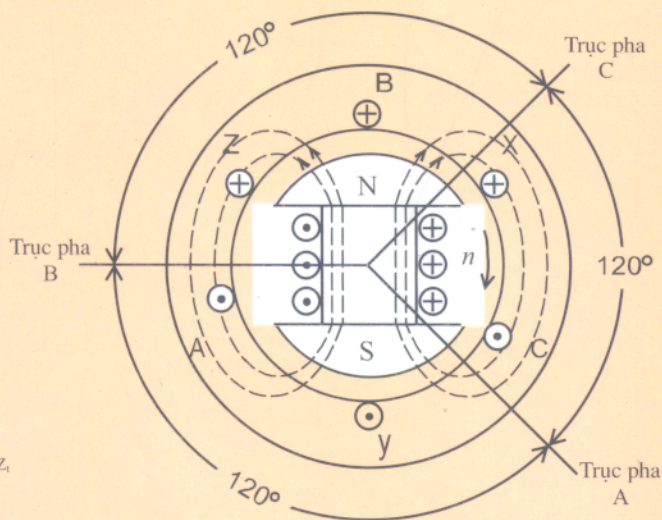
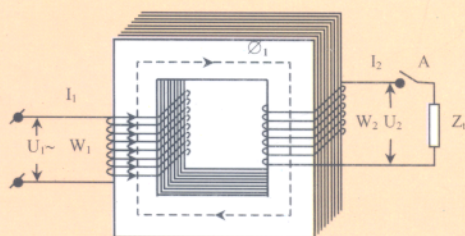


# TỦ SÁCH DẠY NGHỀ

Nguyễn Ngọc Lân - Nguyễn Văn Trọng - Nguyễn Thị Quỳnh Hoa

## KỸ THUẬT ĐIỆN

(Tài liệu dùng cho các trường  
Trung học chuyên nghiệp và Dạy nghề)



NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI

**TỦ SÁCH DẠY NGHỀ**

**NGUYỄN NGỌC LÂN - NGUYỄN VĂN TRỌNG - NGUYỄN THỊ QUỲNH HOA**

# **KỸ THUẬT ĐIỆN**

**(TÀI LIỆU DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP VÀ DẠY NGHỀ)**

**NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI  
HÀ NỘI - 2005**

Mã số:  $\frac{65-172}{15-12}$

# *Lời nói đầu*

Hiện nay, nhu cầu giáo trình dạy nghề để phục vụ các trường Trung học chuyên nghiệp và Dạy nghề trên phạm vi toàn quốc ngày một tăng, đặc biệt là những giáo trình đảm bảo tính khoa học, hệ thống, ổn định và phù hợp với điều kiện thực tế công tác dạy nghề ở nước ta. Trước nhu cầu đó, Nhà xuất bản Lao động - Xã hội tổ chức xây dựng **"Tủ sách dạy nghề"** nhằm biên soạn, tập hợp và chọn lọc các giáo trình tiên tiến đang được giảng dạy tại một số trường có bề dày truyền thống thuộc các ngành nghề khác nhau để xuất bản.

Cuốn **"Kỹ thuật điện"** được biên soạn để làm tài liệu giảng dạy và học tập cho giáo viên và học sinh các trường Trung học chuyên nghiệp và Dạy nghề. Nội dung cuốn sách bao gồm 2 phần:

**Phần I:** Điện kỹ thuật cơ sở

**Phần II:** Máy điện

Nhằm cung cấp những khái niệm cơ bản về dòng điện một chiều, xoay chiều (1 pha và 3 pha), cấu tạo, nguyên lý làm việc, phạm vi ứng dụng của một số linh kiện điện tử, máy biến áp, máy điện (1 pha và 3 pha).

Trong quá trình biên soạn cuốn **"Kỹ thuật điện"**, chúng tôi có tham khảo tài liệu:

1. Cơ sở điện kỹ thuật của Hoàng Hữu Thận.
2. Kỹ thuật điện của Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh.
3. Máy điện của Đặng Văn Đào, Trần Khánh Hà, Nguyễn Hồng Thanh.
4. Máy điện tập I, II của Trần Khánh Hà.
5. Kỹ thuật điện tử của Đỗ Xuân Thụ.

Mặt khác, dù đã cố gắng rất nhiều nhưng không tránh khỏi thiếu sót. Chúng tôi mong nhận được các ý kiến đóng góp của các nhà chuyên môn, các bạn đồng nghiệp và đồng đạo bạn đọc.

Xin chân thành cảm ơn.

**NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI**

# *Phần 1*

---

## **ĐIỆN KỸ THUẬT CƠ SỞ**

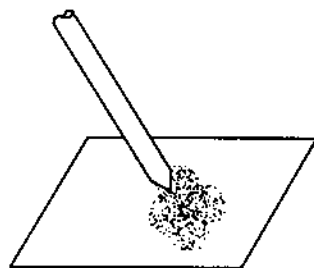
## Chương 1

# NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ TỈNH ĐIỆN

### 1.1. HIỆN TƯỢNG NHIỄM ĐIỆN

#### 1.1.1. Sự nhiễm điện

*Hiện tượng:* Khi dùng những con thoi bằng hổ phách (sản xuất bằng 1 loại nhựa cây họ thông) xát vào dạ hay lông thú sẽ xuất hiện đặc tính là hút được các vật nhẹ như lông chim, giấy vụn. Sau này, người ta thấy rằng ngoài hổ phách còn có những chất khác như: thủy tinh, lưu huỳnh, nhựa cây xát vào một vật khác cũng có đặc tính “Điện”, tức là hút được các vật nhẹ (hình 1-1). Người ta gọi hiện tượng đó là sự nhiễm điện.



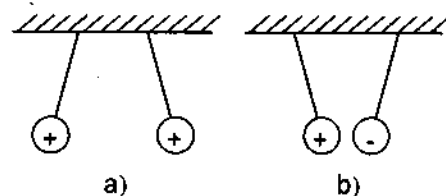
Hình 1-1

- Vật xuất hiện đặc tính “Điện” gọi là vật nhiễm điện.
- Một vật chưa nhiễm điện, nếu cho tiếp xúc với vật đã nhiễm điện thì cũng xuất hiện đặc tính “Điện” (tức là hút được các vật nhẹ). Ta gọi đó là hiện tượng nhiễm điện do tiếp xúc.
- Khi vật đã nhiễm điện, tức ở trong vật đã có điện và đã xuất hiện những điện tích.

#### 1.1.2. Hai loại điện tích

Thực nghiệm chứng tỏ rằng các vật nhiễm điện (tức các điện tích) sẽ tác dụng lên nhau các lực đẩy hoặc lực hút. Ta gọi lực đó là lực tĩnh điện.

Giả sử có hai quả cầu bắc nhỏ treo gần nhau. Đầu tiên, ta truyền cho cả hai quả cầu điện tích từ một đĩa thủy tinh nhiễm điện. Lực tĩnh điện sẽ đẩy hai quả cầu ra xa (hình 1-2a). Sau đó, ta truyền cho một quả cầu bằng điện tích của đĩa thủy tinh nhiễm điện, quả cầu kia bằng điện tích của một thanh Êbônít nhiễm điện thì thấy hai quả cầu hút nhau (hình 1-2b).



Hình 1-2

Vậy bằng nhiều thí nghiệm khác nhau ta luôn luôn thấy chỉ có hai loại điện tích. Lực tĩnh điện giữa hai điện tích cùng loại là lực tĩnh điện, giữa hai điện tích khác loại là lực hút.

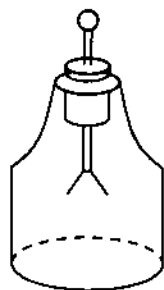
### **Quy ước:**

- Một loại là điện tích (+) như điện tích của đũa thủy tinh xát vào lụa.
- Loại kia là điện tích (-) như điện tích của thanh Êbônít, cao su, nhựa cây... xát vào lông thú.

**Điện nghiệm:** Để nhận biết những vật nhiễm điện người ta chế tạo ra điện nghiệm.

#### **- Cấu tạo:**

- + Gồm một lọ thủy tinh nút kín có cắm một thanh kim loại (hình 1-3).
- + Một đầu thanh treo hai lá kim loại mỏng nhẹ, đầu kia là một quả cầu kim loại.



**Hình 1-3**

Khi cho nhiễm điện tiếp xúc với quả cầu, điện tích truyền xuống hai lá kim loại mỏng làm chúng tích điện cùng dấu đẩy nhau ra xa. Tùy theo góc giữa các lá kim loại mỏng lớn hay nhỏ ta biết được vật nhiễm điện mạnh hay yếu.

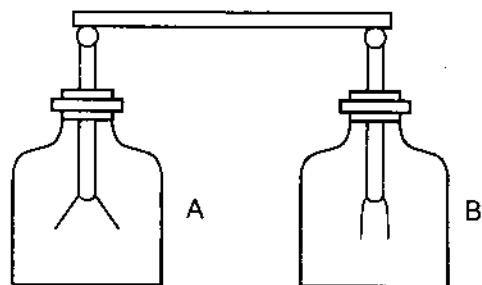
### **1.1.3. Chất dẫn và chất cách điện**

**Thí nghiệm:** Dùng hai điện nghiệm, một điện nghiệm đã được tích điện (hai lá kim loại xòe ra - điện nghiệm A), điện nghiệm kia chưa tích điện (điện nghiệm B) (hình 1-4). Nối hai điện nghiệm bằng một thanh kim loại (như Cu, Al, Fe ...).

- **Hiện tượng:** Ta thấy hai lá kim loại mỏng ở điện nghiệm B xòe ra còn ở điện nghiệm A hai lá cụp xuống một ít.

- **Kết luận:** Chứng tỏ điện tích đã truyền từ A qua thanh kim loại B.

- Nếu nối hai điện nghiệm A và B bằng vật cách điện thì điện nghiệm B không xòe lá kim loại mỏng ra, điện nghiệm A không cụp bớt lại. Tức điện tích A không truyền qua B.



**Hình 1-4**

Bằng các thí nghiệm tương tự hoặc tinh vi hơn, người ta chia vật liệu làm hai loại.

- Loại vật liệu để cho điện tích truyền qua gọi là chất dẫn điện hay gọi tắt là chất dẫn. Chất dẫn thông thường là kim loại và hợp kim, dung dịch điện phân (axit, bazơ, muối ...), than chì ...

- Loại vật liệu không cho điện tích truyền qua gọi là chất cách điện hay chất điện môi. Các chất điện môi thường là: thủy tinh, vải, cao su, lụa, một loại các chất khác: Polyme, dầu mỏ, nước tinh khiết, các chất khí ở trạng thái bình thường...

Thực ra ranh giới giữa những chất dẫn và điện môi không rõ ràng, có chất ở điều kiện này là chất điện môi, nhưng ở điều kiện khác lại là vật dẫn điện rất tốt.

*Ví dụ:* Gỗ khô là chất cách điện, nhưng nếu nó bị ẩm nó sẽ dẫn điện.

Như vậy ta thấy, khi bình thường là điện môi, nhưng nếu bị kích thích bởi nhiệt độ, phóng xạ hay một nguyên nhân nào đó chúng sẽ trở thành dẫn điện.

Ngoài ra, nằm ở ranh giới giữa chất dẫn và chất cách điện gồm một số các chất có tính trung gian gọi là chất bán dẫn. Tính dẫn điện của chất bán dẫn phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài (độ tinh khiết, loại tạp chất, nhiệt độ, ánh sáng, điện trường...). Các chất bán dẫn có thể là nguyên tố Si, Ge, Selen hoặc là các hợp chất (các loại ôxít, các loại muối ...).

#### **1.1.4. Giải thích một số hiện tượng bằng thuyết điện tử**

*a) Thuyết điện tử* (do nhà bác học người Anh Tôm-Sơn chứng minh bằng thực nghiệm)

Là học thuyết căn cứ vào sự chuyển động của các điện tử để giải thích tính chất điện của các vật cũng như các hiện tượng điện.

*Đặc điểm cơ bản của thuyết điện tử:*

- Điện tích nguyên tố là các hạt điện tích nhỏ bé nhất tồn tại trong tự nhiên (không thể phân chia điện tích nguyên tố thành các điện tích nhỏ hơn).

- Phần nhỏ nhất của vật chất có điện tích nguyên tố âm gọi là điện tử. Khối lượng điện tử là  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ , điện tích nguyên tố có giá trị âm, ký hiệu là  $e$ .

- Điện tử có trong thành phần mọi chất. Các chất đều do nguyên tử cấu tạo nên. Mỗi nguyên tử đều có hạt nhân mang điện tích dương và điện tử quay xung quanh hạt nhân. Bình thường, điện tích hạt nhân bằng tổng điện tích các điện tử (nhưng trái dấu) nên nguyên tử trung hoà về điện. Nguyên tử có thể nhận thêm điện tử khi đó nó tích điện âm gọi là Ion âm. Ngược lại, nguyên tử cũng có thể mất bớt điện tử trở nên điện tích dương gọi là Ion dương.

- Hiện tượng nguyên tử trung hoà biến thành Ion âm hay dương tức hiện tượng nguyên tử nhận thêm hay mất bớt điện tử so với số bình thường. Hiện tượng này gọi là hiện tượng Ion hoá.

#### *b) Giải thích một số hiện tượng bằng thuyết điện tử*

- *Hiện tượng nhiễm điện do ma sát*

Khi hai vật không mang điện ma sát với nhau như thuỷ tinh xát vào lụa, thì một số điện tử ở thuỷ tinh đã truyền sang lụa. Thuỷ tinh mất bớt điện tử sẽ tích điện dương, còn lụa tích điện âm (vì nhận thêm điện tử). Êbonít xát vào dạ tích điện âm vì nó lấy điện tử từ dạ sang.

### - Hiện tượng nhiễm điện do tiếp xúc

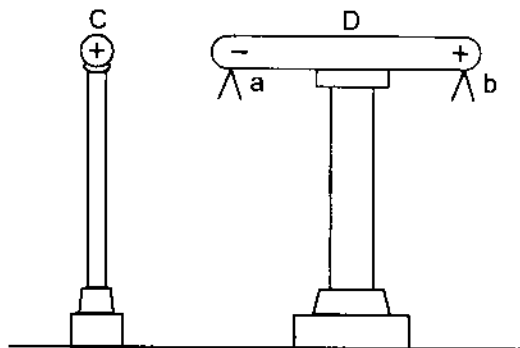
Cho một vật mang điện, chẳng hạn mang điện âm tiếp xúc với một vật không mang điện thì vật này cũng nhiễm điện âm vì một số điện tử đã chuyển từ vật mang điện sang vật không mang điện. Một vật không mang điện tiếp xúc với một vật mang điện dương sẽ được nhiễm điện dương. Vì một số điện tử của vật không mang điện đã chuyển sang vật mang điện dương.

- Chất dẫn điện: Là chất có những điện tích tự do, chẳng hạn kim loại có chứa những điện tử tự do nên là chất dẫn điện tốt. Ngược lại, điện môi là chất hầu như không có điện tích tự do.

### 1.1.5. Nhiễm điện do hưởng ứng

#### a) Hiện tượng

Tích điện cho quả cầu C, chẳng hạn C tích điện dương rồi đưa lại gần vật dẫn D chưa nhiễm điện. Hai đầu vật dẫn có gắn các băng giấy A, B để kiểm tra sự nhiễm điện của vật dẫn. Lúc đưa quả cầu C lại gần vật D ta thấy các băng giấy ở hai đầu xòe ra. Dịch quả cầu C ra xa, các băng giấy cụp lại. Nếu gắn các băng giấy ở giữa vật dẫn D thì tuy đưa C lại gần, các băng giấy không xòe ra (hình 1-5).



Hình 1-5

#### Kết luận:

+ Khi đưa vật dẫn lại gần vật nhiễm điện (không tiếp xúc với nhau), vật dẫn sẽ bị nhiễm điện ở 2 đầu, ta gọi là sự nhiễm điện do hưởng ứng (hay điện hưởng).

+ Nhiễm điện do hưởng ứng chỉ tồn tại khi vật dẫn đặt gần vật nhiễm điện (vật cảm). Bỏ vật cảm thì hiện tượng điện hưởng cũng hết.

Nếu kiểm tra dấu của điện tích ở 2 đầu vật dẫn bằng một đũa thủy tinh đã tích điện dương, ta thấy đầu a tích điện âm (băng giấy bị đũa thủy tinh hút), đầu b tích điện dương (băng giấy bị đũa thủy tinh đẩy). Bằng các thí nghiệm tương tự ta luôn luôn thấy: Vật nhiễm điện do hưởng ứng luôn tích điện trái dấu ở 2 đầu, đầu gần vật cảm tích điện trái dấu với vật cảm, đầu còn lại tích điện cùng dấu với vật cảm.

#### b) Giải thích bằng thuyết điện tử

Trong vật dẫn kim loại có nhiều điện tử tự do. Khi đưa quả cầu C tích điện dương lại gần vật dẫn, các điện tử (tích điện âm) bị điện tích âm hút lại phía quả cầu, nên đầu gần quả cầu (đầu a) thừa điện tử tích điện âm. Đầu ở xa quả cầu (đầu b) thiếu điện tử tích điện dương.

Ngược lại, nếu quả cầu C tích điện âm thì điện tử ở đầu a bị quả cầu C đẩy dồn về phía đầu b, đầu a tích điện dương và đầu b tích điện âm.

Khi bỏ quả cầu C đi, các điện tử không còn bị lực hút hay đẩy nữa, chúng lại phân bố đều trong vật dẫn nên hai đầu vật dẫn không còn tích điện nữa.

### c) Giải thích đặc tính hút vật nhẹ của vật nhiễm điện

Một đũa thủy tinh hay một thanh Êbônít đã nhiễm điện (do tiếp xúc, ma sát ...) có đặc tính là hút được các vật nhẹ (như giấy vụn, bông vụn...). Điều đó được giải thích như sau: Khi đưa vật nhiễm điện lại gần vật nhẹ, các vật này bị nhiễm điện do hưởng ứng. Phần vật nhẹ ở gần vật nhiễm điện tích điện trái dấu nên bị hút.

*Ví dụ:* Tính độ lớn  $q$  của 2 điện tích bằng nhau, biết rằng chúng cách nhau 0,1m trong chân không và tác dụng vào nhau một lực  $F = 9 \cdot 10^{-5} \text{N}$ .

## 1.2. ĐỊNH LUẬT CU LÔNG

### 1.2.1. Lượng điện tích (điện trường)

Một trong các đặc tính cơ bản của điện tích là chúng tương tác lẫn nhau (hút hay đẩy). Lực tương tác giữa các điện tích gọi là lực tĩnh điện. Vật nhiễm điện càng mạnh, tức số điện tích tự do chứa trong vật càng nhiều thì lực tương tác giữa các điện tích khác càng lớn.

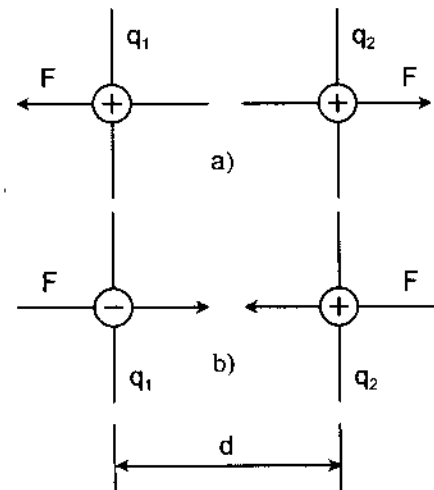
Vậy, lượng điện tích chứa trong vật nhiễm điện là một đại lượng đặc trưng cho khả năng tương tác lực của các vật nhiễm điện. Ta gọi đại lượng đó là điện lượng (lượng điện tích) hay gọi tắt là điện tích của vật nhiễm điện, ký hiệu là  $q$ , đơn vị là C.

### 1.2.2. Định luật Cu lông

Để xác định lực tĩnh điện, năm 1784 nhà bác học Pháp là Cu lông đã tìm ra định luật mang tên ông. Định luật phát biểu như sau:

- Lực tương tác giữa hai điện tích tỉ lệ với độ lớn hai điện tích, tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai điện tích và phụ thuộc vào môi trường đặt các điện tích.

- Phương của lực tĩnh điện giữa hai điện tích điểm là đường nối hai tâm điện tích. Hai điện tích đẩy nhau nếu chúng khác dấu (hình 6a) và hút nhau nếu chúng cùng dấu (hình 6b).



Hình 1-6

Biểu thức:  $F = k \cdot \frac{q_1 q_2}{d^2}$

Trong đó:  $F$  là lực tĩnh điện, đơn vị là N.

$q_1, q_2$  là trị số các điện tích, đơn vị là C.

$d$  là khoảng cách giữa hai điện tích, đơn vị là m.

$k$  là hệ số tỉ lệ, phụ thuộc vào đơn vị và bản chất môi trường.

Trong hệ đơn vị đo hợp pháp của nước ta,  $k$  có giá trị như sau:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon} \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$$

Do vậy:  $F = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon} \cdot \frac{q_1 q_2}{d^2}$

Từ biểu thức trên ta thấy, lực tĩnh điện tỉ lệ nghịch với hằng số điện môi (tương đối)  $\epsilon$ .  
Môi trường có  $\epsilon$  càng lớn thì lực tương tác giữa các điện tích càng nhỏ.

Ở đây,  $\epsilon$  là hằng số điện môi tương đối của môi trường.

$\epsilon_0$  là hằng số điện môi tuyệt đối của chân không.

$$\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$$

*Ví dụ:* Hai quả cầu điện tích bằng nhau và bằng  $5 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ , đặt trong không khí ( $\epsilon=1$ ) cách nhau một khoảng  $d = 3\text{cm}$ . Tính lực tác dụng giữa hai điện tích.

### 1.3. ĐIỆN TRƯỜNG

#### 1.3.1. Khái niệm về điện trường

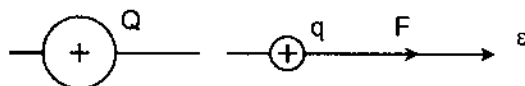
Ta biết một đặc tính cơ bản của điện tích là tác dụng lực lên các điện tích khác đặt gần nó. Như vậy, một điện tích đặt trong không gian (môi trường) sẽ làm biến đổi tính chất của không gian quanh nó.

*Ví dụ:* Khi đặt một điện tích khác vào không gian bao quanh điện tích đó sẽ xuất hiện lực tác dụng lên điện tích vừa đặt vào (gọi là điện tích thử).

Vậy, môi trường vật chất đặc biệt bao quanh một điện tích, trong đó có lực tĩnh điện tác dụng lên các điện tích thử gọi là điện trường. Như vậy, điện trường là một dạng vật chất đặc biệt có tính chất đặc trưng là tồn tại tác dụng lực tĩnh điện. Điện trường gắn liền với điện tích và mỗi điện tích đều tạo ra một điện trường xung quanh nó. Khi bỏ điện tích tạo ra điện trường đi thì điện trường cũng mất.

### 1.3.2. Cường độ điện trường

Giả sử ta có quả cầu tích điện  $+Q$ , tạo ra một điện trường xung quanh nó. Đặt một điện tích thử  $q$  vào điện trường  $(+Q)$  nó sẽ chịu một lực tác dụng xác định theo định luật Cu lông (hình 1-7).



Hình 1-7

$$F = k \frac{qQ}{d^2}$$

Ví dụ: Xác định cường độ điện trường của một điện tích điểm  $2.10^{-9}$  C tại một điểm cách nó một khoảng  $d = 6$  cm trong không khí ( $\epsilon = 1$ ).

Ở đây,  $d$  là khoảng cách từ điện tích thử  $q$  đến điện tích  $Q$ . Nếu  $Q$  và  $d$  là không đổi thì lực  $F$  tỉ lệ với  $q$ :

$$\frac{F}{q} = k \frac{Q}{d^2}$$

Nghĩa là: Nếu điện tích thử  $q$  càng lớn thì lực  $F$  do điện trường tác dụng lên nó càng lớn, nhưng tỉ số giữa cường độ lực điện trường với điện tích thử luôn là hằng số tại mỗi điểm. Tỉ số này đặc trưng cho tác dụng lực của điện trường tại mỗi điểm được gọi là cường độ điện trường tại điểm đó. Ký hiệu là  $E$ .

Định nghĩa: Cường độ điện trường tại mỗi điểm bằng tỉ số giữa lực tác dụng lên một điện tích thử đặt tại điểm đó với độ lớn của điện tích thử.

$$E = \frac{F}{q}$$

Trong đó:  $E$  là cường độ điện trường, đơn vị là V/m.

$F$  là lực điện trường, đơn vị là N.

$q$  là điện tích thử, đơn vị là C.

Cường độ điện trường là một véc tơ. Véc tơ cường độ điện trường xác định như sau:

- Phương và chiều trùng với phương và chiều của lực điện trường tác dụng lên điện tích thử dương tại điểm xét. Cường độ điện trường xác định theo biểu thức:

$$E = \frac{F}{q}$$

- Để chỉ một đại lượng véc tơ, ta dùng ký hiệu chấm ở trên đầu.

Ký hiệu: Ví dụ  $\vec{E}$  là véc tơ cường độ điện trường.

$\vec{F}$  là véc tơ lực điện trường.

Biết  $\vec{E}$  và  $\vec{F}$  cùng phương và chiều nên

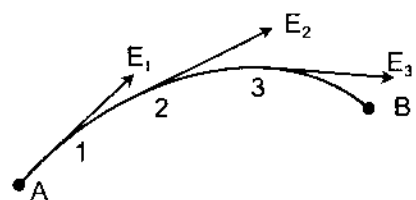
+ Nếu  $q = +1C$  thì  $E = F$ , tức hai véc tơ  $\vec{E}$  và  $\vec{F}$  cùng phương; chiều, cường độ bằng nhau.

Do đó, véc tơ cường độ điện trường tại một điểm chính là véc tơ lực tác dụng lên một điện tích thử dương đặt tại điểm đó có điện tích là  $1C$ .

### 1.3.3. Đường sức điện trường

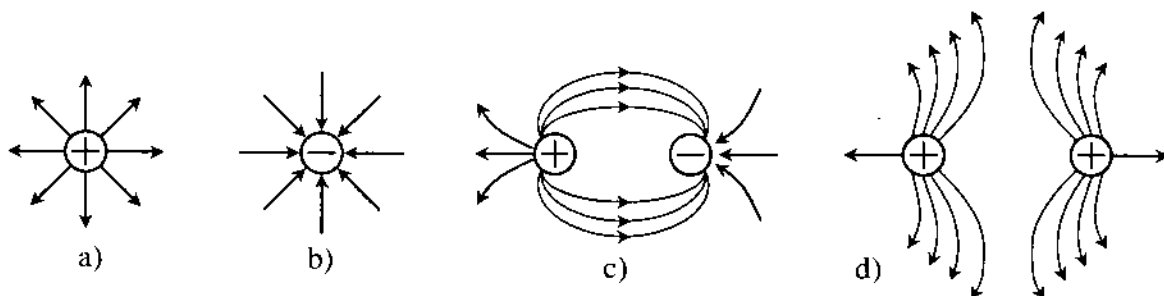
Để biểu diễn một điện trường ta có thể vẽ véc tơ cường độ điện trường tại các điểm trong trường. Song cách biểu diễn này rất khó khăn, mất công lại không rõ ràng, ít có tác dụng thực tế. Do đó, người ta thường thay các véc tơ cường độ điện trường bằng một đường cong tiếp xúc với các véc tơ đó, gọi là đường sức điện trường.

Trên hình 1-8, các véc tơ  $\vec{E}_1$ ;  $\vec{E}_2$  ... trùng với tiếp tuyến của đường sức AB tại các điểm 1; 2 ...



Hình 1-8

**Định nghĩa:** Đường sức điện trường là đường cong (vẽ trong từ trường) mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với véc tơ cường độ điện trường tại điểm đó. Chiều của đường sức là chiều của véc tơ cường độ điện trường.



Hình 1-9

Đặc điểm của đường sức điện trường:

- Điện trường tồn tại trong không gian trong điện tích nên bất kỳ điểm nào trong trường cũng có đường sức điện trường đi qua.
- Các đường sức không cắt nhau ở điểm nào trong trường.
- Đường sức xuất phát từ điện tích (+) và đi đến điện tích (-) (vì chiều đường sức là chiều của lực tác dụng lên điện tích thử (+)). Đó là những đường cong không kín.

- Độ mau thưa của các đường sức biểu thị độ lớn của E.
- Bên trong vật dẫn tích điện,  $E = 0$  nên không có đường sức

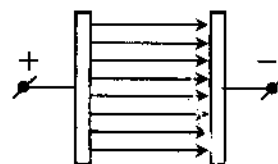
(hình 1-9 a,b,c,d) là hình ảnh đường sức điện trường của một số điện tích thông thường. Ta thấy:

- + Điện trường của các điện tích cầu (+) là các đường kính ly tâm (hình 1-9a).
- + Điện trường của các điện tích cầu (-) là các đường kính hướng tâm (hình 1-9b).
- + Đường sức điện trường của các điện tích nói chung là các đường cong (hình 1-9c, d).

### 1.3.4. Điện trường đều

*Định nghĩa:* Là điện trường mà cường độ tại mọi điểm đều có cùng trị số và hướng.

*Trường hợp đặc biệt:* Đường sức điện trường giữa hai bản phẳng tích điện (ví dụ: Giữa 2 bản cực tụ điện phẳng tích điện hình 1-10) là các đường thẳng song song và cách đều nhau. Đó là điện trường đều.



Hình 1-10

*Ví dụ:* Hai tấm cực phẳng hình tròn, bán kính  $r = 40$  cm, đặt cách nhau 1 cm trong không khí. Tính điện dung của tụ.

## 1.4. ĐIỆN DUNG, TỤ ĐIỆN

### 1.4.1. Điện dung

- *Khái niệm:* Ta đã nhận thấy điện thế luôn luôn tỉ lệ với điện tích gây điện trường. Khi điện tích của vật dẫn nhiễm điện tăng lên thì điện thế của vật cũng tăng theo, nhưng tỉ số giữa điện tích và điện thế của vật sẽ luôn luôn là hằng số. Tỉ số này đặc trưng cho khả năng dẫn điện của vật được gọi là điện dung của vật dẫn. Ký hiệu C.

- *Định nghĩa:* Điện dung của vật dẫn đo bằng tỉ số giữa điện tích của vật dẫn với điện thế của nó.

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$

*Trong đó:*  $\varphi$  là điện thế của vật dẫn, đơn vị Vôn (V).

Q là điện tích của vật dẫn, đơn vị Culông (C).

C là điện dung, đơn vị Fara (F).

Thực tế đơn vị F của điện dung quá lớn nên người ta thường dùng ước số là micro fara ( $\mu\text{F}$ ); picro fara (pF) và na nô fara (nF).

$$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$$

$$1\text{nF} = 10^{-9}\text{F} = 10^{-3}\mu\text{F}$$

$$1\text{pF} = 10^{-12}\text{F} = 10^{-6}\mu\text{F} = 10^{-3}\text{nF}$$

### 1.4.2. Tụ điện

**a) Định nghĩa:** Hai vật dẫn đặt gần nhau, cách nhau bởi điện môi tạo thành một tụ điện.

**Ví dụ:** Hai dây dẫn chạy song song cách nhau bởi không khí hình thành 1 tụ điện

Một dây dẫn chạy song song với mặt đất cũng là 1 tụ điện.

#### b) Điện dung của tụ điện

- **Định nghĩa:** Điện dung của tụ điện đo bằng tỉ số giữa điện tích của tụ điện và điện áp giữa 2 bản cực.

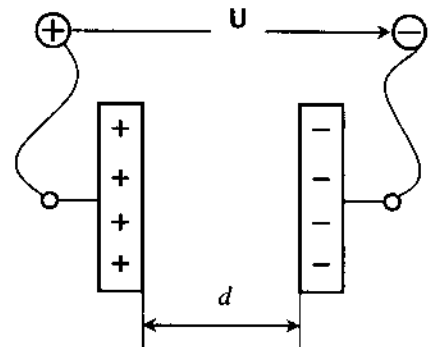
- Biểu thức:  $C = \frac{Q}{U}$

Trong đó:

C điện dung của tụ, đơn vị Fara (F).

Q điện tích của tụ, đơn vị Culông (C).

U điện áp, đơn vị Vôn (V).



Hình 1-11

Điện dung của tụ điện phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Kích thước và khoảng cách giữa các bản cực.
- Hằng số điện môi giữa các bản cực.

Đối với tụ điện phẳng (hình 1-11), người ta chứng minh được rằng: Điện dung của tụ điện phẳng tỉ lệ với diện tích đối diện giữa 2 bản cực và hằng số điện môi, tỉ lệ nghịch với khoảng cách giữa 2 bản cực.

$$C = \frac{1}{k} \cdot \frac{S}{4\pi d} = \frac{1}{9 \cdot 10^9} \cdot \frac{\epsilon S}{4\pi d}$$

hoặc thay

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \text{ ta có: } C = \epsilon_0 \frac{\epsilon S}{d} = 8,86 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{\epsilon S}{d}$$

### 1.5.1. Công của lực điện trường

Điện tích thử  $q$  đặt tại điểm A trong điện trường đều (hình vẽ 1-12) sẽ xuất hiện lực  $F$  tác dụng lên nó làm cho  $q$  chuyển dịch từ bản cực (+) về bản cực (-).

$$F = qE$$

- Nếu hướng chuyển động trùng với lực  $F$  thì công của lực điện trường là:

$$A = F \cdot d = qEd \text{ (đường AB trên hình 1-12)}$$

- Nếu điện tích  $q$  chuyển động lệch với lực  $F$  một góc  $\alpha$  (đường AC) thì công của lực điện trường là:  $A = F \cdot AC \cos \alpha$

$$\text{Xét tam giác ABC có } AB = AC \cos \alpha = d$$

$$\Rightarrow A = F \cdot AC \cos \alpha = F \cdot d = qEd$$

- Nếu điện tích  $q$  di chuyển theo hướng gãy khúc AEB, ta phân quãng đường đi làm 2 đoạn:

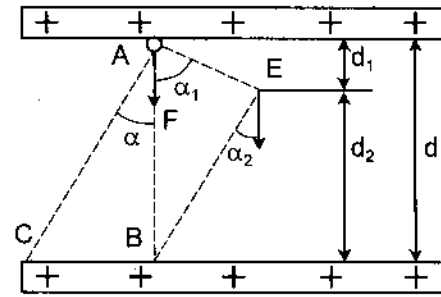
$$+ \text{ Công trên đoạn AE: } A_1 = F \cdot AE \cos \alpha_1 = Fd_1$$

$$+ \text{ Công trên đoạn EB: } A_2 = F \cdot EB \cos \alpha_2 = Fd_2$$

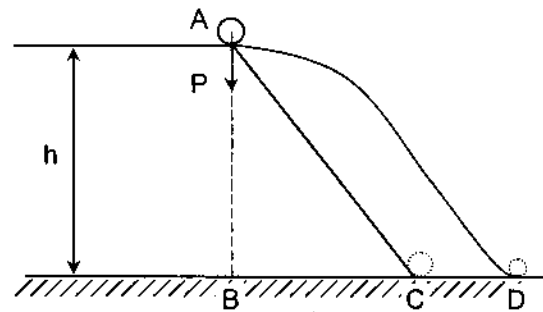
$$+ \text{ Công trên cả quãng đường AEB:}$$

$$A = A_1 + A_2 = Fd_1 + Fd_2 = F(d_1 + d_2) = Fd = qEd$$

*Nhận xét:* Trong điện trường đều, công của lực điện trường không phụ thuộc dạng đường đi.



Hình 1-12



Hình 1-13

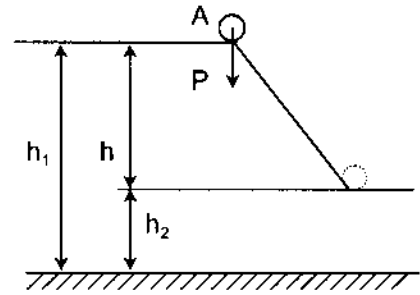
*Kết luận:* Công của lực điện trường làm dịch chuyển một điện tích từ điểm này đến điểm khác trong trường, không phụ thuộc dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối của quãng đường đi. Ngoài ra, ta chú ý rằng: Công của lực điện trường tỉ lệ với lực điện trường  $F$ , với trị số điện tích  $q$  và cường độ của điện trường. Liên hệ với công của lực trọng trường (hình 1-13) ta thấy có những điểm tương tự: Vật nặng  $P$  rơi từ điểm A có độ cao  $h$  xuống mặt đất, có thể rơi theo đường thẳng đứng AB, theo mặt phẳng nghiêng AC, theo mặt cong AD bất kỳ nhưng công thực hiện luôn luôn bằng nhau và bằng:  $A = P \cdot h = mgh$

Trong đó:  $P$  là trọng lực (lực trọng trường).

$M$  là khối lượng vật nặng.

$g$  là gia tốc rơi tự do.

Xét trường hợp chung: Công do vật nặng  $P$  rơi từ điểm  $A$  có độ cao  $h_1$  (so với mặt đất) xuống điểm  $B$  có độ cao là  $h_2$  (hình 1-14) sẽ là:



Hình 1-14

$$A = Ph = P(h_1 - h_2) = Ph_1 - Ph_2 = A_1 - A_2$$

Trong đó:  $A_1$  là công do vật nặng rơi từ  $A$  xuống mặt đất.

$A_2$  là công do vật nặng rơi từ  $B$  xuống mặt đất.

Vật  $P$  càng nặng thì công  $A$  càng lớn nhưng tỉ số công  $A$  với khối lượng  $m$  sẽ không phụ thuộc vật nặng mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của vật nặng so với mặt đất:

$$\frac{A_1}{m} = gh_1 \text{ và } \frac{A_2}{m} = gh_2$$

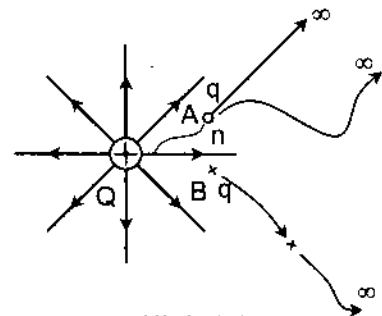
Các tỉ số này đặc trưng cho khả năng sinh công của lực trọng trường ở từng vị trí  $A$  hoặc  $B$  trong trường, nó được gọi là thế của trọng trường.

Tương tự như vậy, tỉ số giữa công  $A$  của lực điện trường với trị số điện tích  $q$  sẽ đặc trưng cho khả năng sinh công của lực điện trường tại từng điểm và gọi là thế của điện trường hay điện thế.

### 1.5.2. Điện thế

Để xác định thế của trọng trường ta lấy đất làm mốc, tức nếu trọng vật nằm trên mặt đất ta coi thế của nó bằng 0 ( $gh = 0$  tức  $h = 0$ ).

Để xác định thế của điện trường, ta lấy điểm làm mốc là điểm ở xa vô cùng, tại đó  $E = 0$ , nên  $F = 0$ . Công dịch chuyển một điện tích  $q$  từ điểm  $A$  trong trường (hình 1-15)  $\rightarrow$  vô cùng, ký hiệu là  $A_\infty$  sẽ phụ thuộc vào các yếu tố sau:



Hình 1-15

- Trị số độ lớn của điện tích  $q$ .

- Vị trí của điểm  $A$ .

Tỉ số  $\frac{A_\infty}{q}$  chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm  $A$  sẽ đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường tại điểm  $A$  gọi là điện thế của trường tại  $A$  ký hiệu là  $\varphi$ .

**Định nghĩa:** Điện thế của điện trường tại một điểm là tỉ số giữa công dịch chuyển điện tích dương từ điểm đó đến  $\infty$  với trị số của điện tích.

$$\varphi = \frac{A_{\infty}}{q} \quad (1)$$

**Ý nghĩa:** Từ (1) nếu cho  $q = +1$  thì  $\varphi = A_{\infty}$ . Vậy điện thế của một điểm tại trường là công làm dịch chuyển một đơn vị điện tích (+) từ điểm đó đến điểm ở xa vô cùng.

- Điện thế là một lượng đại số có thể (+); (-) hoặc = 0. Tùy theo điện tích gây ra điện trường là (+) (-) hay = 0. Điện thế luôn luôn tỉ lệ với điện tích gây ra điện trường. Đối với điện tích điểm ta có:

$$\varphi = k \frac{Q}{d} \quad \text{Trong đó, } d: \text{ khoảng cách từ tâm điện tích đến điểm tính điện thế.}$$

**Đơn vị:** Trong biểu thức (1), nếu cho  $A_{\infty} = 1\text{J}$ ;  $q = 1\text{C}$  thì  $\varphi = 1$  đơn vị điện thế gọi là Vôn, viết tắt là V. Vậy vôn là điện thế của một điểm trong trường khi di chuyển điện tích dương 1C từ điểm đó ra xa vô cùng sẽ thực hiện 1 công là 1J.

### 1.5.3. Hiệu điện thế (Điện áp)

#### **Khái niệm**

Giả sử cần tính công của lực điện trường khi di chuyển điện tích  $q$  từ điểm B đến điểm C trong trường. Trước hết, ta tính công di chuyển điện tích  $q$  từ B ra  $\infty$ , như biểu thức:

$$\varphi = \frac{A_{\infty}}{q}$$

Công di chuyển  $q$  từ C ra  $\infty$ :

$$A_2 = \varphi_C q$$

Như vậy, công di chuyển  $q$  từ B đến C chính là hiệu công di chuyển  $q$  từ B ra  $\infty$  với công di chuyển  $q$  từ C ra  $\infty$  (vì công không phụ thuộc dạng đường đi).

$$A_{BC} = A_1 - A_2 = q (\varphi_B - \varphi_C).$$

Lượng  $\varphi_B - \varphi_C$  gọi là hiệu điện thế hay điện áp giữa 2 điểm BC, ký hiệu là U hoặc  $U_{BC}$ .

$$U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C$$

Điện áp giữa 2 điểm của trường là hiệu điện thế giữa 2 điểm đo.

$$A_{BC} = qU_{BC} \quad \text{hay} \quad U = \frac{A}{q}$$

Do đó, ta có thể định nghĩa điện áp như sau:

Điện áp giữa 2 điểm của trường là tỷ số giữa công thực hiện khi di chuyển một điện tích (+) từ điểm nọ đến điểm kia với trị số của điện tích.

*Đơn vị:*

Đơn vị điện áp cũng đo bằng vôn (V). Bội số của vôn là Kilo-vôn (KV), ước số của vôn là Milivôn (mV); microvôn ( $\mu V$ ).

$$1 \text{ kV} = 1000\text{V} = 10^3\text{V}$$

$$1 \text{ mV} = 0,001 \text{ V} = 10^{-3}\text{V}.$$

$$1 \mu\text{V} = 0,000001 \text{ V} = 10^{-6}\text{V}$$

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Dùng thuyết điện tử để giải thích hiện tượng nhiễm điện do ma sát, do tiếp xúc, do hưởng ứng, tính dẫn điện và cách điện của vật liệu.
2. Điện trường là gì? Định nghĩa, nêu ý nghĩa và đơn vị cường độ điện trường. Đường sức điện trường là gì? Nêu ý nghĩa của nó.
3. Điện thế là gì? Nêu ý nghĩa và đơn vị đo điện thế.
4. Định nghĩa, trình bày ý nghĩa và đơn vị đo điện áp.
5. Định nghĩa, nêu ý nghĩa và đơn vị đo điện dung.
6. Giải thích hiện tượng phân cực điện môi. Nêu ý nghĩa của hằng số điện môi, độ bền cách điện và điện áp cho phép của điện môi.

## BÀI TẬP

1. Một thanh Êbônít sát vào dạ, nhận thêm  $5 \times 10^{10}$  điện tử. Tính điện tích của nó?
2. Hai điện tích điểm cách nhau một khoảng  $d$  trong chân không. Lực tác dụng sẽ thay đổi thế nào khi:
  - a) Một trong hai điện tích tăng gấp đôi.
  - b) Cả hai điện tích đều giảm đi một nửa trị số ban đầu.
  - c) Hai điện tích có trị số không đổi, nhưng khoảng cách tăng gấp đôi.

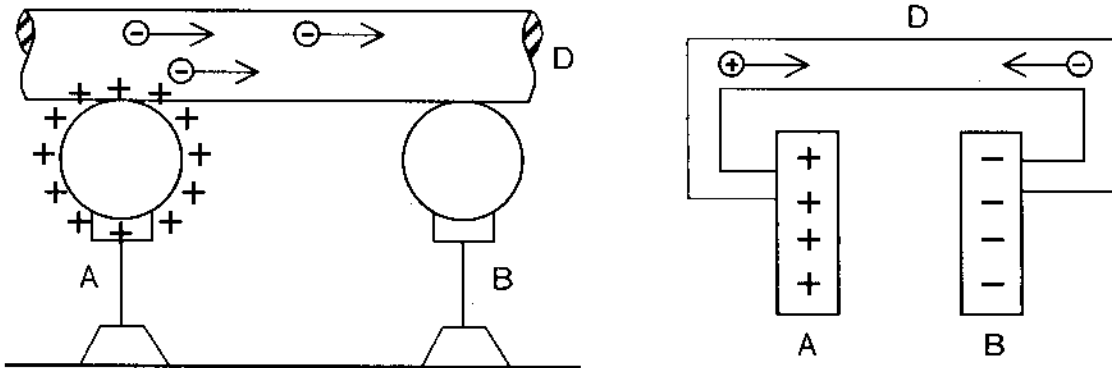
3. Tính công thực hiện khi di chuyển một điện tích  $q = 5 \times 10^{-8} \text{C}$  giữa 2 điểm của trường có điện áp 1200V.
4. Một điện tích di chuyển từ điểm A đến điểm B trong trường, đã thực hiện một công là  $2 \times 10^{-6} \text{J}$ . Biết điện tích  $q = \frac{2}{3} 10^{-7} \text{C}$ , tìm điện áp giữa 2 điểm A và B.
5. Một điện tích chuyển dời trong một điện trường giữa 2 điểm có điện áp 3000V đã thực hiện một công là 1J. Tính độ lớn của điện tích.
6. Tính cường độ điện trường và điện thế tại điểm M đặt cách một điện tích điểm Q một khoảng  $d = 5$  cách mạng, biết độ lớn của điện tích là  $Q = 9 \times 10^{-9} \text{C}$  trong hai trường hợp:
  - a) Điện tích trong không khí.
  - b) Điện tích đặt trong nước có  $\epsilon = 81$
7. Một vật tích điện có điện dung 0,05 pF, điện áp 3 KV. Tính điện tích của nó.
8. Một vật tích điện tích 0,01 C có điện thế 500V. Tính điện dung của vật.
9. Hai tấm cực phẳng hình tròn, bán kính 40 (cm), đặt cách nhau 1 (cm) trong không khí. Tính điện dung của tụ.
10. Bốn tụ điện giống nhau, lần thứ nhất đấu song song, lần thứ 2 đấu nối tiếp. Biết điện dung của tụ là C. Tìm điện dung của cả bộ tụ điện trong 2 trường hợp.
11. Tụ điện ở bài tập 9 đặt vào điện áp 500V. Tính điện tích trên bản cực và cường độ điện trường trong tụ.

## Chương 2

# MẠCH ĐIỆN, DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

### 2.1. DÒNG ĐIỆN

#### 2.1.1. Khái niệm về dòng điện



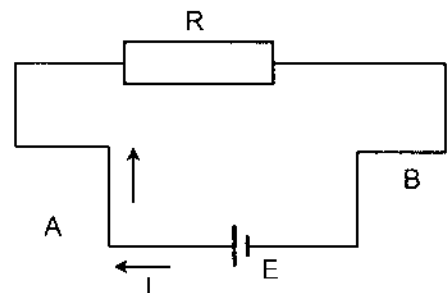
Hình 2-1

Khi ta nối vật A tích điện với vật B không tích điện bằng vật dẫn D thì các điện tích sẽ chuyển dời từ A qua D sang B tạo thành dòng điện.

*\* Định nghĩa:* Dòng điện tích chuyển dời có hướng dưới tác dụng của lực điện trường gọi là dòng điện.

#### 2.1.2. Chiều dòng điện

Theo quy ước chiều dòng điện là chiều chuyển động của các điện tích dương. Như vậy, trong vật dẫn dòng điện sẽ đi từ nơi có điện thế cao (A) đến nơi có điện thế thấp (B) {hình 2.1}. Ngược lại, trong nguồn điện dòng điện đi từ cực có điện thế thấp đến cực có điện thế cao {hình 2.2}.



Hình 2-2

#### 2.1.3. Cường độ dòng điện

##### a) Cường độ dòng điện

Để đặc trưng cho độ mạnh yếu của dòng điện, người ta dùng đại lượng gọi là cường độ dòng điện.

\* *Định nghĩa:* Cường độ dòng điện là lượng điện tích qua tiết diện của dây dẫn trong một đơn vị thời gian (tính bằng giây).

Biểu thức:  $I = \frac{q}{t} \text{ (A)}$

*Trong đó:* I: là cường độ dòng điện, đơn vị Ampe (A).

q: là điện tích, đơn vị là Cu lông (C).

t: là thời gian, đơn vị giây (s).

Nếu  $q = 1\text{c}$ ;  $t = 1\text{s}$  thì  $I = 1\text{A}$

Vậy Ampe là cường độ của dòng điện mà mỗi giây có điện tích 1 culông qua tiết diện dây dẫn. Bội số của ampe là kilô ampe (KA); ước số của ampe là miliampe (mA) và micro ampe ( $\mu\text{A}$ ).

$$1\text{KA} = 1000\text{A} = 10^3\text{A}$$

$$1\text{mA} = 0,001\text{A} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = 0,000001\text{A} = 10^{-6}\text{A} = 10^{-3}\text{mA}$$

### b) Mật độ dòng điện

\* *Định nghĩa:* Mật độ dòng điện là đại lượng đo bằng tỷ số giữa dòng điện qua dây dẫn và tiết diện dây.

$$\delta = \frac{I}{s} \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

*Trong đó:*  $\delta$  (đen-ta): Là mật độ dòng điện.

I: Là cường độ dòng điện.

s: Là tiết diện dây.

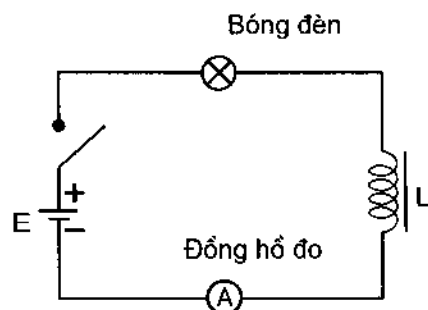
Trong thực hành, I tính ra A; S tính ra  $\text{mm}^2$ , nên đơn vị của mật độ dòng điện là  $\text{A/mm}^2$ .

## 2.2. MẠCH ĐIỆN VÀ CÁC YẾU TỐ CỦA MẠCH ĐIỆN

### 2.2.1. Mạch điện

Mạch điện là tập hợp các thiết bị để cho dòng điện chạy qua, mạch điện gồm 3 phần tử cơ bản là nguồn điện, vật tiêu thụ điện, dây dẫn và các thiết bị phụ như: thiết bị đóng cắt, đo lường, bảo vệ, tự động...

- Sơ đồ mạch điện (hình 2-3).



Hình 2-3

### 2.2.2. Các phần tử của mạch điện

**a) Nguồn điện:** Là các thiết bị để biến đổi các dạng năng lượng khác thành điện năng như pin; ắc quy; máy phát... Nguồn điện được biểu thị bằng 1 suất điện động ký hiệu là  $E$ , có chiều từ cực âm về cực dương nguồn và một điện trở trong  $r_0$  (gọi là nội trở).

**b) Dây dẫn:** Là vật dùng để dẫn dòng điện từ nguồn tới nơi tiêu thụ (và có điện trở ở dây dẫn gọi là điện trở đường dây ký hiệu là  $R_d$ ).

**c) Vật tiêu thụ:** Là những vật dùng để biến đổi điện năng thành các dạng năng lượng khác như: nhiệt năng (bếp điện, lò điện, hàn điện...); quang năng (đèn điện); cơ năng (động cơ điện...).

#### **d) Các thiết bị phụ trợ**

- Dùng để đóng cắt: cầu dao, máy cắt...
- Dùng để đo lường: ampe mét, vôn mét...
- Dùng để bảo vệ: cầu chì, rơ le...

### 2.3. SUẤT ĐIỆN ĐỘNG CỦA NGUỒN ĐIỆN

Để dịch chuyển các điện tích từ B về A, nguồn điện cần sản sinh ra một công là  $A_{ng}$ , công này phải do 1 dạng năng lượng nào đó thực hiện. Chẳng hạn trong pin, công  $A_{ng}$  do hoá năng tạo ra và pin (cũng như ắc quy) được gọi là nguồn điện hoá học.

**Định nghĩa:** Suất điện động của nguồn điện là đại lượng đo bằng tỉ số giữa công do nguồn sinh ra khi làm dịch chuyển các điện tích qua nguồn với các điện tích đó.

$$E = \frac{A_{ng}}{q}$$

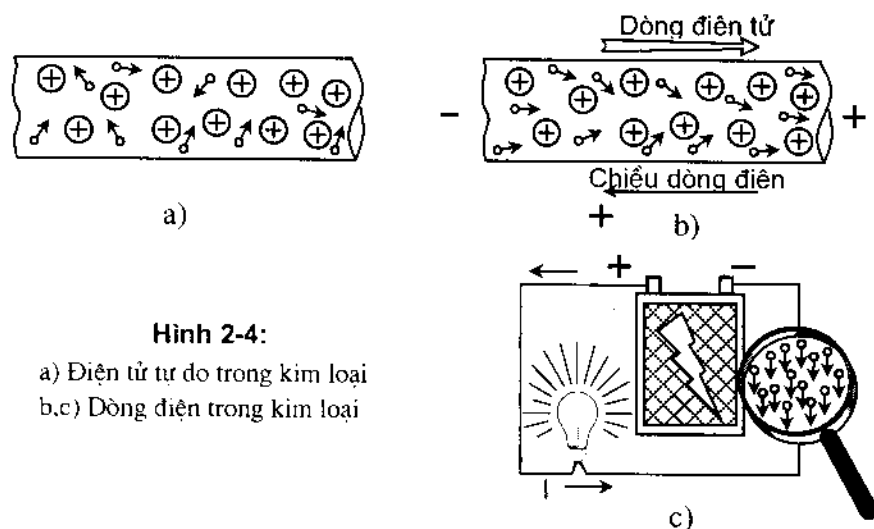
Nếu cho  $q = 1$  thì  $E = A_{ng}$

Vậy suất điện động của nguồn điện chính là công cần thiết để di chuyển một đơn vị điện tích từ cực âm về cực dương của nguồn; đơn vị được tính là vôn, kí hiệu là: (V).

### 2.4. BẢN CHẤT CỦA DÒNG ĐIỆN TRONG MÔI TRƯỜNG KIM LOẠI

+ **Tính chất của kim loại:** Kim loại có cấu tạo mạng tinh thể các ion (+) dao động xung quanh mạng còn các điện tử tự do chuyển động hỗn loạn trong mạng. Nếu ta đặt vào thanh dẫn một điện trường thì các điện tử tự do chuyển dời về cực (+) (dưới tác dụng của lực điện trường) nên chúng di chuyển theo hướng ngược chiều dòng điện tạo thành dòng điện.

+ **Bản chất của dòng điện trong kim loại:** là dòng chuyển rời có hướng của các điện tử tự do dưới tác dụng của lực điện trường.



**Hình 2-4:**

a) Điện tử tự do trong kim loại  
b,c) Dòng điện trong kim loại

## 2.5. ĐỊNH LUẬT ÔM

### 2.5.1 Định luật ôm cho đoạn mạch

#### a) Điện trở, điện dẫn và đơn vị

\* **Điện trở:** Dòng điện qua vật dẫn sẽ gặp một sức cản trở, gọi là điện trở của vật dẫn vì vậy nếu điện trở càng lớn thì dòng càng nhỏ.

Điện trở sẽ phụ thuộc vào:

- + Tiết diện  $S$  càng nhỏ thì  $R$  càng lớn.
- + Chiều dài dây dẫn càng dài thì  $R$  càng lớn.
- + Vật liệu làm dây dẫn như bạc, đồng, nhôm... Trong thực tế, bạc dẫn điện tốt nhất rồi mới đến đồng, nhôm.

\* **Điện dẫn suất:** Là đại lượng đặc trưng cho khả năng dẫn điện của vật liệu, ký hiệu là  $(\gamma)$  đọc là gama; đơn vị  $(\text{m}/\Omega\text{mm}^2)$ ; điện dẫn suất càng lớn thì vật liệu dẫn điện càng tốt. Lượng nghịch đảo của điện dẫn suất là điện trở suất, ký hiệu là  $\rho$  (rô).

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$

+ **Định nghĩa điện trở suất:** Điện trở suất của một chất là điện trở của vật dẫn làm bằng chất đó có chiều dài là một đơn vị, độ dài và tiết diện là một đơn vị diện tích

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{l}{S}$$

\* Đơn vị của điện trở là ôm, ký hiệu ( $\Omega$ )

$$1\text{K}\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega$$

$$1\text{M}\Omega = 1000\text{K}\Omega = 10^6\Omega$$

$$1\text{m}\Omega = 0,001\Omega = 10^{-3}\Omega$$

$$1\mu\Omega = 0,001\text{m}\Omega = 10^{-6}\Omega$$

Vậy, bội số của  $\Omega$  là kilôm, mêgôm.

Ước số của ôm là mili ôm, micrô ôm.

+ Đơn vị điện dẫn là nghịch đảo của đơn vị điện trở. Gọi là Simen, viết tắt là S.

$$1\text{S} = \frac{1}{\Omega}$$

+ Điện dẫn ký hiệu là g:  $g = \frac{1}{R}$

### ***b) Sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ***

Khi nhiệt độ của vật dẫn tăng lên, các nút mạng tinh thể kim loại sẽ dao động mạnh xung quanh vị trí cân bằng, sẽ tăng sự cản trở các điện tử tự do di chuyển, nghĩa là điện trở của vật dẫn tăng lên. Như vậy, điện trở của vật dẫn bằng kim loại sẽ tăng lên khi nhiệt độ tăng.

Gọi điện trở ở nhiệt độ  $\theta_0$  là  $r_0$ , điện trở ở nhiệt độ  $\theta$  là  $r$  thì quan hệ giữa điện trở và nhiệt độ xác định bằng biểu thức:  $r = r_0 \{1 + \alpha (\theta - \theta_0)\}$ ; ở đây  $\alpha$  gọi là hệ số thay đổi điện trở vì nhiệt cho trong bảng sau.  $\theta$  và  $\theta_0$  tính ra độ C (hoặc độ K).

### **Đặc tính của một số vật dẫn thông dụng**

| <i>Tên vật liệu</i> | <i>Điểm chảy<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</i> | <i>Điện trở suất<br/>(<math>\Omega\text{mm}^2/\text{m}</math>)</i> | <i>Hệ số thay đổi điện<br/>trở vì nhiệt (<math>^{\circ}\text{C}^{-1}</math>)</i> |
|---------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Nhôm                | 657                                                  | 0,029                                                              | 0,004                                                                            |
| Đồng thanh          | 900                                                  | 0,021 ~ 0,4                                                        | 0,004                                                                            |
| Đồng                | 1083                                                 | 0,0175                                                             | 0,004                                                                            |
| Constantan          | 1200                                                 | 0,4 ~ 0,51                                                         | 0,000.005                                                                        |
| Manganin            | 960                                                  | 0,42                                                               | 0,000.006                                                                        |
| Nicrôm              | 1360                                                 | 1,1                                                                | 0,000.15                                                                         |
| Vônfram             | 3370                                                 | 0,056                                                              | 0,004.64                                                                         |
| Thép                | 1400                                                 | 0,13 ~ 0,25                                                        | 0,006                                                                            |

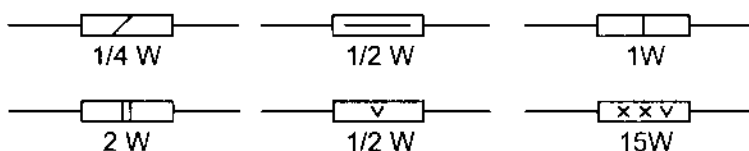
*Chú ý:* Đối với một số chất như than, dung dịch điện phân, khi nhiệt độ tăng, độ dẫn điện lại tăng lên, điện trở giảm xuống. Khi đó, hệ số  $\alpha$  có giá trị âm. Điều đó được giải thích như sau: Khi nhiệt độ tăng, mức độ điện phân trong dung dịch hoặc số lượng điện tử tự do trong than tăng lên và tính dẫn điện của vật liệu tăng theo nhiệt độ.

### c) Ký hiệu và phân loại điện trở

- *Điện trở công suất:* Một số điện trở trên thân còn ghi luôn cả công suất định mức của điện trở.  $P_{dm}$  là công suất tiêu tán lớn nhất mà không bị phá hủy vì nhiệt.

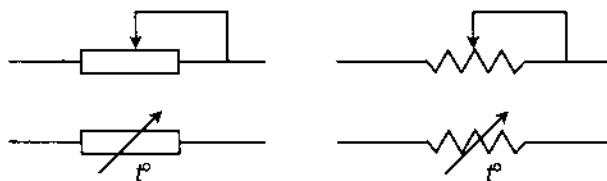


$$P = UI = I^2 R$$

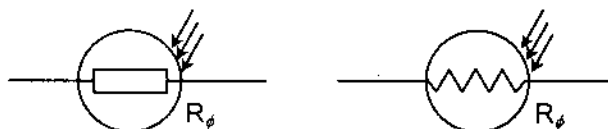


- *Điện trở biến đổi:* Là loại điện trở có thể điều chỉnh được trị số trong một phạm vi nhất định (gọi là chiết áp). Điện trở biến đổi có trị số từ vài ôm đến hàng chục megaôm.

- *Điện trở nhiệt:* Thông thường khi nhiệt độ tăng làm cho trị số điện trở tăng, làm mất sự ổn định của mạch điện bán dẫn. Để chống lại hiện tượng đó, người ta chế tạo ra loại điện trở có trị số giảm khi nhiệt độ tăng gọi là điện trở nhiệt.

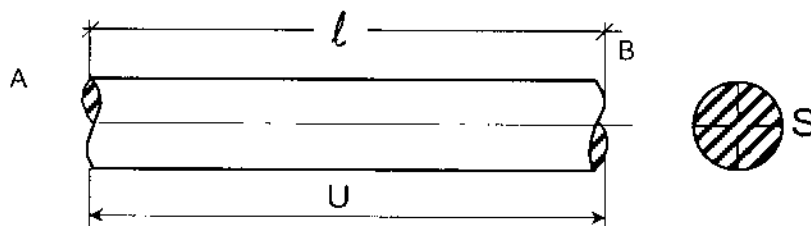


- *Quang điện trở:* Được chế tạo bằng chất bán dẫn có độ dẫn điện tăng nhanh khi ánh sáng chiếu vào. Quang điện trở dùng trong các role quang điện, mạch bảo vệ, mạch báo tự động hoá.



#### d) Thành lập công thức và phát biểu định luật

Ta xét một đoạn mạch AB có điện áp  $U$ , chiều dài  $l$ , tiết diện  $S$ . Điện áp  $U$  tạo ra trong vật dẫn AB một điện trường (hình 2-5).



Hình 2-5

+ Cường độ điện trường  $\varepsilon = \frac{U}{l}$

Cường độ điện trường sẽ làm các điện tử tự do di chuyển trong AB tạo ra dòng điện  $I$  có mật độ là  $\delta = \frac{I}{S}$

Vậy cường độ điện trường càng lớn thì  $\delta$  (mật độ dòng điện) càng lớn, mặt khác ta đã biết nếu điện trở suất vật liệu càng lớn thì dòng càng nhỏ và mật độ dòng nhỏ, như vậy  $\delta$  tỉ lệ thuận với cường độ điện trường và tỉ lệ nghịch với  $\rho$  (điện trở suất).

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} \text{ hay } \frac{I}{S} = \frac{U}{l \cdot \rho} \text{ từ đó rút ra } I = \frac{U}{\rho \cdot \frac{l}{S}} \text{ vì } I = \frac{U \cdot S}{\rho \cdot l}$$

Chia cả tử và mẫu cho  $S$  ta có:  $I = \frac{U}{\rho \cdot \frac{l}{S}}$  và ta biết  $\rho \cdot \frac{l}{S} = r$  là điện trở của đoạn AB.

**Định luật Ôm:** Dòng điện trong mạch tỉ lệ thuận với điện áp 2 đầu đoạn mạch và tỉ lệ nghịch với điện trở của đoạn mạch.

Biểu thức tính:  $I = \frac{U}{R} \text{ (A)}$ .

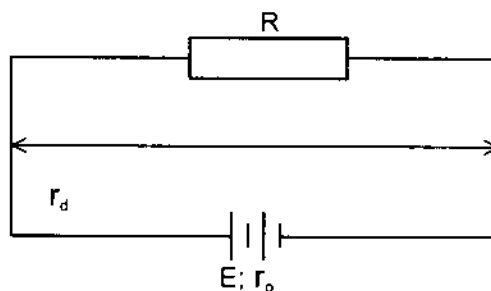
#### 2.5.2. Định luật Ôm cho toàn mạch

##### Khái niệm

Giả sử có một đoạn mạch không phân nhánh như hình vẽ 2-6, trong đó:

$U$  là điện áp mạch ngoài:  $U = I \cdot R$

$U_0$  là điện áp rơi trong nguồn:  $U_0 = I \cdot r_0$



Hình 2-6

$U_d$  là điện áp rơi trên đường dây:  $U_d = I \cdot R_d$

Vậy:  $E = U + U_0 + U_d$

$$E = IR + Ir_0 + I R_d \Rightarrow I = \frac{E}{R + r_0 + R_d}$$

*Định luật ôm:* Dòng điện chạy trong mạch tỉ lệ với suất điện động của nguồn và tỉ lệ nghịch với điện trở toàn mạch.

### 2.5.3. Công và công suất của dòng điện, nguồn điện

#### a) Công của dòng điện

Công của dòng điện là công của lực dịch chuyển các điện tích trong mạch.

$$A = q \cdot U = UI \cdot t \text{ (J)}$$

Vậy, công của dòng điện sản ra trên 1 đoạn mạch tỉ lệ với điện áp 2 đầu đoạn mạch và dòng điện qua mạch, thời gian dòng điện duy trì.

#### b) Công suất của dòng điện

Ta biết, công suất là công trong một đơn vị thời gian là:  $P = \frac{A}{t} = \frac{UI \cdot t}{t} = UI \text{ (W)}$

Vậy, công suất của dòng điện trên một đoạn mạch tỉ lệ với điện áp 2 đầu đoạn mạch và dòng điện qua mạch.  $1W = \frac{1J}{1s} = 1V \cdot 1A$

Bội số của oát là KW (kilô oát), MW (mêga oát); đôi khi còn dùng hécô oát (HW)

$$1hW = 100W$$

$$1KW = 1000W = 10^3W$$

$$1MW = 1000KW = 10^6W$$

Từ biểu thức:  $P = \frac{A}{t} \Rightarrow A = P \cdot t$

Do vậy, trong ngành kỹ thuật điện người ta dùng đơn vị Wh; KWh; MWh (oát giờ; ki lô oát giờ...).

Vậy, oát giờ là công do dòng điện sản ra trên một đoạn mạch có công suất 1W trong thời gian một giờ.

$$1Wh = 1W \cdot 3600s = 3600J = 3,6KJ$$

$$1KWh = 1000Wh = 3600 KJ$$

### **c) Công của nguồn điện**

Công của nguồn điện là số đo năng lượng chuyển hoá các dạng năng lượng khác thành điện.

Từ định nghĩa về suất điện động của nguồn (công thức tính E), công của nguồn tính theo biểu thức:

$$A_{ng} = E \cdot q = EIt.$$

### **d) Công suất của nguồn điện**

$$P_t = \frac{A_{ng}}{t} = E \cdot I$$

Vậy, công suất của nguồn điện bằng tích của suất điện động nguồn với dòng điện.

Từ định luật Ôm cho toàn mạch, nhân cả 2 vế của biểu thức:

$$E = U + U_d + U_o$$

Với dòng điện I ta có:

$$EI = UI + U_d I + U_o I$$

$$\text{Hay: } P_t = P + P_d + P_o = \Sigma P$$

Nghĩa là, trong mạch điện, công suất của nguồn phát ra bằng tổng công suất của dòng điện (công suất tiêu thụ) trên toàn mạch.

Định luật bảo toàn và biến hoá năng lượng áp dụng cho mạch điện. Trong 1 mạch điện, tổng công suất phát của các nguồn bằng tổng công suất tiêu thụ trên các phụ tải và công suất tổn hao trong mạch.

$$\Sigma P_t = \Sigma P + \Delta P_\Sigma$$

Trong đó:  $\Sigma P_t$  là tổng công suất của các nguồn.

$\Sigma P$  là tổng công suất các phụ tải.

$\Delta P_\Sigma$  là tổng công suất tổn hao trong các nguồn và trên đường dây.

### **e) Quan hệ giữa công, công suất và điện trở trên 1 đoạn mạch**

+ Xét một đoạn mạch có điện trở R, điện áp U và dòng điện I, 3 đại lượng này quan hệ với nhau bằng định luật ôm. Công suất của dòng điện trên đoạn mạch là:

$$P = UI = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

Vậy, công suất của dòng điện trên 1 điện trở tỉ lệ với bình phương điện áp đặt vào điện trở hoặc  $P = UI = (I \cdot R)I = I^2 R$

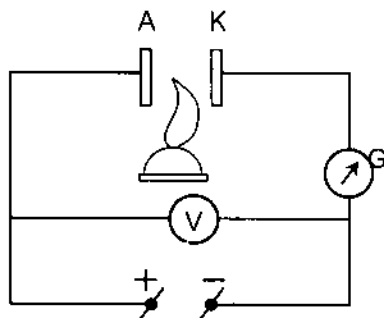
Công suất của dòng điện trên 1 điện trở tỉ lệ với bình phương dòng điện qua điện trở. Từ đó, ta có các biểu thức điện năng:  $A = P.t = I^2.R.t$

$$A = P.t = \frac{U^2}{R}t$$

## 2.6. DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT KHÍ

### 2.6.1. Bản chất dòng điện trong chất khí

Bình thường, chất khí có rất ít điện tử tự do nên chất khí không dẫn điện, hoặc dẫn điện rất kém. Khi có tác nhân ion hoá (đốt nóng, bức xạ ánh sáng...) thì các nguyên tử khí bị kích thích, một số điện tử thoát ra khỏi nguyên tử trở thành điện tử tự do và nguyên tử trở thành ion (+), một số nguyên tử trung hoà lại nhận thêm điện tử tự do trở thành ion (-). Dưới tác dụng của điện trường, các điện tích âm chuyển động về cực dương, các điện tích dương chuyển động về cực âm tạo thành dòng điện.



Hình 2-7

Vậy, bản chất của dòng điện trong chất khí là dòng các điện tử và các ion chuyển dời có hướng trong điện trường.

### 2.6.2. Sự phóng điện trong chất khí

Nếu ta tăng dần điện áp giữa 2 bản cực A-K (đo bằng V mét), quá trình phóng điện qua chất khí trải qua các giai đoạn sau:

- *Giai đoạn phóng điện tối*: Đó là giai đoạn điện áp còn thấp, dòng điện qua chất khí do các điện tử và ion hình thành dưới tác dụng của yếu tố kích thích bên ngoài. Lúc đầu,  $U$  tăng thì  $I$  tăng. Sau đó, tất cả các điện tử và ion sinh ra đã tham gia chuyển động thành dòng điện thì dòng điện không tăng nữa, ta có dòng điện bão hoà.

Đặc điểm của giai đoạn phóng điện tối là chất khí không phát sáng và nếu bỏ tác nhân ion hoá thì dòng điện cũng hết, nên còn gọi là phóng điện không tự duy trì.

- *Giai đoạn phóng điện tia lửa*: Còn gọi là giai đoạn phóng điện phát sáng. Đó là giai đoạn điện áp đã khá cao, điện trường giữa 2 điện cực A-K đủ mạnh, gia tốc các điện tử và ion gây va chạm với các phân tử khí, làm bật ra các điện tử tự do và do đó tạo thành các ion mới. Kết quả là mật độ điện tử và ion tăng lên đột ngột, dòng điện tăng lên rất lớn, khối khí bị đốt nóng và phát sáng. Bấy giờ, khi ta bỏ nguồn gây ion đi dòng điện trong mạch vẫn còn (phóng điện tự duy trì).

- *Giai đoạn phóng điện hồ quang*: Giai đoạn này xảy ra khi khối khí bị đốt nóng đủ độ, điện tử tự do được tạo ra rất nhiều, chuyển động trong điện trường mạnh. Chúng chuyển động rất nhanh đến đập vào anốt làm A nóng đến sáng chói ( $3 \times 900^{\circ}\text{C}$ ).

Đặc điểm của dạng phóng điện này là nhiệt độ rất cao, phát ra ánh sáng chói, giàu tia tử ngoại và cực dương bị mòn đi rất nhanh chóng và không cần tác nhân ion hoá bên ngoài, nên cũng thuộc dạng phóng điện tự duy trì.

- *Ứng dụng*: Quá trình phóng điện trong chất khí là cơ sở để chế tạo các đèn có khí như đèn ống, đèn ga đô trôn, nê ôn...

## 2.7. DÒNG ĐIỆN TRONG DUNG DỊCH ĐIỆN PHÂN

### *Bản chất của dòng điện trong dung dịch điện phân*

Thực nghiệm chứng tỏ rằng, các dung dịch điện phân là vật dẫn tốt. Nhúng vào dung dịch điện phân 2 thanh kim loại làm điện cực rồi nối tới nguồn điện, ta thấy có dòng điện qua mạch (hình 2-8). Cực nối tới cực dương nguồn gọi là anốt, cực nối tới cực âm nguồn gọi là katốt.

Ta biết trong dung dịch điện phân các phân tử như muối, axit, bazơ kiềm đều bị phân tích thành các phân tử mang điện gọi là ion. Đó là hiện tượng điện ly.

*Ví dụ*: Muối ăn tan trong nước sẽ điện ly theo phương trình sau:



Các Ion dương (như  $\text{Na}^+$ ) gọi là cation, các Ion âm (Như  $\text{Cl}^-$ ) gọi là anion. Bình thường, các Ion trong dung dịch tham gia chuyển động nhiệt. Chúng chuyển động hỗn loạn nên không tạo thành dòng điện. Khi đặt vào nguồn điện, lực điện trường sẽ bắt các Ion chuyển dời có hướng, các anion chuyển về phía anốt còn các cation chuyển về phía katốt (tức Ion dương chuyển động theo chiều điện trường, còn Ion âm chuyển động ngược chiều điện trường). Kết quả là trong dung dịch có dòng điện, chiều quy ước từ A  $\rightarrow$  K.

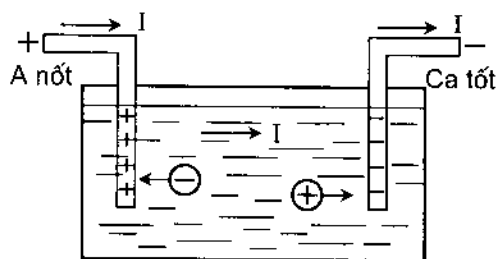
*Vậy*: Dòng điện trong chất điện phân là dòng các Ion chuyển dời có hướng do tác dụng của lực điện trường.

a) Hiện tượng điện phân

b) Khi dòng điện qua chất điện phân sẽ xảy ra hiện tượng phân tích chất điện phân, giải phóng kim loại hoặc hydro ở cực âm. Đó là hiện tượng điện phân.

c) Ứng dụng của hiện tượng điện phân

- Được dùng để luyện kim, mạ điện.



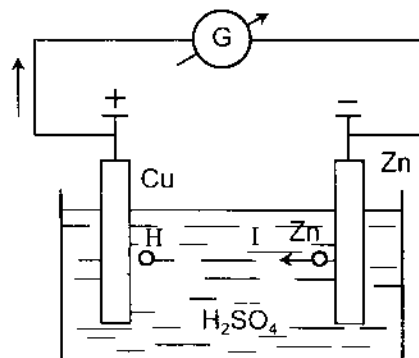
Hình 2-8

## 2.8. NGUỒN ĐIỆN HOÁ HỌC

### 2.8.1. Pin

#### a) Khái niệm

Pin là nguồn điện hoá học biến đổi hoá năng thành điện năng. Đó là nguồn điện được dùng đầu tiên trong thực tế. Pin có nhiều loại, trong đó pin Vôn-ta là pin đầu tiên do Vôn-ta, nhà bác học Ý sáng chế đầu thế kỷ 19. Sau đó, người ta chế tạo ra nhiều loại pin khác, trong đó pin khô (pin Lơclăng-sê) và pin không khí được dùng trong thực tế.



Hình 2-9

#### b) Pin Vôn-ta

\* *Cấu tạo:* Gồm bình điện phân đựng dung dịch  $H_2SO_4$  có nhúng 2 thanh kim loại khác loại làm điện cực (hình 2-9):

- Thanh đồng (Cu) làm cực (+).

- Thanh kẽm (Zn) làm cực (-).

\* *Nguyên lý hoạt động:* Kẽm (Zn) là nguyên tố kim loại đứng trước Hydro (H) trong dãy Bê-Kê-Tốp nên sẽ tác dụng với axit và tan dần vào dung dịch. Khi đó, muối kẽm điện ly và hoá thành các cation kẽm  $Zn^{++}$ .

Phản ứng ở cực Zn là:  $Zn = Zn^{++} + 2e^-$

$Zn^{++}$  đi vào dung dịch, còn các điện tử  $e^-$  ở lại cực Zn. Kết quả là cực Zn tích điện (-), dung dịch tích điện (+), giữa cực Zn và dung dịch có 1 điện trường và 1 hiệu điện thế.

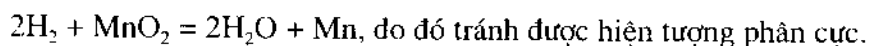
Điện trường này có tác dụng ngăn cản cation Zn tan vào dung dịch. Đến mức độ nào đó, có sự cân bằng điện áp giữa cực Zn và dung dịch được duy trì ở trị số không đổi, ở cực Cu không có phản ứng giữa Cu và dung dịch nên không hoá thành điện trường. Cu nhúng trong dung dịch nên có điện thế của dung dịch tức là tích điện (+). Kết quả là giữa cực Cu và cực Zn có một điện áp được duy trì và đó chính là suất điện động của pin. Suất điện động này vào khoảng 1,1v đối với pin vôn ta.

- Tóm lại, nguyên nhân duy trì suất điện động của pin chính là công của lực hoá học. Muốn có suất điện động này thì 2 cực phải là 2 chất có hoạt tính hoá học khác nhau và kim loại hoạt động hơn sẽ là cực âm (-), kim loại kia sẽ là cực dương (+).

- Khi nối hai cực của pin bằng 1 dung dịch qua một điện kế, điện kế sẽ báo trong mạch có dao động. Khi đó, các điện tử ở cực âm (cực Zn) sẽ di chuyển về phía cực dương (cực Cu), điện trường giữa cực Zn và dung dịch giảm đi, cation  $Zn^{++}$  lại tiếp tục tan vào dung dịch để duy trì điện áp (suất điện động) của pin.

\* *Sự phân cực của pin:* Trong quá trình làm việc, cation  $H^+$  di chuyển về cực Cu. Tại đây, chúng nhận điện tử từ cực dương (do cực âm chuyển tới) và trở thành nguyên tử H. Phân tử  $H_2$  bám xung quanh cực Cu, làm thành 1 lớp ngăn không cho các cation  $H^+$  khác đến cực (+) thu điện tử. Suất điện động của pin giảm xuống rất nhanh và dao động cũng hết. Đó là sự phân cực của pin.

Để tránh phân cực, người ta bao quanh cực (+) một chất khử cực là những chất ô xi hoá mạnh để đốt cháy  $H_2$  sinh ra. Chất khử cực thường dùng là  $MnO_2$  (Mangan đioxit). Người ta trộn lẫn  $MnO_2$  với bột than (làm chất dẫn điện), cho vào túi rồi cắm thanh Cu làm cực (+) vào giữa (hình vẽ). Khi pin làm việc,  $H_2$  sinh ra tác dụng với  $MnO_2$  tạo thành  $H_2O$ :

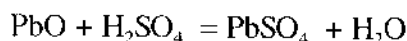


### 2.8.2. Nguyên lý cấu tạo của ắc quy axit

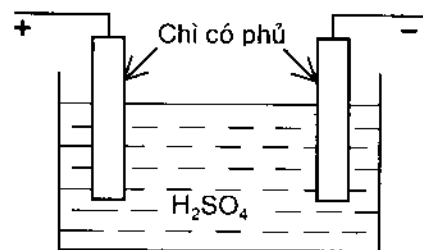
a) *Khái niệm:* Ắc quy axit là loại nguồn điện có tính thuận nghịch, nó vừa là nguồn điện và vừa là thiết bị dùng điện. Đó là quá trình phóng, nạp của ắc quy.

b) *Cấu tạo:* Gồm có hai điện cực bằng chì ngoài có phủ một lớp chì ôxít  $PbO$  nhúng trong dung dịch  $H_2SO_4$  (axít sunfuaríc).

c) *Nguyên lý làm việc:* Khi nhúng các điện cực vào trong bình điện phân chì ôxít tác dụng với axít.

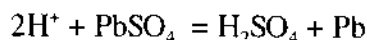


Kết quả là 2 điện cực đều có lớp  $PbSO_4$  (chì sunfát) tiếp xúc với dung dịch, nên chưa tạo ra được độ chênh lệch điện áp.



Hình 2-10

\* *Quá trình nạp điện:* Nối 2 cực của ắc quy với một nguồn nạp ắc quy là vật tiêu thụ điện nên dòng điện đi từ cực dương về cực âm trong ắc quy các cation  $H^+$  theo dòng điện về cực âm còn các anion  $SO_4^{2-}$  về cực dương, tại cực âm, hydro tác dụng với chì sunfát, giải phóng chì theo phản ứng:



Tại cực dương, gốc  $SO_4$  sẽ ôxít hoá chì sunfát:

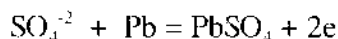


Kết quả là ở cực (+) có đioxit chì và cực âm có chì (tức là khác cực tính nhau); axít sunfuaríc ( $H_2SO_4$ ) được giải phóng, nồng độ dung dịch tăng và trong ắc quy có 1 suất điện động. Ở cuối quá trình nạp, điện áp mỗi bình ắc quy có thể tới (2,6 - 2,7)V, đồng thời có bọt khí thoát ra cần, kết thúc quá trình nạp.

\* *Quá trình phóng điện: khi nối hai cực của ắc quy với phụ tải*

Ví dụ: bóng đèn;... ắc quy sẽ phóng điện như pin. Dòng điện đi từ cực (-) về cực (+) trong nguồn. Cation  $H^+$  theo chiều dòng điện về cực dương anion  $SO_4^{2-}$  về cực (-) tại cực (+)  
 $2H^+ + H_2SO_4 + PbO_2 + 2e = PbSO_4 + 2H_2O$

Nghĩa là  $H^+$  tác dụng với điôxít chì, có  $H_2SO_4$  tham gia tạo thành chì sunfat và thu điện tử. Tại cực âm gốc  $SO_4^{2-}$  tác dụng với Pb giải phóng điện tử:



Kết quả là khi phóng điện,  $PbSO_4$  hình thành ở hai cực dần dần trở lại giống nhau, tính chất axit bị phân huỷ và nồng độ dung dịch giảm, suất điện động của ắc quy giảm dần. Khi nồng độ ắc quy giảm xuống (1,7 - 1,8)V thì cần ngừng phóng và bắt đầu quá trình nạp.

## 2.9. ĐỊNH LUẬT KIẾCSHỚP

Định luật Ôm nêu lên mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp ở mạch điện không phân nhánh. Đối với mạch điện phân nhánh, quan hệ giữa dòng điện và điện áp sẽ phức tạp hơn ở các nhánh. Định luật KiếcsShốp nêu lên quan hệ đó. Trên cơ sở các định luật Ôm và định luật KiếcsShốp ta có thể phân tích các mạch điện bất kỳ.

### 2.9.1. Các yếu tố kết cấu của mạch điện

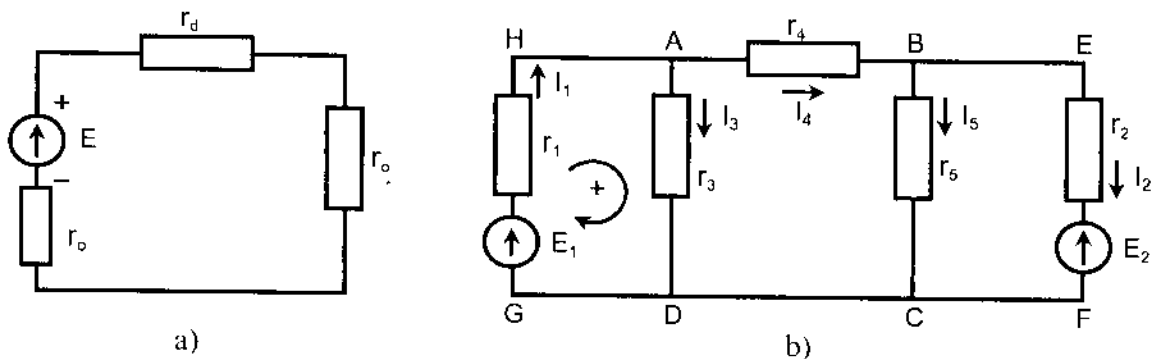
Hình 2-11a là sơ đồ mạch điện đơn giản, còn hình 2-11b là sơ đồ mạch phân nhánh. Các yếu tố kết cấu của mạch chủ yếu là nút và nhánh. Nhánh là phần đoạn mạch chỉ có một dòng điện duy nhất chạy qua. Ví dụ: các nhánh AB, EF, AD trên hình 2-11b. Nút là điểm gặp nhau của ít nhất ba nhánh trở lên. Mạch không có điểm nút gọi là mạch không phân nhánh. Mạch không phân nhánh chỉ tạo thành một nhánh duy nhất, tức chỉ có một dòng điện duy nhất chạy qua tất cả các phần tử của nó. Ngược lại, mạch có điểm nút gọi là mạch phân nhánh.

Trên hình 2-11b các điểm A, B, C, D là các điểm nút. Thực ra 4 điểm G, D, C, F chỉ là một điểm nút duy nhất vì chúng có cùng một điện thế. Cũng vậy, các điểm H, A là một, các điểm B, E là một nên mạch điện này có 3 điểm nút là A, B, C (hoặc A, B, D).

Tập hợp tất cả các nhánh tạo thành một mạch vòng kín gọi là một mạch vòng. Chẳng hạn, các mạch vòng AHGD, AEFD trên hình 2-11b. Các mạch vòng không chứa nhánh bên trong gọi là mắt lưới hay mắt (hình 2-11a), có rất nhiều mạch vòng, nhưng chỉ có 3 mắt, đó là ADGH, ABCD, BCFE.

Gọi số mắt của mạch điện phân nhánh là m, số nút là n, số nhánh là N, ta luôn luôn có:  $N = m + (n - 1)$ .

Ở hình 2-11b, ta có  $n = 3$  nút;  $m = 3$  mắt;  $N = 5$  nhánh.



Hình 2-11: Sơ đồ mạch điện không phân nhánh và phân nhánh

### 2.9.2. Định luật KiếcShốp I

Ta nhận xét là tổng các dòng điện đi đến một điểm nút bằng tổng các dòng điện rời nút đó. Chẳng hạn đối với nút A hình 2-11b ta có:  $I_1 = I_3 + I_4$  hay  $I_1 - I_3 - I_4 = 0$ .

Nếu quy ước dấu như sau: Dòng điện đi đến điểm nút có dấu dương, dòng điện rời khỏi nút có dấu âm thì định luật KiếcShốp I phát biểu như sau:

*Định luật:* Tổng đại số các dòng điện đi đến một điểm nút bằng không:  $\sum I = 0$ .

### 2.9.3. Định luật KiếcShốp II

Trong mỗi mạch vòng của mạch điện, nếu ta xuất phát từ một điểm, đi qua tất cả các phần tử của vòng (gồm các suất điện động và các sụt áp trên từng đoạn mạch) rồi trở lại điểm xuất phát thì ta có lại điện thế ban đầu. Như vậy, ta có nhận xét rằng tổng các suất điện động trong mạch vòng sẽ cân bằng với sụt áp trên từng đoạn mạch. Đó là cơ sở của định luật KiếcShốp II.

*Định luật:* Đi theo một mạch vòng bất kỳ, tổng đại số các suất điện động bằng tổng đại số các sụt áp trên các phần tử của vòng.  $\sum E = \sum I \cdot r$

Để viết được phương trình KiếcShốp II, ta phải chọn chiều dương cho vòng (thuận hay ngược chiều kim đồng hồ tùy theo sự thuận tiện của từng mạch vòng). Nhưng suất điện động và điện áp nào cùng chiều quy ước sẽ mang dấu (+), ngược chiều quy ước sẽ mang dấu (-).

Chẳng hạn, đối với mạch vòng ADGH trên hình 2-11b, ta chọn chiều dương thuận chiều kim đồng hồ, định luật KiếcShốp II có dạng:  $E_1 = I_1 r_1 + I_3 r_3$ .

## 2.10. ĐỊNH LUẬT JUN - LENXƠ

Dòng điện tích chuyển động trong vật dẫn làm va chạm với các phân tử vật dẫn, truyền bớt năng lượng cho các phân tử, làm tăng mức chuyển động nhiệt trong vật dẫn. Như vậy, dòng điện qua vật dẫn sẽ làm nóng vật dẫn, tức điện năng đã chuyển hoá thành nhiệt.

Gọi điện trở của vật dẫn là  $r$ , công của dòng điện xác định theo công thức  $A = Pt = I^2rt$  (Jun). Biết rằng lượng nhiệt của công là 0,24 Calo với mỗi jun, nên nhiệt lượng do công  $A$  chuyển hoá là:

$$Q = 0,24A = 0,24 I^2rt \text{ (Calo)}$$

**Định luật:** Nhiệt lượng do dòng điện toả ra trên một điện trở tỷ lệ với bình phương cường độ dòng điện, với trị số điện trở và thời gian dòng điện chạy qua.

## 2.11. GHÉP NỐI TIẾP VÀ SONG SONG ĐIỆN TRỞ

### 2.11.1. Ghép nối tiếp

Ghép nối tiếp là cách ghép sao cho các điện trở có cùng 1 dòng điện đi qua.

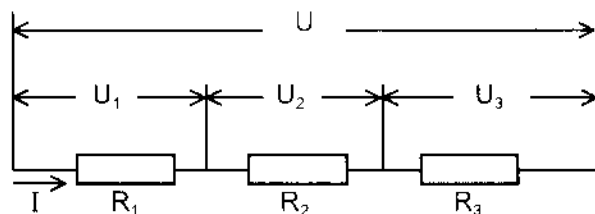
$$U_1 = IR_1; U_2 = IR_2; U_3 = IR_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$U = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_{td} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$U = IR_{td}$$



Hình 2-12

Vậy, khi đấu nối tiếp, tổng các sụt áp trên từng điện trở bằng điện áp chung đặt vào nhánh.

+ Điện trở tương đương của cả nhánh bằng tổng các điện trở đấu nối tiếp.

+ Công suất tiêu thụ:

$$P_1 = I^2R_1; P_2 = I^2R_2; P_3 = I^2R_3 \Rightarrow P_1: P_2: P_3 = R_1: R_2: R_3$$

+ Khi đấu nối tiếp, công suất tiêu thụ tỉ lệ với trị số điện trở. Nếu  $R_1 = R_2 = \dots R_n$

$\Rightarrow R_{td} = n \cdot R$  ( $n$  là số điện trở mắc nối tiếp)

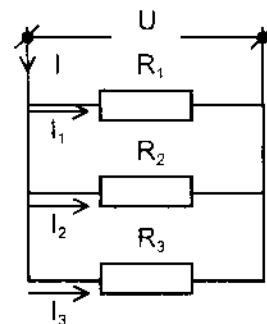
$$P_1 = P_2 = \dots P_n \Rightarrow U_1 = U_2 = \dots U_n$$

### 2.11.2. Đấu song song điện trở

Đấu song song điện trở là cách đấu sao cho tất cả các điện trở đều đặt vào cùng 1 điện áp.

- Dòng điện qua mỗi nhánh:  $I_1 = \frac{U}{R_1} = U \cdot g_1$

$$g_1 = \frac{1}{R_1} \text{ (trong đó } g \text{ là điện dẫn).}$$



Hình 2-13

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = U \cdot g_2$$

.....

$$I_n = \frac{U}{R_n} = U \cdot g_n. \text{ Từ đó có: } I_1 : I_2 : I_3 = g_1 : g_2 : g_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

Vậy dòng điện trong mỗi mạch nhánh đều song song tỉ lệ với điện dẫn của nhánh, tức là tỉ lệ nghịch với điện trở của nhánh.

Áp dụng định luật Kierchhoff I cho điểm phân nhánh ta có:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = U (g_1 + g_2 + g_3) = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{U}{R_{td}}$$

Ở đây,  $g_{td}$  là điện dẫn tương đương và  $R_{td}$  là điện trở tương đương của các nhánh đấu song song:

$$g_{td} = \Sigma g_i = \Sigma \left( \frac{1}{R_i} \right) \quad ; \quad R_{td} = \frac{1}{g_{td}} = \frac{1}{\Sigma \left( \frac{1}{R_i} \right)}$$

Điện dẫn tương đương của các nhánh đấu song song bằng tổng điện dẫn từng nhánh.

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_2 \cdot R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3} \Rightarrow R_{td} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}$$

+ Công suất mỗi nhánh:

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} = U^2 \cdot g_1 ; P_2 = \frac{U^2}{R_2} = U^2 \cdot g_2 ; P_3 = \frac{U^2}{R_3} = U^2 \cdot g_3$$

$$\Rightarrow P_1 : P_2 : P_3 = g_1 : g_2 : g_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

Công suất tiêu thụ ở mỗi nhánh song song tỉ lệ thuận với điện dẫn của nhánh hoặc tỉ lệ nghịch với điện trở của nhánh.

Vậy, khi đấu song song nhánh nào có điện trở lớn hơn sẽ tiêu thụ công suất nhỏ hơn.

\* Trường hợp có 2 điện trở đấu song song thì ta tính như sau:

$$\frac{1}{R_{1,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{td} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Dòng điện nhánh được tính theo dòng mạch chính:

$$I_1 = I \frac{R_{td}}{R_1} = I \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1(R_1 + R_2)} = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I \frac{R_{td}}{R_2} = I \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2(R_1 + R_2)} = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

### 2.11.3. Các bước giải mạch điện một chiều có điện trở đầu hỗn hợp

- Bước 1: Đưa mạch điện phân nhánh về mạch điện không phân nhánh bằng cách thay các nhánh song song bằng điện trở tương đương.
- Bước 2: Áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch để tính dòng qua mạch chính.
- Bước 3: Tính dòng trong mạch nhánh song song theo các công thức ở mục 2.9.2.

## 2.12. ĐẦU NỐI TIẾP VÀ SONG SONG NGUỒN ĐIỆN MỘT CHIỀU

Suất điện động nguồn điện hoá học như pin và ắc quy chỉ đạt 1 đến 2V, còn dòng điện phóng chỉ khoảng vài phần mười ampe ở pin, đến một vài chục ampe ở ắc quy. Trong nhiều trường hợp, suất điện động và dòng điện của một phần tử không thoả mãn yêu cầu sử dụng và phải đấu nhiều bộ pin hoặc ắc quy thành bộ nguồn. Khi đấu thành bộ, người ta chỉ sử dụng các phần tử giống nhau, tức có cùng suất điện động là  $E_0$  và điện trở trong  $r_0$ . Có 3 cách đấu nguồn tương tự như đấu điện trở nối tiếp, song song và hỗn hợp.

### 2.12.1. Đấu nối tiếp nguồn điện

Là cách đấu cực dương của phần tử sau nối với cực âm của phần tử trước (hình 2-14). Cách đấu này được dùng khi điện áp yêu cầu lớn hơn suất điện động của từng phần tử.

Suất điện động chung của cả bộ bằng suất điện động tổng của từng phần tử:  $E = nE_0$  ( $n$  là phần tử nối tiếp).

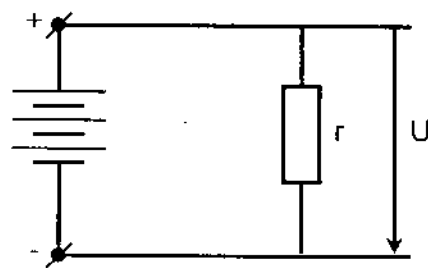
Điện trở trong của cả bộ cũng bằng tổng điện trở trong của từng phần tử.

$$r_{bt} = nr_0$$

Dòng điện cả bộ bằng dòng điện của mỗi phần tử và dung lượng cả bộ bằng dung lượng của mỗi phần tử.

### 2.12.2. Đấu song song nguồn điện

Là cách đấu cực dương của phần tử với nhau, cực âm với nhau, làm thành 2 cực dương và âm của cả bộ (hình 2-15). Cách đấu này được dùng khi dòng điện yêu cầu ( $I$ ) lớn hơn dòng điện phóng ( $I_p$ ) của mỗi phần tử.



Hình 2-14

Khi đấu song song, dòng điện cả bộ bằng tổng dòng điện ở mỗi phần tử (Định luật KiécShốp I) áp dụng cho điểm cực dương hoặc âm.

$$I = mIP \text{ (m là phần tử đấu song song)}$$

Suất điện động của cả bộ bằng suất điện động của mỗi phần tử:  $E = E_0$

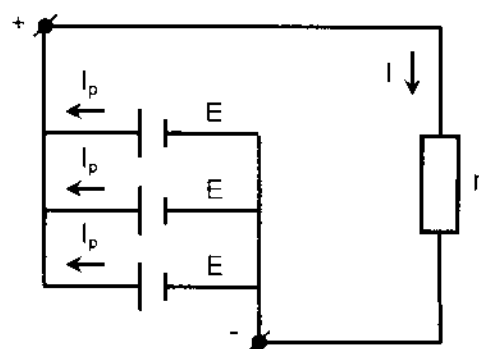
Điện trở trong của cả bộ bằng điện trở tương đương của m điện trở  $r_0$  đấu song song:

$$r_{b0} = \frac{r_0}{m}$$

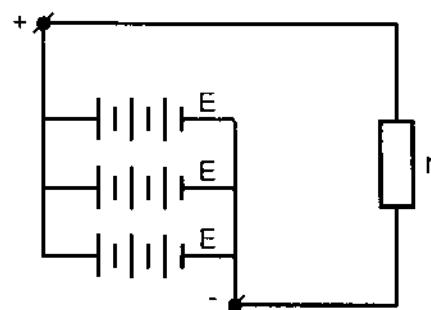
Dung lượng của bộ nguồn song song bằng tổng dung lượng của từng phần tử.

### 2.12.3. Đấu hỗn hợp nguồn điện

Là cách đấu nối tiếp và song song các phần tử để đạt được điện áp và dòng điện yêu cầu (hình 2-16). Số phần tử nối tiếp n cần bảo đảm suất điện động cả bộ bằng hoặc lớn hơn điện áp U, còn số nhánh song song m cần bảo đảm dòng điện phóng cả bộ bằng hoặc lớn hơn dòng điện yêu cầu I.



Hình 2-15



Hình 2-16

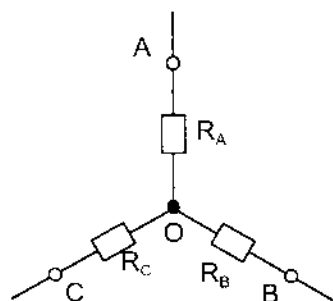
## 2.13. BIẾN ĐỔI ĐẤU HÌNH SAO THÀNH ĐẤU HÌNH TAM GIÁC

### 2.13.1. Khái niệm về đấu hình sao và đấu hình tam giác

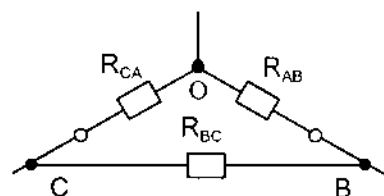
- Đấu hình sao là cách đấu 3 điện trở có một đầu chung, 3 đầu còn lại đấu đến 3 điểm khác (hình 2-17a).

- Đấu tam giác là cách đấu 3 điện trở thành một tam giác kín, mỗi cạnh tam giác là một điện trở, mỗi đỉnh của tam giác là một nút của mạch điện (hình 2-17b) nối tới các nhánh khác.

Như vậy, cách đấu sao và tam giác khác cách đấu nối tiếp và song song.



Hình 2-17a



Hình 2-17b

### 2.13.2. Biến đổi sao - tam giác

#### a) Điều kiện biến đổi

- Dòng điện đến các nút  $I_A$ ;  $I_B$ ;  $I_C$  là không đổi.
- Điện thế các nút A, B, C là không đổi, tức là  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  không đổi.

Với điều kiện đó thì chỉ có phần mạch điện bên trong các điểm A, B, C là thay đổi, còn phần mạch từ các điểm A, B, C trở ra là không chịu ảnh hưởng của sự biến đổi sao - tam giác.

#### b) Công thức biến đổi

Với điều kiện đã nêu ta có 2 công thức biến đổi sau:

- Biến đổi hình sao thành hình tam giác

$$R_{AB} = R_A + R_B + \frac{R_A R_B}{R_C}$$

$$R_{BC} = R_B + R_C + \frac{R_B R_C}{R_A} ; \quad R_{CA} = R_C + R_A + \frac{R_C R_A}{R_B}$$

- Biến đổi tam giác thành hình sao

$$R_A = \frac{R_{AB} \cdot R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}} ; \quad R_B = \frac{R_{BC} \cdot R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

$$R_C = \frac{R_{CA} \cdot R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

## 2.14. GIẢI MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP DÒNG NHÁNH

Đối với mạch điện một chiều không phân nhánh hoặc mạch điện phân nhánh có một nguồn thì cơ sở để giải mạch điện này là phương trình định luật Ôm đối với toàn mạch và các cách biến đổi điện trở, đưa mạch phân nhánh về không phân nhánh.

Đối với mạch điện phức tạp hơn (mạch phân nhánh có nhiều nguồn) thì phương pháp trên không dùng được. Ta phải sử dụng các phương pháp tổng quát hơn, đó là phương pháp dựa theo các phương trình KiếcsShốp.

Phương pháp dòng điện nhánh dựa vào hai định luật KiếcsShốp để viết các phương trình nút và vòng, biểu diễn mối tương quan giữa các dòng nhánh chọn làm ẩn số với các

đại lượng kết cấu của mạch (sức điện động của nguồn, điện trở các nhánh...). Vì thế, phương pháp này còn gọi là các phương pháp các phương trình KiếtShốp hay phương pháp phương trình nút và mạch vòng.

Người ta chứng minh được rằng, trong mạch điện có  $n$  điểm nút sẽ được viết  $(n - 1)$  phương trình nút (phương trình KiếtShốp I) độc lập với nhau.

Biết số ẩn bằng số nhánh (bằng  $N$ ), nên số phương trình mạch vòng cần viết là:

$$N - (n - 1) = m$$

Đó chính là số mắt của mạch. Do đó, người ta thường chọn các mắt làm các vòng để lập phương trình.

Các bước giải mạch điện 1 chiều bằng phương pháp dòng nhánh.

*Bước 1:* Chọn các dòng điện nhánh làm ẩn số, chiều đã chọn trước. Việc chọn chiều các dòng điện nhánh là tùy ý. Nếu kết quả tính ra là số âm thì chiều thực của dòng điện ngược với chiều đã chọn, có giá trị bằng giá trị tuyệt đối của kết quả tính được.

*Bước 2:* Thành lập hệ phương trình dòng nhánh như sau:

- Chọn  $(n - 1)$  nút để viết phương trình điểm nút (Phương trình KiếtShốp I).
- Chọn  $m = N - (n - 1)$  mạch vòng để viết phương trình vòng (phương trình KiếtShốp II). Nếu không có gì đặc biệt thì các vòng nên chọn các mắt để tiện lợi cho việc thành lập phương trình.

Kết quả ta được hệ  $N$  phương trình bậc nhất chứa đủ  $N$  ẩn.

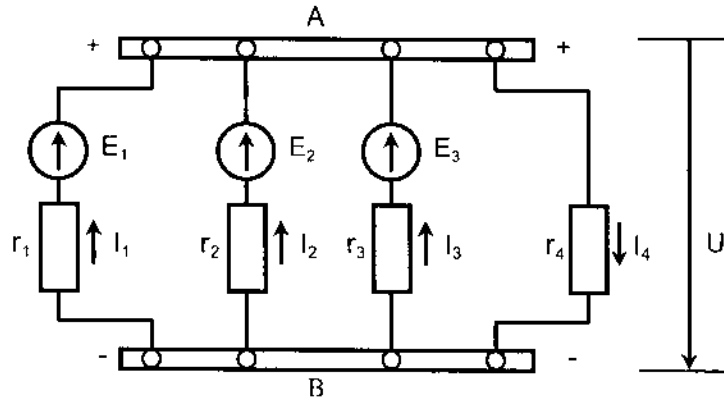
*Bước 3:* Giải phương trình dòng nhánh, tìm được  $N$  ẩn chính là các dòng điện ở các nhánh.

## 2.15. GIẢI MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN ÁP 2 NÚT

Phương pháp điện áp hai nút là trường hợp đặc biệt của phương trình điện thế nút, chỉ áp dụng được cho mạch điện có 2 điểm nút, tức  $n = 2$  (hình 2-18). Đó là trường hợp mạch có nhiều nguồn và tải, cùng đấu chung lên hệ thanh góp A (thanh góp dương) và B (thanh góp âm) chung, cũng là trường hợp rất thường gặp trong thực tế.

*Thành lập công thức:*

Gọi điện áp giữa 2 điểm nút AB là  $U = \varphi_A - \varphi_B$ , và chọn chiều dòng điện các nhánh như hình vẽ (tức là nhánh có nguồn thì dòng điện hướng về nút A, nhánh không nguồn thì dòng điện hướng theo chiều điện áp). Áp dụng định luật KiếtShốp II cho từng mạch vòng gồm mỗi nhánh khép kín mạch qua điện áp  $U$ .



Hình 2-18: Mạch điện có hai điểm nút

Ta có công thức: 
$$E_1 = I_1 r_1 + U \rightarrow I_1 = \frac{E_1 - U}{r_1} = (E_1 - U) g_1 \quad (a)$$

$$E_2 = I_2 r_2 + U \rightarrow I_2 = \frac{E_2 - U}{r_2} = (E_2 - U) g_2 \quad (b)$$

$$E_3 = I_3 r_3 + U \rightarrow I_3 = \frac{E_3 - U}{r_3} = (E_3 - U) g_3 \quad (c)$$

Đối với nhánh không nguồn, ta có định luật Ôm thông thường:

$$I_4 = \frac{U}{r_4} = U g_4 \quad (d)$$

Áp dụng định luật Kierchhoff I cho điểm A:

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

Hay:  $(E_1 - U) g_1 + (E_2 - U) g_2 + (E_3 - U) g_3 - U g_4 = 0$

Rút ra: 
$$U = \varphi_A - \varphi_B = \frac{E_1 g_1 + E_2 g_2 + E_3 g_3}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4} = \frac{\Sigma(E g)}{\Sigma g} \quad (e)$$

Nghĩa là, điện áp giữa 2 điểm nút của các nhánh song song bằng tổng đại số các tích suất điện động nhánh với điện dẫn nhánh, chia cho tổng điện dẫn các nhánh.

$\Sigma E g$  là tổng đại số với dấu quy ước như sau: Suất điện động nào hướng về nút A (thanh góp dương) sẽ mang dấu dương, suất điện động nào hướng về nút B (thanh góp âm) sẽ mang dấu âm.

Sau khi đã tính được điện áp U, ta dùng các công thức ở trên để tính dòng điện ở các nhánh.

### *Cách giải mạch điện bằng phương pháp điện áp 2 nút*

*Bước 1:* Xác định điểm nút dương và điểm nút âm. Điểm nút nào có nhiều suất điện động hướng về sẽ là nút dương, điểm còn lại là nút âm. Sau đó, quy định chiều dòng điện ở các nhánh như sau: Ở các nhánh có nguồn, cho chiều dòng điện hướng đến nút dương, còn nhánh không nguồn, cho chiều dòng điện hướng đến nút âm.

*Bước 2:* Áp dụng công thức (e) tính điện áp giữa 2 nút, trong đó các tích  $E_g$  có dấu dương hay âm tùy thuộc vào suất điện động  $E$  hướng đến nút dương hay âm. Nếu kết quả tính ra  $U$  có giá trị âm thì chúng ta đã chọn sai 2 nút âm và dương, cần hiểu chiều thực của điện áp ngược với chiều đã chọn (trường hợp này ít xảy ra).

*Bước 3:* Áp dụng công thức (a, b, c) để tính dòng điện trong các nhánh có nguồn và công thức (d) để tính dòng điện trong các nhánh không nguồn. Nếu nhánh nào tính ra dòng điện âm thì ta hiểu chiều thực của dòng điện ngược với chiều đã chọn.

## **2.16. PHƯƠNG PHÁP DÒNG ĐIỆN VÒNG**

Ở phương pháp này, ẩn số trong hệ phương trình không phải là dòng điện các nhánh mà là một dòng điện mạch vòng mang ý nghĩa về toán học, vì nếu biết được chúng có thể dễ dàng tính được dòng điện các nhánh.

Các bước giải theo phương pháp dòng điện mạch vòng như sau:

*Bước 1:* Xác định  $(m - n + 1)$  mạch vòng độc lập và tùy ý, vẽ chiều dòng điện mạch vòng, thông thường nên chọn chiều các dòng điện mạch vòng giống nhau, thuận tiện cho lập hệ phương trình.

*Bước 2:* Viết phương trình Kierchhoff 2 cho mỗi mạch vòng theo các dòng điện mạch vòng đã chọn.

*Bước 3:* Giải hệ phương trình vừa thiết lập, ta có dòng điện mạch vòng.

*Bước 4:* Tính dòng điện các nhánh theo dòng điện mạch vòng như sau: Dòng điện mỗi nhánh bằng tổng đại số dòng điện mạch vòng chạy qua nhánh ấy.

## **2.17. PHƯƠNG PHÁP XẾP CHỒNG**

Đây là tính chất cơ bản của mạch điện tuyến tính.

Trong mạch điện tuyến tính nhiều nguồn, dòng điện qua mỗi nhánh bằng tổng đại số các dòng điện qua nhánh do tác dụng riêng rẽ của từng suất điện động (lúc đó các suất điện động khác coi như bằng 0). Nguyên lý xếp chồng được ứng dụng nhiều để nghiên cứu mạch điện có nhiều nguồn tác dụng:

Khi tính bằng phương pháp xếp chồng thì thực hiện theo các bước sau:

*Bước 1:* Thiết lập sơ đồ điện chỉ có 1 nguồn tác động.

*Bước 2:* Tính dòng điện và điện áp trong mạch chỉ có 1 nguồn tác động.

*Bước 3:* Thiết lập sơ đồ mạch điện cho nguồn tiếp theo, lặp lại các bước 1 và 2 cho mỗi nguồn tác động.

*Bước 4:* Xếp chồng (cộng đại số) các kết quả tính dòng điện, điện áp của mỗi nhánh do các nguồn tác dụng riêng rẽ.

## 2.18. TỔN THẤT ĐIỆN ÁP TRÊN ĐƯỜNG DÂY

### 2.18.1. Tổn thất điện áp

Điện năng được sản xuất ở nguồn điện và đưa đến vật dùng điện bằng dây dẫn. Dây dẫn để truyền tải điện năng qua 1 khoảng cách nào đó giữa nguồn và tải như đường dây trên không, đường dây cáp. Đối với mạng điện 1 chiều, người ta dùng 2 dây. Dây đi (hay dây +) và dây về (hay dây -) gọi là đường dây 2 dây dẫn. Người ta có thể vẽ đủ 2 dây dẫn gọi là sơ đồ 2 sợi hoặc chỉ biểu diễn bằng 1 dây tượng trưng gọi là sơ đồ 1 sợi.

Để chỉ rằng đường dây có 2 dây dẫn, người ta dùng hai gạch chéo // trên sơ đồ 1 sợi.

Nếu chiều dài  $l$  của đường dây bé thì điện trở của dây dẫn có thể bỏ qua. Ngược lại, nếu  $l$  khá lớn thì phải tính đến điện trở của dây dẫn  $R_d$ :

$$R_d = \rho \frac{2l}{S} = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{2l}{S}$$

Sụt áp trên  $R_d$  gọi là tổn thất điện áp trên đường dây:

$$\Delta U = IR_d = I \cdot \frac{2l}{\gamma S}$$

Mặt khác ta có:  $\Delta U = U_1 - U_2$ .

Trong đó: -  $U_1$  là điện áp đầu đường dây.

-  $U_2$  là điện áp cuối đường dây.

Vậy, tổn thất điện áp trên đường dây điện 1 chiều bằng hiệu giữa điện áp đầu và cuối đường dây. Điện áp đầu đường dây thường được giữ không đổi hoặc thay đổi không đáng kể. Do đó, nếu  $\Delta U$  lớn thì  $U_2$  sẽ quá thấp, không đảm bảo nhu cầu dùng điện. Vì thế, người ta quy định  $\Delta U$  không được vượt quá một trị số cho trước, gọi là tổn thất điện áp cho phép ( $\Delta U_{cp}$ ) hay tính theo %, ký hiệu là  $\epsilon$ .

$$\epsilon = \frac{U_{cp}}{U_2} \cdot 100\% = \frac{U_1 - U_2}{U_2} \cdot 100\%$$

### 2.18.2. Tính toán chọn tiết diện dây dẫn

+ Chọn tiết diện dây dẫn phải đảm bảo chất lượng kỹ thuật, không xảy ra sự cố, tiện cho vận hành, đảm bảo kinh tế.

+ Chọn dây dẫn phải thỏa mãn điều kiện sau:

- Điều kiện phát nóng cho phép:  $I_{CP} \geq I_u$

- Điều kiện tổn thất điện áp cho phép:  $\Delta U \% \leq [\Delta U \%]_{CP}$

#### a) Xác định tiết diện dây dẫn theo điều kiện phát nóng

Điều kiện:  $I_{CP} \geq I_u$ . Tức là chọn dòng điện cho phép của dây dẫn không được nhỏ hơn dòng điện tính toán.

- Với phụ tải chiếu sáng 1 pha và 1 chiều:

Trường hợp có 1 phụ tải:  $I_{tt} = \frac{P_{dm}}{U} = I_{dm}$

Trong đó: U: Điện áp định mức của nguồn cung cấp.

$P_{dm}$ : Công suất đặt của thiết bị.

Với 3 pha:  $I_u = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} U} = I_{dm}$

Với phụ tải là động cơ 3 pha:  $I_n = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = I_{dm}$

Động cơ 1 chiều:  $I_u = I_{dm}$

\* Nếu có nhiều phụ tải sử dụng chung đường dây thì:  $I_u = K_c \cdot \sum_{i=1}^n I_{dmi}$

Sau khi chọn theo điều kiện ta tra bảng chọn cỡ dây, chọn xong thì kiểm tra lại theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép.

$$\Delta u \% = \frac{2.100.P.l}{\gamma.S.u^2} \quad (\text{một chiều và một pha thì áp dụng công thức này})$$

Trong đó: P: là công suất (W).

l: Chiều dài dây dẫn tính bằng mét (m).

u: Điện áp nguồn tính bằng Vôn (v).

S: Tiết diện dây dẫn tra được (mm<sup>2</sup>).

$\gamma$ : Điện dẫn suất ( $\gamma$  của Cu = 54;  $\gamma$  của Al = 32).

Sau đó, so sánh  $\Delta U \%$  với  $[\Delta U \%]_{CP}$

$\Delta U \%$  tổn thất điện áp tương đối  $\Delta U \% \leq [\Delta U \%]_{CP}$

$$[\Delta U \%]_{CP} = 2 \div 6\%$$

Tổn thất  $\Delta U$  từ trạm phân phối tới nơi tiêu thụ đối với phụ tải chiếu sáng khoảng  $(2 \div 3)\%$ ; đối với phụ tải động lực  $(4 \div 6)\%$ .

Nếu mạch 3 pha thì bỏ 2 ở tử số và  $U$  là  $U_d$ :

$$\Delta u \% = \frac{100 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U_d^2}$$

**Bài tập:** Một xưởng sản xuất có 5 động cơ 3 pha  $P_1 = P_2 = 30 \text{ KW}$ ,  $P_3 = 66 \text{ KW}$ ,  $P_4 = P_5 = 75 \text{ KW}$ ;  $U_d = 380 \text{ V}$ ,  $\cos \varphi = 0,8$ ,  $\eta = 0,9$ ,  $K = 0,8$

a) Hãy tính chọn dây dẫn cho từng động cơ.

b) Hãy tính chọn dây dẫn tổng cả 5 động cơ (bỏ qua tổn thất trên đường dây).

**b) Xác định dây dẫn theo điều kiện tổn thất cho phép**

$$\Delta U = U_1 - U_2 \Rightarrow \Delta U \% \approx \frac{\Delta U}{U_1} \cdot 100$$

\* *Mạch 1 chiều và xoay chiều 1 pha*

$$\Delta U = I \cdot r_d \text{ mà } r_d = \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot 2 \quad (\text{vì 2 dây, 1 đi 1 về})$$

$$\Delta U = \frac{I \cdot \rho \cdot l \cdot 2}{S} \Rightarrow S = \frac{I \cdot \rho \cdot l \cdot 2}{\Delta U}$$

$$\Delta U = \frac{U \cdot \Delta U \%}{100} \Rightarrow S = \frac{I \cdot \rho \cdot l \cdot 2 \cdot 100}{\Delta U \% \cdot U} \text{ mà } I = \frac{P}{U} \text{ và } \rho = \frac{l}{\gamma} \Rightarrow S = \frac{2 \cdot P \cdot l \cdot 100}{\gamma \cdot \Delta U \% \cdot U^2}$$

Trường hợp đường dây có nhiều phụ tải ở các điểm khác nhau cùng vật liệu:

$$S \approx \frac{2 \cdot 100 \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i}{\gamma \cdot \Delta U \% \cdot U^2}$$

b) Trong mạch 3 pha: 
$$S = \frac{100 \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i}{\gamma \cdot \Delta U \% \cdot U_d^2}$$

Sau khi tính S theo công thức thì tra bảng xem S đó chịu dòng điện là bao nhiêu, sau đó kiểm tra lại theo điều kiện phát nóng cho phép.

$$I_{CPd} \geq I_n \quad ; \quad I_n \text{ dựa vào công suất}$$

Ngoài ra, còn phải chú ý tới sức bền dây dẫn.

Tuy nhiên, trong phạm vi phân xưởng chọn dây dẫn từ tủ điện tới động cơ thì khoảng cách ngắn nên có thể bỏ qua điều kiện tổn thất điện áp cho phép ( $\Delta U\%_{CP}$ ) mà chỉ chọn theo điều kiện phát nóng căn cứ vào dòng cho phép, dây dẫn, đồng thời phải quan tâm tới sự phối hợp giữa dây dẫn và dây chảy có tác dụng bảo vệ đường dây, do đó điều kiện để chọn dây dẫn trong phạm vi phân xưởng là:  $I_{CPd} \geq I_{dm}$

$$\text{Nếu nhiều phụ tải: } I_{CPd} \geq k_c \sum_{i=1}^n I_{dm}$$

$$\text{Nếu đường dây bảo vệ bằng cầu chì thì: } I_{CPd} \geq \frac{I_{dc}}{\alpha}$$

$$\alpha = 0,8 \text{ chiếu sáng; } \alpha = 3 \text{ động lực.}$$

**Bài tập:** Tính chọn S dây dẫn cho đường dây 3 pha có  $u_d = 380V$ , chiều dài 30m. Nếu cuối đường dây nối vào bốn động cơ 3 pha có công suất như sau:

$$P_1 = 28KW; P_2 = 33 KW; P_3 = 14 KW; P_4 = 17KW$$

$$\text{Biết } [\Delta U\%]_{CP} = 2\%, \quad \gamma = 57, \quad u_d = 380V, \quad \cos \varphi = 0,8, \quad K_c = 1, \quad \eta = 0,9$$

## CÂU HỎI ÔN TẬP

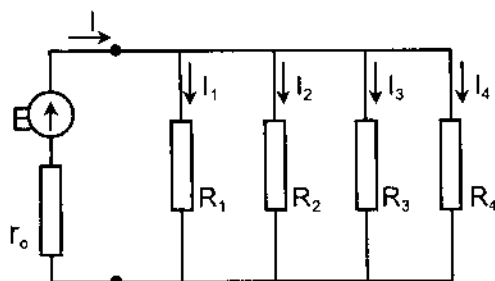
1. Nêu bản chất của dòng điện trong môi trường kim loại.
2. Nêu định nghĩa cường độ dòng điện và mật độ dòng điện. Viết biểu thức và giải thích.
3. Phát biểu và giải thích định luật Ôm cho đoạn mạch.
4. Phát biểu và giải thích định luật Ôm cho toàn mạch.
5. So sánh sự phân bố dòng điện, điện áp, công suất trên các điện trở giữa hai sơ đồ mắc nối tiếp và song song.
6. Nêu các bước giải mạch điện một chiều có điện trở đầu hỗn hợp.

7. Phát biểu và nêu cách viết phương trình theo định luật KiécShốp I và II. Lấy ví dụ minh họa.
8. Phát biểu, viết biểu thức định luật Jun - Lenxơn.
9. So sánh hai cách mắc nguồn điện thành bộ: song song và nối tiếp.
10. Trình bày các phương pháp giải mạch điện một chiều bằng điện áp 2 nút, bằng hệ phương trình KiécShốp. Đặc điểm và phạm vi ứng dụng của từng phương pháp.
11. Trình bày các phương pháp giải mạch điện bằng biến đổi điện trở, bằng điện áp 2 nút, bằng phương pháp dòng nhánh, bằng phương pháp dòng điện vòng, bằng phương pháp xếp chồng, đặc điểm và phạm vi sử dụng từng phương pháp.

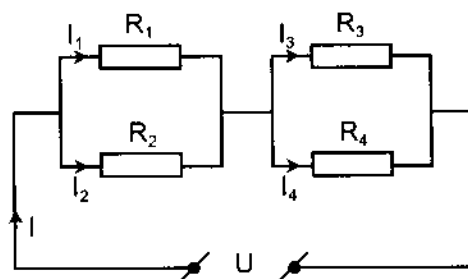
## BÀI TẬP

1. Tính lượng điện tích qua mạch trong một giờ biết dòng điện là 5A.
2. Dây đồng tiết diện  $4\text{mm}^2$  có dòng điện cho phép là 40A. Tính mật độ dòng điện cho phép.
3. Dây dẫn bằng đồng dài 1000m, đường kính dây  $D = 2\text{mm}$  (dây tiết diện tròn). Biết  $\gamma = 57\text{m}/\Omega\text{mm}^2$ . Tính điện trở dây.
4. Dây sắt dài 52m có điện trở  $R = 3\Omega$  biết  $\rho = 0,1 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$ . Hãy xác định đường kính, tiết diện dây (dây tròn).
5. Bộ ắc quy có điện trở trong  $r_0 = 0,2\Omega$ , suất điện động  $E = 12\text{V}$ , cung cấp cho điện trở  $R$  qua đường dây điện trở  $0,8\Omega$ . Dòng điện qua là 2A. Tìm điện trở  $R$ .
6. Bếp điện mắc vào điện áp 120V, có dòng điện 3A qua trong 20 phút. Xác định công suất và điện năng bếp tiêu thụ.
7. Bóng đèn 60W, 120V mắc vào nguồn điện có  $U = 100\text{V}$ . Tính công suất bóng tiêu thụ.
8. Ắc quy có suất điện động 2,2V, nội trở  $0,05\Omega$  cung cấp cho tải có  $r = 0,95\Omega$ . Tính dòng điện qua tải và dòng điện ngắn mạch.
9. Cần dùng ít nhất bao nhiêu bóng đèn 24V, 12W đấu vào mạch có điện áp  $U = 120\text{V}$ ? Tìm điện trở tương đương và dòng điện qua mạch.

10. Có ba điện trở  $R_1 = 60\Omega$ ;  $R_2 = 120\Omega$ ;  $R_3 = 150\Omega$  đấu song song, đặt vào điện áp  $U = 120V$ . Tính điện trở tương đương, dòng điện ở mỗi nhánh và ở nhánh chính.
11. Bốn điện trở  $R_1 = 10\Omega$ ;  $R_2 = 15\Omega$ ;  $R_3 = 25\Omega$  và  $R_4 = 30\Omega$  đấu song song với nhau và đấu vào nguồn điện có suất điện động  $E = 170V$  và điện trở trong  $r_0 = 0,55\Omega$ . Xác định dòng điện qua nguồn và qua các mạch nhánh như hình 2-19.

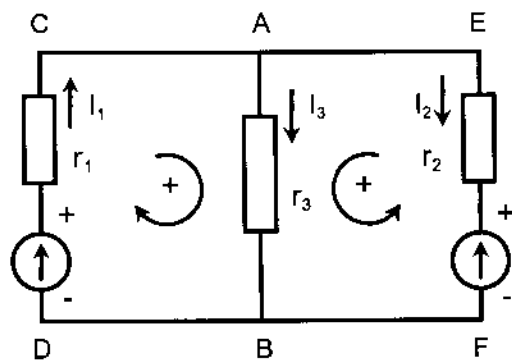


Hình 2-19

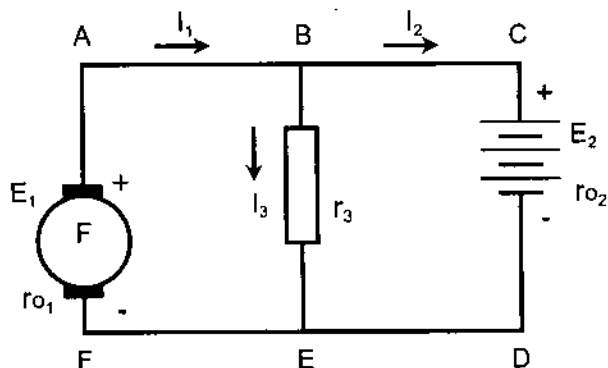


Hình 2-20

12. Hai bóng đèn, số liệu ghi trên đèn thứ nhất là  $40W/120V$  trên bóng thứ hai là  $60W/120V$ , đấu nối tiếp đặt vào điện áp  $200V$ . Tính công suất mỗi bóng tiêu thụ và điện áp đặt vào từng bóng?
13. Mạch điện như hình 2-20 đặt vào điện áp  $U = 120V$ ;  $R_1 = 10\Omega$ ;  $R_2 = 15\Omega$ ;  $R_3 = 25\Omega$ ;  $R_4 = 30\Omega$ . Xác định dòng điện trong nhánh chính  $I$  và dòng điện trong các nhánh phụ  $I_1$ ;  $I_2$ ;  $I_3$ ;  $I_4$ .
14. Cho mạch điện như hình 2-21 có:  $E_1 = 125 (V)$ ;  $E_2 = 90 (V)$ ;  $r_1 = 3\Omega$ ;  $r_2 = 2\Omega$ ;  $r_3 = 4\Omega$ . Tìm dòng điện trong các nhánh và điện áp đặt vào  $r_3$ .



Hình 2-21



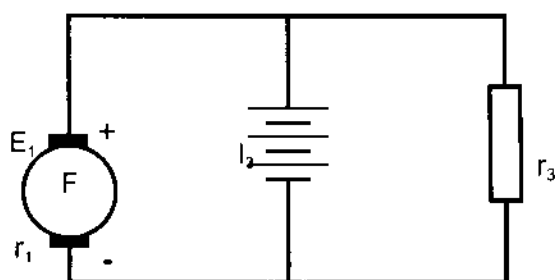
Hình 2-22

15. Một máy phát điện, điện trở trong  $r_{01} = 0,4\Omega$  cung cấp dòng điện phụ tải là  $I_3 = 10 (A)$  và đồng thời nạp điện cho bộ ắc quy dòng điện  $I_2 = 5 (A)$ . Biết bộ ắc quy có điện trở trong  $r_{02} = 0,4\Omega$ , điện trở tải  $r_3 = 22,6\Omega$  (hình 2-22).

- a) Tính suất điện động ở máy phát điện và ở bộ ắc quy?
- b) Nếu điện trở tải giảm còn  $r'_3 = 5,5\Omega$ , suất điện động của máy phát và bộ ắc quy không đổi thì dòng điện và điện áp trên tải là bao nhiêu?

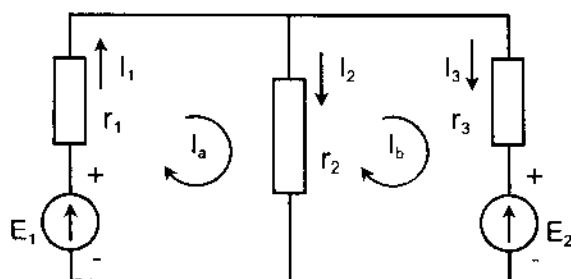
16. Giải mạch điện ở bài tập 14 bằng phương pháp điện áp 2 nút.

17. Mạch điện gồm máy phát điện có suất điện động  $E_1 = 130$  (V),  $r_1 = 1\Omega$  đấu song song với ắc quy có  $E_2 = 117$  (V),  $r_2 = 0,6\Omega$  cung cấp cho phụ tải  $r_3 = 24\Omega$  (hình 2-23). Tìm dòng điện và công suất trong các nhánh?

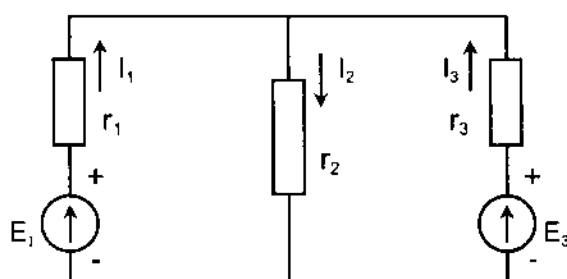


Hình 2-23

18. Bốn máy phát điện có nội trở bằng nhau, bằng  $r_0 = 0,1\Omega$ , suất điện động lần lượt là:  $E_1 = 123$  (V),  $E_2 = 123$  (V),  $E_3 = 122$  (V),  $E_4 = 117$  (V) đấu song song, cung cấp cho tải  $r = 6\Omega$ . Xác định điện áp trên tải, dòng điện trong các nhánh và nhận xét?



Hình 2-24



Hình 2-25

19. Cho mạch điện như hình 2-24 có:  $E_1 = 10$ V;  $E_2 = 5$ V;  $R_1 = 47\Omega$ ;  $R_2 = 22\Omega$ ;  $R_3 = 82\Omega$ . Tính dòng điện trong các nhánh  $I_1$ ;  $I_2$ ;  $I_3$  bằng phương pháp dòng điện mạch vòng?
20. Cho mạch điện như hình 2-25 có:  $E_1 = 40$ V;  $E_3 = 16$ V;  $R_1 = 2\Omega$ ;  $R_2 = 4\Omega$ ;  $R_3 = 4\Omega$ . Tính dòng điện  $I_1$ ;  $I_2$ ;  $I_3$  bằng phương pháp xếp chồng.

## Chương 3

### TỪ TRƯỜNG - CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

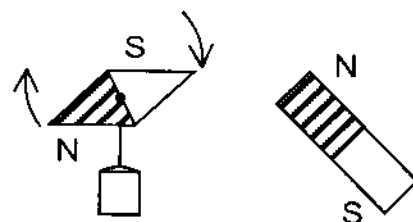
#### 3.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ TỪ TRƯỜNG

##### 3.1.1. Khái niệm về từ trường

Từ trường là một dạng đặc biệt của vật chất, có biểu hiện đặc trưng là tác dụng điện lực từ lên kim nam châm hay dây dẫn mang dòng điện đặt trong nó.

##### *a) Từ trường của nam châm vĩnh cửu*

Một nam châm bao giờ cũng có hai cực, cực bắc được ký hiệu là (N) và cực nam được ký hiệu là (S).



Hình 3-1

*Thí nghiệm:* Dùng 1 thanh nam châm vĩnh cửu đưa lại gần 1 kim nam châm (kim nam châm được cấu tạo đó là một thanh nam châm nhỏ, đặt trên một mũi nhọn làm trục và kim quay tự do được quanh trục). Bình thường, một đầu kim chỉ đúng phương Bắc địa lý và được gọi là cực Bắc (N), nhưng khi đưa gần lại thanh nam châm thì kim nam châm lệch khỏi vị trí ban đầu sao cho cực (S) của kim nam châm lại gần cực (N) của thanh nam châm và ngược lại. Như vậy, các cực cùng tên đẩy nhau và các cực khác tên sẽ hút nhau. Lực hút hay lực đẩy của thanh nam châm và kim nam châm đó là lực điện từ (lực này do từ trường sinh ra).

##### *b) Từ trường của dòng điện*

*Thí nghiệm:* Cho dòng điện chạy qua dây dẫn đưa lại gần kim nam châm, kim cũng bị lệch khỏi vị trí ban đầu. Đổi chiều dòng điện thì kim nam châm cũng quay đi nửa đường tròn. Thay kim nam châm bởi một dây dẫn khác mang dòng điện, hai dây dẫn sẽ hút hoặc đẩy nhau tùy theo hai dòng điện cùng chiều hay ngược chiều. Như vậy, xung quanh dây dẫn mang dòng điện, có một từ trường mà biểu hiện của nó tác dụng lên kim nam châm hay dây dẫn mang dòng điện khác.

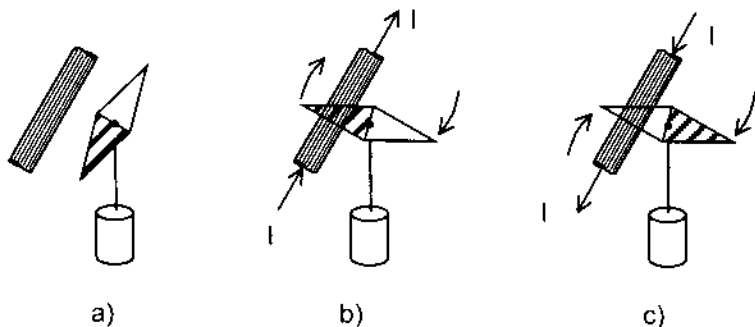
+ Hình 3-2a (khi chưa có dòng điện).

+ Hình 3-2b (khi có dòng điện).

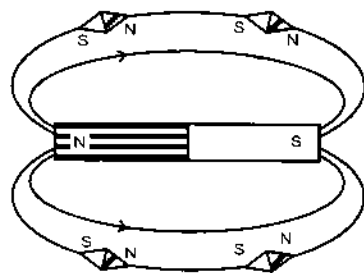
+ Hình 3-2c (khi đổi chiều dòng điện).

### 3.1.2. Đường sức từ

Đường sức từ là đường cong kín trong từ trường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với kim nam châm đặt tại điểm đó. Chiều của đường sức từ là chiều từ cực nam đến cực bắc của kim nam châm (hình 3-3).



Hình 3-2



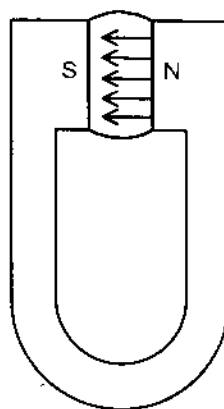
Hình 3-3

### 3.1.3. Từ trường của nam châm vĩnh cửu - Từ trường đều

Nếu cho một thanh nam châm làm bằng thép từ, nhiễm từ của dòng điện, sau khi bỏ dòng điện đi chúng vẫn giữ được từ trường. Ta được thanh nam châm vĩnh cửu.

Đặc điểm của nam châm vĩnh cửu là luôn luôn có 2 cực từ, nếu ta bẻ gãy đi thì ngay ở chỗ gãy sẽ hình thành cực từ và trở thành 1 nam châm vĩnh cửu mới.

Đường sức từ của nam châm vĩnh cửu xuất phát từ cực bắc và tận cùng ở cực nam. Nếu hai cực của nam châm phẳng, song song và gần nhau, chẳng hạn ở nam móng ngựa (hình 3-4) thì các đường sức từ giữa hai cực là các đường thẳng song song, cách đều nhau, ta bảo đó là từ trường đều.



Hình 3-4

## 3.2. TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN - QUY TẮC VẶN NÚT CHAI

### 3.2.1. Từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng

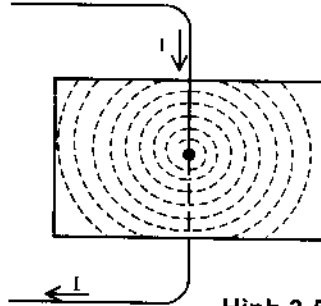
#### a) Thí nghiệm

Xuyên một dây dẫn thẳng qua một tấm bìa và rắc mạt sắt mỏng lên tấm bìa cho dòng điện qua dây dẫn và gõ nhẹ lên tấm bìa để hiện lên từ phổ của dòng điện (hình 3-5).

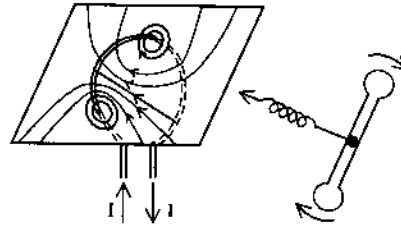
- *Hiện tượng:* Ta thấy đường sức từ bao quanh dây dẫn thẳng là những đường tròn đồng tâm (tâm là giao điểm của trục dây và tấm bìa).

- **Kết luận:** từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng là những đường tròn đồng tâm khép kín, để xác định chiều đường sức từ ta áp dụng quy tắc vặn nút chai do Mắc Xoen đề ra.

**b) Quy tắc vặn nút chai:** vặn cho cái vặn nút chai tiến theo chiều dòng điện. Thì chiều quay của cái cán vặn nút chai là chiều đường sức.



Hình 3-5



Hình 3-6

### 3.2.2. Từ trường của dòng điện trong vòng dây

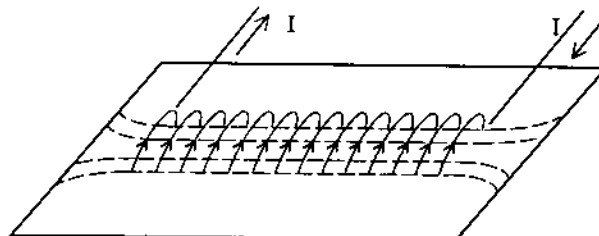
**a) Thí nghiệm:** Uốn một dây dẫn thành vòng tròn, dây được xuyên qua một tấm bìa chứa tâm của vòng dây, mặt phẳng của tấm bìa vuông góc với mặt phẳng của vòng tròn, rắc hạt sắt lên tấm bìa cho dòng điện qua cuộn dây, rồi gõ nhẹ lên tấm bìa, từ phổ thu được cho ta thấy các đường sức là những đường cong. Ở gần dây dẫn đường sức có thể coi là những đường tròn, càng gần tâm vòng dây đường sức càng ít cong, đường sức đi qua tâm vòng dây là đường thẳng để xác định chiều của đường sức ta áp dụng quy tắc vặn nút chai đối với vòng dây. (Hình 3-6)

**b) Quy tắc vặn nút chai:** quay cho cán mở nút chai theo chiều dòng điện trong vòng dây thì chiều tiến của mở nút chai là chiều đường sức.

### 3.2.3. Từ trường của dòng điện trong ống dây

Nếu chiều dài ống dây đủ lớn so với đường kính thì đường sức từ trong ống dây là những đường thẳng song song với nhau, chiều được xác định theo quy tắc vặn nút chai như đối với vòng dây. (Hình 3-7)

## 3.3. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CỦA TỪ TRƯỜNG



Hình 3-7

### 3.3.1. Cường độ từ cảm (cảm ứng từ)

Là đại lượng đặc trưng cho độ mạnh yếu của từ trường, nhưng tính tới mức độ ảnh hưởng của môi trường bên ngoài tác động vào từ trường đặt trong môi trường đó được ký hiệu là B, đơn vị là Tes la (T).

\* *Định nghĩa:* cường độ từ cảm tại một điểm của trường là một véc tơ. Có phương trùng với phương tiếp tuyến của đường sức đi qua điểm đó. Chiều véc tơ cùng chiều đường sức, có trị số bằng trị số lực điện từ tác dụng lên dây dẫn dài 1 đơn vị, mang dòng điện một đơn vị, đặt vuông góc với đường sức tại điểm xét.

$$B = \frac{F}{I \cdot l} \text{ (T)}$$

Trong đó: + F là lực điện từ (N)

+ I là dòng điện (A)

+ l là chiều dài dây dẫn (m)

+ B là cảm ứng từ (T)

Nếu  $F = 1\text{N}$  ;  $I = 1\text{A}$  ;  $l = 1\text{m}$  thì  $B = 1\text{T}$  ngoài ra người ta còn dùng đơn vị là Gao xơ  
 $1 \text{ gao xơ} = 10^{-4} \text{ T}$

### 3.3.2. Từ thông

- Ta xét mặt S trong từ trường nằm vuông góc với đường sức từ, đó chính là lượng từ thông xuyên qua bề mặt S khi S được đặt trong từ trường. (Hình 3-8)

Như vậy: từ thông là đại lượng đo số lượng cảm ứng từ xuyên qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với đường sức từ, ký hiệu là  $\phi$ , đơn vị là Wb đọc là (Vê be).

$$\phi = B \cdot S$$

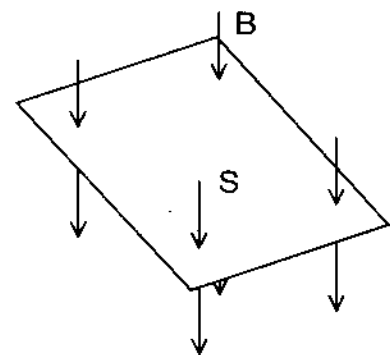
Trong đó: + B là cảm ứng từ (T)

+ S là diện tích mặt phẳng mà đường sức xuyên qua ( $\text{m}^2$ ).

Cho  $S = 1$  thì  $B = \phi$  nghĩa là cường độ từ cảm bằng từ thông qua mặt S vuông góc với đường sức, có diện tích bằng 1 đơn vị. Vì thế cường độ từ cảm gọi là mật độ từ thông.

*Ví dụ:* cho  $B = 1 \text{ Tesla}$  ,  $S = 1 \text{ m}^2$  thì  $\phi = 1 \text{ Vê be}$  ngoài ra người ta còn dùng đơn vị max xoen

$$1 \text{ Mắcxoen} = 10^{-8} \text{ vê be}$$



Hình 3-8

### 3.3.3. Hệ số từ thẩm và cường độ từ trường

**a) Hệ số từ thẩm tương đối:** để đặc trưng cho tính từ của vật liệu, người ta dùng đại lượng gọi là hệ số từ thẩm tương đối.

Vậy: hệ số từ thẩm tương đối của vật liệu từ là tỉ số giữa cường độ từ cảm trong môi trường với cường độ từ cảm trong chân không do cùng một dòng điện kích từ gây ra.

$$\mu = \frac{B}{B_0} \Rightarrow B = \mu \cdot B_0$$

Trong đó: +  $\mu$  (muy) là hệ số từ thẩm tương đối

+  $B$  là cường độ từ cảm

+  $B_0$  là cường độ từ cảm trong môi trường chân không

**b) Cường độ từ trường:** là đại lượng đặc trưng cho khả năng gây từ của dòng điện (không phụ thuộc vào môi trường), ký hiệu là  $H$ .

- Cường độ từ trường luôn luôn tỉ lệ với dòng điện tạo ra từ trường và phụ thuộc vào cấu tạo của dây dẫn (dây dẫn thẳng, vòng dây, ống dây) cũng như kích thước của dây dẫn.

- Cường độ từ trường cũng là đại lượng véc tơ, véc tơ cường độ từ trường cùng phương, chiều với véc tơ cường độ từ cảm, đơn vị là A/m.

+ Xét từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng (Hình 3-9) gây ra ở điểm  $M$  bên ngoài dây dẫn cách tâm dây dẫn một khoảng  $r$  là véc tơ tiếp tuyến với đường sức và có trị số

$$H = \frac{I}{2\pi r} \text{ (A/m)}$$

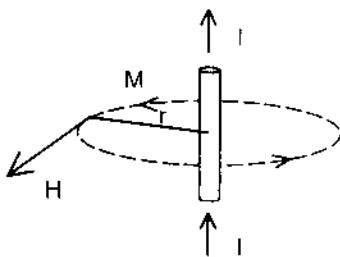
+ Từ trường trong lòng ống dây (Hình 3-10): xét khi  $l \gg R$  (chiều dài ống dây lớn gấp nhiều lần so với đường kính) thì từ trường trong lòng ống dây là một từ trường đều, có

véc tơ song song với trục ống dây và có trị số  $H = \frac{I \cdot W}{l} \text{ (A/m)}$

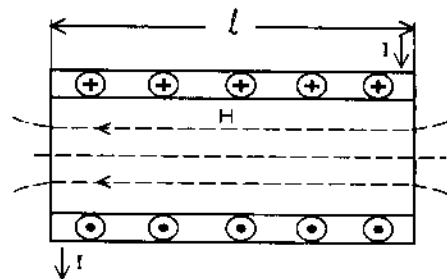
Trong đó: +  $W$  (số vòng dây của cuộn dây)

+  $l$  (chiều dài cuộn dây)

+  $I$  (dòng qua cuộn dây).



Hình 3-9



Hình 3-10

### c) Hệ số từ thẩm tuyệt đối

**Định nghĩa:** Hệ số từ thẩm tuyệt đối là tỉ số giữa cường độ từ cảm và cường độ từ trường tại mỗi điểm trong trường, hệ số này gọi là hệ số từ thẩm tuyệt đối của môi trường (ký hiệu là  $\mu_a$ ), đơn vị là H/m (Henri/mét).

$$\mu_a = \frac{B}{H}$$

+ Nếu môi trường là chân không thì hệ số từ thẩm tuyệt đối ký hiệu là  $\mu_0$

Ta có:  $B_0 = \mu_0 \cdot H \Rightarrow \mu_0 = \frac{B_0}{H}$

mà  $B = \mu \cdot B_0 = \mu \cdot \mu_0 H$  (1)

$$\mu_a = \frac{B}{H} \Rightarrow \mu \cdot B_0 = \mu_a \cdot H \quad (2)$$

So sánh (1) và (2) ta thấy:

$$\mu_a = \mu \cdot \mu_0$$

+ Nghĩa là, hệ số từ thẩm tuyệt đối của môi trường bằng tích của hệ số từ thẩm tương đối của môi trường với hệ số từ thẩm tuyệt đối của chân không.

Trong hệ đo đơn vị hợp pháp người ta xác định được  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} = 125 \cdot 10^{-8} \text{ H/m}$

## 3.4. LỰC TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN DÂY DẪN MANG DÒNG ĐIỆN

### 3.4.1. Tác dụng của lực từ trường lên dây dẫn mang dòng điện

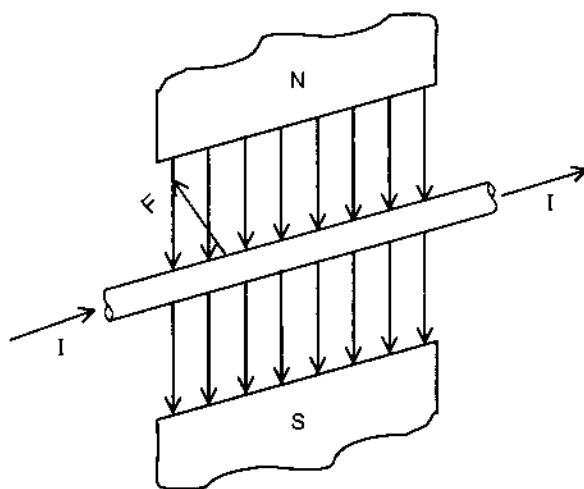
- Lực điện từ có ứng dụng rất rộng rãi trong kỹ thuật và là cơ sở để chế tạo ra máy điện, khí cụ điện.

- *Thí nghiệm:* Có một từ trường cố định như hình 3-11.

Trong từ trường đặt dây dẫn thẳng:

+ Khi chưa có dòng điện thì dây dẫn đứng im.

+ Khi có dòng qua dây dẫn thì dây dẫn sẽ di chuyển trong từ trường vì khi dòng qua dây dẫn sẽ sinh ra từ trường của



Hình 3-11

dòng điện và từ trường này tương tác với từ trường của nam châm sinh ra một lực điện từ tác dụng vào dây dẫn (lực đó luôn vuông góc với dây dẫn) làm cho dây dẫn chuyển động, lực đó gọi là lực điện từ.

### 3.4.2. Biểu thức lực điện từ $F = B I l$ (N)

Trong đó: +  $F$  là lực điện từ (N)

+  $B$  là cảm ứng từ (T)

+  $I$  là dòng điện (A)

+  $l$  là chiều dài dây dẫn đặt trong từ trường gọi là chiều dài tác dụng.

- Đối với dây dẫn đặt xiên tạo với đường sức từ trường 1 góc là  $\alpha$

$$F = B I l \sin \alpha \text{ (N)}$$

### 3.4.3. Quy tắc bàn tay trái

- Phương và chiều của lực điện từ được xác định theo quy tắc bàn tay trái.

- *Quy tắc:* ngửa bàn tay trái cho đường sức từ xuyên qua lòng bàn tay, chiều bốn ngón tay duỗi thẳng ra chỉ chiều dòng điện thì ngón tay cái duỗi ra chỉ chiều lực điện từ.

### 3.4.4. Công của lực điện từ

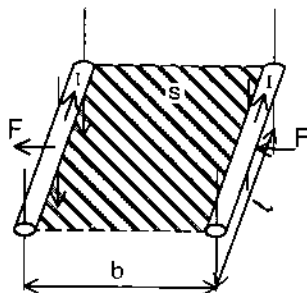
*Giả sử:* dây dẫn dưới tác dụng của lực điện từ, dây dẫn di chuyển được một đoạn là  $b$  và do đó thực hiện được 1 công cơ học có trị số  $A = F \cdot b = B I l \cdot b = B I \cdot \phi$

$$\text{Vì } S = l \cdot b \text{ mà } B \cdot S = \phi \Rightarrow A = I \cdot \phi$$

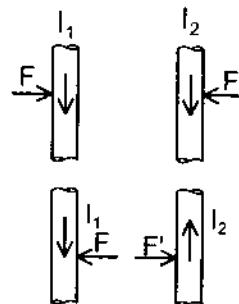
$\phi = B \cdot S$  là từ thông qua diện tích do dây dẫn quét qua trong quá trình dịch chuyển đơn vị (wb). (Hình 3-12)

Trong đó:  $A$  là công của lực điện từ (J)

Như vậy: công của lực điện từ tác dụng lên dây dẫn làm dây dẫn dịch chuyển trong từ trường, tỉ lệ với dòng điện trong dây dẫn và với từ thông qua diện tích mà phần tác dụng của dây dẫn quét qua trong quá trình chuyển động.



Hình 3-12



Hình 3-13

### 3.5. LỰC TÁC DỤNG GIỮA CÁC DÂY DẪN MANG DÒNG ĐIỆN

- Khi có các dây dẫn mang dòng điện ở gần nhau thì giữa chúng xuất hiện lực điện từ tác dụng lẫn nhau.

- Giả sử ta có hai dây dẫn mang dòng điện cùng chiều đặt gần nhau (Hình 3-13) coi  $I_1$  là dòng điện gây từ thì dòng điện  $I_2$  nằm trong từ trường  $I_1$  sẽ chịu tác dụng một lực  $F$ , ta có thể xác định chiều theo quy tắc bàn tay trái và ngược lại.

+ Hai dây dẫn mang dòng điện cùng chiều sẽ hút nhau và ngược chiều sẽ đẩy nhau.

+ Lực tác dụng giữa hai dây dẫn mang dòng điện là lực tác dụng và phản tác dụng (lực tương hỗ) nên có trị số bằng nhau và tỉ lệ với các dòng điện.

### 3.6. VẬT LIỆU TỪ

**3.6.1. Khái niệm:** đối với lĩnh vực kỹ thuật điện sử dụng rộng rãi, dùng để dẫn từ hay tạo thành mạch từ ở trong máy điện, thiết bị điện. Căn cứ vào hệ số từ thẩm tương đối người ta chia vật liệu từ thành ba loại:

- Vật liệu thuận từ: bao gồm tất cả các loại vật liệu có hệ số từ thẩm tương đối, lớn hơn đơn vị nhưng không đáng kể ( $\mu > 1$ )

Ví dụ: Không khí có  $\mu = 1,00000036$ ; Nhôm (Al) có  $\mu = 1,000023$

Ngoài ra còn có Thiếc, Man gan.

- Vật liệu nghịch từ: bao gồm những vật liệu có hệ số từ thẩm tương đối, nhỏ hơn đơn vị ( $\mu < 1$ ) nhưng nhỏ hơn không đáng kể.

Ví dụ: Đồng có  $\mu = 0,99995$ ; thuộc loại này còn có Chì, Bạc, Kẽm...

+ Cùng một nguồn gây từ đặt trong môi trường thuận từ, cường độ từ cảm  $B$  lớn hơn chân không một ít, trong môi trường nghịch từ  $B$  sẽ nhỏ hơn so với ở chân không nhưng không đáng kể có thể coi hệ số  $\mu$  của vật liệu thuận và nghịch từ xấp xỉ bằng đơn vị  $\mu \approx 1$ .

- Vật liệu sắt từ: bao gồm tất cả các vật liệu có hệ số từ thẩm tương đối lớn ( $\mu$  lớn), lớn hơn đơn vị vài trăm đến hàng vạn lần và phụ thuộc vào cường độ từ trường.

Như vậy: từ trường đặt trong môi trường sắt từ sẽ có cường độ từ cảm  $B$  lớn hơn so với khi đặt trong chân không nhiều lần nên được ứng dụng rất rộng rãi trong kỹ thuật điện và điện tử.

Vật liệu sắt từ thông thường: Sắt, Cô ban, Ni ken và hợp kim của chúng.

#### 3.6.2. Chu trình từ hoá

- Quan hệ giữa  $B$  và  $H$  không phải là quan hệ tỉ lệ mà là quan hệ phức tạp  $B = f(H)$

- *Thí nghiệm:* Gồm 1 lõi thép đặt trong ống dây, 1 cuộn dây đảo chiều, 1 biến trở R và nguồn E.

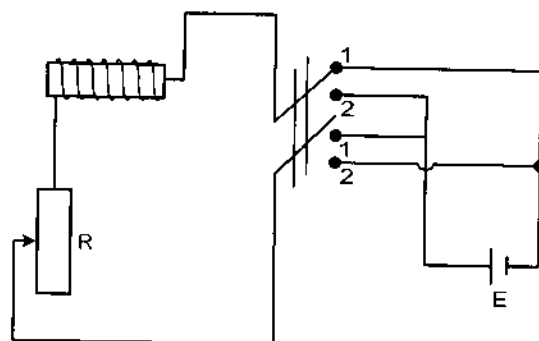
- Luyện từ cho chất sắt từ bằng cách tăng dần dòng điện gây từ I. Mỗi đầu khi H còn bé, B và H tỉ lệ với nhau, quan hệ B-H là đường thẳng (OA), đó là giai đoạn tỉ lệ  $\mu$  là hằng số, sau đó B tăng chậm dần so với H. Đường cong dẫn về trục hoành có giai đoạn bắt đầu bão hoà, trị số  $\mu$  giảm dần. Khi cường độ từ trường đủ lớn, B tăng chậm, đường cong B-H như nằm ngang, giai đoạn bão hoà thực sự trị số  $\mu \approx 1$ .

+ Khi sắt từ bão hoà (điểm B) nếu giảm H thì B cũng giảm theo, mỗi đầu giảm chậm sau đó giảm nhanh hơn (đoạn BC). Cùng một trị số H, có 2 giá trị B khác nhau, cường độ từ cảm B lúc H giảm lớn hơn lúc H tăng.

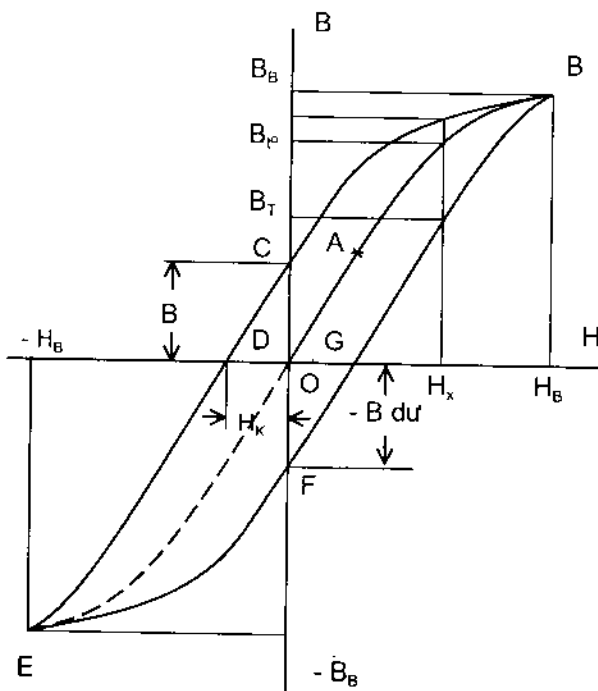
*Ví dụ:* Ứng với  $H_x$  cường độ từ cảm lúc tăng là  $B_t$  (Hoặc  $B_w$ , nếu sắt từ mới từ hoá lần đầu), còn lúc giảm là  $B_g$ ;  $B_g > B_t$ . Như vậy, trong quá trình biến thiên, cường độ từ cảm luôn luôn biến thiên chậm hơn sự biến thiên cường độ từ trường. Ta gọi hiện tượng đó là hiện tượng từ trễ, khi cường độ từ trường giảm về đến 0 ( $I = 0$ ;  $H = 0$ ) cường độ từ cảm vẫn có B dư, gọi là từ cảm dư (đoạn OC).

+ Để khử từ dư ta đổi chiều từ trường bằng cách đổi chiều dòng điện luyện từ I và tăng dần trị số cho đến khi  $B = 0$ , trị số cường độ từ trường  $H_k$  vừa đủ khử hết từ cảm dư gọi là từ trường khử từ (đoạn OD), tiếp tục tăng H từ giá trị khử từ đến giai đoạn bão hoà về phía âm, có các giá trị bão hoà  $-H_B$  và  $-B_B$ . Ta lại giảm cường độ từ trường từ giá trị  $-H_B$  về 0, từ cảm giảm từ  $-B_B$  về  $-B_{dr}$  (từ cảm dư về phía âm) ta có nhánh EF. Đổi chiều từ trường H rồi tiếp tục tăng qua giá trị khử từ  $H_k$  và trị số bão hoà  $H_B$  đoạn FGB, cuối cùng ta được 1 đường cong kín BCDEFGB gọi là chu trình từ hoá hay chu trình từ trễ.

- Để đánh giá vật liệu sắt từ, người ta còn dùng đường trung bình của chu trình từ hoá (nhánh EOB) và gọi là đường cong từ hoá.



Hình 3-14



Hình 3-15

**Ý nghĩa:** Chu trình từ trễ và đường cong từ hoá là đặc trưng cơ bản của vật liệu sắt từ. Căn cứ vào đó ta có thể biết được mức độ bão hoà từ và người ta chia đường cong ra làm ba giai đoạn:

+ *Giai đoạn không bão hoà:* (giai đoạn tỉ lệ)  $B \sim H$ ,  $\mu$  là hằng số. Trong các loại máy điện hoặc khí cụ điện cần  $B \sim I$  luyện từ hoặc cần thay đổi  $B$  trong phạm vi rộng.

+ *Giai đoạn bắt đầu bão hoà:* hay còn gọi là giai đoạn tương đối bão hoà (đoạn AB),  $B$  bắt đầu biến thiên ít hơn  $H$ . Sử dụng ở máy điện hoặc khí cụ điện nhằm thoả mãn điều kiện khi  $I$  luyện từ biến đổi.  $B$  ít thay đổi, mặt khác vẫn điều chỉnh được  $B$  khi cần thiết.

+ *Giai đoạn bão hoà thực sự:* Đường cong ngoài điểm B, cường độ từ cảm  $B$  hầu như không đổi khi  $H$  biến đổi, ở những thiết bị cần giữ  $B$  ít thay đổi thì người ta cho sắt từ làm việc giai đoạn này.

- Biết được mức độ từ dư của vật liệu là yêu cầu để tính toán nam châm vĩnh cửu. Từ dư là từ trường của sắt từ còn giữ được sau khi cắt nguồn gây từ, từ dư lớn thì sau khi được từ hoá nó trở thành nam châm vĩnh cửu. Do đó, để chế tạo nam châm vĩnh cửu chọn loại sắt từ dư lớn như thép, Còban.

- Biết được trị số và sự biến đổi của hệ số từ thẩm  $\mu$  ( $\mu_a = \mu \cdot \mu_0 = \frac{B}{H}$ ).

- Biết tính chất của vật liệu sắt từ, căn cứ vào mất từ trễ người ta chia ra làm 2 loại vật liệu sắt từ.

**a) Sắt từ cứng:** Có mất từ trễ ngắn và rộng, trị số từ dư lớn, diện tích mất từ trễ lớn. Điển hình là thép luyện nam châm vĩnh cửu.

**b) Sắt từ mềm:** Có mất từ trễ dài và trị số từ dư nhỏ, diện tích mất từ trễ bé.

+ Trong quá trình luyện từ: Khi từ trường  $H$  biến thiên theo thời gian, như trong mạch điện xoay chiều, trong mỗi chu kỳ, sắt từ luyện từ đủ một chu trình: luyện từ từ  $H = 0$ ,  $H = H_B$ ; giảm về  $H = 0$ , khử từ âm, rồi lại tiếp tục lặp lại chu trình, khi đó các phân tử sắt bị dao động mạnh, xuất hiện tổn hao năng lượng trong sắt từ, gọi là tổn hao từ trễ. Nếu  $B_{du}$  và đoạn  $H_k$  lớn thì tổn hao từ trễ cũng lớn, tức tổn hao từ trễ tỉ lệ với mất từ trễ. Vì thế, mất từ trễ nhỏ được dùng để chế tạo lõi thép các máy điện, khí cụ điện với mục đích giảm tổn hao từ trễ. Điển hình của loại này là thép kỹ thuật điện (thép có chứa Silic) nên gọi là thép Silic.

### 3.7. HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

#### 3.7.1. Thí nghiệm và hiện tượng

Gồm 1 cuộn dây được nối kín mạch qua một điện kế G. Khi đưa một nam châm vào trong lòng cuộn dây ta thấy, trong quá trình di chuyển nam châm vào trong lòng cuộn dây,

kim điện kế lệch đi chứng tỏ có suất điện động và dòng điện trong cuộn dây. Khi nam châm đứng im, kim chỉ 0, rút nam châm ra khỏi ống dây kim lại lệch đi nhưng về phía ngược lại, đổi chiều nam châm rồi lại đưa vào lòng cuộn dây kim điện kế lại lệch đi nhưng ngược chiều cũ (gọi là hiện tượng cảm ứng điện từ).

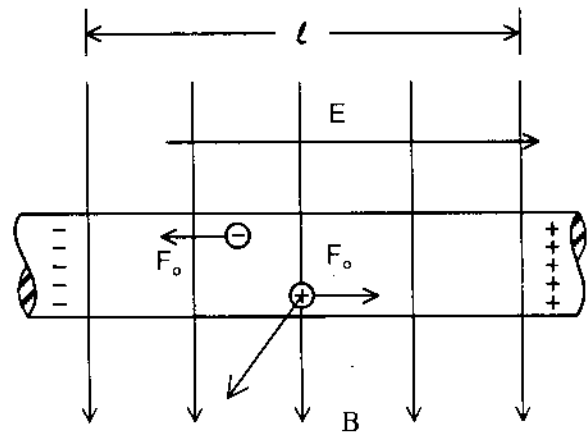
Như vậy, khi từ thông qua cuộn dây biến thiên thì trong cuộn dây xuất hiện 1 suất điện động gọi là suất điện động cảm ứng, suất điện động cảm ứng chỉ xuất hiện khi có từ thông biến thiên. Chiều của suất điện động phụ thuộc vào chiều biến thiên từ thông. Khi từ thông tăng suất điện động có một chiều nào đó thì khi từ thông giảm, suất điện động cảm ứng có chiều ngược lại.

- Suất điện động cảm ứng có độ lớn phụ thuộc vào tốc độ di chuyển của dây dẫn, chiều dài tác dụng của dây dẫn và độ lớn suất điện động:  $\mathcal{E} = Blv \cdot \sin \alpha$

+ Ở đây,  $\alpha$  là góc mà dây dẫn chuyển động hợp với phương vectơ cường độ từ cảm;  $\mathcal{E}$  là suất điện động, đơn vị là V;  $l$  là chiều dài dây dẫn, đơn vị là mét (m);  $v$  là vận tốc chuyển động của dây dẫn, đơn vị là (m/s);  $B$  là cảm ứng từ, đơn vị là Tesla (T).

### 3.7.2. Giải thích hiện tượng

- Ta xét một dây dẫn thẳng chuyển động trong từ trường đều  $B$  với tốc độ không đổi là  $v$  theo phương vuông góc với đường sức, trong dây dẫn có các điện tử tự do và các ion dương. Khi dây dẫn chuyển động, các điện tử tự do và các ion cũng chuyển động. Sự chuyển động của các điện tích dương tạo thành dòng điện cùng chiều với phương chuyển động, còn các điện tử sẽ tạo thành dòng điện có chiều ngược lại. Kết quả là các điện tích dương tương đương với một dòng điện theo chiều  $v$ . Dòng điện này nằm trong



Hình 3-16

từ trường  $B$  nên mỗi điện tích sẽ chịu tác dụng một lực  $F_0$  có chiều xác định theo quy tắc bàn tay trái nó dịch chuyển về phía phải của dây dẫn. Các điện tử sẽ chịu lực tác dụng  $F_0$  với chiều ngược lại và dịch chuyển về phía trái. Lực tác dụng lên điện tử và các ion dương trong dây dẫn làm dây dẫn tích điện trái dấu ở hai đầu, tạo nên suất điện động cảm ứng.

### 3.7.3. Định luật Len-xơ

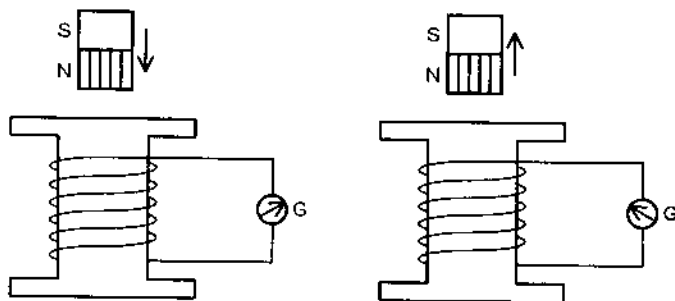
- Suất điện động cảm ứng phải có chiều sao cho dòng điện của nó sinh ra có tác dụng chống lại sự biến thiên của từ thông đã sinh ra nó:  $\mathcal{E} = - \frac{d\phi}{dt}$

### 3.8. SUẤT ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG TRONG DÂY DẪN CHUYỂN ĐỘNG CẮT TỪ TRƯỜNG

#### 3.8.1. Hiện tượng - Quy tắc bàn tay phải

##### a) Hiện tượng

Dây dẫn trên hình 3-16 chuyển động càng nhanh ( $v$  lớn) thì dòng điện tương ứng với các điện tích trong dây dẫn càng lớn, lực  $F_0$  càng lớn, do đó điện tích di chuyển về hai đầu càng nhanh và nhiều nên suất điện động càng lớn. Tương tự, nếu cường độ từ cảm  $B$  càng lớn thì lực  $F_0$  càng lớn, hoặc chiều dài dây dẫn nằm trong từ trường (đoạn  $l$ ) càng lớn thì càng nhiều điện tích chịu tác dụng lực, nên suất điện động cảm ứng cũng càng lớn.



Hình 3-17

Vậy, khi dây dẫn thẳng chuyển động vuông góc với đường sức từ trường, suất điện động cảm ứng trong dây dẫn tỷ lệ với cường độ từ cảm, tốc độ chuyển động và chiều dài tác dụng của dây dẫn.

$$E = Blv$$

Trong đó:  $E$  là suất điện động cảm ứng (V).

$B$  là cảm ứng từ (T).

$v$  là vận tốc di chuyển của dây dẫn (m/s).

$l$  là chiều dài dây dẫn (m).

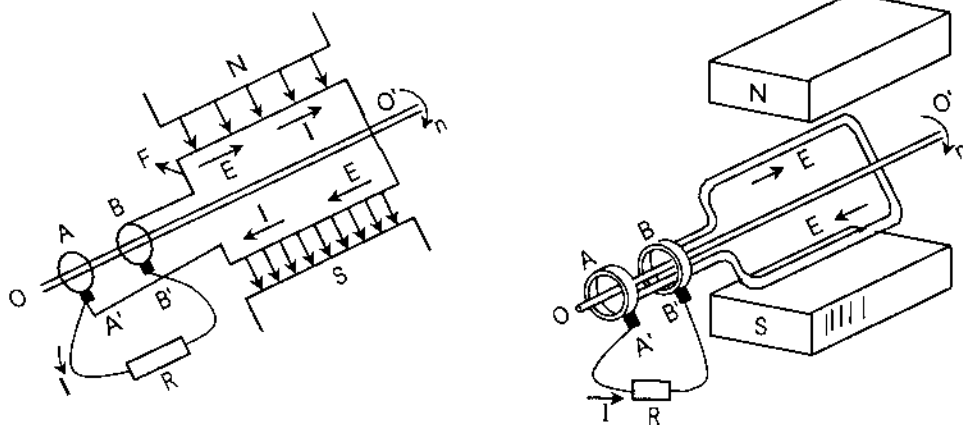
##### b) Quy tắc bàn tay phải

Suất điện động cảm ứng trong dây dẫn thẳng có chiều xác định theo quy tắc bàn tay phải.

Để cho đường sức từ (hay vectơ từ cảm  $B$ ) đâm vào lòng bàn tay phải, ngón tay cái đoãi ra theo chiều chuyển động của dây dẫn thì chiều của bốn ngón tay còn lại sẽ là chiều của suất điện động cảm ứng.

#### 3.8.2. Ứng dụng trong máy điện

Suất điện động cảm ứng được ứng dụng để chế tạo máy phát điện (MFD) và động cơ điện. Về nguyên tắc, MFD là thiết bị biến đổi cơ năng thành điện năng và động cơ điện là thiết bị biến điện năng thành cơ năng.



Hình 3-18

### a) Nguyên lý hoạt động của MFD

Gồm 2 phần (hình 3-18)

- Phần tĩnh (Stato) là 2 cực nam châm N - S.
- Phần động (Rôto) là lõi thép tròn trên có đặt một khung dây.

Khe hở giữa Rôto và Stato nhỏ, đều để từ trường trong khe hở đều và dây dẫn luôn cắt vuông góc với đường sức khi quay.

+ Khi Rôto quay, dây dẫn cắt qua các đường sức tạo ra E lấy được trên 2 vành đồng A, B nhờ các chổi than A', B'.

Nếu mạch ngoài nối đến tải R → có dòng điện qua mạch:

$$I = \frac{E}{r_0 + R} \quad (r_0 \text{ là điện trở khung dây cũng là điện trở trong của MFD})$$

+ Dòng điện I nằm trong từ trường B chịu tác dụng của lực F có trị số:  $F = BIl$ . Lực này có tác dụng hãm chuyển động của Rôto.

Như vậy, dòng điện cảm ứng có chiều sao cho nó có tác dụng chống lại nguyên nhân đã sinh ra nó.

Để dây dẫn quay đều với tốc độ v, rôto cần có mô men cơ (mô men sơ cấp) do các động cơ sơ cấp kéo (tua bin hơi, tua bin nước ...), do đó rôto tiêu thụ công suất cơ:

$$P_{\text{cơ}} = F.v = BIlv = Blv.I$$

$$\text{mà} \quad Blv = E \Rightarrow P_{\text{cơ}} = E.I = P_{\text{điện}}$$

**\* Kết quả:** Dây dẫn chuyển động trong từ trường đã có tác dụng biến  $P_{\text{cơ}}$  của động cơ sơ cấp thành  $P_{\text{điện}}$  cung cấp cho phụ tải.

**b) Nguyên lý hoạt động của động cơ điện (hình 3-19)**

Cấu tạo tương tự MFĐ, chỉ khác ở chỗ: MFĐ dùng động cơ sơ cấp kéo cho rôto quay và nhận nguồn điện ở 2 đầu cuộn dây. Còn động cơ điện đấu cuộn dây vào nguồn làm quay rôto kéo các máy khác.

- Khi cho dòng điện vào khung dây, từ trường tác dụng lực  $F$  lên các cạnh khung dây (chiều lực  $F$  xác định theo quy tắc bàn tay trái), các lực  $F$  tạo thành mô men quay làm quay rôto. Trị số lực  $F = BI\ell$ .

- Khi rôto quay sẽ xuất hiện suất điện động cảm ứng  $E = Bv$  (1).

Chiều của  $E$  ngược với chiều của  $I$  (xác định theo quy tắc bàn tay phải).

Gọi  $U$  là điện áp nguồn đặt vào động cơ, dòng điện trong mạch là:

$$I = \frac{U - E}{r_o} \Rightarrow U = Ir_o + E \quad (2)$$

Nhân cả 2 vế của (2) với  $I$ :

$$UI = I^2 r_o + EI \quad (3).$$

Thay (3) vào (1) ta được:

$$UI = I^2 r_o + Blv.I = I^2 r_o + Fv.$$

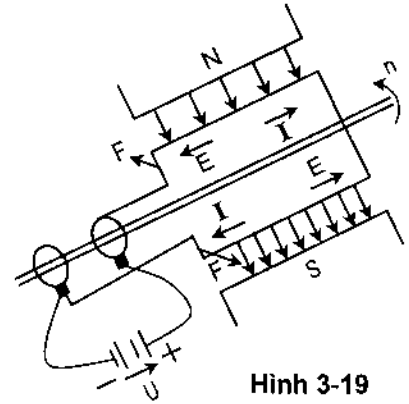
Biết  $UI = P_{\text{điện}}$  (do nguồn cung cấp).

$$I^2 r_o = U_o I = \Delta P_o \text{ (công suất tổn hao trong cuộn dây).}$$

$$Fv = P_{\text{cr}} \text{ (công suất trên trục động cơ).}$$

$$\Rightarrow P_{\text{điện}} = P_{\text{cr}} + \Delta P_o$$

\* **Kết luận:** Dây dẫn mang dòng điện đặt trong từ trường đã nhận  $P_{\text{điện}}$  thành  $P_{\text{cr}}$ .

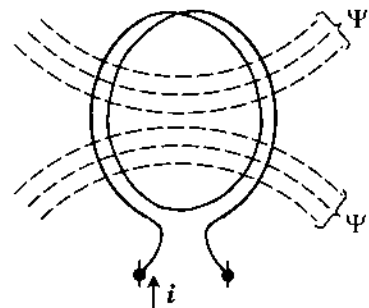


Hình 3-19

### 3.9. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

#### 3.9.1. Từ thông móc vòng và hệ số tự cảm

Cuộn dây như hình 3-20 khi có dòng điện  $i$  đi qua sẽ tạo ra từ trường, đường sức từ phần lớn bao quanh các vòng của cuộn dây gọi là từ thông móc vòng, ký hiệu là  $\Psi$ , đọc là (P xi), dòng điện càng lớn thì từ thông càng lớn (từ thông tỉ lệ với dòng qua cuộn dây).  $\Psi = L.i$  (1)



Hình 3-20

Ở đây, hệ số tỉ lệ  $L$  đặc trưng cho khả năng tự luyện từ của cuộn dây được gọi là hệ số tự cảm của cuộn dây. Hệ số  $L$  càng lớn thì khả năng tự luyện từ càng mạnh.

Trong đơn vị đo hợp pháp, đơn vị đo của hệ số tự cảm là Henri, viết tắt là H.

$$\text{Từ (1)} \Rightarrow L = \frac{\Psi}{i} \text{ cho } \Psi = 1 \text{ Wb}; i = 1 \text{ A} \Rightarrow L = 1 \text{ H. Vậy: } 1 \text{ H} = \frac{1 \text{ Wb}}{1 \text{ A}}$$

Henri là hệ số tự cảm của cuộn dây có khả năng tự luyện từ được một từ thông móc vòng là 1 Wb khi có dòng điện 1 A đi qua.

Công thức xác định hệ số tự cảm của cuộn dây có chiều dài lớn hơn nhiều lần đường kính được xác định theo công thức:

$$L = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{W^2 \cdot S}{l} \approx 125 \mu \cdot \frac{W^2 \cdot S}{l} \cdot 10^{-8}$$

Trong đó:  $W$  là số vòng dây;

$S$  là diện tích tiết diện cuộn dây, đơn vị đo là mét vuông ( $\text{m}^2$ );

$l$  là chiều dài cuộn dây, đơn vị đo là mét (m);

$L$  là hệ số tự cảm, đơn vị đo là Henri (H).

### 3.9.2. Hiện tượng và suất điện động tự cảm

**a) Hiện tượng:** Nếu  $i$  qua cuộn dây biến thiên thì  $\Phi$  cũng biến thiên và trong cuộn dây xuất hiện suất điện động cảm ứng. Đó là hiện tượng tự cảm.

**b) Suất điện động tự cảm:** suất điện động cảm ứng sinh ra gọi là suất điện động tự cảm. Suất điện động tự cảm là suất điện động cảm ứng trong dây dẫn do chính dòng điện qua dây dẫn biến thiên sinh ra.

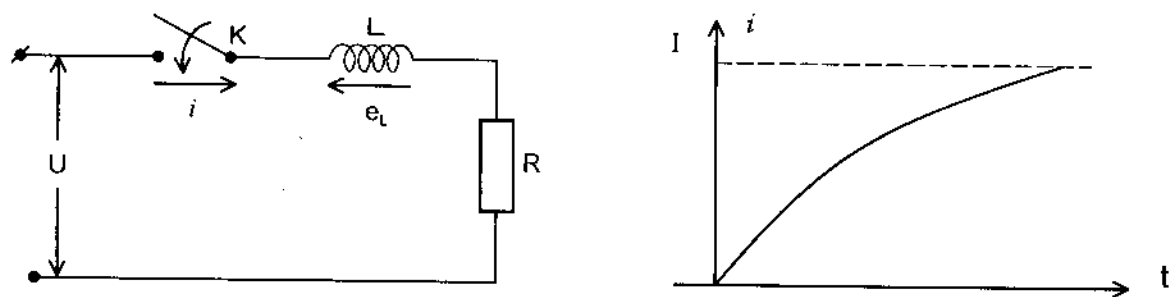
$$\text{Suất điện động tự cảm ký hiệu là } e_L: e_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

**\* Kết luận:** Suất điện động tự cảm trong cuộn dây tỷ lệ với hệ số tự cảm và với tốc độ biến thiên dòng điện nhưng ngược dấu. Dấu (-) thể hiện Định luật Len-xơ.

- Khi dòng điện tăng thì  $\frac{\Delta i}{\Delta t} > 0$ , do đó  $e_L < 0$  ( $e_L$  ngược chiều với dòng điện có tác dụng chống lại sự tăng dòng điện).

- Khi dòng điện giảm  $\frac{\Delta i}{\Delta t} < 0$ , do đó  $e_L > 0$  ( $e_L$  cùng chiều với dòng điện có tác dụng chống lại sự giảm dòng điện trong mạch).

### 3.9.3. Ứng dụng trong quá trình đóng cắt mạch điện



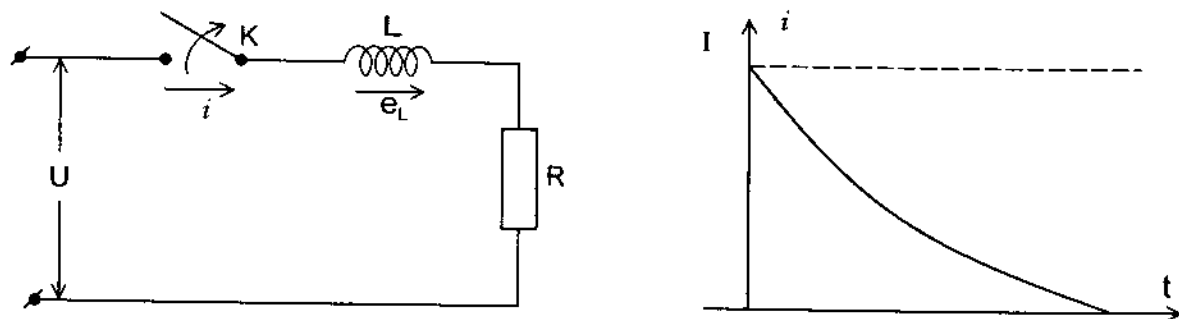
Hình 3-21

- Mỗi mạch điện đều có hệ số tự cảm  $L$ , khi đóng phụ tải  $R$  vào điện áp  $U$  dòng điện sẽ tăng từ 0 đến giá trị ổn định là:  $I = \frac{U}{R}$  (hình 3-21).

Trong mạch xuất hiện suất điện động tự cảm  $e_L$  có chiều ngược với dòng điện  $e_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$

Điện áp nguồn  $U$  đặt vào cần phải bằng với suất điện động  $e_L$  và điện áp trên điện trở ( $iR$ )  $U = -e_L + iR = iR + L \frac{\Delta i}{\Delta t}$ ; do có  $e_L$  dòng điện  $i$  không tăng ngay đến giá trị ổn định  $I$  mà trải qua một quá trình biến thiên gọi là quá trình quá độ, nếu  $L$  càng lớn thì quá trình quá độ càng dài.

- Khi cắt nguồn điện, dòng điện giảm từ giá trị  $I$  về 0, trong mạch xuất hiện suất điện động tự cảm  $e_L$  cùng chiều với dòng điện cũ. Nếu mạch điện vẫn kín thì dòng điện sẽ tiếp tục duy trì một thời gian rồi mới triệt tiêu, nếu mạch điện bị hở thì năng lượng tự cảm sẽ phóng qua tiếp điểm cầu dao  $K$  tạo thành hồ quang điện, vì vậy khi cắt dòng điện lớn hồ quang sinh ra mạnh rất nguy hiểm nên cần có các biện pháp dập tắt hồ quang (hình 3-22).

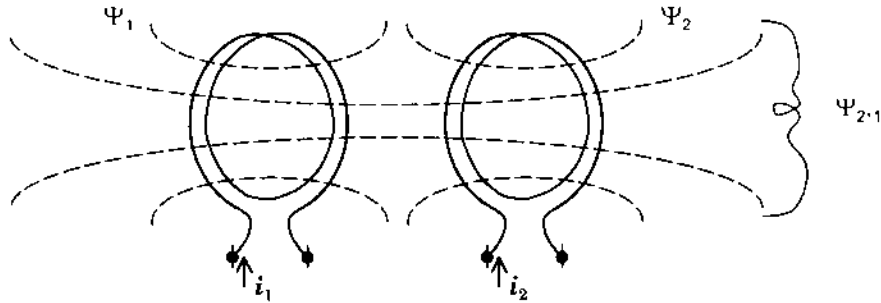


Hình 3-22

### 3.10. HIỆN TƯỢNG HỖ CẢM

#### 3.10.1. Từ thông hồ cảm và hệ số hồ cảm

Giả sử có 2 cuộn dây đặt gần nhau (hình 3-23), cuộn 1 có dòng  $i_1$  qua, ngoài từ thông móc vòng qua chính nó  $\Psi_1$  còn có một phần móc vòng qua cuộn thứ 2  $\Psi_{12}$  gọi là từ thông móc vòng hồ cảm của cuộn thứ nhất sang cuộn thứ 2. Dòng  $i_1$  càng lớn thì từ thông móc vòng càng lớn tức là ( $\Psi_{12}$  càng lớn) như vậy  $\Psi_{12}$  tỉ lệ với dòng điện  $i_1$ .



Hình 3-23

$$\Psi_{12} = M i_1 \quad (1)$$

Ở đây,  $M$  là hệ số tỉ lệ đặc trưng cho quan hệ từ giữa 2 cuộn dây, gọi là hệ số hồ cảm giữa 2 cuộn dây.

- Ngược lại, nếu cuộn thứ 2 có dòng  $i_2$  thì ngoài từ thông móc vòng tự cảm  $\Psi_2$  còn có một thành phần móc vòng sang cuộn thứ nhất  $\Psi_{21}$  gọi là từ thông móc vòng của cuộn thứ 2 sang cuộn thứ nhất và ta cũng có  $\Psi_{21} = M i_2 \quad (2)$ .

Từ (1) và (2) ta thấy, hệ số hồ cảm càng lớn thì từ thông hồ cảm giữa 2 cuộn dây càng mạnh, đơn vị đo cũng là Henri, hệ số hồ cảm phụ thuộc vào kết cấu 2 cuộn dây, khoảng cách giữa chúng và môi trường đặt.

#### 3.10.2. Hiện tượng và suất điện động hồ cảm

Giả sử trong thời gian  $\Delta t$ , dòng điện biến thiên là  $\Delta i_1$  thì từ thông hồ cảm biến thiên một lượng:  $\Delta \Psi_{12} = M \Delta i_1$

Do đó suất điện động hồ cảm tính theo công thức Măcxoen sẽ là:

$$e_{12} = -\frac{\Delta \Psi_{12}}{\Delta t} = -M \frac{\Delta i_1}{\Delta t}$$

Ngược lại, nếu  $i_2$  biến thiên sẽ gây ra sự biến thiên của từ thông hồ cảm  $\Psi_{21}$  làm xuất hiện suất điện động hồ cảm  $e_{21}$ :  $e_{21} = -\frac{\Delta \Psi_{21}}{\Delta t} = -M \frac{\Delta i_2}{\Delta t}$

Như vậy, suất điện động hồ cảm là suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây do sự biến thiên dòng điện ở cuộn dây có quan hệ hồ cảm với nó sinh ra suất điện động hồ cảm tỉ lệ với tốc độ biến thiên dòng điện và hệ số hồ cảm giữa các cuộn dây.

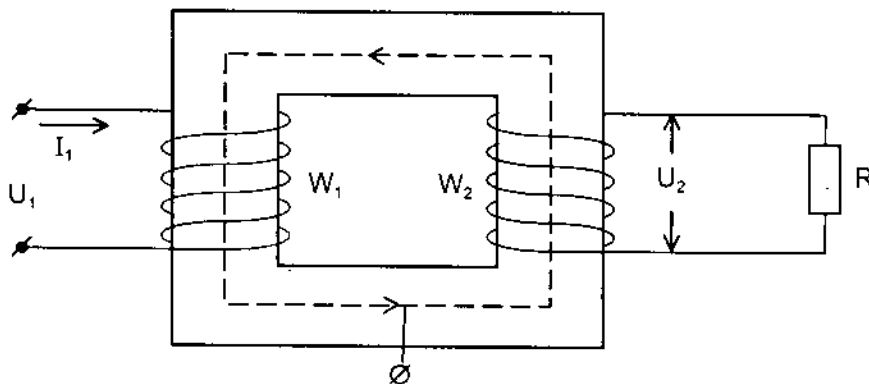
### 3.10.3. Nguyên lý máy biến áp

- Máy biến áp là thiết bị làm việc dựa trên hiện tượng hồ cảm để thay đổi điện áp xoay chiều từ cấp điện áp này sang cấp điện áp khác.

- Về nguyên tắc, máy biến áp có 2 cuộn dây: cuộn sơ cấp  $W_1$  và cuộn thứ cấp  $W_2$  (hình 3-24) đặt sao cho có cùng quan hệ hồ cảm với nhau nhiều nhất (tức là hệ số  $M$  lớn nhất).

+ Người ta thường quấn các cuộn dây trên mạch sắt từ (lá thép kỹ thuật điện, lõi pơrit); khi làm việc cuộn sơ cấp được đặt vào điện áp xoay chiều  $U_1$ ,  $U_1$  tạo ra dòng  $i_1$  biến thiên và sinh ra từ thông biến thiên  $\phi$  trong lõi thép; từ thông  $\phi$  móc vòng qua cuộn thứ 2 tạo thành từ thông hồ cảm  $\phi_{12}$ . Do đó, trong cuộn  $W_2$  xuất hiện suất điện động hồ cảm  $e_2$  tạo ra điện áp  $U_2$  đặt vào phụ tải  $R$ , người ta đã chứng minh được là điện áp trong các cuộn dây tỉ lệ với số vòng mỗi cuộn.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = K \quad \text{Ở đây, } K \text{ được gọi là tỉ số biến áp.}$$



Hình 3-24

## 3.11. DÒNG ĐIỆN XOÁY

### 3.11.1. Hiện tượng

Từ thông qua 1 khối kim loại biến thiên, suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khối đó. Do cả khối là vật dẫn nên suất điện động này kín mạch, sinh ra dòng điện chạy kín trong khối kim loại và gọi là dòng điện xoáy (hay dòng Fu cô).

### 3.11.2. Ý nghĩa

Dòng điện xoáy chạy quanh trong khối kim loại sẽ toả nhiệt, làm nóng kim loại và gây tổn hao.

a) Tổn hao do dòng điện xoáy gây ra trong mạch từ các máy điện, khí cụ điện sẽ làm nóng máy và tổn thất năng lượng, vì thế người ta cần phải có biện pháp giảm nhỏ dòng điện này, trong kỹ thuật điện mạch từ được chế tạo bằng các lá thép mỏng cách điện (gọi là lá thép kỹ thuật điện) ghép lại sao cho mặt phẳng các lá thép song song với đường sức từ.

b) Ứng dụng của dòng điện xoáy: Người ta lợi dụng dòng điện xoáy để nấu chảy kim loại, (lò điện cảm ứng để tôi kim loại, lò tôi tần số cao để sấy thiết bị điện (cách sấy cảm ứng); máy đếm cảm ứng...

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Từ trường là gì? Nêu cách biểu diễn từ trường bằng đường sức.
2. Định nghĩa, nêu cách xác định cường độ từ cảm B. Cường độ từ cảm phụ thuộc vào những yếu tố nào? Đơn vị đo của B là gì?
3. Định nghĩa, nêu cách xác định cường độ từ trường H. H phụ thuộc vào những yếu tố nào? Đơn vị đo của H là gì?
4. Định nghĩa và nêu ý nghĩa của hệ số từ thẩm tuyệt đối và tương đối.
5. Nêu định nghĩa từ thông, viết biểu thức và giải thích.
6. Trình bày cách xác định lực tác dụng của từ trường lên dây dẫn có dòng điện (chiều, trị số).
7. Trình bày quá trình từ hoá của vật liệu sắt từ, ý nghĩa của chu trình từ hoá.
8. Điều kiện để xuất hiện suất điện động cảm ứng là gì? Giải thích công thức Mắc-xoen và cho biết tại sao dấu trừ lại thể hiện định luật Len-xơ.
9. Trình bày nguyên tắc máy phát điện và động cơ điện.
10. Hệ số tự cảm là gì? Nó phụ thuộc vào những yếu tố nào?
11. Suất điện động tự cảm là gì? Cách xác định như thế nào?

12. Giải thích sự xuất hiện suất điện động hồ cảm. Từ đó nêu nguyên lý hoạt động của máy biến áp.
13. Dòng điện xoáy là gì? Nêu ý nghĩa của nó.

## BÀI TẬP

1. Xác định cường độ từ trường ở điểm cách dây dẫn một đoạn  $a = 8\text{cm}$ . Biết dòng điện trong dây  $I = 12\text{A}$ .
2. Cuộn dây hình trụ dài  $l = 35\text{cm}$ , tiết diện  $S = 4\text{cm}^2$  có  $W = 300$  vòng. Dòng điện qua cuộn dây là  $I = 14,6\text{A}$ . Xác định cường độ từ trường, từ cảm và từ thông trong lòng cuộn dây (lõi không khí  $\mu = 1$ ).
3. Một đoạn dây dẫn dài  $25\text{cm}$  chuyển động vuông góc với đường sức của từ trường đều có từ cảm  $B = 0,8\text{T}$ , tốc độ chuyển động  $V = 5\text{m/s}$ . Tính suất điện động tự cảm trong dây dẫn.
4. Thanh dẫn trên rô to máy phát điện dài  $30\text{cm}$ , đường kính rô to là  $20\text{cm}$ , tốc độ quay  $3000\text{v/p}$ , từ cảm ở khe hở là  $B = 1\text{T}$ . Xác định suất điện động trong thanh dẫn.
5. Thanh dẫn ở bài tập (4) mắc qua phụ tải. Điện trở chung cả mạch là:  $r_0 + r_{\text{ct}} = 0,5\ \Omega$ . Xác định dòng điện qua tải và công suất cơ đã biến thành điện.
6. Cuộn dây dài  $l = 10\text{cm}$ ; đường kính  $D = 2\text{cm}$ , có  $300$  vòng. Xác định hệ số tự cảm khi không có lõi thép và khi có lõi thép với  $\mu = 4000$ .
7. Mạch điện có hệ số tự cảm  $5\text{H}$ ; dòng điện  $5\text{A}$ . Khi đóng hết  $0,2\text{s}$ . Khi cắt hết  $0,1\text{s}$ . Tính suất điện động tự cảm khi đóng và cắt mạch.

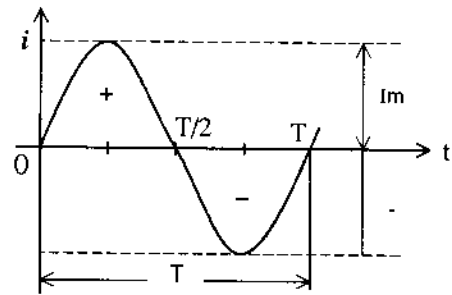
## Chương 4

### MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

#### 4.1. ĐỊNH NGHĨA VÀ NGUYÊN LÝ TẠO RA SUẤT ĐIỆN ĐỘNG XOAY CHIỀU HÌNH SIN

##### 4.1.1. Định nghĩa

- Dòng điện xoay chiều là dòng điện biến đổi cả chiều và trị số theo thời gian, dòng điện xoay chiều thường biến đổi tuần hoàn, cứ sau mỗi khoảng thời gian nhất định, nó lại lặp lại quá trình biến thiên cũ, khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại quá trình biến thiên cũ gọi là chu kỳ của dòng điện xoay chiều. Như vậy, chu kỳ là khoảng thời gian cần thiết để dòng điện từ giá trị dương ban đầu nào đó đổi dấu qua âm biến thiên rồi lại đổi dấu thành dương và đạt đến giá trị  $i$  lúc trước, chu kỳ ký hiệu là  $T$  đơn vị là s (hình 4-1).



Hình 4-1

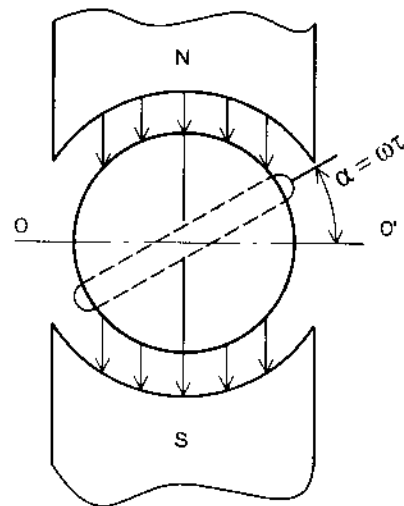
- Dòng điện xoay chiều hình sin là dòng điện xoay chiều biến thiên theo quy luật hình sin, theo thời gian được gọi là dòng điện xoay chiều hình sin.

##### 4.1.2. Nguyên lý tạo ra suất điện động xoay chiều hình sin

- Suất điện động xoay chiều hình sin được tạo ra trong máy phát điện xoay chiều 1 pha hay 3 pha.

Về nguyên tắc, máy phát điện xoay chiều một pha gồm có hệ thống cực từ gọi là phần cảm đặt ở stato và một bộ dây, gọi là phần ứng đặt trên rôto.

Xét máy phát điện xoay chiều 1 pha đơn giản nhất, phần cảm có một đôi cực từ N-S, còn phần ứng gồm một khung dây. Dùng động cơ sơ cấp kéo rôto của máy phát quay làm cho khung dây quay theo, lần lượt các đường sức từ phần cảm cắt vuông góc với khung dây, trong khung dây xuất hiện một suất điện động cảm ứng. Hệ thống cực từ chế tạo sao cho trị số từ cảm  $B$  phân bố trên mặt cực từ theo quy luật hình sin, nghĩa là khung dây phần ứng ở vị trí bất kỳ trong khe hở giữa stato và rôto từ cảm  $B$  có trị số  $B = B_m \sin \alpha$  (hình 4-2).



Hình 4-2

$\alpha$  là góc giữa mặt phẳng trung tính hình học  $OO'$  và mặt phẳng khung dây, còn  $B_m$  là giá trị cực đại của từ cảm khi khung dây quay với tốc độ  $\omega$  (rad/s). Mỗi cạnh khung dây quay với tốc độ là  $v$  cắt vuông góc với đường sức từ bên trong mỗi cạnh dây xuất hiện suất điện động cảm ứng  $e_d = Blv$ .

Giả sử tại thời điểm  $t = 0$ , khung dây nằm trên mặt phẳng trung tính  $\alpha = \omega t$ ; cường độ từ cảm tại vị trí đó:  $B = B_m \sin \alpha = B_m \sin \omega t$

Thay vào biểu thức suất điện động ở trên ta có:  $e_d = Blv = B_m l v \sin \omega t$

Suất điện động ở mỗi vòng dây gồm 2 cạnh khung dây:

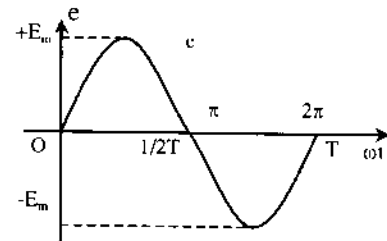
$$e_v = 2e_d = 2B_m l v \sin \omega t$$

Nếu khung dây có số vòng dây là  $W$  vòng thì suất điện động của cả khung dây sẽ là:

$$e = W \cdot e_v = 2B_m l v w \sin \omega t$$

Đặt  $E_m = 2B_m l \cdot v \cdot W$  ta có biểu thức:  $e = E_m \sin \omega t$

Như vậy, ở hai đầu khung dây ta lấy ra được suất điện động biến thiên theo quy luật hình sin, có đồ thị trên hình 4-3.



Hình 4-3

## 4.2. CHU KỲ - TẦN SỐ - PHA

### 4.2.1. Chu kỳ

Chu kỳ là khoảng thời gian cần thiết để dòng điện lặp lại quá trình biến thiên cũ; chu kỳ được ký hiệu bằng chữ  $(T)$ , đơn vị là  $(s)$ .

### 4.2.2. Tần số

Tần số là số chu kỳ mà dòng điện thực hiện trong một giây, ký hiệu là  $(f)$ ; đơn vị là  $(Hz)$  đọc là Héc.

$$f = \frac{1}{T} \text{ hay } 1Hz = \frac{1}{s}$$

Ở nước ta và một số nước trên thế giới quy định tần số dòng điện công nghiệp là 50 Hz; Mỹ và một số nước Tây Âu dùng tần số 60Hz.

### 4.2.3. Pha và sự lệch pha

- Phản ứng máy phát điện thường có nhiều khung dây đặt rải trên mặt lõi thép. Như vậy, tại thời điểm  $t = 0$ , nếu một khung dây ở đúng mặt phẳng trung tính hình học thì khung dây bất kỳ sẽ cách mặt phẳng trung tính một góc là  $\Psi$ , khi rôto quay ở thời điểm  $t$ , khung dây ở vị trí  $\alpha = \omega t + \Psi$  và biểu thức suất điện động trong trường hợp tổng quát sẽ có dạng:  $e = E_m \sin (\omega t + \Psi)$

+ Lượng  $\omega t + \Psi$  đặc trưng cho biến thiên suất điện động hình sin được gọi là góc pha hay pha của lượng hình sin. Tại thời điểm  $t = 0$  góc pha  $= \Psi$  nên  $\Psi$  gọi là góc pha đầu.

+ Lượng  $\omega$  càng lớn thì tốc độ biến thiên càng nhanh,  $\omega$  gọi là tốc độ góc (vận tốc góc), đơn vị là rad/s.

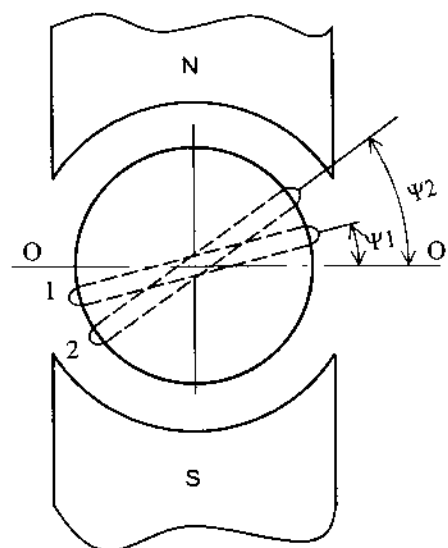
Khi lượng hình sin biến thiên hết một chu kỳ  $t = T$  thì góc pha biến thiên một góc  $360^\circ$  hay  $2\pi$ rad

$$\text{Vậy, } \omega T = 2\pi \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Một lượng hình sin hoàn toàn được xác định nếu biết:

- Biên độ ( $E_m$ ;  $I_m$ ;  $U_m \dots$ ).
- Tốc độ góc  $\omega$ , hoặc chu kỳ  $T$ , hoặc tần số  $f$ .
- Góc pha đầu  $\Psi$ :

+ Xét hai khung dây giống nhau, lần lượt có góc pha đầu là  $\Psi_1$  và  $\Psi_2$  (hình 4-4). Suất điện động của chúng là:



Hình 4-4

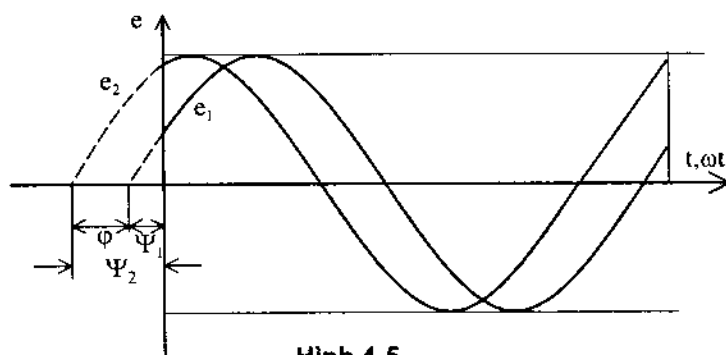
$$e_1 = E_{1m} \sin (\omega t + \Psi_1)$$

$$e_2 = E_{2m} \sin (\omega t + \Psi_2)$$

Hiệu giữa góc pha đầu của đại lượng hình sin được gọi là góc lệch pha:

$$\varphi = \Psi_2 - \Psi_1$$

Từ đồ thị hình 4-5 ta thấy,  $e_1$  và  $e_2$  có dạng biến thiên tương tự nhau, nhưng  $e_1$  luôn luôn chậm sau  $e_2$  một khoảng thời gian hay một góc nào đó, như đạt cực đại chậm hơn, triệt tiêu chậm hơn...; lượng sai khác đó chính là hiệu 2 góc pha của  $e_1$  và  $e_2$ .



Hình 4-5

- \* Nếu  $\Psi_1 > \Psi_2 \Rightarrow \varphi < 0$  ta nói  $e_1$  và  $e_2$  lệch trước  $e_2$ .
- \* Nếu  $\Psi_1 < \Psi_2 \Rightarrow \varphi > 0$  ta nói  $e_2$  vượt pha trước  $e_1$ .
- \* Nếu  $\Psi_1 = \Psi_2 \Rightarrow \varphi = 0$  ta nói  $e_2$  và  $e_1$  đồng pha.
- \* Nếu  $\varphi = \Psi_2 - \Psi_1 = 180^\circ$  hay  $\pi \text{ rad}$ , ta biết  $e_1$  và  $e_2$  là hai lượng đối pha.

### 4.3. TRỊ SỐ HIỆU DỤNG

#### 4.3.1. Định nghĩa

Trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều là giá trị tương đương với dòng điện 1 chiều khi đi qua cùng một điện trở, trong mỗi chu kỳ chúng cùng toả ra một năng lượng nhiệt như nhau. Trị số hiệu dụng được ký hiệu bằng các chữ in hoa: I, U, E, P

#### 4.3.2. Quan hệ giữa trị số hiệu dụng và trị số cực đại

- Trị số hiệu dụng của dòng điện hình sin bằng biên độ chia cho  $\sqrt{2}$ .

Khi tính gần đúng:  $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 I_m$

Tương tự ta có trị số hiệu dụng của U và E:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 U_m; \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 E_m$$

### 4.4. BIỂU DIỄN LƯỢNG HÌNH SIN DƯỚI DẠNG ĐỒ THỊ

#### 4.4.1. Đồ thị hình sin

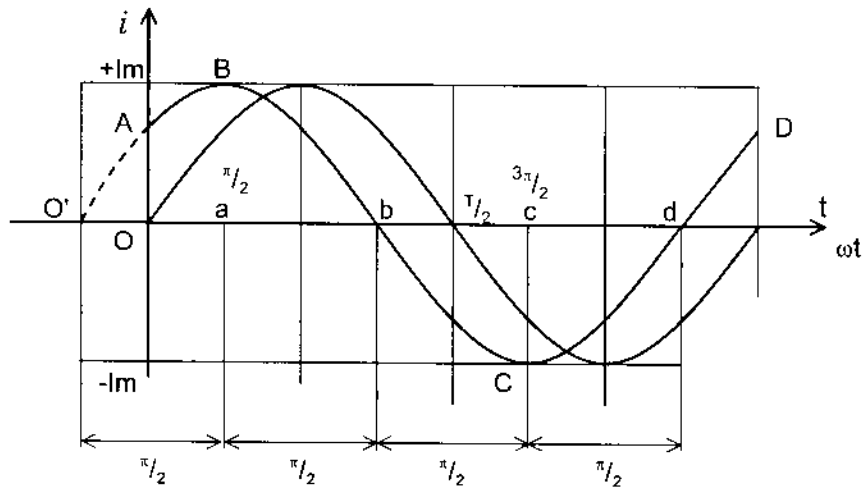
- *Cách biểu diễn*: Một lượng hình sin thông thường phải có đủ ba đại lượng (biên độ, tần số, góc pha đầu). Biểu thức chung là:  $i = I_m \sin(\omega t + \Psi)$

Để vẽ đồ thị hình sin, ta lấy trục hoành làm trục thời gian t hoặc góc pha  $\omega t$  còn trục tung biểu diễn lượng hình sin (i, u, e ...).

Trước hết, ta lấy lùi về bên trái gốc toạ độ một góc bằng góc pha đầu  $\Psi$ .

Nếu  $\Psi > 0$  (còn nếu  $\Psi < 0$  ta sẽ lấy lùi về bên phải của gốc). Đó là điểm 0 của lượng hình sin, vì  $\omega t = -\Psi \rightarrow \omega t + \Psi = 0$  và  $\sin(\omega t + \Psi) = 0$ , nên  $i = 0$ , gọi đó là điểm 0. Lần lượt lấy trên trục hoành từ điểm 0' bốn đoạn bằng  $\pi/2$  (1/4 chu kỳ) ta có các điểm 0', a, b, c, d lần lượt là các điểm không và cực đại của i, lấy trên trục tung đoạn  $+I_m$ ;  $-I_m$  là hai đường bao của đồ thị.

Từ đó vẽ đồ thị hình sin:  $i = I_m \sin(\omega t + \Psi)$ . Khi vẽ đến điểm d cần kéo dài một đoạn d D bằng góc pha đầu  $\Psi$  để có đủ một chu kỳ tính từ gốc toạ độ 0, đoạn phía trái trên trục hoành đoạn (0,A) vẽ nét đứt hoặc không cần vẽ (hình 4-6).



Hình 4-6

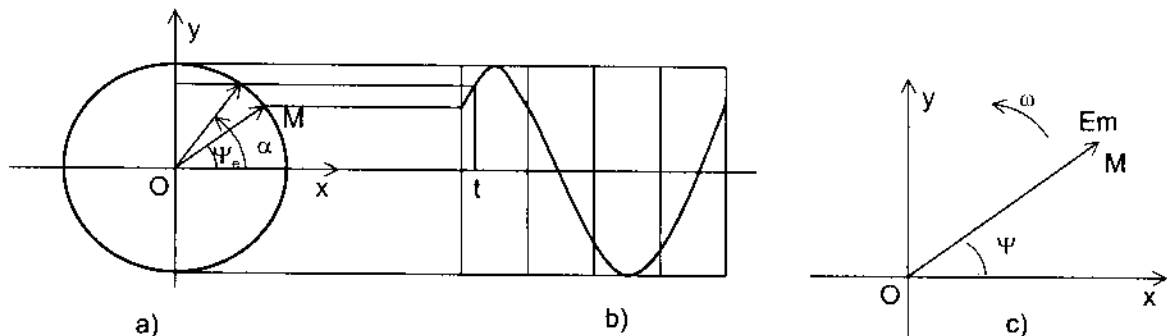
#### 4.4.2. Đồ thị vectơ

##### a) Cách biểu diễn

Ta biết hàm số sin chính là tung độ điểm cuối bán kính vectơ trên đường tròn lượng giác khi bán kính này quay quanh gốc với tốc độ không đổi. Giả sử trên hình tròn lượng giác, ta lấy một bán kính vectơ  $\overline{OM}$ , có độ dài bằng biên độ của lượng hình sin theo tỉ lệ xích chọn trước, chẳng hạn  $OM = E_m$  (hình vẽ a). Bán kính này làm với trục hoành một góc bằng góc pha đầu  $\Psi_c$ . Cho OM quay quanh gốc O với tốc độ bằng tốc độ góc của lượng hình sin:  $(\omega)$ . Tại thời điểm t bất kỳ, vectơ  $\overline{OM}$  làm với trục hoành một góc:  $\alpha = \omega t + \Psi_c$  (hình vẽ c).

Tung độ điểm cuối bán kính vectơ là:  $y = OM \cdot \sin \alpha = E_m \sin(\omega t + \Psi_c) = e$ . Đó chính là giá trị tức thời của lượng hình sin. Hình vẽ b là đồ thị hình sin tương ứng.

Như vậy, lượng hình sin bất kỳ được biểu diễn như sau (hình 4-7).



Hình 4-7

Ví dụ:  $e = E_m \sin(\omega t + \Psi)$

- Chọn tỉ lệ xích cho thích hợp.

- Vẽ hệ trục tọa độ, lấy từ gốc một bán kính véc tơ OM làm với trục hoành một góc  $\Psi$  là góc pha đầu, độ dài của OM bằng biên độ  $E_m$  của lượng hình sin theo tỉ lệ xích đã chọn.

- Cho véc tơ OM quay quanh gốc với tốc độ  $\omega$  là tốc độ góc của lượng hình sin theo ngược chiều kim đồng hồ, véc tơ OM đó chính là véc tơ biểu diễn lượng hình sin và được gọi là đồ thị véc tơ của nó. Từ đồ thị véc tơ ta có thể xác định được:

- Biên độ của lượng hình sin ( $I_m, U_m, E_m \dots$ );
- Góc pha đầu  $\Psi$ ;
- Tốc độ góc  $\omega$ , cũng như chu kỳ T, tần số f.

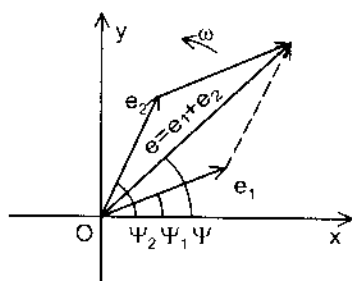
### b) Cộng trừ véc tơ

- Cộng hoặc trừ lượng hình sin bằng đồ thị véc tơ chỉ thực hiện được với các lượng hình sin cùng tần số. Khi đó, vị trí tương đối giữa các véc tơ ở mọi thời điểm là như nhau.

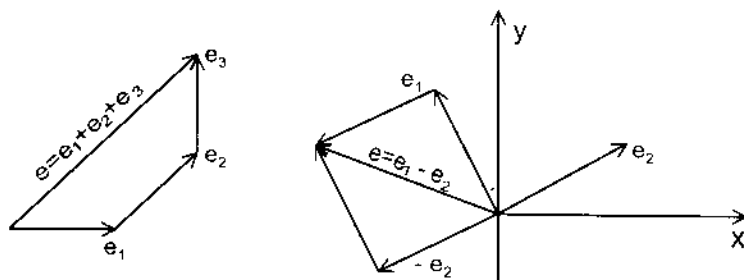
Nếu có hai lượng hình sin:

$$e_1 = E_{1m} \sin(\omega t + \Psi_1)$$

$$e_2 = E_{2m} \sin(\omega t + \Psi_2)$$



Hình 4-8



Hình 4-9

### \* Phép cộng véc tơ

- Biểu diễn bởi các véc tơ  $e_1, e_2$  thì lượng hình sin tổng  $e = e_1 + e_2$ .

- Cách cộng: đặt liên tiếp véc tơ  $e_2$  với  $e_1$  (gốc  $e_2$  trùng ngọn  $e_1$ ), nối gốc  $e_1$  với ngọn  $e_2$  ta được véc tơ tổng  $e$ .

Véc tơ  $e$  cũng có thể suy từ quy tắc hình bình hành: đặt 2 véc tơ thành phần  $e_1, e_2$  thì véc tơ tổng  $e = e_1 + e_2$  sẽ là đường chéo cùng xuất phát từ gốc chung (hình 4-8).

Nếu có nhiều lượng hình sin ta cũng tìm tương tự như trên.

\* *Phép trừ véc tơ*: được suy ra từ phép cộng với véc tơ đối (hình 4-9).

$$\mathbf{e} = \mathbf{e}_1 - \mathbf{e}_2 = \mathbf{e}_1 + (-\mathbf{e}_2)$$

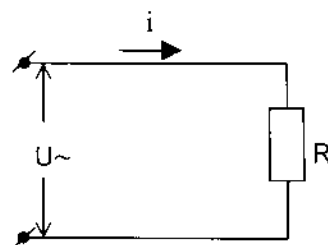
## 4.5. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU THUẦN TRỞ

### 4.5.1. Hiện tượng vật lý và quan hệ dòng - áp

Giả sử ta xét một mạch điện trong trường hợp chỉ có thành phần điện trở, điện cảm bỏ qua và điện dung C không có (hình 4-10).

Khi ta đặt vào 2 đầu đoạn mạch một điện áp  $u = U_m \sin \omega t$  thì có dòng điện qua điện trở theo định luật Ôm:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t \quad \text{Đặt } I_m = \frac{U_m}{R}, \text{ ta có: } i = I_m \sin \omega t$$

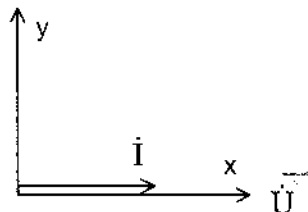


Hình 4-10

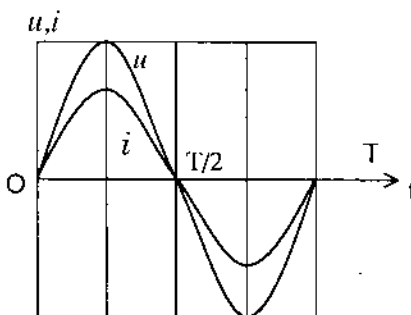
So sánh biểu thức dòng điện và điện áp, ta thấy trong mạch thuần điện trở:

- Dòng điện và điện áp đồng pha.

- Biên độ dòng điện và điện áp quan hệ với nhau theo định luật Ôm. Do đó, ta có đồ thị véc tơ và đồ thị  $u, i$  (hình 4-11; 4-12).



Hình 4-11



Hình 4-12

### 4.5.2. Quá trình trao đổi năng lượng trong mạch

- Định luật Ôm

Từ biểu thức:  $I_m = \frac{U_m}{R}$ , chia cả 2 vế cho  $\sqrt{2}$ , ta có:  $\frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{\frac{U_m}{\sqrt{2}}}{R} \Rightarrow I = \frac{U}{R}$

Công suất tức thời trong mạch:

$$P = UI = U_m \sin \omega t \cdot I_m \sin \omega t = U_m I_m \sin^2 \omega t$$

+ Đồ thị công suất (hình 4-13)

Từ đồ thị công suất ta thấy công suất luôn luôn lớn hơn hay bằng 0. Như vậy, dòng điện xoay chiều qua điện trở sẽ tiêu thụ năng lượng dưới dạng nhiệt.

Từ công thức:  $P = U_m I_m \sin^2 \omega t$

$$\text{Thay } \sin^2 a = \frac{1 - \cos 2a}{2} \Rightarrow P = U\sqrt{2} \cdot I\sqrt{2} \cdot \left( \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \right) \Rightarrow P = UI - UI \cos 2\omega t$$

Như vậy, công suất gồm 2 thành phần:

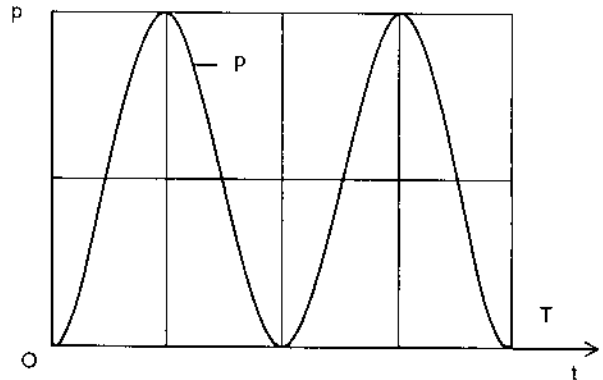
+ Thành phần không đổi:  $P = UI$

+ Thành phần biến đổi:  $- UI \cos 2\omega t$ ,  
biến thiên theo quy luật hình sin với tần số gấp đôi tần số dòng điện.

Nếu lấy trung bình trong một chu kỳ thì trung bình của lượng hình sin

$- UI \cos 2\omega t$  trong một chu kỳ bằng 0, chỉ còn lại thành phần không đổi: trung bình  $P = UI$  là trị số trung bình của công suất trong một chu kỳ gọi là công suất tác dụng:

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$



Hình 4-13

Trong mạch thuần trở công suất tác dụng bằng tích hiệu dụng dòng điện và điện áp, đơn vị công suất là W, KW.

## 4.6. MẠCH XOAY CHIỀU THUẦN ĐIỆN CẢM

### 4.6.1. Hiện tượng vật lý và quan hệ dòng áp

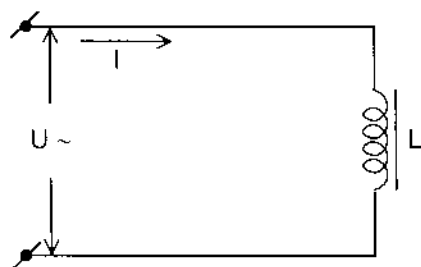
Xét mạch điện có cuộn dây, có hệ số tự cảm  $L$  lớn,  $R$  bé có thể bỏ qua (hình 4-14).

- Giả sử hai đầu mạch đặt vào điện áp xoay chiều  $u$ , trong mạch xuất hiện dòng điện  $i$  có biểu thức  $i = I_m \sin \omega t$

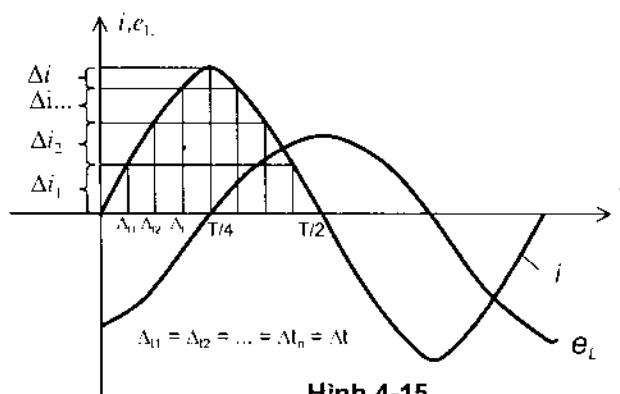
Dòng điện  $i$  biến thiên làm xuất hiện suất điện động tự cảm  $e_L$ :  $e_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$

Áp dụng định luật KiếtShốp II cho mạch:  $u + e_L = ir = 0$  (vì  $r$  coi bằng 0), từ đó  $u = -e_L$

- Đồ thị suất điện động tự cảm



Hình 4-14



Hình 4-15

Nghĩa là trong mạch xoay chiều thuần điện cảm, điện áp nguồn dùng để cân bằng với suất điện động tự cảm xuất hiện trong mạch, tức điện áp và suất điện động tự cảm có trị số bằng nhau và chiều ngược nhau ở mọi thời điểm. Như vậy, ta có thể xét quan hệ giữa  $i$  và  $e_L$  để suy ra quan hệ giữa  $i$  và  $U$ .

Chia thời gian mỗi chu kỳ thành những khoảng nhỏ bằng nhau (hình 4-15)  $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_n = \Delta t$  và xét tới độ biến thiên dòng điện trung bình trong mỗi khoảng. Từ hình vẽ, ta thấy:

+ Ở 1/4 chu kỳ thứ nhất, khi dòng điện tăng dần từ 0 lên cực đại, số gia dòng điện  $\Delta i$  dương và giảm dần trị số:  $\Delta i_1 > \Delta i_2 > \dots \Delta i_n > 0$ .

$$\frac{\Delta i_1}{\Delta t} > \frac{\Delta i_2}{\Delta t} > \dots > \frac{\Delta i_n}{\Delta t} > 0$$

Tốc độ biến thiên dòng điện cũng dương và giảm dần:

Vì suất điện động tự cảm  $e_L$  trái dấu và tỷ lệ với tốc độ biến thiên dòng điện, nên suất điện động sẽ âm và có trị số giảm dần từ cực đại về 0:  $e_L < 0$ .

$$|e_{L1}| > |e_{L2}| > \dots > |e_{Ln}|$$

Do đó, ta vẽ được đồ thị của  $e_L$  ở 1/4 chu kỳ thứ nhất như trên hình 4-15 đã chỉ rõ.

+ Ở 1/4 chu kỳ thứ hai, khi dòng điện giảm dần giá trị từ cực đại về không, số gia dòng điện âm và trị số tăng dần từ 0 lên cực đại (âm):  $\Delta i' < 0$ .

$$|\Delta i'_1| < |\Delta i'_2| < \dots < |\Delta i'_n|$$

Tốc độ biến thiên dòng điện cũng âm và trị số tăng dần. Do đó, suất điện động tự cảm  $e_L$  có trị số dương và tăng dần từ không lên cực đại (dương).

$$0 < e'_{L1} < e'_{L2} < \dots < e'_{Ln}$$

Ta lại vẽ được đồ thị  $e_L$  ở 1/4 chu kỳ thứ hai.

+ Tiếp tục xét tương tự, ở 1/4 chu kỳ thứ ba, khi dòng điện âm và tăng dần trị số từ không lên cực đại (âm) thì suất điện động tự cảm dương và giảm dần trị số từ cực đại (dương) về không.

+ Ở 1/4 chu kỳ thứ tư, khi dòng điện âm và giảm dần trị số từ cực đại (âm) về không, suất điện động tự cảm âm và có trị số tăng dần trị số từ không lên cực đại (âm).

Từ đồ thị  $i$  và  $e_L$  trên hình 4-15 ta thấy ở 1/4 chu kỳ thứ nhất và chu kỳ thứ ba, dòng điện tăng nên suất điện động tự cảm ngược chiều dòng điện; ở 1/4 chu kỳ thứ hai và thứ tư, dòng điện giảm nên suất điện động tự cảm cùng chiều dòng điện. Đó là hệ quả của định luật Len-xơ.

+ Đồ thị suất điện động tự cảm là đồ thị của hàm số cosin đối dấu, ta có (hình 4-15)

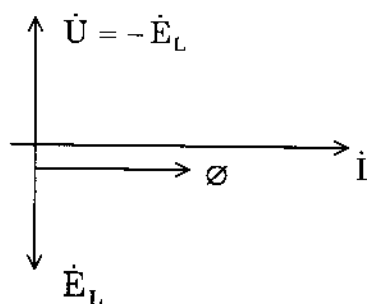
$$e_L = -E_{Lm} \cos \omega t$$

So sánh  $u = -e_L$  và  $e_L = -E_{Lm} \cos \omega t$  ta có:  $u = -e_L = E_{Lm} \cos \omega t$

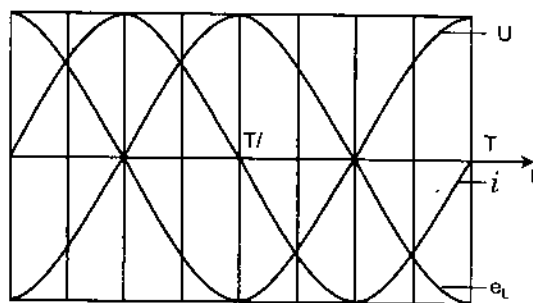
Đặt  $U_m = E_{Lm}$  và dùng biểu thức  $\cos \omega t = \sin (\omega t + \frac{\pi}{2})$

Ta có:  $u = U_m \sin (\omega t + \pi/2)$

So sánh biểu thức  $u$  và  $i$  ta thấy trong mạch xoay chiều thuần điện cảm điện áp vượt pha trước dòng điện một góc là  $\pi/2$  ( $90^\circ$ ) trong mạch thuần điện cảm,  $u$  và  $e_L$  là hai đại lượng đối pha cùng biên độ (hình 4-16; 4-17).



Hình 4-16



Hình 4-17

#### 4.6.2. Quá trình trao đổi năng lượng

\* Định luật Ôm - Cảm kháng

Ở biểu thức  $e_L = -E_{Lm} \cos \omega t$  và  $u = U_m \sin (\omega t + \pi/2)$  ta thấy biên độ  $E_{Lm}$  và  $U_m$  phụ thuộc vào hệ số tự cảm  $L$ , tốc độ biến thiên dòng điện  $i$ .

Nếu tần số  $\omega$  lớn thì chu kỳ  $T$  bé nên dòng điện biến thiên nhanh, tức là tốc độ  $\frac{\Delta i}{\Delta t}$  lớn.

Như vậy, biên độ suất điện động tự cảm  $E_{l,m}$  tỉ lệ với biên độ dòng điện, tần số góc và hệ số tự cảm:  $E_{l,m} = U_m = L\omega I_m \Rightarrow I_m = \frac{U_m}{L\omega}$ , lượng  $L\omega$  có vai trò như điện trở trong mạch thuần trở. Do đó,  $L\omega$  được gọi là trở kháng điện cảm của mạch xoay chiều, hay gọi tắt là cảm kháng (đôi khi còn gọi là điện kháng), ký hiệu là  $X_L$ .

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

Cảm kháng tỉ lệ với hệ số tự cảm và tần số dòng điện xoay chiều.

Từ  $I_m = \frac{U_m}{X_L}$  chia cả hai vế cho  $\sqrt{2}$  ta có  $\frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{\frac{U_m}{\sqrt{2}}}{X_L} \Rightarrow I = \frac{U}{X_L}$

Định luật Ôm trong mạch thuần điện cảm: Hiệu dụng dòng điện tỉ lệ với hiệu dụng điện áp, tỉ lệ nghịch với cảm kháng của mạch.

- Công suất - Công suất phản kháng

Công suất tức thời trong mạch thuần điện cảm:  $P = ui = U_m I_m \cos\omega t \sin\omega t$

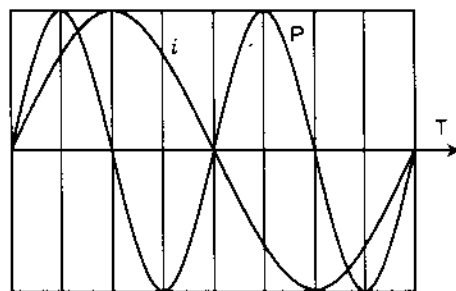
$$\text{Biến đổi } \sin 2a = 2\sin a \cos a \Rightarrow P = \frac{U_m I_m}{2} \cdot \sin 2\omega t = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sin 2\omega t = UI \sin 2\omega t$$

+ Đồ thị công suất là đồ thị có tần số biến thiên gấp đôi dòng điện (hình 4-18).

Từ đồ thị công suất và đồ thị dòng - áp ta thấy:

+ Ở 1/4 chu kỳ thứ nhất và thứ 3 của dòng điện  $i$  tăng,  $u$  và  $i$  cùng chiều nên  $P = ui > 0$ , mạch nhận năng lượng tích lũy dưới dạng từ trường  $W_M = 1/2 Li^2$ .

+ Ở 1/4 chu kỳ thứ 2 và 4 dòng điện giảm,  $u$  và  $i$  ngược chiều nhau nên  $P = ui < 0$ , mạch phóng trả năng lượng cho nguồn cho tới khi  $W_M = 0$  (năng lượng cuộn dây = 0).



Hình 4-18

Như vậy, trong mạch thuần điện cảm không tiêu thụ năng lượng, công suất tác dụng bằng 0 (công suất trung bình trong cả chu kỳ = 0). Trong mạch chỉ có sự trao đổi năng lượng giữa nguồn và từ trường.

Đặc trưng cho quá trình trao đổi năng lượng trong mạch người ta dùng một loại đại lượng gọi là công suất phản kháng ký hiệu là  $Q$  (hay công suất vô công).

$$Q = U.I = I^2 X_L = \frac{U^2}{X_L} \text{ (đơn vị là VAR; KVAR đọc là vôn ampe - phản kháng)}$$

$$1\text{KVAR} = 1000 \text{ VAR}$$

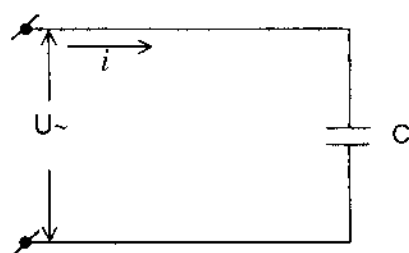
$$1\text{MVAR} = 1000\text{KVAR}$$

## 4.7. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU THUẦN DUNG

### 4.7.1. Hiện tượng vật lý và quan hệ dòng áp

- Xét một mạch điện chỉ có thành phần điện dung (tụ điện, điện dẫn không đáng kể, có thể bỏ qua, mạch này gọi là mạch thuần dung (hình 4-19).

Giả sử khi đặt một điện áp  $u = U_m \sin \omega t$  lên tụ (nếu đóng vào dòng điện 1 chiều, dòng chỉ tồn tại trong thời gian đóng và ngắt mạch) nạp khi đóng và phóng khi ngắt, còn khi đóng vào dòng xoay chiều dòng tồn tại trong suốt quá trình có điện áp.



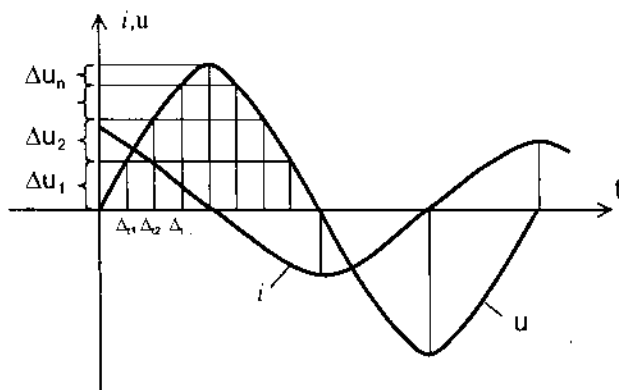
Hình 4-19

$$u = u_C \text{ điện tích trên tụ } q = C . u_C = C . u$$

$$\text{Dòng qua tụ: } i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = C \frac{\Delta u_C}{\Delta t} = C \frac{\Delta (U_m \sin \omega t)}{\Delta t}$$

Dòng điện qua tụ tỉ lệ với điện dung của tụ và tỉ lệ với tốc độ biến thiên của điện áp.

- Để xét quá trình xảy ra trong mạch, ta chia mỗi chu kỳ thành nhiều khoảng  $\Delta t$  bằng nhau và xét tốc độ biến thiên trung bình trong mỗi khoảng  $\Delta t$  đó (hình 4-20).



Hình 4-20

+ Ở một phần tư chu kỳ thứ nhất của điện áp, điện áp tăng từ 0 lên cực đại, tụ bắt đầu quá trình nạp điện, từ đồ thị ta thấy số giá điện áp dương và giảm dần.

$$\Delta u_1 > \Delta u_2 > \Delta u_3 \dots > \Delta u_n > 0 \Rightarrow \frac{\Delta u}{\Delta t} > \frac{\Delta u_2}{\Delta t} > \dots > \frac{\Delta u_n}{\Delta t} > 0$$

Dòng điện qua tụ cũng dương và giảm dần trị số từ cực đại về 0, ở 1/4 chu kỳ này dòng và áp cùng chiều.

+ Ở 1/4 chu kỳ thứ 2 của điện áp, điện áp dương và giảm từ cực đại về 0, số gia điện áp âm và có trị số tăng dần  $\Delta u < 0$ :

$$\Delta u_1' < \Delta u_2' < \dots \Delta u_n'$$

Kết quả là ở 1/4 chu kỳ này, dòng và áp ngược chiều, tốc độ biến thiên điện áp cũng âm nên tụ đang phóng điện.

+ Ở 1/4 chu kỳ thứ 3 xét tương tự như ở 1/4 chu kỳ thứ nhất nhưng ta xét điện áp về chiều âm.

+ Ở 1/4 chu kỳ thứ 4 xét tương tự như ở 1/4 chu kỳ thứ hai nhưng cũng xét điện áp về chiều âm.

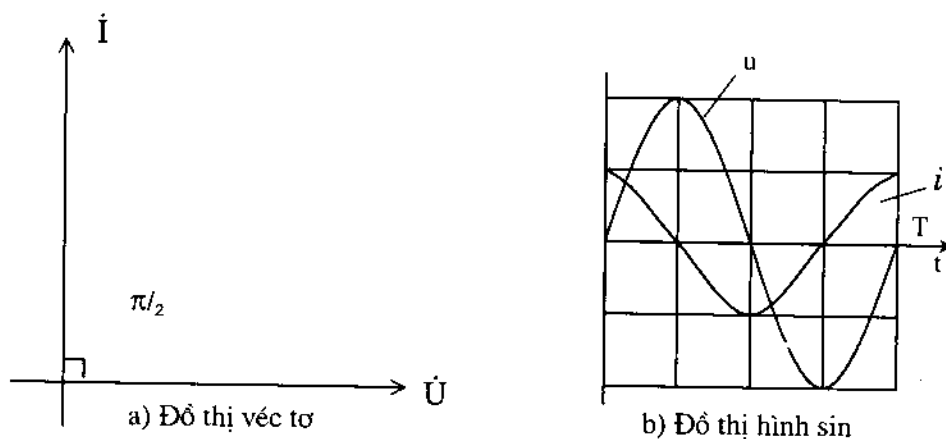
*Nhận xét:* Ở giai đoạn điện áp tăng dòng và áp cùng chiều, tụ nạp điện, ngược lại ở giai đoạn nào điện áp giảm, dòng và áp ngược chiều tụ điện phóng điện.

- Đồ thị dòng điện biểu diễn bởi hàm số cosin theo thời gian nên ta có: (hình 4-20)

$$i = I_m \cos \omega t \quad \text{biến đổi } \cos a = \sin(a + \pi/2)$$

$$\Rightarrow i = I_m \cos \omega t = I_m \sin(\omega t + \pi/2)$$

So sánh biểu thức dòng điện và điện áp ta thấy trong mạch xoay chiều thuần điện dung dòng điện vượt pha trước điện áp 1 góc là  $\pi/2$  hay  $90^\circ$  (hình 4-21).



Hình 4-21

#### 4.7.2. Quá trình trao đổi năng lượng

##### - Định luật ôm dung kháng

Từ biểu thức:  $i = C \frac{\Delta u_c}{\Delta t}$  ta thấy dòng điện qua tụ điện tỉ lệ với điện dung và với tốc độ biến thiên của điện áp. Tốc độ này phụ thuộc vào 2 yếu tố sau:

+ Tần số  $\omega$  càng lớn thì điện áp biến thiên càng nhanh, tức là  $\frac{\Delta u}{\Delta t}$  càng lớn.

+ Biên độ điện áp  $U_m$  mà lớn thì tốc độ  $\frac{\Delta u}{\Delta t}$  cũng lớn.

Tóm lại, biên độ dòng điện qua tụ điện tỉ lệ với điện dung tụ điện, tần số nguồn điện và biên độ điện áp trên tụ điện:  $I_m = C\omega U_m = \frac{U_m}{\frac{1}{\omega C}}$

+ Lượng  $\frac{1}{\omega C}$  có vai trò như điện trở trong mạch thuần trở, do đó lượng  $\frac{1}{\omega C}$  được gọi là trở kháng điện dung của mạch xoay chiều, vắn tắt là dung kháng, ký hiệu là  $X_C$ .

$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$ , ta thấy dung kháng tỉ lệ nghịch với trị số điện dung và tần số.

Từ  $I_m = \frac{U_m}{X_C}$ , chia cả 2 vế cho  $\sqrt{2}$ , ta có  $\frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{\frac{U_m}{\sqrt{2}}}{X_C} \Rightarrow I = \frac{U}{X_C}$

##### - Công suất tức thời trong mạch thuần điện dung

$$P = ui = U_m \sin \omega t \cdot I_m \cos \omega t$$

$$\text{Đặt } \sin 2\omega t = 2 \sin \omega t \cos \omega t$$

$$\Rightarrow P = U_m I_m \cdot \frac{\sin 2\omega t}{2} = UI \sin 2\omega t$$

Từ đây, ta thấy đồ thị công suất tức thời trong mạch thuần điện dung là đồ thị biến thiên theo quy luật hình sin với tần số gấp đôi tần số dòng điện.

+ Ở 1/4 chu kỳ thứ nhất và thứ 3 của điện áp, dòng điện và điện áp cùng chiều, tụ điện tích điện;  $P = ui > 0$ , mạch điện nhận năng lượng dưới dạng năng lượng điện trường.

+ Ở 1/4 chu kỳ thứ 2 và thứ 4 của điện áp, dòng điện và điện áp ngược chiều tụ điện phóng điện,  $P = ui < 0$  mạch phóng trả năng lượng điện trường về nguồn.

Như vậy, mạch xoay chiều thuần điện dung không tiêu thụ năng lượng, công suất tác dụng bằng 0 chỉ có sự trao đổi năng lượng giữa nguồn và điện trường.

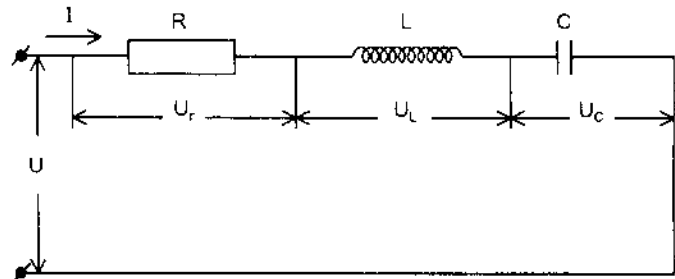
$$Q_C = U_C I = I^2 X_C = \frac{U_C^2}{X_C}$$

#### 4.8. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CÓ ĐIỆN TRỞ - ĐIỆN CẢM - ĐIỆN DUNG MẮC NỐI TIẾP

##### 4.8.1. Quan hệ dòng - áp và tam giác điện áp

Mạch xoay chiều không phân nhánh trong trường hợp tổng quát có cả ba thành phần R, L, C nối tiếp (hình 4-22).

Giả sử khi đặt điện áp xoay chiều vào trong mạch, trong mạch có dòng  $i = I_m \sin \omega t$ , dòng điện này đi qua điện trở, điện cảm, điện dung làm giáng trên đó những thành phần điện áp tương ứng:  $U_r = IR$ ;  $U_L = I X_L$ ;  $U_C = I X_C$ .



Hình 4-22

Điện áp đặt vào mạch bằng tổng 3 điện áp thành phần:  $U = U_r + U_L + U_C$

Hay cộng theo vectơ:  $\vec{U} = \vec{U}_r + \vec{U}_L + \vec{U}_C$

- Đồ thị véc tơ của mạch (hình 4-23)

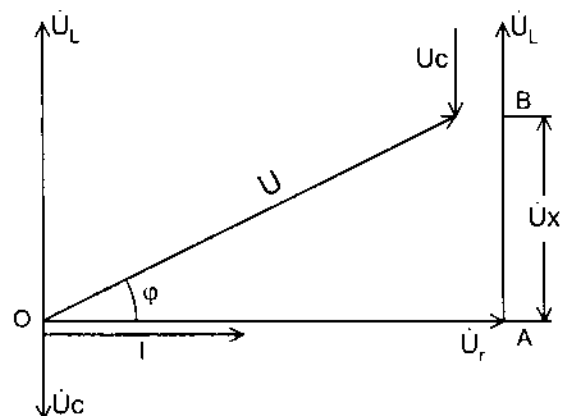
+ Từ đồ thị vectơ ta thấy có tam giác vuông OAB, cạnh huyền là vectơ của điện áp U, hai cạnh kia là cạnh  $OA = U_r = IR$  (là thành phần tác dụng); cạnh  $AB = U_L - U_C = I(X_L - X_C) = U_X$  (là thành phần phản kháng).

Vậy, tam giác vuông có 2 cạnh góc vuông là hai thành phần điện áp, cạnh huyền là vectơ điện áp tổng được gọi là tam giác điện áp.

+ Từ tam giác điện áp theo định lý Pitago ta có:

$$U = \sqrt{U_r^2 + U_X^2} = \sqrt{U_r^2 + (U_L - U_C)^2}$$

Về pha, điện áp lệch với dòng điện 1 góc là  $\varphi$ .



Hình 4-23

Từ tam giác điện áp ta có góc lệch pha  $\varphi$  được xác định theo hàm số lượng giác:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{AB}{OA} = \frac{U_x}{U_r} = \frac{U_L - U_C}{U_r}$$

Biểu thức hình sin của điện áp:  $u = U_m \sin(\omega t + \varphi) = U\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi)$

*\* Tính chất*

+ Điện áp lệch pha với dòng điện 1 góc là  $\varphi$ .

+ Nếu  $X_L > X_C$  thì  $U_L > U_C$  và  $\operatorname{tg} \varphi > 0$ , mạch mang tính cảm, điện áp vượt pha trước dòng điện một góc là  $\varphi < 90^\circ$ .

+ Nếu  $X_L < X_C$  thì  $U_L < U_C$  và  $\operatorname{tg} \varphi < 0 \Rightarrow \varphi < 0$ , mạch mang tính dung, điện áp chậm sau dòng điện một góc là  $\varphi < 90^\circ$ . Nếu biết điện áp chung  $U$  và góc lệch pha  $\varphi$  ta xác định được các điện áp thành phần. Ta có:  $\cos \varphi = \frac{U_R}{U} \Rightarrow U_R = U \cdot \cos \varphi$

$$\sin \varphi = \frac{U_x}{U} \Rightarrow U_x = U \cdot \sin \varphi$$

#### 4.8.2. Định luật ôm - Tổng trở - Tam giác trở kháng

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2} \Rightarrow U = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Lượng  $\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$  có vai trò như một điện trở trong mạch, ta gọi là trở kháng toàn phần (tổng trở), ký hiệu là  $Z$  đơn vị là  $(\Omega)$ .

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \Rightarrow U = I \cdot Z \Rightarrow I = \frac{U}{Z}$$

**Định luật Ôm:** Hiệu dụng của dòng điện xoay chiều tỉ lệ thuận với hiệu dụng điện áp đặt vào nhánh, tỷ lệ nghịch với tổng trở của nhánh.

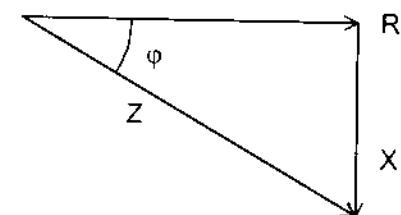
Lượng  $X_L - X_C$  gọi là trở kháng phản kháng ký hiệu là  $X$ ;

$$X = X_L - X_C = 2\pi fL - \frac{1}{2\pi fc}, \text{ từ đó ta có điện áp phản kháng của mạch.}$$

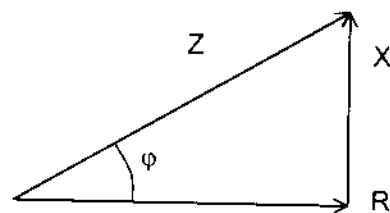
$$U_x = U_L - U_C$$

$$U_x = I(X_L - X_C)$$

Chia cả 3 cạnh tam giác điện áp cho dòng điện ta có một tam giác đồng dạng có ba cạnh là 3 thành phần trở kháng gọi là tam giác trở kháng hay tam giác tổng trở (hình 4-24).



(Tam giác trở kháng có  $X_L < X_C$ )  
 $\Rightarrow \varphi < 0$



(Tam giác trở kháng có  $X_L > X_C$ )

Hình 4-24

Cạnh huyền:  $\frac{U}{I} = Z$  ; hai cạnh góc vuông:  $\frac{U_r}{I} = R$  ;  $\frac{U_X}{I} = X$

Trong đó, Z là thành phần tổng trở; R là trở kháng tác dụng; X là trở kháng phản kháng.

### 4.8.3. Công suất - Tam giác công suất

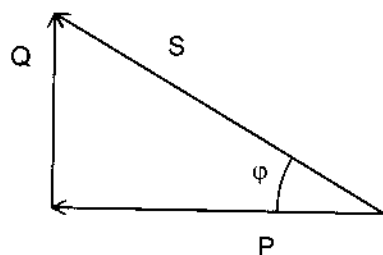
Từ tam giác điện áp, lần lượt lấy 3 cạnh nhân với dòng điện được một tam giác đồng dạng có ba cạnh là 3 thành phần công suất, gọi là tam giác công suất (hình 4-25).

$$U.I = S \quad (S = U.I = I^2.Z)$$

$$U.I.\cos \varphi = I^2 R = P$$

$$U.I.\sin \varphi = I^2 X = Q$$

$$Q = Q_L - Q_C = I^2 (X_L - X_C)$$



Hình 4-25

Trong đó, S (là công suất biểu kiến), đơn vị là VA; KVA...

P (là công suất tác dụng) đơn vị là W; KW; MW.

Q (là công suất phản kháng), đơn vị là VAR; KVAR.

Từ tam giác công suất nếu biết hai thành phần P và Q, ta xác định được công suất toàn phần S và góc pha  $\varphi$ , nhờ các hệ thức:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

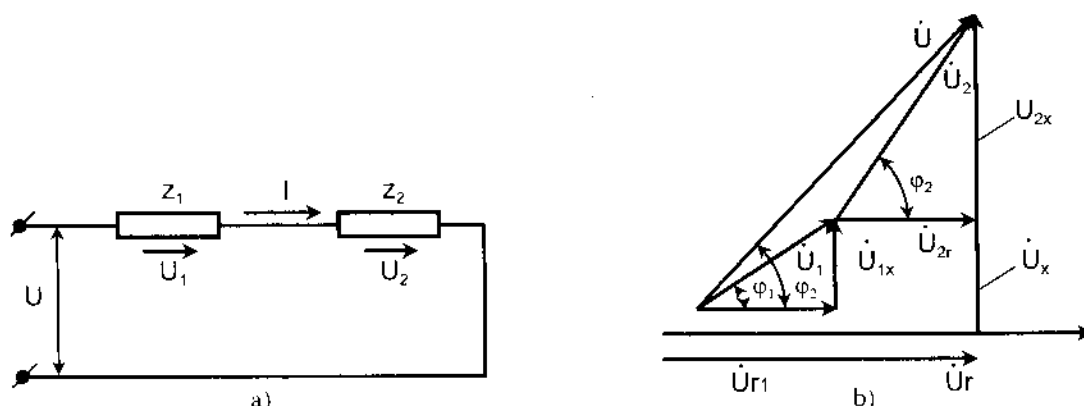
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P} = \frac{Q_L - Q_C}{P}$$

Nếu biết công suất toàn phần S và góc pha  $\varphi$ , ta xác định được công suất thành phần:

$$P = S.\cos \varphi ; Q = S.\sin \varphi$$

#### 4.9. TÍNH MẠCH XOAY CHIỀU KHÔNG PHÂN NHÁNH

Trường hợp mạch điện có một số trở kháng nối tiếp nhau, ta có mạch xoay chiều không phân nhánh (hình 4-26a), ta vẽ mạch có 2 tổng trở  $Z_1$  và  $Z_2$  nối tiếp.



Hình 4-26

Giả sử  $Z_1$  có thành phần tác dụng  $r_1$ , thành phần phản kháng  $x_1$ . Tương tự  $Z_2$  có  $r_2$  và  $x_2$ . Dòng điện qua  $Z_1$  tạo ra sụt áp  $U_1$  với 2 thành phần:

+  $U_{1r}$  đồng pha với  $I$ ,  $U_{1x}$  lệch pha với  $I$  một góc  $90^\circ$  (hình 4-26b).

+ Điện áp chung:  $U = U_1 + U_2$

Sẽ có 2 thành phần  $U_r$  và  $U_x$  xác định như sau:

$$U_r = U_{1r} + U_{2r} = I(r_1 + r_2) = I r$$

$$U_x = U_{1x} + U_{2x} = I(x_1 + x_2) = I x$$

Ở đây,  $r = r_1 + r_2$  và  $x = x_1 + x_2$  là trở kháng tác dụng và phản kháng chung của mạch, lần lượt bằng tổng các trở kháng tác dụng và phản kháng của từng tổng trở. Trường hợp tổng quát ta có:

$$r = r_1 + r_2 + \dots + r_n = \sum r_i$$

$$x = x_1 + x_2 + \dots + x_n = \sum x_i$$

Từ đó, tổng trở chung của cả mạch  $Z = \sqrt{r^2 + x^2}$

Góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp chung của mạch:  $\text{tg}\varphi = \frac{x}{r}$

Các thành phần của tam giác trở kháng và công suất được xác định từ tam giác điện áp như trên.

## 4.10. HIỆN TƯỢNG CỘNG HƯỞNG ĐIỆN ÁP

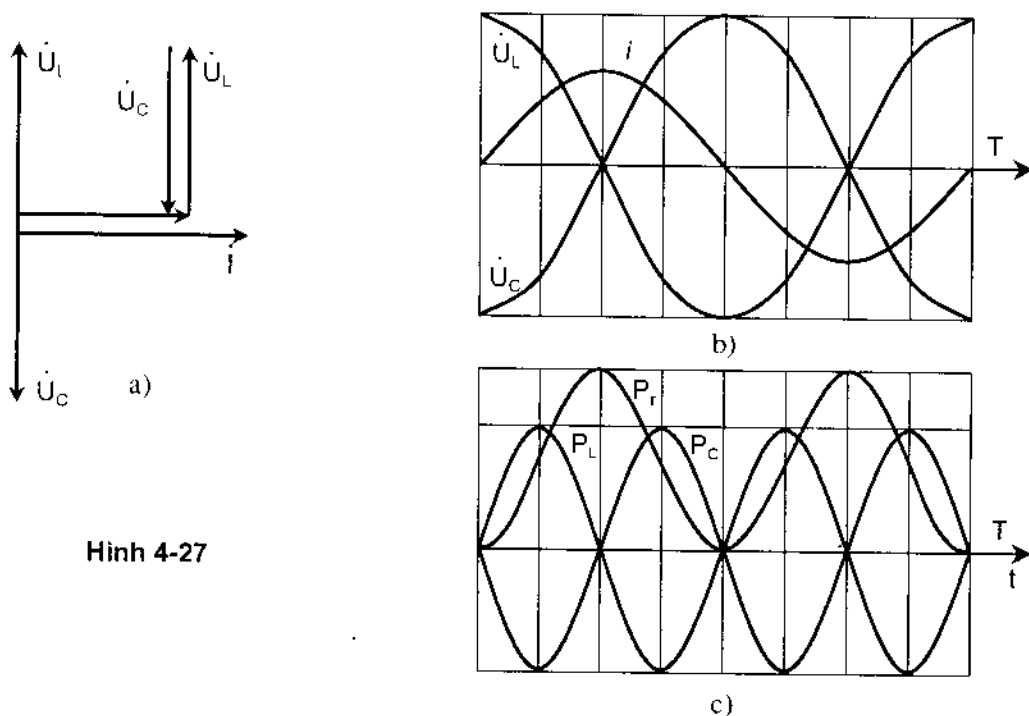
### 4.10.1. Hiện tượng và tính chất

Trong mạch xoay chiều không phân nhánh, hai thành phần  $U_L$  và  $U_C$  ngược pha nhau, trị số của chúng ngược dấu nhau ở mọi thời điểm và có tác dụng bù trừ nhau. Nếu trị số hiệu dụng  $U_L = U_C$  thì chúng sẽ triệt tiêu nhau và điện áp nguồn chỉ còn một thành phần đặt vào điện trở  $U = U_r$ , ta bảo mạch có hiện tượng cộng hưởng điện áp.

Khi mạch cộng hưởng ta có:  $U_L = U_C \Rightarrow X_L = X_C$

Khi đó:  $Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2} = r$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{r} = 0 \Rightarrow \varphi = 0$$



Hình 4-27

Trong mạch có cộng hưởng điện áp, dòng và áp đồng pha, tổng trở bằng điện trở. Hình 4-27 là đồ thị vectơ và đồ thị hình sin của mạch. Ta có những nhận xét sau:

+ Dòng điện trong mạch cộng hưởng  $I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{r}$  sẽ có giá trị lớn nhất ứng với điện áp  $U$  đã cho.

+ Nếu điện trở  $r$  càng nhỏ so với  $X_L$  hay  $X_C$  thì điện áp trên điện cảm  $U_L$  cũng như trên điện dung  $U_C$  càng lớn so với điện áp trên điện trở  $U_r$  (cũng là điện áp nguồn  $U$ ). Tỷ số giữa  $X_L$  (hay  $X_C$ ) với  $r$  gọi là hệ số phẩm chất của mạch cộng hưởng, ký hiệu là  $q$ .

$$q = \frac{X_L}{r} = \frac{IX_L}{Ir} = \frac{U_L}{U_r} = \frac{U_L}{U}$$

$$q = \frac{X_C}{r} = \frac{IX_C}{Ir} = \frac{U_C}{U_r} = \frac{U_C}{U}$$

Hệ số phẩm chất  $q$  cho biết khi cộng hưởng, điện áp cực bộ trên cuộn cảm hay tụ điện gấp mấy lần điện áp nguồn.

+ Công suất tức thời trong mạch, trên cuộn cảm và tụ điện:

$$p_L = iu_L = -iu_C = -p_C$$

Như vậy, ở mọi thời điểm  $p_L$  và  $p_C$  bằng nhau về trị số, ngược nhau về dấu. Khi  $p_L > 0$  thì  $p_C < 0$  nghĩa là khi cuộn dây tích lũy năng lượng từ trường thì tụ điện phóng năng lượng điện trường. Ngược lại, khi  $p_L < 0$  thì  $p_C > 0$ , nghĩa là khi cuộn dây phóng năng lượng từ trường thì tụ điện tích năng lượng điện trường. Như vậy, khi mạch cộng hưởng, xảy ra sự trao đổi năng lượng hoàn toàn giữa điện trường và từ trường, còn năng lượng nguồn chỉ tiêu hao trên điện trở  $r$ .

#### 4.10.2. Điều kiện cộng hưởng

Từ biểu thức:  $U_L = U_C \Rightarrow X_L = X_C$ , ta thấy mạch muốn xảy ra cộng hưởng cần thỏa mãn điều kiện:  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ , rút ra điều kiện cộng hưởng về tần số:  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$

Lượng  $\frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$ , gọi là tần số góc riêng của mạch.

$$\text{Mà } f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = f_0$$

nên lượng  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{\omega_0}{2\pi}$  gọi là tần số riêng của mạch.

Vậy điều kiện cộng hưởng là tần số nguồn điện bằng tần số riêng của mạch:  $\omega = \omega_0$  hay  $f = f_0$ .

Dòng điện:  $I = \frac{U}{Z}$  đạt giá trị lớn nhất tại điểm cộng hưởng.

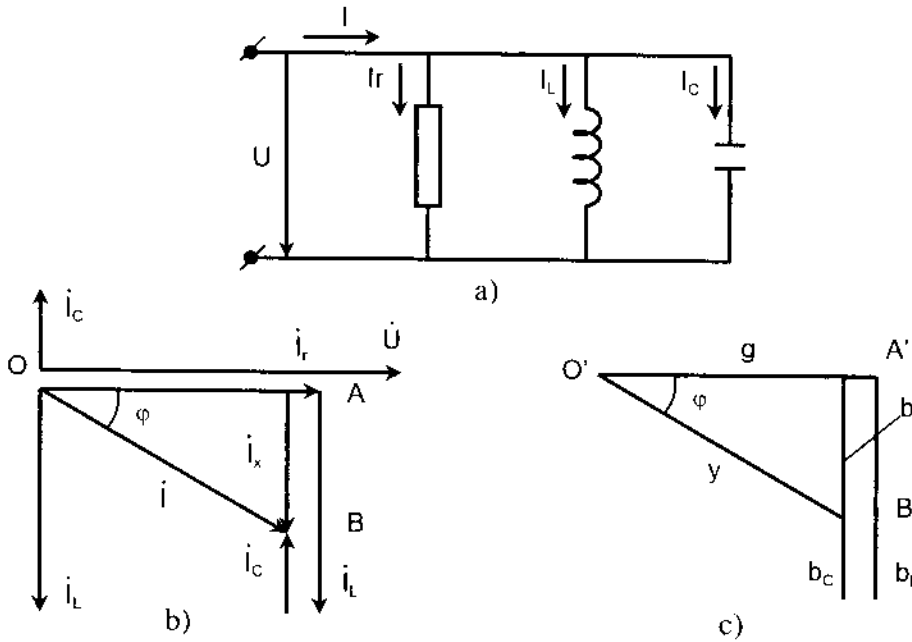
Hiện tượng cộng hưởng có nhiều ứng dụng trong kỹ thuật như: để tạo ra điện áp lớn (trên cuộn cảm hay tụ điện) khi điện áp nguồn vẫn bé, thường dùng trong thí nghiệm, dùng trong mạch lọc theo tần số, ứng dụng trong kỹ thuật nắn điện hay thông tin... Tuy nhiên, nếu xảy ra cộng hưởng trong mạch điện không ứng với chế độ làm việc bình thường, sẽ dẫn đến hậu quả có hại như: điện áp cực bộ trên cuộn dây hay tụ điện quá lớn, vượt trị số cho phép, làm nguy hiểm cho thiết bị và người vận hành.

## 4.11. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU MẮC SONG SONG

### 4.11.1. Mạch song song điện trở, điện cảm, điện dung - tam giác dòng điện

Giả sử điện trở  $r$ , điện cảm  $L$ , điện dung  $C$  nối song song đặt vào điện áp  $U$  (hình 4-28), ta có biểu thức:

$$U = U_m \sin \omega t$$



Hình 4-28

Dòng điện qua điện trở  $i_r$  đồng pha với điện áp, có trị số bằng:  $I_r = \frac{U}{r} = gU$

Trong đó:  $g$  là điện dẫn tác dụng.

Dòng điện qua điện cảm  $i_L$  chậm sau điện áp  $90^\circ$ , có trị số bằng:

$$I_L = \frac{U}{X_L} = b_L U \quad (b_L \text{ là điện dẫn cảm kháng}).$$

Dòng điện qua điện dung  $i_C$  vượt trước điện áp  $90^\circ$ , có trị số bằng:

$$I_C = \frac{U}{X_C} = b_C U \quad (b_C \text{ là điện dẫn dung kháng}).$$

Dòng điện trong mạch chính bằng tổng các dòng điện mạch nhánh:  $I = I_r + I_L + I_C$

Đồ thị vectơ trên hình vẽ b ta thấy  $I_L$  và  $I_C$  đối pha nhau, trị số tổng vectơ bằng hiệu trị số hiệu dụng của chúng và gọi là thành phần phản kháng của dòng điện, ký hiệu là  $I_X$ :

$$I_X = I_L - I_C = U (b_L - b_C) = Ub$$

$b = b_L - b_C$  gọi là điện dẫn phản kháng.

Tam giác OAB có 3 cạnh là ba thành phần dòng điện được gọi là tam giác dòng điện.

- Cạnh huyền OB = I là dòng điện tổng.

- Hai cạnh góc vuông: OA =  $I_r$  là thành phần tác dụng.

OB =  $I_X$  là thành phần phản kháng.

Từ tam giác dòng điện, ta có các quan hệ sau:  $I = \sqrt{I_r^2 + I_X^2}$ ;  $\text{tg}\varphi = \frac{I_X}{I_r}$

Ở đây,  $\varphi$  là góc lệch pha giữa dòng điện tổng I và điện áp U, nếu biết I và  $\varphi$  ta xác định được các thành phần dòng điện nhờ các quan hệ sau:

$$I_r = I \cos \varphi$$

$$I_X = I \sin \varphi$$

#### 4.11.2. Tổng dẫn - Tam giác điện dẫn

Thay  $I_r = \frac{U}{r} = g.U$  vào công thức:  $I = \sqrt{I_r^2 + I_X^2}$  ta có:  $I = \sqrt{(U.g)^2 + (U.b)^2} = U \sqrt{g^2 + b^2}$

Lượng  $\sqrt{g^2 + b^2}$  có vai trò của điện dẫn chung, được gọi là tổng dẫn của mạch, ký hiệu là y:

$$y = \sqrt{g^2 + b^2}$$

Từ đó, ta có biểu thức định luật Ôm đối với mạch:  $I = y.U$

Nếu chia cả ba cạnh của tam giác dòng điện cho U ta được một tam giác đồng dạng mới, có ba cạnh là ba thành phần điện dẫn, được gọi là tam giác điện dẫn (hay tam giác tổng dẫn).

- Cạnh huyền OB' = y là tổng dẫn.

- Hai cạnh góc vuông OA' = g là điện dẫn tác dụng; A'B = b là điện dẫn phản kháng.

Từ tam giác điện dẫn hình vẽ c ta có:  $\text{tg}\varphi = \frac{b}{g}$

Nếu biết  $y$  và  $\varphi$ , ta xác định các thành phần điện dẫn nhờ các quan hệ:

$$g = y \cdot \cos \varphi$$

$$b = y \cdot \sin \varphi$$

Công suất của mạch:

- Công suất tác dụng:  $P = UI \cos \varphi = U \cdot I_r = U \cdot U_g = U^2 g$

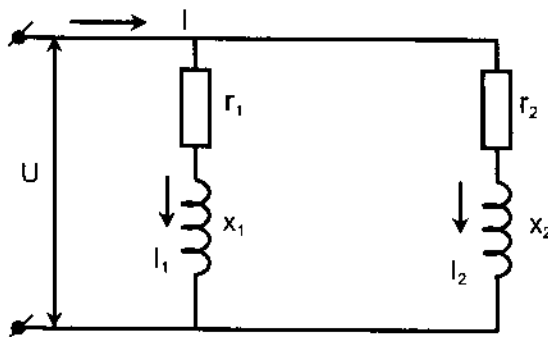
- Công suất phản kháng:  $Q = UI \sin \varphi = U \cdot I_x = U \cdot U_b = U^2 b$

- Công suất toàn phần:  $S = UI = U \cdot U \cdot y = U^2 y$

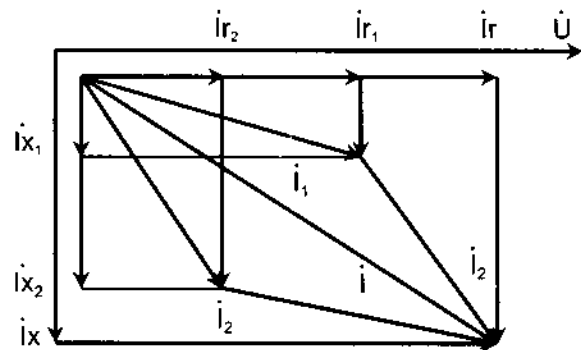
Từ đó, ta cũng có thể lập được tam giác công suất.

#### 4.11.3. Mạch xoay chiều có tổng trở mắc song song

Ta xét mạch điện có hai tổng trở  $Z_1, Z_2$  mắc song song. Tổng trở  $Z_1$  có điện trở tác dụng  $r_1$  và phản kháng  $X_1$ , còn  $Z_2$  có  $r_2$  và  $X_2$ . Mạch có điện áp xoay chiều  $U$ . (hình 4-29a).



Hình 4-29 a



Hình 4-29 b

Dòng điện qua  $Z_1$  là  $I_1$  có hai thành phần: tác dụng  $I_{r1}$  và phản kháng  $I_{x1}$ :

$$I_{r1} = U g_1; \quad I_{x1} = U b_1$$

Trường hợp chung,  $g_1$  và  $b_1$  được xác định như sau:

$$g_1 = \frac{r_1}{r_1^2 + X_1^2}; \quad b_1 = \frac{X_1}{r_1^2 + X_1^2}$$

Tương tự, dòng điện  $I_2$  có hai thành phần  $I_{r2}$  và  $I_{x2}$ :

$$I_{r2} = U \cdot g_2; \quad I_{x2} = U \cdot b_2$$

$g_2$  và  $b_2$  cũng tính tương tự như  $g_1$  và  $b_1$

Dòng điện trong mạch chung cũng có hai thành phần  $I_{r2}$  và  $I_X$  như trên hình 4-29b, ta có:

$$I_r = I_{r1} + I_{r2} = U (g_1 + g_2) = U.g$$

$$I_X = I_{X1} + I_{X2} = U (b_1 + b_2) = U.b$$

$g$  và  $b$  là điện dẫn tác dụng và phản kháng chung của cả mạch:

$$g = g_1 + g_2; \quad b = b_1 + b_2$$

Như vậy, khi có nhiều nhánh mắc song song, điện dẫn tác dụng và phản kháng chung bằng tổng các điện dẫn tác dụng và phản kháng của từng mạch nhánh. Đã biết  $g$  và  $b$  ta giải được mạch điện nhờ các công thức:

$$y = \sqrt{g^2 + b^2}; \quad I = y.U; \quad \text{tg } \varphi = \frac{b}{g} \quad \dots$$

#### 4.11.4. Cộng hưởng dòng điện

Khi mạch điện xoay chiều có 2 nhánh nối song song, điện dẫn phản kháng chung có dạng:

$$b = b_1 + b_2 = (b_{L1} - b_{C1}) + (b_{L2} - b_{C2}) = (b_{L1} + b_{L2}) - (b_{C1} + b_{C2}) = b_L - b_C$$

Nếu  $b_L = b_C$  thì  $b = 0$ , tức mạch chỉ có thành phần điện dẫn tác dụng, ta có mạch ở trạng thái cộng hưởng dòng điện.

Khi cộng hưởng dòng điện ta có:  $y = g$  (vì  $b = 0$ ), nghĩa là tổng dẫn mạch có giá trị nhỏ nhất. Dòng điện tác dụng và phản kháng có giá trị bằng nhau và trái dấu:  $I_L = I_C = U.b_L = U.b_C$ . Từ đó ta có  $I_X = I_L = I_C = 0$

Dòng điện chung bằng dòng điện tác dụng và có giá trị nhỏ nhất (hình 4-30).

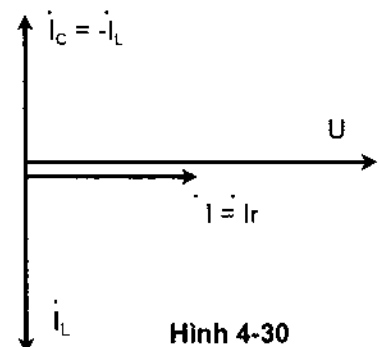
$$I = I_r = U.g = \frac{U}{r}$$

$$\text{Hệ số phẩm chất của mạch: } q = \frac{b_L}{g} = \frac{b_C}{g}$$

Hệ số này cho chúng ta biết, khi có cộng hưởng dòng điện, dòng điện trong nhánh L hay nhánh C lớn gấp mấy lần dòng điện nhánh chính.

Từ điều kiện cộng hưởng  $b_L = b_C$

$$\Rightarrow \frac{1}{x_L} = \frac{1}{x_C} \text{ hay } \frac{1}{\omega_L} = \omega C$$



Hình 4-30

Suy ra điều kiện cộng hưởng theo tần số:  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$

Nghĩa là, ta có điều kiện cộng hưởng dòng điện về mặt tần số giống như điều kiện cộng hưởng điện áp.

#### 4.12. Ý NGHĨA VÀ CÁCH NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

##### *Định nghĩa và ý nghĩa nâng cao hệ số công suất*

Từ tam giác công suất ta có:

$$P = S \cos \varphi = UI \cos \varphi$$

Hệ số  $\cos \varphi$  được gọi là hệ số công suất của mạch điện xoay chiều.

Từ tam giác trở kháng ta có:  $\cos \varphi = \frac{r}{z} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}}$

Như vậy,  $\cos \varphi$  là thông số phụ thuộc kết cấu của mạch. Trong mạch thuần tác dụng ( $x = 0$ ) thì  $\cos \varphi = 1$ . Trong mạch thuần cảm kháng ( $r = 0$ ) thì  $\cos \varphi = 0$ . Nói chung,  $\cos \varphi$  thường nhỏ hơn 1. Trong mạch có phụ tải đèn hoặc lò điện trở thì hệ số công suất gần bằng 1, còn phụ tải là động cơ, máy biến áp... thì  $\cos \varphi$  nhỏ hơn 1.

Hệ số công suất có ý nghĩa rất lớn trong sản xuất, truyền tải và cung cấp điện.

Mỗi máy điện đều chế tạo với 1 công suất biểu kiến định mức ( $S_{dm}$ ). Từ đó, máy có thể cung cấp 1 công suất tác dụng:  $P = S_{dm} \cos \varphi$ .

Nếu  $\cos \varphi = 1$  thì  $P = S_{dm}$  là công suất lớn nhất máy có thể cung cấp được, nếu không xét đến hạn chế về mặt cơ học. Nếu  $\cos \varphi$  càng nhỏ thì khả năng phát công suất tác dụng của máy càng bé. Do đó, muốn tận dụng khả năng làm việc của máy điện và thiết bị thì hệ số công suất phải lớn.

Mỗi hộ tiêu thụ yêu cầu 1 công suất tác dụng  $P$  xác định. Khi đó, dòng điện truyền tải qua đường dây:

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi}$$

Nếu  $\cos \varphi$  càng bé thì dòng điện càng lớn. Điều đó dẫn đến 2 tác hại:

+ Dòng điện lớn phải dùng dây dẫn lớn, làm tốn kim loại màu và tăng vốn đầu tư xây dựng đường dây.

+ Tổn thất điện năng trên đường dây tỷ lệ với bình phương dòng điện.

Nếu dòng điện lớn thì tổn thất điện năng nhiều, không lợi về mặt kinh tế. Như vậy, việc nâng cao hệ số công suất dẫn đến giảm vốn đầu tư xây dựng đường dây và giảm tổn thất điện năng truyền tải.

*\* Một số biện pháp cải thiện hệ số công suất*

Từ tam giác công suất ta có:

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

Như vậy, về nguyên tắc, muốn nâng cao  $\cos\varphi$  của một phần tử nào đó, phải giảm công suất phản kháng  $Q$  của nó.

- Giảm công suất phản kháng nơi tiêu thụ: Tức là tìm cách để nâng cao  $\cos\varphi$  của từng thiết bị dùng điện. Chẳng hạn, động cơ không để chạy non tải quá, máy biến áp không nên để không tải... Giải quyết theo hướng này phải quán triệt trong cả 3 khâu: khi lắp đặt thiết bị điện cần chọn công suất động cơ và máy biến áp phù hợp; khi vận hành, cần hạn chế việc tiêu thụ  $Q$  quá nhiều, làm xấu  $\cos\varphi$  chung; khi sửa chữa, cần đảm bảo các tính năng của máy, đặc biệt là đảm bảo các thông số của mạch từ, tránh làm tăng việc tiêu thụ  $Q$  sau khi sửa chữa đưa vào vận hành.

- Sản xuất công suất phản kháng tại nơi tiêu thụ hay gần nơi tiêu thụ, gọi là phương pháp bù  $\cos\varphi$ . Có thể dùng động cơ đồng bộ, máy bù đồng bộ hoặc tụ điện để sản xuất ra  $Q$  cần thiết bù cho phụ tải.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Định nghĩa dòng điện xoay chiều, chu kỳ và tần số.
2. Thế nào là dòng điện xoay chiều hình sin, là trị số tức thời và biên độ của lượng hình sin?
3. Trình bày nguyên lý máy phát điện xoay chiều một pha.
4. Thế nào là pha? Góc pha đầu? Sự lệch pha.
5. Định nghĩa và nếu ý nghĩa trị số hiệu dụng.
6. Nêu cách biểu diễn lượng hình sin bằng đồ thị vectơ, cách cộng và trừ lượng hình sin cùng tần số bằng đồ thị vectơ.
7. Trình bày quan hệ dòng, áp trong mạch thuần điện trở vẽ đồ thị vectơ.

8. Nêu mối quan hệ dòng, áp trong mạch thuần điện cảm. Vẽ đồ thị.
9. Cảm kháng là gì? Nó phụ thuộc vào những yếu tố nào?
10. Nêu mối quan hệ dòng, áp trong mạch thuần điện dung. Vẽ đồ thị.
11. Dung kháng là gì? Nó phụ thuộc vào những yếu tố nào?
12. Quan hệ dòng, áp trong mạch có R - L - C mắc nối tiếp với nhau như thế nào? Vẽ đồ thị hình sin và đồ thị vectơ.
13. Tam giác điện áp là gì? Cho biết các quan hệ trong tam giác điện áp.
14. Tổng trở là gì? Tam giác trở kháng là gì? Cho biết các quan hệ trong tam giác trở kháng. Vẽ tam giác trở kháng khi: a)  $X_L > X_C$ ; b)  $X_L < X_C$ ; c)  $X_L = 0$ ; d)  $X_C = 0$ ; e)  $R = 0$ .
15. Tam giác công suất là gì? Nêu các quan hệ trong tam giác công suất.
16. Điều kiện và tính chất của mạch cộng hưởng điện áp là gì.
17. Tam giác dòng điện là gì? Nêu các quan hệ trong tam giác đó.
18. Trình bày điều kiện và tính chất của mạch cộng hưởng dòng điện. So sánh với mạch cộng hưởng điện áp.
19. Nêu ý nghĩa và những biện pháp nâng cao hệ số công suất  $\cos\varphi$ .

## BÀI TẬP

1. Cho suất điện động hình sin có biểu thức  $e = 310 \sin(314t + \pi/4)$  (V). Hãy xác định:
  - a) Biên độ.
  - b) Tốc độ góc; chu kỳ; tần số.
  - c) Giá trị tức thời tại  $t = 0$ ;  $t = 0,0175$ .
  - d) Trị số hiệu dụng.
  - e) Biểu diễn lượng hình sin này bằng đồ thị hình sin và đồ thị vectơ.
2. Cũng như câu hỏi ở bài 1 với suất điện động hình sin có biểu thức:  

$$e = 400\sqrt{2} \sin(314t + \pi/6)$$
 (V)

3. Cuộn dây có điện trở  $10\Omega$ , điện kháng  $15,7\Omega$  mắc vào mạch xoay chiều  $f = 50\text{Hz}$ , có dòng điện qua là  $6\text{A}$ . Tìm tổng trở, điện áp nguồn, trị số tự cảm  $L$  và hệ số công suất.
4. Cuộn dây có điện trở  $R$ , điện cảm  $L$ , mắc vào mạch xoay chiều  $f = 50\text{Hz}$ . Các dụng cụ đo chỉ:  $U = 65\text{V}$ ;  $I = 5\text{A}$ ;  $P = 12\text{W}$ . Xác định trị số  $R$  và  $L$ .
5. Điện trở  $R = 15\Omega$  nối tiếp với tụ điện đặt vào mạch xoay chiều  $U = 120\text{V}$ ;  $f = 50\text{Hz}$ , dòng điện qua mạch:  $I = 4\text{A}$ . Tìm trị số điện dung  $C$ , các thành phần điện áp, vẽ đồ thị vectơ.
6. Mạch điện có  $R = 3\Omega$ ,  $L = 0,08\text{H}$ ;  $C = 150\mu\text{F}$  nối tiếp đặt vào điện áp  $U = 220\text{V}$ ;  $f = 50\text{Hz}$ . Tìm dòng điện trong mạch, các thành phần của tam giác điện áp, tam giác công suất, vẽ đồ thị vectơ.
7. Cuộn dây có  $R_1 = 6\Omega$ ,  $X_L = 10\Omega$  nối tiếp với một tụ điện  $X_C = 17,5\Omega$  và điện trở  $R_2 = 4\Omega$  đặt vào điện áp  $U = 125\text{V}$ . Tính dòng điện trong mạch, các thành phần điện áp, vẽ đồ thị vectơ.
8. Hai cuộn dây đấu nối tiếp, cuộn thứ nhất  $R_1 = 4\Omega$ ,  $L_1 = 32\text{mH}$ . Cuộn thứ hai  $R_2 = 8\Omega$ ,  $L_2 = 14\text{mH}$  đặt vào nguồn điện  $f = 50\text{Hz}$ ,  $U = 380\text{V}$ . Xác định dòng điện qua mạch và điện áp đặt vào từng cuộn dây. Vẽ đồ thị vectơ.
9. Nối tiếp điện trở  $2\Omega$  với điện cảm  $160\text{mH}$  và điện dung  $64\mu\text{F}$ , đặt vào điện áp xoay chiều  $220\text{V}$  có tần số biến thiên. Với điều kiện nào sẽ xảy ra cộng hưởng? Xác định hệ số phẩm chất và điện áp trên các phần tử khi cộng hưởng điện áp.
10. Điện trở  $11\Omega$  nối tiếp với điện cảm  $0,318\text{H}$  và điện dung  $31,8\mu\text{F}$  đặt vào mạch xoay chiều  $U = 220\text{V}$ , tần số biến thiên. Với tần số bao nhiêu thì có cộng hưởng điện áp? Xác định dòng điện, các thành phần điện áp khi có cộng hưởng.
11. Mạch điện có điện trở  $20\Omega$  đấu song song với điện cảm có  $X_L = 10\Omega$  đặt vào điện áp  $U = 24\text{V}$  xoay chiều. Xác định dòng điện trong các nhánh, các thành phần điện dẫn và công suất.

## Chương 5

# MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU 3 PHA

### 5.1. HỆ THỐNG ĐIỆN 3 PHA

#### 5.1.1. Định nghĩa

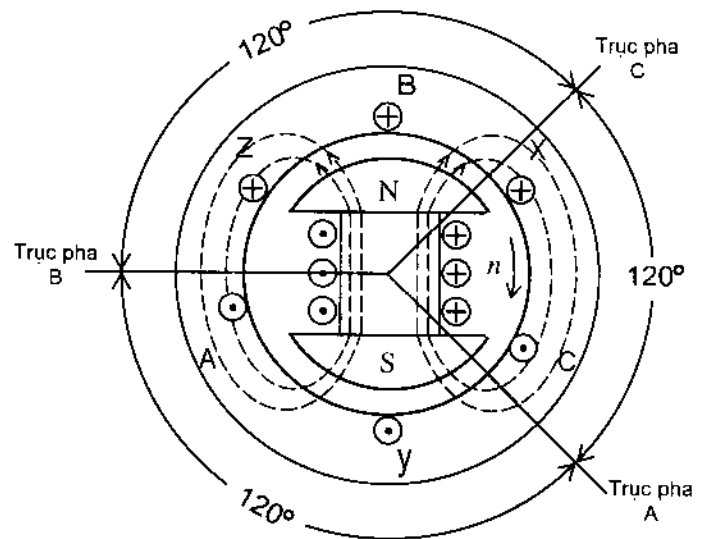
Hệ thống điện 3 pha là tập hợp 3 mạch điện một pha nối với nhau tạo thành một hệ thống năng lượng điện từ chung, trong đó suất điện động ở mỗi mạch đều có dạng hình sin, cùng tần số, lệch pha nhau  $1/3$  chu kỳ.

Suất điện động ở mỗi pha gọi là suất điện động pha. Hệ 3 pha mà suất điện động các pha có biên độ bằng nhau gọi là hệ số s.d.đ 3 pha cân bằng hay đối xứng.

#### 5.1.2. Nguyên lý máy phát điện 3 pha

##### a) Cấu tạo

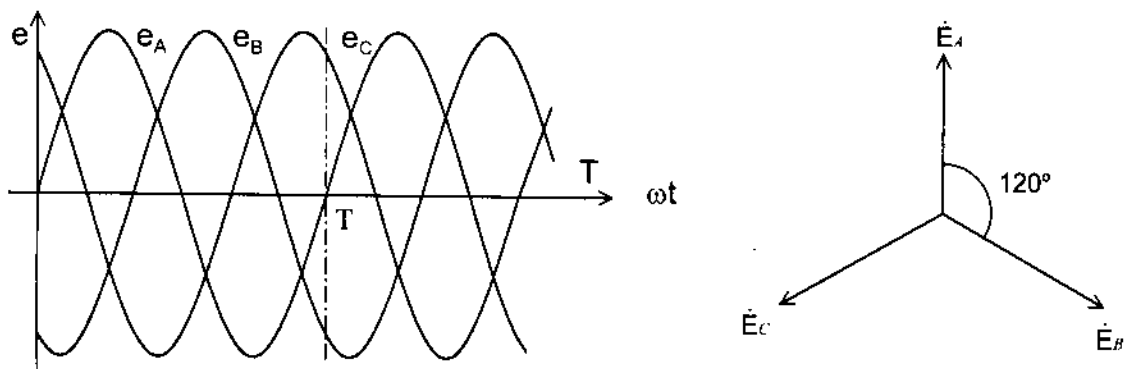
Về nguyên tắc, máy phát điện ba pha gồm phần ứng là hệ thống ba cuộn dây cấu tạo giống nhau, đặt ở các rãnh lõi thép stato, lệch nhau trong không gian  $120^\circ$  gọi là các cuộn dây pha (hình 5-1). Đầu của cuộn dây ký hiệu bằng các chữ A, B, C, cuối các cuộn dây ký hiệu bằng các chữ X, Y, Z. AX là cuộn dây pha A, BY là cuộn dây pha B, CZ là cuộn dây pha C. Phần cảm là một hệ thống từ cực, thường là nam châm điện, có 2 cực là N - S và cuộn dây để luyện từ cho nam châm. Hệ thống này đặt ở rôto máy phát điện.



Hình 5-1

##### b) Nguyên lý làm việc

Dùng 1 động cơ sơ cấp kéo rôto máy phát quay. Từ trường phần cảm N - S quay theo (tốc độ bằng tốc độ quay của rôto), đường sức từ lần lượt cắt qua các cuộn dây, sinh ra suất điện động cảm ứng trong mỗi cuộn dây, suất điện động cảm ứng biến thiên theo quy luật hình sin. Vì ba cuộn dây đặt lệch nhau  $120^\circ$  trong không gian nên các suất điện động cũng lệch pha nhau  $120^\circ$  về thời gian hay  $2\pi/3$  rad, nếu coi pha A có góc pha đầu bằng 0 các cuộn dây giống nhau tức suất điện động 3 pha cùng biên độ (Hình 5-2).



Hình 5-2

Biểu thức suất điện động:

$$e_A = E_m \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \sin \omega t - 120^\circ = E_m \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$e_C = E_m \sin \omega t - 240^\circ = E_m \sin \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

## 5.2. NỐI CUỘN DÂY MÁY PHÁT ĐIỆN THÀNH HÌNH SAO

### 5.1.2. Các định nghĩa

- Nối máy phát điện thành hình sao là đầu ba điểm cuối X, Y, Z thành điểm chung và gọi là điểm trung tính hay điểm không ký hiệu là 0, còn các đầu dây A, B, C nối với các dây dẫn gọi là dây pha.

+ Dây dẫn nối với điểm trung tính gọi là dây trung tính.

+ Dây dẫn trong mạch nối với các đầu A, B, C gọi là 3 dây pha. Mạch điện chỉ có 3 dây pha A, B, C gọi là mạch 3 pha 3 dây.

+ Trong mạch mà các dây nối với các điểm A, B, C, 0 gọi là mạch 3 pha 4 dây.

- Dòng điện đi trong các cuộn dây pha gọi là dòng điện pha, ký hiệu là  $I_p$ , dòng điện đi trong các dây dẫn gọi là dòng điện dây  $I_d$ , dòng điện đi trong dây trung tính ký hiệu là  $I_0$ .

- Điện áp ở hai đầu cuộn dây pha gọi là điện áp pha ký hiệu là  $U_p$ . Đó cũng là điện áp giữa mỗi dây pha và dây trung tính:

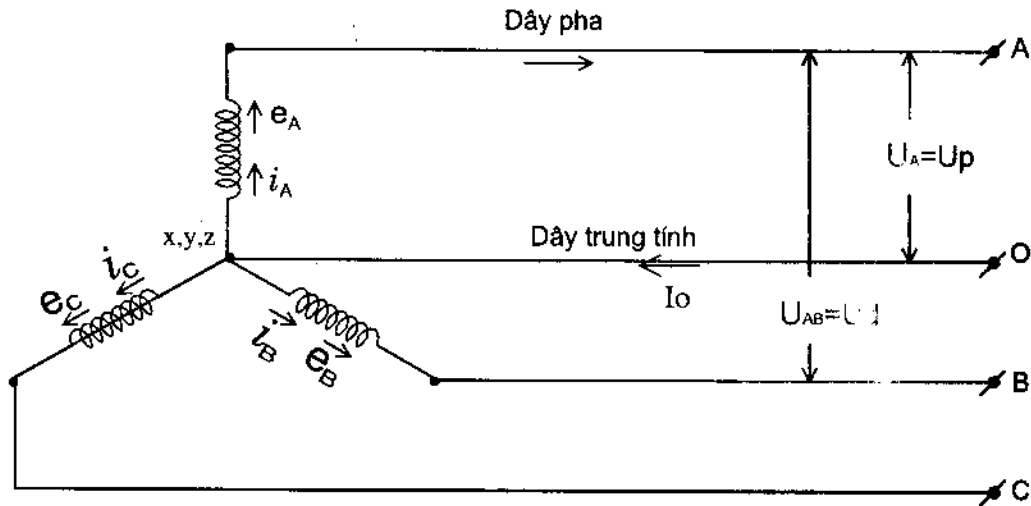
$$U_{PA} = \varphi_A - \varphi_X = \varphi_A - \varphi_0 = U_A$$

$$U_{PB} = \varphi_B - \varphi_Y = \varphi_B - \varphi_0 = U_B$$

$$U_{PC} = \varphi_C - \varphi_Z = \varphi_C - \varphi_0 = U_C$$

- Điện áp giữa hai dây pha gọi là điện áp dây  $U_d$  (hình 5-3).

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B; \quad U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C; \quad U_{CA} = \varphi_C - \varphi_A$$



Hình 5-3

### 5.2.2. Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha

Trong sơ đồ đấu sao ta thấy dòng điện đi trong cuộn dây pha cũng là dòng điện đi trên dây pha tương ứng, nghĩa là dòng điện dây bằng dòng điện pha.

$$i_{PA} = i_{dA}; \quad i_{PB} = i_{dB}; \quad i_{PC} = i_{dC} \text{ hay nói chung } i_p = i_d$$

Từ biểu thức:  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$

Tương ứng ta có:  $U_{AB} = (\varphi_A - \varphi_0) - (\varphi_B - \varphi_0) = U_A - U_B$

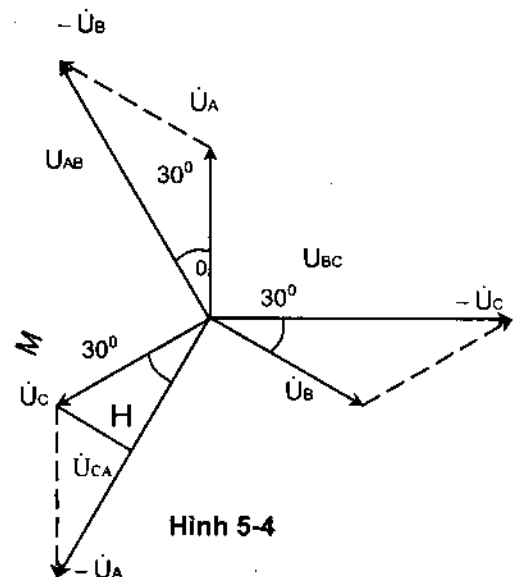
$$\Rightarrow U_{AB} = U_A - U_B; \quad U_{BC} = U_B - U_C; \quad U_{CA} = U_C - U_A$$

- Đồ thị vectơ hệ điện áp 3 pha đấu sao đối xứng (hình 5-4). Từ hình vẽ ta thấy:

+ Về góc pha, điện áp dây vượt trước điện áp pha tương ứng một góc  $30^\circ$ .

+ Về trị số, tam giác vuông OHM có 1 góc nhọn là  $30^\circ$  nên

$$OH = OM \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot OM$$



Hình 5-4

$$U_d = U_{CA} = 20\overline{H} = 2\frac{\sqrt{3}}{2}.0\overline{M} = \sqrt{3} 0\overline{M}$$

Biết  $0\overline{M} = U_C = U_P$ , từ đó ta có  $U_d = \sqrt{3} U_P$ , nghĩa là trong hệ điện áp 3 pha đấu sao đối xứng, trị số điện áp dây bằng  $\sqrt{3}$  lần điện áp pha.

### 5.3. NỐI PHỤ TẢI THÀNH HÌNH SAO

#### 5.3.1. Mạch 3 pha phụ tải đấu sao

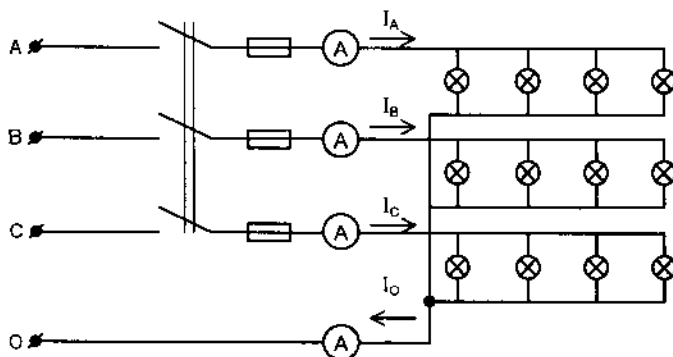
Cũng như máy phát điện, phụ tải 3 pha có thể đấu thành hình sao (mạch 3 pha 4 dây, mạch 3 pha 3 dây).

Giả sử điện áp 3 pha đối xứng với trị số điện áp dây là  $U_d$  thì điện áp đặt vào mỗi pha phụ tải là:  $U_P = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$

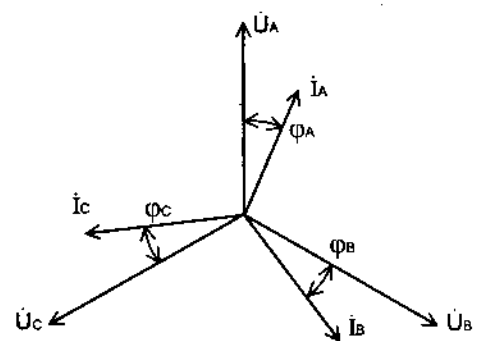
Dòng điện đi trong các pha:  $i_{PA} = i_{dA}$ ;  $i_{PB} = i_{dB}$ ;  $i_{PC} = i_{dC}$

Nếu trở kháng tác dụng của các pha là  $r_A$ ;  $r_B$ ;  $r_C$  và phản kháng là  $X_A$ ;  $X_B$ ;  $X_C$

$$I_{PA} = \frac{U}{Z_A} = \frac{U_d}{\sqrt{R_A^2 + X_A^2}}; I_{PB} = \frac{U}{Z_B} = \frac{U}{\sqrt{R_B^2 + X_B^2}}; I_{PC} = \frac{U}{Z_C} = \frac{U}{\sqrt{R_C^2 + X_C^2}}$$



Hình 5-5: Mạch phụ tải đấu sao



Hình 5-6

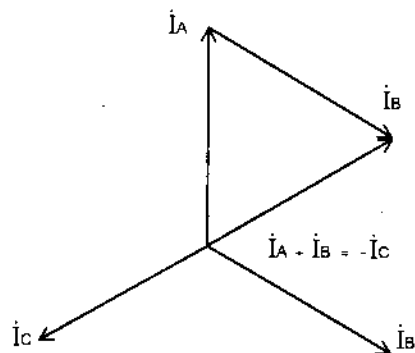
Đồ thị vectơ (hình 5-6): Từ đồ thị vectơ ta thấy các dòng điện pha lệch với điện áp pha tương ứng:  $\text{tg}\varphi_A = \frac{X_A}{R_A}$ ;  $\text{tg}\varphi_B = \frac{X_B}{R_B}$ ;  $\text{tg}\varphi_C = \frac{X_C}{R_C}$

Biểu thức hình sin của dòng điện:

$$i_A = I_{mA} \sin(\omega t - \varphi_A) = I_A \sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi_A)$$

$$i_B = I_{mB} \sin(\omega t - 120^\circ - \varphi_B) \\ = I_B \sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ - \varphi_B)$$

$$i_C = I_{mC} \sin(\omega t - 240^\circ - \varphi_C) \\ = I_C \sqrt{2} \sin(\omega t - 240^\circ - \varphi_C)$$



Hình 5-7

### 5.3.2. Mạch 3 pha đấu sao đối xứng

Phụ tải 3 pha có thành phần trở kháng giống nhau gọi là phụ tải đối xứng:

$$R_A = R_B = R_C = R$$

$$X_A = X_B = X_C = X$$

Nếu 3 pha đấu sao, đặt vào hệ điện áp 3 pha đối xứng ta có mạch 3 pha đối xứng đấu sao và dòng 3 pha cũng đối xứng:

$$I_A = I_B = I_C = \frac{U_F}{Z} = \frac{U_F}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

$$\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C \text{ với } \tan \varphi = \frac{X}{R}$$

Từ đồ thị dòng điện 3 pha đối xứng (hình 5-7).

$$\text{Ta có: } \dot{I}_A + \dot{I}_B = -\dot{I}_C$$

$$\text{Áp dụng định luật Kierchhoff I cho điểm 0 ta có: } \dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

Như vậy, dòng điện trong mạch 3 pha đấu sao đối xứng dòng điện trong dây trung tính bằng 0 (có thể bỏ dây trung tính và ta có 3 pha 3 dây).

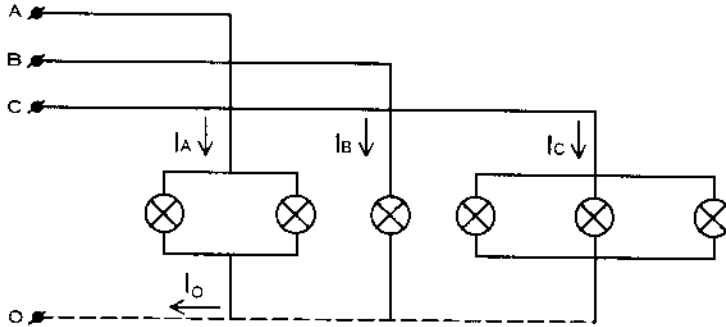
### 5.3.3. Mạch 3 pha có dây trung tính

Nếu phụ tải 3 pha không đối xứng thì hệ dòng điện 3 pha cũng không đối xứng và dòng điện trong dây trung tính sẽ khác không:  $\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \neq 0$

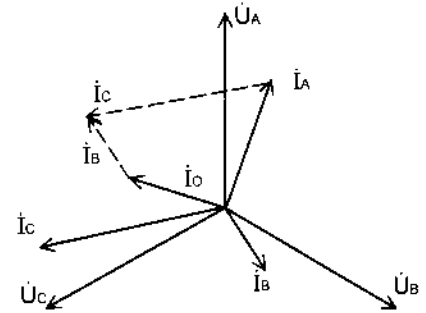
Nếu trong mạch 3 pha phụ tải không đối xứng, không có dây trung tính hoặc dây trung tính bị đứt thì do dòng điện ba pha không cân bằng, sụt áp trên đường dây ở các pha sẽ khác nhau và điện áp 3 pha đặt vào phụ tải cũng mất đối xứng: pha nào có dòng điện nhỏ, điện áp sẽ tăng quá trị số  $U_p$  (bình thường) các bóng đèn hoặc vật tiêu thụ nối vào pha này dễ bị cháy đứt hay bị hư hỏng, ngược lại pha nào dòng điện lớn, điện áp giảm nhỏ hơn  $U_p$  bình thường, đèn chỉ đỏ mờ mờ và các vật tiêu thụ nối vào pha này có thể không làm việc được.

Vì lý do đó, ở mạch 3 pha có tải không đối xứng tức các mạch có phụ tải một pha bao giờ cũng cần có dây trung tính. Để dây trung tính không bị đứt người ta quy định không đặt cầu chì hay cầu dao ở dây trung tính.

Dây trung tính ngoài tác dụng giữ cân bằng điện áp các pha, còn cho phép lấy được hai cấp điện áp một pha ở mạch  $U_p$  và  $U_d$ .



Hình 5-8a: Mạch ba pha 4 dây không đối xứng



Hình 5-8b: Đồ thị vectơ

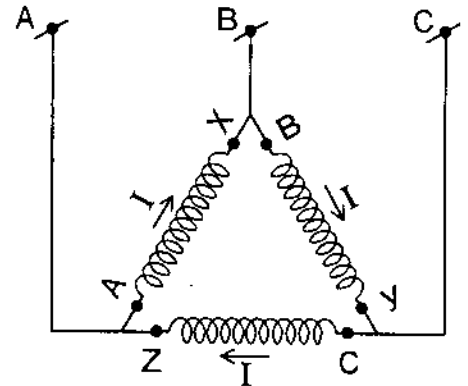
## 5.4. NỐI PHỤ TẢI THÀNH HÌNH TAM GIÁC

### 5.4.1. Đại cương về cách đấu tam giác

Cuộn dây máy phát điện cũng như phụ tải 3 pha đều có thể đấu theo hình tam giác.

Cách đấu như sau: điểm cuối X của pha A đấu với đầu B cuộn pha B; điểm cuối Y của pha B đấu với đầu C của cuộn pha C; điểm cuối Z của cuộn pha C đấu với đầu A.

Như vậy, ba pha sẽ tạo thành một mạch vòng tam giác kín (hình 5-9). Ba đỉnh của tam giác nối với 3 dây dẫn gọi là 3 dây pha.



Hình 5-9

Nếu là đối xứng  $\vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C = -\vec{E}_C$  và ta có suất điện động trong mạch vòng kín:

$$\vec{E}_0 = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C = 0$$

Khi đấu tam giác ta có điện áp đặt vào mỗi pha chính là điện áp dây:  $U_F = U_d$

Dòng điện trong mỗi pha:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_A} = \frac{U_{AB}}{\sqrt{R_A^2 + X_A^2}} ; I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_B} = \frac{U_{BC}}{\sqrt{R_B^2 + X_B^2}} ; I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_C} = \frac{U_{CA}}{\sqrt{R_C^2 + X_C^2}}$$

Góc lệch pha giữa dòng và áp xác định theo biểu thức:

$$\operatorname{tg} \varphi_A = \frac{X_A}{R_A}; \quad \operatorname{tg} \varphi_B = \frac{X_B}{R_B}; \quad \operatorname{tg} \varphi_C = \frac{X_C}{R_C}$$

Áp dụng định luật KiếtShốp I cho các điểm A; B; C

$$i_A = I_{AB} - i_{CA} \text{ hay } I_A = I_{AB} - I_{CA}$$

$$i_B = i_{BC} - i_{AB}$$

$$i_C = i_{CA} - i_{BC}$$

Vậy, khi đấu tam giác, trị số tức thời (hay véc tơ) dòng điện trên mỗi dây bằng hiệu các trị số tức thời (hay véc tơ) của các dòng điện trong 2 cuộn dây pha nối với dây đó.

#### 5.4.2. Mạch 3 pha đấu tam giác đối xứng

Nếu hệ điện áp 3 pha là đối xứng  $U_A = U_B = U_C$  (hình 5-10).

Ta có:  $U_p = U_d$ , tải 3 pha cũng đối xứng:

$$R_A = R_B = R_C \text{ và } X_A = X_B = X_C$$

thì  $I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_{\text{pha}}$

$$\Rightarrow I_{\text{pha}} = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_p}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

$$\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi \text{ với } \operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R}$$

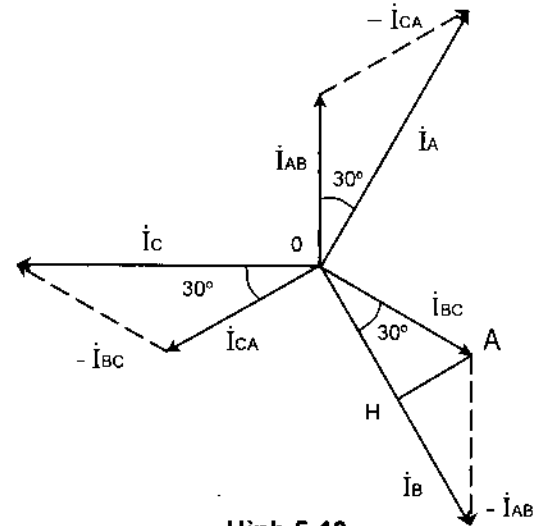
Nghĩa là, nếu điện áp 3 pha là đối xứng đặt vào trở kháng các pha cũng đối xứng thì ta có hệ dòng điện 3 pha cũng đối xứng.

Từ đồ thị véc tơ ta có tam giác OHA có góc nhọn  $30^\circ$  nên  $OH = OA \cdot \cos 30^\circ$

$$\Rightarrow OH = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot OA \text{ mà } OA = I_{BC} = I_{\text{pha}}$$

$$OH = \frac{I_B}{2} = \frac{I_d}{2} \Rightarrow I_d = 2 \cdot OH = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot OA = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{pha}} \Rightarrow I_d = \sqrt{3} \cdot I_p$$

Vậy, ở mạch ba pha đấu tam giác đối xứng dòng điện dây chặm sau dòng điện pha một góc  $30^\circ$  và có trị số bằng  $\sqrt{3}$  lần  $I_{\text{pha}}$ .



Hình 5-10

## 5.5. CÔNG SUẤT MẠCH 3 PHA

### 5.5.1. Công suất mạch 3 pha chung

Hệ thống điện 3 pha là tập hợp ba mạch điện một pha nên công suất chung của hệ thống là tổng công suất các pha.

- Công suất tác dụng các pha:

$$P_A = I_A U_A \cos \varphi_A; \quad P_B = I_B U_B \cos \varphi; \quad P_C = I_C U_C \cos \varphi_C \quad (W)$$

- Công suất tác dụng 3 pha:

$$P = P_A + P_B + P_C = I_A U_A \cos \varphi_A + I_B U_B \cos \varphi_B + I_C U_C \cos \varphi_C$$

- Công suất phản kháng các pha:

$$Q_A = I_A U_A \sin \varphi_A; \quad Q_B = I_B U_B \sin \varphi_B; \quad Q_C = I_C U_C \sin \varphi_C \quad (VAr)$$

Công suất phản kháng ba pha:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = I_A U_A \sin \varphi_A + I_B U_B \sin \varphi_B + I_C U_C \sin \varphi_C$$

- Công suất biểu kiến ba pha:

$$S = S_A + S_B + S_C = I_A U_A + I_B U_B + I_C U_C \quad (VA)$$

### 5.5.2. Công suất mạch 3 pha đối xứng

Trong mạch 3 pha đối xứng, hiệu dụng dòng điện, điện áp và góc lệch pha ở các pha là như nhau:

$$I_A = I_B = I_C = I_p; \quad U_A = U_B = U_C = U_p; \quad \varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi$$

Do đó, công suất các pha bằng nhau:

$$P_A = P_B = P_C = P_p = U_p I_p \cos \varphi$$

$$Q_A = Q_B = Q_C = Q_p = U_p I_p \sin \varphi$$

$$S_A = S_B = S_C = S_p = U_p I_p$$

Công suất 3 pha:  $P = 3P_p = 3U_p I_p \cos \varphi$ ;  $Q = 3Q_p = 3U_p I_p \sin \varphi$ ;  $S = 3S_p = 3U_p I_p$

Nếu mạch 3 pha đấu sao thì:  $U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$ ;  $I_p = I_d$

nên  $P = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} \cdot U_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi$

Nếu mạch ba pha đấu tam giác thì:  $U_p = U_d$ ;  $I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$

$$\text{Suy ra: } P = \sqrt{3} \cdot U_p \cdot \sqrt{3} \cdot I_p \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \cos \varphi$$

Tóm lại, công suất tác dụng mạch 3 pha đối xứng bằng  $\sqrt{3}$  lần tích dòng điện dây, điện áp dây và hệ số công suất pha  $P = \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi$

Tương tự, ta có công suất phản kháng và biểu kiến ba pha:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \sin \varphi; \quad S = \sqrt{3} U_d \cdot I_d$$

## 5.6. CÁCH NỐI NGUỒN VÀ PHỤ TẢI TRONG MẠCH ĐIỆN 3 PHA

### 5.6.1. Cách nối nguồn điện

Các nguồn điện dùng trong sinh hoạt thường nối thành hình sao có dây trung tính. Nối như vậy có ưu điểm là có thể cung cấp 2 điện áp khác nhau: điện áp pha và điện áp dây. Hiện tại ở nước ta vẫn còn tồn tại 2 loại mạng điện: mạng điện 380V/220V ( $U_d = 380\text{V}$ ;  $U_p = 220\text{V}$ ) và mạng điện 220V/127V ( $U_d = 220\text{V}$ ;  $U_p = 127\text{V}$ ).

### 5.6.2. Cách nối động cơ điện 3 pha

Mỗi động cơ 3 pha gồm có 3 dây quấn pha. Khi thiết kế người ta đã quy định điện áp cho mỗi dây quấn. Lúc động cơ làm việc, yêu cầu phải đúng với điện áp quy định ấy. *Ví dụ:* Động cơ 3 pha có điện áp quy định cho mỗi dây quấn là 220V (nghĩa là  $U_p = 220\text{V}$ ), do đó trên nhãn hiệu của động cơ ghi là  $\Delta/Y - 220/380\text{V}$ . Nếu như ta nối động cơ vào làm việc ở mạng điện có điện áp dây là 380V thì động cơ phải được nối hình sao, vì lúc đó điện áp đặt lên mỗi dây quấn pha của động cơ sẽ là:  $U_p = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220\text{V}$ , bằng đúng điện áp quy định. Nếu động cơ ấy làm việc 220/127V có điện áp dây là 220V thì động cơ phải được nối hình tam giác, lúc đó điện áp đặt lên mỗi dây quấn bằng điện áp dây 220V, đúng bằng điện áp quy định.

### 5.6.3. Cách nối các tải 1 pha

Tùy thuộc vào điện áp quy định, lúc thiết kế cho tải 1 pha đã ghi ở nhãn (cho dây quấn động cơ 1 pha hoặc bóng đèn), lúc làm việc yêu cầu đúng điện áp quy định. *Ví dụ:* Động cơ 1 pha điện áp 220V, bóng đèn 220V lúc làm việc ở mạng điện 380/220V thì phải nối giữa dây pha và dây trung tính. Cũng động cơ và bóng đèn ấy nếu làm việc ở mạng 220/127V thì phải nối vào 2 dây pha để mạng điện áp đặt vào thiết bị đúng định mức.

Tuy nhiên, lúc chọn thiết bị trong sinh hoạt, ta cần chọn điện áp thiết bị bằng điện áp pha, như vậy ta đã sử dụng 1 dây pha và dây trung tính. Điện áp đặt lên mỗi đèn, mỗi tải là điện áp pha. Nhờ có dây trung tính nên mặc dù tải không đối xứng, điện áp đặt lên các bóng đèn không vượt quá điện áp pha và khi cầu chì pha nào cháy. *Ví dụ:* Pha A bị đứt cầu chì thì chỉ có đèn pha A không sáng, còn đèn của pha B và pha C vẫn sáng bình thường.

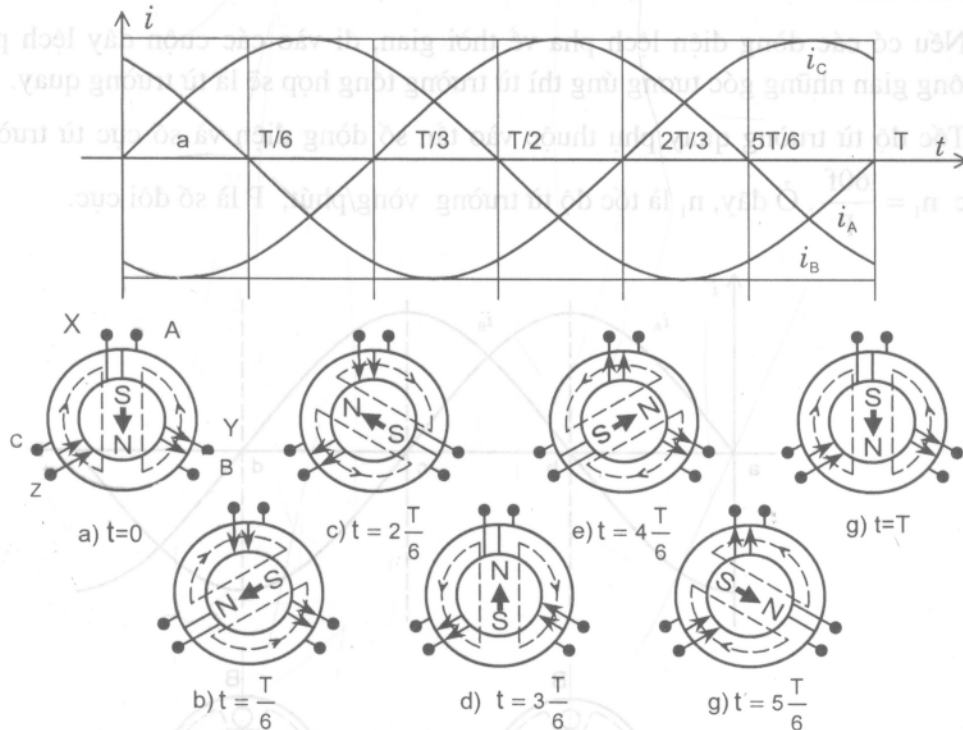
## 5.7. TỪ TRƯỜNG QUAY

### 5.7.1. Sự tạo thành từ trường quay

#### a) Từ trường quay của dòng điện ba pha

Ta xét hệ ba cuộn dây đặt lệch nhau trong không gian một phần ba chu kỳ ( $120^\circ$ ) và đưa vào đó hệ dòng điện 3 pha đối xứng cũng lệch nhau về thời gian là một phần ba chu kỳ hay  $120^\circ$  (hình 5-11a).

Cần chú ý nếu ta chỉ có một cuộn dây có dòng điện xoay chiều qua thì từ trường của dòng điện luôn luôn có phương song song với tâm cuộn dây, trị số và chiều biến thiên theo thời gian, lúc cực đại, lúc bằng không, lúc cực đại âm. Hiện tượng đó giống như sự đập mạch ở mạch máu khi tim đập, nên gọi là từ trường đập mạch. Như vậy, ba cuộn dây pha ở hình 5-11a đều có từ trường đập mạch, nhưng tổng hợp các từ trường đó sẽ là một từ trường khác hẳn. Ta lần lượt xét ở thời điểm khác nhau trong một chu kỳ.



Hình 5-11: Sự tạo thành từ trường quay ở dây quấn ba pha khi có dòng điện ba

- Ở thời điểm  $t = 0$ ;  $i_A = 0$ ;  $i_B = -i_C$  ta vẽ được các đường sức từ trong mạch từ và thấy từ trường tổng hợp có phương vuông góc với đường tâm cuộn AX.

- Ở thời điểm  $t = \frac{T}{6}$ ;  $i_C = 0$ ;  $i_A = -i_B$  cũng vẽ được các đường sức từ và thấy phương của từ trường tổng hợp đã di chuyển đến vuông góc với đường tâm cuộn CZ.

- Tiếp tục xét với  $t = 2\frac{T}{6}$ ,  $t = 3\frac{T}{3} \dots$  cho tới  $t = T$  ta luôn thấy là phương của từ trường tổng hợp đã liên tục di chuyển mỗi lần được  $60^\circ$  ( $1/6$  vòng tròn).

Qua đó, ta có một số nhận xét quan trọng sau đây:

- Khi dòng điện lệch pha nhau về thời gian đi vào các cuộn dây lệch pha nhau trong không gian thì từ trường do chúng sinh ra sẽ tương tự như một hệ nam châm quay.

### b) Từ trường quay của dòng điện hai pha

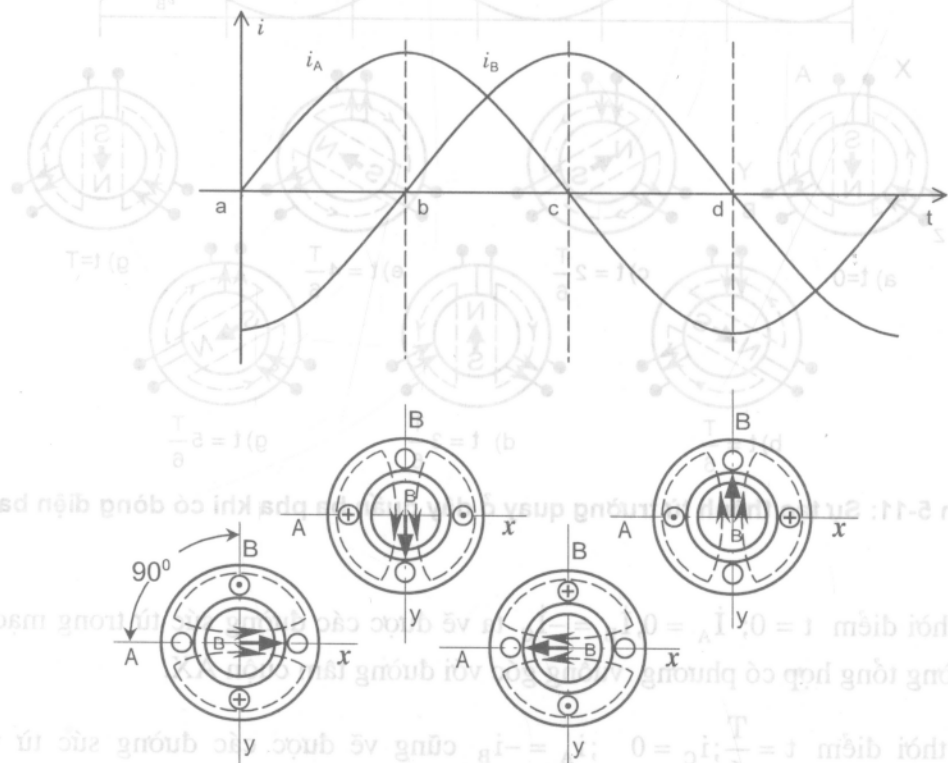
Hai cuộn dây AX và BY đặt lệch nhau  $90^\circ$  trong không gian và đưa vào đó hai dòng điện lệch pha nhau  $90^\circ$  về thời gian (hình 5-12), ta xét lần lượt từ trường tổng hợp tại các thời điểm  $t = 0$ ;  $T/4$ ;  $2T/4$ ;  $3T/4$  kết quả như trên hình vẽ b đã thể hiện, từ trường tổng hợp cũng là từ trường quay, có biên độ bằng chính biên độ từ trường mỗi pha.

### c) Nguyên tắc tạo ra từ trường quay

Từ các điểm nhận xét ở trên, ta rút ra các kết luận sau:

+ Nếu có các dòng điện lệch pha về thời gian, đi vào các cuộn dây lệch pha nhau trong không gian những góc tương ứng thì từ trường tổng hợp sẽ là từ trường quay.

+ Tốc độ từ trường quay phụ thuộc vào tần số dòng điện và số cực từ trường bằng biểu thức  $n_1 = \frac{60f}{P}$ . Ở đây,  $n_1$  là tốc độ từ trường vòng/phút;  $P$  là số đôi cực.



Hình 5-12: Từ trường quay của dòng điện hai pha

### 5.7.2. Nguyên lý của động cơ không đồng bộ ba pha

#### a) Cấu tạo

Gồm 2 phần cơ bản là rôto và stato:

- Rôto: Là lõi thép trên có đặt các thanh dẫn nối với nhau theo kiểu ngắn mạch (rôto lồng sóc) hay theo kiểu dây quấn 3 pha (động cơ ruot quấn).

- Stato: Lõi thép stato trên có đặt dây quấn 3 pha AX; BY; CZ lệch pha nhau trong không gian  $1/3T$  (hay  $120^\circ$ ).

#### b) Nguyên lý làm việc

Sự sản sinh ra dòng xoay chiều 3 pha xét ở đồ thị dòng điện xoay chiều hình sin 3 pha; mỗi pha lệch nhau  $120^\circ$  trong không gian.

Khi đóng điện vào động cơ, dòng điện 3 pha đi vào 3 cuộn dây sinh ra từ trường quay với tốc độ  $n_1$ , từ trường này cắt qua các thanh dẫn rôto, sinh ra dòng điện cảm ứng, chiều xác định theo quy tắc bàn tay phải.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Thế nào là hệ thống điện ba pha? Trình bày nguyên tắc tạo ra suất điện động ba pha.
2. Thế nào là hệ suất điện động (hoặc dòng điện, hoặc điện áp) ba pha cân bằng? Vẽ đồ thị véc tơ và đồ thị hình sin của hệ suất điện động ba pha cân bằng.
3. Cho góc pha đầu điện áp pha A bằng 0, góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp mỗi pha là  $\varphi$ , hệ ba pha là đối xứng. Viết biểu thức điện áp và dòng điện ba pha. Vẽ đồ thị véc tơ.
4. Căn cứ vào số dây dẫn, ta có mấy hệ thống ba pha? Tại sao có thể đấu ba pha thành hình sao hay tam giác? So sánh hai cách đấu này về các mặt: sơ đồ, các đại lượng dây và pha, công suất cũng như ý nghĩa của chúng.
5. Nguồn điện sinh hoạt ghi 220/127V. Giải thích ký hiệu đó. Nếu phụ tải là ba bóng đèn 220V thì đấu như thế nào?
6. Nêu ý nghĩa dây trung tính trong mạch ba pha đấu sao. Trong trường hợp nào có thể bỏ dây trung tính?
7. Hãy giải thích sự tạo thành từ trường quay của dòng điện ba pha và hai pha. Phát biểu nguyên tắc tạo thành từ trường quay.
8. Trình bày nguyên tắc động cơ không đồng bộ ba pha.

## BÀI TẬP

1. Ba cuộn dây giống nhau, mỗi cuộn có  $R = 10\Omega$ ,  $X = 10\Omega$ , đấu hình sao, đặt vào điện áp ba pha cân bằng có  $U_d = 220V$ . Tìm dòng điện trong mỗi cuộn dây, công suất mạch tiêu thụ. Vẽ đồ thị véc tơ.
2. Động cơ ba pha trên biển có ghi  $Y/\Delta$ ,  $380/220V$ . Giải thích ký hiệu đó. Nếu điện áp của nguồn cung cấp là  $U_d = 380V$  thì đấu dây như thế nào?
3. Phụ tải ba pha đối xứng, trở kháng mỗi pha  $R = 5\Omega$ ;  $X = 5\sqrt{3}\Omega$ , đặt vào nguồn có  $U_d = 100V$ . Xác định dòng điện dây, công suất mạch tiêu thụ trong hai trường hợp tải đấu sao và đấu tam giác.
4. Động cơ ba pha đấu tam giác, làm việc với điện áp  $U_d = 120V$ , dòng điện  $I_d = 25A$ , tiêu thụ công suất  $P = 3KW$ . Tìm hệ số công suất của động cơ.
5. Động cơ ba pha đấu tam giác đặt vào lưới điện ba pha  $U_d = 220V$ , tiêu thụ công suất  $P = 5,28KW$ ,  $\cos \varphi = 0,8$ . Xác định dòng điện pha và dây.
6. Mạch ba pha có dây trung tính cung cấp cho bóng đèn,  $U_d = 380V$ . Pha A có 11 bóng đèn  $40W$ ; pha B và C mỗi pha có 2 bóng đèn  $60W$ ; 1 bóng đèn  $100W$ . Tất cả các bóng đèn có điện áp định mức là  $220V$ . Biết điện áp các pha là đối xứng. Tìm dòng điện trong dây trung tính.

## Chương 6

### ĐO ĐIỆN

#### 6.1. KHÁI NIỆM VỀ ĐO ĐIỆN

##### 6.1.1. Khái niệm về phép đo, đo điện

- Đo là quá trình so sánh đại lượng chưa biết với đại lượng cùng loại đã biết chọn làm mẫu gọi là đơn vị.

+ Kết quả đo là một con số gọi là số đo.

+ Dụng cụ để giữ mẫu các đơn vị gọi là mẫu đo.

+ Dụng cụ để thực hiện việc sánh gọi là dụng cụ đo (hay còn gọi là máy đo, đồng hồ đo...).

- Mẫu đo và dụng cụ đo được chia làm 2 loại:

+ *Loại làm mẫu*: Mẫu đo và dụng cụ đo làm mẫu dùng để kiểm tra các mẫu đo và dụng cụ đo khác. Loại này được chế tạo và sử dụng theo các tiêu chuẩn kỹ thuật, đảm bảo làm việc chính xác, được các cơ quan nhà nước bảo quản.

+ *Loại công tác*: Mẫu đo và dụng cụ đo công tác để sử dụng đo trong thực tế (trong phòng thí nghiệm, trong sản xuất...).

##### 6.1.2. Sai số trong phép đo

Khi đo, số chỉ của dụng cụ đo (tức là số đo) ít nhiều đều có sai lệch so với giá trị thực tế của đại lượng cần đo. Gọi số chỉ của dụng cụ đo là  $A_1$  và giá trị thực của đại lượng cần đo là  $A$  thì hiệu  $\Delta A = A_1 - A$  gọi là sai số tuyệt đối của phép đo.

- Tỷ số (tính theo %) giữa sai số tuyệt đối với giá trị đo được của giá trị thực được gọi là sai số tương đối của phép đo:

$$\gamma_A = \frac{\Delta A}{A_1} \cdot 100\% \approx \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\% \quad (1)$$

*Ví dụ*: Đo dòng điện bằng Ampe mét, thấy chỉ  $I_1 = 25A$ , kiểm tra bằng dụng cụ mẫu thấy giá trị thực của dòng điện  $I = 24A$ . Tính sai số tuyệt đối và tương đối của phép đo.

*Giải:* Sai số tuyệt đối của dòng điện đo:

$$\Delta I = I_1 - I = 25A - 24A = 1A$$

Sai số tương đối của dòng điện đo:

$$I = \frac{\Delta I}{I_1} 100\% = \frac{1}{25} 100\% = 4\%$$

Vì  $A_1$  và  $A$  phụ thuộc vào từng phép đo cụ thể, nên sai số tương đối tính theo công thức 1 không đặc trưng được độ chính xác của dụng cụ đo, người ta phải dùng một loại sai số khác gọi là sai số quy đổi.

- Mỗi dụng cụ đo có một giới hạn lớn nhất mà nó có thể đo được gọi là giới hạn đo hay cỡ đo của dụng cụ đo. Tỷ số giữa sai số tuyệt đối với cỡ đo của dụng cụ đo gọi là sai số quy đổi của phép đo ứng với dụng cụ đo đã sử dụng.

$$\gamma_{qd} = \frac{\Delta A}{A_{dm}} 100\%$$

Trong đó:  $\gamma_{qd}$  là sai số quy đổi.

$A_{dm}$  là cỡ đo của dụng cụ đo.

$\Delta A$  là sai số tuyệt đối.

- Mỗi dụng cụ đo có một sai số quy đổi cho phép lớn nhất gọi là cấp chính xác. Cấp chính xác của dụng cụ đo là tỷ số (tính theo %) giữa sai số tuyệt đối lớn nhất cho phép  $A_{max}$  trong điều kiện làm việc bình thường với cỡ đo của nó.

$$\gamma = \frac{\Delta A_{max}}{A_{dm}} 100\%$$

Cấp chính xác là đại lượng đặc trưng cho dụng cụ đo và được tiêu chuẩn hoá.

### 6.1.3. Dụng cụ đo, ý nghĩa phép đo

#### a) Dụng cụ đo

Là những thiết bị dùng để xác định những thông số, giá trị các đại lượng về điện.

#### b) Ý nghĩa phép đo

Dựa vào những phép đo mà người ta có thể biết được giá trị các thông số, các đại lượng về điện. Xem các thông số đó có phù hợp với nhu cầu sử dụng hay không, mạch điện làm việc có đúng giá trị định mức; an toàn hay không?

#### c) Phân loại, ký hiệu

Dựa vào những đại lượng; thông số; cơ cấu đo, người ta có thể phân loại cơ bản những dụng cụ đo như sau:

- Phân loại dụng cụ đo theo đại lượng, thông số cần đo:

+ *Dòng điện:*

- \* Ampe kế: Ký hiệu A
- \* Miliampe kế: Ký hiệu mA
- \* Microampe kế: Ký hiệu là  $\mu A$
- \* Điện kế: Ký hiệu là G

+ *Điện áp:*

- \* Vôn kế: Ký hiệu là V
- \* Kilôvôn kế: Ký hiệu là KV
- \* Milivôn kế: Ký hiệu là mV
- \* Điện kế: Ký hiệu là G

+ *Công suất:*

- \* Oát kế: Ký hiệu là W
- \* Kiloôát kế: Ký hiệu là KW

+ *Tần số kế:* Ký hiệu là Hz

+ *Điện trở:*

- \* Ôm kế: Ký hiệu là  $\Omega$
- \* MEGAôm kế: Ký hiệu là  $M\Omega$

+ Điện dung kế: Ký hiệu là C

+ Điện cảm kế: Ký hiệu là L

*Phân loại dụng cụ đo theo cơ cấu đo:*

+ Dụng cụ đo kiểu từ điện:



+ Dụng cụ đo kiểu điện từ.



+ Dụng cụ đo kiểu điện động:



+ Dụng cụ đo kiểu cảm ứng:



+ Dụng cụ đo kiểu tĩnh điện:



+ Dụng cụ đo kiểu từ điện chỉnh lưu:

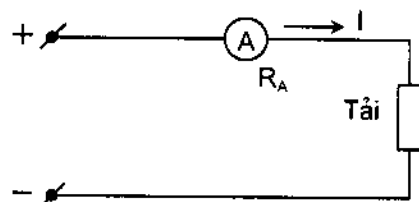


## 6.2. ĐO DÒNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN ÁP

### 6.2.1. Đo dòng điện

Dụng cụ đo dòng điện dưới  $1\mu A$  gọi là điện kế, còn đo dòng điện lớn hơn gọi là microampe - mét, miliampe - mét, ampe - mét và kilôampe - mét, tùy theo giới hạn đo của từng dụng cụ đo.

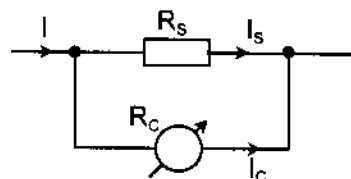
Để đo dòng điện ta mắc ampe - mét nối tiếp với mạch cần đo để dòng điện cần đo  $I$  đi qua nó. Khi đó, điện trở tương đương toàn mạch tăng lên một lượng bằng điện trở trong của ampe - mét  $R_A$  và gây ra sai số. Để tránh sai số,  $R_A$  phải bé tức điện trở của ampe-mét càng bé, càng ít gây sai số.



Hình 6-1

Để đo dòng điện một chiều có thể dùng các ampe-mét từ điện và điện từ (cơ cấu đo điện từ và cơ cấu đo từ điện).

Để mở rộng thang đo (khi dòng điện cần đo vượt quá giới hạn đo của cơ cấu) cho ampe-mét người ta dùng một điện trở sun  $R_s$  nối song song với cơ cấu đo (hình 6-2). Sun thường được làm bằng mangan (Mn) và là hợp kim hầu như không thay đổi điện trở vì nhiệt. Dùng ký hiệu  $R_C$  để chỉ cơ cấu đo và  $R_s$  để chỉ sun.



Hình 6-2

Áp dụng công thức:  $I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

Ta có:  $I_C = I \frac{R_s}{R_C + R_s} \Leftrightarrow I_C (R_C + R_s) = I R_s$

$$\Leftrightarrow \frac{I}{I_C} = \frac{R_C + R_s}{R_s} = 1 + \frac{R_C}{R_s} = n_i \quad (*)$$

\* Ý nghĩa của  $n_i$  là: Sau khi mắc sun, giới hạn đo của ampe-mét lớn gấp  $n_i$  lần giới hạn đo cũ. Vì thế  $n_i$  được gọi là bội số sun. Từ công thức (\*) ta thấy  $R_s$  càng bé so với điện trở cơ cấu thì giới hạn đo càng được mở rộng.

Nếu biết trước  $n_i$  ta có thể tìm được  $R_s$ :

$$\frac{R_C}{R_s} = n_i - 1 \Leftrightarrow R_C = R_s (n_i - 1) \Rightarrow R_s = \frac{R_C}{n_i - 1}$$

Sau khi mắc sun, dòng điện đi vào ampe-mét phân làm 2 thành phần:

- $I_s$  qua sun.
- $I_c$  qua cơ cấu.

Ta biết dòng điện trong các nhánh song song tỉ lệ nghịch với điện trở của chúng:

$$\frac{I_s}{I_c} = \frac{R_c}{R_s}$$

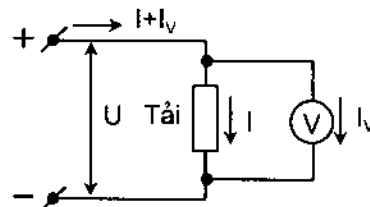
Theo tính chất của tỉ lệ thức:  $\frac{I_s + I_c}{I_c} = \frac{R_c + R_s}{R_s}$

Biết  $I_s + I_c = I$ , ta có:  $\frac{I}{I_c} = \frac{R_c + R_s}{R_s} = 1 + \frac{R_c}{R_s} = n_1$

Ở đây,  $n_1$  được gọi là bội số của sun, nó cho biết sau khi mắc sun thì giới hạn đo của ampe-mét lớn gấp  $n_1$  lần giới hạn đo của ampe-mét khi chưa mắc sun.

### 6.2.2. Đo điện áp

Dụng cụ để đo điện áp là milivôn - mét, vôn - mét hoặc kilôvôn - mét, chọn dụng cụ tùy thuộc vào giới hạn cần đo. Cơ cấu đo của vôn-mét cũng có thể dùng cùng loại với ampe - mét nhưng có giới hạn đo bé, thường không quá 50 đến 100mA. Vôn - mét được mắc song song với mạch cần đo điện áp (hình 6-3) để điện áp cần đo đặt vào nó. Gọi điện áp cần đo là  $U$ , giả thiết  $R_v$  = hằng số ta có:



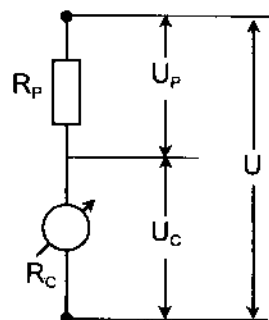
Hình 6-3

$$I_v = \frac{U}{R_v} = \frac{1}{R_v} U$$

( $R_v$  là điện trở trong của vôn - mét).

Nếu biết được  $I_v \rightarrow$  trị số điện áp cần đo. Nghĩa là, từ góc quay  $\alpha$ , biết  $I_v$  thì biết  $U$ . Trên mặt số của Vôn - mét, người ta ghi thẳng trị số của điện áp.

Dòng điện này làm kim cơ cấu quay đi một góc  $\alpha$ , phụ thuộc vào  $I_v$  tức phụ thuộc vào  $U$  (vì  $I_v$  tỉ lệ với  $U$ ). Do đó, từ góc quay của kim ta đọc được trị số điện áp trên thang đo. Thang đo của vôn - mét chia độ theo mV; V; KV tùy theo giới hạn đo. Khi mắc vôn mét vào mạch, dòng điện tăng một lượng bằng  $I_v$  (dòng điện của vôn - mét) gây ra sai số. Để tránh sai số,  $I_v$  càng nhỏ tức  $R_v$  (điện trở trong của vôn - mét) càng lớn càng ít gây sai số.



Hình 6-4

Để mở rộng giới hạn đo của vôn - mét, người ta dùng  $R_p$  mắc nối tiếp với cơ cấu đo (hình 6-4).  $R_p$  cũng thường làm bằng Mn.

Áp dụng công thức:

$$U_1 = U \frac{R_1}{\sum R_i}, \text{ tính điện áp trên cơ cấu theo điện áp chung:}$$

$$U_c = U \frac{R_c}{R_c + R_p} \Rightarrow \frac{U}{U_c} = \frac{R_c + R_p}{R_c} = 1 + \frac{R_p}{R_c} = n_u$$

Trong đó,  $n_u$  gọi là bội số  $R_p$  cho biết khi mắc  $R_p$ , giới hạn đo của vôn - mét được mở rộng lên bao nhiêu lần. Nếu biết  $n_u$  ta tính được trị số  $R_p$ :  $R_p = R_c(n_u - 1)$

Từ (\*) ta thấy,  $R_p$  càng lớn so với  $R_c$  thì giới hạn đo càng được mở rộng.

Khi mắc thêm  $R_p$  thì điện áp cần đo  $U$  gồm 2 thành phần:

- $U_p$  rơi trên điện trở phụ.
- $U_c$  rơi trên điện trở cơ cấu.

Ta biết điện áp rơi trên các điện trở nối tiếp thì tỉ lệ với các điện trở đó:

$$\frac{U_p}{U_c} = \frac{R_p}{R_c}$$

Theo tính chất của tỉ lệ thức:  $\frac{U_p + U_c}{U_c} = \frac{R_p + R_c}{R_c}$

Biết  $U_p + U_c = U$  ta có:  $\frac{U}{U_c} = \frac{R_p + R_c}{R_c} = 1 + \frac{R_p}{R_c} = n_u$

### 6.2.3. Đo công suất, năng lượng điện

#### a) Đo công suất

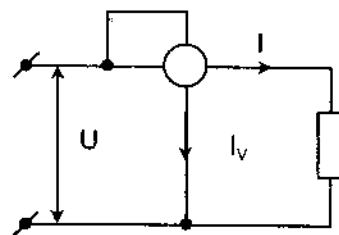
Trong mạch một chiều, công suất có thể đo bằng vôn - mét và ampe - mét theo công thức:

$$P = UI$$

Tuy nhiên, phương pháp này có sai số tương đối lớn và phải dùng tới 2 dụng cụ đo và không phải lúc nào cũng thực hiện được.

*Ví dụ:* Khi phụ tải thay đổi ta không thể cùng một lúc đọc chỉ chính xác số chỉ của cả vôn - mét và am pe mét.

Hình 6-5 là sơ đồ nguyên lý của W mét một pha kiểu điện động. Cuộn dây dòng điện được nối tiếp với phụ tải cần đo, cuộn dây điện áp được nối song song với mạch cần đo.



Hình 6-5

Góc quay của cơ cấu điện động tỉ lệ với tích số của 2 dòng điện  $I$  và  $I_V$ , trong đó  $I_V$  tỉ lệ với điện áp  $U$  vì thế góc quay tỉ lệ với công suất tác dụng  $P = UI \cos\varphi$ .

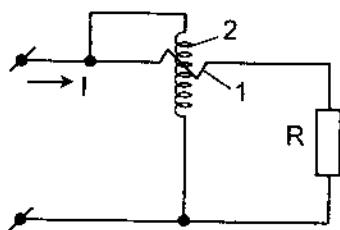
### b) Đo điện năng

Điện năng là sản phẩm chính của ngành điện, vì thế đo điện năng có ý nghĩa rất lớn về mặt kinh tế và kỹ thuật. Người ta phải thực hiện đo điện năng ở khắp nơi: từ nhà máy điện, các trạm phân phối, các lộ đường dây đến từng hộ tiêu thụ.

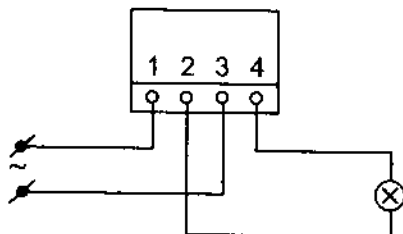
Dụng cụ chính để đo điện năng là máy đếm điện năng, thường gọi tắt là máy đếm (còn gọi là công tơ điện). Hiện nay, thường dùng rộng rãi loại máy đếm cảm ứng.

- Sơ đồ nối dây máy đếm 1 pha.

Đối với mạch 3 pha 3 dây (không có dây trung tính), ta có thể dùng 2 oát kế mắc dây theo sơ đồ (hình 6-6a,b)



Hình 6-6 a



Hình 6-6 b

Trong sơ đồ này:

+ Oát kế 1 có điện áp dây  $U_{AC}$  và dòng điện  $I_A$ ;

+ Oát kế 2 có điện áp dây  $U_{BC}$  và dòng điện  $I_B$ ;

Vì không có dây trung tính nên:  $i_A + i_B + i_C = i_0 = 0 \Rightarrow i_C = -(i_A + i_B)$

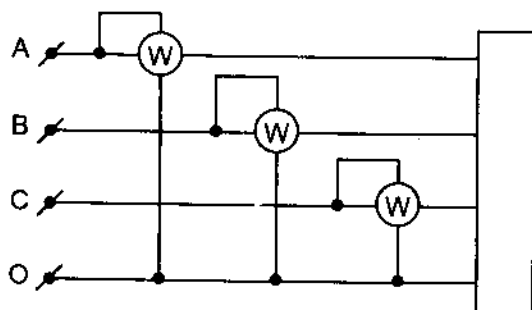
## 6.3. ĐO CÔNG SUẤT MẠCH 3 PHA

### 6.3.1. Công suất mạch 3 pha không đối xứng

Để đo công suất mạch 3 pha ta có thể dùng các  $W$  - mét mắc trên từng pha của mạch 3 pha 4 dây (hình 6-7a).

$$P_A = U_A I_A \cos\varphi_A$$

$$P_B = U_B I_B \cos\varphi_B$$



Hình 6-7 a

$$P_C = U_C I_C \cos \varphi_C$$

$$P_{3pha} = P_A + P_B + P_C$$

Có thể dùng 2 W - mét nối theo sơ đồ (hình 6-7b) để đo công suất mạch 3 pha 3 dây.

Trong đó:

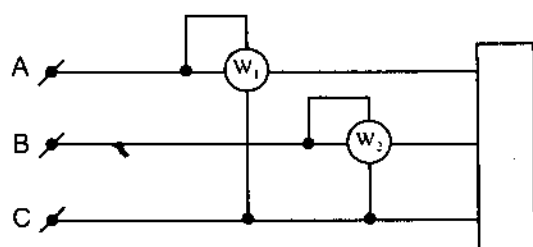
W - mét thứ nhất đo công suất  $W_1$ ;

W - mét thứ hai đo công suất  $W_2$ ;

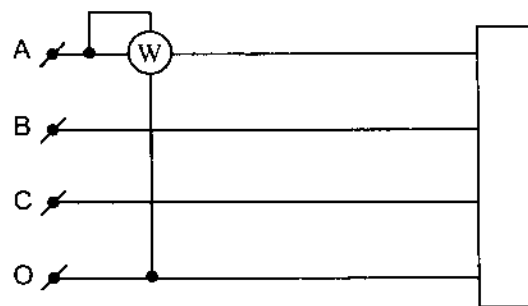
### 6.3.2. Công suất mạch 3 pha đối xứng

Công suất các pha bằng nhau, ta chỉ cần đo công suất một pha (hình 6-7c) rồi nhân ba:

$$P = 3P_p$$



Hình 6-7b



Hình 6-7c

### 6.4. ĐO ĐIỆN TRỞ

Để đo điện trở ta dùng đồng hồ vạn năng. Vị trí các nấc đo được ký hiệu  $\Omega$  hoặc R. Mỗi nấc đo còn có ký hiệu X1 hoặc R1, X10 hoặc R10, X100 hoặc R100...

- Thang độ đọc kết quả được ký hiệu  $\Omega$ , nó được ghi  $0\Omega$  ở bên phải  $\infty\Omega$  ở bên trái đầu mút của thang độ.

Thao tác đo và đọc kết quả đo như sau:

- Trước khi đo R phải chập 2 que đo vào với nhau rồi chỉnh núm để chỉnh kim chỉ thị cho đúng  $0\Omega$  ở bên phải đầu mút của thang độ. Mỗi lần chuyển nấc đo x1 sang x10 hoặc x100 đều phải làm thao tác này.

- Chuyển mạch nấc đo để ở nấc đo x1 trước rồi tiến hành đo R, nếu kim chỉ thị quay nhích ít hoặc không quay thì chuyển sang nấc đo cao hơn (x10 hoặc x100).

- Cách tiến hành đo như sau:

+ Cho 2 đầu que đo tiếp xúc với 2 đầu điện trở cần đo, 2 tay không được chạm vào 2 đầu điện trở. Cần cạo sạch rỉ ở 2 đầu dây của điện trở để que đo tiếp xúc tốt với điện trở.

+ Khi kim chỉ thị nằm ở giữa 1/3 thang độ thì đọc kết quả đo. Ta đọc giá trị A mà kim chỉ ở trên thang độ, kết quả đo sẽ là:  $K = A \cdot x$  (nấc đo tương ứng).

*Ví dụ:* Để ở nấc đo  $\times 100$  mà kim chỉ giá trị 15 ở trên thang độ thì giá trị R sẽ là:

$$K = 15 \times 100 = 1500 (\Omega)$$

*Chú ý:* Trong lúc đo R không được dùng để đo 2 cực của nguồn điện.

Đo R cần phải ngắt 1 đầu điện trở ra khỏi mạch.

## 6.5. CÁC BƯỚC CHUẨN BỊ ĐO

- Trước khi đo 1 đại lượng cần đo nào đó thì đầu tiên phải chuẩn bị được các dụng cụ đo theo đại lượng cần đo và theo loại dòng điện, điện áp phải đo.

- Nếu sử dụng dụng cụ đo là đồng hồ vạn năng thì phải quan sát trên đồng hồ để nhận biết vị trí chuyển mạch nấc đo về đại lượng cần đo và quan sát mặt thang độ để biết thang độ mình cần phải đọc. Còn nếu sử dụng dụng cụ đo là đồng hồ A - mét; V - mét thì phải quan sát các ký hiệu ghi trên mặt đồng hồ để sử dụng cho hợp lý, đồng thời phải quan sát mặt thang độ để biết thang độ mình phải đọc.

- Khi đo dòng điện hoặc đo điện áp cần phải quan sát xem vị trí kim chỉ thị đã ở số 0 chưa. Nếu chưa phải chỉnh cho đúng. Vì  $A_1$  và A phụ thuộc vào từng phép đo cụ thể nên sai số tương đối tính theo biểu thức (1) không đặc trưng được độ chính xác của dụng cụ đo. Người ta phải dùng một loại sai số khác gọi là sai số quy đổi.

- Mỗi dụng cụ đo có một giới hạn lớn nhất mà nó có thể đo được gọi là giới hạn đo (trên) hay cỡ đo của dụng cụ đo.

Tỉ số giữa sai số tuyệt đối với cỡ đo của dụng cụ đo gọi là sai số quy đổi của phép đo ứng với dụng cụ đo đã sử dụng:

$$\gamma_{qd} = \frac{\Delta A}{A_{dm}} 100\%$$

Cấp chính xác là đại lượng đặc trưng cho dụng cụ đo và được tiêu chuẩn hoá.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nêu khái niệm về phép đo, đo điện.
2. Nêu khái niệm về dụng cụ đo, ý nghĩa của phép đo.
3. Nêu cách phân loại, ký hiệu cơ bản của dụng cụ đo.

## Chương 7

### ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP

#### 7.1. CHẤT BÁN DẪN

##### 7.1.1. Chất bán dẫn và đặc điểm của nó

Chất bán dẫn là chất trung gian giữa chất dẫn điện và cách điện, điện trở suất của nó ở giữa  $10^{-6}$  và  $10^8 \Omega m$ . Hiện nay, chất bán dẫn hay dùng nhất là bán dẫn Silic (Silic có rất nhiều và chiếm 28% trong lớp vỏ quả đất, nhưng kỹ thuật để sản xuất Silic tinh khiết thì rất phức tạp, chính vì vậy mà những dụng cụ sử dụng bằng bán dẫn Silic rất đắt so với dụng cụ dùng bán dẫn Gecmani, dù nó là nguyên tố hiếm). Ngoài ra, còn có Selen, Cacbon (Than).

##### 7.1.2. Chất bán dẫn nguyên chất (chất bán dẫn thuần)

Hai chất bán dẫn thuần điển hình là Si và Ge thuộc nhóm 4 có 4 điện tử ngoài cùng. Nếu nguyên chất thì tất cả các điện tử hoá trị của nguyên tử liên hệ với nhau và không có điện tử tự do nên nó cách điện.

Khi đưa một nguồn năng lượng bên ngoài kích thích, điện tử bứt khỏi liên kết ghép đôi trở thành điện tử tự do và để lại một lỗ trống. Như vậy, trong chất bán dẫn thuần mật độ điện tử tự do bằng mật độ lỗ trống.

##### 7.1.3. Chất bán dẫn tạp chất

Có 2 loại chất bán dẫn:

*Chất bán dẫn loại N:* Là chất bán dẫn có nền là nguyên tố nhóm 4, tạp chất là nguyên tố nhóm 5. Khi đó, các nguyên tử tạp chất thừa 1 điện tử vành ngoài liên kết yếu với hạt nhân dễ dàng bị Ion hoá nhờ một nguồn năng lượng, tạo nên một cặp Ion dương tạp chất - điện tử tự do. Do vậy, chất bán dẫn dạng N dẫn điện bằng điện tử tự do, điện tử được gọi là hạt dẫn đa số, lỗ trống là loại hạt thiểu số.

*Chất bán dẫn loại P:* Là chất bán dẫn có nền là nguyên tố nhóm 4, tạp chất là nguyên tố nhóm 3 thiếu một điện tử vành ngoài, nên một liên kết ghép đôi bị khuyết, ta gọi đó là lỗ trống có khả năng nhận điện tử tự do. Do vậy, chất bán dẫn loại P dẫn điện bằng lỗ trống, lỗ trống được gọi là hạt dẫn đa số, điện tử là loại hạt thiểu số.

*\* Nhận xét:* Độ dẫn điện của các chất bán dẫn phụ thuộc vào nồng độ tạp chất, nhiệt độ, ánh sáng, cường độ từ trường. Nếu đưa một điện trường vào một thanh bán dẫn thì các

điện tử chuyển động về phía dương, lỗ trống chuyển động về phía âm tạo nên dòng điện trong chất bán dẫn.

#### 7.1.4. Chất bán dẫn tạp chất

Mật độ điện tử tự do hay mật độ lỗ trống có thể được tăng cường nếu ta pha thêm tạp chất. Có 2 loại bán dẫn điện tạp chất:

*Bán dẫn điện tử (hay bán dẫn loại n):* Có mật độ điện tử nhiều hơn mật độ lỗ trống. Điện tử được gọi là hạt dẫn đa số, lỗ trống là loại hạt dẫn thiểu số.

*Bán dẫn lỗ trống (hay bán dẫn loại P):* Có mật độ điện tử ít hơn mật độ lỗ trống. Lỗ trống được gọi là hạt dẫn đa số, điện tử là loại hạt dẫn thiểu số.

*Ví dụ 1:* Đối với Si (có 4 điện tử hoá trị), nếu ta thêm vào một lượng nhỏ P hay Sb (Antimon) là các nguyên tố thuộc nhóm V của bảng hệ thống tuần hoàn Mendelêép. Các nguyên tử của các chất này có 5 điện tử hoá trị mà trong đó 4 điện tử tạo thành mối liên kết đồng hoá trị với 4 nguyên tử nằm cạnh tình thể bán dẫn, còn lại điện tử thứ 5 được tự do nằm ở tình thể.

*Ví dụ 2:* Cũng đối với Si, nếu ta thêm một lượng nhỏ Al, Bo (B) và Gali (Ga) là các nguyên tố thuộc nhóm III. Chúng là các nguyên tử có 3 điện tử hoá trị, mỗi nguyên tử tạp chất thiếu mất 1 điện tử để tạo thành mối liên kết đồng hoá trị với 4 nguyên tử nằm cạnh của chất bán dẫn như vậy có nghĩa là tạo thành một lỗ trống.

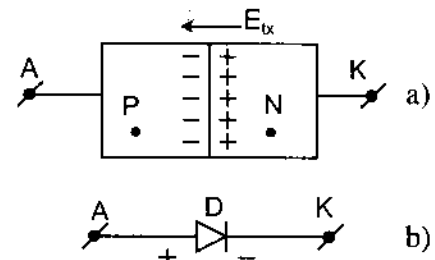
*Kết luận:* Khi đưa tạp chất vào trong một tinh thể bán dẫn tinh khiết sẽ tạo nên sự biến đổi cấu trúc của nó làm xuất hiện một số lượng lớn các điện tích Mani. Tùy thuộc vào bản chất của các tạp chất đưa vào mà điện tích Mani có thể là dương hay âm.

### 7.2. MỘT SỐ LINH KIỆN BÁN DẪN THÔNG DỤNG

#### 7.2.1. Điốt

##### a) Cấu tạo - Ký hiệu

Gồm 2 lớp bán dẫn loại P và N đặt tiếp xúc nhau được bọc trong vỏ bằng kim loại, thuỷ tinh hoặc nhựa có 2 điện cực nối ra ngoài. Cực nối với lớp bán dẫn P gọi là Anốt (A), cực nối với lớp bán dẫn N gọi là Katốt (K) (hình 7-1).



Hình 7-1

##### b) Nguyên lý làm việc

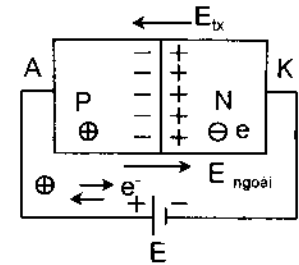
*Khi chưa có điện áp ngoài*

Khi ép 2 tấm bán dẫn loại P và N thì tại chỗ tiếp xúc có sự khuếch tán của điện tử từ lớp N sang lớp P, lỗ trống từ lớp P sang lớp n. Ở vùng tiếp giáp về phía P do mất lỗ trống và nhận thêm điện tử nên mang điện tích âm, về phía N do mất điện tử và nhận thêm lỗ trống

nên mang điện tích dương. Do đó, hình thành một điện trường tiếp xúc ( $E_{tx}$ ) có chiều từ N sang P, điện trường này có xu hướng cản trở chuyển động của dòng khuếch tán từ P sang N làm tốc độ khuếch tán chậm dần và kết thúc ở trạng thái cân bằng động.

*Khi có điện trường ngoài*

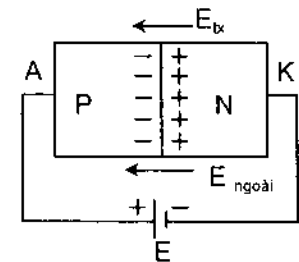
+ Sự phân cực thuận của diốt: Nếu nối 2 đầu của diốt với một điện trường thuận, cực dương nối với P, cực âm nối với N thì tạo ra  $E$  ngoài sẽ ngược chiều với điện trường tiếp xúc ( $E_{tx}$ ) (hình 7-2). Quá trình khuếch tán các phân tử dẫn điện đa số được thúc đẩy nên cho dòng điện lớn đi qua, đó là sự phân cực thuận của diốt.



Hình 7-2

+ Về bản chất: Do tác động của điện trường ngoài nên điện trường tiếp xúc bị khử, các điện tử từ lớp N vượt qua tiếp giáp sang lớp P tác hợp với lỗ trống; các điện tử từ âm nguồn sẽ chạy tới lớp N để thay thế tạo thành dòng điện từ lớp P sang lớp n.

+ Sự phân cực ngược của diốt: Nếu nối 2 đầu diốt với điện trường ngoài, cực dương đầu với Katốt; cực âm nối với Anốt thì điện trường ngoài cùng chiều điện trường tiếp xúc (hình 7-3). Do tác động của điện trường ngoài chống lại sự khuếch tán và chuyển động của các phân tử dẫn điện đa số, các điện tử trong lớp N bị hút về đầu dương mà không vượt qua được tiếp giáp NP, chỉ có rất ít một số các phân tử dẫn điện thiểu số vượt qua được tiếp giáp tạo dòng điện ngược; dòng này rất nhỏ.



Hình 7-3

+ Kết luận: Từ những nguyên lý trên nên ta có kết luận tính chất cơ bản của diốt là dẫn điện 1 chiều từ Anốt sang Katốt.

## 7.2.2. Tranzitor (đèn bán dẫn 3 cực)

### a) Cấu tạo - Ký hiệu

Tranzitor gồm 3 lớp bán dẫn khác loại ghép liên tiếp với nhau (PNP hoặc NPN) theo phương pháp khuếch tán trên một tinh thể bán dẫn.

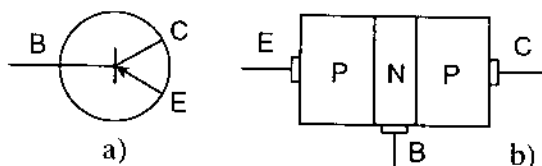
Lớp ở giữa có cấu tạo rất mỏng từ 0,03 - 0,05 mm, có nồng độ tạp chất nhỏ nhất tạo thành cực bazơ còn gọi là cực gốc B (hay còn gọi là cực điều khiển).

Lớp ở ngoài có nồng độ tạp chất lớn nhất tạo thành cực emitơ còn gọi là cực phát E.

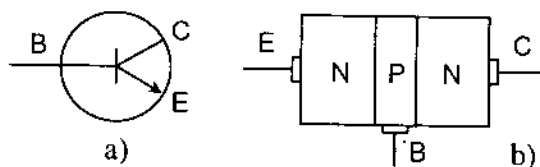
Lớp ở ngoài có nồng độ tạp chất trung bình tạo thành cực colectơ còn gọi là cực góp C (cực thu).

Tranzitor có lớp giữa là N gọi là tranzitor thuận (PNP) (hình 7-4).

Tranzitor có lớp giữa là P gọi là tranzitor ngược (NPN) (hình 7-5).



Hình 7-4



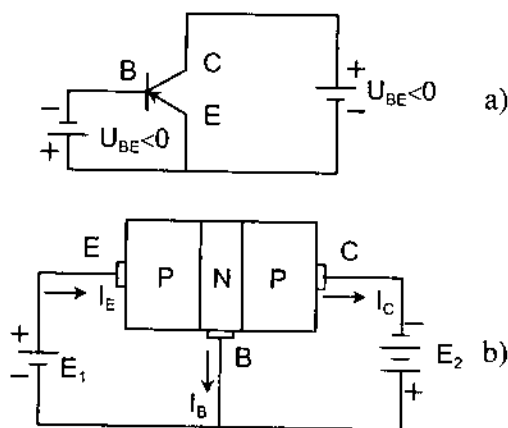
Hình 7-5

Vỏ tranzitor có thể bằng kim loại hoặc bằng nhựa chịu nhiệt, các chân nối với lớp bán dẫn làm bằng đồng hoặc sắt tráng thiếc.

### b) Nguyên lý làm việc

Với tranzito thuận (hình 7-6)

Đặt tiếp giáp EB vào điện trường thuận, E1 cỡ khoảng vài Vôn, đặt tiếp giáp BC vào điện trường ngược E2 với E2 lớn hơn rất nhiều so với E1. Dưới tác dụng của điện trường E1 các lỗ trống của lớp P chuyển động sang lớp N, do cấu tạo lớp gốc rất mỏng và điện trường E2 rất mạnh nên các lỗ trống đó vượt qua tiếp giáp BC tạo nên dòng cực góp  $I_C$ . Chỉ có một số rất ít các điện tích dương ở lớp gốc tới tác hợp với các điện tử tự do đi từ cực âm của nguồn E1 tới tạo nên dòng cực gốc  $I_B$ .



Hình 7-6

Do E2 lớn hơn rất nhiều so với E1 nên  $I_C$  lớn,  $I_B$  nhỏ. Theo định luật KiếtShốp 1, ta có:  $I_E = I_B + I_C$  mà  $I_B$  rất nhỏ có thể bỏ qua nên  $I_E \approx I_C$ .

Nhưng chỉ cần thay đổi một lượng  $I_B$  rất bé cũng làm cho  $I_C$  thay đổi lớn, do đó tranzitor có thể khuếch đại dòng điện.

Chỉ cần thay đổi một lượng rất bé  $U_{BE}$  cũng làm cho  $U_{BC}$  thay đổi lớn. Do đó tranzitor có khả năng khuếch đại điện áp.

+ Hệ số khuếch đại dòng điện:  $k_I = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \alpha$

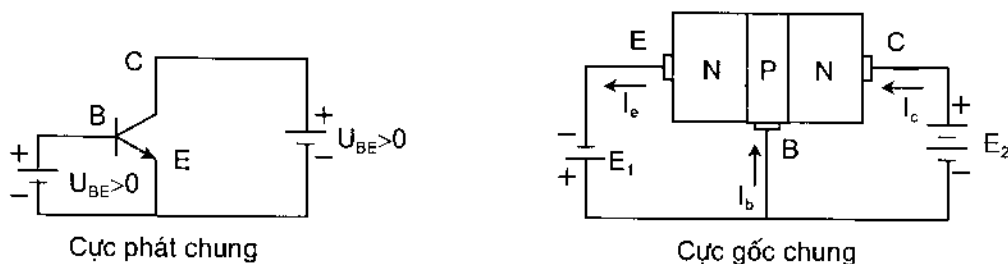
+ Hệ số khuếch đại điện áp:  $k_u = \frac{\Delta U_C}{\Delta U_B} = \beta$

+ Hệ số khuếch đại công suất:  $k_p = k_I \cdot k_u = \alpha \cdot \beta$

Trong đó:  $\Delta I_b$ ;  $\Delta I_c$  là lượng biến thiên dòng điện vào và ra.

$\Delta U_b$ ;  $\Delta U_c$  là lượng biến thiên điện áp vào và ra.

Với tranzitor ngược (hình 7-7):



Hình 7-7

### 7.3. CÁC MẠCH ỨNG DỤNG

#### 7.3.1. Mạch chỉnh lưu một nửa chu kỳ (hình 7-8)

Giả sử ở 1/2 chu kỳ đầu của dòng điện thứ cấp, đầu trên của cuộn thứ cấp có điện áp dương hơn so với đầu dưới của nó. Điốt D được phân cực thuận nên có dòng điện chạy từ đầu trên của cuộn thứ cấp qua điốt D, qua tải ( $R_t$ ) rồi về đầu dưới của cuộn thứ cấp.

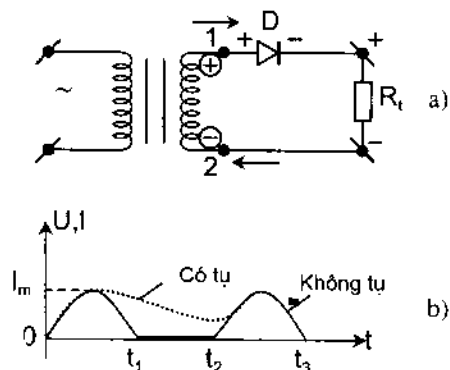
Đồ thị của dòng điện này được biểu thị là một đoạn cong giống như đoạn cong phía trên của hình sin ( $0 - t_1$ ).

Đến 1/2 chu kỳ sau, đầu trên của cuộn thứ cấp có điện áp âm hơn so với đầu dưới của nó, điốt D phân cực ngược nên không có dòng điện chạy qua. Trên đồ thị trong khoảng thời gian này  $I = 0$ , sẽ được biểu thị là một đoạn thẳng nằm trên trục hoành ( $t_1 - t_2$ ).

Đến 1/2 chu kỳ tiếp theo, điốt lại được phân cực thuận và trên tải lại có dòng điện chạy qua như ở 1/2 chu kỳ đầu. Quá trình cứ lặp đi lặp lại và trên tải thu được một dòng điện mấp mô, đứt quãng như trên đồ thị. Đây đã là dòng điện có chiều không thay đổi theo thời gian nhưng trị số của nó còn biến đổi nhiều (Không bằng phẳng).

#### Ứng dụng

Dòng này có thể nạp ắc quy. Nhưng để chạy các máy thu thanh, thu hình thì cần phải có bộ lọc để làm cho nó bằng phẳng hơn. Để giảm bớt sự mấp mô của dòng điện sau chỉnh lưu người ta dùng mạch chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ.

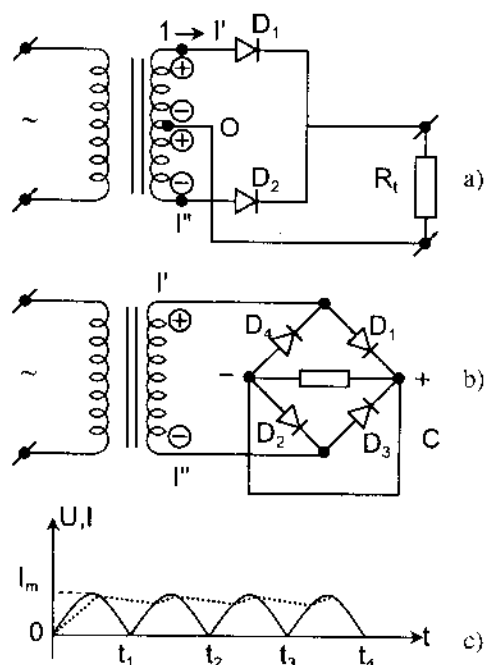


Hình 7-8

### 7.3.2. Mạch chỉnh lưu cả chu kỳ (hình 8-10)

Giả sử ở 1/2 chu kỳ đầu, dấu của điện áp trên cuộn thứ cấp được phân bố như hình vẽ. Điốt D1 được phân cực thuận còn điốt D2 được phân cực ngược ta có dòng  $I'$  chạy từ đầu trên của cuộn thứ cấp qua D1, qua tải rồi về điểm giữa của biến áp. Dòng này được thể hiện bởi đoạn cong (O đến t1) trên đồ thị.

Đến 1/2 chu kỳ sau sự phân bố dấu trên cuộn thứ cấp được đảo ngược lại. Điốt D2 được phân cực thuận còn điốt D1 được phân cực ngược, ta có dòng  $I''$  chạy từ đầu dưới của cuộn thứ cấp qua D2, qua  $R_t$  rồi về điểm giữa của cuộn thứ cấp. Dòng điện này được thể hiện bằng đoạn cong (t1 - t2) trên đồ thị. Quá trình cứ tiếp diễn như thế và trên tải ta thu được dòng điện một chiều như đồ thị của mạch chỉnh lưu 1/2 chu kỳ.



Hình 7-9

Do dòng điện ra trên tải xuất hiện trong cả 2 nửa chu kỳ nên độ lớn của nó được tăng gấp đôi so với dòng điện ở mạch nửa chu kỳ. Cũng do không có chỗ bị ngắt quãng nên bộ lọc dùng trong bộ chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ đơn giản hơn nhiều so với bộ lọc dùng trong mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ. Mạch chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ như hình 7-9a đòi hỏi số vòng cuộn thứ cấp phải gấp đôi số vòng cuộn thứ cấp và phải có điểm giữa thật cân đối. Để khắc phục nhược điểm này người ta dùng mạch nửa 2 nửa chu kỳ kiểu cầu như hình 7-9b.

Nguyên lý hoạt động như sau:

Giả sử ở 1/2 chu kỳ đầu, đầu trên của cuộn thứ cấp có điện áp dương hơn so với đầu dưới của nó. Các điốt D1 và D2 phân cực thuận còn các điốt D3 và D4 phân cực ngược, ta có dòng  $I'$  chạy từ đầu trên của cuộn thứ cấp qua D1, qua  $R_t$ , qua D2 rồi về đầu dưới của cuộn thứ cấp.

Đến 1/2 chu kỳ sau, sự phân bố dấu trên hai đầu cuộn thứ cấp được đổi ngược lại, lúc này điốt D3 và D4 được phân cực thuận còn điốt D1 và D2 được phân cực ngược. Ta có dòng  $I''$  chạy từ đầu dưới của cuộn thứ cấp qua D3, qua  $R_t$ , qua D4 rồi về đầu trên của cuộn thứ cấp.

Như vậy, trong cả 2 nửa chu kỳ trên tải đều có dòng điện chạy qua. Dạng của dòng điện này cũng hoàn toàn giống như dạng của dòng điện trên đồ thị của mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ (hình 7-9c). Mạch này có ưu điểm là biến áp không cần có số vòng nhiều gấp đôi so với biến áp ở mạch chỉnh lưu 1/2 chu kỳ, nhưng lại có nhược điểm là phải dùng tới 4 điốt.

Cho dù là mạch chỉnh lưu 1/2 chu kỳ hay mạch chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ thì điốt lắp vào biến áp phải chịu được dòng lớn hơn dòng lớn nhất cần đưa ra tải và điện áp đánh thủng của điốt cũng phải lớn hơn điện áp phân cực ngược trên nó.

## **CÂU HỎI ÔN TẬP**

1. Trình bày khái niệm về chất bán dẫn.
2. Nêu cấu tạo, trình bày nguyên lý làm việc của điốt và tranzitor.
3. Trình bày nguyên lý làm việc của mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ và mạch chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ. Ưu và nhược điểm của từng mạch.

## *Phần 2*

---

# **MÁY ĐIỆN**

## KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN

### A. ĐỊNH NGHĨA

Máy điện là thiết bị điện từ, nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ. Về cấu tạo máy điện gồm mạch từ và mạch điện dùng để biến đổi dạng năng lượng như cơ năng thành điện năng (máy phát điện) hoặc ngược lại biến đổi điện năng thành cơ năng (động cơ điện), hoặc dùng để biến đổi thông số điện như biến đổi điện áp, dòng điện, tần số, số pha...

### B. PHÂN LOẠI

Máy điện có nhiều loại được phân loại theo nhiều cách khác nhau, ví dụ phân loại theo công suất, theo cấu tạo, theo chức năng, theo loại dòng điện (xoay chiều, 1 chiều), theo nguyên lý làm việc...

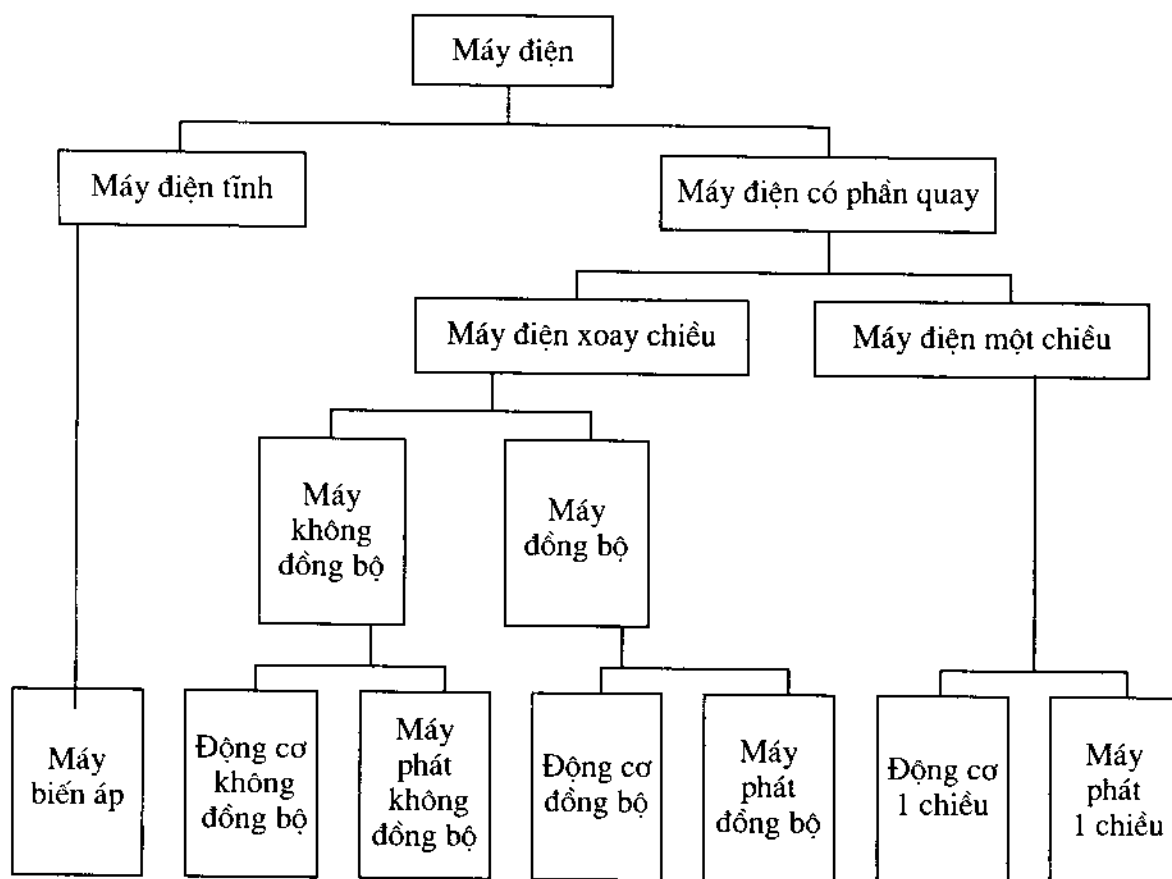
#### *\* Máy điện tĩnh*

Máy điện tĩnh thường gặp là máy biến áp. Máy điện tĩnh làm việc trên hiện tượng cảm ứng điện từ do sự biến thiên từ thông giữa các cuộn dây không có chuyển động tương đối với nhau.

#### *\* Máy điện có phần động*

Nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ, lực điện từ, do từ trường và dòng điện các cuộn dây có chuyển động tương đối với nhau gây ra. Loại máy điện này thường dùng để biến đổi loại năng lượng, ví dụ biến đổi điện năng thành cơ năng (động cơ điện) hoặc biến đổi cơ năng thành điện năng (máy phát điện). Quá trình biến đổi có tính thuận nghịch, nghĩa là máy điện có thể làm việc ở chế độ máy phát điện hoặc động cơ điện.

### C. SƠ ĐỒ PHÂN LOẠI MÁY ĐIỆN THÔNG DỤNG THƯỜNG GẶP



# Chương 1

## MÁY BIẾN ÁP

### 1.1. KHÁI NIỆM CHUNG

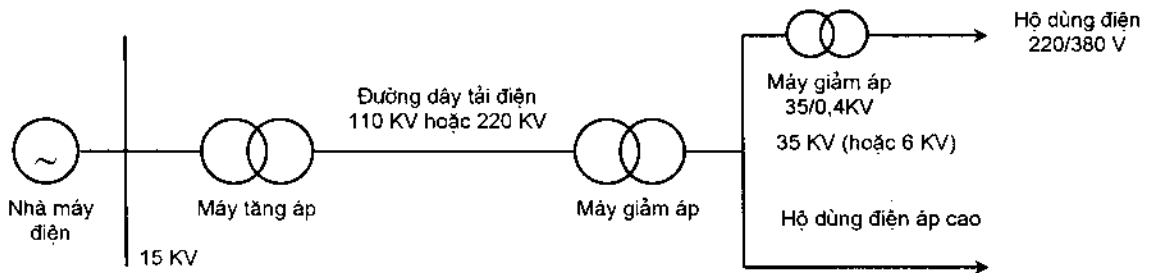
#### 1.1.1. Định nghĩa

- Máy biến áp là thiết bị điện từ tĩnh, dùng để biến đổi dòng điện xoay chiều từ cấp điện áp này sang cấp điện áp khác với tần số không đổi.

- Máy biến áp dùng để truyền tải năng lượng điện, từ nhà máy phát điện tới nơi tiêu thụ qua đường dây dài. Để tiết kiệm dây dẫn và giảm tổn hao năng lượng, trong quá trình truyền tải phải nâng cao điện áp, khi tới nơi tiêu thụ thì lại hạ điện áp xuống cho phù hợp với điện áp cần thiết của các thiết bị dùng điện.

- Trong hệ thống điện lực, máy biến áp dùng để tăng điện áp gọi là máy tăng áp và máy biến áp dùng để hạ điện áp gọi là máy giảm áp.

- Sơ đồ hệ thống truyền tải phân phối điện (hình 1-1)



Hình 1-1

Ví dụ: Nhà máy thủy điện Hoà Bình → Máy tăng áp → đường dây 220KV → Máy giảm áp (Trạm Tía) → Máy biến áp Trường (xí nghiệp) → Hệ dùng điện (xưởng trường, phòng học, phòng làm việc).

#### 1.1.2. Phân loại

+ Theo phạm vi ứng dụng chia thành

- Máy biến áp điện lực dùng để tăng giảm điện áp trong hệ thống truyền tải từ nơi sản xuất đến hệ dùng điện.

- Máy biến áp nguồn chính lưu: dùng trong hệ thống nắn điện.
- Máy biến áp hàn.
- Máy biến áp đo lường: máy biến dòng và biến điện áp.
- Máy biến áp có công dụng đặc biệt.

+ *Theo số pha có:*

- Máy biến áp 1 pha.
- Máy biến áp 3 pha và nhiều pha.

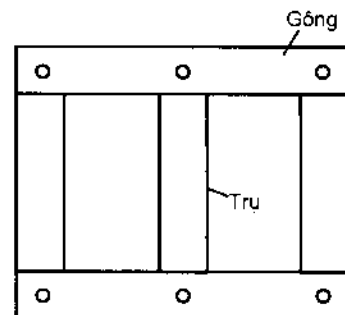
+ *Theo phương pháp làm mát*

- *Máy biến áp kiểu khô:* Làm mát bằng không khí, loại này thường công suất nhỏ, nhiệt lượng máy biến áp tản vào không khí xung quanh. Ví dụ: máy biến áp hàn, biến áp gia đình...

- *Máy biến áp dầu:* Làm mát tự nhiên trong dầu, áp dụng với máy công suất lớn (loại này dây quấn được ngâm trong dầu cách điện, nhiệt lượng toả ra trong ống tản nhiệt và thùng dầu).

- Máy biến áp làm mát bằng thông gió mạnh là máy biến áp kiểu dầu có đặt quạt thông gió.

- *Máy biến áp kiểu dầu tuần hoàn cưỡng bức:* Hai loại này dùng cho máy công suất rất lớn.



Hình 1-2

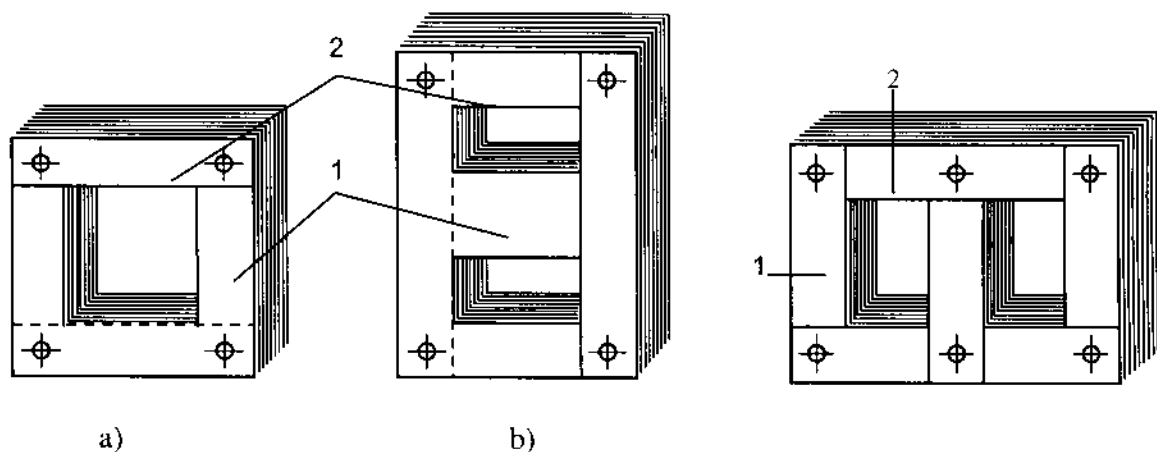
## 1.2. CẤU TẠO MÁY BIẾN ÁP

### 1.2.1. Lõi thép

Hay còn gọi là mạch từ dùng để dẫn từ trường trong máy. Nó được chế tạo bằng vật liệu dẫn từ tốt như thép lá kỹ thuật (tôn Silíc) có độ dày từ  $0,35 \div 0,5\text{mm}$  trên bề mặt có sơn cách điện ghép lại với nhau.

\* *Lõi thép bao gồm phần trụ và gông (hình 1-2)*

- + Trụ là phần của mạch từ trên có đặt dây quấn.
- + Gông từ là phần mạch từ dùng để nối giữa các trụ tạo thành một mạch từ khép kín.
- + Mạch từ có 3 loại:
  - Mạch từ không có gông từ bao quanh cuộn dây gọi là mạch từ kiểu lõi (trụ).
  - Mạch từ có gông từ bao quanh cuộn dây gọi là mạch từ kiểu vỏ (kiểu bọc).



**Hình 1-3: Các dạng mạch từ của MBA**

- |                      |            |
|----------------------|------------|
| a) Mạch từ dạng U, I | 1. Trụ từ  |
| b) Mạch từ dạng E, I | 2. Gông từ |

### 1.2.2. Dây quấn

+ Dây quấn cũng là bộ phận cơ bản của máy biến áp có tác dụng tạo ra từ trường cần thiết và cảm ứng ra suất điện động. Dây quấn được chế tạo bằng dây đồng hoặc dây nhôm, được cách điện bằng một lớp sơn emay, sợi cotton, cách điện với nhau và cách điện với vỏ máy thủy tinh hoặc bằng vải.

+ Các máy biến áp thông thường đều có 2 dây quấn:

- Dây sơ cấp là dây nối với nguồn.
- Dây thứ cấp là dây nối ra tải.

+ Tùy theo cách bố trí từng máy mà cuộn dây cao áp và hạ áp có thể quấn theo kiểu đồng tâm thành từng lớp hoặc quấn xen kẽ. Giữa cao áp và hạ áp có cách điện tốt.

### 1.2.3. Vỏ và nắp máy (đối với máy biến áp động lực)

- Vỏ thường có cấu tạo kiểu thùng đáy chữ nhật hoặc ôvan dùng để bảo vệ máy và đựng dầu làm mát. Loại máy biến áp công suất lớn vách thùng có gắn các ống tản nhiệt để làm tăng bề mặt làm mát của thùng dầu (ống tản nhiệt có thể tròn, ô van, chữ nhật...).

- Dầu đổ trong thùng máy biến áp là dầu cách điện (dầu trung tính, dầu khoáng tinh khiết).

- Nắp máy: Để lắp kín vỏ trên nắp có gắn 3 sứ cao áp và 4 sứ hạ áp để dẫn điện vào máy và từ cuộn dây máy biến áp ra. Ngoài ra, trên nắp còn gắn thùng dầu phụ (bình giãn dầu có tác dụng để bổ sung dầu và tránh cho dầu trong thùng bị ẩm, có ống phòng nổ để bảo vệ thùng không bị phá hỏng khi sự cố, có đầu phân áp để điều chỉnh điện áp ra).

- Một số máy biến áp công suất  $\geq 560\text{KVA}$  làm việc trong nhà và  $> 1000\text{KVA}$  ngoài trời còn trang bị role hơi để bảo vệ ngắn mạch trong cuộn dây máy biến áp.

- Đối với máy biến áp có công suất nhỏ làm mát tự nhiên vỏ và nắp máy dùng để bảo vệ dây quấn và mạch từ, trên đó người ta còn lắp đặt các thiết bị đo, đóng cắt và bảo vệ, ngoài ra vỏ và nắp còn đảm bảo an toàn cho người sử dụng.

### 1.3. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

Máy biến áp làm việc dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ

#### 1.3.1. Quá trình hình thành suất điện động (E)

Khảo sát một máy biến áp 1 pha hai dây quấn (hình 1-4).

- Khi đấu cuộn dây  $W_1$  vào nguồn điện xoay chiều có điện áp  $U_1$  và tần số  $f_1$  trong cuộn  $W_1$  xuất hiện dòng  $i_1$ , là dòng xoay chiều chạy trong  $W_1$  sinh ra sức từ động  $F_1 = I_1 \cdot W_1$ .

$F_1$  sinh ra từ thông  $\phi_1$  là từ thông biến thiên được xác định  $\phi_1 = \phi_m \cdot \sin \omega t$

(Trong máy biến áp, ngoài từ thông móc vòng chính trong lõi thép còn có 1 phần móc vòng ra ngoài không khí rất nhỏ gọi là từ thông tản).

Từ thông chính móc vòng trong cuộn  $W_1$  sinh ra suất điện động tự cảm  $e_1$  có trị số

$$e_1 = -W_1 \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

Trong đó:  $W_1$  là số vòng của cuộn sơ cấp.

$\frac{d\phi}{dt}$  là tốc độ biến thiên của từ thông.

Từ thông  $\phi_1$  móc vòng sang cuộn  $W_2$  sinh ra suất điện động cảm ứng  $e_2$  có trị số:

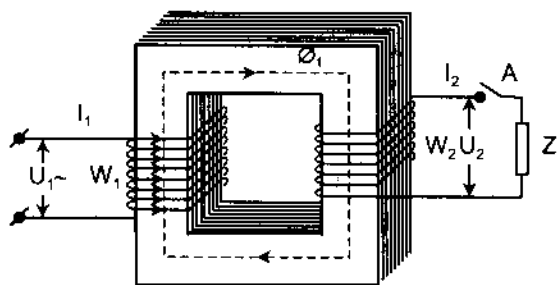
$$e_2 = -W_2 \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

Lấy đạo hàm  $e_1$  ta có :  $e_1 = -W_1 \cdot \frac{d\phi}{dt} = -W_1 \frac{d(\phi_m \cdot \sin \omega t)}{dt}$

$$\Rightarrow e_1 = -W_1 \cdot \omega \cdot \phi_m \cdot \cos \omega t$$

Tương tự

$$e_2 = -W_2 \cdot \omega \cdot \phi_m \cdot \cos \omega t$$



Hình 1-4

Mà  $\cos \omega t = -\sin(\omega t - \pi/2)$

$$\Rightarrow e_1 = W_1 \cdot \omega \cdot \phi_m \cdot \sin(\omega t - \pi/2)$$

$$e_2 = W_2 \cdot \omega \cdot \phi_m \cdot \sin(\omega t - \pi/2)$$

Như vậy: Suất điện động chậm pha so với từ thông một góc  $\pi/2$ .

- Nếu bỏ qua điện trở dây quấn và từ thông tản ra ngoài không khí thì:  $U_1 \approx E_1$ ,  $U_2 \approx E_2$

Trong đó,  $U_2$  chính là điện áp đã được biến đổi để cung cấp cho tải hoạt động.

- Nếu máy không tải thì  $I_2 = 0$  từ thông chính  $\phi$  chỉ do dòng sơ cấp sinh ra.

- Nếu máy mang tải thì có dòng  $I_2$  khi ấy từ thông chính đồng thời do  $I_1$  và  $I_2$  sinh ra:

$$\vec{\phi} = \vec{\phi}_1 + \vec{\phi}_2$$

### 1.3.2. Trị số suất điện động

- Trị số cực đại của suất điện động sơ cấp là  $E_{m1}$ :

$$E_{m1} = W_1 \cdot \omega \cdot \phi_m \quad (\text{mà } \omega = 2\pi f)$$

- Giá trị hiệu dụng là  $E_1$ :

$$E_1 = \frac{E_{m1}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f \cdot W_1 \cdot \phi_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} W_1 \cdot f \cdot \phi_m$$

$$\Rightarrow E_1 = 4,44 \cdot W_1 \cdot f \cdot \phi_m$$

$$\text{Tương tự: } E_2 = 4,44 \cdot W_2 \cdot f \cdot \phi_m$$

### 1.3.3. Tỷ số biến áp

#### 1. Khi máy không tải

Cầu dao A mở;  $I_2 = 0$ , suất điện động trong  $W_2$  là  $E_2 = U_2$  vì  $R_1$  nhỏ.

Ta coi  $U_1 = E_1$ , do vậy tỷ số biến áp  $K$  tính bằng công thức:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44 \cdot W_1 \cdot f \cdot \phi_m}{4,44 \cdot W_2 \cdot f \cdot \phi_m} = \frac{W_1}{W_2}$$

Trong đó  $U_1$ : Trị số hiệu dụng của điện áp sơ cấp.

$U_2$ : Trị số hiệu dụng của điện áp thứ cấp.

Tỷ số biến áp cho biết máy biến áp có thể tăng hoặc giảm áp bao nhiêu lần.

### 1.3.3. Trường hợp máy mang tải

- Đóng cầu dao A phụ tải Z được nối vào thứ cấp, suất điện động  $E_2$  sinh  $i_2$  chạy trong  $W_2$ ,  $i_2$  sinh ra  $\phi_2$  chạy trong mạch từ hợp với  $\phi_1$  tạo ra từ thông tổng  $\phi_m$  trong mạch từ,  $\phi_2$  ngược  $\phi_1$ .

Giả sử bỏ qua tổn thất, ta có công suất đưa vào sơ cấp là  $S_1 = U_1 \cdot I_1$  phải bằng công suất lấy ra ở thứ cấp:  $S_2 = U_2 \cdot I_2 \Rightarrow U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$

$$\rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Như vậy, một máy biến áp lý tưởng tức không có tổn hao thì điện áp sơ cấp và thứ cấp tỉ lệ với số vòng dây và dòng điện sơ cấp và thứ cấp sẽ tỉ lệ nghịch với số vòng của nó.

## 1.4. CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT MÁY BIẾN ÁP

Là đại lượng định mức do nhà chế tạo quy định và được ghi trên nhãn máy nhằm đảm bảo cho người vận hành sao cho máy làm việc an toàn và kinh tế nhất. Các thông số bao gồm:

+ Điện áp định mức sơ cấp  $U_{1dm}$ , đơn vị V, KV: Là trị số điện áp đặt vào cuộn sơ cấp của máy biến áp khi máy làm việc bình thường. Nếu là máy biến áp 3 pha thì là  $U_d$ .

+ Điện áp định mức ở thứ cấp  $U_{2dm}$  (V, KV): Đây là điện áp tại thứ cấp khi máy biến áp không tải và điện áp đặt vào sơ cấp là định mức.

+ Công suất biểu kiến định mức  $S_{dm}$  còn gọi là dung lượng của máy biến áp, đặc trưng cho khả năng chuyển tải năng lượng của máy và thường được tính tại thứ cấp.

- Đối với máy biến áp 1 pha:  $S_{dm} = U_{2dm} \cdot I_{2dm}$

- Đối với máy biến áp 3 pha:  $S_{dm} = \sqrt{3} \cdot U_{2dm} \cdot I_{2dm}$

+ Dòng điện định mức ở sơ cấp  $I_{1dm}$ , ở thứ cấp  $I_{2dm}$

+  $I_{2dm}$  là dòng điện cuộn thứ khi điện áp định mức và phụ tải là định mức

+  $I_{1dm}$  là dòng điện trong cuộn dây sơ cấp khi dòng điện trong cuộn dây thứ cấp là định mức.

+ Tần số định mức:  $f_{dm}$ , đây là tần số của nguồn điện đặt vào sơ cấp.

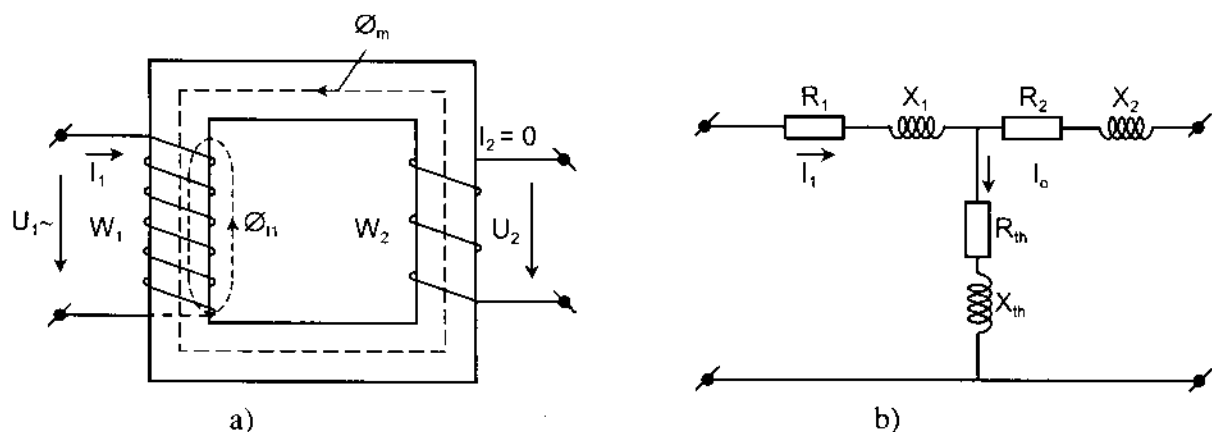
Ngoài các đại lượng định mức trên, thì nhãn máy còn ghi: số pha, tổ đấu dây, điện áp ngắn mạch  $U_k \% (U_n \%)\dots$

## 1.5. CÁC TRẠNG THÁI LÀM VIỆC

### 1.5.1. Trạng thái không tải

Trạng thái không tải là trạng thái cuộn sơ cấp máy biến áp nối vào lưới điện ( $U_{dm}$ ) và thứ cấp để hở mạch (hình 1 - 5a).

Sơ đồ thay thế (hình 1 - 5b):



Hình 1-5

#### \* Phương trình cân bằng điện áp

Khi đóng điện áp xoay chiều  $U_1$  vào cuộn  $W_1$  sinh ra dòng điện  $I_1$  chạy trong  $W_1$  có điện trở thuần là  $R_1$ , gây ra sụt áp là  $I_1 R_1$ , đồng thời từ thông chính do  $I_1 W_1$  sinh ra làm cảm ứng trong  $W_1$  một suất điện động là:

$$E_1 = 4,44 \cdot W_1 \cdot f \cdot \phi_m$$

Đồng thời,  $I_1$  còn sinh ra từ thông tản ( $\phi_{l1}$ ) chỉ móc vòng ở dây sơ cấp, nên nó cảm ứng trong  $W_1$  một suất điện động tỉ lệ với dòng điện  $I_1$ , đó là  $e_{l1} = -L_1 \cdot \frac{dI_1}{dt}$ , suất điện động này chậm pha so với  $I_1$  một góc  $90^\circ$ .

Ta có phương trình:  $\bar{U}_1 = -\bar{E}_1 + \bar{E}_{l1} + \bar{I}_1 \cdot \bar{R}_1$ , nếu bỏ qua từ thông tản thì  $\bar{U}_1 = -\bar{E}_1 + \bar{I}_1 \cdot \bar{Z}_1$

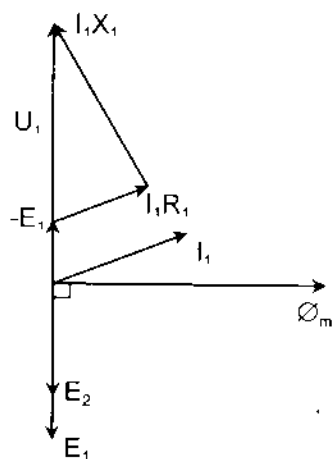
$Z_1$  là tổng trở dây sơ cấp có trị số:  $Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2}$  mà  $X_1 = \omega \cdot L_1$  gọi là điện kháng của cuộn dây sơ cấp.

#### \* Đồ thị vectơ (hình 1 - 6)

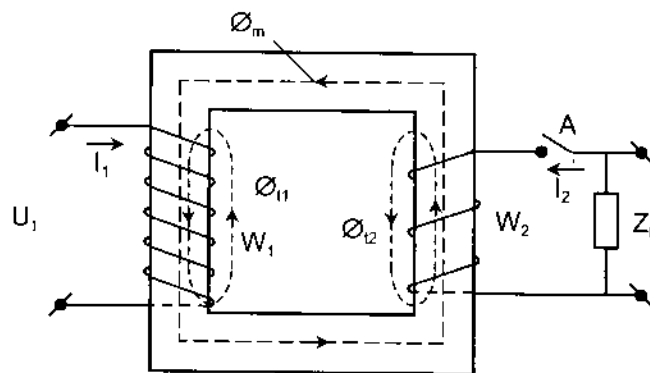
Khi không tải thì  $I_2 = 0$  cho nên  $I_1 = I_0$  ( $I_1$  chính là dòng từ hoá).

Cách vẽ: Chọn  $\phi_m$  làm gốc,  $E_1$  và  $E_2$  chậm sau  $\phi_m$  một góc  $\pi/2$ :

### 1.5.2. Trạng thái có tải



Hình 1-6



Hình 1-7

Trạng thái có tải là trạng thái sơ cấp của Máy biến áp đặt vào điện áp định mức và thứ cấp được nối với phụ tải (hình 1 - 7). Khi đóng  $Z_T$  vào thứ cấp của máy biến áp thì thứ cấp có dòng  $I_2$ , dòng điện  $I_2$  sinh ra từ thông  $\phi_2$ . Do đó, từ thông tổng trong mạch từ do sức từ động  $F_1 = I_1 W_1$  và  $F_2 = I_2 W_2$  sinh ra có nghĩa là :

$$\vec{F}_0 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \rightarrow \vec{I}_0 W_1 = \vec{I}_1 W_1 + \vec{I}_2 W_2$$

$$\text{Chia 2 vế cho } W_1 \text{ ta có: } \vec{I}_0 = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 \cdot \frac{W_2}{W_1}$$

$$\text{Đặt } I'_2 = I_2 \cdot \frac{W_2}{W_1} \Rightarrow \vec{I}_0 = \vec{I}_1 + \vec{I}'_2$$

$$\text{Từ thông tổng: } \vec{\phi} = \vec{\phi}_1 + \vec{\phi}_2$$

Từ thông sinh ra suất điện động  $E_1$  và  $E_2$ .

Ngoài thành phần từ thông khép kín mạch từ trong lõi thép còn có từ thông tản ( $\phi_{1t}$  và  $\phi_{2t}$ ) khép kín mạch trong không khí và từ thông này cảm ứng trong cuộn sơ cấp và thứ cấp các suất điện động tản.

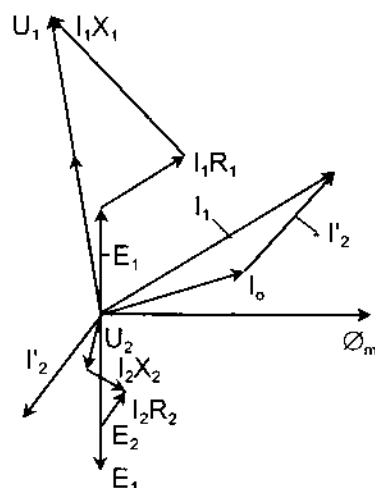
$$\left. \begin{aligned} E_{1t} &= I_1 \cdot X_{1t} \\ E_{2t} &= I_2 \cdot X_{2t} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{Trong đó } X_{1t} \text{ và } X_{2t} \text{ là điện kháng} \\ &\text{tản của dây quấn sơ cấp và thứ cấp} \end{aligned}$$

Ta có phương trình cân bằng suất điện động:

$$U_1 = -E_1 + I_1 R_1 + I_1 X_1$$

$$E_2 = E_{2t} + I_2 R_2 + I_2 X_2$$

$$\Rightarrow U_2 = E_2 - (E_{2t} + I_2 R_2) \Rightarrow U_2 = E_2 - (I_2 R_2 + I_2 X_2)$$



Hình 1-8

Ta có phương trình như sau:

$$\begin{cases} \vec{U}_1 = -\vec{E}_1 + \vec{I}_1 R_1 + \vec{I}_1 X_1 \\ \vec{U}_2 = \vec{E}_2 - (\vec{I}_2 R_2 + \vec{I}_2 X_2) \\ \vec{I}_0 = \vec{I}_1 + \vec{I}_2' \Rightarrow \vec{I}_1 = \vec{I}_0 + (-\vec{I}_2') \end{cases}$$

\* Đồ thị véctơ (hình 1 - 8)

Dựa vào phương trình cân bằng suất điện động lấy véc tơ  $\phi_m$  làm gốc.

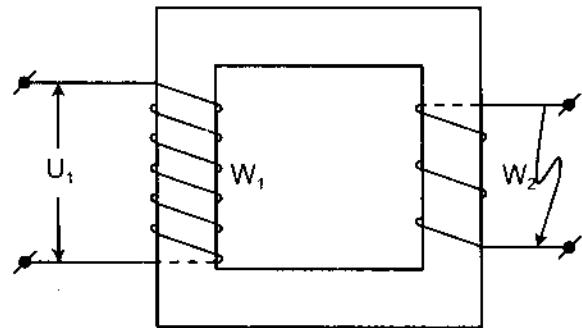
### 1.5.3. Trạng thái ngắn mạch

Trạng thái ngắn mạch là trạng thái mà phía sơ cấp vẫn đặt vào điện áp còn thứ cấp bị nối tắt lại (hình 1 - 9).

Có 2 trạng thái ngắn mạch:

- *Ngắn mạch thí nghiệm*: tức là thứ cấp nối tắt lại, điều chỉnh U đặt vào sao cho  $I_2 = I_{2dm}$  bên thứ cấp bằng dòng định mức. Điện áp đó gọi là điện áp ngắn mạch  $U_n = (5 \div 7,5)\% U_{1dm}$  (loại ngắn mạch thí nghiệm không hại máy).

- *Ngắn mạch sự cố*: Là sơ cấp đặt vào điện áp định mức còn thứ cấp bị ngắn mạch. Khi ngắn mạch  $Z_k = 0$ .



Hình 1-9

$$I_{2n} = \frac{U_{2dm}}{Z_n};$$

$Z_n$  : Tổng trở ngắn mạch có trị số rất nhỏ nên dòng  $I_n$  rất lớn, bằng  $(10 \div 25)I_{dm}$ . Nguy hiểm cho máy biến áp và ảnh hưởng đến các tải dùng điện.

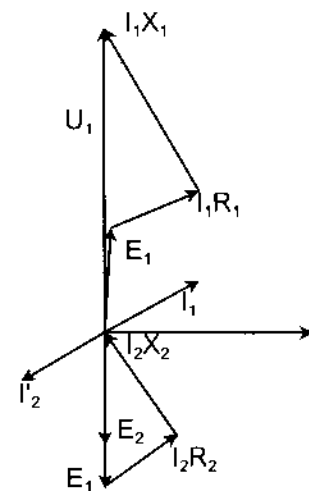
Lúc máy biến áp ngắn mạch, điện áp lấy ra  $U_2 = 0$ , do đó toàn bộ suất điện động  $E_2$  sinh ra trong dây quấn  $W_2$  rơi trên tổng trở của dây quấn. Khi đó  $I_2 W_2$  chủ yếu chống lại  $I_1 W_1$ . Do vậy, khi  $I_2$  tăng thì  $I_1$  cũng tăng. Ta có phương trình cân bằng:

$$\vec{U}_1 = \vec{E}_1 + \vec{I}_1 R_1 + \vec{I}_1 X_1$$

$$\vec{U}_2 = \vec{E}_2 - (\vec{I}_2 R_2 + \vec{I}_2 X_2) = 0$$

$\vec{I}_1 \approx -\vec{I}_2'$  (vì  $L_0$  nhỏ bỏ qua nhánh từ hoá cho nên dòng sơ cấp cũng là dòng ngắn mạch).

\* Đồ thị véctơ (hình 1 - 10)



Hình 1-10

## 1.6. TỶ HẠO NĂNG LƯỢNG - HIỆU SUẤT MÁY BIẾN ÁP

### 1.6.1. Các loại tổn hao

+ *Tổn hao không tải*: Khi không tải dòng  $I_0$  bé hơn  $I_{dm}$  và phân tích làm 2 thành phần: tác dụng; phản kháng.

- Thành phần tác dụng đồng pha với  $U_1$  đặc trưng cho công suất tiêu thụ máy biến áp. Khi không tải  $I_0$  bé và bỏ qua tổn hao trong dây quấn (do vậy tổn hao của dây đồng khi không tải  $P \approx 0$ ).

- Thành phần phản kháng chủ yếu từ hoá mạch từ. Do vậy, tổn hao không tải chủ yếu là tổn hao sắt.

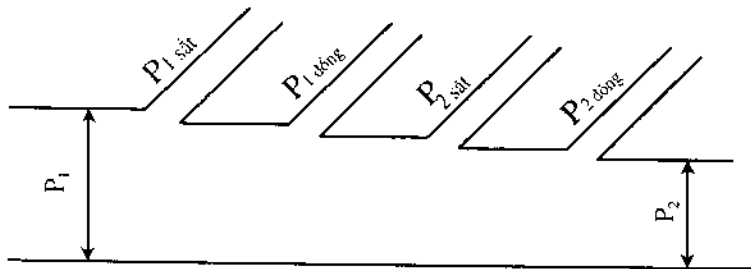
$$P_0 = U_1 I_0 \cdot \cos \varphi_0 = P_{sắt}$$

Tổn hao sắt từ không phụ thuộc vào tải mà phụ thuộc vào từ thông, nghĩa là chỉ phụ thuộc vào điện áp  $P_0$  đo được khi thí nghiệm không tải.

+ *Khi ngắn mạch*: Dòng điện  $I_2$  rất lớn, công suất lấy ra cho tải  $= 0$ , dòng điện lớn chạy trong dây quấn gây tổn hao lớn. Khi ngắn mạch  $I_2$  tăng  $\rightarrow I_1$  tăng theo còn dòng điện từ hoá  $I_0$  nhỏ coi không đáng kể. Do đó, tổn hao khi ngắn mạch chủ yếu là tổn hao đồng.

$$P_n = I_2^2 \cdot R_n = P_{đồng} \quad (R_n : \text{điện trở ngắn mạch sơ và thứ cấp})$$

Giản đồ năng lượng (hình 1 - 11)



Hình 1-11

### 2.6.2. Hiệu suất máy biến áp

Máy biến áp là tỉ số công suất lấy ra và công suất đặt vào.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + (P_s + P_d)} \quad (P_s \text{ là } P_{sắt} ; P_d \text{ là } P_{đồng}).$$

Khi tải thay đổi thì  $\eta$  cũng thay đổi.

## 1.7. MÁY BIẾN ÁP 3 PHA

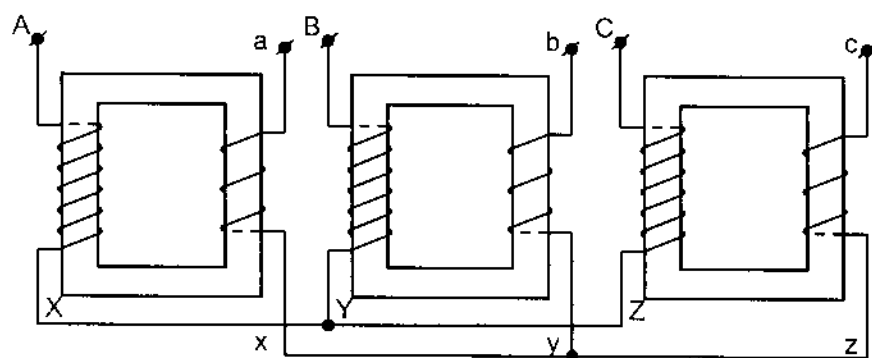
Máy biến áp 3 pha biến đổi nguồn điện xoay chiều 3 pha từ điện áp này sang điện áp khác với tần số không đổi.

Máy biến áp 3 pha đóng vai trò rất quan trọng trong truyền tải và phân phối điện năng.

### 1.7.1. Cấu tạo

Có 2 kiểu cấu tạo chính:

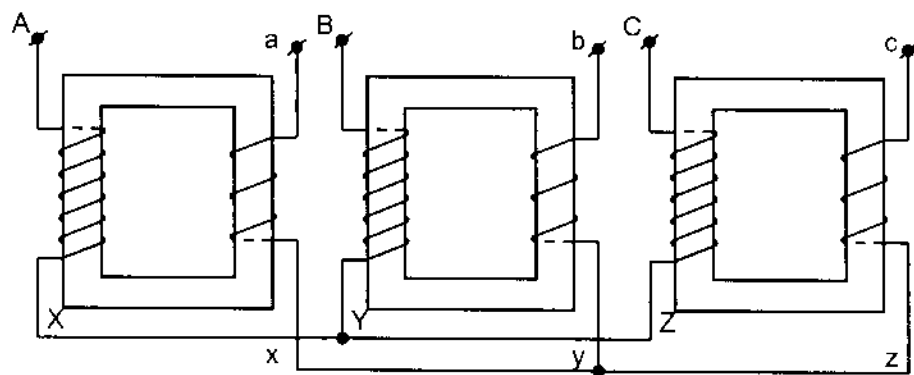
- *Máy biến áp 3 pha mạch từ riêng*: Là tổ hợp 3 máy biến áp 1 pha hoàn toàn giống nhau được ghép lại với nhau. Loại này thường dùng ở các máy biến áp 3 pha công suất lớn và rất lớn (hình 1 - 12).



Hình 1-12

- *Máy biến áp 3 pha mạch từ chung*: Có kết cấu gọn, sử dụng khối lượng mạch từ ít hơn so với máy biến áp 3 pha mạch từ riêng, nhưng việc lắp đặt và sửa chữa phải tiến hành trên toàn bộ máy, do đó loại này được sử dụng phổ biến ở cỡ công suất nhỏ và trung bình (hình 1 - 13).

Về nguyên lý máy, biến áp 3 pha giống máy biến áp thông thường.



Hình 1-13

$$\text{Tỉ số biến áp: } K_{3\text{ pha}} = \frac{U_{\text{d cao áp}}}{U_{\text{d hạ áp}}}$$

### 1.7.2. Các kiểu đấu dây

Dây quấn máy biến áp thường là 2 cuộn dây, cuộn cao áp và cuộn hạ áp, được ký hiệu 3 đầu dây như sau:

- Cuộn cao áp: 3 đầu đầu là A, B, C; 3 đầu cuối X, Y, Z.

- Cuộn hạ áp: 3 đầu đầu là: a, b, c;

3 đầu cuối: x, y, z.

Các cuộn dây có thể đấu theo hình sao (Y) hay  $\Delta$ .

+ *Đấu sao: (Y)*

3 đầu X, Y, Z chụm lại với nhau còn 3 đầu A, B, C nối với nguồn hay phụ tải (hình 1 - 13).

+ *Đấu tam giác ( $\Delta$ ):* Là đấu cuối pha nọ nối với đầu pha kia theo thứ tự AZ - BX - CY - A (hình 1 - 14).

Sơ cấp và thứ cấp được ký hiệu cách đấu:

Y/Y : sơ cấp và thứ cấp đấu sao;

$\Delta$ /Y : sơ cấp đấu  $\Delta$ , thứ cấp đấu Y;

Y/ $\Delta$  : sơ cấp đấu Y, thứ cấp đấu  $\Delta$ ;

Nếu có dây trung tính thì phải ghi chỉ số 0.

Ví dụ: Y/Y<sub>0</sub> hoặc  $\Delta$ /Y<sub>0</sub>

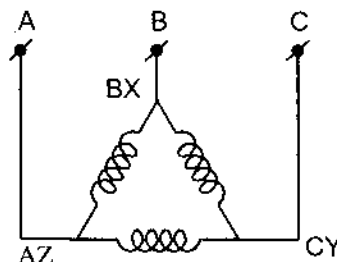
(sơ cấp đấu  $\Delta$ , thứ cấp đấu Y thì tránh được ảnh hưởng của từ thông  $\Phi$ , suất điện động E điều hoà bậc 3 gây cho suất điện động không hình sin).

### 1.7.3. Tổ đấu dây

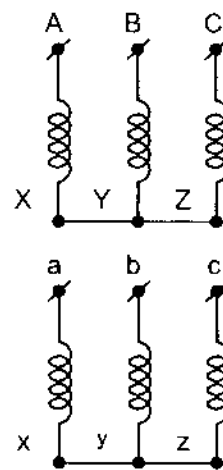
+ Được hình thành do sự phối hợp giữa kiểu đấu dây sơ cấp với kiểu đấu dây thứ cấp. Nó biểu thị góc lệch giữa suất điện động sơ và thứ cấp.

+ *Góc lệch pha phụ thuộc vào:*

- Chiều quấn dây;



Hình 1-14



Hình 1-15

- Cách ký hiệu đầu dây, vị trí đầu và cuối pha;
- Kiểu đầu dây sơ và thứ cấp;
- + *Phương pháp xác định tổ đấu dây*

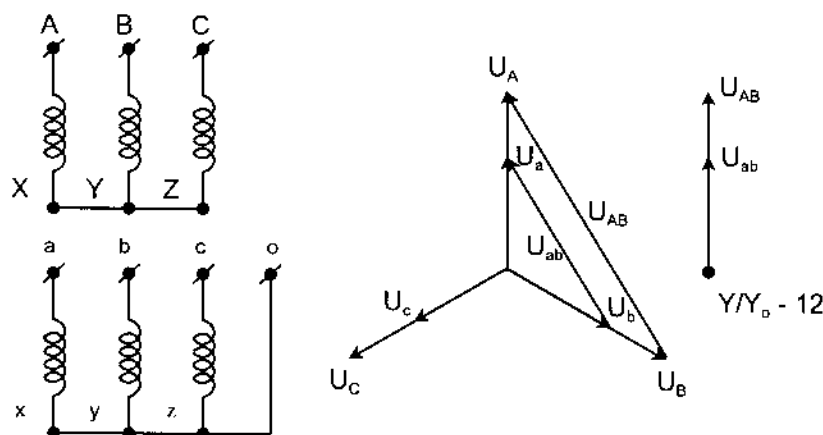
- Được xác định bằng mặt số kim đồng hồ;

- Góc lệch biểu thị bằng kim đồng hồ, kim dài chỉ suất điện động sơ cấp để cố định ở số 12 (tức là khi biểu diễn nó có ở vị trí nào thì cũng xoay về số 12). Kim ngắn chỉ suất điện động thứ cấp tương ứng với các con số từ 1 ÷ 12. Hai vectơ này có chung một điểm đặt.

+ *Cách biểu diễn*

- Biểu diễn đồ thị vectơ điện áp pha sơ cấp.
- Biểu diễn đồ thị vectơ điện áp pha thứ cấp.
- Biểu diễn 2 vectơ điện áp dây tương ứng ở sơ và thứ cấp.
- Góc lệch giữa 2 điện áp dây cho ta tổ đấu dây.

*Ví dụ:* Xác định tổ đấu dây máy biến áp sau (hình 1-16)



Hình 1-16

## 1.8. VẬN HÀNH SONG SONG MÁY BIẾN ÁP

- Vận hành song song các máy biến áp nhằm đảm bảo cung cấp điện liên tục và phù hợp với công suất phụ tải.
- Đảm bảo cho máy biến áp làm việc kinh tế nhất.
- Giảm được số máy dự phòng.

- Điều kiện vận hành song song máy biến áp

Có 2 trong 3 điều kiện là bắt buộc:

- Điện áp sơ cấp của các máy phải bằng nhau và điện áp thứ cấp của các máy phải bằng nhau (tỉ số biến áp bằng nhau).

- Tổ đấu dây như nhau

Hai điều kiện trên là bắt buộc để bảo đảm điện áp thứ cấp các máy bằng nhau về trị số và trùng góc pha.

- Hiệu điện thế ngắn mạch bằng nhau ( $U_K\%$ ) để đảm bảo hệ số tải của các máy biến áp bằng nhau, trong thực tế cho phép  $U_K\%$  khác nhau  $\leq 10\%$  → Tỉ lệ dung lượng giữa các máy khoảng  $\leq 3:1$ .

## 1.9. MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

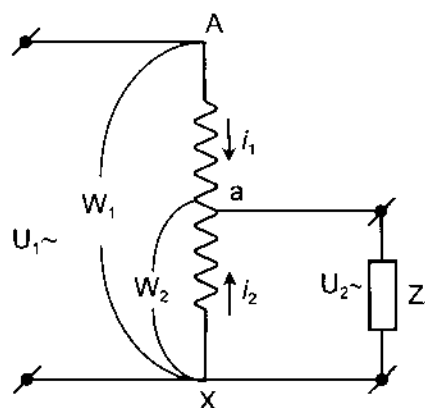
**1.9.1. Máy biến áp tự ngẫu** (cấu tạo giống máy biến áp thông thường gồm mạch từ và dây quấn)

Là loại máy biến áp trong đó cuộn sơ cấp và thứ cấp cùng chung một cuộn dây (hình 1 - 17).

- Cuộn sơ cấp AX có số vòng  $W_1$ .

- Cuộn thứ cấp AX có số vòng  $W_2$ .

Cuộn sơ và thứ liên hệ trực tiếp về điện. Ngoài ra, cũng như các máy biến áp khác liên hệ trực tiếp với nhau về từ.



Hình 1-17

\* Nguyên lý làm việc giống máy biến áp thông thường

Trong máy biến áp tự ngẫu từ thông  $\phi$  biến thiên cảm ứng ra một suất điện động trong cuộn dây. Suất điện động  $E$  được xem =  $U_1$  đặt vào, nếu cuộn dây có  $W_1$  vòng thì suất điện

động cảm ứng trong 1 vòng  $= \frac{E}{W_1} = \frac{U_1}{W_1}$ .

Ví dụ: Cuộn dây 200 vòng đặt vào  $U_1 = 800V \rightarrow$  suất điện động 1 vòng  $= \frac{800}{200} = 4V$ .

Vậy khi cần lấy  $U_2$  bao nhiêu thì lấy ở số vòng tương ứng. Ví dụ, lấy ra 100V thì lấy ở vòng dây số 25.

+ Khi máy mang tải thì có  $i_2$  chạy trong đoạn ax, khi đó ở đoạn này có 2 dòng chạy ngược nhau  $i_1$  và  $i_2$ , do đó dây quấn đoạn ax có thể quấn dây nhỏ hơn so với khi tính toán với một giá trị dòng điện

+ Người ta có thể ghép 3 máy biến áp tự ngẫu 1 pha thành 1 máy biến áp 3 pha để có thể điều chỉnh trị số điện áp 3 pha như hình 1 - 17.

*\* Đặc điểm*

- Máy biến áp tự ngẫu truyền năng lượng từ sơ cấp tới thứ cấp bằng 2 đường điện và từ nên hiệu suất cao hơn. So với máy biến áp thông thường cùng công suất thì máy biến áp tự ngẫu có tiết diện lõi thép bé hơn.

- Cuộn sơ và thứ cấp cùng chung một cuộn dây nên tiết kiệm được dây dẫn.

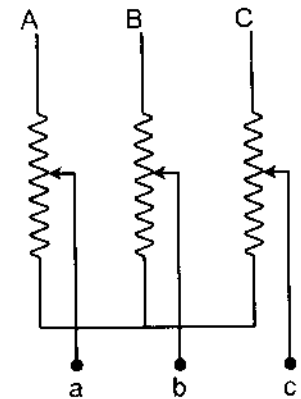
+ Hiệu suất của máy biến áp càng lớn khi tỉ số biến áp càng gần 1.

*\* Nhược điểm*

- Cuộn sơ cấp và thứ cấp cùng chung một cuộn dây nên cách điện phải cùng cấp, tốn kém, nếu dùng cho máy cao thế là không kinh tế.

- Cuộn sơ cấp và thứ cấp liên hệ trực tiếp về điện nên không an toàn cho người vận hành. Do đó, chỉ chế tạo máy có tỉ số  $K = 1,5 \div 2$ .

- Máy biến áp tự ngẫu thường được dùng trong phòng thí nghiệm hoặc là máy điều chỉnh điện áp trong sinh hoạt và có thể ghép 3 máy biến áp tự ngẫu 1 pha để thành máy biến áp tự ngẫu 3 pha dùng để khởi động các động cơ rôto lồng sóc (hình 1 - 18).



Hình 1-18

## 1.9.2. Máy biến dòng điện

- Máy biến dòng dùng để biến đổi dòng điện có giá trị lớn xuống dòng nhỏ để đo lường bằng các dụng cụ đo thông dụng hoặc dùng cho cuộn dây của rơle dòng (như các đồng hồ ampe kế (A); đồng hồ oát kế(KW); đồng hồ công tơ (KW/h) hoặc một số rơle dòng dùng để bảo vệ).

- Máy biến dòng có loại cao áp có  $U_{dm} > 1KV$  và loại hạ áp có  $U_{dm} < 1KV$ .

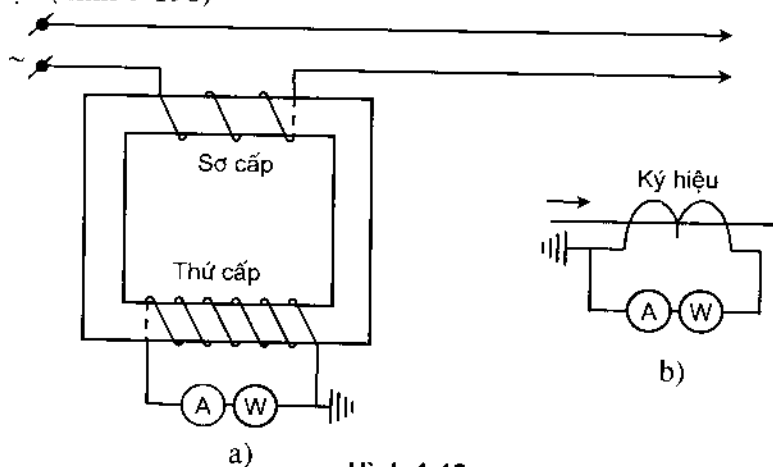
### 1.9.2.1. Cấu tạo (hình 1 - 19a)

- Gồm mạch từ bằng thép lá kỹ thuật điện cách điện lại với nhau thành hình xuyên hoặc hình chữ nhật có quấn 2 cuộn dây.

+ *Dây sơ cấp*: Có ít vòng, đường kính dây lớn, có khi chỉ là một vòng để chịu dòng điện cao, cuộn sơ cấp được mắc nối tiếp với mạch cần đo dòng.

+ *Cuộn thứ cấp*: Gồm nhiều vòng dây, đường kính dây bé hơn. Để thuận tiện người ta thường chế tạo cuộn thứ cấp có dòng điện là 5A. Cuộn thứ cấp được nối tiếp với các dụng cụ đo như Ampe kế, cuộn dòng của oát kế, hay công tơ...

+ Ký hiệu (hình 1-19b)



Hình 1-19

### 1.9.2.2. Nguyên lý

Máy biến dòng làm việc theo nguyên tắc biến áp và chế độ làm việc bình thường của máy biến dòng là ngắn mạch thứ cấp hoặc tải thứ cấp có điện trở rất nhỏ  $\approx 0$ .

$$\text{Do sức từ động } F_1 = F_2 \rightarrow I_1 \cdot W_1 = I_2 \cdot W_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{W_2}{W_1} \Rightarrow I_1 = I_2 \frac{W_2}{W_1}$$

Tỉ số  $\frac{W_2}{W_1}$  biết trước do đó khi đo được  $I_2$  thì sẽ biết được  $I_1$ . Vì tổng trở của các

dụng cụ đo như Ampe (A), cuộn dòng của (W), KW/h... rất bé nên máy biến dòng được chế tạo để làm việc ở trạng thái như ngắn mạch, thứ cấp lõi thép không bão hoà. Do đó, khi sử dụng không được để thứ cấp hở mạch vì khi đó  $I_2 = 0$ , dòng điện từ hoá sẽ rất lớn, mạch từ bão hoà nghiêm trọng làm nóng máy, sẽ làm cháy dây quấn. Mà cuộn thứ cấp rất nhiều vòng nên xuất hiện những xung điện áp lớn, gây nguy hiểm cho người sử dụng.

Như vậy, khi sử dụng máy biến dòng tuyệt đối không được để thứ cấp hở mạch, đối với máy biến dòng cao áp phải được nối đất thứ cấp để đảm bảo an toàn khi vận hành.

- Các máy biến dòng thường chế tạo với công suất từ (5 ÷ 100) VA cấp chính xác  $\pm 0,2; 0,5; 1,0; 3 \dots 10$ .

- Hệ số biến dòng ghi trên nhãn là trị số dòng điện sơ cấp định mức trên trị số dòng điện thứ cấp định mức.

$$\text{Ví dụ: } \frac{100}{5}; \frac{200}{5}; \frac{300}{5}; \frac{1000}{5}$$

### 1.9.3. Máy biến điện áp đo lường

Máy biến điện áp dùng để biến đổi điện áp cao thành điện áp thấp để có thể đo lường bằng các đồng hồ đo thông dụng, đồng thời cấp điện áp cho các role điện áp.

#### 1.9.3.1. Cấu tạo

Máy biến điện áp có cấu tạo gồm 1 mạch từ bằng thép lá kỹ thuật điện trên mạch từ có quấn dây (hình 1 - 20a).

- Dây quấn sơ cấp  $W_1$  gồm nhiều vòng dây có tiết diện nhỏ được mắc song song với nguồn điện áp cần đo.

- Dây quấn thứ cấp  $W_2$  có ít vòng hơn được nối với các dụng cụ đo như vôn kế, tần số kế hoặc các cuộn dây role.

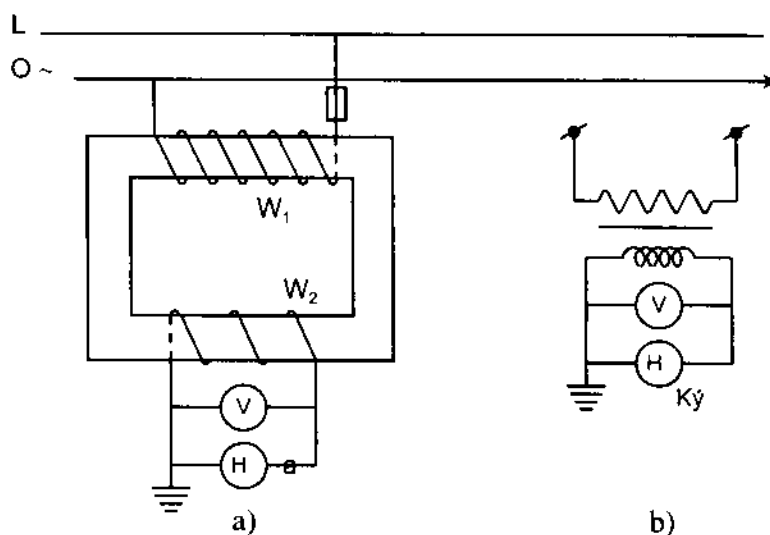
$$\text{Tỉ số biến áp của máy: } K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

Khi đo được  $U_2$  thì biết  $U_1 = K \cdot U_2$

Ví dụ: Ghi tỉ số  $\frac{35}{0,1} \text{KV}$

- Các máy biến điện áp: Thường chế tạo công suất từ  $(25 \div 1000) \text{VA}$ , điện áp thứ cấp phù hợp với dụng cụ đo tiêu chuẩn từ  $(1 \div 100) \text{V}$ .

- Ký hiệu: (hình 1 - 20b)



Hình 1-20

#### 1.9.3.2. Nguyên lý làm việc

- Máy biến áp đo lường nguyên lý giống các máy biến áp thông thường nhưng chỉ khác là người ta quy ước chế tạo điện áp ra thứ cấp là 100V.

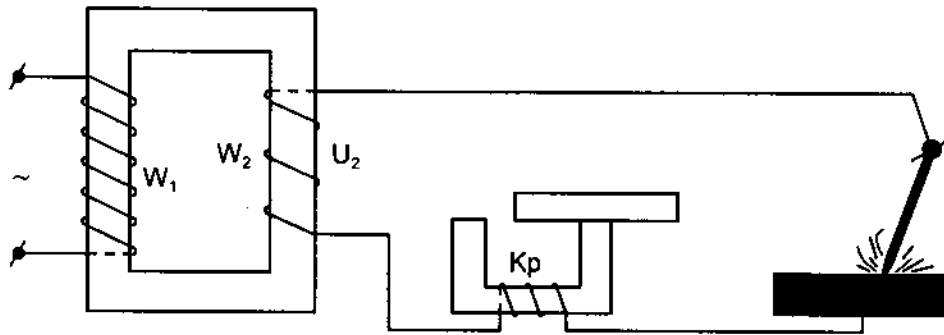
- Các dụng cụ đo như (V), (Hz), cuộn áp của một số đồng hồ khác mắc vào cuộn thứ cấp của máy biến điện áp, mà tổng trở các dụng cụ này rất lớn nên máy biến điện áp chế tạo ở trạng thái làm việc không tải. Vì vậy, trong quá trình sử dụng không được nối ngắn mạch thứ cấp nó sẽ làm cho dòng điện sơ cấp rất lớn gây nên sự cố ngắn mạch.

#### 1.9.4. Máy biến áp hàn

Máy biến áp hàn dùng để hàn bằng phương pháp hồ quang.

- Khi hàn ta nối một cực của thứ cấp vào que hàn, một cực vào vật hàn (hình 1 - 21). Khi chập que hàn với vật hàn sẽ có dòng điện lớn chạy qua điểm tiếp xúc sẽ phát nhiệt mạnh. Khi nhấc que hàn cách vật hàn một khoảng nhỏ, cường độ từ trường lớn làm ion hoá chất khí sinh hồ quang và toả nhiệt lớn làm nóng chảy chỗ hàn.

- Muốn điều chỉnh dòng điện hàn, có thể thay đổi số vòng dây quấn của thứ cấp hoặc thay đổi điện kháng cuộn  $K_p$  bằng cách thay đổi khe hở không khí của lõi thép. Chế độ làm việc của máy biến áp hàn là ngắn mạch thứ cấp. Do vậy, người ta chế tạo máy biến áp hàn có điện kháng tản lớn.

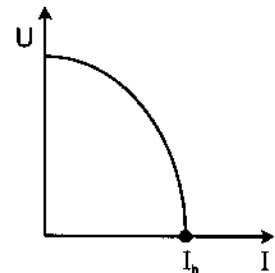


Hình 1-21

#### \* Đặc điểm máy biến áp hàn

- Dòng điện thứ cấp lớn, điện áp  $U_2$  nhỏ để an toàn.

- Máy biến áp hàn có đặc tính dốc để hạn chế dòng ngắn mạch khi  $U_2 = 0$  (hình 1 - 22). Cuộn  $W_1$  có  $U_1 = 220V$  hoặc  $380V$ , cuộn  $W_2$  có  $U_2 = 60 \div 70V$  khi không tải. Khi có tải  $U_2 = 30 \div 35V$ .



Hình 1-22

## **CÂU HỎI ÔN TẬP**

1. Trình bày cấu tạo, nguyên lý làm việc của máy biến áp.
2. Trình bày các trạng thái làm việc của máy biến áp.
3. Hãy nêu các kiểu đấu dây của máy biến áp 3 pha, có hình vẽ minh họa.
4. Thế nào là tổ đấu dây, mục đích của việc xác định tổ đấu dây, nêu cách xác định tổ đấu dây, cho ví dụ minh họa.
5. Hãy nêu và giải thích các điều kiện vận hành song song máy biến áp.
6. Tại sao máy biến dòng điện không được để thứ cấp hở mạch khi sơ cấp có dòng.

## Chương 2

# MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### 2.1. KHÁI NIỆM CHUNG

#### 2.1.1 Định nghĩa

Máy điện đồng bộ là loại máy điện có tốc độ quay của rô to bằng tốc độ của từ trường, xác định theo biểu thức:

$$n = \frac{60f}{P} \quad f: \text{tần số}; \quad P: \text{số đôi cực}$$

Máy điện đồng bộ có thể vận hành theo chế độ máy phát hay chế độ động cơ.

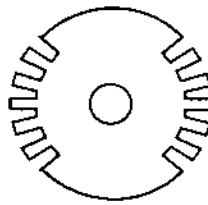
#### 2.1.2 Cấu tạo

Gồm 3 phần chính: phần cảm; phần ứng; phần kích từ.

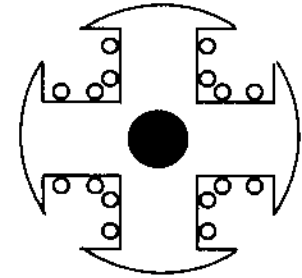
##### a) Phần cảm

Là phần tạo ra từ thông chính  $\phi_0$  và có 2 dạng cực lồi và cực ẩn.

+ **Cực lồi:** Chế tạo bằng thép kỹ thuật điện, trên cực có quấn dây kích từ (dùng cho máy có tốc độ thấp nhiều cực, máy thủy điện máy Diezen) hình 2 - 1b.



a) Lá thép cực ẩn



b) Lá thép cực lồi

Hình 2-1

Vì nhiều cực  $\rightarrow$  đường kính rô to lớn, chiều dài ngắn.

+ **Cực ẩn (hình 2 - 1a):** là lõi thép hình trụ, có phay rãnh đặt dây quấn kích từ để tăng độ bền chịu lực ly tâm. Cực ẩn thường dùng trong máy điện đồng bộ có tốc độ cao như máy phát chạy bằng tuabin hơi.

##### b) Phần ứng

Có nhiệm vụ tạo ra suất điện động cảm ứng.

- Gồm các lá thép kỹ thuật điện mỏng ghép lại với nhau, bên trong có phay rãnh để đặt dây quấn, lõi thép có nhiệm vụ dẫn từ.

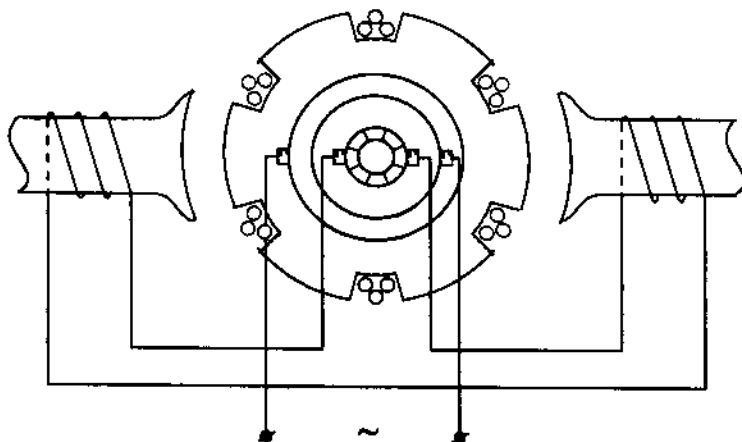
- **Dây quấn:** Bằng đồng hay bằng nhôm có lớp ê may cách điện (dây điện từ) đặt trong các rãnh của lõi thép dây quấn có nhiệm vụ tạo ra suất điện động cảm ứng. Dây quấn 3 pha có 6 đầu ra hộp cực và có thể đấu hình sao hay tam giác.

### c) *Phân kích từ*

Có nhiệm vụ tạo ra dòng 1 chiều cung cấp cho dây quấn phần cảm để tạo ra từ thông.

- Đối với những máy phát xoay chiều công suất lớn phân kích từ là một máy phát điện 1 chiều gọi là (máy kích từ) lắp cùng trục với máy điện đồng bộ. Dòng điện kích từ lấy từ máy kích từ qua 2 chổi than tiếp xúc với vòng trượt đặt trên trục và nối vào dây quấn phần cảm.

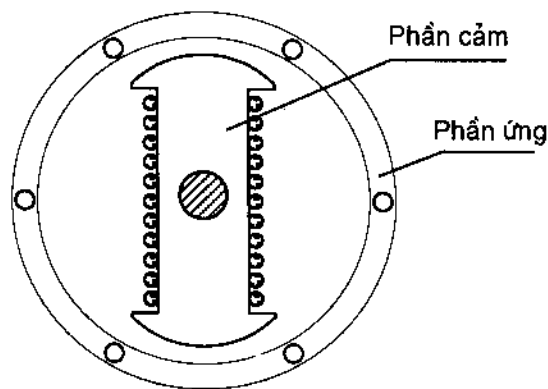
- Đối với máy công suất nhỏ thì lấy dòng xoay chiều của phân ứng, qua bộ nắn để cấp dòng 1 chiều cho phần cảm gọi là máy tự kích từ (với điều kiện có từ dư). Ngoài ra còn có vỏ máy làm bằng nhôm hoặc gang đúc dùng để giữ chặt lõi thép và bảo vệ máy gần sát vỏ ngoài có rãnh thông gió.



Hình 2-2

Máy phát điện đồng bộ có 2 loại: loại phân ứng quay và loại phần cảm quay.

- *Loại phân ứng quay:* (hình 2 - 2) cực từ cố định tại vỏ ngoài của máy, trên thực tế ít sử dụng thường dùng cho máy có dung lượng  $\leq 30\text{KVA}$  điện áp  $< 500\text{V}$  (trong rãnh của máy phát điện xoay chiều phân ứng quay có thể đặt 2 loại dây quấn loại điện 1 chiều đầu ra cổ góp và loại điện xoay chiều đầu ra vành góp. Đối với loại 3 pha thì mỗi pha đưa ra một vành góp.



Hình 2-3

- *Loại phần cảm quay:* (hình 2 - 3) phần ứng cố định tại vỏ máy còn phần cảm nối với trục của động cơ sơ cấp, dùng cho máy dung lượng lớn, điện áp phát ra cao, phần ứng đặt cố định nên chắc chắn, dòng điện lấy ra ngoài không phải qua chổi than và vòng góp nên an toàn.

Với máy phát điện lớn điện áp có thể đạt đến 6,6 KV, cao nhất có thể tới 35KV.

Dòng điện một chiều đưa vào phần cảm để tạo từ trường thông qua chổi than và vòng góp điện áp này thấp (dưới 250V) dòng cần thiết lại nhỏ, nên vòng góp và chổi than làm việc an toàn so với điện áp cao và dòng điện lớn.

### 2.1.3. Nguyên lý làm việc của máy phát đồng bộ 3 pha

Phần ứng của máy phát được đấu lên lưới điện 3 pha, rô to lắp đồng trục với động cơ sơ cấp (tuabin, máy nổ) cuộn kích từ nối với nguồn điện 1 chiều (hình 2 - 4).

Dùng động cơ sơ cấp kéo rô to quay, từ thông chính quét qua dây quấn của Stato sẽ cảm ứng ra ba suất điện động lệch nhau  $120^\circ$ .

$$e_A = E_m \cdot \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \cdot \sin(\omega t + 120^\circ)$$

$$e_C = E_m \cdot \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$E_m = 4,44 \cdot w \cdot \phi_m \cdot f$$

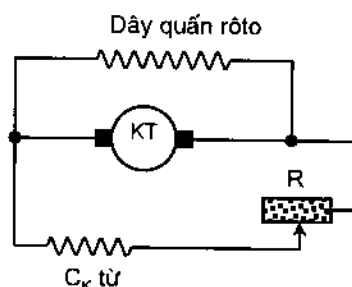
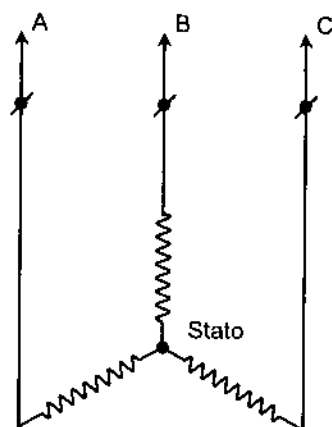
$$\left( f = \frac{P \cdot n}{60} \right)$$

Trong đó:

- W: Số vòng dây quấn một pha phần ứng
- $\phi_m$ : Từ thông cực từ
- f: Tần số phụ thuộc tốc độ quay phần cảm và cấu tạo của máy phát.

Cung cấp dòng điện 3 pha cho mạch ngoài và tạo ra từ trường quay của dây quấn phần ứng, từ trường có tốc độ quay  $n = \frac{60f}{P}$

- Trong đó:
- f: Tần số
  - P: Số đôi cực



Hình 2-4

## 2.2. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐỊNH MỨC CỦA MÁY PHÁT

Là chế độ mà máy phát có khả năng làm việc lâu dài và tốt nhất.

- Công suất định mức: VA, KVA, MVA.
- Điện áp định mức  $U_{dm}$  (Kv).

- Dòng định mức  $I_{dm}$  (A) Stato và rô to
- Tần số  $f$  (Hz)
- $\cos\varphi$ ,  $t^\circ$ , tốc độ quay định mức, cấp cách điện.

## 2.3. TỔN HAO VÀ HIỆU SUẤT

Tổn hao của máy phát điện xoay chiều có thể chia làm 2 loại:

- Tổn hao cơ bản
- Tổn hao phụ

### 2.3.1. Tổn hao cơ bản

- + Về mặt cơ khí có: ma sát phần quay, trở lực của gió....
- + Về mặt điện có tổn hao lõi sắt và tổn hao đồng.
- Tổn hao ma sát chủ yếu ở ổ đỡ, chổi than giữa rô to và không khí, tổn thất thông gió ngoài ra nó còn phụ thuộc vào kiểu ổ đỡ, tính chất truyền động, nhiệt độ công tác.
- Tổn hao sắt: tổn thất dòng điện xoáy và từ trễ.
- Tổn hao đồng: do dòng điện thông qua cuộn dây máy phát. R là điện trở 1 chiều của dây quấn (khi tính tổn thất đều lấy nhiệt độ  $75^\circ\text{C}$  làm chuẩn). Ngoài ra còn có tổn hao trong cuộn kích từ và biến trở điều chỉnh.

### 2.3.2. Tổn hao phụ

Gồm hiện tượng rò từ của lõi sắt, vỏ máy, bệ máy sau khi cuộn dây dẫn điện ra ngoài

\* *Hiệu suất của máy phát:*

$$\eta = \frac{P_d}{P_{cơ}} = \frac{\sqrt{3} U.I.\cos\varphi}{\sqrt{3} U.I.\cos\varphi + \Sigma\Delta P}$$

Trong đó: -  $P_d$ : Công suất điện từ phát ra của máy phát

-  $P_{cơ}$ : Công suất cơ cấp vào để máy phát làm việc.

-  $U$ : Điện áp dây máy phát (V)

-  $I$ : Dòng điện dây (A)

-  $\Sigma\Delta P$ : Tổn hao (Bao gồm  $P_{Fe} + P_{Cu} + P_{nhớt} + P_{b(kích từ)} + P_{ph}$ )

Máy phát điện cỡ nhỏ hiệu suất trên dưới 80%, máy phát điện cỡ lớn có thể đạt tới 97%.

## 2.4. PHẢN ỨNG PHẢN ỨNG TRONG MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Tác dụng của từ trường phản ứng đối với từ trường phần cảm gọi là phản ứng phản ứng. Tùy theo tính chất của phụ tải phản ứng phản ứng sẽ làm thay đổi suất điện động của máy.

- Phụ tải có tính chất điện cảm thì phản ứng phản ứng có thành phần khử từ dọc, tác dụng làm yếu từ thông  $\phi$  của máy dẫn tới suất điện động  $E$  giảm.

- Phụ tải điện trở làm méo từ thông tổng.

- Phụ tải có tính điện dung thì phản ứng phản ứng có thành phần trợ từ dọc có tác dụng làm tăng từ thông của máy và dẫn tới suất điện động tăng.

Do vậy trong quá trình vận hành phải theo dõi suất điện động cho phù hợp với yêu cầu bằng cách điều chỉnh  $I_{kích từ}$ .

## 2.5. CÁC ĐƯỜNG ĐẶC TÍNH CỦA MÁY PHÁT

### 2.5.1. Đặc tính không tải

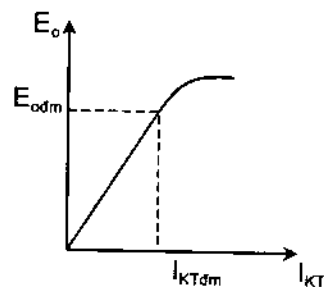
- Biểu diễn sự thay đổi suất điện động  $E_0$  trong dây quấn phản ứng đối với dòng kích từ, khi mạch ngoài hở (hình 2-5)

$$E_0 = f(i_{kt}) \text{ với } n = n_{đb}$$

$$I = 0$$

$i_{kt}$  tỉ lệ với  $H$  (đặc tính từ hoá)

$E_0$  tỉ lệ với  $\phi$  mà  $(\phi = B.S) \Rightarrow E_0$  tỉ lệ với  $B$



Hình 2-5

Đường cong  $E_0$  có dạng đường cong từ hoá ở giai đoạn tỉ lệ (đường thẳng) thì  $E_0$  tỉ lệ với  $i_{kt}$  khi cực từ bắt đầu sang giai đoạn bão hoà thì  $i_{kt}$  tăng (nhưng  $\phi$  tăng ít) nên suất điện động  $E_0$  tăng không đáng kể.

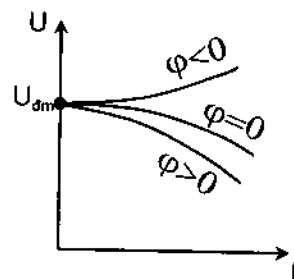
### 2.5.2. Đặc tính ngoài

Xác định quan hệ giữa điện áp ở đầu cực máy phát với dòng điện cung cấp cho phụ tải (hình 2-6)

$$u = f(I)$$

với  $i_{kt} = \text{const}$ ;  $n = \text{const}$ ;  $\cos\varphi = \text{const}$

Sự biến thiên điện áp theo phụ tải phụ thuộc vào phản ứng phản ứng.

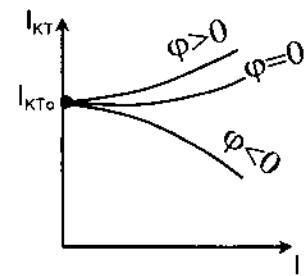


Hình 2-6

- Phụ tải điện cảm gây phản ứng khử từ dọc và điện áp giảm khi tăng dòng điện phụ tải.

$\varphi > 0$  khi  $I$  tăng thì  $U$  giảm nhiều hơn khi mạch thuần trở ( $\varphi = 0$ ).

- Phụ tải điện dung có tính trợ từ nên  $I$  tăng  $\rightarrow U$  tăng



Hình 2-7

### 2.5.3. Đặc tính điều chỉnh

Là quan hệ giữa dòng kích từ với dòng phụ tải (hình 2-7)

khi  $U = \text{const}$ ;  $n, \cos\varphi = \text{const}$

$$i_{kt} = f(I)$$

Tức là điều chỉnh  $i_{kt}$  thế nào để bù được điện áp giáng trong dây quấn phản ứng và phản ứng phản ứng gây ra.

Hệ số điều chỉnh điện áp máy phát:

$$k = \frac{U_0 - U}{U} \cdot 100\%$$

Trong đó:  $U_0$ : Điện áp không tải

$U$ : Điện áp lúc mang tải

Hệ số điều chỉnh khác nhau khi  $\cos\varphi$  khác nhau. Theo đặc tính ngoài thì phụ tải  $R$  và  $L$  lúc mang tải thấp hơn lúc không tải nghĩa là hệ số điều chỉnh có trị số dương, ở phụ tải điện dung điện áp lúc có tải cao hơn lúc không tải như vậy hệ số điều chỉnh có trị số âm.

Hệ số điều chỉnh là một đặc tính quan trọng của máy phát, độ lớn nhỏ của hệ số điều chỉnh liên quan đến bảo vệ thiết bị, hoà song song máy phát. Tuy nhiên, biến thiên của hệ số điều chỉnh do hệ số công suất của phụ tải ngoài khác nhau còn do nội bộ của máy phát nhiều nhân tố ảnh hưởng như: phản ứng phản ứng, cảm kháng phản ứng, điện trở phản ứng từ dò cực từ... những nhân tố đó làm  $U$  máy phát giảm cần phải điều chỉnh.

## 2.6. VẬN HÀNH SONG SONG MÁY PHÁT

Để đảm bảo công suất cung cấp, nâng cao tính chắc chắn, người ta thường cho các máy phát làm việc song song có 2 phương pháp:

- Phương pháp hoà chính xác
- Phương pháp hoà tự đồng bộ

### 2.6.1. Điều kiện vận hành song song máy phát: điều kiện bắt buộc thứ tự pha giống nhau

- Điện áp máy phát khi hoà mạng phải bằng điện áp của mạng hay máy phát đang vận hành  $U_f \text{ tăng} = U_L$
- Tần số của máy phát sẽ đóng mạch phải bằng tần số mạng  $f_f = f_L$
- Góc lệch pha  $\varphi_f = \varphi_L$  ( $\vec{E}_f, \vec{E}_L$ ) = 0

### 2.6.2. Các phương pháp hoà máy phát

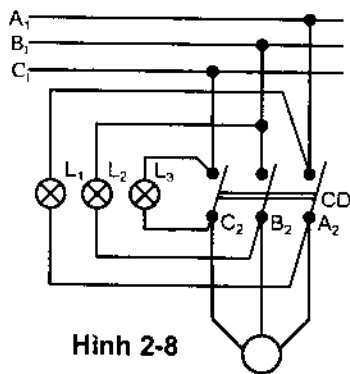
#### 2.6.2.1. Phương pháp hoà chính xác dùng đèn sáng tối (hình 2-8)

- Sử dụng 3 bóng đèn lắp vào hiệu số véc tơ điện áp của  $f_1$  và  $f_2$  (hình 2-9) chỉ đóng máy phát hoà vào lưới khi 3 đèn không sáng.

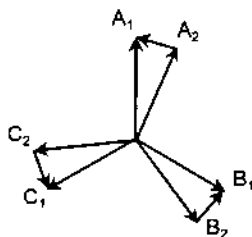
Nếu U và thứ tự pha không giống nhau thì  $L_1, L_2, L_3$  sẽ sáng và ngược lại sẽ tắt.

- Nếu tần số không bằng nhau thì điện thế pha trong cùng một pha chỉ có một thời gian ngắn giống nhau nên rất nhanh lại có sai lệch do vậy đèn sẽ sáng tắt liên tục theo sự chênh lệch về tần số.

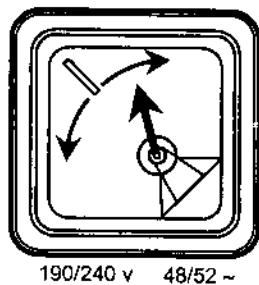
- Nếu chưa đồng pha thì sẽ có 2 đèn sáng và 1 đèn tắt.



Hình 2-8



Hình 2-9



Hình 2-10

#### 2.6.2.2. Phương pháp dùng đồng bộ kế (hình 2-10)

Lợi dụng tác dụng từ trường quay khi kim chuyển động quay, thể hiện tần số của  $F_2$  cao hay thấp. Khi  $f$  của  $F_2$  lớn hơn  $F_1$  kim sẽ quay thuận chiều kim đồng hồ, khi  $f$  của  $F_2$  nhỏ hơn  $F_1$  kim sẽ quay ngược chiều kim đồng hồ. Khi  $f$  của  $F_1$  và  $F_2$  gần bằng nhau kim chuyển động chậm dần. Khi kim đứng ở gần vị trí giữa có thể đóng máy ngắt của máy phát nối lên lưới làm cho máy vận hành song song với lưới.

(Điều chỉnh biến trở từ trường để thay đổi công suất vô công, điều chỉnh công suất cơ cấp cho máy phát để điều chỉnh công suất hữu công).

## 2.7. ĐỘNG CƠ VÀ MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

- Động cơ đồng bộ chế tạo công suất lớn, tốc độ thấp,  $\cos\varphi$  cao và hiệu suất cao.

- Máy bù dùng để cải thiện  $\cos\varphi$  nó là động cơ đồng bộ chạy không tải, tiêu thụ công suất tác dụng đóng vai trò máy phát, phát dòng điện phản kháng, cung cấp công suất phản kháng cho lưới. Trong trường hợp này, động cơ được xem tương tự như 1 tụ điện vận hành với góc  $\varphi$  vượt trước.

- Động cơ đồng bộ và máy bù có cấu tạo giống nhau.

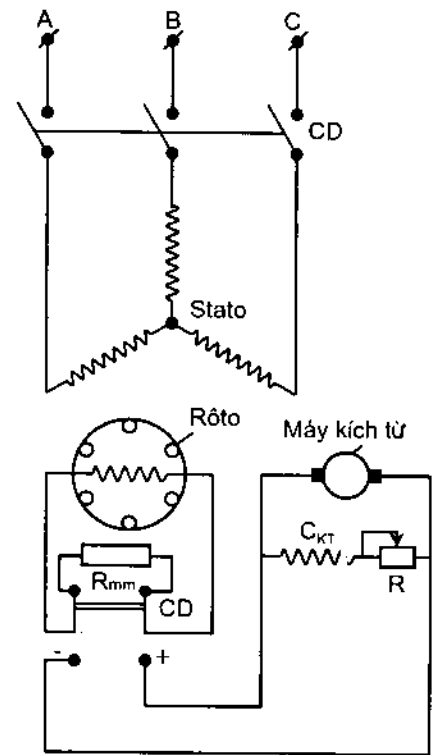
\* Nguyên lý làm việc của động cơ đồng bộ

- Sơ đồ nguyên lý (hình 2-11)

Đặt điện áp xoay chiều 3 pha vào stato trong stato sinh ra từ trường quay. Đưa dòng 1 chiều vào dây quấn rô to nó sinh ra 1 từ trường, do tác dụng tương hỗ giữa 2 từ trường rô to cũng quay cùng chiều với chiều quay của từ trường và tốc độ quay  $n = n_1$

**Chú ý:** Khi đóng mạch, stato mà phóng ngay dòng điện 1 chiều vào cuộn dây rô to thì rô to sẽ không quay (vì tốc độ quay của từ trường rất nhanh so với rô to đứng yên, từ trường rô to không bắt theo kịp rô to có khối lượng lớn, quán tính lớn nên không mở máy và tăng tốc độ tới tốc độ đồng bộ được). Việc mở máy động cơ đồng bộ có trang bị mở máy riêng, mở máy theo phương pháp không đồng bộ. Trên cực của rô to đặt cuộn dây ngắn mạch phụ gọi là cuộn dây mở máy. Khi mở máy, cuộn kích từ có suất điện động cảm ứng lớn. Để đảm bảo an toàn cuộn dây này phải đóng mạch vào điện trở phụ bằng cầu dao đảo mạch.

Khi khởi động đóng cầu dao dây quấn stato nối vào mạng điện 3 pha, sinh ra từ trường quay quét qua cuộn dây mở máy và cảm ứng ra dòng điện. Những dòng cảm ứng này tác dụng với từ trường quay của stato làm rô to quay, khi rô to đạt được tốc độ tối đa (95% - 97%) tốc độ đồng bộ thì đảo cầu dao đảo mạch đóng cuộn dây rô to vào mạng 1 chiều.



Hình 2-11

## 2.8. QUY ĐỊNH VẬN HÀNH MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### 2.8.1. Quy định chung

- Phải có đầy đủ hồ sơ, lý lịch máy

- Phải có quy trình vận hành

- Nhân viên vận hành phải nắm vững quy trình vận hành, các số liệu kỹ thuật, các tiêu chuẩn vận hành.

### 2.8.2. Quy định về mở máy và ngừng máy

+ Mở máy: khởi động động cơ sơ cấp, tăng tốc độ đến định mức, đóng kích từ và điều chỉnh để  $U = U_{dm}$

- Đóng mạch cấp cho phụ tải. Nếu điện áp thay đổi thì phải điều chỉnh  $I_{kt}$  giữ  $U_{dm}$  (nếu tần số giảm thì tăng tốc độ máy phát).

+ Ngừng máy: Làm ngược lại với mở máy

- Cắt phụ tải;

- Giảm dần kích từ;

- Giảm động cơ sơ cấp;

- Cắt máy.

### 2.8.3. Trông coi máy khi làm việc

- Khi làm việc bình thường phải theo dõi điện áp, tần số, dòng điện, kiểm tra cách điện...

+ Làm việc không bình thường

- *Quá tải*: Nếu trong giới hạn cho phép thì vẫn làm việc. Nếu quá tải ngoài giới hạn cho phép thì phải ngừng máy.

- *Quá nóng*: Kiểm tra bộ phận làm mát, kiểm tra xem có quá tải không, nếu không thì phải dừng máy.

- *Mất mô men sơ cấp*: Máy phát trở thành động cơ chạy không tải, nó trở thành máy bù do vậy mất mô men sơ cấp không nguy hiểm.

- *Mất kích từ*: Trở thành động cơ không đồng bộ phải cắt ngay để chống phát nóng do cảm ứng sinh ra ở rô to.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Hãy trình bày cấu tạo, nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ.
2. Thế nào là phản ứng phản ứng trong máy phát đồng bộ? Phản ứng phản ứng phụ thuộc vào tải như thế nào?
3. Trình bày các đặc tính của máy phát đồng bộ.
4. Hãy nêu các điều kiện hoà máy phát.
5. Hãy nêu những quy định về vận hành máy điện đồng bộ.

## Chương 3

### MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

#### 3.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

\* Nguồn động lực chủ yếu sử dụng trong sản xuất và sinh hoạt đời sống hiện nay là động cơ điện xoay chiều không đồng bộ. Trong động cơ không đồng bộ tùy theo nguồn điện sử dụng là 3 pha hay 1 pha mà người ta phân chia ra loại động cơ không đồng bộ 1 pha và động cơ không đồng bộ 3 pha.

Trong sản xuất công nghiệp, nguồn động lực được sử dụng 90% là động cơ không đồng bộ 3 pha, nhờ những tính năng ưu việt của nó là cấu tạo đơn giản, dễ vận hành, tương đối rẻ tiền. Tuy nhiên, không đồng bộ 3 pha có nhược điểm là khó điều chỉnh tốc độ và hệ số  $\cos \varphi$  thấp.

\* Sở dĩ gọi là động cơ không đồng bộ vì tốc độ quay của rô to khác tốc độ của từ trường quay trong máy (đôi khi còn gọi là động cơ cảm ứng).

- Máy điện không đồng bộ có tính thuận nghịch có thể làm việc ở chế độ động cơ điện hay chế độ máy phát .

- Máy điện không đồng bộ có loại có vành đổi chiều (cổ góp) và có loại không có vành đổi chiều (rô to lồng sóc và rô to quấn dây).

#### 3.2. CẤU TẠO

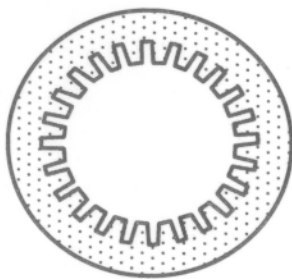
Máy điện không đồng bộ 3 pha gồm hai phần chính là phần tĩnh (stato) và phần quay (rô to), ngoài ra còn có các bộ phận phụ khác.

##### 3.2.1.Stato

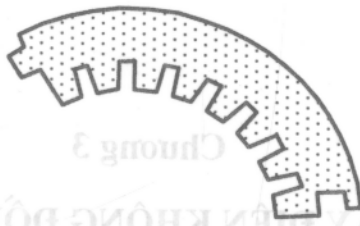
Gồm mạch từ, bộ dây quấn và vỏ máy.

+ *Mạch từ*: Dùng để dẫn từ, được chế tạo từ các lá thép kỹ thuật điện dày (0,35 - 0,5mm). Trên bề mặt lá thép có sơn cách điện để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây ra khi máy làm việc. Các lá thép được ghép lại thành hình trụ rỗng, bên trong có các rãnh để đặt bộ dây quấn (hình 3-1c).

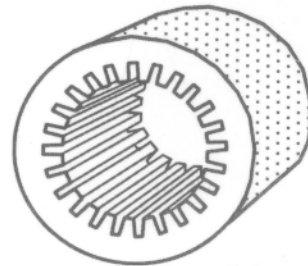
+ *Bộ dây quấn* : Bộ dây quấn stato không đồng bộ 3 pha gồm 3 dây quấn pha, mỗi pha gồm nhiều bối dây, mỗi bối dây gồm nhiều vòng dây. Các bối dây được quấn bằng dây đồng hoặc bằng nhôm có lớp cách điện (sơn é may hay cô ton...) được đặt vào các rãnh của mạch từ. Dây dẫn có nhiệm vụ dẫn điện và tạo từ trường, các pha dây quấn đặt lệch  $120^\circ$  điện. Dây quấn 3 pha có 6 đầu dây ra hộp cực và có thể đấu theo hình sao hay hình tam giác.



a)



b)



c)

Hình 3-1

- a) Lá thép hình vành khăn
- b) Lá thép hình rẽ quạt
- c) Lá thép hình trụ rỗng

+ Vỏ máy: vỏ máy gồm thân máy, nắp máy và chân đế.

- Vỏ máy dùng để cố định và bảo vệ mạch từ và bộ dây quấn đồng thời là giá đỡ để rôto quay trong lòng stato. Vì vỏ không dùng để dẫn từ nên thường làm bằng nhôm hoặc gang đúc hoặc bằng thép (đối với động cơ có công suất lớn).

- Tùy theo môi trường sử dụng mà vỏ máy có các kiểu khác nhau như: kiểu hở, kiểu kín, kiểu bảo vệ...

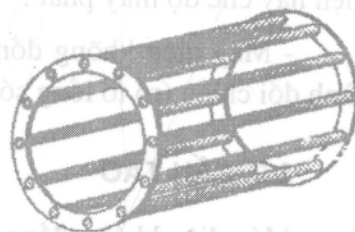
### 3.2.3. Rô to

Rôto cấu tạo gồm lõi thép, trục và dây quấn.

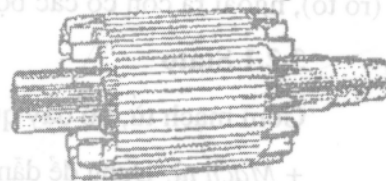
+ **Lõi thép:** Gồm các lá thép kỹ thuật điện bề mặt có sơn cách điện và ghép lại, mặt ngoài có rãnh để đặt dây quấn, ở giữa có lỗ để ghép trục, đôi khi còn có lỗ để tạo sự thông gió dọc trục (do tổn hao thép trên lõi thép rô to không đáng kể, về mặt lý thuyết thì rô to không cần phải dùng thép kỹ thuật điện nhưng thực tế để tận dụng phần sắt từ sau khi dập các lá thép stato người ta dập luôn lá thép rô to).

+ **Trục:** Làm bằng thép tốt, có kết cấu kiểu trục bậc được ghép chặt vào lõi thép rô to, hai đầu được lắp 2 ổ đỡ, thường dùng 2 vòng bi, 2 vòng bi được ghép vào nắp máy, nhờ vậy mà rô to quay được trong lòng stato.

+ **Dây quấn có kiểu lồng sóc và kiểu quấn dây**



a) Dây quấn rôto lồng sóc



b) Rôto lồng sóc

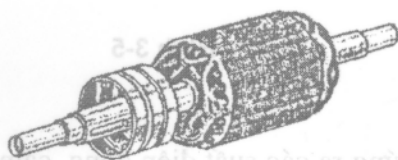
Hình 3-2

- **Kiểu lồng sóc:** còn gọi là rô to ngắn mạch, dây quấn là những thanh bằng đồng hoặc nhôm đặt trong các rãnh của lõi thép, hai đầu được nối với nhau bằng 2 vòng đồng hay nhôm (vòng ngắn mạch) tạo thành lồng sóc (hình 3-2a).

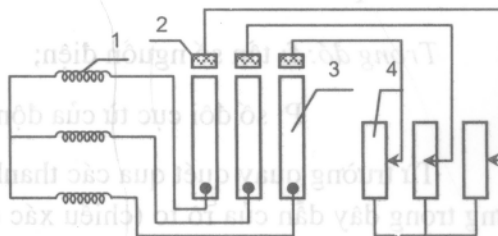
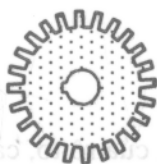
Có 3 loại lồng sóc: Lồng sóc thường; lồng sóc kép; rô to rãnh sâu.

Các rãnh nhôm hay đồng thường có độ chéo nhất định so với các rãnh ở stato (hình 3-2b).

- *Kiểu quấn dây*: Còn gọi là rô to dây quấn, 3 pha của rô to được bố trí vững chắc trong các rãnh của lõi thép và thường được đấu sao, 3 mối dây còn lại được nối lên 3 vành trượt đặt cố định ở 1 đầu trục, từ lên 3 vành trượt là 3 chổi than để nối dây quấn rô to với mạch ngoài (hình 3-3).



Hình 3-3



Hình 3-4

1: Dây quấn rô to (giống bộ dây stato)

2: Chổi than

3: Vòng trượt

4: Biến trở

Sơ đồ nguyên lý rô to dây quấn (hình 3-4): 3 điện trở phụ nối vào mạch rô to dùng để hạn chế dòng điện khi mở máy động cơ hoặc điều chỉnh tốc độ động cơ. Khi làm việc bình thường dây quấn rô to được nối ngắn mạch.

Động cơ rô to dây quấn mở máy và điều chỉnh tốc độ tốt song giá thành đắt, vận hành kém tin cậy so với rô to lồng sóc nên chỉ dùng khi động cơ lồng sóc không đáp ứng được yêu cầu của truyền động.

Giữa stato và rô to có khe hở không khí, khe hở càng bé thì càng giảm nhỏ được dòng điện từ hoá lấy từ lưới. Nhờ đó mà có thể nâng cao được hệ số công suất (nếu khe hở lớn thì dòng điện từ hoá lớn làm động cơ nóng, công suất giảm, hiệu suất thấp...).

Đối với công suất  $P_{dm} = 10KW$  thì khe hở  $\delta = (0,35 - 0,5)mm$

$P_{dm} \geq 10 - 100KW$  thì khe hở  $\delta = (0,5 - 0,8)mm$

$P \geq 100$  thì khe hở  $\delta = (0,8 - 1,5)mm$

- Ngoài ra còn có quạt gió thường đúc bằng nhôm đặt ở phía nắp chắn sau dùng làm mát cho động cơ trong quá trình làm việc, phía ngoài quạt gió có nắp bảo vệ.

- *Hộp đấu dây*: Là chỗ để bắt 6 đầu dây của cuộn dây stato đồng thời cũng là chỗ để đưa dòng 3 pha vào các cuộn dây của động cơ.

### 3.3. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

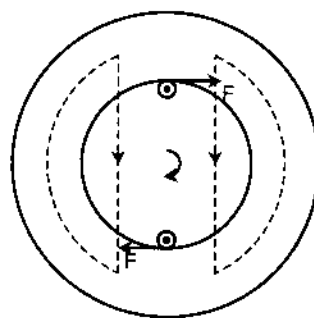
Động cơ không đồng bộ 3 pha làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ.

Khi cho dòng điện xoay chiều 3 pha lệch nhau  $120^\circ$  điện chạy vào dây quấn stato đặt lệch nhau  $120^\circ$  điện, trong máy sẽ hình thành một từ trường quay, quay với tốc độ đồng bộ

$$n = \frac{60f}{P} \text{ (vòng/phút)}$$

Trong đó:  $f$ : tần số nguồn điện;

$P$ : số đôi cực từ của động cơ



Hình 3-5

Từ trường quay quét qua các thanh dẫn của rô to, cảm ứng ra các suất điện động cảm ứng trong dây dẫn của rô to (chiều xác định bằng quy tắc bàn tay phải). Vì dây quấn của rô to kín mạch nên trong dây quấn có dòng điện cùng chiều với suất điện động cảm ứng: dòng điện này tác dụng với từ trường sinh ra lực điện từ tác dụng lên dây dẫn (chiều của  $F_{dt}$  xác định bằng quy tắc bàn tay trái). Lực này sẽ tạo ra mô men làm quay rô to theo chiều quay của từ trường với tốc độ  $n_1$  (hình 3-5), tốc độ của rô to  $n_1$  luôn luôn nhỏ hơn tốc độ của từ trường quay ( $n_1 < n$ ).

Nếu  $n_1 = n$  thì tốc độ tương đối giữa rô to và từ trường bằng  $E = 0 \rightarrow I_{cảm ứng} = 0 \rightarrow$  lực  $F = 0$  và rô to phải quay chậm lại. Do vậy, động cơ này gọi là động cơ không đồng bộ (dị bộ).

Độ chênh lệch giữa tốc độ của rô to và tốc độ từ trường quay gọi là tốc độ trượt  $n_2$

$$n_2 = n - n_1$$

$$\text{Hệ số trượt : } S = \frac{n_2}{n} = \frac{n - n_1}{n}$$

Khi rô to đứng yên  $n_1 = 0$  ;  $S = 1$

Khi rô to quay định mức thì  $S = (0,02 - 0,06)$

Chú ý:

- Tốc độ của động cơ  $n_1 = n - S \cdot n$

$$n_1 = n (1 - S) = \frac{60f}{P} (1 - S)$$

- Số đôi cực  $P$  luôn luôn là số nguyên  $P = 1, 2, 3, 4, \dots$  nên với tần số 50Hz, tốc độ động cơ 3 pha chỉ có thể  $\approx$  các số 3000, 1500, 1000, 750... chứ không thể có giá trị bất kỳ và không bao giờ quá 3000 vòng/phút.

*Ví dụ 1:* Động cơ xoay chiều 3 pha có 4 cực vận hành ở nguồn xoay chiều 3 pha  $f = 50\text{Hz}$ , tốc độ quay định mức của động cơ là bao nhiêu, khi hệ số trượt  $S = 0,04$ .

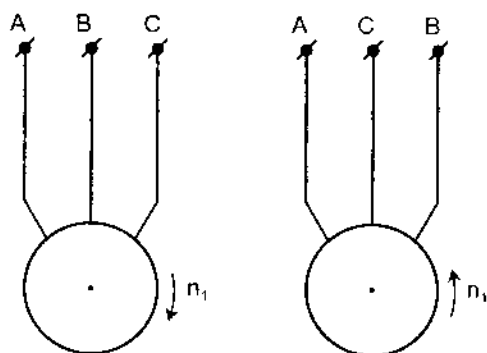
*Ví dụ 2:* Động cơ xoay chiều 3 pha có 2 cực vận hành nguồn  $f = 50\text{Hz}$ , tốc độ định mức của động cơ là  $2950\text{v/p}$ . Xác định hệ số trượt định mức.

\* Như vậy:

- Khi có dòng điện 3 pha lệch nhau  $120^\circ$  điện đi vào 3 cuộn dây giống nhau, đặt lệch nhau  $120^\circ$  điện sẽ tạo ra được 1 từ trường quay tròn.

- Tốc độ từ trường quay phụ thuộc vào tần số và số đôi cực:  $n = \frac{60f}{P}$ .

- Chiều từ trường quay phụ thuộc vào thứ tự pha. Muốn đổi chiều quay của từ trường, ta đổi thứ tự 2 pha cho nhau (hình 3-6).



Hình 3-6

### 3.4. GIẢI THÍCH KÝ HIỆU GHI TRÊN NHÃN ĐỘNG CƠ

Trên nhãn động cơ thường ghi các đại lượng định mức đặc trưng cho điều kiện kỹ thuật của động cơ, do nhà chế tạo quy định, nó rất cần thiết cho việc sử dụng, kiểm tra, sửa chữa. Các ký hiệu bao gồm:

**1. Kiểu máy:** được ký hiệu bằng các chữ in và các số biểu thị kiểu động cơ (hở, kín, hình thức máy, loại rôto, số cực...).

*Ví dụ:* Động cơ điện của Việt nam sản xuất (động cơ xoay chiều 3 pha không đồng bộ) kiểu kín không đồng bộ 3 pha : ký hiệu DK

*Ví dụ:* DK 42-4

- Con số thứ nhất: Là chỉ cỡ vỏ máy xếp thứ tự từ 3 - 9 tăng dần theo đường kính ngoài của stato.

- Con số thứ 2: Cỡ chiều dài lõi thép

- Con số thứ 3 (sau gạch ngang) Chỉ số cực

DK 42-4: Là động cơ không đồng bộ 3 pha kiểu kín rô to lồng sóc, vỏ máy cỡ 4, chiều dài cỡ 2 và có 4 cực.

Ví dụ khác: động cơ Trung quốc

J062-4: Là động cơ lồng sóc kiểu kín, vỏ máy cỡ 6, chiều dài lõi sắt cỡ 2, số cực  $2p=4$ .

## 2. Công suất định mức ở đầu trục $P_{dm}(W, KW)$

Đây là công suất cơ nói nên khả năng sinh công của động cơ. Ngoài đơn vị (W, KW) còn tính bằng sức ngựa HP hoặc CV, 1HP = 736W (còn gọi là mã lực).

## 3. Điện áp định mức $U_{dm}(V)$

Động cơ 3 pha thường ghi 2 trị số điện áp tương ứng với cách đấu dây giữa 3 pha của động cơ.

Ví dụ 1:  $\Delta/Y - 220/380^v$  nghĩa là

- Khi nguồn 3 pha có  $U_d = 220v$  thì đấu  $\Delta$

- Khi nguồn 3 pha có  $U_d = 380v$  thì đấu Y

Ví dụ 2:  $\Delta - 380^v$  khi nguồn 3 pha có  $U_d = 380v$  thì đấu  $\Delta$ .

## 4. Dòng điện định mức: $I_{dm}(A)$

Đây là dòng điện dây của cuộn dây stato lấy từ nguồn điện khi điện áp đặt vào động cơ là định mức và trục động cơ kéo phụ tải là định mức. Trên nhãn cũng ghi 2 trị số dòng điện. Ví dụ: 6,6A/3,8A đó là dòng điện tương ứng với cách đấu  $\Delta$  và Y.

## 5. Tốc độ quay định mức: $n_{dm}(v/phút)$

Là tốc độ không đồng bộ ghi trên nhãn khi sử dụng động cơ đặt vào  $U_{dm}$ , kéo tải là định mức với tần số lưới định mức.

## 6. Tần số nguồn định mức: $f_{dm}(Hz)$

7. Hiệu suất định mức: Là tỉ số giữa công suất cơ trên trục động cơ và công suất điện mà động cơ tiêu thụ khi phụ tải định mức.

$$\eta_{dm} = \frac{P_{2dm}}{P_{1dm}}$$

## 8. Hệ số công suất định mức $\cos\varphi_{dm}$

$$\cos\varphi = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} U_{dm} \cdot I_{dm} \cdot \eta_{dm}}$$

Hệ số  $\cos\varphi$  động cơ thay đổi theo phụ tải, hệ số này giảm đáng kể khi máy chạy non tải hay không tải. Để động cơ làm việc có hiệu quả phải cố gắng sử dụng hết công suất.

## 9. Độ tăng nhiệt

Mỗi động cơ có độ tăng nhiệt cho phép tùy thuộc vào vật liệu chế tạo động cơ. Khi động cơ hoạt động, nếu độ tăng nhiệt vượt quá trị số cho phép thì phải ngừng máy kiểm tra nếu không sẽ làm hư hỏng động cơ.

Ví dụ: Động cơ có  $\Delta t = 60^{\circ}\text{C}$  nếu lấy  $t^{\circ}$  môi trường là  $25^{\circ}\text{C}$  thì khi làm việc  $t^{\circ}$  cao nhất của động cơ là  $60^{\circ} + 25^{\circ} = 85^{\circ}\text{C}$ .

Một số loại động cơ cho biết nhiệt độ cho phép khi làm việc:

- Nhiệt độ cho phép khi làm việc: Nhiệt độ này phụ thuộc vào vật liệu chế tạo động cơ. Nếu vượt quá nhiệt độ này thì cách điện của động cơ sẽ giảm, độ từ hoá của mạch từ giảm, động cơ giảm công suất và hiệu suất; tốc độ nóng của động cơ tăng lên sẽ dẫn tới cháy động cơ.

- Ngoài ra trên mác động cơ còn ghi cấp cách điện, trọng lượng, ngày tháng năm sản xuất...

### 3.5. BỘ DÂY CỦA MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU

#### 3.5.1. Khái niệm

+ Bộ dây máy điện xoay chiều 3 pha là tập hợp của nhiều cuộn dây đặt trong rãnh của stato và của rô to được nối với nhau theo một quy tắc xác định.

- Bộ dây của động cơ điện sinh ra từ trường quay

- Bộ dây máy phát điện sinh ra suất điện động.

+ Vật liệu

- *Dẫn điện*: dây é may, dây cotton, dây bọc lụa thuỷ tinh

- *Cách điện*: bìa, lụa, mica, nhựa, amiăng ...

- *Tẩm*: các loại sơn cách điện

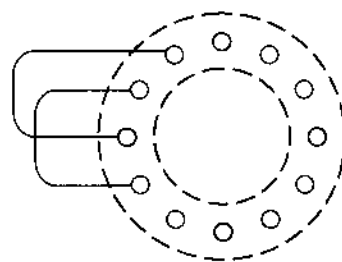
+ Các sơ đồ bộ dây

- *Sơ đồ hình tán*: Bộ dây được biểu diễn trên 1 mặt cắt vuông góc với trục của động cơ (sơ đồ tròn).

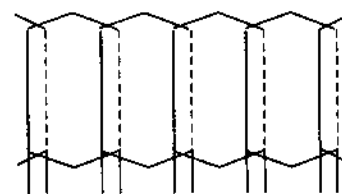
*Quy ước*: Mỗi rãnh được biểu diễn bằng 1 dấu chấm, các thanh dẫn của 1 cuộn trong rãnh biểu diễn bằng nét liền (hình 3-7a).

- *Sơ đồ trải*: Thể hiện bằng mặt phẳng trong đó bộ dây được cắt 1 nét song song với trục máy điện và trải phẳng ra.

*Quy ước*: Các cạnh của lớp trên biểu diễn bằng nét liền; các cạnh của lớp dưới biểu diễn bằng nét đứt (hình 3-7b).



Hình 3-7a



Hình 3-7b

### 3.5.2. Đặc điểm và cấu tạo bộ dây

+ Chế tạo từ 3 phần giống hệt nhau về thông số, mỗi phần được gọi là 1 pha, chiếm 1/3 số rãnh.

+ Yêu cầu

- Các đầu đầu và đầu cuối của các pha lệch nhau  $120^0$  trong không gian
- Các pha có cách đấu các cuộn dây giống nhau
- Số cuộn dây các pha giống nhau.

**\* Cấu tạo chung:**

- + *Vòng dây*: Là sự khép không kín của một sợi dây có chu vi thích hợp.
- + *Cuộn dây*: Là tập hợp liên tiếp của nhiều vòng dây quấn quanh một trục.
- + *Nhóm cuộn dây*: Là tập hợp của 2 hay nhiều cuộn dây liên tiếp
- + *Bộ dây*: là tập hợp nhiều nhóm cuộn dây
- Cuộn dây có 2 đầu ra, bộ dây có nhiều đầu ra
- Bộ dây 1 lớp trong rãnh có 1 cạnh của 1 cuộn dây.
- Bộ dây 2 lớp trong rãnh có 2 cạnh của 2 cuộn dây khác nhau.

## 3.6. SUẤT ĐIỆN ĐỘNG TRONG BỘ DÂY MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU

### 3.6.1. Trong mạch stato

Từ trường của máy điện xoay chiều 3 pha là từ trường quay do đó có từ thông biến thiên. Trong dây quấn stato cảm ứng ra suất điện động.

$$E_1 \text{ vòng dây} = 4.K_E \cdot \phi \cdot f$$

-  $K_E$ : Hệ số hình dáng suất điện động (hình sin hay không hình sin, nếu hình sin  $K_E=1,11$ )

-  $\phi$ : Từ thông

-  $f$ : Tần số của lưới

$$E_1 \text{ bối dây} = 4.K_E \cdot \phi \cdot f \cdot w \quad \text{Trong đó: } w \text{ là số vòng dây 1 bối}$$

$$\text{Nếu suất điện động hình sin: } E_{TB} = 4,44 \cdot \phi \cdot f \cdot w$$

Bộ dây quấn bước ngắn thì

$$E_{TB} = 4,44 \cdot \phi \cdot f \cdot w \cdot k_n \quad \text{Trong đó: } k_n \text{ là hệ số bước quấn dây}$$

$k_n$ : phụ thuộc vào mức độ rút ngắn bước quấn

### 3.6.2. Trong mạch rô to

+ Trạng thái không tải (rô to hở mạch)  $I_2 = 0$ , rô to đứng yên

Ta có:  $E_2 = 4,44 \cdot \phi \cdot f_2 \cdot W_2 \cdot k_{n2}$

$k_{n2}$ : Hệ số xét tới đặc điểm dây quấn rô to động cơ.

$\phi$ : Từ thông trong mạch từ.

$f_2$ : Tần số xác định ở tốc độ biến đổi của từ thông quay qua cuộn dây;

$n_2$ : Tốc độ biến đổi của từ thông quay qua cuộn dây vì rô to đứng yên  $n_1 = 0$  mà  $n_2$

$$= n - n_1 \Rightarrow n_2 = n \Rightarrow f_2 = \frac{P \cdot n_2}{60} = \frac{P \cdot n}{60} = f$$

Nghĩa là  $f_2 =$  tần số dòng điện đưa vào stato

+ Trạng thái có tải: Đóng mạch rô to cho động cơ quay, trong rô to có  $I_2$ . Khi đó  $E_2$ ,  $f_2$  đều thay đổi vì có sự chênh lệch tốc độ của từ trường với tốc độ rô to  $n - n_1$

$$f_{2s} = \frac{P \cdot (n - n_1)}{60} \text{ nhân cả tử và mẫu với } n \text{ ta có } f_{2s} = \frac{P \cdot n}{60} \cdot \frac{n - n_1}{n} \Rightarrow f_{2s} = f \cdot S$$

Như vậy, tần số của dòng điện mạch rô to khi quay, bằng tần số dòng điện mạch stato nhân với hệ số trượt  $S$ .

- Suất điện động

$$E_{2s} = 4,44 \cdot \phi \cdot f_{2s} \cdot W_2 \cdot k_{n2} \text{ thay } f_{2s} = f_1 \cdot S$$

$$\text{ta có } E_{2s} = 4,44 \cdot \phi \cdot f_1 \cdot S \cdot W_2 \cdot k_{n2}$$

$$\text{mà } E_2 = 4,44 \cdot \phi \cdot f_1 \cdot W_2 \cdot k_{n2}$$

$$\Rightarrow E_{2s} = E_2 \cdot S$$

Như vậy, suất điện động trong mạch rô to khi quay bằng suất điện động trong mạch rô to khi đứng yên nhân với hệ số trượt  $S$ .

$$X_2 S = \underbrace{\{2\pi f_1 \cdot L_2\}}_{X_2} \cdot S = X_2 \cdot S$$

- Điện kháng: Điện kháng pha mạch rô to khi quay bằng điện kháng pha rô to khi đứng yên nhân hệ số trượt  $S$ .

$$\text{- Dòng điện } I_2 = \frac{E_{2s}}{Z_2} = \frac{E_{2s}}{\sqrt{R_2^2 + X_{2s}^2}}$$

### 3.7. MÔ MEN QUAY VÀ CÔNG SUẤT MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

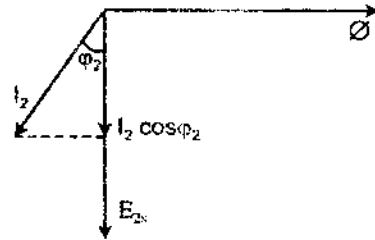
#### 3.7.1. Sự tạo thành mô men quay (hình 3-8)

Mô men quay của động cơ được tạo ra do tác dụng tương hỗ giữa dòng điện  $I_2$  trong mạch rô to với từ thông.

Biểu thức mô men:

$$M = c \cdot \phi_m \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$$

(Suất điện động bao giờ cũng chậm pha so với  $\phi$  một góc  $\pi/2$ )



Hình 3-8

Trong đó  $C$  là hằng số phụ thuộc vào các thông số của động cơ ( $p, R, X$ ).

Từ biểu thức trên ta thấy, Mô men quay tỉ lệ với dòng điện tác dụng trong mạch rô to, với từ thông và  $\cos$  của góc lệch pha giữa dòng điện và suất điện động trong mạch rô to.

- Khi độ trượt thay đổi thì suất điện động  $E$  thay đổi, điện kháng ( $X_{2s}$ ) thay đổi và  $\cos \varphi_2$  thay đổi nên ảnh hưởng tới Mô men quay.

(Vì  $I_2$  phụ thuộc vào  $E_{2s}$  mà  $E_{2s}$  biến thiên thì  $I_2$  biến thiên  $\rightarrow M$  biến thiên)

Vì  $U_1 = \text{const}$ ,  $\phi = \text{const}$  cho nên  $M$  tỉ lệ với  $I_2 \cdot \cos \varphi_2$

Như vậy, mô men tỉ lệ với thành phần tác dụng của dòng điện mạch rô to.

Mô men là hàm số  $f(s)$  quan hệ này ứng với  $U$ ,  $f$  và số đôi cực không đổi.

- Ngoài ra, mô men còn tỉ lệ với bình phương điện áp đặt vào stato. Do vậy, chỉ một sự dao động nhỏ của điện áp cũng đủ gây ra sự biến đổi lớn về mô men động cơ.

#### 3.7.2. Công suất máy điện không đồng bộ

- Công suất đưa từ stato sang rô to chính là công suất trên trở hay gọi là công suất điện từ  $P_{dt} = P_1 - (P_{1Cu} + P_{1Fe})$

Trong đó  $P_1$  công suất nhận từ lưới điện (biến điện năng thành cơ năng)

$$P_1 = \sqrt{3} U_1 I_1 \cdot \cos \varphi_1$$

$$P_{1Cu} = 3 I_1^2 \cdot R_1$$

$$P_{1Fe} = a \cdot U_1^2 \quad (a: \text{hệ số do từ trễ và dòng xoáy})$$

- Ở rô to có 2 loại tổn hao

$$P_{2Fe} = b \cdot E_2^2$$

$$P_{2Cu} = 3 \cdot I_2^2 \cdot R_2$$

Công suất trên trục động cơ:

$$P_{C\sigma} = P_{dt} - (P_{2Fe} + P_{2Cu}) = M \cdot \omega \quad (M: \text{ mô men quay})$$

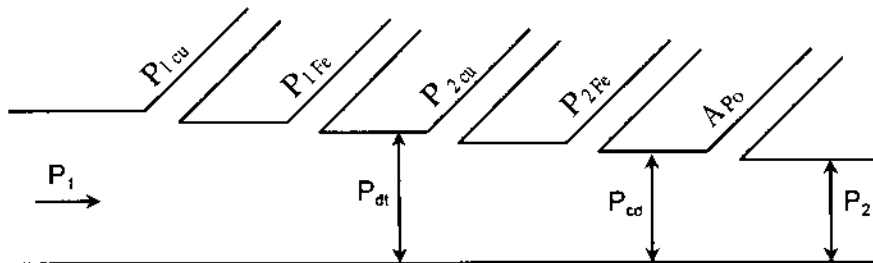
Khi rô to quay còn có tổn hao ma sát ở ổ đỡ và quạt gió làm mát gọi là tổn hao cơ.

$$\Delta P_0 = M_0 \cdot \omega \quad (M_0 : \text{ mô men không tải})$$

Công suất hữu ích chuyển cho máy công tác là:

$$P_2 = P_1 - \{(P_{1Cu} + P_{1Fe}) + (P_{2Cu} + P_{2Fe}) + \Delta P_0\}$$

Giản đồ năng lượng (hình 3-9)



Hình 3-9

- Hiệu suất:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Sigma \Delta P}{P_1} = 1 - \frac{\Sigma \Delta P}{P_1} \quad \Sigma \Delta P : \text{ Tổng các tổn hao}$$

Như vậy muốn tăng hiệu suất phải giảm  $\Delta P_0$  (giảm ma sát) còn  $P_{Fe}$  và  $P_{Cu}$  không thay đổi được vì dây quấn và lõi sắt là cố định ứng với mỗi động cơ.

### 3.8. KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

#### 3.8.1. Đặc điểm của quá trình khởi động

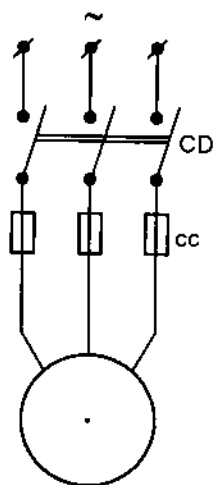
+ Quá trình khởi động động cơ là quá trình từ khi đóng điện vào động cơ (rôto đứng yên) cho tới khi động cơ đạt được tốc độ làm việc ổn định.

+ Dòng điện chạy vào dây quấn stato khi vừa đóng điện vào động cơ gọi là dòng điện khởi động  $I_{KD}$ . Ở điện áp  $U_{dm}$  và phụ tải định mức:  $I_{KD} = (4 \div 7) I_{dm}$ . Với trị số lớn như vậy nếu công suất nguồn điện nhỏ sẽ gây sụt áp lớn trên đường dây, làm cho thời gian khởi động bị kéo dài, thậm chí động cơ không khởi động được. Đồng thời sự sụt áp gây ảnh hưởng đến sự làm việc của các thiết bị khác dùng chung mạng điện đó. Vì vậy khi khởi động động cơ phải tìm cách hạn chế dòng điện khởi động.

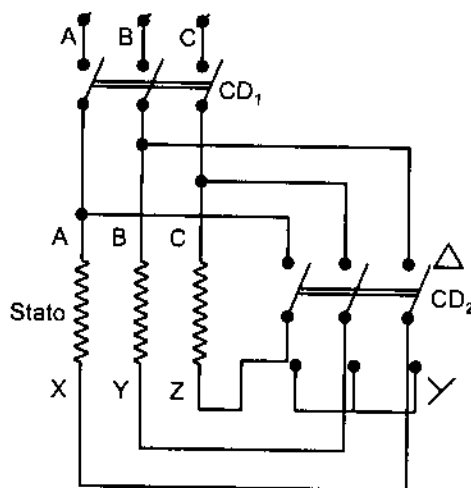
- + Chọn một phương pháp khởi động cần xét đến những yêu cầu cơ bản sau:
- Mô men khởi động phải đủ lớn thích ứng với đặc tính cơ của tải
- Dòng điện khởi động càng nhỏ càng tốt hay bội số mở máy càng nhỏ càng tốt

$$K_{KD} = \frac{I_{kd}}{I_{dm}}$$

- Thiết bị khởi động thao tác đơn giản, sử dụng chắc chắn, rẻ tiền.
- Tổn hao công suất trong quá trình khởi động càng ít càng tốt.
- Tuy nhiên, các yêu cầu trên thường không thoả mãn đồng thời, vì vậy phải căn cứ vào điều kiện cụ thể mà chọn một trong các phương pháp sau.



Hình 3-10



Hình 3-11

### 3.8.2. Các phương pháp khởi động động cơ rô to lồng sóc

#### 3.8.2.1. Khởi động trực tiếp

Khởi động trực tiếp là đưa nguồn điện trực tiếp vào cuộn dây stato, do đó không hạn chế được dòng điện khởi động (hình 3-10).

$$I_{KD} = (4 \div 7) I_{dm}$$

Phương pháp này chỉ sử dụng cho động cơ có công suất nhỏ hơn công suất của lưới nhiều lần (thường là  $< 10\%$ )  $S_{dm}$  máy biến áp nguồn.

Ví dụ: Những động cơ có  $P < 40$  KW rô to lồng sóc.

#### 3.8.2.2. Hạ điện áp khi khởi động

Phương pháp này dùng các thiết bị hạ điện áp đặt vào cuộn dây stato khi khởi động để giảm dòng khởi động.

Nhược điểm của phương pháp này là khi điện áp giảm  $k$  lần thì mô men khởi động sẽ giảm  $k^2$  lần. Do đó đối với những tải có yêu cầu mô men khởi động lớn thì phương pháp này không dùng được, nó chỉ thích hợp đối với các động cơ thường khởi động không tải hoặc phụ tải nhỏ. Có các hình thức giảm điện áp như sau:

**a) Khởi động bằng đổi nối sao - tam giác (Y -  $\Delta$ )**

Phương pháp này chỉ áp dụng cho những động cơ 3 pha làm việc ở nguồn điện mà dây quấn stato phải đấu  $\Delta$  (hình 3-11):

+ Trình tự khởi động động cơ: Đóng cầu dao  $CD_2$  sang vị trí đấu sao, đóng cầu dao  $CD_1$  động cơ bắt đầu khởi động, khi tốc độ động cơ đạt đến 75% tốc độ định mức thì đóng  $CD_2$  về vị trí tam giác, dây quấn stato được nối với nguồn đúng  $U_{dm}$ , động cơ làm việc bình thường và kết thúc quá trình khởi động.

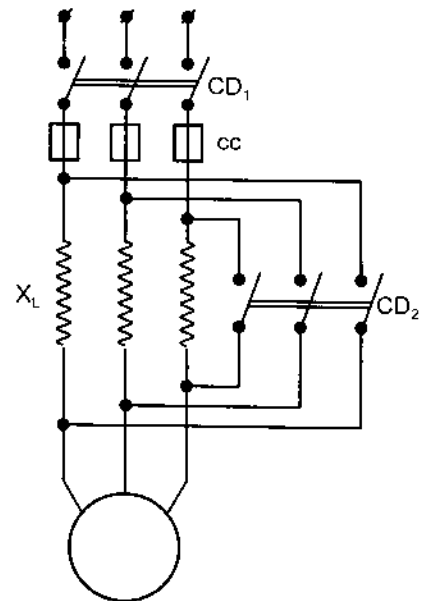
+ Đặc điểm phương pháp khởi động này:

- Là phương pháp khởi động đơn giản chỉ cần dùng cầu dao 3 pha hoặc hệ thống khởi động từ kép.

- Dòng điện khởi động giảm 3 lần so với  $I_{KD}$  trực tiếp.

- Nhưng nó có nhược điểm là mô men giảm bằng  $1/3 M_{KD}$  trực tiếp.

Nên phương pháp này được áp dụng cho động cơ có  $P = (7 \div 20KW)$  làm việc ở chế độ  $\Delta$ .



**Hình 3-12**

**b) Phương pháp nối tiếp điện kháng vào mạch stato (hình 3-12)**

+ Trình tự khởi động

- Khi khởi động đóng cầu dao  $CD_1$  còn  $CD_2$  mở, mạch stato được nối tiếp qua cuộn kháng, dòng điện đi vào động cơ tạo ra một điện áp sụt trên cuộn kháng do đó điện áp đặt vào dây quấn stato giảm nhỏ hơn điện áp nguồn và dòng khởi động cũng giảm. Khi tốc độ gần đến  $n_{dm}$  thì đóng cầu dao  $CD_2$ , mở cầu dao  $CD_1$  loại điện kháng ra khỏi mạch stato động cơ được nối trực tiếp vào điện áp nguồn kết thúc quá trình khởi động.

+ Đặc điểm:

- Phương pháp khởi động này  $I_{KD} = (2 \div 2,5)I_{dm}$

- Phương pháp này sử dụng thiết bị đơn giản, thao tác dễ dàng

- Nhược điểm: dòng giảm  $k$  lần thì  $M$  giảm  $k^2$  lần.

### c) Dùng biến áp tự ngẫu

Đóng  $CD_3$  sang vị trí khởi động, đóng  $CD_1$  và  $CD_2$ , điện áp nguồn đưa vào sơ cấp máy biến áp động cơ được cấp nguồn từ thứ cấp của biến áp và bắt đầu khởi động với điện áp thấp. Sau khi đạt gần đến  $n_{dm}$  thì đóng  $CD_3$  sang vị trí làm việc động cơ được lấy điện trực tiếp và hoàn thành giai đoạn mở máy. Sau đó, ta cắt  $CD_2$  cắt máy biến áp ra khỏi lưới điện. Phương pháp này giá thành máy biến áp tự ngẫu đắt, thao tác phức tạp hơn, thường dùng đối với động cơ 3 pha có  $P > 75KW$ .

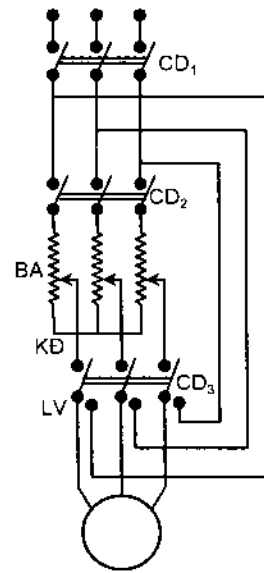
Trong 3 phương pháp nêu trên, các cầu dao có thể thay bằng khởi động từ.

#### 3.8.2.3 Khởi động động cơ rô to dây quấn (hình 3-14)

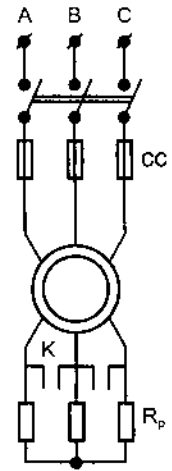
Để hạn chế dòng điện khởi động của động cơ 3 pha rô to dây quấn, người ta nối vào dây quấn rô to một biến trở để hạn chế dòng khởi động. Đối với rô to dây quấn bộ biến trở còn dùng để điều chỉnh tốc độ động cơ phương pháp này dòng điện mở máy  $I_{mm} = 2,5 I_{dm}$ . Đồng thời vì có  $R_p$  nên thành phần tác dụng của dòng điện  $I_2$ ,  $\cos \varphi_2$  tăng, do đó tăng được mô men mở máy (hình 3-14).

Thông thường,  $R_p$  được chia ra làm nhiều cấp để giảm dần trong quá trình khởi động. Quá trình giảm biến trở mở máy được điều khiển bằng tay hoặc dùng thiết bị tự động.

+ Động cơ rô to dây quấn có đặc tính mở máy tốt được ứng dụng để kéo máy có điều kiện mở máy nặng như cầu trục, tời.



Hình 3-13



Hình 3-14

## 3.9. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ 3 PHA

Do yêu cầu của sản xuất, động cơ điện cần phải điều chỉnh tốc độ cho phù hợp.

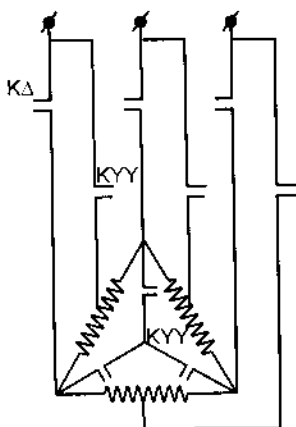
Việc điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ có khó khăn hơn so với loại động cơ dùng điện 1 chiều.

$$\text{Tốc độ động cơ } n_1 = \frac{60f}{P} (1 - S)$$

Để điều chỉnh tốc độ động cơ, ta có thể điều chỉnh: tần số  $f$ ; số đôi cực  $P$ ; độ trượt  $S$ .

### 3.9.1. Thay đổi tốc độ bằng phương pháp đổi số cực (hình 3-15)

- Phương pháp này dùng cho động cơ rô to lồng sóc còn rô to dây quấn thì không nên dùng vì thay đổi stato thì phải thay đổi rô to. Có 2 phương pháp đổi nối:  $\Delta$ -YY và Y-YY.



Hình 3-15

- Phương pháp này thay đổi tốc độ động cơ theo tỉ lệ 2/1.

Ví dụ: 3000/1500v/p; 1500/750v/p.

- Phạm vi điều chỉnh tốc độ không lớn

- Tổn thất ít

- Độ cứng đường đặc tính cơ không thay đổi.

- Nếu muốn thay đổi được tốc độ theo tỉ lệ 4/3 hay 6/5 thì lúc này trên mạch từ stato phải có 2 bộ dây quấn độc lập, mỗi bộ dây quấn có số cực từ khác nhau.

- Nếu muốn thay đổi được 3 hoặc 4 cấp tốc độ thì phải có 2 bộ dây quấn stato độc lập và mỗi bộ dây quấn có thể đấu dây để thay đổi số cực.

### 3.9.2. Thay đổi tần số nguồn

$$n_1 = \frac{60f}{P}(1 - S) \text{ Nếu } P \text{ không đổi, khi thay đổi tần số } f, \text{ tốc độ động cơ sẽ thay đổi}$$

một cách tỉ lệ thuận, đây là phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng phẳng nhất.

- Có thể điều chỉnh tốc độ động cơ trong một khoảng rộng.

- Để thay đổi được tần số cần có 1 bộ biến tần.

- Công suất lắp đặt thiết bị lớn (4 - 5) lần động cơ, vì vậy chỉ áp dụng khi có nhiều động cơ cùng thay đổi tốc độ theo một quy luật chung và có yêu cầu cao về điều chỉnh tốc độ (những thiết bị đặc biệt).

### 3.9.3. Thay đổi tốc độ bằng thay đổi điện áp nguồn

Khi giá trị điện áp đặt vào dây quấn stato của động cơ 3 pha giảm  $k$  lần thì mô men quay giảm  $k^2$  lần. Nếu mô men cản trên trục rô to không đổi thì tốc độ động cơ sẽ giảm xuống và hệ số trượt tăng lên. Nhưng điện áp nguồn chỉ có thể giảm tới một giới hạn nhất định theo tính toán khi mô men cân bằng giá trị định mức ( $M_c = M_{dm}$ ), điện áp có thể giảm thấp nhất là:  $U_{Min} = 0,707U_{dm}$

**Có các phương pháp sau:**

+ Điều chỉnh tốc độ bằng cách đưa cuộn kháng (hình 3-16a). Phương pháp này đơn giản ít tiêu hao năng lượng, phạm vi điều chỉnh tốc độ hẹp, phương pháp dùng cuộn kháng giảm được tổn thất năng lượng nhưng  $\cos \phi$  của lưới giảm.

+ Điều chỉnh tốc độ bằng cuộn kháng bão hoà (hình 3-16b). Phương pháp này cho phép có thể điều chỉnh vô cấp bằng một mạch điều khiển công suất nhỏ. Khi thay đổi điện

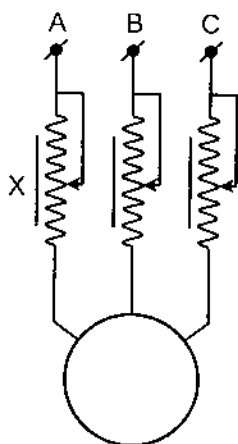
áp điều khiển thì tổng trở cuộn làm việc thay đổi, do đó điện áp đặt vào stato thay đổi nên tốc độ thay đổi.

Như vậy, các phương pháp này chỉ điều chỉnh tốc độ giảm nhỏ hơn tốc độ định mức vì điện áp lưới không đổi.

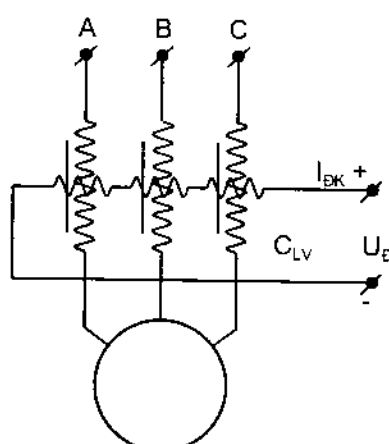
### 3.9.4. Điều chỉnh tốc độ động cơ rô to dây quấn (hình 3 - 16c)

Bằng cách đưa  $R$  hay  $X_L$  vào dây quấn của rô to khi tiếp điểm  $K$  mở, toàn bộ  $R_p$  được mắc nối tiếp vào mạch rô to tốc độ là nhỏ nhất. Khi tiếp điểm  $K$  đóng thì tốc độ là lớn nhất. Trong thực tế,  $R_p$  có rất nhiều cấp để điều chỉnh tốc độ trong phạm vi rộng.

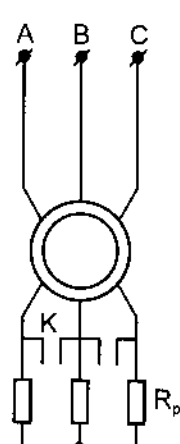
- Đối với phương pháp này thì tổn thất điện năng tỉ lệ với phạm vi điều chỉnh tốc độ.
- Mô men động cơ không đổi khi đưa  $R$  phụ vào mạch.



Hình 3-16 a



Hình 3-16 b



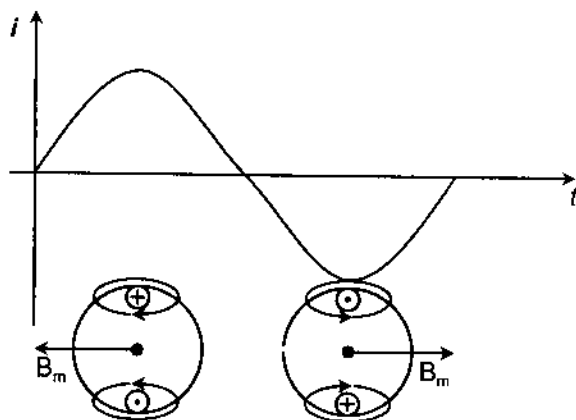
Hình 3-16 c

## 3.10. ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ 1 PHA

Động cơ không đồng bộ 1 pha được dùng trong các thiết bị điện sinh hoạt và công nghiệp, công suất bé từ vài oát đến hơn 1 KW sử dụng nguồn 1 pha xoay chiều 110v hoặc 220v.

### 3.10.1. Từ trường bộ dây 1 pha

Xét một bối dây: cho dòng điện xoay chiều hình sin qua cuộn dây (hình 3-17). Xét từ trường trong một chu kỳ (chiều của từ trường xác định theo quy tắc vụn nút



Hình 3-17

chai. Từ đồ thị, ta thấy  $1/2$  chu kỳ dòng điện dương, cảm ứng từ  $B$  tăng từ 0 đến  $B_m$  rồi lại về 0, tiếp  $T/2$  chu kỳ sau dòng điện đổi chiều và  $B$  hướng theo chiều ngược lại và độ lớn cũng thay đổi tương tự.

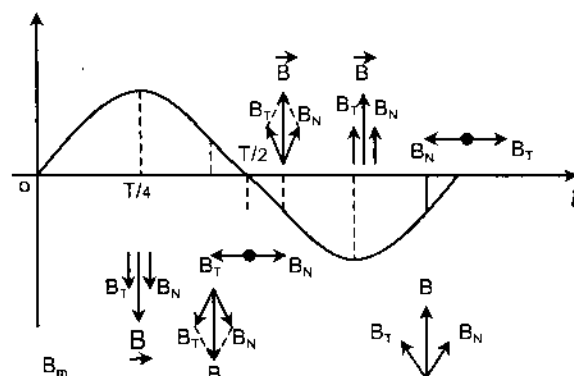
Như vậy, từ trường có tính chất thay đổi về độ lớn và hướng theo một trục cố định trong không gian như vậy gọi là từ trường đập mạch.

Từ trường của dòng điện 1 pha là từ trường đập mạch.

### 3.10.2. Phân tích từ trường đập mạch

Phân tích từ trường đập mạch thành 2 từ trường quay ngược chiều nhau cùng tốc độ (hình 3-18).

Biểu diễn bằng 2 véc tơ có độ lớn không đổi  $= \frac{B_m}{2}$ , 1 véc tơ quay thuận  $B_T$  và 1 véc tơ quay ngược  $B_N$ . Xét trong từng thời điểm của một chu kỳ, ta luôn có véc tơ tổng  $\vec{B} = \vec{B}_T + \vec{B}_N$  thay đổi hướng trên một trục đúng theo quy luật biến đổi của từ trường đập mạch.



Hình 3-18

Tác dụng của từ trường đập mạch lên bộ dây rô to là tổng hợp của 2 từ trường quay ngược chiều nhau (lên bộ dây rô to). Hai từ trường quay này sẽ tạo ra 2 mô men quay  $M_{th}$  và  $M_{ng}$  tác dụng ngược chiều nhau và trị số mô men bằng nhau nên chúng triệt tiêu nhau làm cho rô to không quay. Như vậy, động cơ 1 pha không tự khởi động được. Nếu quay rô to theo chiều nào thì sẽ xuất hiện mô men quay theo chiều đó tác động làm rô to tiếp tục quay. Trong thực tế, không thể khởi động động cơ 1 pha bằng cách quay trục rô to mà phải dùng bộ phận khởi động để tạo  $M \neq 0$ .

Người ta chế tạo ra động cơ có  $M \neq 0$  là các động cơ có vòng chập và động cơ điện dung.

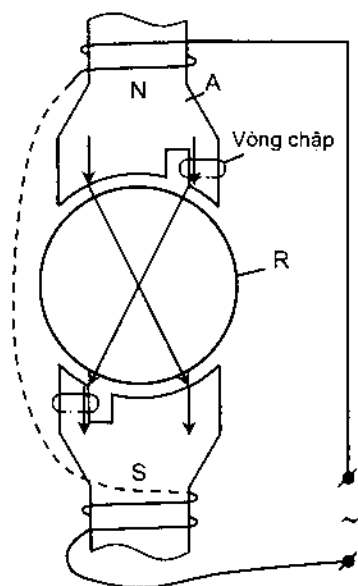
### 3.10.3. Động cơ vòng chập

Động cơ không đồng bộ 1 pha có vòng chập (vòng ngắn mạch) tính năng không tốt bằng động cơ 1 pha khởi động bằng tụ điện, nhưng cấu tạo đơn giản dễ sử dụng nên được dùng phổ biến trong thiết bị sinh hoạt có công suất nhỏ  $P < 150W$ .

#### a) Cấu tạo

Động cơ này thường được chế tạo kiểu cực từ lõi, số cực từ này tùy theo tốc độ quy định của động cơ (có loại 2, 4, 6, 8, 10, 12...) cực trên mặt cực từ A có rãnh lệch về  $1/3$  mặt

cực để lồng vào một vòng ngắn mạch bằng đồng B, dây được quấn trên cực từ A, rô to R cũng là kiểu lồng sóc (hình 3-19).



Hình 3-19

#### b) Nguyên lý

Khi điện xoay chiều đi qua những cuộn dây A sẽ làm phát sinh ở các vòng chập mạch B dòng điện xoay chiều khác vì vòng chập B là vòng ngắn mạch nên theo định luật Lenxơ, dòng điện sinh ra trong vòng này sẽ cản trở sự phát sinh từ thông trên phần đó (tức  $I_V$  sinh ra  $\phi_V$  mà  $\phi_V$  chống lại  $\phi_2$  ở phần vòng chập nên kết quả còn  $\phi_1$  và  $\phi_2$  lệch pha nhau). Vì vậy, từ thông trên 2 phần cực sẽ lệch pha cả về không gian và thời gian. Kết quả là gây ra từ trường làm quay rô to. Chiều quay của rô to quay theo chiều quay của từ trường, từ phần cực từ không có vòng chập sang phần có vòng chập.

Động cơ kiểu vòng chập có mô men mở máy thấp  $\approx 0,6 M_{dm}$ . Khả năng quá tải thấp  $1,1 \div 1,3 M_{dm}$ ,  $\cos \varphi = 0,4 \div 0,6$ .

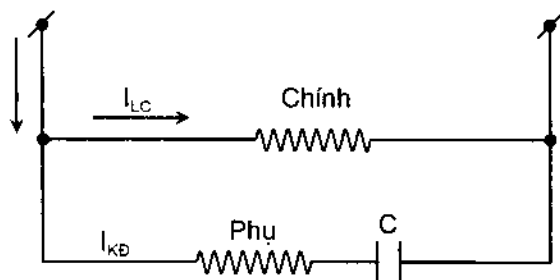
### 3.10.4. Động cơ 1 pha kiểu tụ điện

#### a) Cấu tạo

Động cơ 1 pha kiểu tụ có 2 phần cơ bản

\* Stato: Lõi thép có rãnh để đặt dây quấn, dây quấn là loại dây quấn trải gồm có

- Dây quấn làm việc (dây chính) được đấu trực tiếp với lưới điện.



Hình 3-20

- Dây quấn khởi động được đấu nối tiếp với điện trở hoặc tụ điện (dây phụ).

Hai cuộn dây này đặt lệch pha nhau  $90^\circ$  điện (hình 3-20).

\* *Rôto*: Là loại lồng sóc

### **b) Nguyên lý làm việc**

Do có cấu tạo 2 cuộn dây đặt lệch nhau trong không gian  $90^\circ$  mặt khác nhờ có tụ mà dòng điện khởi động vượt trước dòng làm việc  $\approx 90^\circ$ . Với 2 điều kiện trên mô men tạo ra là mô men quay.

*Đặc điểm:*

- Sau khi động cơ đã mở máy mà mô men phụ tải trên trục động cơ không lớn thì có thể cắt mạch cuộn dây có tụ ra khỏi lưới điện (khi đó phải bố trí công tắc tự cắt).

- Cấu tạo có tụ khởi động nên đặc tính mở máy tốt,  $\cos \varphi$  cao hơn, nhất là khả năng quá tải tương đối lớn.

## **3.11. ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ VÀNH GÓP**

*Khái niệm:* Động cơ xoay chiều có vành góp chia làm 2 loại: 1 pha và 3 pha.

*Cấu tạo:* Rôto của những máy này giống như phần ứng của máy điện một chiều.

- Stato được ghép bằng những lá tôn si líc mỏng khác với stato của máy phát điện 1 chiều (làm bằng thép dúc hoặc gang). Những động cơ kiểu này không được dùng rộng rãi.

Ngoài loại 1 pha có công suất nhỏ, chúng chỉ được dùng trong những thiết bị đặc biệt.

Vì động cơ này chế tạo phức tạp, giá thành cao, có cổ góp điện, chổi than cần giữ gìn cẩn thận, độ ổn định trong khi làm việc kém nhưng có ưu điểm có thể điều chỉnh tốc độ một cách dễ dàng, đồng thời có thể nâng cao hệ số  $\cos \varphi$ . Hệ số dòng khởi động nhỏ, tốc độ quay của rô to có thể lớn hơn tốc độ quay của từ trường nhiều lần, mô men khởi động tốt.

### **3.11.1. Động cơ 1 pha**

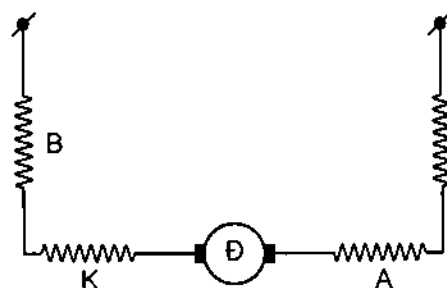
Sơ đồ động cơ 1 pha kích từ nối tiếp (hình 3-21)

B: Bối dây kích thích quấn trên cực từ chính

K: Bối dây bù đặt trên các rãnh của stato

Đ: Rôto có cổ góp điện và các chổi than

A: Bối dây quấn cực từ phụ (dây K và A chỉ có ở động cơ công suất lớn).



Hình 3-21

*Nguyên lý làm việc:* Khi cho dòng điện đi qua các cuộn dây của động cơ, từ trường do bởi dây kích từ B sinh ra tác động lên từ trường phát sinh bởi dòng điện qua rôto sinh ra lực điện từ  $F_d$  nên sinh ra mô men quay  $M_q$  (tuy cho dòng điện xoay chiều chạy qua nhưng khi dòng qua bởi dây kích từ B đổi chiều thì dòng điện qua rôto Đ cũng đổi chiều cùng 1 lúc, bởi thế mà rôto vẫn quay luôn theo 1 chiều như động cơ điện 1 chiều).

\* Muốn đổi chiều quay của động cơ, đảo 2 đầu cực của bởi dây kích thích B hoặc đổi vị trí 2 chổi than cho nhau.

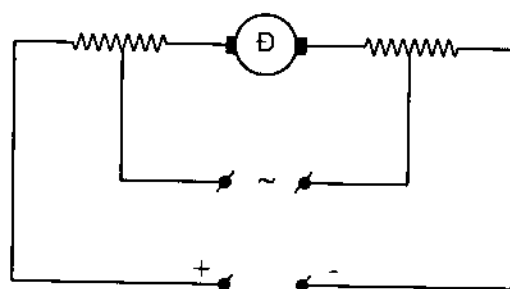
\* Điều chỉnh tốc độ động cơ ta chỉ cần thay đổi điện áp đặt vào động cơ.

### 3.11.2. Động cơ vạn năng

Động cơ vạn năng là loại động cơ 1 pha không có cực từ phụ và không có bởi dây bù, nó có thể chạy cả với điện xoay chiều và 1 chiều (hình 3 - 22).

- Ở bởi dây kích từ thường đưa ra thêm đầu dây, đầu dây này dùng để giảm bớt số vòng dây của bởi dây kích từ khi động cơ chạy bằng điện xoay chiều. Do đó, tốc độ quay của nó có thể bằng tốc độ quay khi chạy một chiều (vì khi chạy xoay chiều thì có điện áp giáng trên điện kháng nên cùng 1 trị số điện áp đặt vào thì ở 1 chiều có tốc độ quay lớn hơn tốc độ quay xoay chiều nên giảm số vòng để giảm  $X_L$ ).

Động cơ vạn năng có công suất <150W dùng rộng rãi trong máy khâu, máy hút bụi, quạt nhỏ, khoan, bào, bơm ...



Hình 3-22

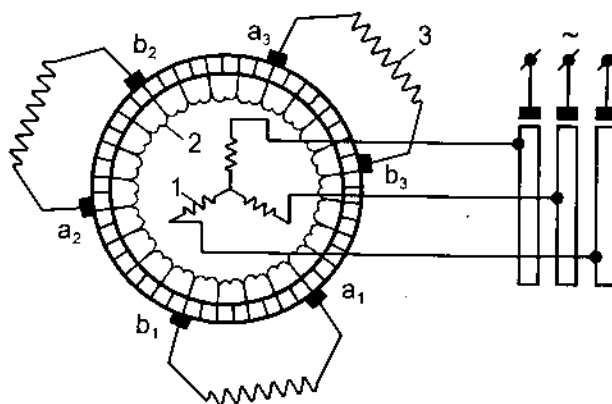
### 3.11.3. Động cơ 3 pha cổ góp (động cơ rictor)

a) Cấu tạo: (hình 3-23)

+ 1: Dây quấn 3 pha (sơ cấp) thông thường được đấu sao và các đầu còn lại nối lên 3 vành trượt và được nối vào lưới điện nhờ tiếp xúc của 3 vành trượt lắp trên trục của rôto với chổi than.

+ 2: Dây quấn phản ứng được nối với cổ góp (giống như phản ứng của máy điện 1 chiều). 2 dây quấn này quấn trên rôto.

+ 3: Dây quấn 3 pha quấn trên stato như stato của động cơ 3 pha thông thường (thứ cấp).



Hình 3-23

Mỗi pha của dây quấn này đều nối với chổi than từ lên cổ góp của dây quấn phản ứng. Các chổi của hệ thống a được nối với đầu đầu các pha, còn các chổi của hệ thống b được nối với đầu cuối các pha, của mỗi hệ thống chổi than đó được đặt trên 1 xà riêng biệt lệch nhau  $120^\circ$ . Nhờ hệ thống cơ khí đặc biệt các xà có thể xoay được để các chổi đến gần hoặc xa nhau. Xoay chổi theo chiều này hay chiều khác sẽ điều chỉnh được tốc độ quay của động cơ, chậm hoặc nhanh hơn tốc độ đồng bộ.

### b) Nguyên lý làm việc

Dòng điện 3 pha vào dây quấn 1 sinh ra từ trường quay, các cuộn dây số 2 và số 3 nằm trong từ trường quay đó sinh ra dòng điện  $I_2$  và  $I_3$ . Dòng  $I_2$  và  $I_3$  có chiều ngược  $I_1$ . Lực điện từ sinh ra bởi các dòng điện đó, tạo thành ngẫu lực đẩy nhau, các cuộn dây 1 và 2 nằm ở trong rô to được quay ngược với chiều quay của từ trường n. Khi các chổi di chuyển sẽ làm thay đổi độ lớn dòng điện đi trong dây quấn 3, qua đó sẽ thay đổi được tốc độ quay của động cơ.



Hình 3-24

Việc điều chỉnh tốc độ quay của động cơ bằng cách đưa vào trong các pha dây quấn 3 một suất điện động  $E_K$ . Suất điện động  $E_K$  được cảm ứng bởi từ trường ở trong phần tử dây quấn 2 chứa giữa các chổi a và b.

Di chuyển 2 chổi a và b tách xa nhau thì tốc độ động cơ giảm:

- Muốn tăng  $n_1$  thì di chuyển 2 chổi a b lại gần nhau, 2 chổi trùng nhau  $n_1 \approx n$ .
- Muốn tăng  $n_1 > n_{đb}$  thì di chuyển 2 chổi ngược chiều nhau như hình 3-24b. .

**Ứng dụng:** Động cơ 3 pha cổ góp dùng cho công nghiệp dệt, xeo giấy, máy ép, máy in và cho cả những máy cắt gọt kim loại. Cần điều chỉnh tốc độ rộng và bằng phẳng.

Để đổi chiều quay của động cơ chỉ việc đảo 2 đầu dây nối từ lưới vào rô to cho nhau (trường hợp 2 giá chổi quay với tốc độ khác thì phải tháo bánh khía truyền động và hoán vị cho nhau). Các động cơ này được chế tạo công suất từ  $(1,5 \div 150)$  KW, ở những trường hợp đặc biệt có thể đến 250KW. Ngoài ra, có thể điều chỉnh để bù  $\cos\varphi$  cho lưới.

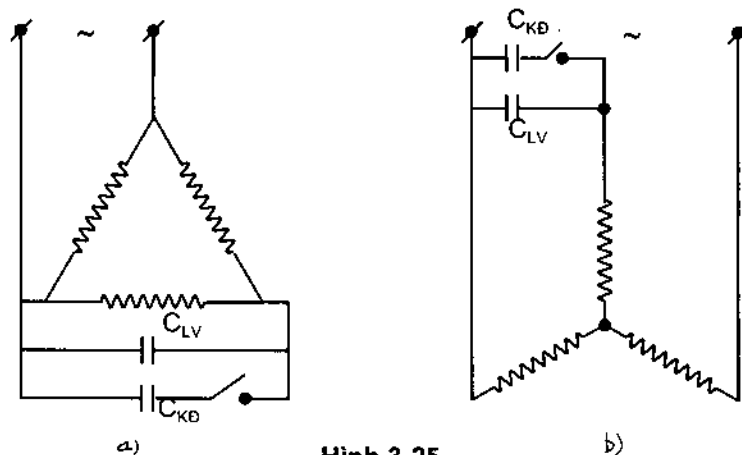
### 3.12. ĐỘNG CƠ 3 PHA LÀM VIỆC VỚI LƯỚI 1 PHA

- Khi đấu lại công suất của động cơ thường chỉ đạt  $(50 \div 70)\%$  công suất định mức của động cơ 3 pha.

- Khi đấu sang chạy 1 pha tùy thuộc vào điện áp định mức của động cơ và điện áp nguồn có thể đấu theo sơ đồ sau.

Đấu theo hình tam giác (hình 3-25a)

Đấu theo hình sao (hình 3-25b)



Hình 3-25

$$U_{\text{nguồn}} = U_{\text{pha đ.cơ}}$$

$$U_{\text{nguồn}} = U_{\text{dây đ.cơ}}$$

$$C_{LV} = 4800 \cdot \frac{I_{dm}}{U_{dm}}$$

$$C_{LV} = 2800 \cdot \frac{I_{dm}}{U_{dm}}$$

Trong đó:

+  $C_{LV}$  là điện dung công tác ứng với phụ tải định mức ( $\mu F$ );

+  $U_{dm}$  là điện áp định mức của lưới đặt vào động cơ (V);

+  $I_{dm}$  là dòng điện pha định mức của động cơ (A);

+  $C_{KD}$  là tụ khởi động mục đích tăng cường mô men khởi động  $C_{KD} = (3 \div 5)C_{LV}$  ( $\mu F$ ).

\* Lựa chọn tụ cần 2 tiêu chuẩn

+ Điện dung yêu cầu ( $C_{LV}$  và  $C_{KD}$  đã tính).

+ Điện áp yêu cầu (nếu  $U_{dm}$  của tụ thấp hơn hoặc cao hơn đều không tốt).

Nếu  $U_{dm} < U_{LV}$  nguồn thì tụ bị đánh thủng cách điện.

-  $U_{dm}$  tụ  $> U_{LV}$  nguồn thì không lợi dụng hết công suất phản kháng, tụ có điện áp cao thường cồng kềnh và giá thành đắt nên chọn  $U_{dm}$  tụ  $\approx U_{lưới}$ .

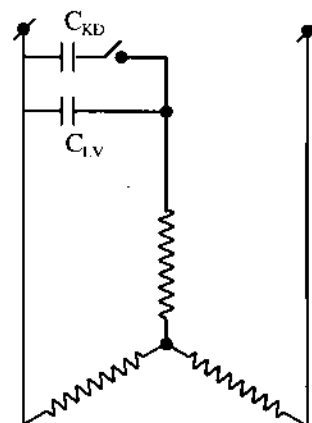
$U_{dmC}$ : là điện áp của tụ ở phụ tải định mức

$U_L$ : là điện áp của lưới điện

Trong quá trình làm việc điện áp trên tụ sẽ thay đổi. Khi phụ tải giảm nó có thể đạt tới trị số cực đại ở không tải  $(1,2 \div 1,25) U_{dm\text{ tụ}}$ . Nếu động cơ làm việc không đủ tải thì áp dụng công thức  $U_C \approx 1,15 U_L$ .

Sau đó, tra bảng chọn tụ theo quy chuẩn.

Ví dụ: Động cơ 3 pha có  $U = 127/220V$ , dòng điện  $2/1,15A$  đấu vào lưới 1 pha có  $U = 220V$ . Hãy xác định  $C_{LV}$  và  $C_{KD}$  (vẽ sơ đồ)?



Hình 3-26

Giải:

$$U_L = U_d \text{ động cơ đấu theo sơ đồ sao}$$

$$\text{Ta có: } C_{LV} = 2800 \cdot \frac{1,15}{220} = 14,6 \mu F$$

$$\text{Chọn tụ: } C_{LV} = 15 \mu F$$

$$C_{KD} = (2,5 \div 3) C_{LV} = (2,5 \div 3) \cdot 14,6 \mu F$$

$$C_{KD} = (36 \div 44) \mu F$$

$$U_C = 1,15 U_L = 1,15 \cdot 220 = 253V$$

$$\text{Chọn tụ có } U = 250V.$$

Chú ý: Tụ làm việc là loại tụ xoay chiều.

Tụ khởi động có thể dùng một chiều vì thời gian làm việc ngắn. Tụ một chiều thường là tụ hoá có kích thước nhỏ hơn tụ dầu, giá rẻ nhưng thường bị nóng và dễ bị rò chập khi sử dụng để khởi động động cơ.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày cấu tạo, nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ.
2. Giải thích các đại lượng định mức của động cơ.
3. Hãy trình bày các phương pháp khởi động động cơ không đồng bộ. Tại sao phải giảm dòng khởi động.
4. Trình bày cấu tạo, nguyên lý làm việc động cơ 1 pha kiểu điện dung (tụ điện).

## Chương 4

# MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

### 4.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY ĐIỆN 1 CHIỀU

- Là loại máy điện sử dụng với mạng điện 1 chiều và có thể vận hành theo chế độ máy phát hoặc chế độ động cơ.

- Máy phát điện 1 chiều cung cấp nguồn điện 1 chiều cho động cơ và máy phát điện đồng bộ, cho công nghệ mạ, nạp ắc quy.

- Động cơ điện 1 chiều có mô men khởi động lớn, có thể điều chỉnh tốc độ trong một phạm vi rộng và bằng phẳng nên được dùng nhiều trong các máy công nghiệp có yêu cầu cao về điều chỉnh tốc độ như máy mài, máy xúc, xe điện... nhưng máy điện 1 chiều có cấu tạo phức tạp, bảo quản và sửa chữa khó khăn.

### 4.2. CẤU TẠO MÁY ĐIỆN 1 CHIỀU

Gồm có 2 bộ phận chính là phần tĩnh và phần quay.

#### 4.2.1. Phần tĩnh (stato)

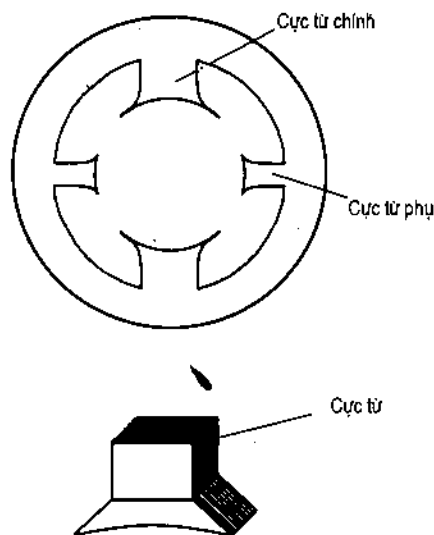
Phần tĩnh còn gọi là phần cảm(hình 4-1) gồm cực từ chính, cực từ phụ, gông từ, nắp máy và cơ cấu chổi điện.

##### a) Cực từ chính

Cực từ chính là bộ phận sinh ra từ trường gồm có lõi thép cực từ và dây quấn cực từ chính. Lõi thép làm bằng các lá thép kỹ thuật điện dày 0,5 mm hoặc 1mm được ép lại và tán chặt ở máy có công suất nhỏ thì làm bằng thép khối. Dây quấn cực từ chính làm bằng đồng có bọc cách điện, được quấn định hình thành từng bó, sau đó được quấn băng và tẩm vecni cách điện. Bối dây được lồng vào thân lõi thép cực từ và gắn chặt cực vào gông từ nhờ các bu lông.

##### b) Cực từ phụ

Cực từ phụ gồm lõi thép và dây quấn. Lõi thép thường bằng thép khối, dây quấn tương tự dây quấn cực từ chính và được mắc nối tiếp với dây quấn rôto. Cực phụ đặt xen kẽ cực chính có tác dụng triệt tia lửa điện xuất hiện giữa chổi và cổ góp.



Hình 4-1

### c) Gông từ

Gông từ làm bằng thép đúc, trong các máy công suất nhỏ làm bằng thép tấm cuốn lại và hàn hoặc bằng gang. Gông từ làm mạch từ nối liền các cực từ đồng thời làm vỏ máy.

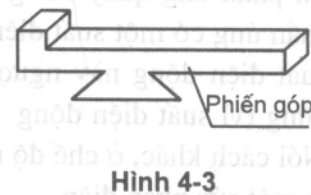
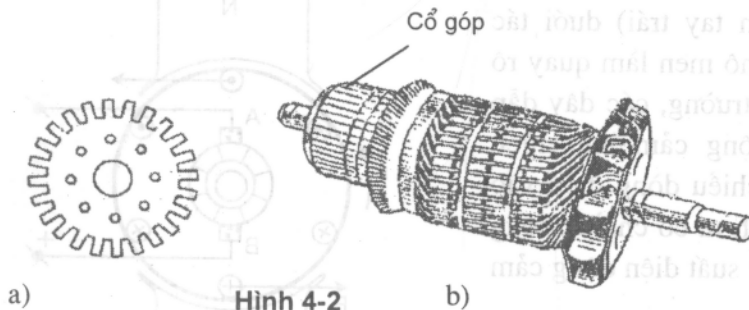
### d) Cơ cấu chổi điện

Chổi điện làm bằng than hay graphít đôi khi được trộn bột đồng để tăng độ dẫn điện, chổi điện được đặt trong một hộp nhờ 1 lò xo ép chổi từ sắt vào cổ gop. Hộp chổi gắn chặt vào giá đỡ chổi có nhiệm vụ đưa dòng điện từ phần ứng ra ngoài hoặc ngược lại.

### 4.2.2. Phần quay (rôto)

Phần quay (rôto) là phần ứng, gồm lõi thép dây quấn, cổ gop và trục rôto.

a) **Lõi thép rôto:** Làm bằng các lá thép kỹ thuật điện dày 0,5mm, bề mặt có sơn cách điện dập theo hình dạng rãnh (hình 4-2a) rồi ghép lại thành rôto (hình 4-2b). Rãnh là nơi đặt dây quấn giữa có lỗ để thông gió dọc trục.



b) **Dây quấn rôto:** Bằng dây đồng, có bọc cách điện, tiết diện tròn hay chữ nhật được bố trí trong rãnh của lõi thép theo sơ đồ cụ thể, các mối dây được nối lên các phiến gop của cổ gop gắn ở đầu trục.

c) **Cổ gop:** Gồm các phiến gop bằng đồng có đuôi én (hình 4-3) được ghép hợp lại thành hình trụ tròn, giữa các phiến gop được cách điện với nhau bằng lớp mica mỏng (0,4 ÷ 1,2)mm và cách điện với trục, phần cuối của phiến gop có rãnh để hàn các mối dây vào. Thông qua cổ gop và chổi than dòng điện xoay chiều trong dây quấn rô to được đổi thành dòng 1 chiều đưa ra mạch ngoài do đó cổ gop còn gọi là vành đổi chiều.

## 4.3. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

### 4.3.1. Chế độ máy phát (hình 4-4)

Cho dòng điện vào cuộn dây kích từ để tạo ra từ thông chính đường sức từ khép kín mạch qua cực từ, phần ứng và thân máy. Dùng động cơ sơ cấp kéo phần ứng quay, các dây dẫn phần ứng sẽ chuyển động cắt qua các đường sức của từ trường và sinh ra một suất điện động cảm ứng trong dây dẫn (chiều xác định bằng quy tắc bàn tay phải).

$$\text{Nối kín mạch ngoài ta có dòng điện: } I = I_u \\ = \frac{E}{R + R_u} \Rightarrow E = I.R + I.R_u$$

$$\text{hay } E = U + I.R_u \Rightarrow E > U$$

Như vậy, suất điện động của máy phát điện bằng tổng của điện áp ở 2 đầu cực và điện áp tổn thất trong phần ứng.

### 4.3.2. Chế độ động cơ điện (hình 4-5)

Đặt vào chổi than A, B nguồn điện 1 chiều, cuộn dây kích từ của máy cũng cho dòng 1 chiều đi qua để tạo từ thông. Trong dây quấn phần ứng có dòng điện đặt trong từ trường phần cảm nên xuất hiện lực điện từ tác dụng (xác định quy tắc bàn tay trái) dưới tác dụng của lực điện từ tạo thành mô men làm quay rô to. Khi phần ứng quay trong từ trường, các dây dẫn của phần ứng có một suất điện động cảm ứng, chiều của suất điện động này ngược chiều dòng điện vào phần ứng (vì suất điện động sinh ra có chiều chống lại). Nói cách khác, ở chế độ này suất điện động cảm ứng là một sức phản điện.

$$I_u = \frac{U - E}{R_u} \Rightarrow E = U - I_u.R_u \Rightarrow E < U$$

$$E = C_E \cdot n \cdot \phi \text{ mà } C_E = N \cdot \frac{P}{60a}$$

Trong đó: - N: Số dây dẫn phần ứng.

- P: Số đôi cực.

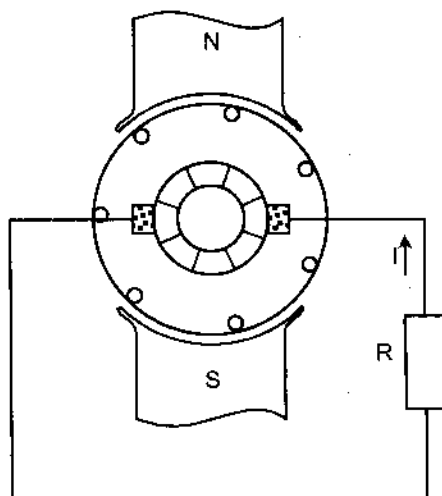
- a: Số mạch nhánh song song.

Như vậy, máy điện làm việc dưới chế độ động cơ thì suất điện động ở 2 đầu phần ứng nhỏ hơn điện áp đặt vào 2 cực.

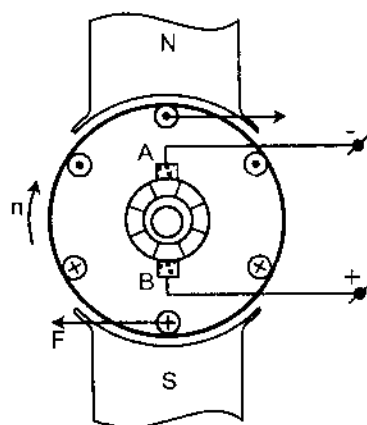
## 4.4. DÂY QUẤN PHẦN ỨNG MÁY ĐIỆN 1 CHIỀU

### 4.4.1. Khái niệm

Dây quấn phần ứng là loại dây quấn rải, đó là 1 hệ thống dây dẫn khép kín đặt trong các rãnh của lõi phần ứng và được nối với các lá góp theo 1 quy tắc xác định hợp thành bộ dây phần ứng.



Hình 4-4



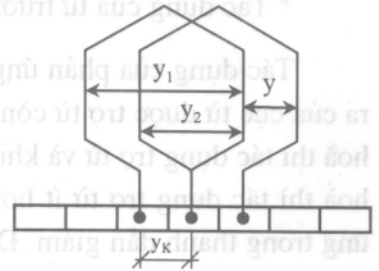
Hình 4-5

#### 4.4.2. Các thông số cơ bản (hình 4-6)

\* **Bước riêng thứ nhất:**  $y_1$

Là khoảng cách tính bằng số rãnh giữa cạnh đầu và cạnh cuối của 1 bội dây:

$$y_1 = \frac{Z}{2P}$$



Hình 4-6

\* **Bước riêng thứ 2:**

Là khoảng cách tính bằng số rãnh giữa cạnh cuối của bội thứ nhất với cạnh đầu của bội tiếp theo.  $y_2 = y_1 - y$

\* **Bước tổng hợp:**  $y$

Là khoảng cách tính bằng số rãnh giữa 2 cạnh đầu hoặc 2 cạnh cuối của 2 bội liên tiếp

$$y_2 = y_1 - y \Rightarrow y = y_1 - y_2$$

\* **Bước gộp:**  $y_k$  là khoảng cách tính bằng số lá gộp giữa đầu đầu và đầu cuối của 1 bội dây nối vào  $y_k = y$

\* **Bước cực:**  $\tau$

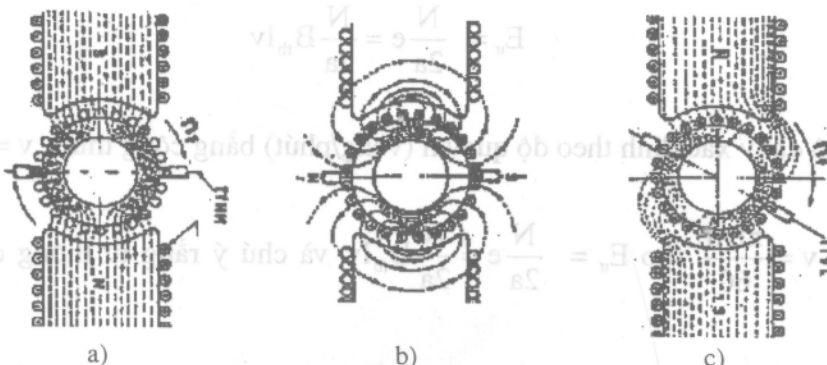
Là chiều dài phần ứng tương ứng với 1 cực  $\tau = \frac{\pi D}{2P}$  hay  $\tau = \frac{Z}{2P}$

### 4.5. TỪ TRƯỜNG VÀ SỨC ĐIỆN ĐỘNG CỦA MÁY ĐIỆN 1 CHIỀU

#### 4.5.1. Từ trường của máy điện 1 chiều

- Khi máy điện 1 chiều chạy không tải, trong máy chỉ có từ trường do cực từ chính sinh ra gọi là từ trường chính hay từ trường phần cảm (hình 4-7a).

- Khi máy mang tải, dòng điện chạy trong dây quấn phần ứng sinh ra từ trường phản ứng (hình 4-7b).



Hình 4-7

\* Tác dụng của từ trường phản ứng với từ trường phản cảm gọi là phản ứng phản ứng.

Tác dụng của phản ứng phản ứng làm méo từ trường tổng hợp trong máy, ở móm cực ra của cực từ được trợ từ còn ở móm cực vào bị khử từ (hình 4-7c). Nếu mạch từ không bão hoà thì tác dụng trợ từ và khử từ bằng nhau, nên từ trường tổng không đổi. Nếu mạch từ bão hoà thì tác dụng trợ từ ít hơn khử từ, nên từ trường tổng giảm do đó suất điện động cảm ứng trong thanh dẫn giảm. Đồng thời, phản ứng phản ứng làm cho từ trường tại 2 điểm trên đường trung tính hình học khác 0.

Đây là nguyên nhân làm xuất hiện tia lửa điện trên cổ góp.

Để tránh hiện tượng trên phải xoay đường trung tính hình học đến 1 vị trí mới lệch so với trung tính hình học 1 góc  $\beta$  đó là đường trung tính vật lý o'o".

#### 4.5.2. Sức điện động phản ứng

##### *Sức điện động thanh dẫn*

Khi quay rôto, các thanh dẫn của dây quấn phản ứng cắt từ trường, trong mỗi thanh dẫn cảm ứng sức điện động là:

$$e = B_{tb}lv$$

Trong đó:  $B_{tb}$  là từ cảm trung bình dưới cực từ.

$v$  là tốc độ của thanh dẫn.

$l$  là chiều dài hiệu dụng thanh dẫn.

##### *Sức điện động phản ứng $E_u$*

Dây quấn phản ứng gồm nhiều phần tử nối tiếp nhau thành mạch vòng kín. Các chổi điện chia dây quấn thành nhiều nhánh song song. Sức điện động phản ứng bằng tổng các sức điện động thanh dẫn trong một nhánh. Nếu số thanh dẫn của dây quấn là  $N$ , số nhánh song song là  $2a$  ( $a$  là số đôi nhánh), số thanh dẫn 1 nhánh là  $\frac{N}{2a}$ , sức điện động phản ứng là:

$$E_u = \frac{N}{2a}e = \frac{N}{2a}B_{tb}lv$$

Tốc độ dài  $v$  xác định theo độ quay  $n$  (vòng/phút) bằng công thức:  $v = \frac{\pi Dn}{60}$

Thay  $v = \frac{\pi Dn}{60}$  vào  $E_u = \frac{N}{2a}e = \frac{N}{2a}B_{tb}lv$  và chú ý rằng từ thông dưới mỗi cực là

$$\Phi = \frac{\pi D l}{2p}$$

Cuối cùng ta có:  $E_u = \frac{pN}{60a} n\Phi$  hoặc  $E_u = k_E n\Phi$ .

Trong đó,  $p$  là số đôi cực. Hệ số  $k_E = \frac{pN}{60a}$  phụ thuộc vào cấu tạo dây quấn phản ứng.

Sức điện động phản ứng tỷ lệ với tốc độ quay phản ứng và từ thông dưới mỗi cực từ. Muốn thay đổi trị số sức điện động, ta có thể điều chỉnh tốc độ quay hoặc điều chỉnh từ thông, bằng cách điều chỉnh dòng điện kích từ. Muốn đổi chiều sức điện động thì hoặc đổi chiều quay hoặc đổi chiều dòng điện kích từ.

## 4.6. TIA LỬA ĐIỆN TRÊN CỔ GÓP VÀ BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC

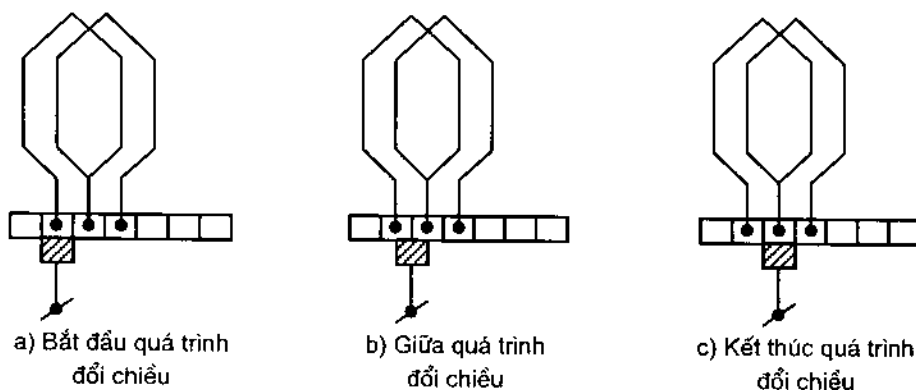
### 4.6.1. Nguyên nhân

#### a) Nguyên nhân cơ khí

Sự tiếp xúc giữa cổ góp và chổi điện không tốt, do cổ góp không tròn, không nhẵn, chổi than không đúng quy cách, rung động của chổi than do cố động không tốt hoặc lực lò xo không đủ để tỳ sát chổi điện vào cổ góp.

#### Nguyên nhân điện từ

Quá trình đổi chiều xảy ra khi các bố dây do phản ứng quay được chuyển từ mạch nhánh này sang mạch nhánh khác. Trong quá trình đổi chiều, ở bố dây chuyển mạch sẽ có hiện tượng đổi chiều và bị chổi than làm ngắn mạch. Khi bố dây được mở ra thì giữa chổi than và phiến góp đi ra có tia lửa điện xuất hiện vì suất điện động phản kháng sinh ra trong bố dây bị ngắn mạch có khuynh hướng duy trì dòng điện giữa chổi và phiến góp.

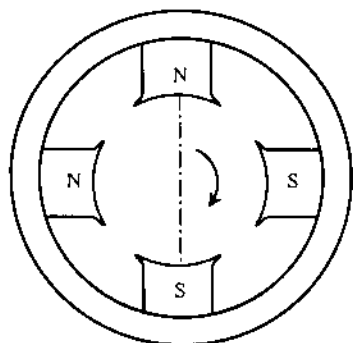


Hình 4-8

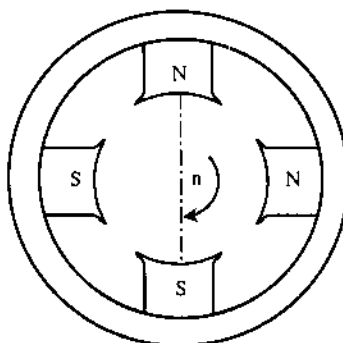
### 4.6.2. Biện pháp khắc phục

Để khắc phục tia lửa, ngoài việc loại trừ nguyên nhân cơ khí còn có biện pháp cải thiện quá trình đổi chiều của máy là dùng cực từ phụ. Nhờ có cực từ phụ đặt vào giữa cực

từ chính, ở trên đường trung tính hình học nên có thể tạo ra 1 từ trường phụ để khi bởi dây ngắn mạch nó sinh ra 1 suất điện động đổi chiều  $e_{dc}$  bằng và ngược chiều với suất điện động phản kháng để khử đi.



Hình 4-9a: Đối với máy phát



Hình 4-9b: Đối với động cơ

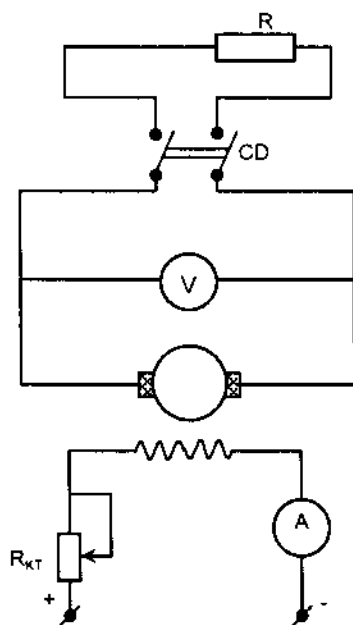
## 4.7. MÁY PHÁT ĐIỆN 1 CHIỀU

Máy phát điện 1 chiều phân loại theo kiểu kích từ. Có 2 loại: tự kích từ; kích từ độc lập.

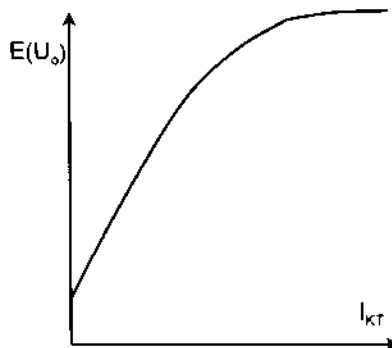
### 4.7.1. Máy phát điện kích từ độc lập

Là máy có dòng điện kích thích lấy từ nguồn ngoài máy phát.

\* Sơ đồ nguyên lý (hình 4-10a)



Hình 4-10a



Hình 4-10b

**a) Đặc tính không tải** (hình 4-10b)

Đặc tính không tải biểu diễn mối quan hệ giữa dòng điện kích từ với suất điện động của phần ứng khi tốc độ quay không đổi và dòng điện phần ứng bằng 0.

$$\text{Tức là: } E_u = U_0 = f(I_{KT})$$

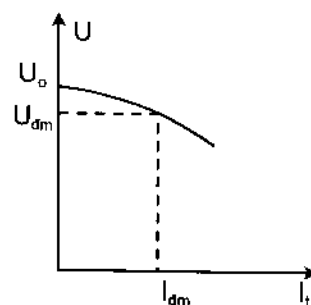
$$n = \text{const}$$

$$I = 0$$

$U_0$  : là điện áp đầu cực phần ứng khi không tải

\* *Cách xây dựng đặc tính*: Mở cầu dao CD để  $R_{KT}$  ở vị trí dòng kích từ nhỏ nhất, khởi động động cơ sơ cấp và cho đến khi đạt  $n_{dm}$  và giữ nguyên tốc độ.

Do các cực từ có từ dư nên ngay khi dòng điện kích từ còn bằng 0 trong dây quấn phần ứng có suất điện động, điện áp trên 2 cực máy phát điện bằng  $(2 - 3)\% U_{dm} = U_{dr}$ . Sau đó, điều chỉnh  $I_{KT}$  (bằng cách điều chỉnh  $R_{KT}$ ). Tăng dần  $I_{KT}$  điện áp 2 đầu cực máy phát điện sẽ tăng dần vì  $I_{KT}$  tăng làm cho  $\phi$  tăng và  $E$  tăng dẫn đến  $U_0$  tăng (giai đoạn cực từ chưa bão hoà)  $U_0$  tăng 1 cách tỉ lệ sau đó tăng chậm dần do mạch từ bắt đầu bão hoà, đến giai đoạn bão hoà dù  $I_{KT}$  có tăng thì  $U_0$  cũng không tăng ( $\phi$  không tăng).

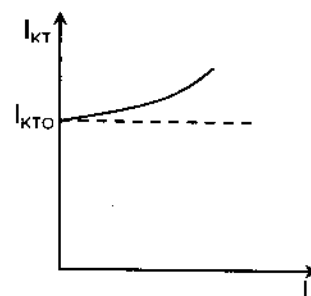


Hình 4-11

Đường đặc tính có dạng đường cong từ hoá. Thực tế, không cho máy phát điện làm việc ở điểm bão hoà mà thường làm việc ở điểm gần bão hoà để còn điều chỉnh điện áp (tức là  $U_{dm}$ ), đảm bảo điện áp ít bị dao động khi tải thay đổi.

**b) Đặc tính ngoài**

Biểu diễn mối quan hệ giữa điện áp đầu cực của máy phát điện với dòng phụ tải khi tốc độ quay không đổi, dòng kích từ không đổi (hình 4-11).



Hình 4-12

$$U = f(I)$$

$$n = \text{const}$$

$$I_{KT} = \text{const}$$

Xây dựng đặc tính đóng cầu dao CD cung cấp điện cho mạch ngoài tăng dần phụ tải. Khi dòng  $I_t$  tăng thì ta thấy  $U$  giảm (vì điện áp tổn thất trong phần ứng tăng, phản ứng phần ứng tăng làm từ thông tổng giảm). Thông thường, khi máy mang tải điện áp 2 đầu cực máy phát giảm từ  $(5 \div 15)\% U_{dm}$  so với lúc không tải.

$$\Delta U_{dm} = (5 \div 15)\% U_0$$

**c) Đặc tính điều chỉnh** (hình 4-12)

Biểu diễn mối quan hệ giữa dòng kích từ với dòng phụ tải khi:

$$I_{KT} = f(I); \quad U = U_{dm}; \quad n = \text{const}$$

Đường đặc tính cho thấy khi phụ tải tăng phải tăng dòng kích từ để tăng suất điện động cảm ứng bù vào sự giảm điện áp do tổn thất trong phần ứng và phản ứng phần ứng gây ra.

(từ lúc không tải đến lúc tải định mức thường phải tăng dòng  $I_{KT}$  lên  $(15 \div 25)\% I_{KT0}$ )

Máy phát kích từ độc lập dùng nhiều trong trường hợp cần phạm vi điều chỉnh điện áp trên đầu cực máy phát rộng.

- Ngoài ra, máy phát điện một chiều kích từ độc lập công suất nhỏ, còn có loại có từ trường bằng nam châm vĩnh cửu.

**4.7.2. Máy phát 1 chiều tự kích**

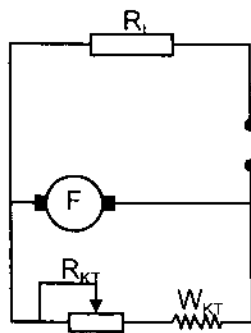
Là máy phát có dòng điện kích thích lấy từ bản thân máy phát. Gồm: kích từ song song, nối tiếp và hỗn hợp.

*\* Điều kiện để tự kích từ*

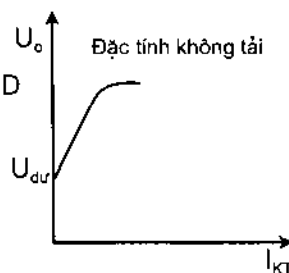
- Máy phải có từ dư, nếu máy mới sử dụng lần đầu hoặc mất từ dư phải dùng nguồn ngoài (ắc quy...) để kích từ lại.

- Dòng kích từ phải tạo ra từ trường cùng chiều với từ dư, nếu ngược chiều sẽ khử mất từ dư và máy không có điện áp ra (chiều quay của máy phát phải đúng chiều quay đã định trước).

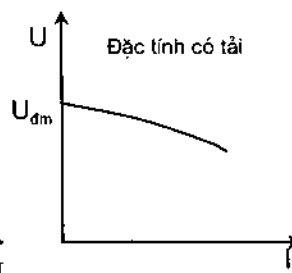
- Điện trở mạch kích từ không quá lớn để sự gia tăng dòng kích từ ở mức độ có thể xảy ra quá trình tự kích.



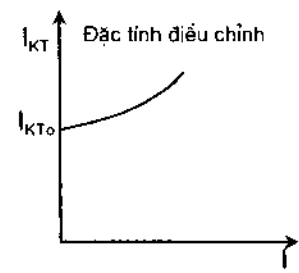
Hình 4-13



Hình 4-14



Hình 4-15



Hình 4-16

**a) Máy phát kích từ song song:** Cuộn kích từ được mắc song song với phần ứng của máy phát (hình 4-13).

\* *Đặc tính không tải:*  $U_0 = f(I_{KT})$  ;  $n = \text{const}$  và  $I = 0$  (hình 4-14).

Đường đặc tính gần giống đặc tính của kích từ độc lập vì  $I_{KT}$  phụ thuộc vào điện áp 2 đầu cực của máy phát.

\* *Đặc tính ngoài:* (hình 4-15)

$$U = f(I) ; n = \text{const} ; I_{KT} = \text{const}$$

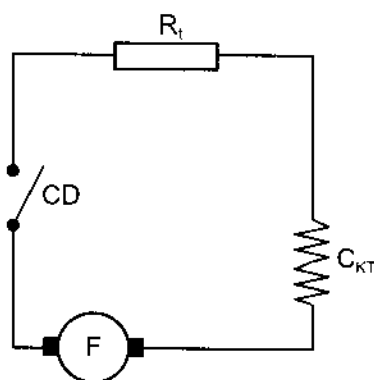
Xây dựng đặc tính dòng điện mạch ngoài, tăng dần phụ tải đo điện áp tương ứng.

- Ở máy phát kích từ song song, khi dòng điện tải tăng, điện áp giảm nhiều hơn kích từ độc lập. Vì ngoài ảnh hưởng của phản ứng phần ứng và điện áp rơi trên dây quấn phần ứng, suất điện động giảm vì điện áp đầu cực giảm, dòng kích từ giảm theo (điểm đặc biệt của máy phát kích thích song song là khi dùng điện tải tăng tới giá trị tới hạn thì nếu tiếp tục giảm điện trở tải thì dòng điện không tăng nữa mà giảm rất nhanh đến trị số  $I_0$  xác định bởi từ dư của máy. Như vậy, khi xảy ra sự cố ngắn mạch ngoài thì không gây nguy hiểm như máy kích thích độc lập.

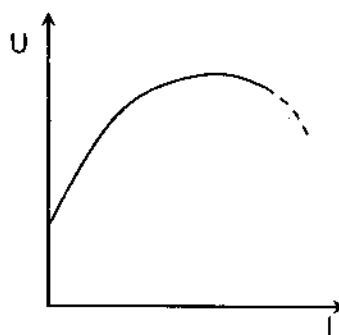
\* *Đặc tính điều chỉnh:*  $I_{KT} = f(I)$  khi  $n = \text{const}$  ;  $U = U_{dm}$  giống kích từ độc lập (hình 4-16).

**b) Máy phát kích từ nối tiếp** (hình 4-17)

Cuộn dây kích từ của máy phát điện có  $R$  cùng cỡ với điện trở phần ứng, tiết diện dây cuộn cuộn kích từ lớn vì  $I_{KT} = I_{dm}$  của máy phát nên các tính chất của máy được xác định bằng đặc tính ngoài.



Hình 4-17

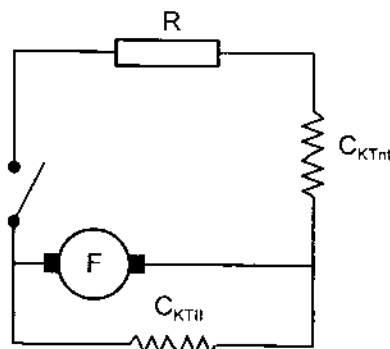


Hình 4-18

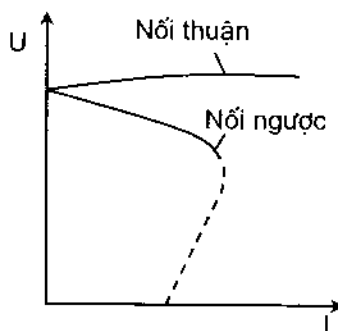
Đầu tiên, dòng điện tải tăng thì dòng kích từ tăng và điện áp máy phát tăng tỉ lệ nhưng khi mạch từ bão hòa thì dòng tăng nhưng từ thông không tăng và điện áp lại giảm vì  $\Delta U_r$  tăng và phản ứng phần ứng tăng. Từ đặc tính ra thấy điện áp thay đổi nhiều theo tải nên ít được sử dụng (hình 4-18).

### c) Máy phát kích từ hỗn hợp

Kết hợp giữa cách mắc nối tiếp và song song (hình 4-19) cuộn kích từ cơ bản là cuộn kích từ mắc song song với vật tiêu thụ điện. Cuộn kích từ phụ là cuộn kích từ nối tiếp. Cả 2 cuộn dây đều quấn trên cùng 1 lõi sắt cực từ và nối với phần ứng sao cho sức từ động của chúng cộng vào nhau (nối thuận).



Hình 4-19



Hình 4-20

- Đường đặc tính không tải của máy phát giống kích từ song song (vì khi không tải dòng kích từ nối tiếp bằng 0).

- Đặc tính ngoài.

Điện áp ở đầu máy phát hầu như không đổi khi phụ tải thay đổi từ 0 đến định mức.

Vì  $I_t$  tăng thì  $U$  giảm ứng với kích từ song song nhưng kích từ nối tiếp  $I_t$  tăng làm cho  $\phi$  tăng và  $U$  tăng. Nghĩa là bù trừ cho nhau và điện áp máy phát kích từ hỗn hợp hầu như không thay đổi.

\* Nếu 2 dây quấn kích từ nối ngược nhau  $I$  tăng thì  $U$  giảm nhanh (vì từ trường phụ làm giảm từ trường kích từ) nên máy phát kích từ hỗn hợp nối ngược được sử dụng trong trường hợp máy phải làm việc ở điều kiện bị ngắn mạch thường xuyên như máy phát điện hàn hồ quang (hình 4-20).

## 4.8. ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP MÁY PHÁT

Phương trình điện áp:  $U = E - I \cdot R_U$

Khi tải thay đổi thì  $I \cdot R_U$  thay đổi:

- Muốn  $U$  không đổi phải điều chỉnh  $E$  mà  $E = C_E \cdot n \cdot \phi$

$$C_E = N \cdot \frac{P}{60 \cdot a}$$

Trong đó:  $P$ : Số đôi cực;  $a$ : Số nhánh song song;  $N$ : Số dây dẫn phần ứng.

Điều chỉnh  $E$  bằng cách:

- + Thay đổi tốc độ động cơ sơ cấp.
- + Thay đổi từ thông.
- + Thay đổi từ thông bằng cách điều chỉnh dòng kích từ.

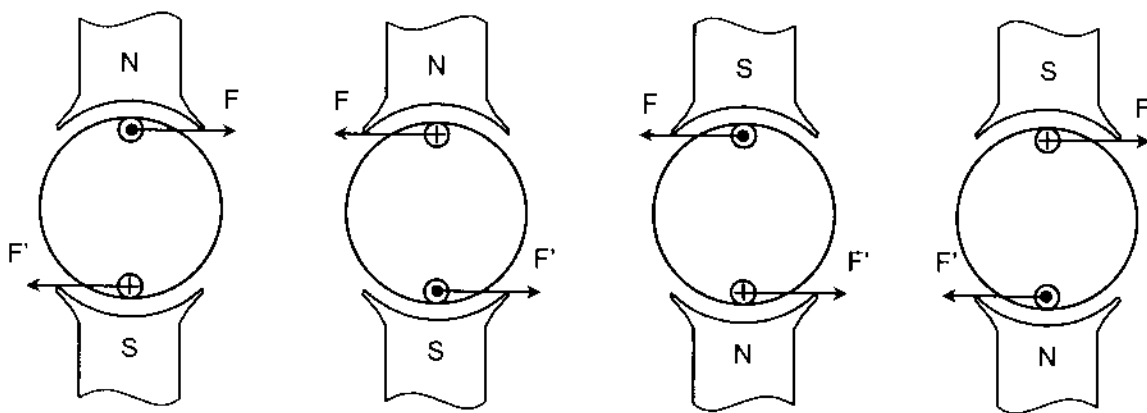
Thay đổi dòng kích từ:

- + Kích từ độc lập và song song: mắc nối tiếp biến trở vào mạch kích từ
- + Kích từ nối tiếp: nối song song biến trở vào cuộn kích từ.

## 4.9. ĐỘNG CƠ ĐIỆN 1 CHIỀU

### 4.9.1. Chiều quay động cơ

Khi cho dòng vào cuộn kích từ và dòng điện vào phần ứng thì sẽ có mô men quay làm quay phần ứng (hình 4-21).



Hình 4-21

- Muốn đổi chiều quay chỉ cần đổi chiều dòng điện vào phần ứng hay dòng điện vào cuộn kích từ. Nếu đổi cả 2 thì không đổi chiều.

### 4.9.2. Mở máy động cơ

Khi mở máy động cơ tức là khi đóng mạch động cơ vào mạch phải nối tiếp phần ứng qua 1 biến trở mở máy ( $R_{mm}$ ).

Khi rôto chưa quay, động cơ có sức phản điện  $E = 0$ . Nếu không có biến trở mở máy trong mạch phần ứng thì dòng  $I_{mm} = \frac{U}{R_U}$ ,  $R_U$  có giá trị nhỏ  $I_{mm}$  lớn tới  $(10 - 20)I_{dm}$

Có:  $R_{mm}$  thì  $I_{mm} = (1,5 - 2,5)I_{dm}$  vì có  $R_{mm}$

$$I_{mm} = \frac{U}{R_U + R_{mm}}$$

Khi mở máy động cơ phát ra mô men quay  $M_{mm} = C_M \cdot \phi \cdot I_{mm}$  động cơ bắt đầu quay trong dây quấn phần ứng có sức phản điện. Khi động cơ quay dòng động cơ trong mạch có

$$R_{mm} \text{ là } I_U = \frac{U - E}{R_U + R_{mm}}.$$

Ví dụ: Động cơ làm việc  $U = 220V$ ,  $R_U = 0,212\Omega$ . Xác định  $I_{mm}$  với trường hợp không có  $R_{mm}$  và  $R_{mm} = 1,97\Omega$ .

$$\text{Giải: } I_{mm} = \frac{U}{R_U + R_{mm}}$$

$$\text{- Nếu } R_{mm} = 0 \text{ thì } I_{mm} = \frac{U}{R_U} = \frac{220}{0,212} = 1037A$$

$$\text{- Nếu } R_{mm} = 1,97\Omega \text{ thì } I_{mm} = \frac{U}{R_U + R_{mm}} = \frac{220}{0,212 + 1,97} = \frac{220}{2,182} \Rightarrow I_{mm} \approx 100A.$$

Khi động cơ quay gần tới tốc độ định mức thì suất điện động sinh ra  $\approx$  điện áp mạng và lúc này loại biến trở mở máy ra. Khi đó:  $I_U = \frac{U - E}{R_U}$

( $R_{mm}$  loại ra vì thiết kế làm việc chế độ ngắn hạn nếu còn sẽ bị quá nhiệt).

### 4.9.3. Tốc độ quay và cân bằng mô men

Khi phần ứng quay thì sinh ra 1 suất điện động (gọi là sức phản điện).

Xác định theo biểu thức:

$$E = C_E \cdot n \cdot \phi \Rightarrow n = \frac{E}{C_E \cdot \phi}; \text{ nghĩa là tốc độ quay tỉ lệ với sức phản điện sinh ra ở}$$

$$\text{phần ứng và tỉ lệ nghịch với từ thông mà } E = U - I_U R_U \Rightarrow n = \frac{1}{C_E} \cdot \frac{U - I_U R_U}{\phi}$$

- Khi kéo tải thì có mô men cản  $M_c$

Mô men của động cơ:  $M = C_M \cdot I_U \cdot \phi$  phải cân bằng với  $M_c$  và động cơ quay với tốc độ ổn định.

- Nếu  $M_c$  tăng, tốc độ động cơ sẽ giảm. Điện áp của mạng không đổi,  $\phi$  không đổi, dòng  $I_U$  tăng do đó mô men động cơ  $M$  sẽ tăng để cân bằng trở lại (đây là nguyên nhân phụ tải tăng  $\rightarrow I_U$  tăng  $\rightarrow$  quá tải).

Đặc tính thay đổi tốc độ và mô men quay của động cơ khi phụ tải thay đổi phụ thuộc vào loại động cơ.

#### 4.9.4. Các loại động cơ điện 1 chiều

##### a) Động cơ điện 1 chiều kích từ song song (hình 4-22)

Cuộn kích từ mắc song song với phần ứng.

Đối với các loại động cơ này khi phụ tải trên trục của động cơ thay đổi từ 0  $\rightarrow$  định mức thì tốc độ thay đổi không nhiều khoảng (5 - 10)% tốc độ định mức vì từ thông hầu như không đổi, điện áp tổn thất trong phần ứng nhỏ. So với điện áp đặt vào do đó  $E = U - I_U R_U$  thay đổi ít. Động cơ kích từ song song được sử dụng trong những thiết bị đòi hỏi tốc độ không đổi khi phụ tải thay đổi.

Nếu cần yêu cầu cao về điều chỉnh tốc độ thì dùng động cơ kích từ độc lập.

##### b) Động cơ kích từ nối tiếp (hình 4-23)

Cuộn dây kích từ được nối tiếp với phần ứng, dòng điện  $I_U$  chính là  $I_{KT}$  nếu mạch từ không bão hoà thì từ thông tỉ lệ với dòng  $I_{KT}$ .

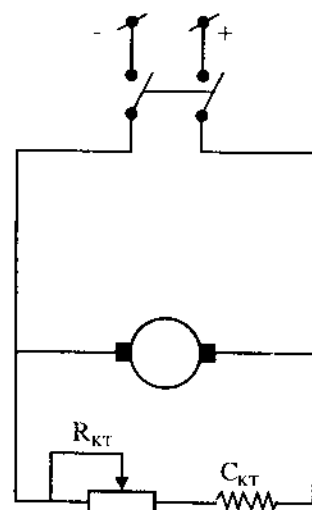
- Khi phụ tải tăng thì  $I_U$  tăng  $\rightarrow \phi$  tăng  $\rightarrow I (R_U + R_{KT})$  tăng  $\rightarrow n$  động cơ giảm.

- Khi phụ tải nhỏ, mô men cản động cơ nhỏ dòng yêu cầu không lớn và từ thông nhỏ làm cho tốc độ động cơ tăng có thể vượt tốc.

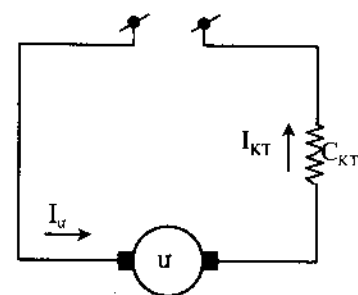
- Để bảo đảm độ bền cơ học của phần ứng thì không đóng mạch cho động cơ ở trạng thái không tải hay mang tải thấp dưới 20% trị số định mức. Động cơ này có tốc độ quay thay đổi khi tải thay đổi nên nó thích ứng với động cơ kéo của thiết bị vận tải, động cơ cầu trục.

##### c) Động cơ kích từ hỗn hợp (hình 4-24)

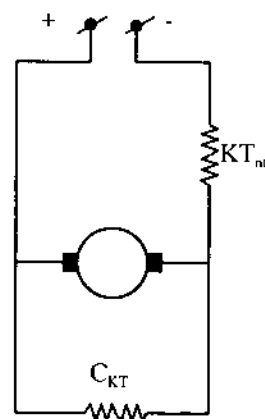
Có 2 cuộn dây kích từ đó là kích từ song song và kích từ nối tiếp, các cuộn dây có thể nối thuận để từ trường 2 cuộn cùng chiều và làm tăng từ thông hoặc nối ngược (từ trường 2 dây quấn ngược chiều) làm giảm từ thông. Nếu động cơ có cuộn kích từ nối thuận thì khi tải



Hình 4-22



Hình 4-23



Hình 4-24

tăng, tốc độ động cơ giảm nhiều và động cơ kích từ nối ngược thì tốc độ quay hầu như không đổi khi phụ tải thay đổi (vì khi  $M_c$  tăng dòng điện phản ứng tăng thì dây quấn kích từ song song làm giảm tốc độ động cơ 1 ít, như có dây quấn kích từ nối tiếp được nối ngược làm giảm từ thông tổng sẽ tăng tốc độ động cơ nên như cũ).

Động cơ kích từ hỗn hợp nối thuận thì đặc tính cơ sẽ mềm hơn, mô men mở máy lớn hơn thích ứng với các máy ép, máy bơm, máy nghiền.

## 4.10. TỔN HAO VÀ HIỆU SUẤT

### 4.10.1. Tổn hao năng lượng trong máy điện 1 chiều

Tổn hao năng lượng trong máy điện 1 chiều bao gồm:

- Tổn hao do phát nóng của dây quấn phản ứng và kích từ khi dòng điện đi qua gọi là tổn hao vật liệu đồng.

$$P_d = I_U^2 \cdot R_U + I_U^2 R_p + I_U^2 \cdot R_{KT} + U \cdot I_{KT}$$

Trong đó: -  $I_U^2 \cdot R_U$ : Tổn hao dây quấn phản ứng

-  $I_U^2 R_p$ : Tổn hao dây quấn cực từ phụ

-  $I_U^2 \cdot R_{KT}$ : Tổn hao cuộn dây kích từ nối tiếp

-  $U \cdot I_{KT}$ : Tổn hao cuộn dây kích từ song song và biến trở

+ Nếu máy kích từ nối tiếp:  $P_d = I_U^2 (R_U + R_p + R_{KT})$

- Tổn hao năng lượng thép sinh ra khi phản ứng quay trong từ trường (tổn hao từ trễ và dòng xoáy).

- Tổn hao năng lượng vì ma sát (ổ trục, ở bộ phận quay trong không khí, tiếp xúc chổi than, cổ góp  $P_{ma\text{ sát}}$  phụ thuộc vào tốc độ của động cơ).

### 4.10.2. Hiệu suất

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

- Nếu ở chế độ máy phát:  $P_2 = UI < P_1$  công suất cơ đưa vào máy

$$\eta = \frac{UI}{UI + P_{ms} + P_{th} + P_d}$$

- Nếu ở chế độ động cơ:  $P_2 = UI - (P_{ms} + P_{th} + P_d)$

Tổng công suất điện đưa vào máy  $P_1 = UI$  lớn hơn công suất cơ phát ra trên trục 1 lượng tổn hao.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày cấu tạo, nguyên lý làm việc của máy điện 1 chiều.
2. Trình bày sơ đồ nguyên lý và các đường đặc tính của máy phát kích từ độc lập và máy tự kích từ.
3. Trình bày sơ đồ nguyên lý và nêu đặc điểm của động cơ 1 chiều kích từ song song, kích từ nối tiếp và kích từ hỗn hợp.
4. Chiều quay của động cơ 1 chiều phụ thuộc vào đâu? Muốn đổi chiều quay ta làm thế nào?
5. Quá trình đổi chiều là gì? Nêu những biện pháp cải thiện quá trình đổi chiều.

# MỤC LỤC

|                                                            | Trang |
|------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Lời nói đầu</b>                                         | 3     |
| <b>Phần 1. ĐIỆN KỸ THUẬT CƠ SỞ</b>                         | 5     |
| <b>Chương 1. Những khái niệm cơ bản về tĩnh điện</b>       | 7     |
| 1.1. Hiện tượng nhiễm điện                                 | 7     |
| 1.2. Định luật Cu lông                                     | 11    |
| 1.3. Điện trường                                           | 12    |
| 1.4. Điện dung, tụ điện                                    | 15    |
| 1.5. Điện thế, hiệu điện thế                               | 17    |
| <i>Câu hỏi ôn tập</i>                                      | 20    |
| <b>Chương 2. Mạch điện, dòng điện một chiều</b>            | 22    |
| 2.1. Dòng điện                                             | 22    |
| 2.2. Mạch điện và các yếu tố của mạch điện                 | 23    |
| 2.3. Suất điện động của nguồn điện                         | 24    |
| 2.4. Bản chất của dòng điện trong môi trường kim loại      | 24    |
| 2.5. Định luật Ôm                                          | 25    |
| 2.6. Dòng điện trong chất khí                              | 31    |
| 2.7. Dòng điện trong dung dịch điện phân                   | 32    |
| 2.8. Nguồn điện hoá học                                    | 33    |
| 2.9. Định luật KiếtShốp                                    | 35    |
| 2.10. Định luật Jun - Lenxơ                                | 36    |
| 2.11. Ghép nối tiếp và song song điện trở                  | 37    |
| 2.12. Đấu nối tiếp và song song nguồn điện một chiều       | 39    |
| 2.13. Biến đổi đấu hình sao thành đấu hình tam giác        | 40    |
| 2.14. Giải mạch điện một chiều bằng phương pháp dòng nhánh | 41    |
| 2.15. Giải mạch điện một chiều bằng phương pháp áp 2 nút   | 42    |
| 2.16. Phương pháp dòng điện vòng                           | 44    |
| 2.17. Phương pháp xếp chồng                                | 44    |
| 2.18. Tổn thất điện áp trên đường dây                      | 45    |
| <i>Câu hỏi ôn tập</i>                                      | 48    |

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Chương 3. Từ trường - Cảm ứng điện từ</b>                              | <b>52</b>  |
| 3.1. Đại cương về từ trường                                               | 52         |
| 3.2. Từ trường của dòng điện - Quy tắc vụn nút chai                       | 53         |
| 3.3. Các đại lượng đặc trưng của từ trường                                | 54         |
| 3.4. Lực tác dụng của từ trường lên dây dẫn mang dòng điện                | 57         |
| 3.5. Lực tác dụng giữa các dây dẫn mang dòng điện                         | 59         |
| 3.6. Vật liệu từ                                                          | 59         |
| 3.7. Hiện tượng cảm ứng điện từ                                           | 61         |
| 3.8. Suất điện động cảm ứng trong dây dẫn chuyển động cắt từ trường       | 63         |
| 3.9. Hiện tượng tự cảm                                                    | 65         |
| 3.10. Hiện tượng hồ cảm                                                   | 68         |
| 3.11. Dòng điện xoáy                                                      | 69         |
| <i>Câu hỏi ôn tập</i>                                                     | 70         |
| <b>Chương 4. Mạch điện xoay chiều hình sin</b>                            | <b>72</b>  |
| 4.1. Định nghĩa và nguyên lý tạo ra suất điện động xoay chiều hình sin    | 72         |
| 4.2. Chu kỳ - Tần số - Pha                                                | 73         |
| 4.3. Trị số hiệu dụng                                                     | 75         |
| 4.4. Biểu diễn lượng hình sin dưới dạng đồ thị                            | 75         |
| 4.5. Mạch điện xoay chiều thuần trở                                       | 78         |
| 4.6. Mạch xoay chiều thuần điện cảm                                       | 79         |
| 4.7. Mạch điện xoay chiều thuần dung                                      | 83         |
| 4.8. Mạch điện xoay chiều có điện trở - điện cảm - điện dung mắc nối tiếp | 86         |
| 4.9. Tính mạch xoay chiều không phân nhánh                                | 89         |
| 4.10. Hiện tượng cộng hưởng điện áp                                       | 90         |
| 4.11. Mạch điện xoay chiều mắc song song                                  | 92         |
| 4.12. Ý nghĩa và cách nâng cao hệ số công suất                            | 96         |
| <i>Câu hỏi ôn tập</i>                                                     | 97         |
| <b>Chương 5. Mạch điện xoay chiều 3 pha</b>                               | <b>100</b> |
| 5.1. Hệ thống điện 3 pha                                                  | 100        |
| 5.2. Nối cuộn dây máy phát điện thành hình sao                            | 101        |
| 5.3. Nối phụ tải thành hình sao                                           | 103        |
| 5.4. Nối phụ tải thành hình tam giác                                      | 105        |
| 5.5. Công suất mạch 3 pha                                                 | 107        |
| 5.6. Cách nối nguồn và phụ tải trong mạch điện 3 pha                      | 108        |

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 5.7. Từ trường quay                             | 109 |
| <i>Câu hỏi ôn tập</i>                           | 111 |
| <b>Chương 6. Đo điện</b>                        | 113 |
| 6.1. Khái niệm về đo điện                       | 113 |
| 6.2. Đo dòng điện và điện áp                    | 116 |
| 6.3. Đo công suất mạch 3 pha                    | 119 |
| 6.4. Đo điện trở                                | 120 |
| 6.5. Các bước chuẩn bị đo                       | 121 |
| <i>Câu hỏi ôn tập</i>                           | 121 |
| <b>Chương 7. Điện tử công nghiệp</b>            | 122 |
| 7.1. Chất bán dẫn                               | 122 |
| 7.2. Một số linh kiện bán dẫn thông dụng        | 123 |
| 7.3. Các mạch ứng dụng                          | 126 |
| <i>Câu hỏi ôn tập</i>                           | 128 |
| <b>Phần 2. MÁY ĐIỆN</b>                         | 129 |
| <b>Khái niệm chung về máy điện</b>              | 131 |
| <b>Chương 1. Máy biến áp</b>                    | 133 |
| 1.1. Khái niệm chung                            | 133 |
| 1.2. Cấu tạo máy biến áp                        | 134 |
| 1.3. Nguyên lý làm việc                         | 136 |
| 1.4. Các thông số kỹ thuật máy biến áp          | 138 |
| 1.5. Các trạng thái làm việc                    | 139 |
| 1.6. Tổn hao năng lượng - Hiệu suất máy biến áp | 142 |
| 1.7. Máy biến áp 3 pha                          | 143 |
| 1.8. Vận hành song song máy biến áp             | 145 |
| 1.9. Máy biến áp đặc biệt                       | 146 |
| <i>Câu hỏi ôn tập</i>                           | 151 |
| <b>Chương 2. Máy điện đồng bộ</b>               | 152 |
| 2.1. Khái niệm chung                            | 152 |
| 2.2. Các đại lượng định mức của máy phát        | 154 |
| 2.3. Tổn hao và hiệu suất                       | 155 |
| 2.4. Phản ứng phản ứng trong máy điện đồng bộ   | 156 |
| 2.5. Các đường đặc tính của máy phát            | 156 |

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 2.6. Vận hành song song máy phát                     | 157 |
| 2.7. Động cơ và máy bù đồng bộ                       | 159 |
| 2.8. Quy định vận hành máy phát điện đồng bộ         | 159 |
| <b>Câu hỏi ôn tập</b>                                | 160 |
| <b>Chương 3. Máy điện không đồng bộ</b>              | 161 |
| 3.1. Đại cương về máy điện không đồng bộ             | 161 |
| 3.2. Cấu tạo                                         | 161 |
| 3.3. Nguyên lý làm việc                              | 164 |
| 3.4. Giải thích ký hiệu ghi trên nhãn động cơ        | 165 |
| 3.5. Bộ dây của máy điện xoay chiều                  | 167 |
| 3.6. Suất điện động trong bộ dây máy điện xoay chiều | 168 |
| 3.7. Mômen quay và công suất máy điện không đồng bộ  | 170 |
| 3.8. Khởi động động cơ không đồng bộ                 | 171 |
| 3.9. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ 3 pha   | 174 |
| 3.10. Động cơ không đồng bộ 1 pha                    | 176 |
| 3.11. Động cơ không đồng bộ vành góp                 | 179 |
| 3.12. Động cơ 3 pha làm việc với lưới 1 pha          | 182 |
| <b>Câu hỏi ôn tập</b>                                | 183 |
| <b>Chương 4. Máy điện một chiều</b>                  | 184 |
| 4.1. Đại cương về máy điện 1 chiều                   | 184 |
| 4.2. Cấu tạo máy điện 1 chiều                        | 184 |
| 4.3. Nguyên lý làm việc                              | 185 |
| 4.4. Dây quấn phản ứng máy điện 1 chiều              | 186 |
| 4.5. Từ trường và sức điện động của máy điện 1 chiều | 187 |
| 4.6. Tia lửa điện trên cổ góp và biện pháp khắc phục | 189 |
| 4.7. Máy phát điện 1 chiều                           | 190 |
| 4.8. Điều chỉnh điện áp máy phát                     | 194 |
| 4.9. Động cơ điện 1 chiều                            | 195 |
| 4.10. Tổn hao và hiệu suất                           | 198 |
| <b>Câu hỏi ôn tập</b>                                | 199 |

# KỸ THUẬT ĐIỆN

(TÀI LIỆU DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP VÀ DẠY NGHỀ)

**NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI**

**Tầng 6 - 41B Lý Thái Tổ - Hà Nội**

**ĐT: 04.9350581 - 9344313 \* Fax: (04) 9348283**

\*\*\*

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*

**NGUYỄN ĐÌNH THIÊM**

*Chịu trách nhiệm nội dung:*

**NGUYỄN BÁ NGỌC**

*Biên tập và sửa bản in:*

**TRẦN MINH HÙNG**

**CAO HOÀNG THẮNG**

**ĐINH THANH HOÀ**

*Trình bày bìa:*

**THANH HUYỀN**

---

In 1.000 cuốn, khổ 19 × 27 (cm), tại Xí nghiệp in số 3 - NXB Bản đồ. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 65-85/XB-QLXB do Cục Xuất bản cấp ngày 21/01/2005.

In xong và nộp lưu chiểu Quý IV/2005.

**NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI**

TẦNG 6, 41B LÝ THÁI TỔ, HÀ NỘI

TEL: 04.9346024 - 9344313

FAX: 04.9348283

## **TÌM ĐỌC**

### **TỦ SÁCH DẠY NGHỀ**

- GIÁO TRÌNH LÝ THUYẾT CHUYÊN MÔN NGƯỜI SỬA CHỮA  
*Bùi Xuân Doanh*
- GIÁO TRÌNH LÝ THUYẾT CHUYÊN MÔN NGHỀ TIỆN  
*Phạm Đình Thọ*
- KỸ THUẬT HÀN  
*Phan Văn Thành*
- CẨM NANG KỸ THUẬT ĐA NGÀNH DÀNH CHO KỸ SƯ  
*PGS.TS. Đàm Xuân Hiệp - GS.TS. Trần Văn Địch - TS. Trương Huy Hoàng*
- ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG  
*Phùng Minh Hiên - Nguyễn Minh Phương - Lưu Văn Long*
- CÔNG NGHỆ - KỸ THUẬT HÀN  
*Nghiêm Đình Thắng - Nguyễn Mạnh Tùng - Nguyễn Văn Bảy*
- CÔNG NGHỆ THỰC HÀNH NGHỀ HÀN  
*Trần Minh Hùng*
- GIÁO TRÌNH CƠ KỸ THUẬT  
*Phùng Văn Hồng - Nguyễn Đức Lợi*
- VẼ KỸ THUẬT  
*Nguyễn Quang Lập - Nguyễn Thị Thảo - Nguyễn Phương Tú*
- VẬT LIỆU CÔNG NGHIỆP  
*Nguyễn Thị Bảo - Nguyễn Thị Lệ - Đỗ Thanh Miên*



Kỹ thuật điện (LĐXH)\*



10122560

**Giá: 34.000 Đồng**