trường hợp này phát sinh hồ quang điện, cần xác định khoảng cách giữa tiếp điểm tĩnh và động dựa vào dòng điện định mức, điện áp định mức và chế độ làm việc của khí cụ điện.

• Tiếp xúc trượt:

Là tiếp xúc ở cổ góp và vành trượt, tiếp xúc này cũng dễ sinh ra hồ quang điện.

1.3.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến điện trở tiếp xúc

- Vật liệu làm tiếp điểm: vật liệu mềm tiếp xúc tốt.
- Kim loại làm tiếp điểm không bị ôxy hóa.
- Lực ép tiếp điểm càng lớn thì sẽ tạo nên nhiều tiếp điểm tiếp xúc.
- Nhiệt độ tiếp điểm càng cao thì điện trở tiếp xúc càng lớn.
- Diện tích tiếp xúc.

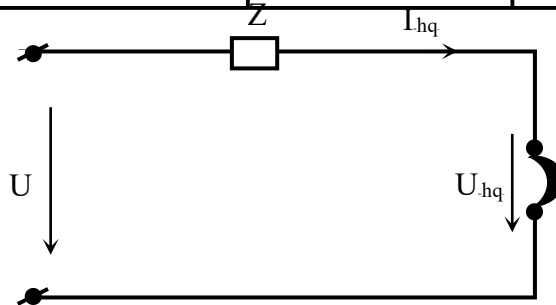
Thông thường dùng hợp kim để làm tiếp điểm.

1.4. Hồ quang và các phương pháp dập tắt hồ quang:

1.4.1. Khái niệm:

Trong các khí cụ điện dùng để đóng ngắt mạch điện (cầu dao, contactor, role...) khi chuyển mạch sẽ phát sinh hiện tượng phóng điện. Nếu dòng điện ngắt dưới 0,1A và điện áp tại các tiếp điểm khoảng 250V-300V thì các tiếp điểm sẽ phóng điện âm ỉ. Trường hợp dòng điện và điện áp cao hơn trị số trong bảng sau sẽ sinh ra hồ quang điện.

Vật liệu làm tiếp điểm	U (V)	I(A)
Platin	17	0,9
Vàng	15	0,38
Bạc	12	0,4
Von-fram	17	0,9
Đồng	12,3	0,43
Than	18-22	0,03



1.4.2. Tính chất cơ bản của phóng điện hồ quang

- Phóng điện hồ quang chỉ xảy ra khi các dòng điện có trị số lớn.
- Nhiệt độ trung tâm hồ quang rất lớn và trong các khí cụ có thể đến 6000- 18000°K.
- Mật độ dòng điện tại catốt lớn (104 – 105)A/cm².

- Sụt áp ở catôt bằng 10-20V và thực tế không phụ thuộc vào dòng điện.

1.4.3. Quá Trình Phát Sinh và Dập Tắt Hồ Quang:

a. Quá trình phát sinh hồ quang điện :

Đối với tiếp điểm có dòng điện bé, ban đầu khoảng cách giữa chúng nhỏ trong khi điện áp đặt có trị số nhất định, vì vậy trong khoảng không gian này sẽ sinh ra điện trường có cường độ rất lớn ($3 \cdot 10^7 \text{V/cm}$) có thể làm bật điện tử từ catôt gọi là phát xạ tự động điện tử (gọi là phát xạ nguội điện tử). Số điện tử càng nhiều, chuyển động dưới tác dụng của điện trường làm ion hóa không khí gây hồ quang điện.

Đối với tiếp điểm có dòng điện lớn, quá trình phát sinh hồ quang phức tạp hơn. Lúc đầu mở tiếp điểm, lực ép giữa chúng có trị số nhỏ nên số tiếp điểm tiếp xúc để dòng điện đi qua ít. Mật độ dòng điện tăng đáng kể đến hàng chục nghìn A/cm^2 , do đó tại các tiếp điểm sự phát nóng sẽ tăng đến mức làm cho ở nhau, giọt kim loại được kéo căng ra trở thành cầu chất lỏng và nối liền hai tiếp điểm này, nhiệt độ của cầu chất lỏng tiếp tục tăng, lúc đó cầu chất lỏng bốc hơi và trong không gian giữa hai tiếp điểm xuất hiện hồ quang điện. Vì quá trình phát nóng của cầu thực hiện rất nhanh nên sự bốc hơi mang tính chất nổ. Khi cầu chất lỏng cắt kéo theo sự mài mòn tiếp điểm, điều này rất quan trọng khi ngắt dòng điện quá lớn hay quá trình đóng mở xảy ra thường xuyên.

b. Quá trình dập tắt hồ quang điện :

Điều kiện dập tắt hồ quang là quá trình ngược lại với quá trình phát sinh hồ quang.

- Hạ nhiệt độ hồ quang.
- Kéo dài hồ quang.
- Chia hồ quang thành nhiều đoạn nhỏ.
- Dùng năng lượng bên ngoài hoặc chính nó để thổi tắt hồ quang.
- Mắc điện trở Shunt để tiêu thụ năng lượng hồ quang.
- Thiết bị để dập tắt hồ quang.
- Hạ nhiệt độ hồ quang bằng cách dùng hơi khí hoặc dầu làm nguội, dùng vách ngăn để hồ quang cọ xát.
 - Chia hồ quang thành nhiều cột nhỏ và kéo dài hồ quang bằng cách dùng vách ngăn chia thành nhiều phần nhỏ và thổi khí dập tắt.
 - Dùng năng lượng bên ngoài hoặc chính nó để thổi tắt hồ quang, năng lượng của nó tạo áp suất để thổi tắt hồ quang.
 - Mắc điện trở Shunt để tiêu thụ năng lượng hồ quang (dùng điện trở mắc song song với hai tiếp điểm sinh hồ quang).

1.5. Lực điện động:

Khi lưới điện xảy ra sự cố ngắn mạch, dòng điện sự cố gấp chục lần dòng điện định mức. Dưới tác dụng của từ trường, các dòng điện này gây ra lực điện động làm biến dạng dây dẫn và cách điện nâng đỡ chúng.

Như vậy khí cụ điện có khả năng chịu lực tác động phát sinh khi có dòng điện ngắn mạch chạy qua là một tiêu chuẩn không thể thiếu của khí cụ điện. được gọi là tính ổn định điện động.

1.5.1. Phương Pháp Tính Toán Lực Điện Động

Có thể sử dụng một trong hai phương pháp sau để tính lực điện động:

a. Phương pháp dựa trên sự tác dụng giữa dòng điện đặt trong từ trường và cảm ứng từ của từ trường đó

Gọi :

- i là dòng điện chạy qua dây dẫn (A).
- l là chiều dài dây dẫn điện.
- dl là một nguyên tố của chiều dài dây dẫn điện.
- B là cảm ứng từ (do dòng điện khác tạo ra).
- β là góc giữa dây dẫn l và cảm ứng từ B.
- F là lực điện động.

• Khi có dòng điện i chạy qua một nguyên tố dây dẫn dl đặt trong từ trường có cảm ứng từ B thì sẽ sinh ra lực điện động tác dụng lên nguyên tố này:

$$dF = i.B.dl.\sin\beta$$

- Khi xét lực trên cả đoạn dây l:

$$F = \int_0^l dF = \int_0^l i.B.\sin\beta.dl = i.B.l.\sin\beta$$

- Khi dây dẫn đặt vuông góc với cảm ứng từ thì $\beta = 90^\circ$
 $F = i.B.l$

b. Phương pháp dựa trên sự cân bằng năng lượng của hệ thống dây dẫn

Gọi :

- W là năng lượng điện từ.
- x là đoạn đường dịch chuyển theo hướng tác dụng của lực.
- F là lực điện động cần tính.

Như vậy lực điện động được tính qua năng lượng điện từ:

$$F = \frac{W}{x}$$

- Hệ thống gồm hai mạch vòng:
 Năng lượng điện từ của hệ thống là:

$$W = \frac{1}{2}.L_1.i_1^2 + \frac{1}{2}.L_2.i_2^2 + M.i_1.i_2$$

Trong đó:

- L_1, L_2 : là điện cảm của các mạch vòng.
- i_1, i_2 : là dòng điện chạy trong các mạch vòng.
- M : là điện cảm tương hỗ.

- Hệ thống là mạch vòng độc lập:

$$W = A = \frac{1}{2}.L.i^2 = \frac{1}{2}.\frac{\Psi}{i}.i^2 = \frac{1}{2}.\Psi.i = \frac{1}{2}.n.\phi.i$$

Trong đó:

- L : là điện cảm của mạch vòng độc lập
- i : là dòng điện chạy trong mạch vòng.
- Ψ : là từ thông móc vòng.
- ϕ : là từ thông.
- n : là số vòng dây trong mạch vòng.

Lực tác dụng trong mạch vòng sẽ hướng theo chiều sao cho điện cảm, từ thông móc vòng và từ thông khi biến dạng mạch vòng dưới tác dụng của lực này tăng lên.

1.5.2. Tính Tôn Lực Điện Động Giữa Các Dây Dẫn Song Song

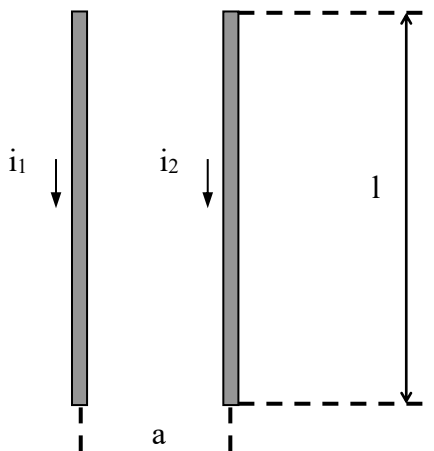
Khi hai dây dẫn đặt song song, lực điện từ sinh ra được tính theo công thức:

$$F = \frac{\mu_o}{4\pi a} \cdot i_1 \cdot i_2 \int_0^{l_2} \left[\frac{l_1 - x}{\sqrt{(l_2 - x)^2 + a^2}} + \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}} \right] dx$$

Trong đó:

- l_1, l_2 : là chiều dài của hai dây dẫn song song.
- i_1, i_2 : là dòng điện qua hai dây dẫn song song.
- μ_o : là độ dẫn từ của không khí, $\mu_o = 4 \cdot 10^{-7}$ H/m.
- a : là khoảng cách giữa hai dây dẫn.
- x : là đoạn đường dịch chuyển theo hướng tác dụng của lực.

a. Hai dây dẫn song song có cùng chiều dài:



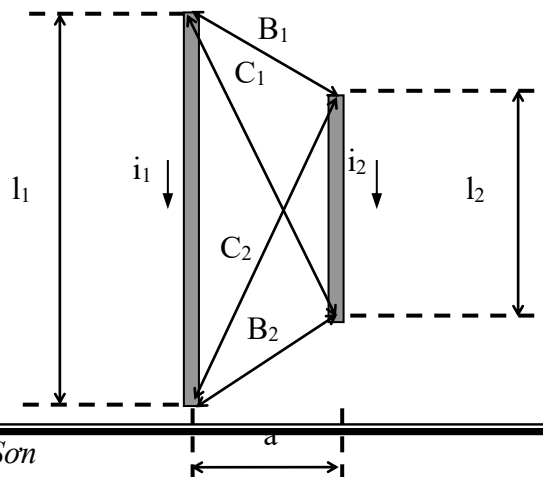
- $l_1 = l_2 = l$
- Lực điện sinh ra:

$$F = \frac{\mu_o}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2} - \frac{a}{l} \right]$$

Khi khoảng cách giữa dây dẫn bé đáng kể so với chiều dài của chúng:

$$F = \frac{\mu_o}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a}$$

b. Hai dây dẫn song song không cùng chiều dài:



Trong đó:

C_1, C_2 : là khoảng cách đường chéo của hai dây dẫn.

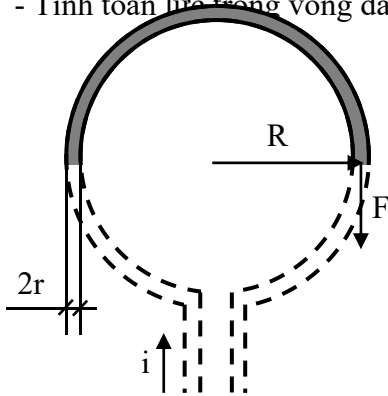
B_1, B_2 : là khoảng cách đường chéo của hai dây dẫn.

Lực điện động sinh ra:

$$F = \frac{\mu_o}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a} \cdot \left[\frac{(C_1 + C_2) - (B_1 + B_2)}{a} \right]$$

1.5.3. Tính Toán Lực Điện Động Lên Vòng Dây, Giữa Các Cuộn Dây:

- Tính toán lực trong vòng dây:



R là bán kính của vòng dây dẫn.

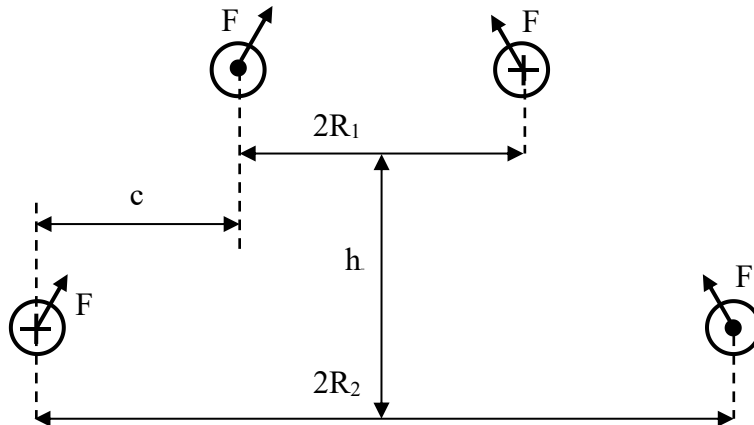
$2r$ là đường kính của dây dẫn.

i là dòng điện chảy trong dây dẫn.

Lực tác động:

$$F = \frac{\mu_o}{2} \cdot i^2 \left(\ln \frac{8R}{r} - 0,75 \right)$$

- Tính toán lực của 2 vòng dây tròn.



Lực tác động:

$R_2 > R_1$

$$F = \mu_o \cdot i_1 \cdot i_2 \frac{R_1 \cdot h}{\sqrt{h^2 + c^2}}$$

1.5.4. Lực Điện Động Trong Dạng Điện Xoay Chiều – Công Hưởng Cơ Khí:

a. Lực điện động trong dạng điện xoay chiều một pha:

- Dòng điện xoay chiều một pha biến đổi theo quy luật:

$$i = I_m \cdot \sin \omega t$$

- Trong đó: I_m là biên độ của dòng điện, ω là tần số góc.
- Nếu các dòng điện trong các dây dẫn có cùng chiều thì các dây dẫn bị hút vào nhau với lực:

$$F = c.I_m^2 \cdot \sin^2 \omega t = c.I_m^2 \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} = \frac{F_m}{2} - \frac{F_m}{2} \cdot \cos 2\omega t$$

$$c \text{ là hằng số} = \frac{\mu_o}{4\pi} \cdot \frac{2l}{a}$$

F_m là trị số lực cực đại.

b. Lực điện động trong dòng điện xoay chiều ba pha:

Dòng điện xoay chiều ba pha biến đổi theo quy luật:

$$i_1 = I_m \cdot \sin \omega t$$

$$i_2 = I_m \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right)$$

$$i_3 = I_m \cdot \sin \left(\omega t - \frac{4}{3} \pi \right)$$

Lực tác dụng lên dây dẫn của pha 1:

$$F_1 = F_{12} + F_{13}$$

F_{12} là lực điện động giữa các dây dẫn của pha 1 và 2.

F_{13} là lực điện động giữa các dây dẫn của pha 1 và 3.

$$F_{12} = c.I_m^2 \cdot \sin \omega t \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right)$$

$$F_{13} = \frac{1}{2} c.I_m^2 \cdot \sin \omega t \cdot \sin \left(\omega t - \frac{4}{3} \pi \right)$$

$$\Rightarrow F_1 = c.I_m^2 \cdot \sin \omega t \cdot \left[\sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right) + \frac{1}{2} \sin \left(\omega t - \frac{4}{3} \pi \right) \right]$$

Tương tự, ta có:

$$F_2 = F_{21} + F_{23} = c.I_m^2 \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right) \cdot \left[\sin \omega t + \frac{1}{2} \sin \left(\omega t - \frac{4}{3} \pi \right) \right]$$

$$F_3 = -F_1 = -c.I_m^2 \cdot \sin \omega t \cdot \left[\sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right) + \frac{1}{2} \sin \left(\omega t - \frac{4}{3} \pi \right) \right]$$

c. Công hưởng cơ khí:

- Trong trường hợp khi tần số của thành phần biến thiên của lực gần với tần số riêng của dao động cơ khí sẽ sinh ra hiện tượng cộng hưởng. Hiện tượng này có khả năng phá hỏng khí cụ điện.
- Thông thường, người ta chọn tần số riêng của các dao động cơ khí lớn hơn gấp đôi tần số của lực.

1.5.5. Ổn Định Lực Điện Động:

Độ bền cơ khí của vật liệu phụ thuộc không chỉ vào độ lớn của lực mà còn phụ thuộc vào chiều, độ dài thời gian tác động và độ dốc tăng lên. Khí cụ điện ổn định lực điện động phải thỏa mãn:

- Việc tính toán lực điện động: tính theo dòng điện xung của hiện tượng ngắn mạch.

- Việc tính toán độ bền động học khi có hiện tượng công hưởng.

II. Phân loại khí cụ điện:

2.1. Phân loại :

a. Phân loại theo công dụng : gồm 5 loại

- Khí cụ điện dùng để đóng ngắt mạch điện của lưới điện: cầu dao, aptomat, công tắc...
- Khí cụ điện dùng để mở máy, điều chỉnh tốc độ, điều chỉnh điện áp, dòng điện: công tắc tơ, khởi động từ, bộ không chế...
- Khí cụ điện dùng để bảo vệ lưới điện, máy điện, cầu chì, ptomat ...
- Khí cụ điện dùng để duy trì tham số điện ở giá trị không đổi: ổn áp, thiết bị tự động điều chỉnh điện áp, dòng điện, tần số, tốc độ, nhiệt độ...
- Khí cụ điện đo lường: VOM, volt kế, ampe kế...

b. Phân loại theo điện áp:

- Khí cụ điện cao thế: $U_{đm} \geq 1000V$
- Khí cụ điện trung thế : $600V \leq U_{đm} < 1000V$
- Khí cụ điện hạ thế: $U_{đm} < 600V$

c. Phân loại theo dòng điện: gồm 2 loại

- Khí cụ điện 1 chiều
- Khí cụ điện xoay chiều

d. Phân loại theo nguyên lý làm việc:

- Khí cụ điện làm việc theo nguyên lý điện từ
- Khí cụ điện làm việc theo nguyên lý từ điện
- Khí cụ điện làm việc theo nguyên lý cảm ứng
- Khí cụ điện làm việc theo nguyên lý điện động
- Khí cụ điện làm việc theo nguyên lý điện nhiệt
- Khí cụ điện có tiếp điểm
- Khí cụ điện không có tiếp điểm

e. Phân loại theo điều kiện làm việc và dạng bảo vệ:

- Khí cụ điện làm việc ở vùng nhiệt đới
- Khí cụ điện làm việc ở vùng có nhiều rung động
- Khí cụ điện làm việc ở vùng mỏ có khí nổ
- Khí cụ điện làm việc ở môi trường có chất ăn mòn hóa học...

2.2. Các Yêu Cầu Cơ Bản Đối Với Khí Cụ Điện:

- Khí cụ điện phải đảm bảo sử dụng lâu dài với các thông số kỹ thuật định mức.
- Khí cụ điện phải ổn định nhiệt và ổn định lực điện động.

- Khí cụ điện phải đảm bảo an toàn, làm việc chính xác, rẻ tiền, dễ gia công, dễ lắp ráp, dễ sửa chữa.
- Vật liệu cách điện trong khí cụ điện phải tốt để không bị hư hỏng khi xảy ra sự cố.
- Khí cụ điện phải làm việc ổn định ở các điều kiện khí hậu và môi trường yêu cầu.

Chương 6: KHÍ CỤ ĐIỆN ĐÓNG CẮT

I. CẦU DAO:

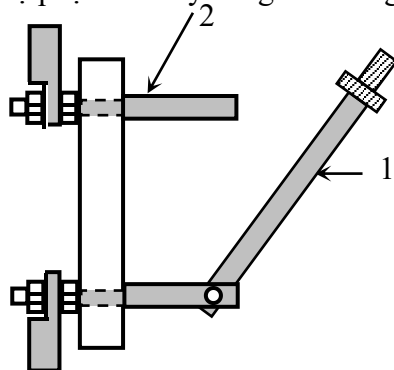
1.1. Khái quát và công dụng:

- Cầu dao là một khí cụ điện dùng để đóng cắt mạch điện bằng tay, được sử dụng trong các mạch điện có nguồn dưới 500V, dòng điện định mức có thể lên tới vài KA.
- Khi thao tác đóng ngắt mạch điện, cần đảm bảo an toàn cho thiết bị dùng điện. Bên cạnh, cần có biện pháp dập tắt hồ quang điện, tốc độ di chuyển lưỡi dao càng nhanh thì hồ quang kéo dài nhanh, thời gian dập tắt hồ quang càng ngắn. Vì vậy khi đóng ngắt mạch điện, cầu dao cần phải thực hiện một cách dứt khoát.
- Thông thường, cầu dao được bố trí đi cùng với cầu chì để bảo vệ ngăn mạch cho mạch điện.

1.2. Cấu tạo, nguyên lý hoạt động và phân loại:

a. Cấu tạo

Phần chính của cầu dao là lưỡi dao và hệ thống kẹp lưỡi, được làm bằng hợp kim của đồng, ngoài ra bộ phận nối dây cũng làm bằng hợp kim đồng.



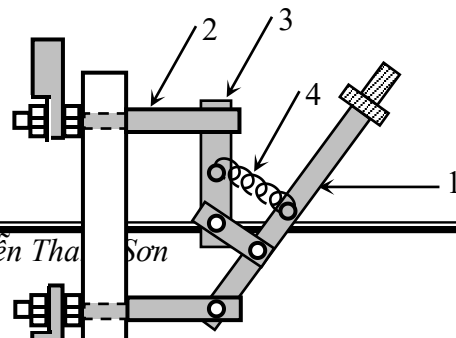
Cầu dao có:

1. Lưỡi dao chính.
2. Tiếp xúc tĩnh (ngàm)
(hệ thống kẹp).

b. Nguyên lý hoạt động:

Khi thao tác trên cầu dao, nhờ vào lưỡi dao và hệ thống kẹp lưỡi, mạch điện được đóng ngắt. Trong quá trình ngắt mạch, cầu dao thường xảy ra hồ quang điện tại đầu lưỡi dao và điểm tiếp xúc trên hệ thống kẹp lưỡi. Người sử dụng cần phải kéo lưỡi dao ra khỏi kẹp nhanh để dập tắt hồ quang.

Do tốc độ kéo bằng tay không thể nhanh được nên người ta làm thêm lưỡi dao phụ. Lúc dẫn điện thì lưỡi dao phụ cùng lưỡi dao chính được kẹp trong ngàm. Khi ngắt điện, tay kéo lưỡi dao chính ra trước còn lưỡi dao phụ vẫn kẹp trong ngàm. Lò xo liên kết giữa hai lưỡi dao được kéo căng ra và tới một mức nào đó sẽ bật nhanh kéo lưỡi dao phụ ra khỏi ngàm một cách nhanh chóng. Do đó, hồ quang được kéo dài nhanh và hồ quang bị dập tắt trong thời gian ngắn.



Cầu dao có cầu dao phụ:

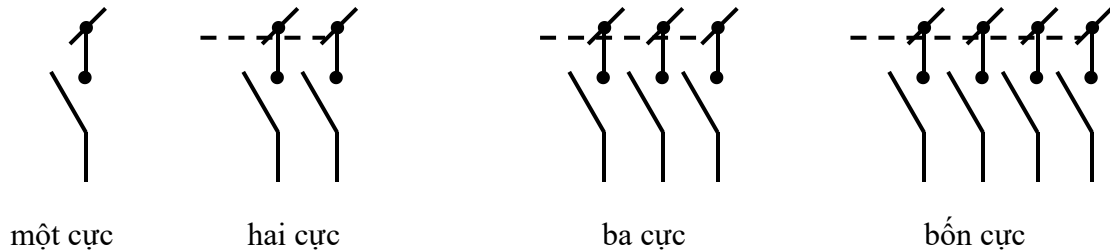
1. Lưỡi dao chính.
2. Tiếp xúc tĩnh (ngàm).
3. Lưỡi dao phụ.
4. Lò xo bật nhanh.

c. Phân loại:

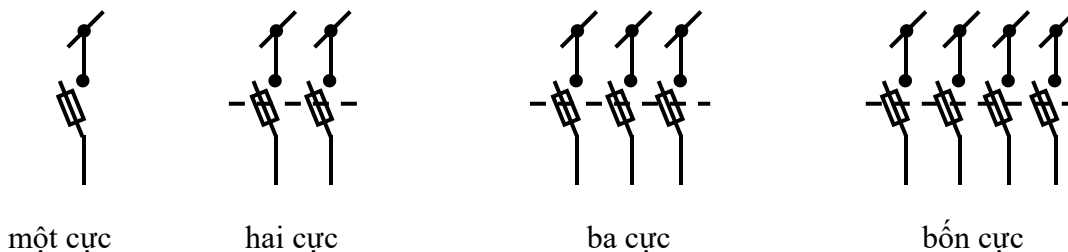
Phân loại cầu dao dựa vào các yếu tố sau:

- Theo kết cấu: cầu dao được chia làm loại một cực, hai cực, ba cực hoặc bốn cực.
- Cầu dao có tay nắm ở giữa hoặc tay ở bên. Ngoài ra còn có cầu dao một ngã, hai ngã được dùng để đảo nguồn cung cấp cho mạch và đảo chiều quay động cơ.
- Theo điện áp định mức : 250V, 500V.
- Theo dòng điện định mức: dòng điện định mức của cầu dao được cho trước bởi nhà sản xuất (thường là các loại 10A, 15A, 20A, 25A, 30A, 60A, 75A, 100A, 150A, 200A, 350A, 600A, 1000A...).
- Theo vật liệu cách điện: có loại sứ, đế nhựa, đế đá.
- Theo điều kiện bảo vệ: loại có nắp và không có nắp (loại không có nắp được đặt trong hộp hay tủ điều khiển).
- Theo yêu cầu sử dụng: loại cầu dao có cầu chì bảo vệ ngắn mạch hoặc không có cầu chì bảo vệ.

Ký hiệu cầu dao không có cầu chì bảo vệ:



Ký hiệu cầu dao có cầu chì bảo vệ:



d. Các thông số định mức của cầu dao:

Chọn cầu dao theo dòng điện định mức và điện áp định mức:

Gọi I_t là dòng điện tính toán của mạch điện.

$U_{nguồn}$ là điện áp nguồn của lưới điện sử dụng.

$$I_{đm \text{ cầu dao}} \geq I_{tt}$$

$$U_{đm \text{ cầu dao}} \geq U_{nguồn}$$

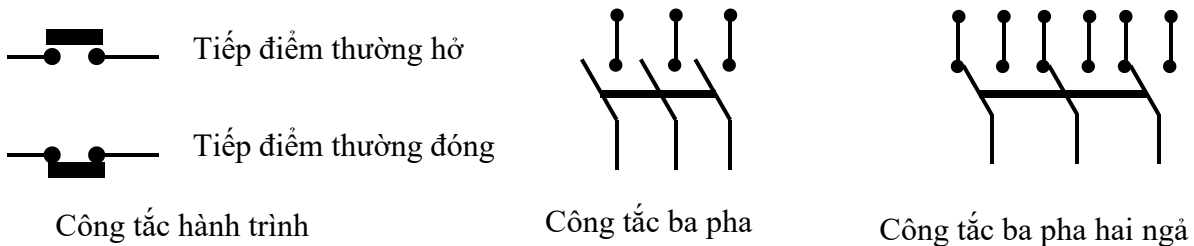
II. CÔNG TẮC

2.1. Khi quát và công dụng

Công tắc là khí cụ điện dùng để đóng ngắt mạch điện có công suất nhỏ và có dòng điện định mức nhỏ hơn 6A. Công tắc thường có hộp bảo vệ để tránh sự phóng điện khi đóng mở. Điện áp của công tắc nhỏ hơn hay bằng 500V.

Công tắc hộp làm việc chắc chắn hơn cầu dao, dập tắt hồ quang nhanh hơn vì thao tác ngắt nhanh và dứt khoát hơn cầu dao.

Một số công tắc thường gặp:



2.2. Cấu tạo và phân loại:

a. Cấu tạo

Cấu tạo của công tắc: phần chính là tiếp điểm đóng mở được gắn trên đế nhựa và có lò xo để thao tác chính xác.

b. Phân loại:

Phân loại theo công dụng làm việc, có các loại công tắc sau:

- Công tắc đóng ngắt trực tiếp.
- Công tắc chuyển mạch (công tắc xoay, công tắc đảo, công tắc vạn năng), dùng để đóng ngắt chuyển đổi mạch điện, đổi nối sao tam giác cho động cơ.
- Công tắc hành trình và cuối hành trình, loại công tắc này được áp dụng trong các máy cắt gọt kim loại để điều khiển tự động hóa hành trình làm việc của mạch điện.

2.3. Các thông số định mức của công tắc:

$U_{đm}$: điện áp định mức của công tắc.

$I_{đm}$: dòng điện định mức của công tắc.

- Trị số điện áp định mức của công tắc thường có giá trị < 500V.
- Trị số dòng điện định mức của công tắc thường có giá trị < 6A.
- Ngoài ra còn có các thông số trong việc thử công tắc như độ bền cơ khí, độ cách điện, độ phóng điện...

3. Các yêu cầu thử của công tắc:

Việc kiểm tra chất lượng công tắc phải thử các bước sau:

- Thử xuyên thủng: đặt điện áp 1500V trong thời gian một phút ở các điểm cần cách điện giữa chúng.

- Thử cách điện: đo điện trở cách điện lớn hơn 2MΩ.
- Thử phát nóng.
- Thử công suất cắt.
- Thử độ bền cơ khí.
- Thử nhiệt độ đối với các chi tiết cách điện: các chi tiết cách điện phải chịu đựng 100 °C trong thời gian hai giờ mà không bị biến dạng hoặc sủi nhám.

III. NÚT ÁN

3.1. Khái quát và công dụng:

- Nút nhấn còn gọi là nút điều khiển là một loại khí cụ điện dùng để đóng ngắt từ xa các thiết bị điện từ khác nhau; các dụng cụ báo hiệu và cũng để chuyển đổi các mạch điện điều khiển, tín hiệu liên động bảo vệ ... Ở mạch điện một chiều điện áp đến 440V và mạch điện xoay chiều điện áp 500V, tần số 50HZ; 60HZ, nút nhấn thông dụng để khởi động, đảo chiều quay động cơ điện bằng cách đóng và ngắt các cuộn dây của contactor nối cho động cơ.
- Nút nhấn thường được đặt trên bảng điều khiển, ở tủ điện, trên hộp nút nhấn. Nút nhấn thường được nghiên cứu, chế tạo làm việc trong môi trường không ẩm ướt, không có hơi hóa chất và bụi bẩn.
- Nút nhấn có thể bền tới 1.000.000 lần đóng không tải và 200.000 lần đóng ngắt có tải. Khi thao tác nhấn nút cần phải dứt khoát để mở hoặc đóng mạch điện.

3.2. Cấu tạo và Phân loại:

a. Cấu tạo

- Nút nhấn gồm hệ thống lò xo, hệ thống các tiếp điểm thường hở – thường đóng và vỏ bảo vệ.
- Khi tác động vào nút nhấn, các tiếp điểm chuyển trạng thái; khi không còn tác động, các tiếp điểm trở về trạng thái ban đầu.

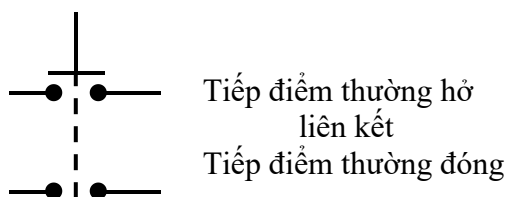
b. Phân loại:

Nút nhấn được phân loại theo các yếu tố sau:

- Phân loại theo chức năng trạng thái hoạt động của nút nhấn, có các loại:
- Nút nhấn đơn: Mỗi nút nhấn chỉ có một trạng thái (ON hoặc OFF)
- Ký hiệu:



- Nút nhấn kép: Mỗi nút nhấn có hai trạng thái (ON và OFF)
- Ký hiệu:



Trong thực tế, để dễ dàng sử dụng vào tháo lắp trong quá trình sửa chữa, thường người ta dùng nút nhấn kép, ta có thể dùng nó như là dạng nút nhấn ON hay OFF.

Phân loại theo hình dạng bên ngoài, người ta chia nút nhấn ra thành 4 loại:

- Loại hở.
- Loại bảo vệ.
- Loại bảo vệ chống nước và chống bụi.

Nút ấn kiểu bảo vệ chống nước được đặt trong một hộp kín khí để tránh nước lọt vào.

Nút ấn kiểu bảo vệ chống bụi nước được đặt trong một vỏ cacbon đúc kín khí để chống âm và bụi lọt vào.

- Loại bảo vệ khỏi nổ.

Nút ấn kiểu chống nổ dùng trong các hầm lò, mỏ than hoặc ở nơi có các khí nổ lẫn trong không khí. Cấu tạo của nó đặc biệt kín khí không lọt được tia lửa ra ngoài và đặc biệt vững chắc để không bị phá vỡ khi nổ.

Theo yêu cầu điều khiển người ta chia nút ấn ra 3 loại: một nút, hai nút, ba nút.

Theo kết cấu bên trong:

- Nút ấn loại có đèn báo.
- Nút ấn loại không có đèn báo.

3.4. Các thông số định mức của công tắc:

U_{dm} : điện áp định mức của nút nhấn.

I_{dm} : dòng điện định mức của nút nhấn.

Trị số điện áp định mức của nút nhấn thường có giá trị $< 500V$.

Trị số dòng điện định mức của nút nhấn thường có giá trị $< 5A$.

Hình dạng của một số dạng nút nhấn:



IV. DAO CÁCH LY:

4.1. Khái niệm:

- Dao cách ly là một loại khí cụ điện dùng để tạo một khoảng hở cách điện được trông thấy giữa bộ phận đang mang dòng điện và bộ phận cắt điện nhằm mục đích đảm bảo an toàn, khiến cho nhân viên sửa chữa thiết bị điện an tâm khi làm việc.
- Dao cách ly không có bộ phận dập tắt hồ quang nên không thể cắt được dòng điện lớn

4.2. Phân loại:

Theo yêu cầu sử dụng, dao cách ly có hai loại

- Dao cách ly một pha.
- Dao cách ly ba pha.

Theo vị trí sử dụng, dao cách ly có hai loại:

- Dao cách ly đặt trong nhà.
- Dao cách ly đặt ngoài trời.

4.3. Lựa chọn và kiểm tra dao cách ly:

Dao cách ly được chọn theo điều kiện định mức, chúng được kiểm tra theo điều kiện ổn định lực điện động và ổn định nhiệt.

V. MÁY CẮT ĐIỆN:

5.1. Khái niệm:

Máy cắt điện áp cao là thiết bị điện chuyên dùng để đóng ngắt mạch điện xoay chiều ở tất cả các chế độ vận hành có thể có: đóng ngắt dòng điện định mức, dòng điện ngắn mạch; dòng điện không tải ... Máy cắt là loại thiết bị đóng cắt làm việc tin cậy song giá thành cao nên máy cắt chỉ được dùng ở những nơi quan trọng.

5.2. Phân loại máy cắt:

- Thông thường máy cắt được phân loại theo phương pháp dập tắt hồ quang, theo dạng cách điện của phần dẫn điện, theo kết cấu của buồng dập hồ quang.
- Dựa vào dạng cách điện của các phần dẫn điện, máy cắt được phân thành:
- Máy cắt nhiều dầu: giữa các thành phần dẫn điện được cách điện bằng dầu máy biến áp và hồ quang sinh ra khi cắt máy cắt cũng được dập tắt bằng dầu biến áp.
- Máy cắt ít dầu: giữa các thành phần dẫn điện được cách điện bằng cách điện rắn và hồ quang sinh ra khi cắt máy cắt cũng được dập tắt bằng dầu biến áp.
- Máy cắt không khí.
- Máy cắt điện tử.
- Máy cắt chân không.

5.3. Các thông số cơ bản của máy cắt:

- *Dòng điện cắt định mức*: là dòng điện lớn nhất mà máy cắt có thể cắt một cách tin cậy ở điện áp phục hồi giữa hai tiếp điểm của máy cắt bằng điện áp định mức của mạch điện.

- Công suất cắt định mức của máy cắt ba pha :

$$S_{dm} = \sqrt{3} \times U_{dm} \times I_{dm}$$

- Trong đó: U_{dm} : là điện áp định mức của hệ thống (V)
 I_{dm} : là dòng điện cắt định mức (A)
- *Thời gian cắt của máy cắt*: thời gian này được tính từ thời điểm đưa tín hiệu cắt máy cắt đến thời điểm hồ quang được dập tắt ở tất cả các cực. Nó bao gồm thời gian cắt riêng của máy cắt và thời gian cháy hồ quang.
- *Dòng điện đóng định mức*: đây là giá trị xung kích lớn nhất của dòng điện ngắn mạch mà máy cắt có thể đóng một cách thành công mà tiếp điểm của nó không bị hàn dính và không bị các hư hỏng khác trong trường hợp đóng lặp lại. Dòng điện này được xác định bằng giá trị hiệu dụng của dòng điện xung kích khi xảy ra ngắn mạch.
- *Thời gian đóng máy cắt*: là thời gian khi đưa tín hiệu đóng máy cắt cho tới khi hoàn tất động tác đóng máy cắt.

5.4. Lựa chọn và kiểm tra máy cắt điện cao áp (1000V)

Máy cắt điện được chọn theo điện áp định mức, loại máy cắt, kiểm tra ổn định động, ổn định nhiệt và khả năng cắt trong tình trạng ngắn mạch.

VI. ÁP TÔ MẮT (CB):

5.1. Khái niệm và yêu cầu:

CB (CB được viết tắt từ danh từ Circuit Breaker- tiếng Anh), tên khác như: Disjonteur (tiếng Pháp) hay Aptômát (theo Liên Xô). CB là khí cụ điện dùng đóng ngắt mạch điện (một pha, ba pha); có công dụng bảo vệ quá tải, ngắn mạch, sụt áp ... mạch điện.

Chọn CB phải thỏa ba yêu cầu sau:

- Chế độ làm việc ở định mức của CB phải là chế độ làm việc dài hạn, nghĩa là trị số dòng điện định mức chạy qua CB lâu tùy ý. Mặt khác, mạch dòng điện của CB phải chịu được dòng điện lớn (khi có ngắn mạch) lúc các tiếp điểm của nó đã đóng hay đang đóng.
- CB phải ngắt được trị số dòng điện ngắn mạch lớn, có thể vài chục KA. Sau khi ngắt dòng điện ngắn mạch, CB đảm bảo vẫn làm việc tốt ở trị số dòng điện định mức.
- Để nâng cao tính ổn định nhiệt và điện động của các thiết bị điện, hạn chế sự phá hoại do dòng điện ngắn mạch gây ra, CB phải có thời gian cắt bé. Muốn vậy thường phải kết hợp lực thao tác cơ học với thiết bị dập hồ quang bên trong CB.

5.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động:

a. Cấu tạo:

Tiếp điểm

- CB thường được chế tạo có hai cấp tiếp điểm (tiếp điểm chính và hồ quang), hoặc ba cấp tiếp điểm (chính, phụ, hồ quang).

- Khi đóng mạch, tiếp điểm hồ quang đóng trước, tiếp theo là tiếp điểm phụ, sau cùng là tiếp điểm chính. Khi cắt mạch thì ngược lại, tiếp điểm chính mở trước, sau đến tiếp điểm phụ, cuối cùng là tiếp điểm hồ quang.

- Như vậy hồ quang chỉ cháy trên tiếp điểm hồ quang, do đó bảo vệ được tiếp điểm chính để dẫn điện. Dùng thêm tiếp điểm phụ để tránh hồ quang cháy lan vào làm hư hại tiếp điểm chính.

Hộp dập hồ quang

- Để CB dập được hồ quang trong tất cả các chế độ làm việc của lưới điện, người ta thường dùng hai kiểu thiết bị dập hồ quang là: kiểu nửa kín và kiểu hở.

- Kiểu nửa kín được đặt trong vỏ kín của CB và có lỗ thoát khí. Kiểu này có dòng điện giới hạn cắt không quá 50KA. Kiểu hở được dùng khi giới hạn dòng điện cắt lớn hơn 50KA hoặc điện áp lớn 1000V(cao áp).

- Trong buồng dập hồ quang thông dụng, người ta dùng những tấm thép xếp thành lưới ngăn, để phân chia hồ quang thành nhiều đoạn ngắn thuận lợi cho việc dập tắt hồ quang.

Cơ cấu truyền động cắt CB

- Truyền động cắt CB thường có hai cách: bằng tay và bằng cơ điện (điện từ, động cơ điện).

- Điều khiển bằng tay được thực hiện với các CB có dòng điện định mức không lớn hơn 600A. Điều khiển bằng điện từ (nam châm điện) được ứng dụng ở các CB có dòng điện lớn hơn (đến 1000A).

- Để tăng lực điều khiển bằng tay người ta dùng một tay dài phụ theo nguyên lý đòn bẩy. Ngoài ra còn có cách điều khiển bằng động cơ điện hoặc khí nén.

Móc bảo vệ

CB tự động cắt nhờ các phần tử bảo vệ – gọi là móc bảo vệ, sẽ tác động khi mạch điện có sự cố quá dòng điện (quá tải hay ngắn mạch) và sụt áp.

- Móc bảo vệ quá dòng điện (còn gọi là bảo vệ dòng điện cực đại) để bảo vệ thiết bị điện không bị quá tải và ngắn mạch, đường thời gian – dòng điện của móc bảo vệ phải nằm dưới đường đặc tính của đối tượng cần bảo vệ. Người ta thường dùng hệ thống điện từ và role nhiệt làm móc bảo vệ, đặt bên trong CB.

- Móc kiểu điện từ có cuộn dây mắc nối tiếp với mạch chính, cuộn dây này được quấn tiết diện lớn chịu dòng tải và ít vòng. Khi dòng điện vượt quá trị số cho phép thì phản ứng bị hút và móc sẽ đập vào khớp rơi tự do, làm tiếp điểm của CB mở ra. Điều chỉnh vít để thay đổi lực kháng của lò xo, ta có thể điều chỉnh được trị số dòng điện tác động. Để giữ thời gian trong bảo vệ quá tải kiểu điện từ, người ta thêm một cơ cấu giữ thời gian (ví dụ bánh xe răng như trong cơ cấu đồng hồ).

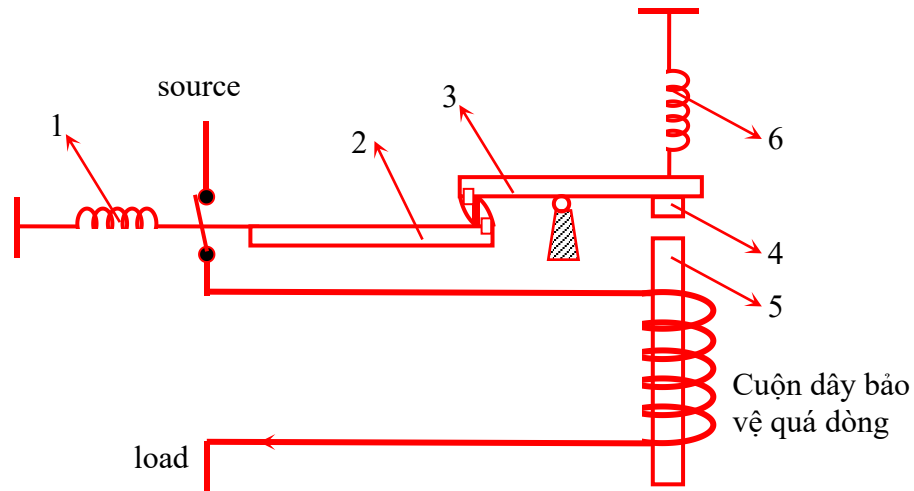
- Móc kiểu role nhiệt đơn giản hơn cả, có kết cấu tương tự như role nhiệt có phần tử phát nóng đầu nối tiếp với mạch điện chính, tấm kim loại kép dẫn nở làm nhả khớp rơi tự do để mở tiếp điểm của CB khi có quá tải. Kiểu này có thiếu sót là quán tính nhiệt lớn nên không ngắt nhanh được dòng điện tăng vọt khi có ngắn mạch, do đó chỉ bảo vệ được dòng điện quá tải.

Vì vậy người ta thường sử dụng tổng hợp cả móc kiểu điện từ và móc kiểu rơle nhiệt trong một CB. Loại này được dùng ở CB có dòng điện định mức đến 600A.

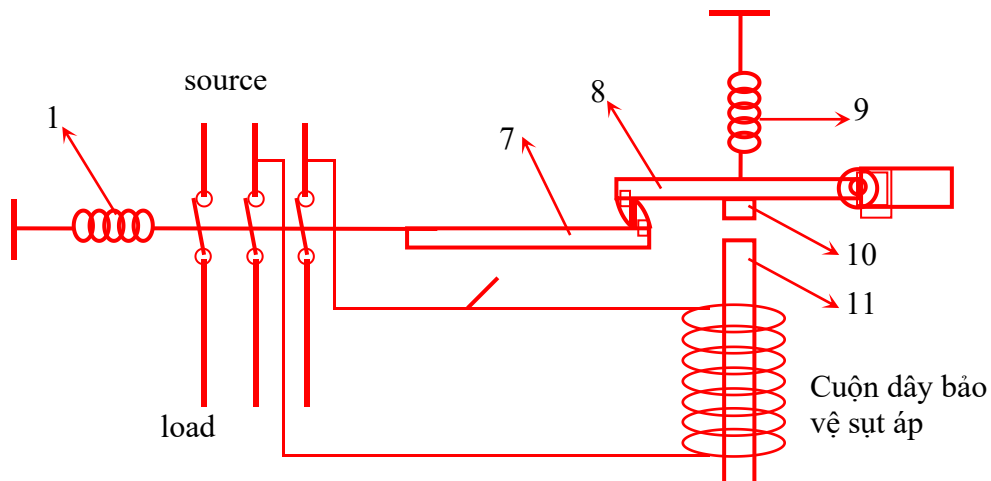
Móc bảo vệ sụt áp (còn gọi là bảo vệ điện áp thấp) cũng thường dùng kiểu điện từ. Cuộn dây mắc song song với mạch điện chính, cuộn dây này được quấn nhiều vòng với dây tiết diện nhỏ chịu điện áp nguồn.

b. Nguyên lý hoạt động:

Sơ đồ nguyên lý của CB dòng điện cực đại và CB điện áp thấp được trình bày trên hình bên. Ở trạng thái bình thường sau khi đóng điện, CB được giữ ở trạng thái đóng tiếp điểm nhờ móc 2 khớp với móc 3 cùng một cụm với tiếp điểm động.



Bật CB ở trạng thái ON, với dòng điện định mức nam châm điện 5 và phần ứng 4 không hút. Khi mạch điện quá tải hay ngắn mạch, lực hút điện từ ở nam châm điện 5 lớn hơn lực lò xo 6 làm cho nam châm điện 5 sẽ hút phần ứng 4 xuống làm bật nhả móc 3, móc 5 được thả tự do, lò xo 1 được thả lỏng, kết quả các tiếp điểm của CB được mở ra, mạch điện bị ngắt.



Bật CB ở trạng thái ON, với điện áp định mức nam châm điện 11 và phản ứng 10 hút lại với nhau.

Khi sụt áp quá mức, nam châm điện 11 sẽ nhả phần ứng 10, lò xo 9 kéo móc 8 bật lên, móc 7 thả tự do, thả lỏng, lò xo 1 được thả lỏng, kết quả các tiếp điểm của CB được mở ra, mạch điện bị ngắt.

c. Phân loại, ký hiệu, công dụng:

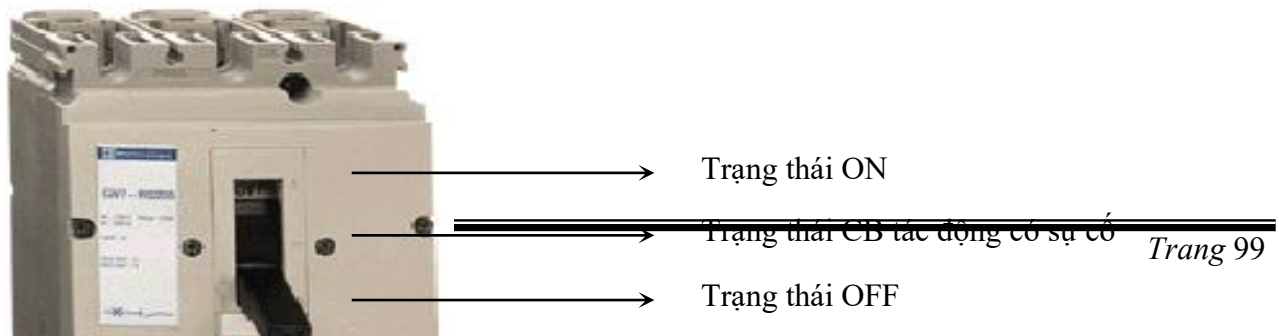
- Theo kết cấu, người ta chia CB ra ba loại: một cực, hai cực và ba cực.
- Theo thời gian thao tác, người ta chia CB ra loại tác động không tức thời và loại tác động tức thời (nhạy).
- Tùy theo công dụng bảo vệ, người ta chia CB ra các loại: CB cực đại theo dòng điện, CB cực tiểu theo điện áp, CB dòng điện ngược v.v...
- *Việc lựa chọn CB, chủ yếu dựa vào :*
 - Dòng điện tính toán đi trong mạch.
 - Dòng điện quá tải.
 - Khi CB thao tác phải có tính chọn lọc.

Ngoài ra lựa chọn CB còn phải căn cứ vào đặc tính làm việc của phụ tải là CB không được phép cắt khi có quá tải ngắn hạn thường xảy ra trong điều kiện làm việc bình thường như dòng điện khởi động, dòng điện đỉnh trong phụ tải công nghệ.

Yêu cầu chung là dòng điện định mức của móc bảo vệ I_{CB} không được bé hơn dòng điện tính toán I_{tt} của mạch.

Tùy theo đặc tính và điều kiện làm việc cụ thể của phụ tải, người ta hướng dẫn lựa chọn dòng điện định mức của móc bảo vệ bằng 125%, 150% hay lớn hơn nữa so với dòng điện tính toán mạch.

Sau đây là một số hình ảnh của CB hãng Merlin Gerin



Chương 7: KHÍ CỤ ĐIỆN BẢO VỆ

I. NAM CHÂM ĐIỆN:

1.1. Khái quát:

- Nam châm điện là một bộ phận rất quan trọng của khí cụ điện. Đặc tính của nam châm điện là biến đổi điện năng thành cơ năng. Chính nhờ đặc tính này mà nam châm điện được dùng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như trong lĩnh vực điện tử tự động hóa; trong ngành điện lực nó được sử dụng nhiều nhất như: Contactor; các loại Role; Aptomat...

- Trong công nghiệp nó được dùng ở các cần cầu để nâng các tấm thép khối lượng lớn hay những khối kiện khổng lồ... Trong truyền động điện nó được dùng ở các bộ ly hợp, các van điện từ, bản từ...

1.2. Cấu tạo:

Nam châm điện gồm có hai loại chính đó là loại có nắp từ và loại không có nắp từ.

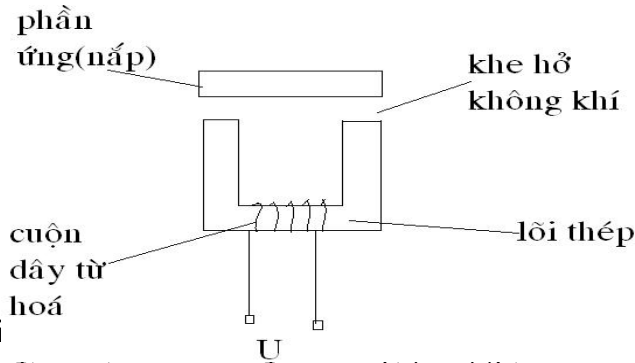
1.2.1. Loại có nắp từ:

a). Cấu tạo gồm có hai phần chính:

➤ Phần điện : gồm có cuộn dây

➤ Phần từ : gồm có lõi sắt và nắp đậy

- Trong phần từ các tỷ số cơ bản đối với mạch từ chúng ta sẽ khảo sát ở hình sau:



• Nắp từ được gọi là lõi thép. Các phần thẳng đứng và song song được gọi là (cọc) thép. dây từ hoá được gọi

- Trong hệ thống nắp hút, phần ứng có thể chuyển động bậc cũng như chuyển động quay
- Cuộn dây từ hoá tạo ra lực từ hoá dưới tác dụng của lực từ này, từ thông được kích thích, từ thông này được khép kín qua các khe hở cũng như giữa các phần khác nhau của mạch từ có thể khác nhau.
- Khe hở không khí được xuất hiện khi di chuyển phần ứng được gọi là khe hở làm việc. Từ thông tương ứng đi qua khe hở làm việc được gọi là từ thông làm việc. Tất cả các từ thông còn lại của mạch từ được gọi là từ thông tản. Lực hút phần ứng của Nam Châm Điện về nguyên tắc được xác định bởi từ thông trong khe hở làm việc.

b). Nguyên Tắc Hoạt Động:

- Khi có dòng điện chạy trong cuộn dây thì sẽ sinh ra một từ trường, từ trường này sẽ sinh ra một lực hút điện từ và hút nắp về phía lõi.
- Khi ngắt dòng điện trong cuộn dây thì lực hút điện từ mất đi lúc này nắp từ bị nhả ra. Hay có thể nói một cách rõ ràng hơn là khi có dòng điện chạy qua trong cuộn dây sẽ sinh ra từ trường, vật liệu sắt từ được đặt trong từ trường sẽ bị từ hoá và có cực tính. Từ thông xuyên qua vật liệu sắt từ theo đường khép kín. Theo qui định, chỗ từ thông đi qua vật liệu sắt từ được gọi là cực Bắc (North) chỗ từ thông đi vào gọi là cực Nam (South).

• Người ta làm vật liệu sắt từ sao cho cực tính của vật liệu sắt từ được tạo ra sẽ trái dấu với cực tính của cuộn dây nên vật liệu sắt từ sẽ bị hút về phía cuộn dây bởi lực hút F. Nếu ta đổi chiều dòng điện trong cuộn dây thì từ trường sẽ đổi chiều, vật liệu sắt từ sau khi bị từ hoá vẫn còn có cực tính trái dấu với cực tính của cuộn dây do đó vật liệu sắt từ vẫn bị hút vào cuộn dây có dòng điện, từ trường sẽ làm cho nắp bị từ hoá và hút nắp về phía lõi.

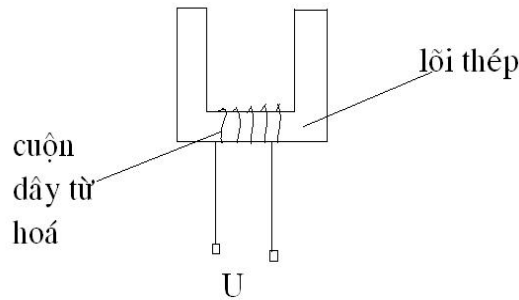
c). Ứng dụng:

Nam Châm Điện loại có nắp được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như trong tự động hoá, trong role nhiệt, trong contactor...

1.2.2. Loại không có nắp từ:

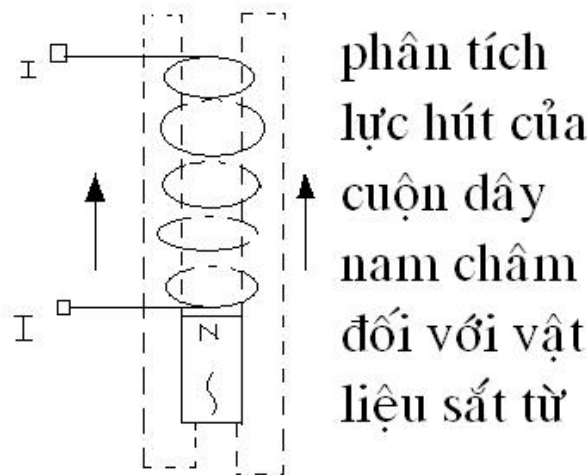
a). Cấu tạo:

Gồm cuộn dây và lõi sắt từ. Đối với loại này, các vật liệu sắt thép bị hút được xem như là nắp. Việc tính toán cơ cấu điện từ rất phức tạp nên ta chỉ đề cập đến các cơ cấu điện từ hay gặp nhiều trong khí cụ điện



b). Nguyên Lý Hoạt Động:

Khi cho dòng điện vào cuộn dây sẽ sinh ra từ trường, vật liệu sắt từ được đặt trong từ trường đó sẽ bị từ hoá và có cực tính. Từ thông xuyên qua vật liệu sắt từ theo đường khép kín. Cũng giống như loại có nắp, theo qui định, chỗ từ thông đi ra ở vật liệu sắt từ gọi là cực Bắc, chỗ từ thông đi vào gọi là cực Nam.



1.3. Ứng dụng:

- **Nam châm điện nâng- hạ.**
Được dùng trong các máy trục để bốc, dỡ, vận chuyển các vật liệu bằng sắt từ (Fe, Ni, Co) hoặc các hợp chất, hợp kim của chúng.
- **Bàn nam châm điện.**
Trong các máy gia công kim loại, thay cho việc gá lắp phôi gia công bằng cơ khí (siết, giữ) Có thể gá lắp bằng từ qua bàn nam châm điện đối với các phôi bằng vật liệu sắt từ.
- **Ly hợp điện từ**
Là cơ cấu ly hợp dùng lực điện từ để truyền mômen từ trục dẫn động sang trục bị dẫn. Các ly hợp điện từ được dùng nhiều trong tự động hóa và điều khiển từ xa.
- **Phanh hãm điện từ.**
Dùng để hãm các chuyển động trong một hệ truyền động mà thông thường là hãm cô trục động cơ truyền động.

Nam châm Điện được sử dụng rộng rãi trong tất cả các lĩnh vực đời sống. Nó không chỉ ứng dụng vào những ngành công nghiệp mà còn ứng dụng rất nhiều trong đời sống con người. Trong hầu hết những thiết bị chuyên dụng, những phương tiện chuyên chở, giao thông vận tải... Đặc biệt là trong thời đại ngày nay, dưới sự phát triển của khoa học kỹ thuật. Nam châm Điện càng được ứng dụng một cách rộng rãi và sâu sắc hơn như trong lĩnh vực nghiên cứu vũ trụ chế tạo những con tàu không gian không người lái, tên lửa đạn đạo... có thể nói Nam châm Điện là một trong những Khí Cụ Điện hết sức quan trọng góp phần vào việc thay đổi bộ mặt chung của nhân loại.

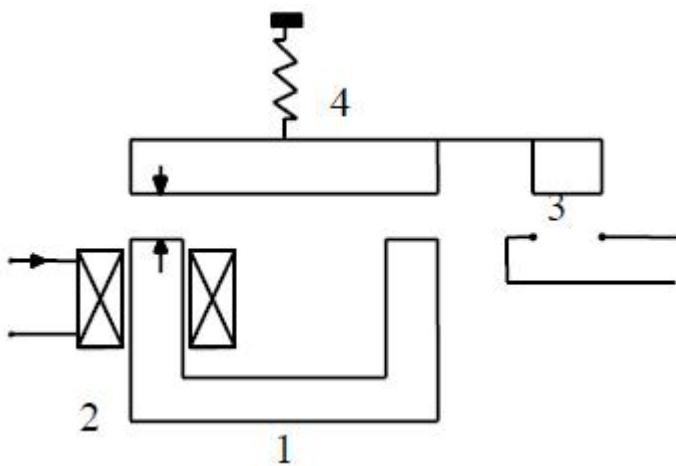
II. ROLE ĐIỆN TỬ:

2.1. Khái niệm:

Là khí cụ điện hạ thế dùng để đóng ngắt các tiếp điểm truyền động bằng điện từ.

2.2. Cấu tạo;

Có cấu tạo giống như công tắc tơ nhưng chỉ có các tiếp điểm điều khiển.



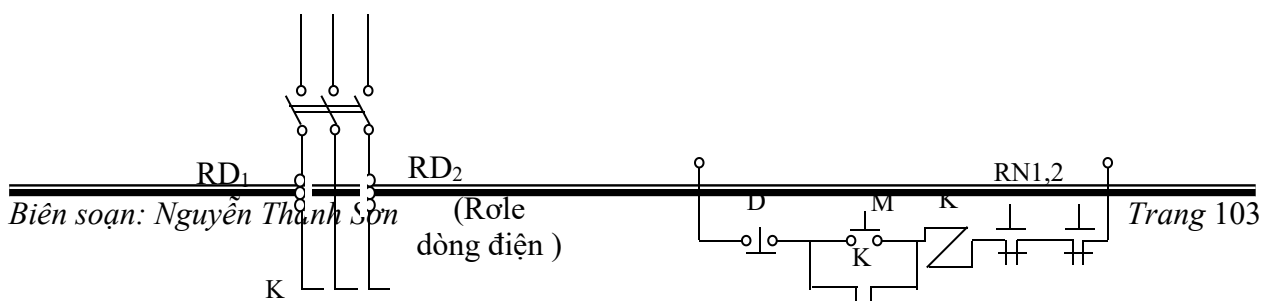
- 1: mạch từ
- 2: cuộn dây
- 3: tiếp điểm
- 4: lò xo kéo

2.3. Nguyên lý hoạt động:

Nguyên lý của role điện từ giống như công tắc tơ nhưng không trực tiếp điều khiển động cơ mà chỉ điều khiển cuộn dây hút của công tắc tơ.

2.4. Role dòng điện:

- Dùng để bảo vệ quá tải và ngắn mạch.
- Cuộn dây hút có ít vòng và quấn bằng dây to mắc nối tiếp với mạch điện cần bảo vệ, thiết bị thường đóng ngắt trên mạch điều khiển.
- Khi dòng điện động cơ tăng lớn đến trị số tác động của rơ-le, lực hút nam châm thắng lực cản lò xo làm mở tiếp điểm của nó, ngắt mạch điện điều khiển qua công tắc tơ K, mở các tiếp điểm của nó tách động cơ ra khỏi lưới.



2.5. Rơ le Điện áp:

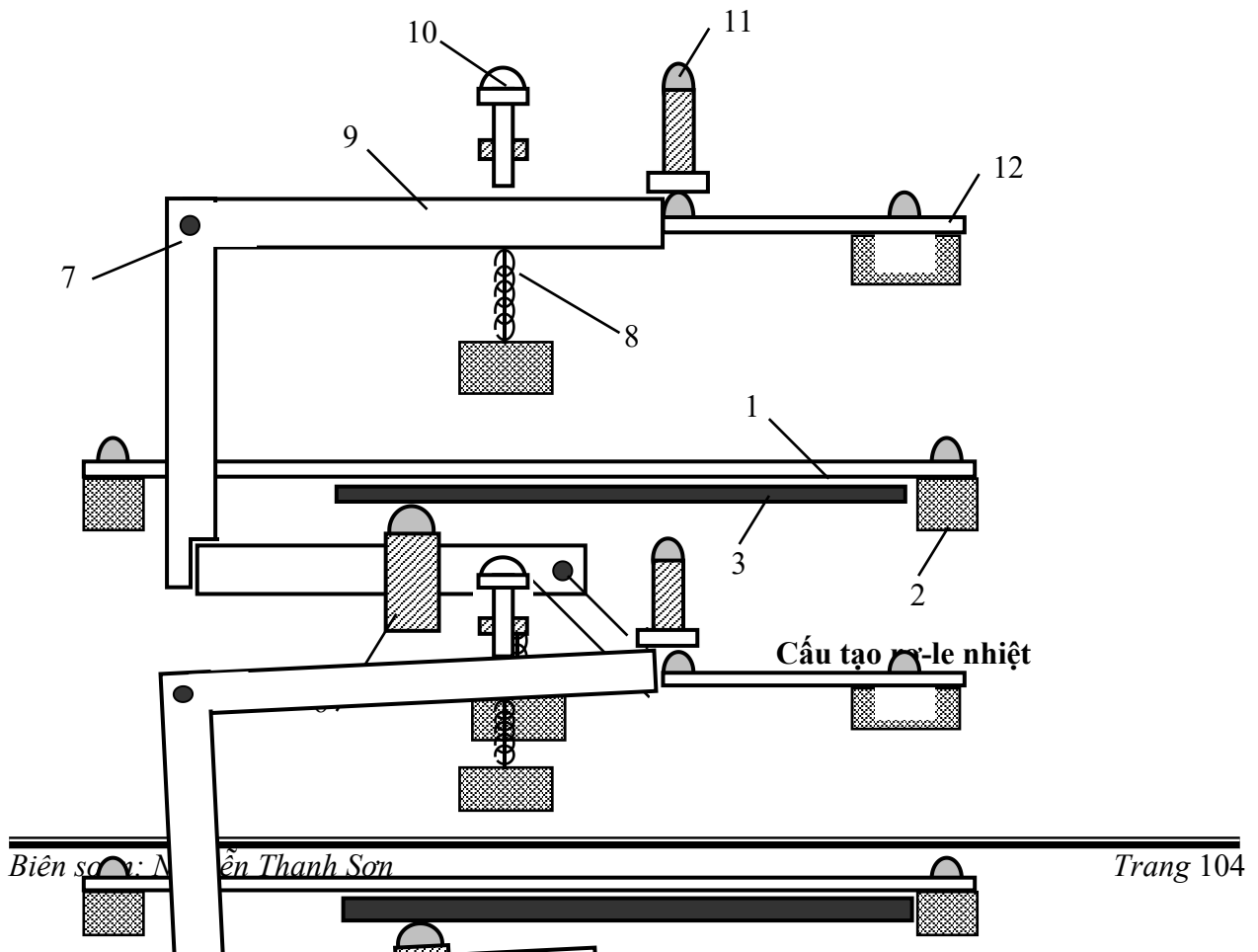
- Dùng để bảo vệ sụt áp mạch điện.
- Cuộn dây hút quán bằng dây nhỏ nhiều vòng mắc song song với mạch điện cần bảo vệ.

Khi điện áp bình thường, rơ-le tác động sẽ làm nóng tiếp điểm của nó. Khi điện áp sụt thấp dưới mức quy định, lực lò xo thắng lực hút của nam châm và mở tiếp điểm.

III. ROLE NHIỆT:

3.1. Khái niệm và cấu tạo:

Rơ-le nhiệt là một loại khí cụ để bảo vệ động cơ và mạch điện khi có sự cố quá tải. Rơ-le nhiệt không tác động tức thời theo trị số dòng điện vì nó có quán tính nhiệt lớn, phải có thời gian phát nóng, do đó nó làm việc có thời gian từ vài giây đến vài phút.

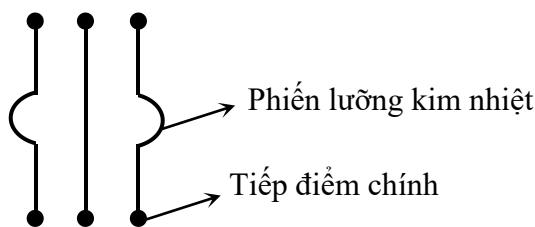


Phần tử phát nóng 1 được đấu nối tiếp với mạch động lực bởi vít 2 và ôm phiến lưỡng kim 3. Vít 6 trên giá nhựa cách điện 5 dùng để điều chỉnh mức độ uốn cong đầu tự do của phiến 3. Giá 5 xoay quanh trục 4, tùy theo trị số dòng điện chạy qua phần tử phát nóng mà phiến lưỡng kim cong nhiều hay ít, đẩy vào vít 6 làm xoay giá 5 để mở ngàm đòn bẩy 9. Nhờ tác dụng lò xo 8, đẩy đòn bẩy 9 xoay quanh trục 7 ngược chiều kim đồng hồ làm mở tiếp điểm động 11 khỏi tiếp điểm tĩnh 12. Nút nhấn 10 để reset rơ-le nhiệt về vị trí ban đầu sau khi phiến lưỡng kim nguội trở về vị trí ban đầu.

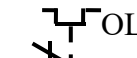
3.2. Nguyên lý hoạt động:

- Nguyên lý chung của rơ-le nhiệt là dựa trên cơ sở tác dụng nhiệt của dòng điện làm giãn nở phiến kim loại kép. Phiến kim loại kép gồm hai lá kim loại có hệ số giãn nở khác nhau (hệ số giãn nở hơn kém nhau 20 lần) ghép chặt với nhau thành một phiến bằng phương pháp cán nóng hoặc hàn. Khi có dòng điện quá tải đi qua, phiến lưỡng kim được đốt nóng, uốn cong về phía kim loại có hệ số giãn nở bé, đẩy cần gạt làm lò xo co lại và chuyển đổi hệ thống tiếp điểm phụ.
- Để rơ-le nhiệt làm việc trở lại, phải đợi phiến kim loại nguội và kéo cần reset của rơ-le nhiệt.

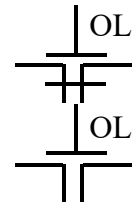
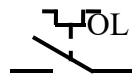
Ký hiệu



Tiếp điểm phụ:



hoặc



3.3. Phân loại Rơ le nhiệt:

Theo kết cấu: rơ-le nhiệt chia thành hai loại: kiểu hở và kiểu kín.

Theo yêu cầu sử dụng: loại một cực và hai cực.

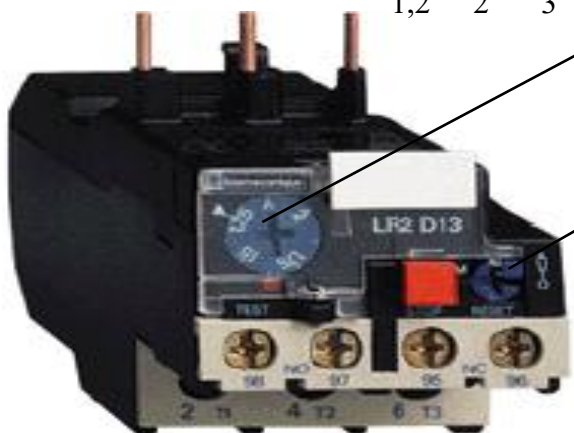
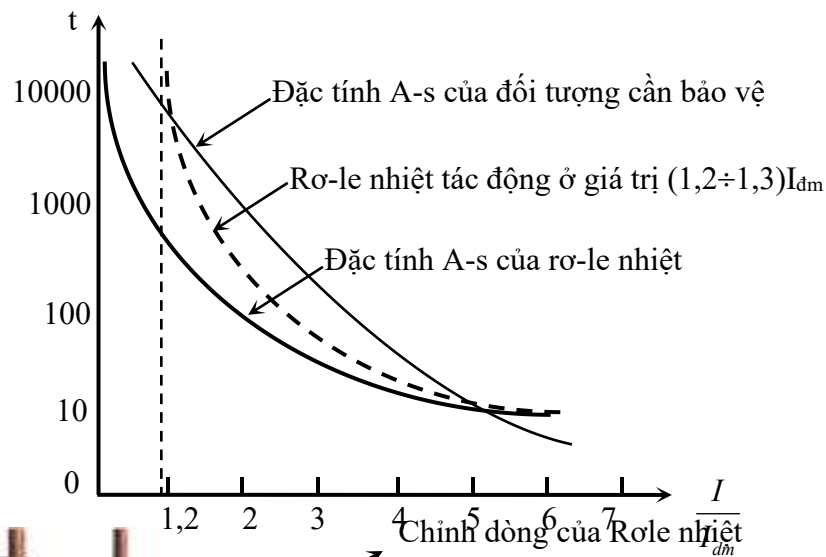
Theo phương thức đốt nóng:

- Đốt nóng trực tiếp: dòng điện đi qua trực tiếp tấm kim loại kép. Loại này có cấu tạo đơn giản, nhưng khi thay đổi dòng điện định mức phải thay đổi tấm kim loại kép, loại này không tiện dụng.

- Đốt nóng gián tiếp: dòng điện đi qua phần tử đốt nóng độc lập, nhiệt lượng toả ra gián tiếp làm tấm kim loại cong lên. Loại này có ưu điểm là muốn thay đổi dòng điện định mức ta chỉ cần thay đổi phần tử đốt nóng. Khuyết điểm của loại này là khi có quá tải lớn, phần tử đốt nóng có thể đạt đến nhiệt độ khá cao nhưng vì không khí truyền nhiệt kém, nên tấm kim loại chưa kịp tác động mà phần tử đốt nóng đã bị cháy đứt.
- Đốt nóng hỗn hợp: loại này tương đối tốt vì vừa đốt trực tiếp vừa đốt gián tiếp. Nó có tính ổn định nhiệt tương đối cao và có thể làm việc ở bội số quá tải lớn.

3.4. Lựa chọn Rơ le nhiệt:

- Đặc tính cơ bản của rơ-le nhiệt là quan hệ giữa dòng điện phụ tải chạy qua và thời gian tác động của nó (gọi là đặc tính thời gian – dòng điện, A-s). Mặt khác, để đảm bảo yêu cầu giữ được tuổi thọ lâu dài của thiết bị theo đúng số liệu kỹ thuật đã cho của nhà sản xuất, các đối tượng bảo vệ cũng cần đặc tính thời gian - dòng điện.
- Lựa chọn đúng rơ-le nhiệt là sao cho đường đặc tính A-s của rơ-le gần sát đường đặc tính A-s của đối tượng cần bảo vệ. Nếu chọn thấp quá sẽ không tận dụng được công suất của động cơ điện, chọn cao quá sẽ làm giảm tuổi thọ của thiết bị cần bảo vệ.
- Trong thực tế, cách lựa chọn phù hợp là chọn dòng điện định mức của rơ-le nhiệt bằng dòng điện định mức của động cơ điện cần bảo vệ, rơ-le sẽ tác động ở giá trị $(1,2 \div 1,3) I_{dm}$. Bên cạnh, chế độ làm việc của phụ tải và nhiệt độ môi trường xung quanh phải được xem xét.



Chế độ Auto/ Hand (A/H)

NO (Normal Open) : tiếp điểm phụ thường hở.

NC (Normal Close) : tiếp điểm phụ thường đóng.

IV. CẦU CHÌ:

4.1. Khái niệm và yêu cầu

Cầu chì là một loại khí cụ điện dùng để bảo vệ thiết bị và lưới điện tránh sự cố ngắn mạch, thường dùng để bảo vệ cho đường dây dẫn, máy biến áp, động cơ điện, thiết bị điện, mạch điện điều khiển, mạch điện thấp sáng.

Cầu chì có đặc điểm là đơn giản, kích thước bé, khả năng cắt lớn và giá thành hạ nên được ứng dụng rộng rãi.

Các tính chất và yêu cầu của cầu chì:

- Cầu chì có đặc tính làm việc ổn định, không tác động khi có dòng điện mở máy và dòng điện định mức lâu dài đi qua.
- Đặc tính A-s của cầu chì phải thấp hơn đặc tính của đối tượng bảo vệ.
- Khi có sự cố ngắn mạch, cầu chì tác động phải có tính chọn lọc.
- Việc thay thế cầu chì bị cháy phải dễ dàng và tốn ít thời gian.

4.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động:

a. Cấu tạo:

Cầu chì bao gồm các thành phần sau:

- *Phần tử ngắt mạch:* đây chính là thành phần chính của cầu chì, phần tử này phải có khả năng cảm nhận được giá trị hiệu dụng của dòng điện qua nó. Phần tử này có giá trị điện trở suất rất bé (thường bằng bạc, đồng, hay các vật liệu dẫn có giá trị điện trở suất nhỏ lân cận với các giá trị nêu trên ..). Hình dạng của phần tử có thể ở dạng là một dây (tiết diện tròn), dạng băng mỏng.

- *Thân của cầu chì:* thường bằng thủy tinh, ceramic (sứ gốm) hay các vật liệu khác tương đương. Vật liệu tạo thành thân của cầu chì phải đảm bảo được hai tính chất :

- Có độ bền cơ khí.
- Có độ bền về điều kiện dẫn nhiệt, và chịu đựng được các sự thay đổi nhiệt độ đột ngột mà không hư hỏng.

- Vật liệu lấp đầy (bao bọc quanh phần tử ngắt mạch trong thân cầu chì) : thường bằng vật liệu silicat ở dạng hạt, nó phải có khả năng hấp thụ được năng lượng sinh ra do hồ quang và phải đảm bảo tính cách điện khi xảy ra hiện tượng ngắt mạch.

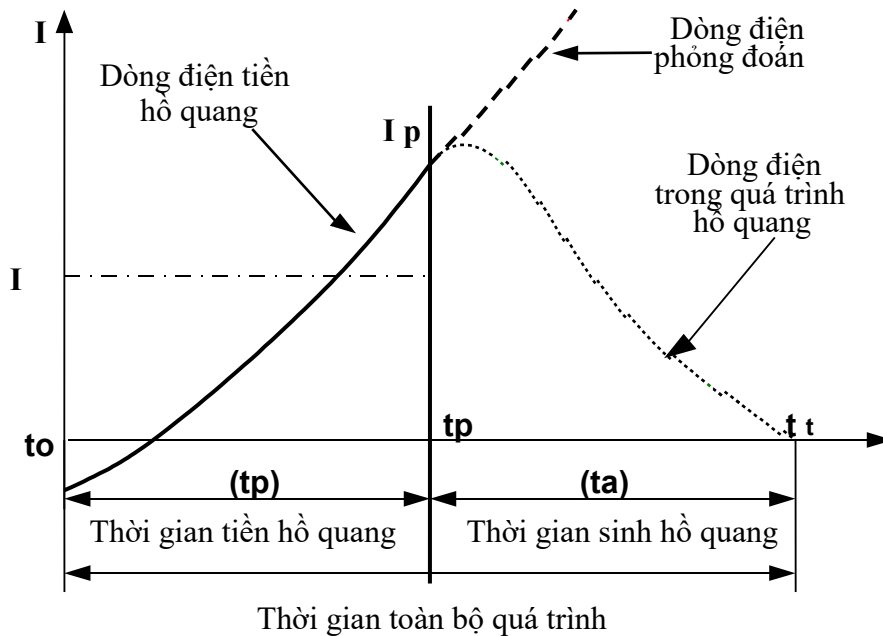
- Các đầu nối: Các thành phần này dùng định vị cố định cầu chì trên các thiết bị đóng ngắt mạch; đồng thời phải đảm bảo tính tiếp xúc điện tốt.

b. Nguyên lý hoạt động:

- Đặc tính cơ bản của cầu chì là sự phụ thuộc của thời gian cháy đứt với dòng điện chạy qua (đặc tính ampe – giây). Để có tác dụng bảo vệ, đường ampe – giây của cầu chì tại mọi điểm phải thấp hơn đặc tính của đối tượng cần bảo vệ.
- Đối với dòng điện định mức của cầu chì: năng lượng sinh ra do hiệu ứng Joule khi có dòng điện định mức chạy qua sẽ tỏa ra môi trường và không gây nên sự nóng chảy, sự cân bằng nhiệt sẽ được thiết lập ở một giá trị mà không gây sự già hóa hay phá hỏng bất cứ phần tử nào của cầu chì.
- Đối với dòng điện ngắn mạch của cầu chì: sự cân bằng trên cầu chì bị phá hủy, nhiệt năng trên cầu chì tăng cao và dẫn đến sự phá hủy cầu chì.

Người ta phân thành hai giai đoạn khi xảy ra sự phá hủy cầu chì:

- Quá trình tiền hồ quang ($t_{BB_{pBB}}$).
- Quá trình sinh ra hồ quang ($t_{BB_{aBB}}$)



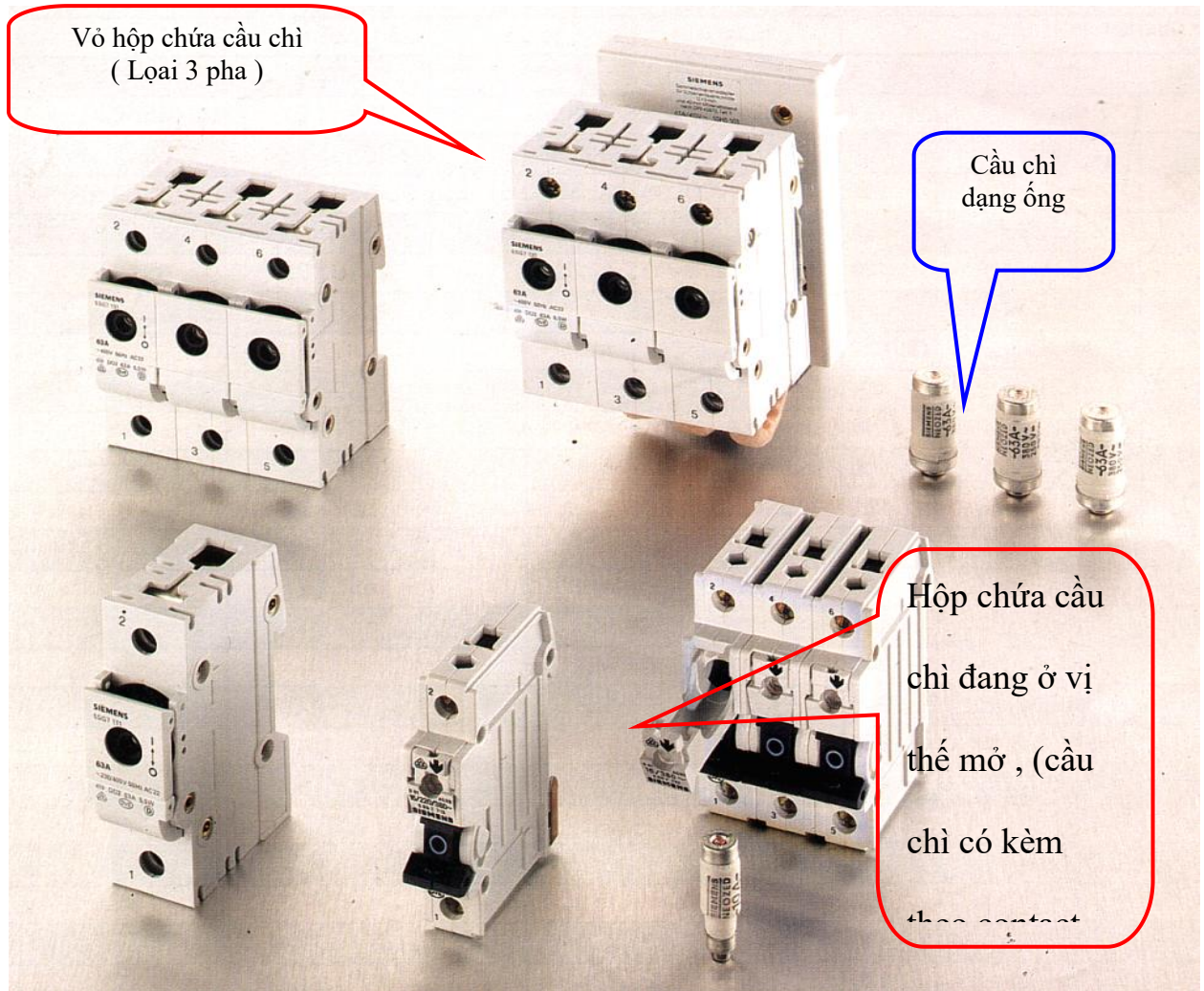
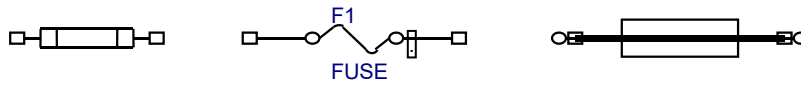
- t_0 : thời điểm bắt đầu sự cố.
- t_p : thời điểm chấm dứt giai đoạn tiền hồ quang.
- t_t : thời điểm chấm dứt quá trình phát sinh hồ quang.
- I_p : của dòng ngắn mạch I_{cc}

Giản đồ thời gian của quá trình phát sinh hồ quang.

- Quá trình tiền hồ quang: giả sử tại thời điểm t_0 phát sinh sự quá dòng, trong khoảng thời gian t_p làm nóng chảy cầu chì và phát sinh ra hồ quang điện. Khoảng thời gian này phụ thuộc vào giá trị dòng điện tạo nên do sự cố và sự cảm biến của cầu chì.
- Quá trình phát sinh hồ quang: tại thời điểm t_p hồ quang sinh ra cho đến thời điểm t_t mới dập tắt toàn bộ hồ quang. Trong suốt quá trình này, năng lượng sinh ra do hồ quang làm nóng chảy các chất làm đầy tại môi trường hồ quang sinh ra; điện áp ở hai đầu cầu chì hồi phục lại, mạch điện được ngắt ra.

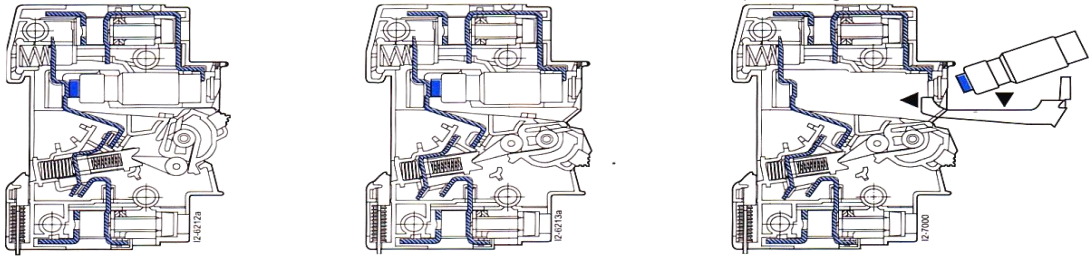
c. Phân loại, ký hiệu, công dụng:

Cầu chì dùng trong lưới điện hạ thế có nhiều hình dạng khác nhau, trong sơ đồ nguyên lý ta thường ký hiệu cho cầu chì theo một trong các dạng sau:



Hình dạng của cầu chì ống, và vỏ hộp (Cầu chì của SIEMENS)

Sơ đồ mô tả cấu tạo bên trong một dạng cầu chì dùng kèm theo contact đóng (ON) mở (OFF).



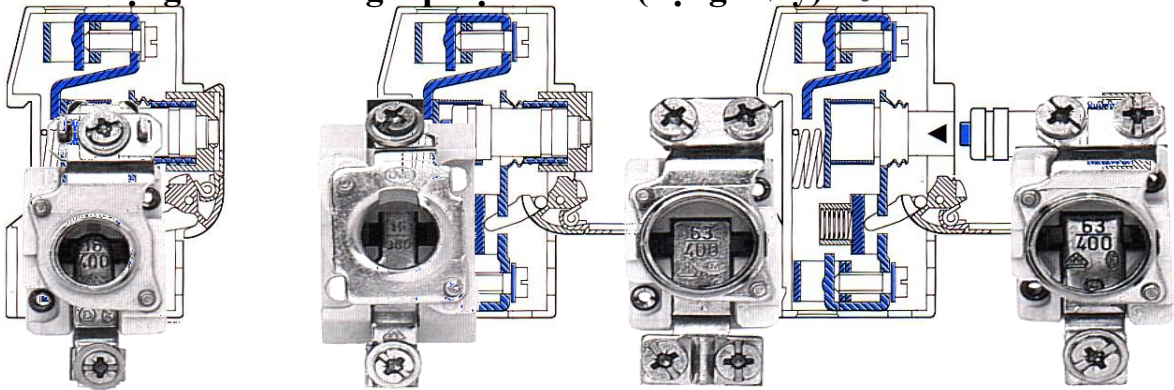
Cầu chì ở dạng ON

Cầu chì ở dạng OFF

Cầu chì ở vị thế đang thay thế

Cấu tạo bên trong một dạng cầu chì dùng kèm theo contact đóng (ON) mở (OFF). Dạng cầu chì trong hình 3.2 và 3.3 không thao tác lắp đặt giống nhau.

Hình dạng của đế dùng lắp đặt cầu chì (dạng xoay)



Cầu chì có thể được chia thành hai dạng cơ bản, tùy thuộc vào nhiệm vụ :

- Cầu chì loại g: cầu chì dạng này có khả năng ngắt mạch, khi có sự cố quá tải hay ngắn mạch xảy ra trên phụ tải.
- Cầu chì loại a: cầu chì dạng này chỉ có khả năng bảo vệ duy nhất trạng thái ngắn mạch trên tải.

Muốn phân biệt nhiệm vụ làm việc của cầu chì, ta cần căn cứ vào đặc tuyến Ampe - giây (là đường biểu diễn mô tả mối quan hệ giữa dòng điện qua cầu chì và thời gian ngắt mạch của cầu chì).

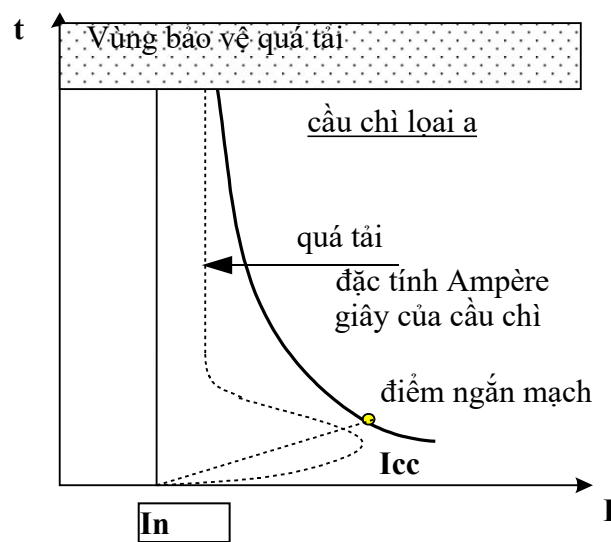
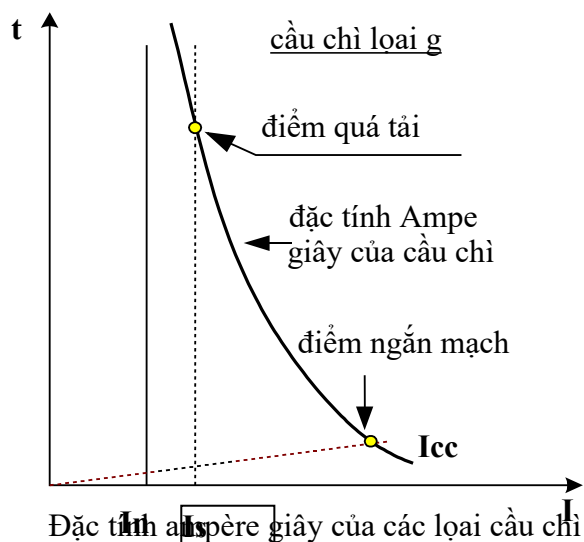
Gọi I_{cc} : giá trị dòng điện ngắn mạch (cc: court – circuit – Pháp văn)

I_s : giá trị dòng điện quá tải (s: surcharge – Pháp văn).

- Với cầu chì loại g: khi có dòng I_{cc} qua mạch nó phải ngắt mạch tức thì, và khi có dòng I_s qua mạch cầu chì không ngắt mạch tức thì mà duy trì một khoảng thời gian mới ngắt mạch (thời gian ngắt mạch và giá trị dòng I_s tỉ lệ nghịch với nhau).

- Với cầu chì loại a: cho phép dòng điện I_s qua mạch trong thời gian dài, và khi có dòng ngắn mạch I_{cc} qua nó, nó không ngắt tức thì mà duy trì một khoảng thời gian mới ngắt mạch (thời gian ngắt mạch và giá trị dòng I_{cc} tỉ lệ nghịch với nhau).

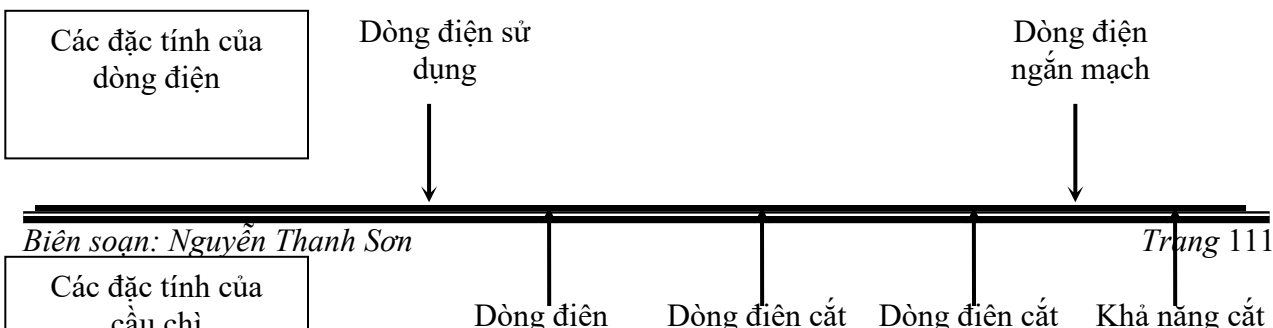
Do đó nếu quan sát hai đặc tính Ampe - giây của hai loại cầu chì a và g; ta nhận thấy đặc tính Ampe - giây của cầu chì loại a nằm xa trục thời gian (trục tung) và cao hơn đặc tính Ampe - giây của cầu chì loại g.



d. Các đặc tính điện của cầu chì:

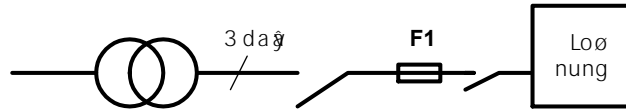
- Điện áp định mức là giá trị điện áp hiệu dụng xoay chiều xuất hiện ở hai đầu cầu chì (khi cầu chì ngắt mạch), tần số của nguồn điện trong phạm vi 48Hz đến 62Hz.
- Dòng điện định mức là giá trị hiệu dụng của dòng điện xoay chiều mà cầu chì có thể tải liên tục thường xuyên mà không làm thay đổi đặc tính của nó.
- Dòng điện cắt cực tiểu là giá trị nhỏ nhất của dòng điện sự cố mà dây chì có khả năng ngắt mạch. Khả năng cắt định mức là giá trị cực đại của dòng điện ngắn mạch mà cầu chì có thể cắt.

Sau đây là các vị trí trên biểu đồ của các dòng điện khác nhau:



Hình ảnh thực tế của cầu chì hãng Merlin Gerin.

Thí Dụ: Một lò nung dùng điện 3 pha có công suất 18KW cần bảo vệ quá tải và ngắn mạch bằng cầu chì. Nguồn điện 3 pha cung cấp là 230V/400V; dòng điện ngắn mạch cho phép đối với máy biến áp nguồn là 10KA (xem sơ đồ đơn tuyến của hệ thống).



- 1/ Chọn theo bảng sau cầu chì F1 dùng bảo vệ các sự cố nêu trên.
- 2/ Gán các giá trị dòng điện vào giản đồ dòng điện.

Bài Giải

1./ Dòng điện định mức qua mỗi dây dẫn đến lò nung là :

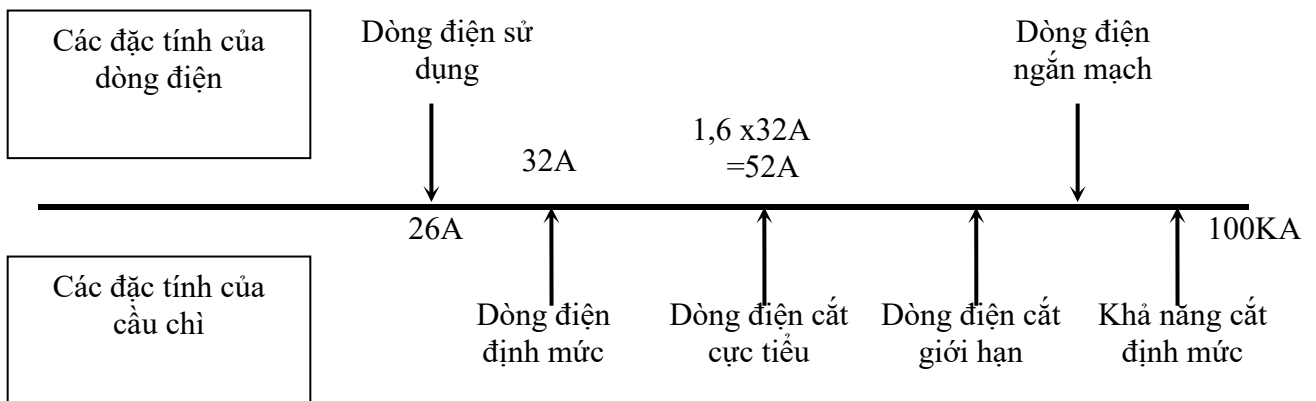
$$I = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3}} = \frac{18.000}{400 \cdot \sqrt{3}} = 25,98 \approx 26A$$

Khi chọn cầu chì F1, căn cứ vào giá trị dòng điện định mức, điện áp nguồn, chức năng bảo vệ, tính chất phụ tải .. kích thước vỏ hộp chứa cầu chì.

- Dòng định mức là 26A.
- Điện áp nguồn (điện áp dây) 400V.
- Bảo vệ quá tải và ngắn mạch.
- Phụ tải thuần trở (lò nung).

Tra bảng tiêu chuẩn, ta chọn loại cầu chì sau cho F1:

2./ Điền các giá trị dòng điện vào bảng



V. THIẾT BỊ CHỐNG RÒ:

5.1. Khái niệm và yêu cầu:

- Cơ thể người rất nhạy cảm với dòng điện, ví dụ: dòng điện nhỏ hơn 10mA thì người có cảm giác kim châm; lớn hơn 10mA thì các cơ bắp co quắp; dòng điện đến 30mA đưa đến tình trạng co thắt, ngạt thở và chết người. Khi thiết bị điện bị hư hỏng rò điện, chạm mát mà người sử

dụng tiếp xúc vào sẽ nhận dòng điện đi qua người xuống đất ở điện áp nguồn. Trong trường hợp này, CB và cầu chì không thể tác động ngắt nguồn điện với thiết bị, gây nguy hiểm cho người sử dụng.

- Nếu trong mạch điện có sử dụng thiết bị chống dòng điện rò thì người sử dụng sẽ tránh được tai nạn do thiết bị này ngắt nguồn điện ngay khi dòng điện rò xuất hiện.
- Thiết bị chống dòng điện rò có một số thương hiệu:

Nước chế tạo	Thương hiệu	Ký hiệu	Tên đầy đủ của ký hiệu
Anh	MEM	RCD	Residual Circuit Devide
Pháp	HAGER	RCBO	Residual Circuit Breakers Over
	MERLIN		
	GERIN		
Nhật Bản	FUJI	ELCB	Earth Leakage Circuit Breaker
	KASUGA		
	TEMPEARL		
Australia	CLIPSAL	RCD	Residual Circuit Devide
Malaysia	LKE	RCCB	Residual Current Circuit Breaker

5.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động:

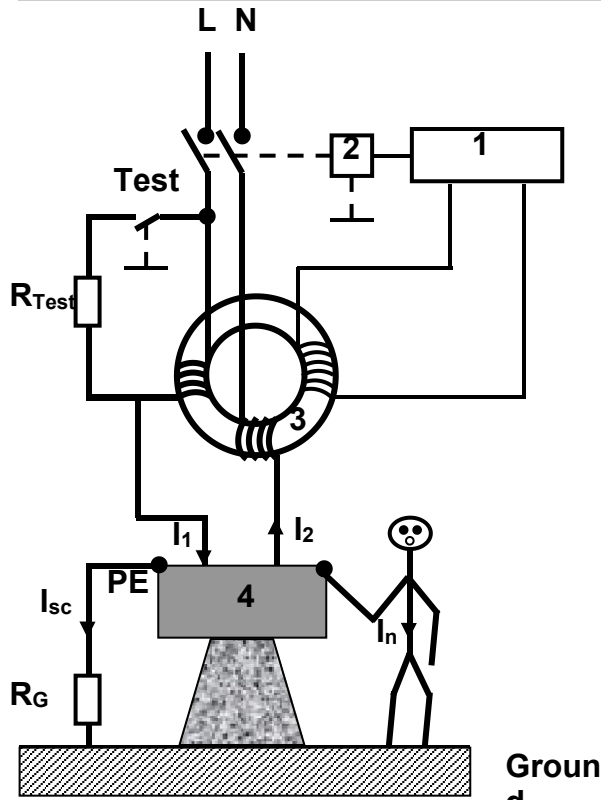
Thiết bị chống dòng điện rò hoạt động trên nguyên lý bảo vệ so lệch, được thực hiện trên cơ sở cân bằng giữa tổng dòng điện vào và tổng dòng điện đi ra thiết bị tiêu thụ điện.

Khi thiết bị tiêu thụ điện bị rò điện, một phần của dòng điện được rẽ nhánh xuống đất, đó là dòng điện rò. Khi đó dòng điện về theo đường dây trung tính rất nhỏ và role so lệch sẽ dò tìm sự mất cân bằng này và điều khiển cắt mạch điện nhờ thiết bị bảo vệ so lệch.

Thiết bị bảo vệ so lệch gồm hai phần tử chính:

- Mạch điện từ ở dạng hình xuyên mà trên đó được quấn các cuộn dây của phần công suất (dây có tiết diện lớn), chịu dòng cung cấp cho thiết bị tiêu thụ điện.
- Role mở mạch cung cấp được điều khiển bởi cuộn dây đo lường (dây có tiết diện bé) cũng được đặt trên hình xuyên này, nó tác động ngắt các cực.

Đối với hệ thống điện một pha:



Chú thích:

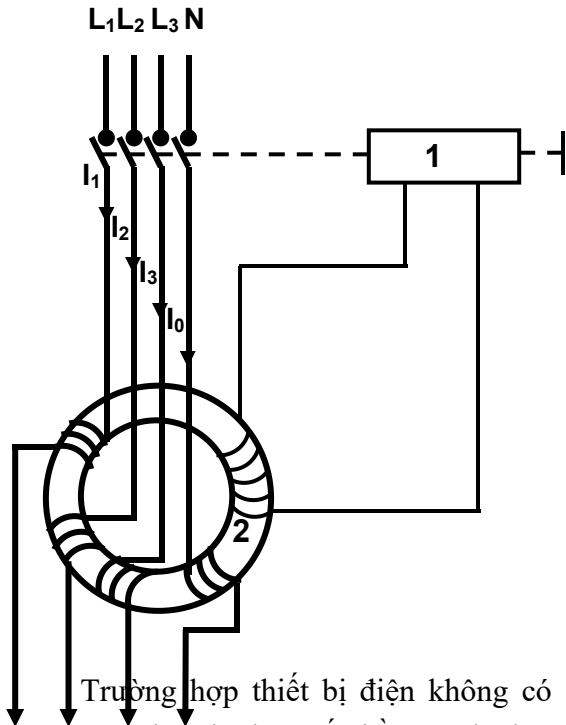
- I_1 : dòng điện đi vào thiết bị tiêu thụ điện.
- I_2 : dòng điện đi từ thiết bị tiêu thụ điện ra.
- I_{sc} : dòng điện sự cố.
- I_n : dòng điện đi qua cơ thể người.
- 1: thiết bị đo lường sự cân bằng.
- 2: cơ cấu nhà.
- 3: lõi từ hình vành xuyên.
- 4: thiết bị tiêu thụ điện.

Trường hợp thiết bị điện không có sự cố: $\vec{I}_1 = \vec{I}_2$

Trường hợp sự cố: $\vec{I}_1 = \vec{I}_2 + \vec{I}_{sc}$

$\vec{I}_1 > \vec{I}_2$ do đó xuất hiện mất sự cân bằng trong hình xuyên từ, dẫn đến cảm ứng một dòng điện trong cuộn dây dò tìm, đưa đến tác động role và kết quả làm mở mạch điện.

Đối với hệ thống điện ba pha:



Chú thích:

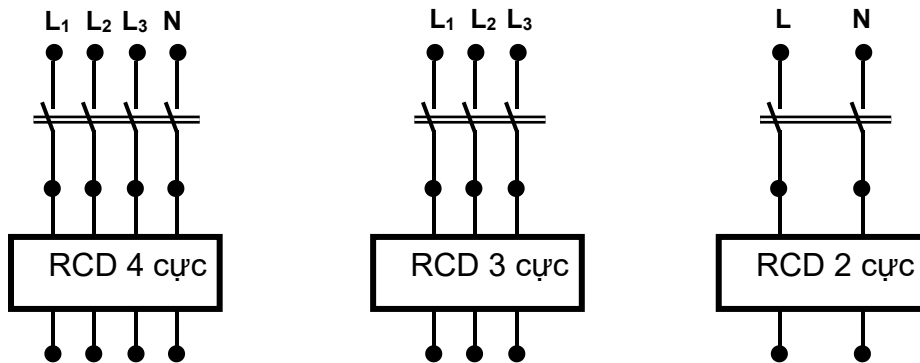
- I_1 : dòng điện đi qua pha 1.
- I_2 : dòng điện đi qua pha 2.
- I_3 : dòng điện đi qua pha 3.
- I_0 : dòng điện đi qua dây trung tính.
- 1: cơ cấu nhà.
- 2: lõi từ hình vành xuyên.

Trường hợp thiết bị điện không có sự cố: $\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 + \vec{I}_0 = 0$ Từ thông tổng trong mạch từ hình xuyên bằng 0, do đó sẽ không có dòng điện cảm ứng trong cuộn dây dò tìm.

Trường hợp thiết bị điện có sự cố: $\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 + \vec{I}_0 \neq 0$

Từ thông tổng trong mạch từ hình xuyên không bằng 0, do đó sẽ có dòng điện cảm ứng trong cuộn dây dò tìm, vậy cuộn dây dò tìm sẽ tác động mở các cực điện.

Phân loại RCD theo cực của hệ thống điện.



RCD tác động tức thời và RCD tác động có thời gian trễ.

5.3. Sự tác động của thiết bị chống dòng điện rò:

a. Sự tác động tin cậy của RCD.

- RCD tác động nhạy và tin cậy.

- Dòng điện tác động rò thực tế luôn thấp hơn dòng tác động rò danh định (ghi trên nhãn hiệu của RCD) khoảng $(25 \div 40)\%$ khi dòng điện rò xuất hiện tăng dần hay đột ngột.
- Thời gian tác động thực tế đều nhỏ hơn thời gian tác động được nhà sản xuất quy định (ghi trên nhãn hiệu) khoảng $(20 \div 80)\%$. Thông thường thời gian tác động cắt mạch được ghi trên nhãn hiệu của RCD là 0,1s và thời gian tác động cắt mạch thực tế nằm trong khoảng $(0,02 \div 0,008)s$.

b. Sự tác động có tính chọn lọc của RCD bảo vệ hệ thống điện – sơ đồ điện.

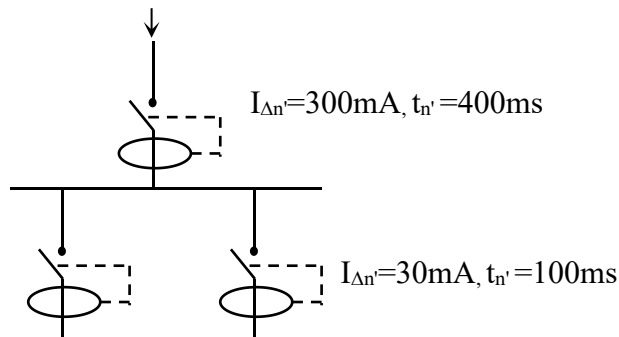
- Khi xuất hiện dòng điện rò đủ lớn ở đoạn đường dây điện hoặc phụ tải, RCD được lắp đặt gần nhất sẽ tác động cắt mạch, tách đoạn dây hoặc phụ tải bị rò điện ra khỏi hệ thống cung cấp điện. Như vậy đảm bảo tính chọn lọc, việc cung cấp điện không ảnh hưởng đến phần còn lại.
- Nếu RCD lắp đặt không đúng yêu cầu kỹ thuật thì RCD đó sẽ không tác động cắt mạch khi xuất hiện dòng điện rò ở phần đường dây hay phụ tải tương ứng với chúng, hoặc tác động không đúng yêu cầu đã đề ra.

Khả năng chọn lọc tổng hợp.

Khả năng chọn lọc tổng hợp là nhằm loại trừ duy nhất thiết bị có sự cố. Để đạt được khả năng này phải thỏa hai điều kiện:

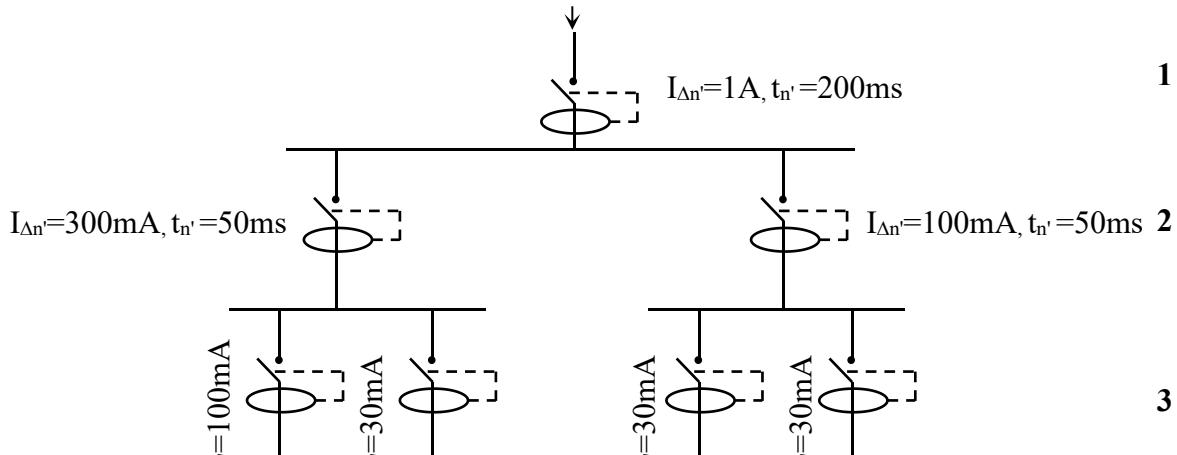
- Dòng điện so lệch dư định mức của RCD ở phía trên phải có giá trị lớn hơn dòng điện so lệch dư định mức của RCD ở phía dưới.
- Thời gian tối thiểu không làm việc của RCD ở phía trên phải có giá trị lớn hơn thời gian tối thiểu không làm việc của RCD ở phía dưới.

Ví dụ:



Khả năng chọn lọc từng phần.

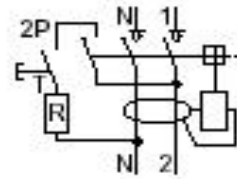
Tính chọn lọc được gọi là từng phần vì nó không tiếp nhận đối với một số giá trị dòng điện sự cố. Tính chọn lọc được thỏa mãn khi các hệ quả của một số sự cố có thể kéo theo ngắt điện từng phần hay ngắt điện toàn bộ hệ thống cung cấp điện. sau đây là ví dụ về tính chọn lọc từng phần:



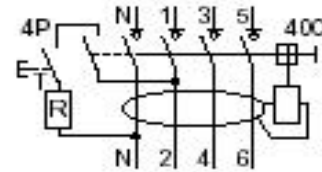
Hệ thống cung cấp điện công nghiệp với khả năng chọn lọc tổng ở ba mức chậm (trễ) mức 1: chậm 200ms; mức 2: chậm 50ms; mức 3: không có thời gian trễ. Hình ảnh thực tế của thiết bị chống dòng rò hãng Merlin Gerin.



23525



I. CÔ 23530



1.1. Khái niệm và yêu cầu:

Contactơ là một loại khí cụ điện dùng để đóng ngắt các tiếp điểm, tạo liên lạc trong mạch điện bằng nút nhấn. Như vậy khi sử dụng contactơ ta có thể điều khiển mạch điện từ xa có phụ

tải với điện áp đến 500V và dòng là 600A (vị trí điều khiển, trạng thái hoạt động của contactor rất xa vị trí các tiếp điểm đóng ngắt mạch điện).

Phân loại contactor tùy theo các đặc điểm sau:

- Theo nguyên lý truyền động: ta có contactor kiểu điện từ (truyền điện bằng lực hút điện từ), kiểu hơi ép, kiểu thủy lực. Thông thường sử dụng contactor kiểu điện từ.
- Theo dạng dòng điện: contactor một chiều và contactor xoay chiều (contactor 1 pha và 3 pha).

1.2. Cấu tạo và Nguyên lý hoạt động

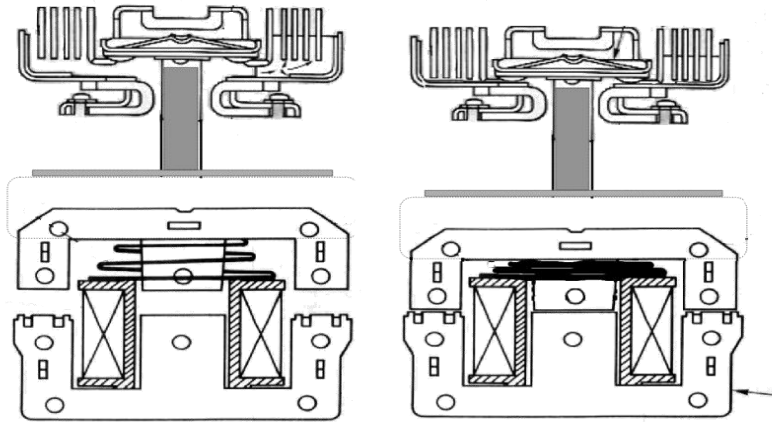
a. Cấu tạo

Contactor được cấu tạo gồm các thành phần: cơ cấu điện từ (nam châm điện), hệ thống dập hồ quang, hệ thống tiếp điểm (tiếp điểm chính và phụ).

Nam châm điện:

Nam châm điện gồm có 4 thành phần:

- + Cuộn dây dùng tạo ra lực hút nam châm.
- + Lõi sắt (hay mạch từ) của nam châm gồm hai phần: phần cố định, và phần nắp di động. Lõi thép nam châm có thể có dạng EE, EI hay dạng CI.
- + Lò xo phản lực có tác dụng đẩy phần nắp di động trở về vị trí ban đầu khi ngừng cung cấp điện vào cuộn dây.



Trạng thái nam châm chưa hút

Trạng thái nam châm tạo lực hút

Hệ thống dập hồ quang điện:

Khi contactor chuyển mạch, hồ quang điện sẽ xuất hiện làm các tiếp điểm bị cháy, mòn dần. Vì vậy cần có hệ thống dập hồ quang gồm nhiều vách ngăn làm bằng kim loại đặt cạnh bên hai tiếp điểm tiếp xúc nhau, nhất là ở các tiếp điểm chính của contactor.

Hệ thống tiếp điểm của contactor:

Hệ thống tiếp điểm liên hệ với phần lõi từ di động qua bộ phận liên động về cơ. Tùy theo khả năng tải dẫn qua các tiếp điểm, ta có thể chia các tiếp điểm của contactor thành hai loại:

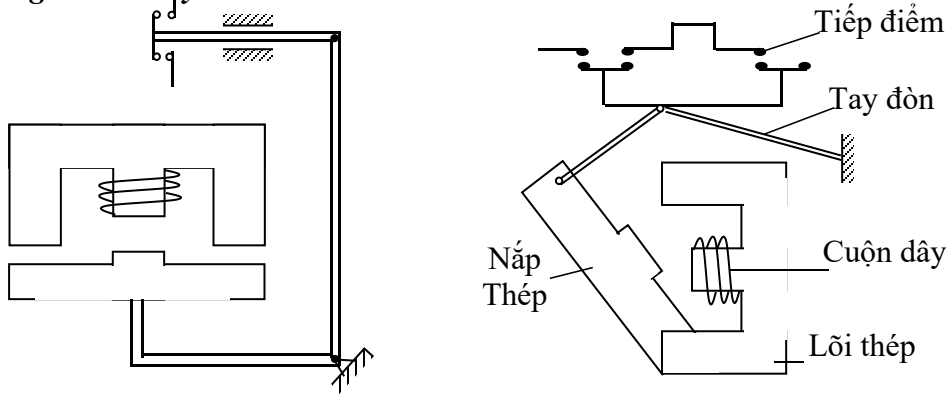
- **Tiếp điểm chính:** có khả năng cho dòng điện lớn đi qua (từ 10A đến vài nghìn A, thí dụ khoảng 1600A hay 2250A). Tiếp điểm chính là tiếp điểm thường hở đóng lại khi cấp nguồn vào mạch từ của contactor làm mạch từ contactor hút lại.
- **Tiếp điểm phụ:** có khả năng cho dòng điện đi qua các tiếp điểm nhỏ hơn 5A. Tiếp điểm phụ có hai trạng thái: thường đóng và thường hở,
- **Tiếp điểm thường đóng** là loại tiếp điểm ở trạng thái đóng (có liên lạc với nhau giữa hai tiếp điểm) khi cuộn dây nam châm trong contactor ở trạng thái nghỉ (không được cung cấp điện). Tiếp điểm này hở ra khi contactor ở trạng thái hoạt động. Ngược lại là tiếp điểm thường hở.

Như vậy, hệ thống tiếp điểm chính thường được lắp trong mạch điện động lực, còn các tiếp điểm phụ sẽ lắp trong hệ thống mạch điều khiển (dùng điều khiển việc cung cấp điện đến các cuộn dây nam châm của các contactor theo quy trình định trước).

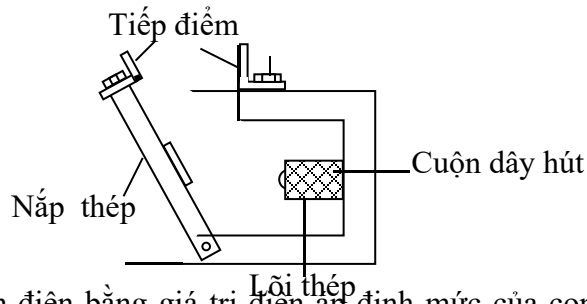
Theo một số kết cấu thông thường của contactor, các tiếp điểm phụ có thể được liên kết cố định về số lượng trong mỗi bộ cotactor; tuy nhiên cũng có một vài nhà sản xuất chỉ bố trí cố định số tiếp điểm chính trên mỗi contactor; còn các tiếp điểm phụ được chế tạo thành những khối rời riêng lẻ. Khi cần sử dụng ta chỉ ghép thêm vào trên contactor, số lượng tiếp điểm phụ trong trường hợp này có thể bố trí tùy ý.

b. Nguyên lý hoạt động

Công tắc tơ xoay chiều



Contactor một chiều



- Khi cấp nguồn điện bằng giá trị điện áp định mức của contactor vào hai đầu của cuộn dây quấn trên phần lõi từ cố định thì lực từ tạo ra hút phần lõi từ di động hình thành mạch từ kín (lực từ lớn hơn phản lực của lò xo), contactor ở trạng thái hoạt động. Lúc này nhờ vào bộ phận liên động về cơ giữa lõi từ di động và hệ thống tiếp điểm làm cho tiếp điểm chính đóng lại, tiếp điểm phụ chuyển đổi trạng thái (thường đóng sẽ mở ra, thường hở sẽ đóng lại) và duy trì trạng thái này. Khi ngưng cấp nguồn cho cuộn dây thì contactor ở trạng thái nghỉ, các tiếp điểm trở về trạng thái ban đầu.
- Các ký hiệu dùng biểu diễn cho cuộn dây (nam châm điện) trong contactor và các loại tiếp điểm. Ta có nhiều tiêu chuẩn của các quốc gia khác nhau, dùng biểu diễn cho cuộn dây và tiếp điểm của contactor; để dễ phân biệt ta có thể tóm tắt trong bảng ký hiệu như sau:

ĐẠI LƯỢNG	KÝ HIỆU THEO TIÊU CHUẨN					
	CHÂU ÂU		MỸ		LIÊN XÔ	
	Mạch điều khiển	Mạch động lực	Mạch điều khiển	Mạch động lực	Mạch điều khiển	Mạch động lực
CUỘN DÂY (NAM CHÂM ĐIỆN)						
TIẾP ĐIỂM THƯỜNG ĐÓNG						
TIẾP ĐIỂM THƯỜNG HỞ						

Chú ý:

Trong một sơ đồ mạch sử dụng nhiều contactor, muốn phân biệt các cuộn dây và tiếp điểm của contactor, ta thực hiện qui ước như sau:

- Ghi ký hiệu, hay mã số cho cuộn dây của contactor (thí dụ M, R, S...)
- Các tiếp điểm thuộc về contactor nào thì mang cùng mã số cuộn dây contactor đó. Với ký hiệu cuộn dây của MỸ, ta ghi mã số cuộn dây ngay tâm vòng tròn ký hiệu của cuộn dây, với các ký hiệu khác, ta ghi liền ngay cạnh ký hiệu.

1.3. Các Thông Số Cơ Bản Của Contactor:

a. Điện áp định mức

- Điện áp định mức của contactor U_{dm} là điện áp của mạch điện tương ứng mà tiếp điểm chính phải đóng ngắt, chính là điện áp đặt vào hai đầu cuộn dây của nam châm điện sao cho mạch từ hút lại.
- Cuộn dây hút có thể làm việc bình thường ở điện áp trong giới hạn (85-105)% điện áp định mức của cuộn dây. Thông số này được ghi trên nhãn đặt ở hai đầu cuộn dây contactor, có các cấp điện áp định mức: 110V, 220V, 440V một chiều và 127V, 220V, 380V, 500V xoay chiều.

b. Dòng điện định mức:

- Dòng điện định mức của contactor I_{dm} là dòng điện định mức đi qua tiếp điểm chính trong chế độ làm việc lâu dài, thời gian contactor ở trạng thái đóng không quá 8 giờ.
- Dòng điện định mức của contactor hạ áp thông dụng có các cấp là: 10A, 20A, 25A, 40A, 60A, 75A, 100A, 150A, 250A, 300A, 600A. Nếu contactor đặt trong tủ điện thì dòng điện định mức phải lấy thấp hơn 10% vì làm kém mát, dòng điện cho phép qua contactor còn phải lấy thấp hơn nữa trong chế độ làm việc dài hạn.

c. Khả năng cắt và khả năng đóng

Khả năng cắt của contactor điện xoay chiều đạt bội số đến 10 lần dòng điện định mức với phụ tải điện cảm.

Khả năng đóng: contactor điện xoay chiều dùng để khởi động động cơ điện cần phải có khả năng đóng từ 4 đến 7 lần I_{dm} .

d. Tuổi thọ của contactor:

Tuổi thọ của contactor được tính bằng số lần đóng mở, sau số lần đóng mở ấy thì contactor sẽ bị hỏng và không dùng được.

e. Số lần thao tác

Là số lần đóng cắt contactor trong một giờ. Có các cấp: 30, 100, 120, 150, 300, 600, 1200, 1500 lần / h.

f. Tính ổn định lực điện động

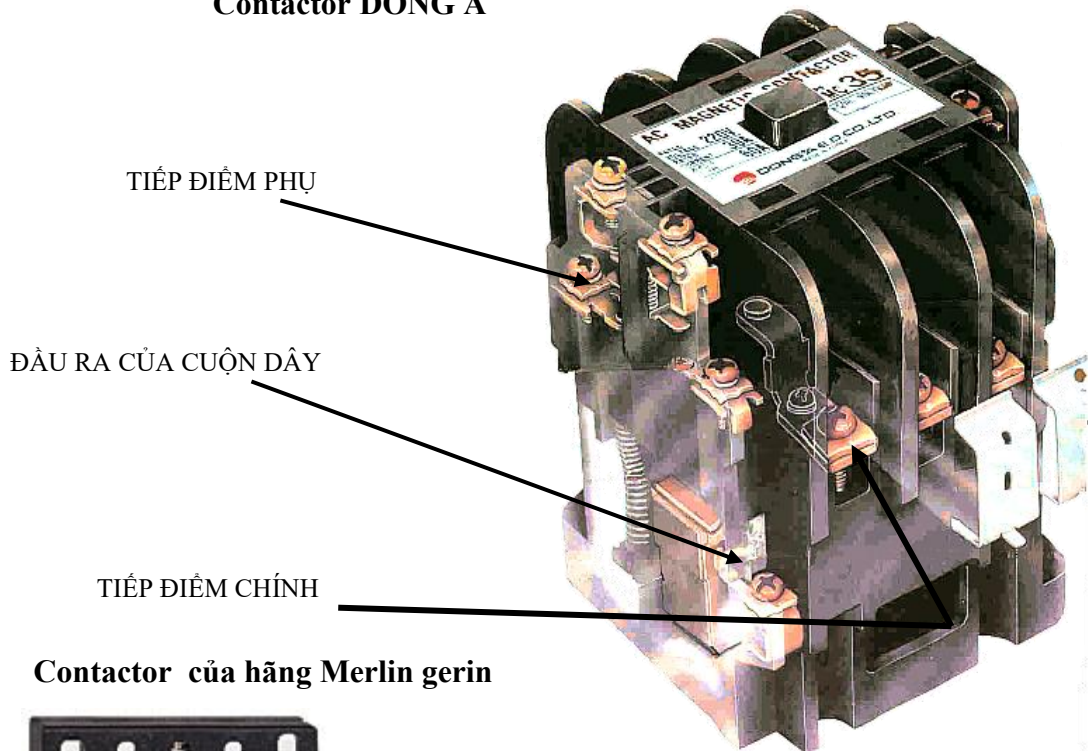
Tiếp điểm chính của contactor cho phép một dòng điện lớn đi qua (khoảng 10 lần dòng điện định mức) mà lực điện động không làm tách rời tiếp điểm thì contactor có tính ổn định lực điện động.

g. Tính ổn định nhiệt

Contactor có tính ổn định nhiệt nghĩa là khi có dòng điện ngắn mạch chạy qua trong một khoảng thời gian cho phép, các tiếp điểm không bị nóng chảy và hàn dính lại.

Sau đây là một số hình ảnh cụ thể của contactor.

Contactor DONG A



Contactor của hãng Merlin gerin



1.4. Các chế độ sử dụng

- Tùy theo giá trị dòng điện mà contactor phải làm việc trong lúc bình thường hay khi cắt mà người ta dùng các cỡ khác nhau, bên cạnh đó phụ thuộc vào loại hộ tiêu thụ, điều kiện đóng mở, quá trình khởi động nặng nhẹ, đảo chiều, hãm.... Sau đây là các loại chế độ sử dụng của contactor.
- Các contactor sử dụng điện xoay chiều: ký hiệu AC1; AC2; AC3; AC4.

- Theo tiêu chuẩn IEC (International Electrotechnical Commission) thiết kế hay lựa chọn contactor theo chế độ làm việc, ta chú ý đến các ký hiệu AC ghi trên contactor. Ý nghĩa của các ký hiệu và phạm vi sử dụng contactor được trình bày tóm tắt như sau:

Ký hiệu AC1:

Qui định giá trị dòng điện định mức qua các tiếp điểm chính của contactor, khi contactor được chọn lựa để đóng ngắt cho những thiết bị, khí cụ điện, các loại phụ tải xoay chiều có hệ số công suất ít nhất phải bằng 0,95 ($\cos\varphi \geq 0,95$).

Ví dụ dùng cho những điện trở ở dạng sưởi ấm, lưới phân phối có hệ số công suất lớn hơn 0,95.

Ký hiệu AC2:

Contactor khi được chọn lựa theo trạng thái này, dùng để khởi động phanh nhả (plugging), phanh ngược (reverse current braking) cho động cơ không đồng bộ rotor dây quấn.

Khi các tiếp điểm contactor đóng kín mạch, hình thành dòng điện khởi động, giá trị dòng điện này bằng khoảng 2,5 lần dòng điện định mức của động cơ. Khi các tiếp điểm contactor hở mạch, ngắt dòng điện khởi động của động cơ, điện áp xuất hiện giữa hai cực của tiếp điểm không lớn hơn điện áp định mức của nguồn điện cung cấp.

Ví dụ như: động cơ ở máy in, nâng hàng...

Ký hiệu AC3:

Contactor khi được chọn lựa theo trạng thái này, dùng để đóng ngắt động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc trong suốt các quá trình vận hành thông thường.

Khi các tiếp điểm contactor đóng kín mạch, hình thành dòng điện khởi động, có giá trị bằng khoảng 5 đến 7 lần giá trị dòng điện định mức của động cơ. Khi các tiếp điểm contactor hở mạch, ngắt dòng điện định mức của động cơ, lúc đó điện áp xuất hiện giữa hai cực của tiếp điểm chỉ lớn khoảng 20% điện áp định mức của nguồn điện cung cấp.

Ví dụ như: các động cơ lồng sóc thông dụng: động cơ thang máy, băng chuyền, cần cẩu, máy nén, máy điều hòa nhiệt độ...

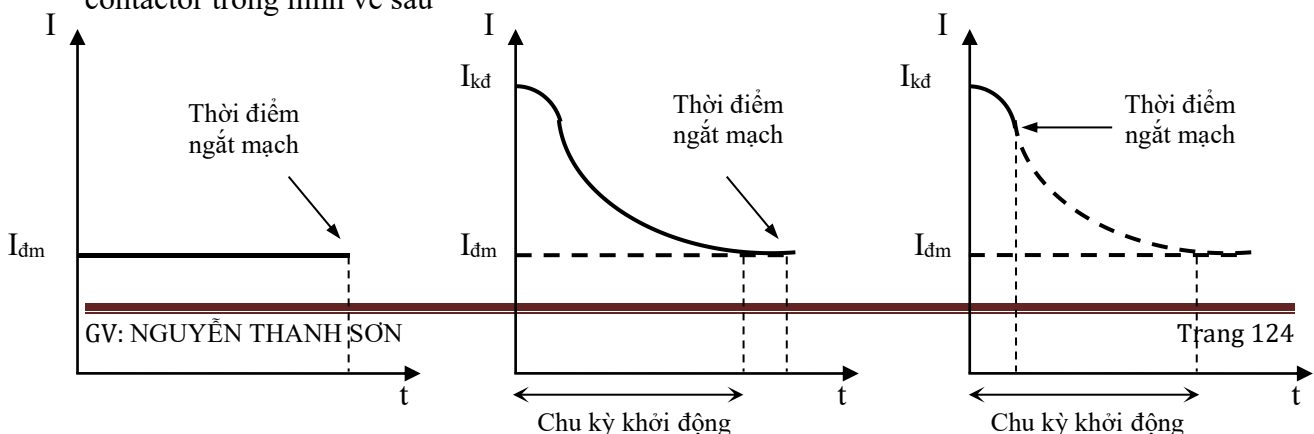
Ký hiệu AC 4:

- Contactor khi được chọn lựa theo trạng thái này dùng để khởi động, phanh nhả, phanh ngược... động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc.

- Khi các tiếp điểm contactor đóng kín mạch, tại dòng điện đỉnh, có giá trị bằng khoảng 5 đến 7 lần giá trị dòng điện định mức của động cơ. Khi các tiếp điểm contactor hở mạch, ngắt dòng điện tại giá trị lớn tương tự như nêu trên, lúc đó điện áp xuất hiện giữa hai cực của tiếp điểm lớn bằng mức điện áp định mức của nguồn điện cung cấp.

- Loại này được sử dụng cho các động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc trong máy in, máy nâng hàng, trong công nghiệp luyện kim...

- Ta có giản đồ thời gian mô tả các chế độ hoạt động AC1, AC2, AC3 và AC4 của contactor trong hình vẽ sau



- Các contactor sử dụng điện một chiều: DC1, DC2, DC3, DC4, DC5.

Theo tiêu chuẩn IEC, sử dụng các contactor để đóng ngắt các phụ tải một chiều (DC load) được phân thành 5 chế độ hoạt động (contactor dùng trong trường hợp này là contactor một chiều, điện áp cung cấp vào cuộn dây contactor là loại điện áp một chiều).

Ký hiệu DC1:

- Các contactor mang ký hiệu DC1 dùng đóng cắt cho tất cả các phụ tải một chiều (DC load) có thời hằng ($T = L/R$) nhỏ hơn hay bằng 1ms.
- DC1 được sử dụng cho các hộ tiêu thụ, phụ tải không có tính cảm ứng hoặc tính cảm ứng bé, các lò điện trở.

Ký hiệu DC2:

- Các contactor mang ký hiệu DC2 được sử dụng để đóng ngắt mạch động cơ một chiều kích từ song song. Hằng số thời gian của mạch tải khoảng 7,5 ms.
- Khi các tiếp điểm đóng kín mạch hình thành dòng điện khởi động, dòng điện này có giá trị khoảng 2,5 lần dòng điện định mức của động cơ.
- Khi tiếp điểm của contactor ngắt mạch, cắt dòng điện định mức động cơ; lúc đó điện áp xuất hiện giữa hai cực của tiếp điểm là hàm số phụ thuộc theo sức phản điện của phần ứng động cơ, sự ngắt mạch xảy ra nhẹ nhàng.

Ký hiệu DC3:

- Các contactor mang ký hiệu này được sử dụng trong các trường hợp khởi động, phanh nhả, hay phanh ngược các động cơ một chiều kích từ song song. Thời hằng của mạch tải nhỏ hơn 2 ms.
- Khi các tiếp điểm đóng kín mạch hình thành dòng điện khởi động, dòng điện có giá trị khoảng 2,5 lần dòng điện định mức của động cơ.
- Khi các tiếp điểm của contactor ngắt mạch, cắt dòng điện có giá trị khoảng 2,5 lần giá trị dòng điện định mức qua mạch của động cơ, lúc đó điện áp xuất hiện giữa hai cực của tiếp điểm có thể lớn hơn điện áp nguồn cung cấp. Điện áp xuất hiện lớn khi tốc độ quay của động cơ thấp, sức phản điện của phần ứng có giá trị thấp, sự ngắt mạch xảy ra nặng nề thực hiện khó khăn.

Ký hiệu DC4:

- Các contactor mang ký hiệu này được sử dụng đóng ngắt mạch phụ tải là động cơ một chiều kích từ nối tiếp. Thời hằng của mạch phụ tải khoảng 10ms.
- Khi các tiếp điểm đóng kín mạch hình thành dòng điện khởi động dòng điện này có giá trị khoảng 2,5 lần dòng điện định mức của động cơ. Khi các tiếp điểm của contactor ngắt

mạch, cắt dòng điện có giá trị khoảng 1/3 lần giá trị dòng điện định mức qua mạch của động cơ; lúc đó điện áp xuất hiện giữa hai cực của tiếp điểm khoảng 20% điện áp nguồn cung cấp.

- Trong phạm vi ứng dụng này số lần đóng cắt trong một giờ có thể gia tăng. Sự ngắt mạch xảy ra nhẹ nhàng.

Ký hiệu DC5:

- Các contactor mang ký hiệu này được sử dụng khởi động, phanh ngược, đảo chiều quay động cơ một chiều kích từ nối tiếp. Thời hằng của mạch phụ tải nhỏ hơn hay bằng 7,5 ms.
- Khi các tiếp điểm đóng kín mạch hình thành dòng điện định có giá trị 2,5 lần dòng điện định mức của động cơ.
- Khi các tiếp điểm của contactor ngắt mạch, cắt dòng điện có giá trị lớn khoảng giá trị dòng điện định nêu trên; lúc đó điện áp xuất hiện giữa hai cực của tiếp điểm lớn bằng mức điện áp nguồn cung cấp. Sự ngắt mạch xảy ra khó khăn.

ĐẶC TÍNH CỦA CONTACTOR KHI SỬ DỤNG THEO CÁC CHẾ ĐỘ TRONG MẠCH XOAY CHIỀU AC:

LOẠI TẢI	Chế Độ	Vận hành bình thường						Vận hành đặc biệt					
		Đóng mạch			Ngắt mạch			Đóng mạch			Ngắt mạch		
		$\frac{I}{I_E}$	$\frac{U}{U_E}$	$\cos\varphi$	$\frac{I}{I_E}$	$\frac{U}{U_E}$	$\cos\varphi$	$\frac{I}{I_E}$	$\frac{U}{U_E}$	$\cos\varphi$	$\frac{I}{I_E}$	$\frac{U}{U_E}$	$\cos\varphi$
Tải thuần trở (không tính cảm)	AC1	1		0.95	1	1	0.95	1.5	1.1	0.95	1.5	1.1	0.95
Động cơ rotor dây quấn	AC2	2.5		0.65	2.5	1	0.65	4	1.1	0.65	4	1.1	0.65
Động cơ rotor lồng sóc	AC3	6		0.35	1	0.17	0.35	8	1.1	0.35	6	1.1	0.35
Động cơ rotor lồng sóc	AC4	6		0.35	6	1	0.35	10	1.1	0.35	8	1.1	0.35

ĐẶC TÍNH CỦA CONTACTOR KHI SỬ DỤNG THEO CÁC CHẾ ĐỘ TRONG MẠCH MỘT CHIỀU DC:

Loại Tải	Chế Độ	Vận hành bình thường						Vận hành đặc biệt					
		Đóng mạch			Ngắt mạch			Đóng mạch			Ngắt mạch		
		$\frac{I}{I_E}$	$\frac{L}{R}$	$\frac{U}{U_E}$	$\frac{I}{I_E}$	$\frac{U}{U_E}$	$\frac{L}{R}$	$\frac{I}{I_E}$	$\frac{U}{U_E}$	$\frac{L}{R}$	$\frac{I}{I_E}$	$\frac{U}{U_E}$	$\frac{L}{R}$
Tải thuần trở (không tính cảm)	DC1	1		0.95	1	1	0.95	1.5	1.1	0.95	1.5	1.1	0.95
Động cơ DC kích từ song song (vận hành)	DC2	2.5		0.65	2.5	1	0.65	4	1.1	0.65	4	1.1	0.65

bình thường)													
Động cơ DC kích từ song song (khởi động, hãm phanh dòng điện ngược)	DC3	6		0.35	1	0.17	0.35	8	1.1	0.35	6	1.1	0.35
Động cơ DC kích từ nối tiếp (vận hành bình thường)	DC4	2.5		0.65	2.5	1	0.65	4	1.1	0.65	4	1.1	0.65
Động cơ DC kích từ nối tiếp (khởi động, hãm phanh dòng điện ngược)	DC5	6		0.35	1	0.17	0.35	8	1.1	0.35	6	1.1	0.35

II. KHỞI ĐỘNG TỪ:

2.1. Khái quát và công dụng

- Khởi động từ là một loại khí cụ điện dùng để điều khiển từ xa việc đóng – ngắt, đảo chiều và bảo vệ quá tải (nếu có lắp thêm role nhiệt) các động cơ không đồng bộ ba pha rôto lồng sóc.
- Khởi động từ có một contactor gọi là khởi động từ đơn thường để đóng-ngắt động cơ điện. Khởi động từ có hai contactor gọi là khởi động từ kép dùng để thay đổi chiều quay của động cơ gọi là khởi động từ đảo chiều. Muốn bảo vệ ngắn mạch phải lắp thêm cầu chì.

2.2. Các yêu cầu kỹ thuật

Động cơ điện không đồng bộ ba pha có thể làm việc liên tục được hay không tùy thuộc vào mức độ tin cậy của khởi động từ. Do đó khởi động từ cần phải thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Tiếp điểm có độ bền chịu mài mòn cao.
- Khả năng đóng – cắt cao.
- Thao tác đóng – cắt dứt khoát.
- Tiêu thụ công suất ít nhất.
- Bảo vệ động cơ không bị quá tải lâu dài (có role nhiệt).
- Thỏa điều kiện khởi động (dòng điện khởi động từ 5 đến 7 lần dòng điện định mức).

2.3. Kết cấu và nguyên lý hoạt động

a. Khởi động từ thường được phân chia theo

- Điện áp định mức của cuộn dây hút: 36V, 127V, 220V, 380V, 500V.
- Kết cấu bảo vệ chống các tác động bởi môi trường xung quanh: hở, bảo vệ, chống bụi, nước, nổ...
- Khả năng làm biến đổi chiều quay động cơ điện: không đảo chiều quay và đảo chiều quay.
- Số lượng và loại tiếp điểm: thường hở, thường đóng.

b. Nguyên lý hoạt động của khởi động từ

Khởi động từ đơn và hai nút nhấn:

Khi cung cấp điện áp cho cuộn dây bằng nhấn nút khởi động M, cuộn dây contactor có điện hút lõi thép di động và mạch từ khép kín lại; làm đóng các tiếp điểm chính để khởi động động cơ và đóng tiếp điểm phụ thường hở để duy trì mạch điều khiển khi buông tay khỏi nút nhấn khởi động. Khi nhấn nút dừng D, khởi động từ bị ngắt điện, dưới tác dụng của lực lò xo nén làm phần lõi từ di động trở về vị trí ban đầu; các tiếp điểm trở về trạng thái thường hở. Động cơ dừng hoạt động. Khi có sự cố quá tải động cơ, rơle nhiệt sẽ thao tác làm ngắt mạch điện cuộn dây, do đó cũng ngắt khởi động từ và dừng động cơ điện.

Khởi động từ đảo chiều và ba nút nhấn:

Khi nhấn nút nhấn M_T , cuộn dây contactor T có điện hút lõi thép di động và mạch từ khép kín lại; làm đóng các tiếp điểm chính T để khởi động động cơ quay theo chiều thuận và đóng tiếp điểm phụ thường hở T để duy trì mạch điều khiển khi buông tay khỏi nút nhấn khởi động M_T .

Để đảo chiều quay động cơ, ta nhấn nút nhấn M_N cuộn dây contactor T mất điện, cuộn dây contactor N có điện hút lõi thép di động và mạch từ khép kín lại; làm đóng các tiếp điểm chính N, lúc này trên mạch động lực đảo hai dây trong ba pha điện làm cho động cơ đảo chiều quay ngược lại và tiếp điểm phụ thường hở N để duy trì mạch điều khiển khi buông tay khỏi nút nhấn khởi động M_N .

Quá trình đảo chiều quay được lặp lại như trên.

Khi nhấn nút dừng D, khởi động từ N (hoặc T) bị ngắt điện, động cơ dừng hoạt động.

Khi có sự cố quá tải động cơ, role nhiệt sẽ thao tác làm ngắt mạch điện cuộn dây, do đó cũng ngắt khởi động từ và dừng động cơ điện.

Sơ đồ trên có thể thực hiện cả khóa liên động điện bằng các tiếp điểm phụ thường đóng của bản thân hai khởi động từ này.

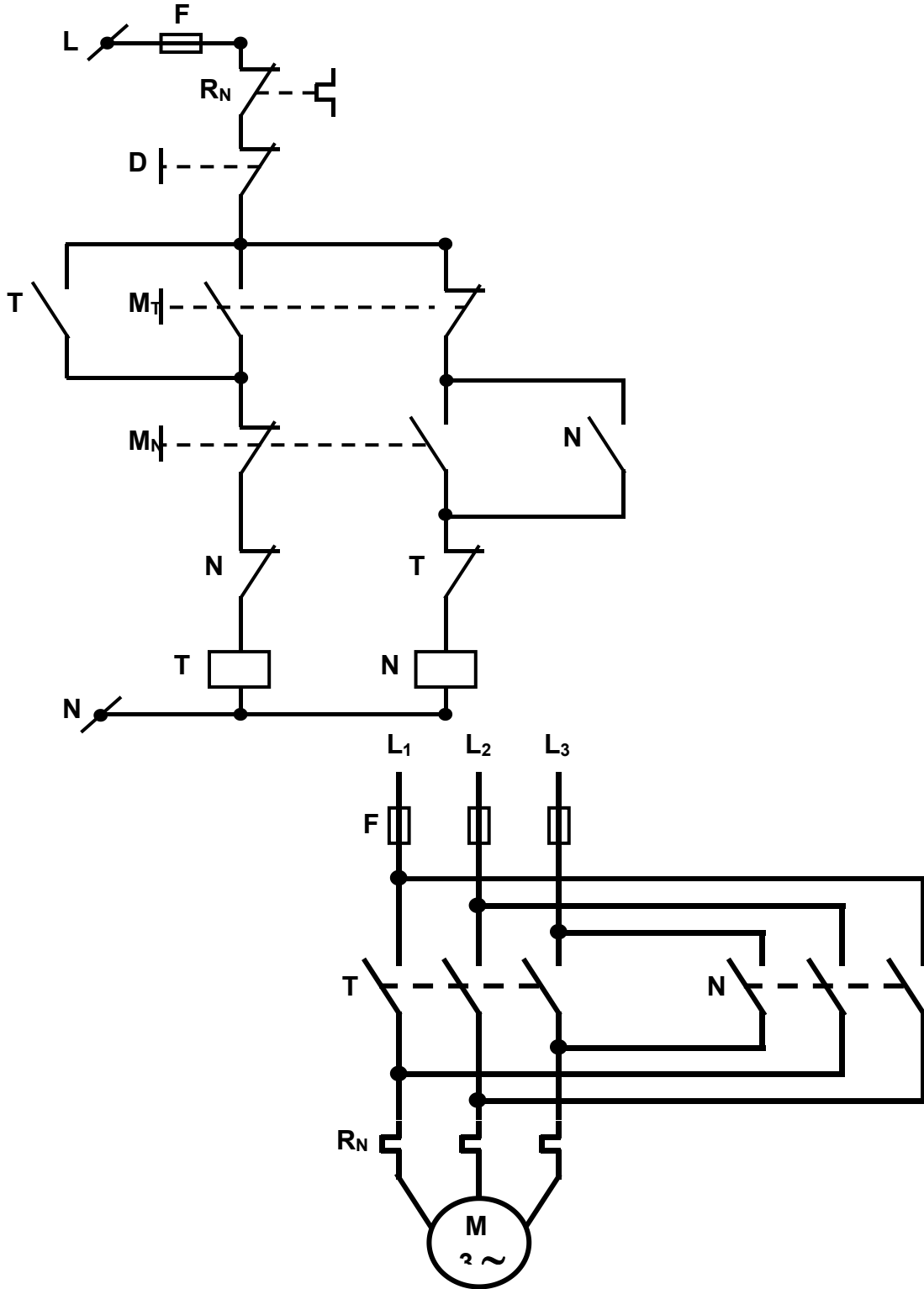
2.4. Lựa chọn và lắp đặt khởi động từ

Hiện nay ở nước ta, động cơ không đồng bộ ba pha rôto lồng sóc có công suất từ 0,6 đến 100KW được sử dụng rộng rãi. Để điều khiển vận hành chúng, ta thường dùng khởi động từ. Vì vậy để thuận lợi cho việc lựa chọn khởi động từ, nhà sản xuất thường không những chỉ cho cường độ dòng điện suất định mức mà còn cho cả công suất của động cơ điện mà khởi động từ phục vụ ứng với các điện áp khác nhau.

Để khởi động từ làm việc tin cậy, khi lắp đặt cần phải bắt chặt cứng khởi động từ trên một mặt phẳng đứng (độ nghiêng cho phép so với trục thẳng đứng $\pm 5^\circ$), không cho phép bôi mỡ vào các tiếp điểm và các bộ phận động. Sau khi lắp đặt khởi động từ và trước khi vận hành, phải kiểm tra:

- Cho các bộ phận động chuyển động bằng tay không bị kẹt, vướng.
- Điện áp điều khiển phải phù hợp điện áp định mức của cuộn dây.
- Các tiếp điểm phải tiếp xúc đều và tốt.

- Các dây đầu điện phải theo đúng sơ đồ điều khiển.
- Role nhiệt phải đặt ở nấc dòng điện thích hợp.
- Khi lắp đặt khởi động từ cần đặt kèm theo cầu chì bảo vệ.



III. ROLE TRUNG GIAN VÀ ROLE TỐC ĐỘ

3.1. Role trung gian:


3.1.1. Khái niệm và cấu tạo:


- Rơ-le trung gian là một khí cụ điện dùng trong lĩnh vực điều khiển tự động, cơ cấu kiểu điện từ. Rơ-le trung gian đóng vai trò điều khiển trung gian giữa các thiết bị điều khiển (contactor, rơ-le thời gian...).
- Rơ-le trung gian gồm: mạch từ của nam châm điện, hệ thống tiếp điểm chịu dòng điện nhỏ ($\leq 5A$), vỏ bảo vệ và các chân ra tiếp điểm.

3.1.2. Nguyên lý hoạt động:


- Nguyên lý hoạt động của rơ-le trung gian tương tự như nguyên lý hoạt động của contactor. Khi cấp điện áp bằng giá trị điện áp định mức vào hai đầu cuộn dây của rơ-le trung gian (ghi trên nhãn), lực điện từ hút mạch từ kín lại, hệ thống tiếp điểm chuyển đổi trạng thái và duy trì trạng thái này (tiếp điểm thường đóng hở ra, tiếp điểm thường hờ đóng lại). Khi ngưng cấp nguồn, mạch từ hở, hệ thống tiếp điểm trở về trạng thái ban đầu.

- Điểm khác biệt giữa contactor và rơ-le có thể tóm lược như sau:

 Trong rơ-le ta chỉ có duy nhất một loại tiếp điểm có khả năng tải dòng điện nhỏ, sử dụng cho mạch điều khiển (tiếp điểm phụ).

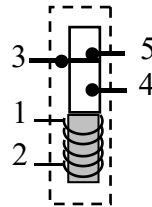
 Trong rơ-le ta cũng có các loại tiếp điểm thường đóng và tiếp điểm thường hở, tuy nhiên các tiếp điểm không có buồng dập hồ quang (khác với hệ thống tiếp điểm chính trong contactor hay CB).

 Các ký hiệu dùng cho rơ-le trung gian:

 Trong quá trình lắp ráp các mạch điều khiển dùng rơ-le hay trong một số mạch điện tử trong công nghiệp, ta thường gặp các ký hiệu sau đây:

Ký hiệu SPDT:

Ký hiệu này được viết tắt từ thuật ngữ SINGLE POLE DOUBLE THROW, rơ-le mang ký hiệu này có một cặp tiếp điểm, gồm tiếp điểm thường đóng và thường hở, cặp tiếp điểm này có một đầu chung.



SPDT

Ký hiệu DPDT:

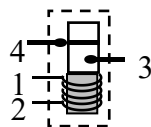
Ký hiệu này được viết tắt từ thuật ngữ DOUBLE POLE DOUBLE THROW, rơ-le mang ký hiệu này gồm có hai cặp tiếp điểm. Mỗi cặp tiếp điểm gồm tiếp điểm thường đóng và thường hở, cặp tiếp điểm này có một đầu chung.

Ký hiệu SPST:

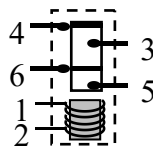
Ký hiệu này được viết tắt từ thuật ngữ SINGLE POLE SINGLE THROW, rơ-le mang ký hiệu này gồm có một tiếp điểm thường hở.

Ký hiệu DPST:

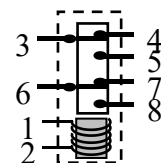
Ký hiệu này được viết tắt từ thuật ngữ DOUBLE POLE SINGLE THROW, rơ-le mang ký hiệu này gồm có hai tiếp điểm thường hở.



SPST

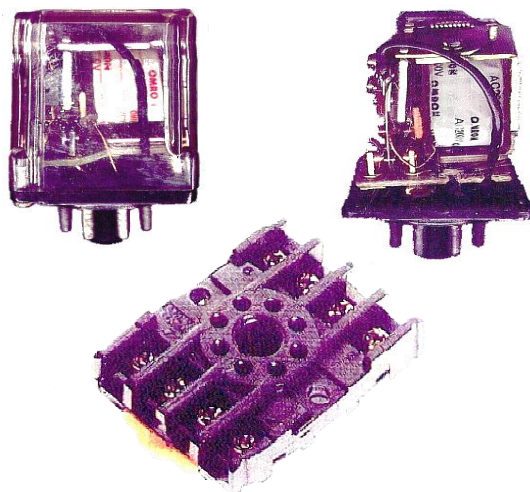


DPST

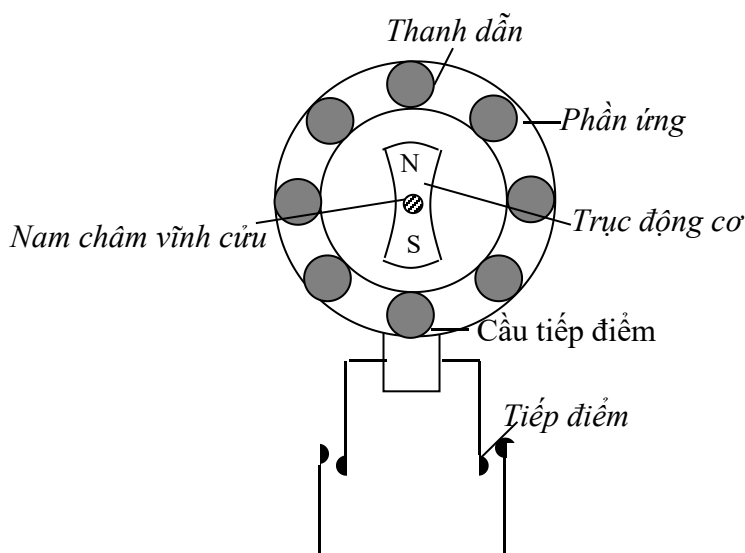


DPDT

Ngoài ra, các rơ-le khi được lắp ghép trong tủ điều khiển thường được lắp trên các đế chân ra. Tùy theo số lượng chân ra ta có các kiểu khác nhau: đế 8 chân, đế 11 chân, đế 14 chân...



3.2. Role tốc độ:



- Làm việc theo nguyên tắc phản ứng điện từ được dùng trong các mạch thẳng của động cơ
- Rơ-le được mắc đồng trục với động cơ và mạch điều khiển. Khi được quay, nam châm vĩnh cửu quay theo. Từ trường của nó quét lên các thanh dẫn sẽ sinh ra sức điện động và dòng điện cảm ứng. Dòng điện này nằm trong từ trường sẽ sinh ra lực điện từ làm cho phản ứng quay, di chuyển cần tiếp điểm đến đóng tiếp điểm của nó. Khi tốc độ động cơ giảm nhỏ gần bằng không, lực điện từ yếu đi, trọng lượng cần tiếp điểm đưa nó về vị trí cũ và mở tiếp điểm của nó.

- Rơ-le vận tốc thường dùng trong các mạch điều khiển hãm ngược động cơ.

IV. ROLE THỜI GIAN:

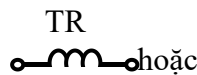
4.1. Khái niệm và cấu tạo

- Rơ-le thời gian là một khí cụ điện dùng trong lĩnh vực điều khiển tự động, với vai trò điều khiển trung gian giữa các thiết bị điều khiển theo thời gian định trước.
- Rơ-le trung gian gồm: mạch từ của nam châm điện, bộ định thời gian làm bằng linh kiện điện tử, hệ thống tiếp điểm chịu dòng điện nhỏ ($\leq 5A$), vỏ bảo vệ và các chân ra tiếp điểm.
- Tùy theo yêu cầu sử dụng khi lắp ráp hệ thống mạch điều khiển truyền động, ta có hai loại rơ-le thời gian: rơ-le thời gian ON DELAY, rơ-le thời gian OFF DELAY.

4.2. Rơ le thời gian ON DELAY:

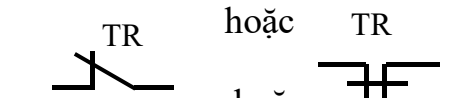
a. Ký hiệu:

- Cuộn dây rơ-le thời gian:

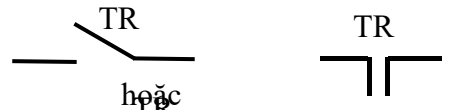


- Điện áp đặt vào hai đầu cuộn dây rơ-le thời gian được ghi trên nhãn, thông thường: 110V, 220V...
- Hệ thống tiếp điểm:
 - Tiếp điểm tác động không tính thời gian: tiếp điểm này hoạt động tương tự các tiếp điểm của rơ-le trung gian.

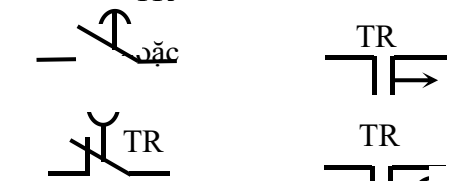
 Thường đóng :



 Thường hở :



- Tiếp điểm tác động có tính thời gian:
- Tiếp điểm thường mở ,đóng chậm, mở nhanh:
- Tiếp điểm thường đóng ,mở chậm , đóng nhanh:



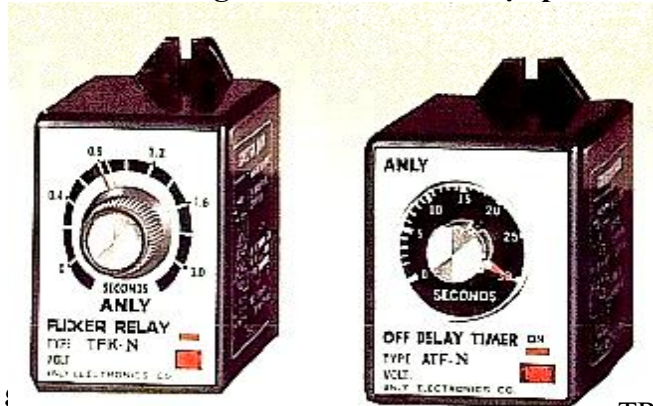
b. Nguyên lý hoạt động:

Khi cấp nguồn vào cuộn dây của rơ-le thời gian ON DELAY, các tiếp điểm tác động không tính thời gian chuyển đổi trạng thái tức thời (thường đóng hở ra, thường hở đóng lại), các tiếp điểm tác động có tính thời gian không đổi. Sau khoảng thời gian đã định trước, các tiếp điểm tác động có tính thời gian sẽ chuyển trạng thái và duy trì trạng thái này.

Khi ngưng cấp nguồn vào cuộn dây, tất cả các tiếp điểm tức thời trở về trạng thái ban đầu.

Sau đây là sơ đồ chân của rơ-le thời gian ON DELAY:

Hình dạng cụ thể của rơ-le thời gian ON DELAY được phổ biến:



4.3. Rơ le thời gian

a. Ký hiệu:

- Cuộn dây rơ-le thời gian:

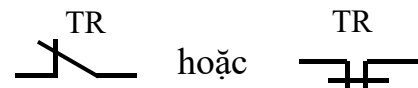


- Điện áp đặt vào hai đầu cuộn dây rơ-le thời gian được ghi trên nhãn, thông thường : 110V, 220V...

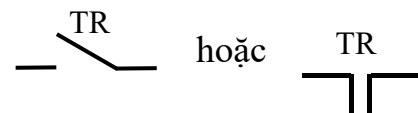
- Hệ thống tiếp điểm:

- Tiếp điểm tác động không tính thời gian: tiếp điểm này hoạt động tương tự các tiếp điểm của rơ-le trung gian.

 Thường đóng:



 Thường hở :



Tiếp điểm tác động có tính thời gian:

- Tiếp điểm thường mở, đóng nhanh, mở chậm:



- Tiếp điểm thường đóng, mở nhanh, đóng chậm:

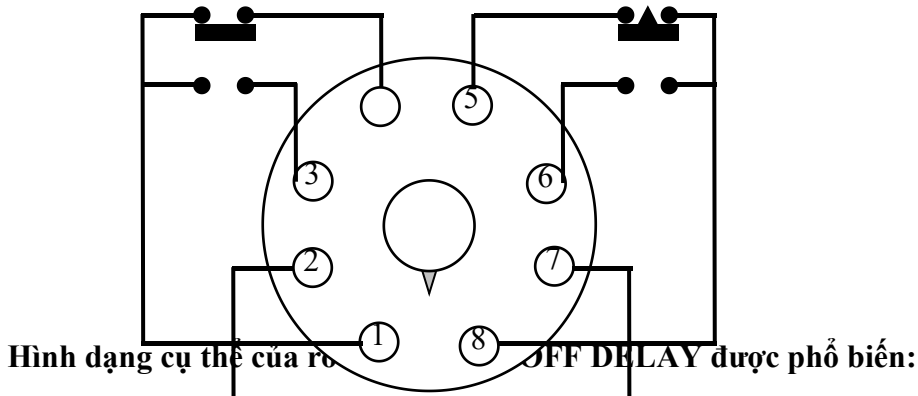


b. Nguyên lý hoạt động:

Khi cấp nguồn vào cuộn dây của rơ-le thời gian OFF DELAY, các tiếp điểm tác động tức thời và duy trì trạng thái này.

Khi ngưng cấp nguồn vào cuộn dây, tất cả các tiếp điểm tác động không tính thời gian trở về trạng thái ban đầu. Tiếp sau đó một khoảng thời gian đã định trước, các tiếp điểm tác động có tính thời gian sẽ chuyển về trạng thái ban đầu.

Sau đây là sơ đồ chân của rơ-le thời gian OFF DELAY:



Sau đây là catalog của Merlin về timer

On-delay relays

On-delay relay
Start on energisation
RE8-TA

Supply

C/O

Composition	Supply voltages	Quantity per pack	Timing range (1)	Reference	Weight kg
1 C/O	z 24 V a 110...240 V	10	0.1 s...3 s 0.1 s...10 s 0.3 s...30 s 3 s...300 s 20 s...30 min.	RE8-TA61BUTQ RE8-TA11BUTQ (2) RE8-TA31BUTQ (2) RE8-TA21BUTQ (2) RE8-TA41BUTQ	0.110 0.110 0.110 0.110 0.110

RE8-TA

Off-delay relays

Off-delay relay
With control contact
RE8-RA

Supply

Start

C/O

Self-powered
RE8-RB

Supply

C/O

V. BỘ KHÔNG CHẾ:

5.1. Khái quát và công dụng

- Bộ không chế là một loại thiết bị chuyển đổi mạch điện bằng tay hay vô- lăng quay, điều khiển trực tiếp hoặc gián tiếp từ xa, thực hiện các chuyển đổi phức tạp để điều khiển khởi động, điều chỉnh tốc độ, đảo chiều, hãm điện, v.v. các máy điện và thiết bị điện.

- Bộ không chế điều khiển gián tiếp còn gọi là bộ không chế từ hay không chế chỉ huy. Bộ không chế điều khiển trực tiếp còn gọi là bộ không chế động lực.

5.2. Cấu tạo và phân loại:

- Theo kết cấu, người ta chia bộ không chế ra làm bộ không chế hình trống và bộ không chế hình cam.
- Theo nguyên lý sử dụng, người ta chia bộ không chế theo dòng điện một chiều và xoay chiều



Bộ không chế hình trống.

Bộ không chế hình cam.

5.3. Cách lựa chọn và kiểm tra:

- Dòng điện cho phép đi qua tiếp điểm ở chế độ làm việc liên tục và chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại (tần số thao tác trong 1 giờ)

- Bộ không chế một chiều : $I = 1,2 \times \frac{P_{dm}}{U} \times 10^3 \text{ (A)}$

- Bộ không chế điện xoay chiều : $I = 1,3 \times \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} \times U} \times 10^3 \text{ (A)}$

- Điện áp định mức của nguồn cung cấp