

**ỦY BAN NHÂN DÂN QUẬN 9**  
**TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ ĐÔNG SÀI GÒN**



**GIÁO TRÌNH**  
**Môn học**  
**Điện kỹ thuật**  
**NGHỀ: CÔNG NGHỆ Ô TÔ**  
**TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP**

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: 903/QĐ-TCN ngày 25 tháng 8 năm 2019  
của Hiệu trưởng Trường trung cấp nghề Đông Sài Gòn)*

**MỤC LỤC**

| <b>ĐỀ MỤC</b>                                    | <b>TRANG</b> |
|--------------------------------------------------|--------------|
| Lời giới thiệu                                   | 1            |
| Mục lục                                          | 2            |
| Chương 1: Đại cương về dòng điện                 | 4            |
| Chương 2: Máy phát điện                          | 27           |
| Chương 3: Động cơ điện                           | 33           |
| Chương 4: Máy biến áp                            | 41           |
| Chương 5: Khí cụ điều khiển và bảo vệ mạch điện. | 48           |
| Tài liệu tham khảo                               | 62           |

## CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC ĐIỆN KỸ THUẬT

Mã số của môn học: MH 07

Thời gian môn học: 45 giờ

(Lý thuyết: 45 giờ; Thực hành: 0 giờ)

**Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học:**

- Vị trí:

Môn học được bố trí giảng dạy song song với các môn học/ mô đun sau: MH 08, MH 09, MH 10, MH 11, MH 12, MH13, MH 14, MH 15, MH 16, MH 18, MH 19.

- Tính chất:

Là môn học kỹ thuật cơ sở bắt buộc.

- Ý nghĩa: giúp cho sinh viên có kiến thức cơ bản về kỹ thuật điện, góp phần vào học các môn chuyên môn điện ô tô được tốt hơn, nâng cao hiệu quả học tập.

- Vai trò: môn học trang bị cho sinh viên những khái niệm, nguyên lý cơ bản của môn kỹ thuật điện để ứng dụng vào các môn học chuyên môn, ứng dụng vào thực tế.

**Mục tiêu của môn học:**

- + Hệ thống được kiến thức cơ bản về mạch điện,
- + Trình bày được yêu cầu, nhiệm vụ, cấu tạo và nguyên lý hoạt động của các loại máy điện dùng trong phạm vi nghề Công nghệ Ô tô,
- + Trình bày được công dụng và phân loại các loại khí cụ điện,
- + Vẽ được sơ đồ đấu dây, sơ đồ lắp đặt các mạch điện cơ bản,
- + Tuân thủ đúng quy định về an toàn khi sử dụng thiết bị điện,
- + Rèn luyện tác phong làm việc cẩn thận.

## CHƯƠNG 1: ĐẠI CƯƠNG VỀ DÒNG ĐIỆN

Mã số của chương 1: MH 07 - 01

- Trong bài này trình bày nội dung của dòng điện một chiều và dòng điện điện động xoay chiều.

### Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm, nguyên lý sản sinh ra dòng điện một chiều, các đại lượng cơ bản và các định luật cơ bản của mạch điện một chiều
- Trình bày được nguyên lý sản sinh ra sức điện động xoay chiều và các đại lượng cơ bản đặc trưng cho dòng điện xoay chiều
- Trình bày được ý nghĩa của hệ số công suất và các biện pháp nâng cao hệ số công suất
- Trình bày được sơ đồ đấu nối hệ thống điện xoay chiều ba pha kiểu hình sao (Y) và hình tam giác ( $\Delta$ ) và các mối quan hệ giữa các đại lượng pha và dây
- Tuân thủ các quy định, quy phạm về kỹ thuật điện.

### Nội dung:

#### 1. MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU

##### Mục tiêu:

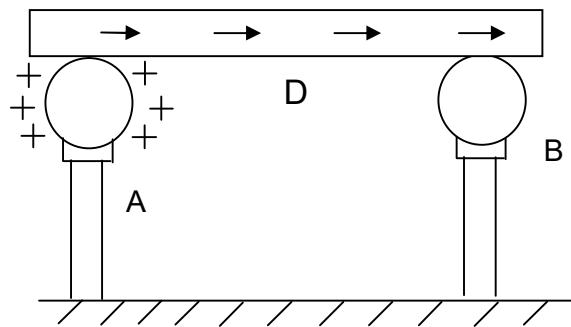
- Trình bày được khái niệm, nguyên lý sản sinh ra dòng điện một chiều, các đại lượng cơ bản và các định luật cơ bản của mạch điện một chiều.

#### 1.1 Khái niệm và nguyên lý sản sinh ra dòng điện một chiều

##### 1.1.1 Khái niệm mạch điện một chiều

Dòng điện chính là dòng chuyển động của các hạt mang điện như điện tử, ion. Chiều của dòng điện được quy ước từ dương sang âm (ngược với chiều chuyển động của các điện tử từ âm sang dương (hình 1.1))

Dòng một chiều là dòng có trị số và chiều không đổi theo thời gian.

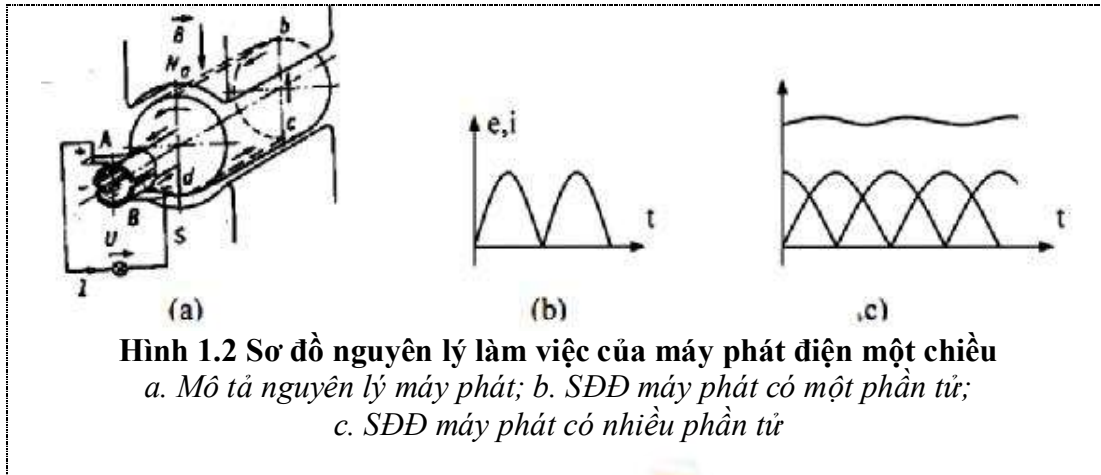


Hình 1.1 Dòng điện một chiều

##### 1.1.2 Nguyên lý sản sinh ra dòng điện một chiều

Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy phát điện một chiều như hình 1.2a. Máy gồm có một khung dây a b c d có đầu nối với hai phiến góp. Khung dây và phiến góp quay quanh trục của nó với tốc độ không đổi trong từ trường của hai cực nam châm N-S. Các chổi than A, B đặt cố định và luôn tỳ vào phiến góp.

Khi phần ứng quay (khung dây abcd quay) trong từ trường đều của phần cảm (nam châm S-N), các thanh dẫn của dây quấn phần ứng cắt từ trường phần



cảm, theo định luật cảm ứng điện từ, trong khung dây sẽ cảm ứng suất điện động xoay chiều mà trị số tức thời của nó được xác định theo công thức:

$$e = Blv \text{ trong đó} \quad (1-1)$$

B: Từ cảm nơi thanh dẫn quét qua (đơn vị: T)

l: Chiều dài dây dẫn nằm trong từ trường (m)

v: Tốc độ dài của thanh dẫn (m/s)

Chiều của suất điện động được xác định theo quy tắc bàn tay phải. Vậy theo hình 1.2a suất điện động của thanh dẫn ab nằm dưới cực từ N có chiều đi từ b đến a, còn của thanh dẫn cd nằm dưới cực S có chiều từ d đến c. Nếu nối hai chổi than A và B với tải thì suất điện động trong khung dây sẽ sinh ra trong mạch ngoài một dòng điện chạy từ chổi than A đến chổi than B.

Khi phần ứng quay được nửa vòng, vị trí của phần tử thay đổi, thanh dẫn ab ở cực S, thanh dẫn cd ở cực N, suất điện động trong thanh dẫn đổi chiều. Nhờ chổi than đứng yên, chổi A vẫn tiếp xúc với phiến góp trên, chổi B tiếp xúc với phiến góp dưới, nên dòng điện ở mạch ngoài không đổi. Nhờ cổ góp và chổi than, điện áp trên chổi và dòng điện qua tải là điện áp và dòng điện một chiều.

Nếu máy chỉ có một phần tử, điện áp điện cực máy phát như hình 1.2b. Để điện áp lớn và ít đập mạch (hình 1.2c). Dây quấn có nhiều phần tử và nhiều phiến đổi chiều.

## 1.2 Các định luật và đại lượng đặc trưng của dòng điện một chiều

### 1.2.1 Các định luật

#### a. Định luật Ôm cho đoạn mạch

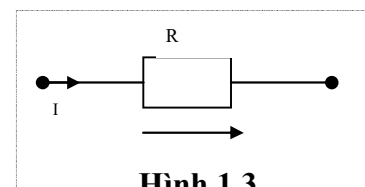
- Nhánh có thuần điện trở:

Xét mạch thuần điện trở (hình 1.3), biểu thức tính dòng điện qua điện trở:

$$I = U / R \quad (1-2) \text{ trong đó}$$

U: tính bằng Volt (V)

I: Tính bằng Ampe (A)



**Hình 1.3**  
**Nhánh thuần trở**

R: Tính bằng Ohm ( $\Omega$ )

Định luật: Cường độ dòng điện trong một đoạn mạch tỷ lệ thuận với hiệu điện thế và tỷ lệ nghịch với điện trở qua đoạn mạch đó.

- Nhánh có sức điện động E và điện trở R:

Xét nhánh có E, R (hình 1.4).

Biểu thức tính điện áp

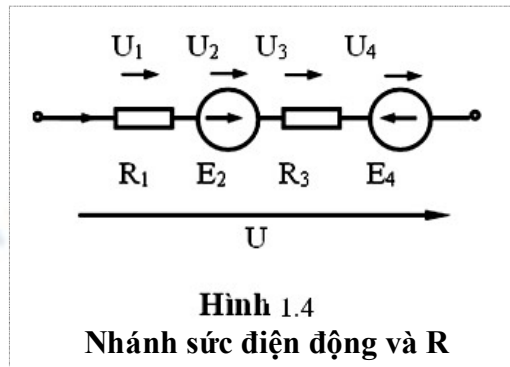
$$U: U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = R_1 \cdot I - E_4 + R_2 \cdot I + E_2 = (R_1 + R_2) I - (E_4 - E_2)$$

$$\text{Vậy: } U = (\Sigma R) I - \Sigma E \quad (1-3)$$

Trong biểu thức (1-3) quy ước dấu như sau: Sức điện động E và dòng điện I có chiều trùng với chiều điện áp U sẽ lấy dấu dương, ngược chiều sẽ lấy dấu âm.

Biểu thức tính dòng điện:

$$I = \frac{U + \Sigma E}{\Sigma R} \quad (1-4)$$

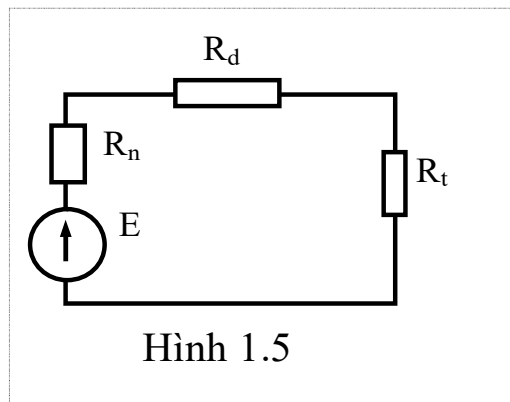


Trong biểu thức (1-4) quy ước dấu như sau:

Sức điện động E và điện áp U có chiều trùng với chiều dòng điện sẽ lấy dấu dương, ngược lại sẽ lấy dấu âm.

b. Định luật Ôm cho toàn mạch

Cho mạch điện như hình 1.5 thì



$$I = \frac{E}{R_n + R_d + R_t} \quad (A) \quad (1-5)$$

Trong đó:

I: Cường độ dòng điện trong mạch (A)

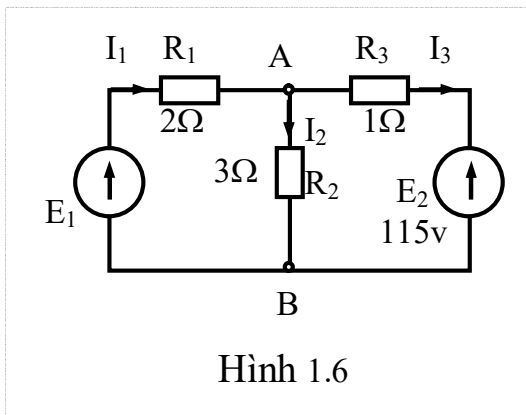
E: Sức điện động của nguồn điện (V)

Rn: Điện trở trong của nguồn ( $\Omega$ )

Rd: Điện trở dây dẫn ( $\Omega$ )

Rt: Điện trở phụ tải ( $\Omega$ )

Rd + Rt: Điện trở mạch ngoài ( $\Omega$ )



Định luật: Cường độ dòng điện trong mạch kín tỷ lệ thuận với sức điện động của nguồn điện và tỷ lệ nghịch với tổng trở toàn mạch.

VD: Cho mạch điện hình 1.6.

Biết  $E_1 = 100 \text{ V}$ ;  $I_1 = 5 \text{ A}$ . Tính điện áp  $U_{AB}$  và dòng điện các nhánh  $I_2, I_3$ .

Lời giải

Tính điện áp  $U_{AB}$ :

$$U_{AB} = E_1 - R_1 I_1 = 100 - 2.5 = 90 \text{ V}.$$

$$\text{Dòng điện } I_2: I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{90}{3} = 30 \text{ A}.$$

Dòng điện  $I_3$ :

$$I_3 = \frac{U_{AB} - E_3}{R_3} = \frac{90 - 115}{1} = -25 \text{ A}.$$

Dòng điện  $I_3 < 0$ , chiều thực của dòng điện  $I_3$  ngược với chiều đã vẽ trên hình.

### c. Định luật Kirchoff 1

Định luật này cho ta quan hệ giữa các dòng điện tại một nút, được phát biểu như sau:

Tổng đại số những dòng điện ở một nút bằng không.

Trong đó quy ước dòng điện đi tới nút lấy dấu dương, dòng điện rời khỏi nút lấy dấu âm.

(hình 1.7).

$$\sum I_{\text{nút}} = 0 \quad (1-6)$$

$$\text{Ở hình 1.7 thì: } I_1 + (-I_2) + (-I_3) = 0$$

### d. Định luật Kirchoff 2

Định luật này cho ta quan hệ giữa sức điện động, dòng điện và điện trở trong một mạch vòng khép kín, được phát biểu như sau:

Đi theo một mạch vòng khép kín theo một chiều tùy ý chọn, tổng đại số những sức điện động bằng tổng đại số các điện áp rơi (sụt áp) trên các điện trở của mạch vòng.

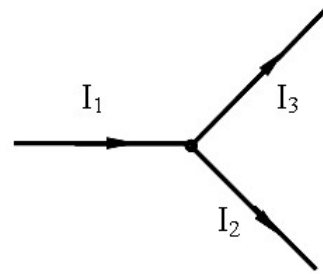
$$\sum RI = \sum E \quad (1-7)$$

Quy ước dấu: Các sức điện động, dòng điện có chiều trùng chiều mạch vòng lấy dấu dương, ngược lại lấy dấu âm.

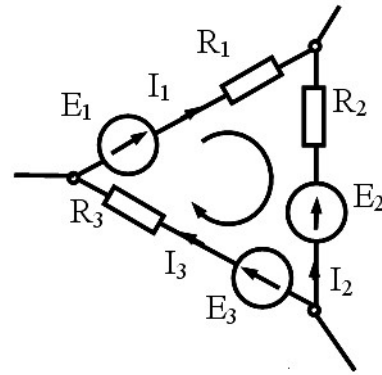
Ở mạch vòng hình 1.8:

$$R_1 I_1 - R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_1 - E_2 + E_3$$

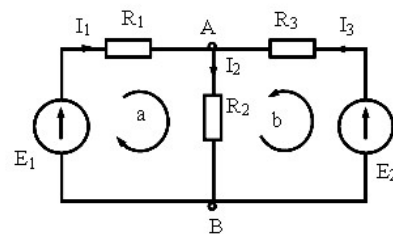
Ví dụ : Tính dòng điện  $I_3$  và các sức điện động  $E_1, E_2$  trong mạch điện hình 1.9, biết:



Hình 1.7: Dòng điện nút



Hình1.8: Mạch vòng dòng điện



Hình 1.9: Mạch vòng

$$I_2 = 10\text{A}; I_1 = 4\text{A}; R_1 = 1\Omega; R_2 = 2\Omega; \\ R_3 = 5\Omega.$$

Lời giải:

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại nút A có:

$$-I_1 + I_2 - I_3 = 0 \Rightarrow I_3 = I_2 - I_1 =$$

$$10 - 4 = 6\text{A}$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 2 cho:

Mạch vòng a:

$$E_1 = R_1 I_1 + R_2 I_2 = 1.4 + 2.10 = 24\text{V}$$

Mạch vòng b:

$$E_2 = R_3 I_3 + R_2 I_2 = 5.6 + 2.10 = 50\text{V}$$

### 1.2.2 Các đại lượng đặc trưng

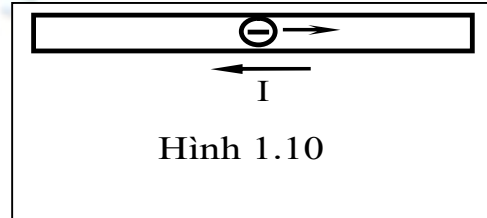
#### a. Dòng điện

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

$$i = dq/ds$$

Đơn vị: Ampe (A)

Người ta qui ước chiều của dòng điện chạy trong vật dẫn ngược chiều với chiều chuyển động của điện tử (hình 1.10)



Hình 1.10

#### b. Điện áp

Tại mỗi điểm trong một mạch điện có một điện thế  $\varphi$ . Hiệu điện thế giữa hai điểm gọi là điện áp  $U$ , đơn vị là Vôn (V)

Điện áp giữa hai điểm A và B hình 1.11 là:

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B \quad (1-8)$$

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

Điện áp giữa hai cực của nguồn điện khi hở mạch ngoài (dòng điện  $I = 0$ ) được gọi là sức điện động  $E$ .

#### c. Công suất

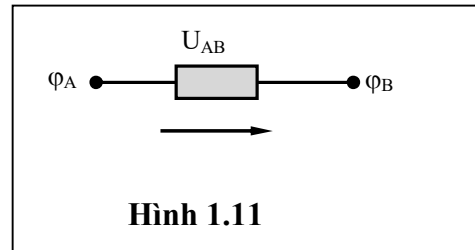
Công suất của nguồn sức điện động là:

$$P = E.I \quad (1-9)$$

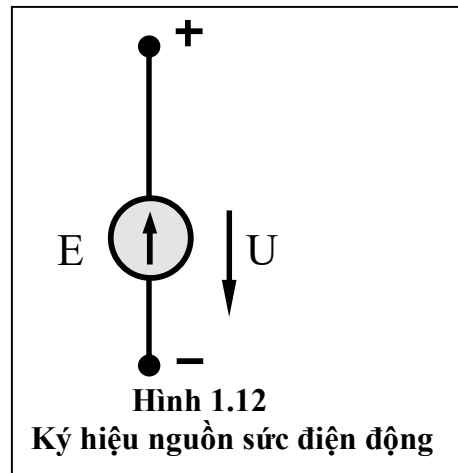
Công suất của mạch ngoài là:

$$P = U.I \quad (1-10)$$

Đơn vị của công suất là oát (W).



Hình 1.11



Hình 1.12

Ký hiệu nguồn sức điện động

#### d. Sức điện động $E$

Sức điện động  $E$  là phân tử lý tưởng, có trị số bằng điện áp  $U$  đo được giữa hai cực của nguồn khi hở mạch ngoài.

Chiều của sức điện động quy ước từ điện thế thấp đến điện thế cao (cực âm tới cực dương) (Hình 1.12).

Chiều của điện áp quy ước từ điện thế cao đến điện thế thấp, do đó nếu chiều vẽ như hình 1.12 thì:

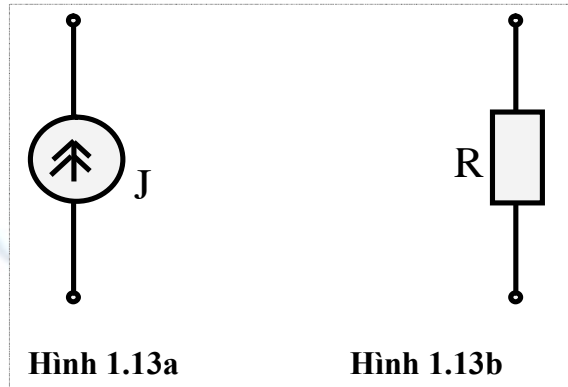
$$U = E \quad (1-11)$$

#### e. Nguồn dòng điện $J$

Nguồn dòng điện  $J$  là phân tử lý tưởng có trị số bằng dòng điện ngắn mạch giữa 2 cực của nguồn (Hình 1.13a).

#### f. Điện trở $R$

Điện trở  $R$  đặc trưng cho một vật dẫn về mặt cản trở dòng điện chạy qua. Về hiện tượng năng lượng, điện trở  $R$  đặc trưng cho tiêu tán, biến đổi điện năng tiêu thụ thành các dạng năng lượng khác như nhiệt năng, quang năng, ... (Hình 1.13b).



#### g. Điện cảm $L$

Cho qua cuộn dây  $L$  (hình 1.14) một dòng điện  $i$ , thì sẽ sinh ra từ thông móc vòng với cuộn dây là:  $\psi = N\Phi$

Điện cảm  $L$  của cuộn dây được định nghĩa là:

$$L = \frac{\Psi}{i} = \frac{N\Phi}{i} \quad (1-12)$$

Đơn vị của điện cảm là H (Henry)

Nếu dòng điện  $i$  biến thiên theo thời

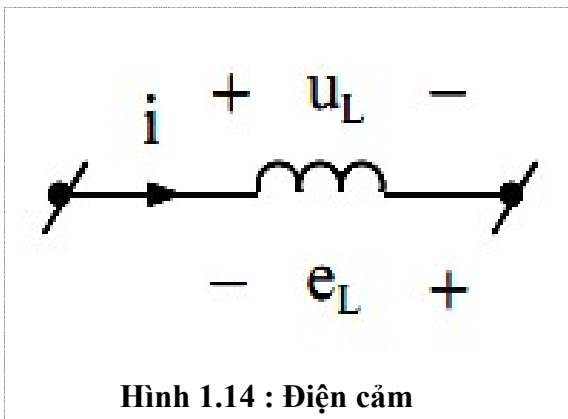
gian  $t$  và cuộn dây cảm ứng suất điện động tự cảm  $e_L$  khi  $L = \text{const}$

$$e_L = -\frac{d\Psi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (1-13)$$

Điện áp rơi trên điện cảm:

$$u_L = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1-14)$$

Công suất cuộn dây nhận:



Hình 1.14 : Điện cảm

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

Năng lượng từ trường tích lũy trong cuộn dây:

$$W_{tt} = \int_0^t p_L dt = \int_0^{i(t)} L i di \quad (1-15)$$

vậy:

$$W_{tt} = \frac{1}{2} L i^2. \quad (1-16)$$

*h. Hồ cảm M:*

Hiện tượng hồ cảm là hiện tượng suất hiện từ trường trong một cuộn dây do dòng điện biến thiên trong cuộn dây khác tạo nên (hình 1.15) là hai cuộn dây có liên hệ hồ cảm nhau.

Từ thông móc vòng qua cuộn dây 1 gồm hai thành phần

$$\Psi_1 = \Psi_{11} + \Psi_{12} \quad (1-17) \text{ trong đó:}$$

$\Psi_{11}$ : từ thông móc vòng với cuộn dây 1 do chính dòng điện  $i_1$  tạo nên.

$\Psi_{12}$ : từ thông móc vòng với cuộn dây 1 do chính dòng điện  $i_2$  tạo nên

Tương tự từ thông móc vòng với cuộn dây 2:

$$\Psi_2 = \Psi_{22} + \Psi_{21} \quad (1-18)$$

$\Psi_{22}$ : từ thông móc vòng với cuộn dây 2 do chính dòng điện  $i_2$  tạo nên,

$\Psi_{21}$ : từ thông móc vòng với cuộn dây 2 do chính dòng điện  $i_1$  tạo nên.

Trường hợp trong môi trường là tuyến tính ta có:

$$\Psi_{11} = L_1 i_1; \quad \Psi_{12} = \pm M_{12} i_2 \quad (1-19)$$

$$\Psi_{22} = L_2 i_2; \quad \Psi_{21} = \pm M_{21} i_1 \quad (1-20)$$

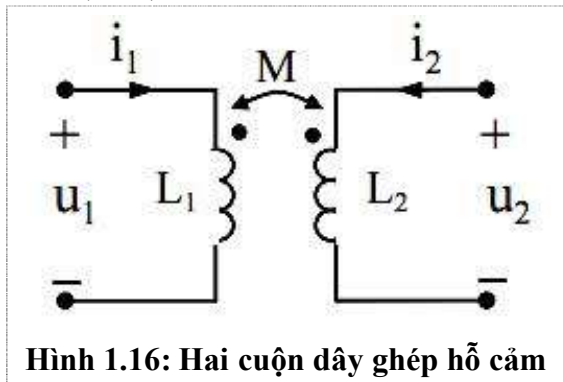
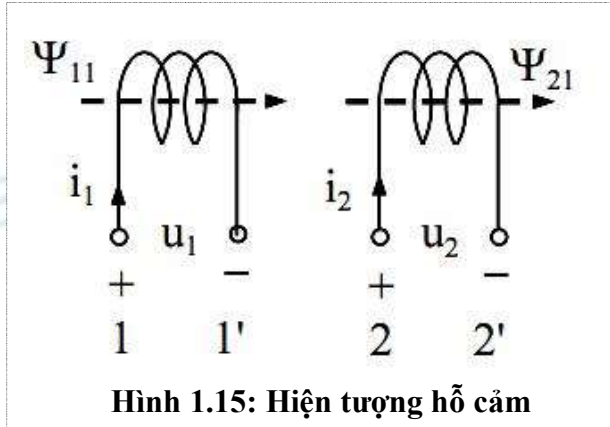
Với  $L_1, L_2$  tương ứng là hệ số cảm của cuộn dây 1 và 2

$M_{12} = M_{21} = M$  là hệ số hồ cảm của hai cuộn dây

Thay 1-19 và 1-20 vào 1-17 và 1-18 ta được:

$$\Psi_1 = L_1 i_1 \pm M i_2 \quad (1-21)$$

$$\Psi_2 = L_2 i_2 \pm M i_1 \quad (1-22)$$



Việc chọn dấu (+) hoặc dấu (-) trước M trong biểu thức trên phụ thuộc vào chiều dây cuốn các cuộn dây cũng như chiều  $i_1$  và  $i_2$ . Nếu cực tính của các  $u_1$  và  $u_2$  và chiều dương của  $i_1$  và  $i_2$  được chọn như hình 1-15 thì theo định luật cảm ứng điện từ Faraday ta có:

$$u_1 = \frac{d\Psi_1}{dt} = \frac{d\Psi_{11}}{dt} + \frac{d\Psi_{12}}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_2}{dt} \quad (1-23)$$

$$u_2 = \frac{d\Psi_2}{dt} = \frac{d\Psi_{22}}{dt} + \frac{d\Psi_{21}}{dt} = L_2 \frac{di_2}{dt} \pm M \frac{di_1}{dt} \quad (1-24)$$

Cũng như điện cảm L, đơn vị của hồ cảm M là Henry (H). Ta thường ký hiệu hồ cảm giữa hai cuộn dây bằng chữ M và mũi tên hai chiều như hình 1-16 và dùng cách đánh dấu hai cực cùng tính của cuộn dây bằng dấu chấm. Để xác định dấu của phương trình 1-23 và 1-24. Nếu hai dòng  $i_1$  và  $i_2$  cùng đi vào (hoặc cùng đi ra) các cực tính đánh dấu ấy thì từ thông hồ cảm  $\Psi_{12}$  và tự cảm  $\Psi_{11}$  cùng chiều. Cực cùng tính phụ thuộc vào chiều quấn dây và các vị trí các cuộn dây.

Từ định luật Lentz, với quy ước đánh dấu các cực cùng tính như trên, có thể suy ra qui tắc sau để xác định dấu (+) hoặc (-) trước biểu thức  $M \cdot di/dt$  của điện áp hồ cảm.

Nếu dòng điện  $i$  có chiều + đi vào đầu có dấu chấm trong một cuộn dây và điện áp có cực tính + ở đầu có dấu chấm trong cuộn dây kia thì điện áp hồ cảm là  $M \cdot di/dt$ , trường hợp ngược lại -  $M \cdot di/dt$ .

Ví dụ như hình 1-16 ta có:

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

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

Hình 1-17 ta có:

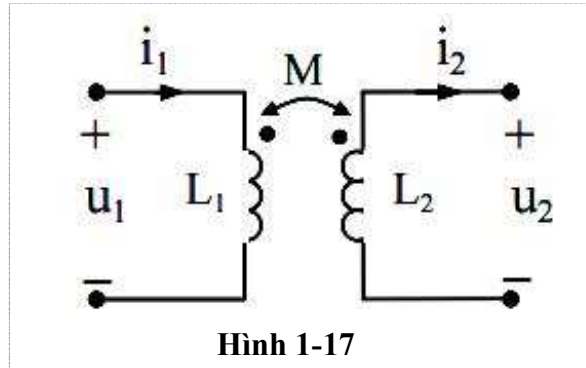
$$u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}$$

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

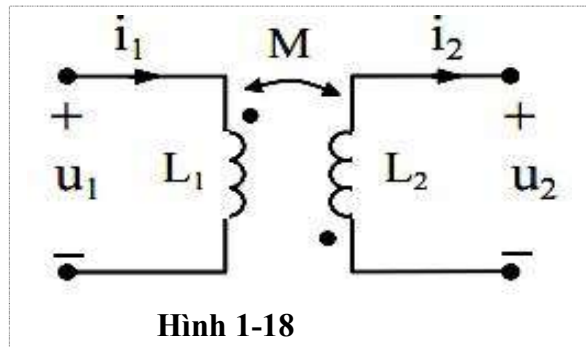
Hình 1-18 ta có:

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

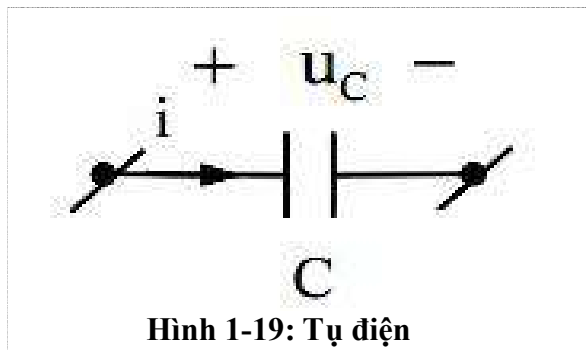
$$u_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt}$$



Hình 1-17



Hình 1-18



Hình 1-19: Tự điện

*i. Điện dung:*

đặt một điện áp  $U_C$  lên tụ điện thì qua tụ sẽ có dòng dịch chuyển  $i$  và ở hai bản cực tụ điện tích lũy điện tích  $q$  (hình 1-19)

Điện dung  $C$  của tụ điện là:

$$C = \frac{q}{u_C} \quad (1-25)$$

Đơn vị của tụ điện là Fa ra (F)

Dòng điện  $i$  qua tụ là:

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt} \quad (1-26)$$

Từ 1-19 ta có điện áp rơi trên tụ điện có điện dung  $C$  là:

$$u_C = \frac{1}{C} \int_0^t i dt + u_C(0).$$

Ở thời điểm  $t = 0$  mà  $U_C(0) = 0$  ta có:

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

Công suất trên tụ  $C$  là:

$$p_C = u_C i = C u_C \frac{du_C}{dt}$$

Năng lượng điện trường tích lũy trong tụ điện:

$$W_{dt} = \int_0^t p_C dt = \int_0^{u_C} C u_C du_C = \frac{1}{2} C u_C^2$$

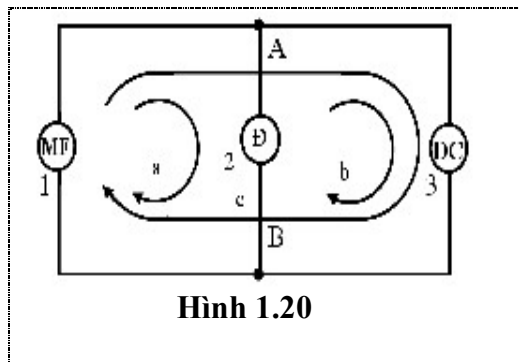
Vậy điện dung  $C$  đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng điện trường trong tụ điện.

### 1.3 NHẬN DẠNG VÀ TÍNH TOÁN LẮP ĐẶT MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.3.1 Mạch điện

Mạch điện là tập hợp các thiết bị điện (nguồn, tải, dây dẫn) nối với nhau trong đó dòng điện có thể chạy qua (hình 1.20). Mạch điện phức tạp có nhiều nhánh, nhiều mạch vòng và nhiều nút.

- Nhánh: Nhánh là bộ phận của mạch điện gồm có các phần tử nối tiếp nhau trong đó có cùng dòng điện chạy qua.
- Nút: Nút là chỗ gặp nhau của các nhánh (từ 3 nhánh trở lên).
- Mạch vòng: Mạch vòng là lối đi khép kín qua các nhánh.
- Máy phát (MF) cung cấp điện cho đèn



Hình 1.20

(Đ) và động cơ điện (ĐC) gồm có 3 nhánh (1, 2, 3), 2 nút (A, B) và 3 mạch vòng (a, b, c).

### 1.3.2 Thiết lập mô hình mạch điện

Nguồn điện:

Sơ đồ thay thế của nguồn điện gồm sức điện động  $E$  nối tiếp với điện trở trong  $R_n$  (hình 1.21).

Khi giải mạch điện có các phần tử tranzito, nhiều khi nguồn điện có sơ đồ thay thế là nguồn dòng điện  $J = E / R_n$  mắc song song với điện trở  $R_n$  (hình 1.22)

Sơ đồ thay thế:

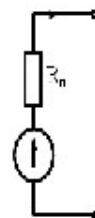
Mô hình mạch điện là sơ đồ thay thế mạch điện mà trong đó quá trình năng lượng và kết cấu hình học giống như mạch điện thực, song các phần tử của mạch điện được thay thế bằng các thông số lý tưởng  $e, J, R, L, M, C$ .

Các tải như động cơ điện một chiều, ắc quy ở chế độ nạp điện được thay thế bằng sơ đồ gồm sức điện động  $E$  nối tiếp với điện trở trong  $R_n$  (hình 1.23), trong đó chiều  $E$  ngược chiều với  $I$ . Các tải như bàn là, bếp điện, bóng đèn, ... được thay thế bằng điện trở  $R$  của chúng (hình 1.24).

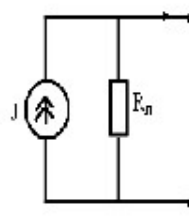
Ví dụ:

Thành lập sơ đồ thay thế mạch điện có mạch điện thực như hình 1-25. Để thành lập mô hình mạch điện đầu tiên ta liệt kê các hiện tượng xảy ra trong từng phần tử và thay thế chúng bằng các thông số lý tưởng rồi sau nối với nhau tùy theo kết cấu hình học của mạch.

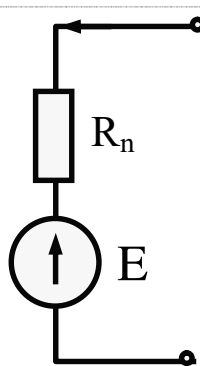
Hình 1-26 là sơ đồ thay thế của mạch hình 1-25 trong đó: nếu máy phát điện (MF) là máy phát điện được thay thế



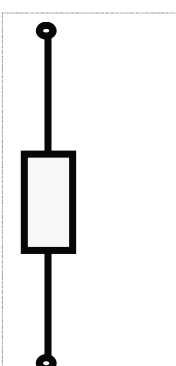
Hình 1.21



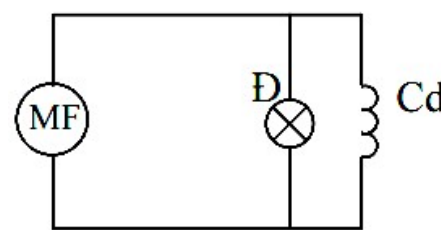
Hình 1.22



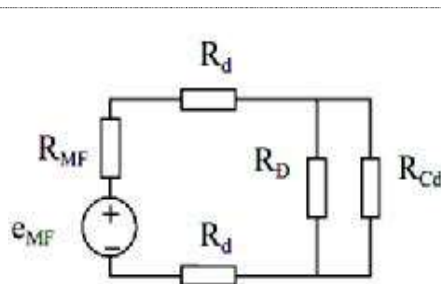
Hình 1.23



Hình 1.24



Hình 1-25



Hình 1-26

bằng  $e_{MF}$  nối tiếp với  $R_{MF}$ , đường dây được thay thế bằng  $R_d$ , bóng đèn Đ được thay thế bằng  $R_D$ , cuộn dây  $C_d$  được thay thế bằng  $R_{Cd}$ .

## 2. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Mục tiêu

- Trình bày được nguyên lý sản sinh ra sức điện động xoay chiều và các đại lượng cơ bản đặc trưng cho dòng điện xoay chiều
- Trình bày được ý nghĩa của hệ số công suất và các biện pháp nâng cao hệ số công suất

### 2.1. Khái niệm và nguyên lý sản sinh ra dòng điện xoay chiều

#### 2.1.1 Khái niệm

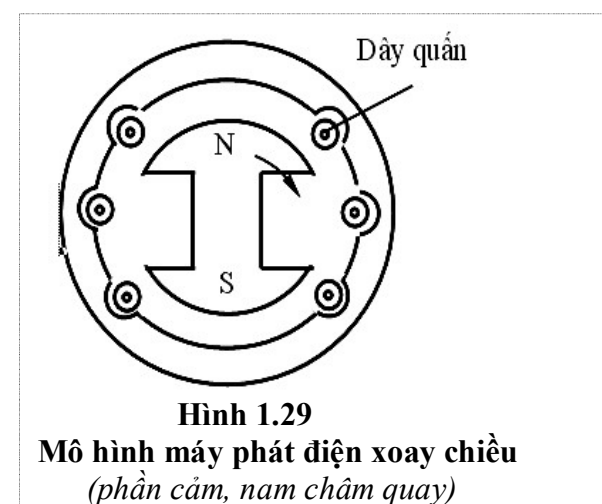
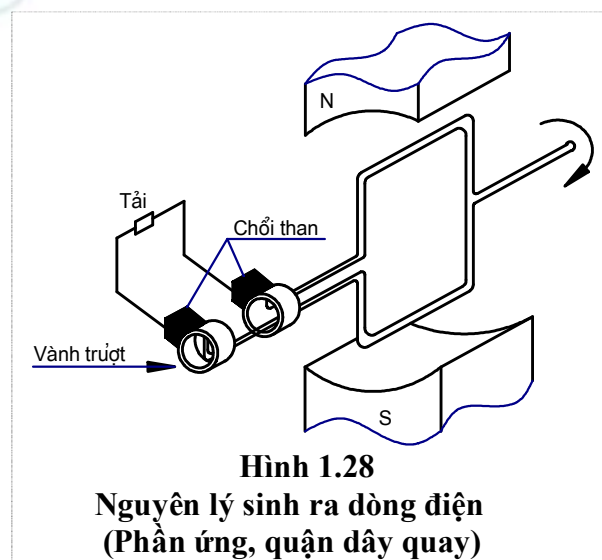
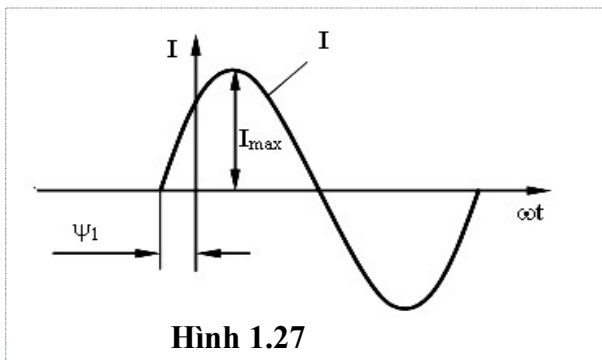
Dòng điện xoay chiều hình sin được sử dụng phổ biến trong sản xuất và đời sống xã hội, ...

#### 2.1.2 Nguyên lý sản sinh ra dòng điện xoay chiều

Nguyên lý như ở hình 1.27 người ta tác dụng lực cơ học vào trục làm cho khung dây quay, cắt đường sức từ trường của nam châm NS, trong khung dây sẽ cảm ứng sức điện động xoay chiều hình sin.

Dòng điện cung cấp cho tải thông qua vòng trượt và chổi than (hình 1.28). Khi công suất điện lớn, cách lấy điện như vậy gặp nhiều khó khăn ở chỗ tiếp xúc giữa vành trượt và chổi than. Trong công nghiệp, máy phát điện xoay chiều được chế tạo như sau: Dây quấn đứng yên trong các rãnh của lõi thép là phần tĩnh và nam châm NS là phần quay.

Khi tác dụng lực cơ học vào trục làm nam châm NS quay,



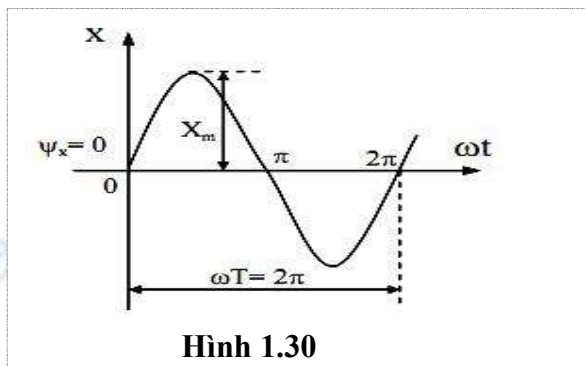
trong dây quấn ở phần tĩnh sẽ cảm ứng ra sức điện động xoay chiều hình sin. Dây quấn đứng yên nên việc lấy điện cung cấp cho tải rất an toàn và thuận lợi. Mô hình của máy phát điện xoay chiều được vẽ trên (hình 1.29)

## 2.2 Các đại lượng đặc trưng của dòng điện xoay chiều

Dòng điện xoay chiều hình sin là dòng điện có chiều và trị số biến đổi một cách tuần hoàn liên tục theo quy luật hình sin với thời gian, được biểu diễn dưới dạng tổng quát bằng đồ thị hình sin trên (hình 1.30)

$$i = I_{MAX} \sin(\omega t + \psi_i) \quad (2-1)$$

**2.2.1 Biên độ của đại lượng hình sin  $X_m$ :** Giá trị cực đại của đại lượng hình sin, nó nói lên đại lượng hình sin đó lớn hay bé. Để phân biệt trị số tức thời, được ký hiệu bằng chữ in thường  $x(i, u, \dots)$ . Biên độ được ký hiệu bằng chữ in hoa  $X_m(I_m, U_m, \dots)$



Hình 1.30

### 2.2.2 Góc pha $(\omega t + \psi_x)$

Là xác định chiều và trị số của đại lượng hình sin ở thời điểm  $t$  nào đó

### 2.2.3 Pha ban đầu

Pha ban đầu  $\psi_x$ : Xác định chiều và trị số của đại lượng hình sin ở thời điểm  $t = 0$ . (Hình 1.30) vẽ đại lượng hình sin với pha ban đầu bằng 0.

### 2.2.4 Chu kỳ $T$ , tần số $f$ , tần số góc $\omega$

- Chu kỳ  $T$  là khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại trị số và chiều biến thiên. Từ hình 2.4 ta có  $\omega T = 2\pi$ . Vậy chu kỳ  $T$  là:  $T = 2\pi/\omega$  (2-2)

- Tần số  $f$  là số chu kỳ của dòng điện trong một giây:  $f = 1/T$  (2-3)

Đơn vị của tần số  $f$  là héc, ký hiệu là Hz. Tần số góc  $\omega$  là tốc độ

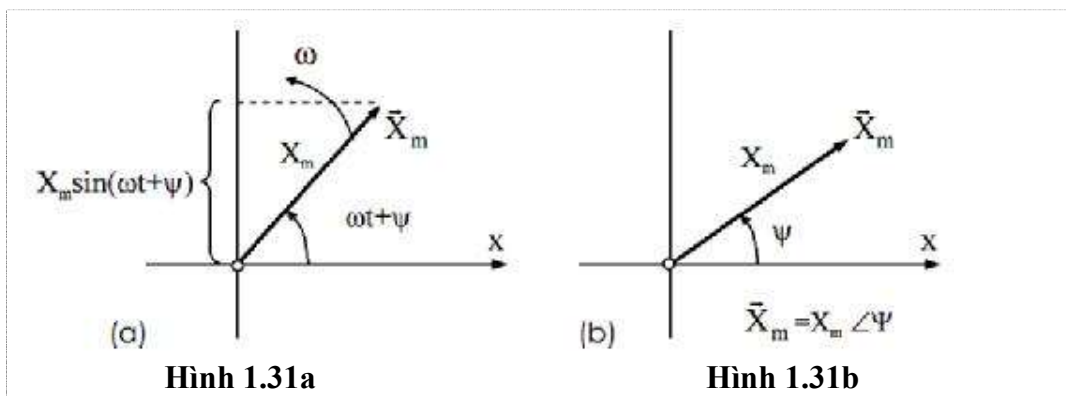
- Tần số góc  $\omega$  (rad/s): Là tốc độ biến thiên của góc pha trong một giây.

$$\omega = 2\pi f \text{ (rad/s)} \quad (2-4)$$

Lưới điện công nghiệp của nước ta có tần số là  $f = 50$  Hz.

Vậy chu kỳ  $T = 0,02$ s và tần số góc  $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 100\pi$  (rad/s).

## 2.3 Biểu diễn các đại lượng xoay chiều bằng đồ thị vector



Hình 1.31a

Hình 1.31b

Đại lượng hình sin tổng quát  $X_{(t)} = X_m \sin(\omega t + \psi)$ . Gồm 3 thông số biên độ  $X_m$ , tần số góc  $\omega$  và pha ban đầu  $\psi$ . Các thông số được trình bày trên (hình 1.31a) bằng véc tơ quay  $\overrightarrow{X_m}$  có độ lớn  $X_m$ , hình thành góc pha  $(\omega t + \psi)$  với trục hoành, hình chiếu véc tơ trên trục tung cho ta trị số tức thời của đại lượng hình sin.

Véc tơ ở trên có thể biểu diễn bằng véc tơ đứng yên (tức là thời điểm  $t = 0$ ) như (hình 1.31b)

Véc tơ này chỉ có hai thông số biên độ và pha ban đầu và được ký hiệu:

$$\overrightarrow{X_m} = X_m \angle \psi \quad (2-5)$$

Ký hiệu  $\overrightarrow{X_m}$  chỉ rõ véc tơ tương ứng với đại lượng hình sin:

$X_{(t)} = X_m \sin(\omega t + \psi)$  và ký hiệu  $X_m \angle \psi$  có nghĩa là véc tơ  $\overrightarrow{X_m}$  có biên độ  $X_m$  và pha ban đầu  $\psi$ . Vậy nếu  $\omega$  cho trước thì đại lượng hình sin hoàn toàn xác định khi ta biết biên độ (hay trị số hiệu dụng  $X$ ) và pha ban đầu. Như vậy đại lượng hình sin cũng có thể biểu diễn bằng đại lượng véc tơ có độ lớn bằng trị số hiệu dụng  $X$  và pha ban đầu  $\psi$ , như  $\overrightarrow{X} = X \angle \psi$ .

## 2.4 Ý nghĩa hệ số công suất và cách nâng cao hệ số công suất

### 2.4.1 Công suất của dòng điện hình sin

Trong mạch điện xoay chiều R, L, C nối tiếp có 2 quá trình năng lượng sau:

Quá trình tiêu thụ điện năng và biến đổi sang dạng năng lượng khác (tiêu tán, không còn trong mạch điện). Thông số đặc trưng cho quá trình này là điện trở R.

Quá trình trao đổi, tích lũy năng lượng điện từ trường trong mạch. Thông số đặc trưng cho quá trình này là điện cảm L và điện dung C.

Tương ứng với 2 quá trình ấy, người ta đưa ra khái niệm công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q.

#### a. Công suất tác dụng P

Công suất tác dụng P là công suất điện trở R tiêu thụ, đặc trưng cho quá trình biến đổi điện năng sang dạng năng lượng khác như nhiệt năng, quang năng, ...

$$P = RI^2 \quad (2-6)$$

Từ đồ thị vectơ ta có:

$$UR = RI = U \cos \varphi.$$

Thay vào (2-6) ta được:

$$P = RI^2 = URI = UI \cos \varphi \quad (2-7)$$

Công suất tác dụng là công suất trung bình trong một chu kỳ.

#### b. Công suất phản kháng Q

Đặc trưng cho cường độ quá trình trao đổi tích lũy năng lượng điện từ trường, người ta đưa ra khái niệm công suất phản kháng Q.

$$Q = X.I^2 = (XL - XC)I^2 \quad (2-8)$$

Từ đồ thị vector ta có:  $UX = X.I = U.\sin\varphi$

Thay vào (2-8) ta được:  $Q = X.I^2 = UXI = U.I.\sin\varphi$  (2-9)

Nhìn (2-8) thấy rõ công suất phản kháng gồm:

Công suất phản kháng của điện cảm QL:  $QL = XLI^2$  (2-10)

Công suất phản kháng của điện dung QC:  $QC = XCI^2$  (2-11)

### c. Công suất biểu kiến S

Để đặc trưng cho khả năng của thiết bị và nguồn thực hiện 2 quá trình năng lượng xét ở trên, người ta đưa ra khái niệm công suất biểu kiến S được định nghĩa như sau:

$$S = U.I = \sqrt{Q^2 + P^2} \quad (2-12)$$

Biểu thức của P, Q có thể viết như sau:

$$P = U.I.\cos\varphi = S.\cos\varphi \quad (2-13)$$

$$Q = U.I.\sin\varphi = S.\sin\varphi \quad (2-14)$$

Từ 2 công thức này thấy rõ, cực đại của công suất tác dụng P (khi  $\cos\varphi = 1$ ), cực đại của công suất phản kháng Q (khi  $\sin\varphi = 1$ )

là công suất biểu kiến S. Vậy S nói lên khả năng của thiết bị. Trên nhãn của máy phát điện, máy biến áp người ta ghi công suất biểu kiến S định mức.

Quan hệ giữa P, Q, S được mô tả bằng một tam giác vuông (hình 1.32) trong đó S là cạnh huyền, còn P và Q là 2 cạnh góc vuông.

$$P = S\cos\varphi$$

$$Q = S\sin\varphi$$

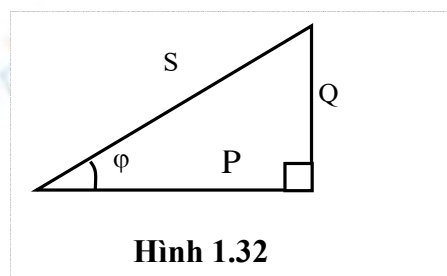
$$S = \sqrt{Q^2 + P^2}$$

P, Q, S có cùng thứ nguyên, song để phân biệt ta cho các đơn vị khác nhau:

Đơn vị của P: W, kW, MW

Đơn vị của Q: VAr, kVAr, MVar

Đơn vị của S: VA, kVA, MVA



Hình 1.32

### 2.4.2 Nâng cao hệ số công suất

Trong biểu thức công suất tác dụng  $P = UI\cos\varphi$ ,  $\cos\varphi$  được coi là hệ số công suất.

Hệ số công suất phụ thuộc vào thông số của mạch điện. Trong nhánh R, L, C nối tiếp:

$$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} \quad \text{hoặc} \quad \cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Hệ số công suất là chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng, có ý nghĩa rất lớn về mặt kinh tế như sau:

- Nâng cao hệ số công suất sẽ tận dụng tốt công suất nguồn (máy phát

điện, máy biến áp, ...) cung cấp cho tải. Ví dụ: một máy phát điện có công suất định mức  $S_{dm} = 10000 \text{ kVA}$ , nếu hệ số công suất của tải  $\cos\varphi = 0,5$  công suất tác dụng của máy phát cho tải  $P = S_{dm} \cos\varphi = 10000 \cdot 0,5 = 5000 \text{ kW}$ . Nếu  $\cos\varphi = 0,9$  thì  $P = 10000 \cdot 0,9 = 9000 \text{ kW}$ . Rõ ràng là khi  $\cos\varphi$  cao máy phát ra nhiều công suất hơn.

- Khi cần truyền tải một công suất  $P$  nhất định trên đường dây, thì dòng điện chạy trên đường dây là: 
$$I = \frac{P}{U \cos\varphi}$$

Nếu  $\cos\varphi$  cao thì dòng điện  $I$  sẽ giảm, dẫn đến giảm tổn hao điện năng, giảm điện áp rơi trên đường dây và có thể chọn dây dẫn tiết diện nhỏ hơn.

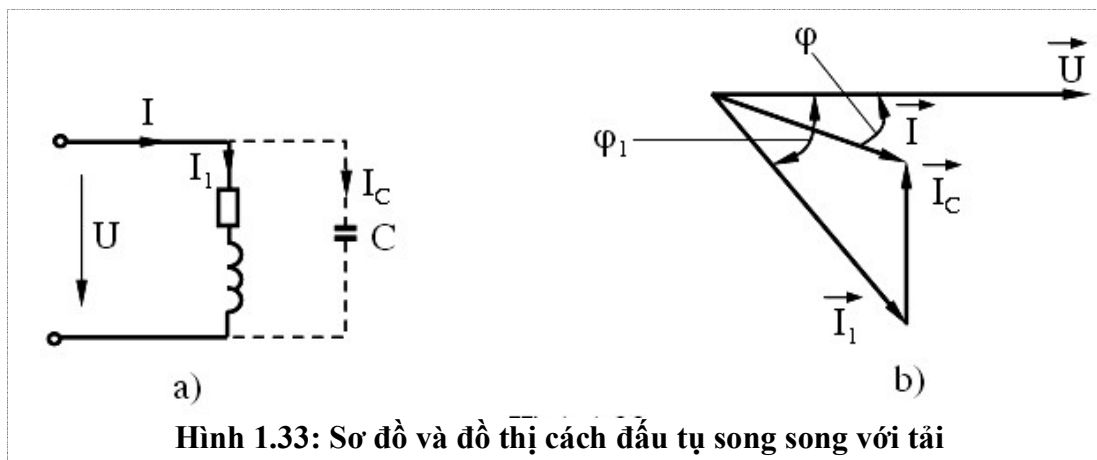
Các tải trong nghiệp và sinh hoạt thường có tính điện cảm (cuộn dây động cơ điện, máy biến áp, chấn lưu, ...) nên  $\cos\varphi$  thấp. Để nâng cao  $\cos\varphi$  ta thường dùng tụ điện nối song song với tải (hình 1.33a).

Khi chưa bù (chưa có nhánh tụ điện) dòng điện sẽ chạy trên đường dây bằng  $I$ , hệ số công suất của mạch (của tải) là  $\cos\varphi_1$ .

Khi có bù (có nhánh tụ điện) dòng điện chạy trên dây là:  $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_C$

Và hệ số công suất của mạch là  $\cos\varphi$ .

Từ đồ thị (hình 1.33b) ta thấy:  $I < I_1$ ;  $\varphi < \varphi_1$  và  $\cos\varphi > \cos\varphi_1$



**Hình 1.33: Sơ đồ và đồ thị cách dẫn tụ song song với tải**

Như vậy hệ số  $\cos\varphi$  đã được nâng cao.

Điện dung  $C$  cần thiết để nâng hệ số công suất từ  $\cos\varphi_1$  lên  $\cos\varphi$  được tính như sau:

Vì công suất tác dụng của tải không đổi nên công suất phản kháng của mạch là:

Khi chưa bù :

$$Q_1 = P \cdot \tan\varphi_1$$

Khi có bù bằng tụ điện (tụ điện cung cấp QC):

$$Q = Q_1 + QC = P \cdot \tan\varphi_1 + QC = P \cdot \tan\varphi$$

Từ đó rút ra công suất QC của tụ điện là:

$$QC = -P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi) \quad (2-15)$$

Mặt khác công suất QC của tụ điện được tính là:

$$QC = - UCIC = - U.U.\omega C = - U^2\omega C \quad (2-16)$$

So sánh (2-15) và (2-16) ta tính được điện dung C của bộ tụ điện là:

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi) \quad (2-17)$$

### 3. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

Mục tiêu:

- Giải thích được sơ đồ cấu tạo và trình bày được nguyên lý sản sinh ra dòng điện 3 pha
- Trình bày được sơ đồ đấu nối hệ thống điện xoay chiều ba pha kiểu hình sao (Y) và hình tam giác ( $\Delta$ ) và các mối quan hệ giữa các đại lượng pha và dây

#### 3.1 Khái niệm

Mạch điện ba pha là mạch điện mà nguồn điện năng của nó gồm 3 suất điện động hình sin cùng tần số nhưng lệch nhau một góc  $\alpha$  nào đó. Trong thực tế thường dùng điện năng ba pha gồm ba suất điện động hình sin cùng tần số, cùng biên độ, và lệch nhau một góc  $120^\circ$ . Nguồn ba pha như vậy được gọi là nguồn ba pha đối xứng. Mỗi mạch một pha được gọi là pha của mạch ba pha. Mạch ba pha bao gồm nguồn điện ba pha, đường dây truyền tải và các phụ tải ba pha.

Ngày nay dòng điện xoay chiều 3 pha được sử dụng rộng rãi trong các ngành sản xuất vì:

- Động cơ điện ba pha có cấu tạo đơn giản và đặc tính tốt hơn động cơ điện một pha.
- Truyền tải điện năng bằng mạch điện ba pha tiết kiệm được dây dẫn, giảm bớt tổn thất điện năng và tổn thất điện áp so với truyền tải điện năng bằng dòng điện một pha.

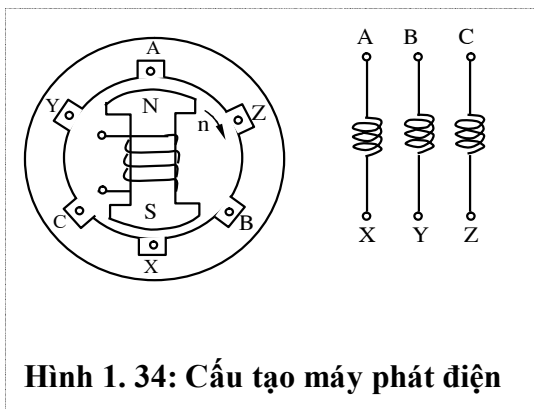
#### 3.2 Nguyên lý sản sinh ra dòng điện xoay chiều ba pha

##### 3.2.1 Sơ đồ cấu tạo

Để tạo ra dòng điện ba pha, người ta dùng các máy phát điện xoay chiều ba pha. Loại máy phát điện trong các nhà máy điện hiện nay là máy phát điện đồng bộ (hình 1.34) gồm:

- Ba dây cuộn ba pha đặt trong các rãnh của lõi thép stator (phần tĩnh). Các dây cuộn này thường ký hiệu là AX (dây cuộn pha A), BY (dây cuộn pha B), CY (dây cuộn pha C). Các dây cuộn của các pha có cùng số vòng dây và lệch nhau một góc  $120^\circ$  trong không gian.
- Phần quay (còn gọi là rotor) là nam châm điện N-S.

Khi quay rotor, từ trường sẽ lần lượt quét qua các dây cuộn pha A,



**Hình 1. 34: Cấu tạo máy phát điện**

pha B, pha C của stator và trong dây cuốn pha stator xuất hiện sức điện động cảm ứng, sức điện động này có dạng hình sin cùng biên độ, cùng tần số góc  $\omega$  và lệch pha nhau một góc  $2\pi/3$ .

### 3.2.2 Nguyên lý làm việc

Khi làm việc rô to quay với tốc độ  $\omega$ , từ trường rô to lần lượt quét qua dây quấn stator làm cho mỗi dây quấn stator cảm ứng một suất điện động xoay chiều hình sin, các suất điện động này hoàn toàn giống nhau và lệch nhau  $120^\circ$  ứng với  $1/3$  chu kỳ.

Nếu chọn pha đầu của sức điện động  $e_A$  của dây cuốn AX bằng không thì biểu thức sức điện động tức thời của các pha là:

Sức điện động pha A:

$$e_A = E\sqrt{2} \sin \omega t \quad (3-1)$$

Sức điện động pha B:

$$e_B = E\sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ) \quad (3-2)$$

Sức điện động pha C:

$$e_C = E\sqrt{2} \sin(\omega t - 240^\circ) \quad (3-3)$$

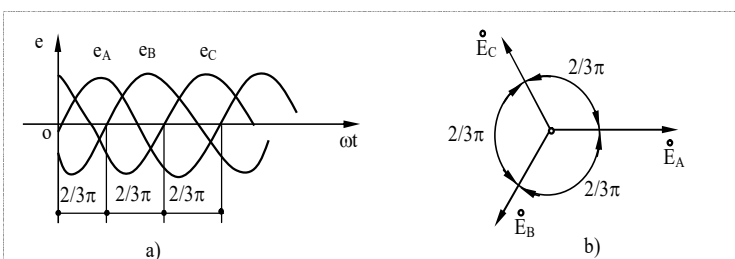
hoặc biểu diễn bằng số phức:

$$\dot{E}_A = E.e^{j0}$$

$$\dot{E}_B = E.e^{-j\frac{2\pi}{3}}$$

$$\dot{E}_C = E.e^{j\frac{2\pi}{3}}$$

(Hình 1.35a) vẽ đồ thị tức thời hình sin, (hình 1.35b) vẽ đồ véc tơ của suất điện động 3 pha  
Cách nối đầu dây

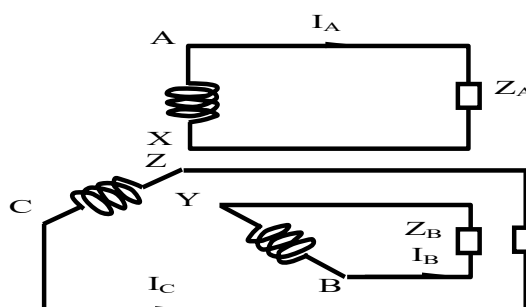


**Hình 1.35**

**a: Đồ thị tức thời hình sin; b: Đồ thị véc tơ**

Nếu mỗi pha của nguồn điện ba pha nối riêng rẽ với mỗi pha của tải thì ta có hệ thống ba pha không liên hệ nhau (hình 1.36).

Mỗi mạch điện như vậy gọi là một pha của mạch điện ba pha. Mạch điện ba pha



**Hình 1.36**

**Cách nối dây mỗi pha nguồn, tải riêng rẽ**